



COPIA

*Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente
del Friuli-Venezia Giulia*

Dipartimento Provinciale di Gorizia

***RAPPORTO ANNUALE
SULLA QUALITÀ DELL'ARIA
NEL COMUNE DI MONFALCONE***

ANNO 2014

* * * * *

GLOSSARIO

- a) **inquinamento atmosferico:** ogni modificazione dell'aria atmosferica, dovuta all'introduzione nella stessa di una o di più sostanze in quantità e con caratteristiche tali da ledere o da costituire un pericolo per la salute umana o per la qualità dell'ambiente oppure tali da ledere i beni materiali o compromettere gli usi legittimi dell'ambiente;
- b) **inquinanti primari:** sono gli inquinanti che vengono immessi direttamente nell'ambiente in seguito al processo che li ha prodotti (monossido e biossido di carbonio, idrocarburi, ossidi di azoto, ossidi di zolfo, polveri, sali, metalli);
- c) **inquinanti secondari:** sono quelle sostanze che si formano dagli inquinanti primari (sia di origine antropica che naturale) a seguito di modificazioni di varia natura causate da reazioni che, spesso, coinvolgono l'ossigeno atmosferico e la radiazione solare (ozono, prodotti di ossidazione);
- d) **ossidi di azoto (NO_x):** la somma di monossido e biossido di azoto espressa come biossido di azoto in microgrammi per metro cubo;
- e) **idrocarburi policiclici aromatici (IPA):** composti organici con due o più anelli aromatici fusi, composti interamente di carbonio e idrogeno;
- f) **PM₁₀:** la frazione di materiale particolato sospeso in aria ambiente che passa attraverso un sistema di separazione in grado di selezionare il materiale particolato di diametro aerodinamico $\leq 10 \mu\text{m}$;
- g) **PM_{2.5}:** la frazione di materiale particolato sospeso in aria ambiente che passa attraverso un sistema di separazione in grado di selezionare il materiale particolato di diametro aerodinamico $\leq 2,5 \mu\text{m}$;
- h) **composti organici volatili (COV):** tutti i composti organici, diversi dal metano, provenienti da fonti antropogeniche e biogeniche, i quali possono produrre ossidanti fotochimici reagendo con gli ossidi di azoto in presenza di luce solare.
- i) **livello:** concentrazione nell'aria ambiente di un inquinante in un dato periodo di tempo;
- j) **valore limite:** livello fissato al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, che deve essere raggiunto entro un termine prestabilito e che non deve essere successivamente superato;
- k) **valore obiettivo:** livello fissato al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita.
- l) **soglia di valutazione inferiore:** livello al di sotto del quale è previsto, anche in via esclusiva, l'utilizzo di tecniche di modellizzazione o di stima obiettiva

* * * * *

* * * * *

* * * * *

1. IL MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA SUL TERRITORIO DEL COMUNE DI MONFALCONE – ANNO 2014

1.1 L'inquinamento atmosferico

Con il termine “inquinamento atmosferico” si intende la modificazione della normale composizione dell'atmosfera dovuta alla presenza di una o più sostanze indesiderabili o estranee (inquinanti) che possono costituire un pericolo per la salute umana. L'origine di queste sostanze è spesso attribuibile ad attività umane (origine antropica) quali il traffico autoveicolare, l'utilizzo degli impianti termici, la presenza di insediamenti industriali o artigianali che impiegano svariati prodotti nei cicli produttivi.

La concentrazione degli inquinanti nell'aria dipende sia dalla quantità di sostanze emesse dalle diverse sorgenti che dalle condizioni meteorologiche che possono favorirne o meno la dispersione: in particolare, mentre nel periodo estivo il forte irraggiamento solare provoca il riscaldamento delle masse d'aria a contatto con il suolo e di conseguenza si verifica un rimescolamento dell'atmosfera a causa di moti convettivi, con risalita dell'aria più calda che trascina con sé gli inquinanti presenti, durante l'inverno, in assenza di vento e di pioggia, le basse temperature provocano un ristagno delle masse d'aria al suolo con conseguente accumulo delle sostanze inquinanti prodotte da traffico, impianti termici e industriali.

1.2 I principali inquinanti

Gli inquinanti possono avere origine naturale o derivare da attività antropiche e sono classificati come primari o secondari. Gli inquinanti primari sono sostanze prodotte direttamente da un processo, ad esempio da un'eruzione vulcanica o dalla combustione del carburante nei veicoli a motore; gli inquinanti secondari non vengono emessi direttamente ma si formano in atmosfera a seguito di reazioni o interazioni degli inquinanti primari. Occorre notare che alcuni inquinanti possono essere sia primari che secondari.

Tra gli inquinanti primari prodotti dalle attività umane sono compresi gli ossidi di zolfo, azoto e carbonio, composti organici come gli idrocarburi, materiale particolato, ossidi metallici.

Inquinanti secondari sono alcuni composti originati da inquinanti primari allo stato gassoso nel fenomeno dello smog fotochimico, quali ad esempio il biossido di azoto, l'ozono ed il perossiacetilnitrato.

Il materiale particolato (PM, particulate matter, misurato come concentrazioni di PM₁₀ o PM_{2,5}, ossia particelle aventi diametro aerodinamico inferiore a 10 o 2.5 µm rispettivamente) può essere emesso in atmosfera direttamente o formarsi indirettamente da precursori gassosi quali ossidi di zolfo (SO₂), di azoto (NO_x) ed ammoniaca (NH₃).

Per quanto riguarda gli inquinanti primari, il periodo più critico risulta essere quello invernale caratterizzato da massime emissioni e da situazioni di blocco delle masse d'aria al suolo, mentre nel periodo estivo si registrano elevati valori di ozono, inquinante secondario che si origina per effetto dell'intenso irraggiamento solare in presenza di inquinanti primari.

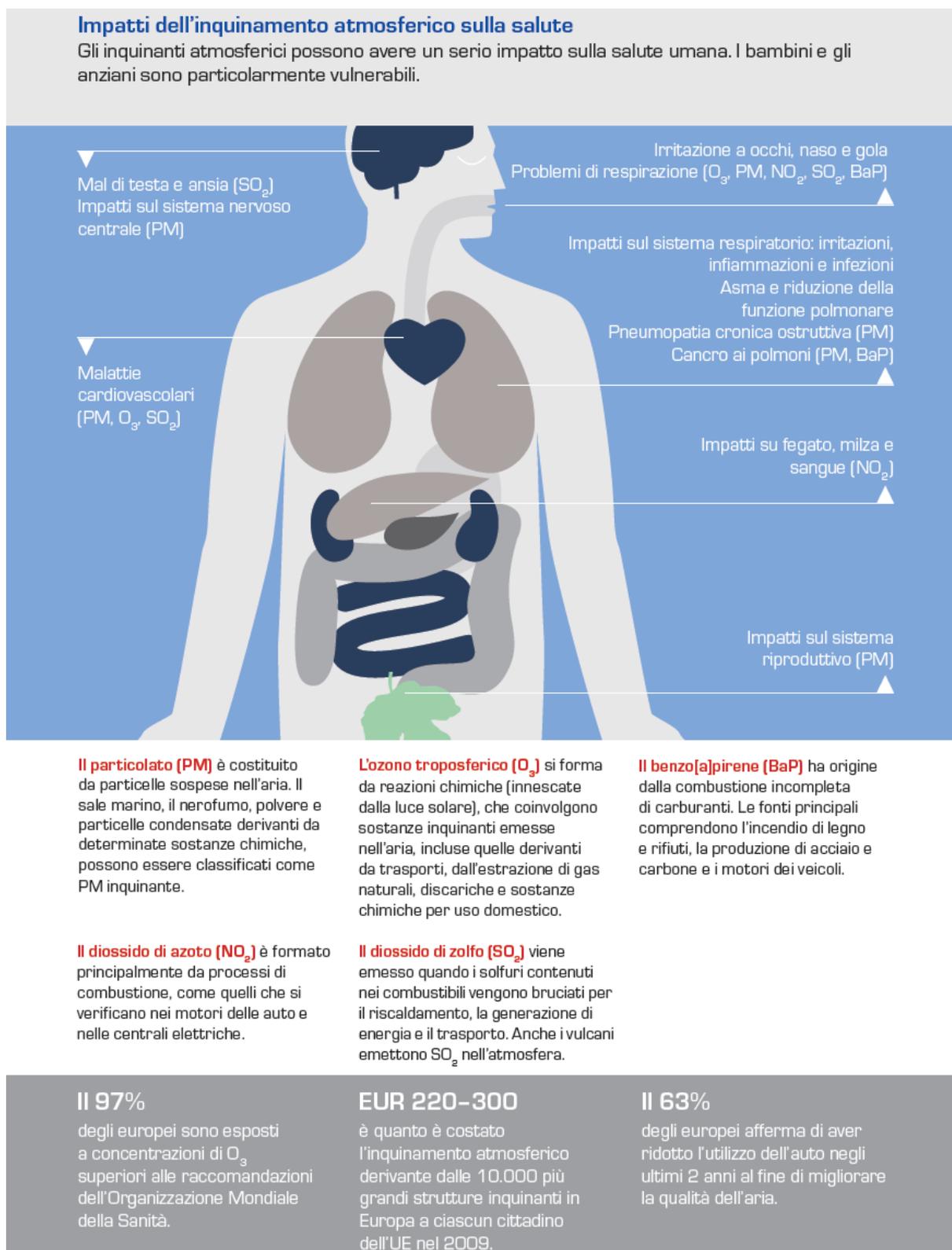


FIG. 1 Impatti dell'inquinamento atmosferico sulla salute (Fonti: AEA, OMS, Eurobarometro).
 Tratto da SEGNALI AMBIENTALI 2013 – L'aria che respiriamo

1.3 Le fonti principali e la classificazione delle emissioni

Le fonti responsabili della produzione di sostanze inquinanti sono numerose e di varia natura. Alcune fonti emissive sono di origine naturale (ad esempio l'attività vulcanica, l'erosione del suolo, la decomposizione della materia organica, i processi metabolici di piante ed animali), altre invece sono strettamente legate alle attività umane (i processi industriali, le combustioni in genere).

I principali settori di emissione di inquinanti dell'aria ambiente sono costituiti dal trasporto su strada, dall'industria e dall'agricoltura, con una conseguente vasta esposizione della popolazione umana, degli ecosistemi e dei beni. I fenomeni più intensi di inquinamento atmosferico interessano in particolare le aree urbane ed hanno la causa principale nel traffico veicolare. Pure il settore domestico (ad esempio il riscaldamento mediante legna e carbone) può rappresentare un'importante fonte di inquinamento atmosferico, soprattutto di materiale particolato, in alcune aree europee. Mentre le emissioni di inquinanti da gran parte degli altri settori è diminuito, il trasporto marino, fluviale ed aereo si stanno dimostrando sempre più significative fonti di emissioni di SO₂, NO_x, e PM in Europa.

A seconda degli inquinanti considerati cambia il contributo percentuale delle fonti: il traffico rimane la sorgente principale per le emissioni di NO_x, CO, CO₂; ammoniaca e metano sono emesse principalmente dall'agricoltura e dagli allevamenti; i composti organici volatili (COV) provengono invece soprattutto dall'uso dei solventi (verniciature, sintesi di produzioni chimiche, industria della stampa); le emissioni maggiori di SO₂ sono imputabili alle emissioni industriali.

Nell'ambito dello studio dei fenomeni di inquinamento atmosferico, un ruolo fondamentale riveste dunque la classificazione ed il censimento delle fonti: tale attività si concretizza nella realizzazione dei cosiddetti inventari delle emissioni in atmosfera, che può ormai contare su solide basi scientifiche e tecniche, condivise a livello internazionale.

Il D.Lgs.351/99 "Attuazione della direttiva 96/62 in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria" del 4.8.1999 prevede infatti l'utilizzo di tre strumenti fondamentali: sistemi di rilevamento (reti di monitoraggio, mezzi mobili, campionatori attivi/passivi), inventario delle sorgenti emissive (disaggregato per aree e tipologie di sorgenti) e modelli di dispersione degli inquinanti.

Per ciascuna porzione di territorio (es: Regione, Provincia, ecc.), per ciascun inquinante, per ciascuna attività (es: produzione di acciaio con forno ad arco elettrico, centrali termoelettriche, traffico autostradale di veicoli merci pesanti, riscaldamento domestico con caldaie a metano, allevamento di suini, ecc.), è possibile stimare le emissioni in atmosfera in un periodo di riferimento (tipicamente un anno).

A ciascuna sorgente, inoltre, si associano dei profili di disaggregazione temporale, che indicano l'intensità dell'emissione nelle varie ore del giorno, giorni della settimana, stagioni dell'anno ed eventuali tendenze di lungo periodo. Le tecniche con cui si arriva a definire tali quantità si basano sui cosiddetti fattori di emissione (es: quantitativo di NH₃ emesso per tonnellata di concimi azotati sparsi al suolo) e sui corrispondenti indicatori di attività associati ad una porzione di territorio (es: quantitativi di combustibile consumati, numero di addetti ad una certa produzione industriale, superfici coltivate, ecc.).

Le prime esperienze di compilazione di inventari delle emissioni in atmosfera risalgono agli anni '70 quando, negli USA, l'EPA realizzò le prime guide ai fattori di emissione e i primi inventari. In ambito europeo, alla metà degli anni '80, è stato lanciato il progetto Corinair (COoRdination-INformation-AIR) finalizzato all'armonizzazione, la raccolta e l'organizzazione di informazioni coerenti sulle emissioni in atmosfera nella comunità europea, in cui le attività, antropiche e naturali, sono organizzate in settori e macrosettori. Con la pubblicazione di "Atmospheric Emission Inventory Guidebook" 2nd edition, è stata adottata a livello europeo la nomenclatura SNAP97 che individua i seguenti macrosettori:

- Combustione -Energia e industria di trasformazione;
- Combustione - Non industriale;
- Combustione – Industria;
- Processi Produttivi;
- Estrazione, distribuzione combustibili fossili / geotermico;
- Uso di solventi;
- Trasporti Stradali;
- Altre Sorgenti Mobili;
- Trattamento e Smaltimento Rifiuti;
- Agricoltura;
- Altre sorgenti di Emissione ed Assorbimenti.

Come si può comprendere da queste brevissime indicazioni, lo sforzo di classificazione, censimento e quantificazione di tutte le sorgenti va nella direzione di descrivere realtà di una complessità elevata: è tuttavia fondamentale nel produrre una base di conoscenze condivise e confrontabili, sia nello spazio (con altre realtà territoriali) che nel tempo (portando con sé la possibilità di confrontare scenari presenti, passati e futuri).

Fonti d'inquinamento atmosferico in Europa

L'inquinamento atmosferico non è lo stesso ovunque. Diversi inquinanti vengono rilasciati nell'atmosfera da un ampio numero di fonti, comprendenti l'industria, i trasporti, l'agricoltura, la gestione dei rifiuti e le abitazioni. Alcuni inquinanti atmosferici vengono anche rilasciati da fonti naturali.



1 / Circa il 90% delle emissioni di ammoniaca e l'80% delle emissioni di metano derivano da attività agricole.

2 / Circa il 60% degli ossidi di zolfo deriva dalla produzione e distribuzione di energia.

3 / Molti fenomeni naturali, comprese le eruzioni vulcaniche e le tempeste di sabbia, rilasciano inquinanti atmosferici nell'atmosfera.

4 / I rifiuti (le discariche), l'estrazione di carbone e la trasmissione di gas su lunga distanza sono fonti di metano.

5 / Più del 40% delle emissioni di ossidi di azoto deriva dai trasporti stradali.

6 / La combustione di carburanti contribuisce in modo notevole all'inquinamento atmosferico — dai trasporti stradali, nuclei familiari all'utilizzo e produzione di energia.

Aziende, edifici pubblici e nuclei familiari contribuiscono per circa la metà delle emissioni da monossido di carbonio e $PM_{2.5}$.

FIG. 2 Fonti d'inquinamento atmosferico in Europa (Fonte: AEA).
Tratto da SEGNALI AMBIENTALI 2013 – L'aria che respiriamo

1.4 L'inquadrimento meteorologico ⁽¹⁾

L'area urbana di Monfalcone si trova all'estremità settentrionale dell'Adriatico, ad un'altezza sul livello del mare compresa tra i 0 e i 140 m e a ridosso dei rilievi del Carso. Questa particolare conformazione orografica, se da un lato confina le attività produttive e le infrastrutture in una porzione relativamente ristretta di territorio, dall'altro favorisce un regime di brezze (di monte e di mare) molto importanti per il rimescolamento delle masse d'aria e per la diluizione dell'inquinamento.

Dal punto di vista **pluviometrico**, il 2014 è risultato essere un anno decisamente più piovoso della norma, sia dal punto di vista dei giorni di pioggia che del cumulato annuale

PIOGGIA	2014	2009-2013
Pioggia totale (mm)	1.864	1.304
Giorni di pioggia (#)	132	96

TAB. 1 Pioggia cumulata annuale e numero di giorni di pioggia (giorni con almeno un millimetro di precipitazioni) rilevati a Monfalcone nel 2014, confrontati con il quinquennio precedente (2009-2013).

Nel dettaglio, nel suo procedere, il 2014 è stato quasi sempre un anno più piovoso della norma in particolare nel periodo freddo di inizio e fine anno (solitamente più propenso al ristagno atmosferico). Gli episodi più intensi si sono registrati a gennaio, febbraio e a novembre (figura 3 e 4).

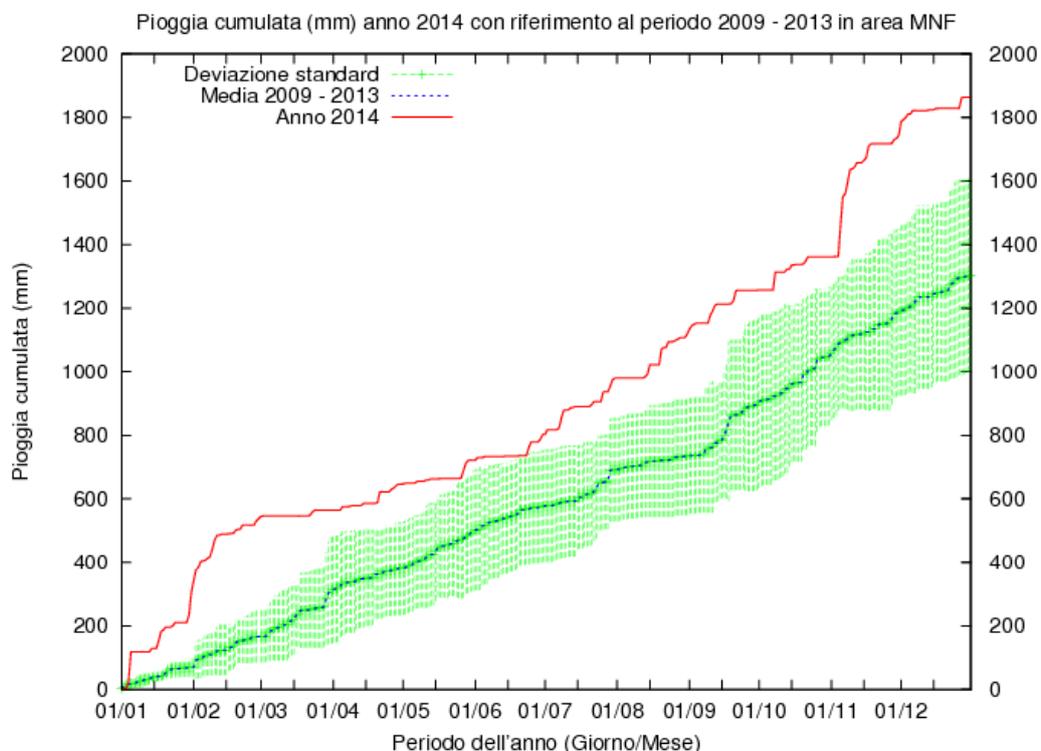


FIG. 3 Distribuzione cumulata annuale delle piogge nell'anno 2014 (linea rossa). La linea blu indica la distribuzione cumulata annuale media relativa al quinquennio precedente mentre il tratteggio verde indica la normale variabilità (deviazione standard) nello stesso periodo.

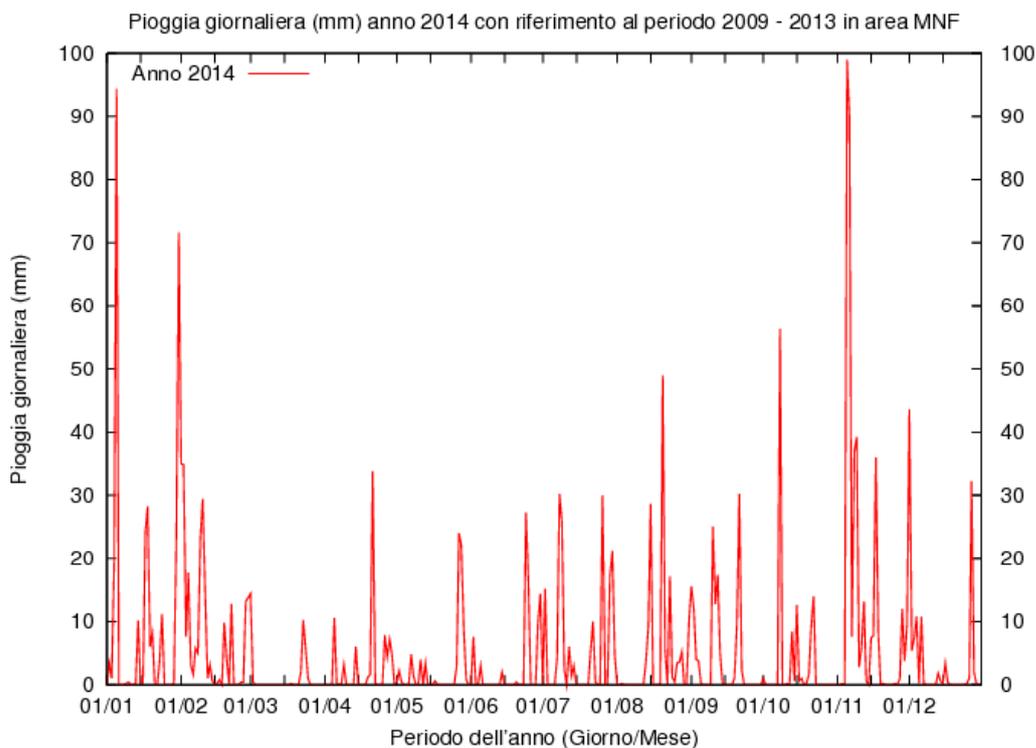


FIG. 4 Serie temporale delle piogge giornaliere nell'anno 2014 sulla zona di Monfalcone.

Anche dal punto di vista del numero di giorni di pioggia, il 2014 è sempre stato superiore alla normale variabilità interannuale, anche se i maggiori scostamenti si sono osservati indicativamente sino a marzo, da luglio a settembre e a novembre (figura 5).

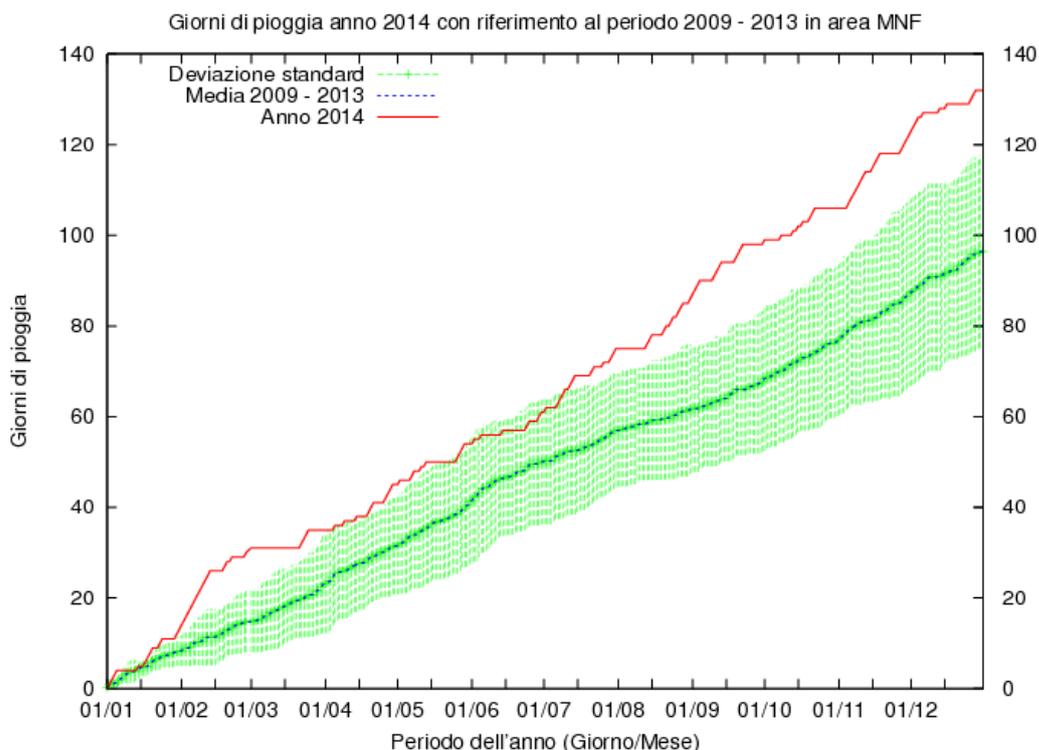


FIG. 5 Distribuzione cumulata dei giorni di pioggia (giorni con almeno 1 mm di pioggia) nel 2014 (linea rossa). La linea tratteggiata blu indica la distribuzione cumulata media di giorni di pioggia relativa al quinquennio precedente mentre il tratteggio verde indica la normale variabilità (deviazione standard) nello stesso periodo.

Per quanto riguarda l'andamento del **vapore acqueo** in atmosfera, il 2014 è stato un anno mediamente più umido del quinquennio precedente.

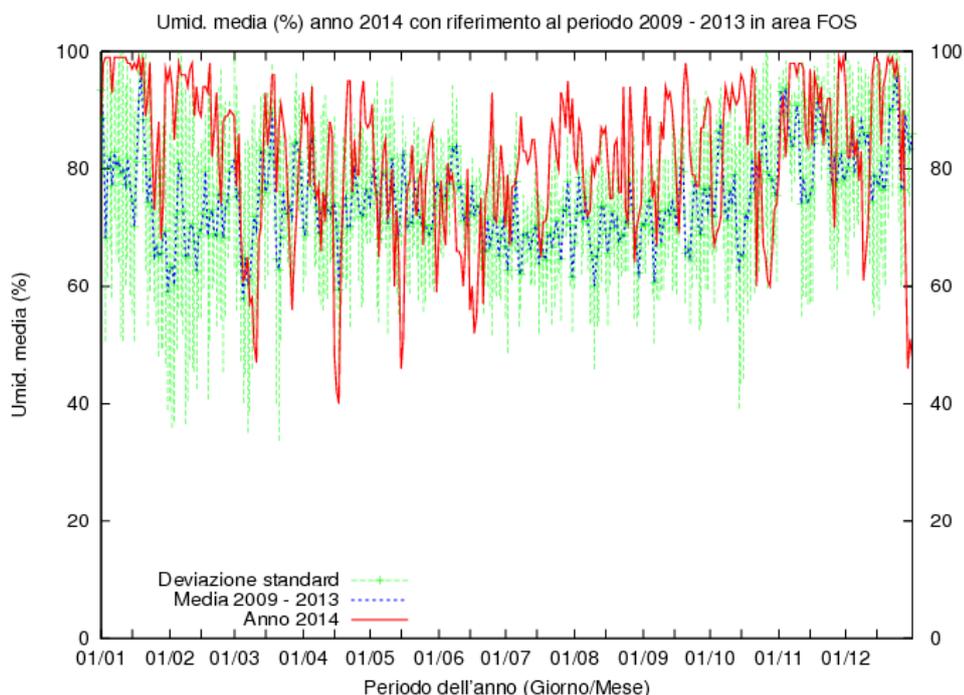


FIG. 6 Andamento della umidità relativa media giornaliera nel corso del 2014 (linea rossa). La linea blu tratteggiata indica l'andamento dell'umidità media giornaliera nel quinquennio precedente mentre il tratteggio verde indica la normale variabilità dello stesso (deviazione standard) nel medesimo periodo.

Questo si evince non tanto dall'andamento della pressione parziale di vapore acqueo o dall'umidità media (figura 6), quanto dall'andamento dei giorni umidi (figura 7, giorni con umidità media giornaliera maggiore o uguale al 90%).

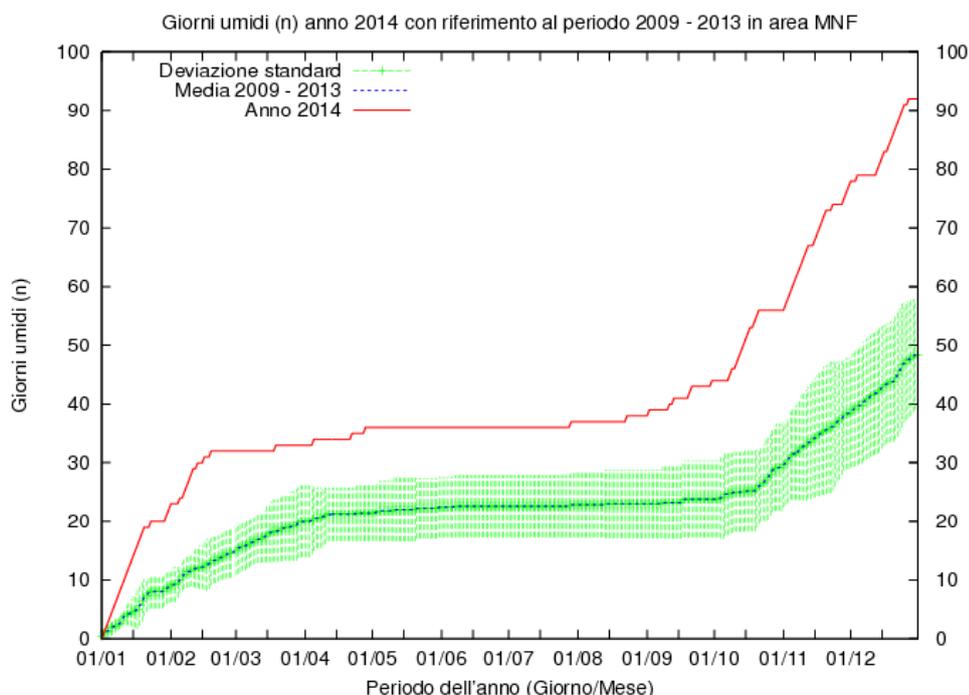


FIG. 7 Andamento del cumulato annuo di giorni umidi (umidità relativa maggiore o uguale al 90%) nel corso del 2014 (linea rossa). La linea blu tratteggiata indica l'andamento del cumulato annuo di giorni umidi nel quinquennio precedente mentre il tratteggio verde indica la normale variabilità dello stesso (deviazione standard) nel medesimo periodo.

Il maggior apporto al totale del numero di giorni umidi si è concentrato nella prima e nell'ultima parte del 2014, mentre indicativamente da marzo sino a settembre, il numero di giorni umidi è stato nella norma.

Dal punto di vista del campo termico, il 2014 è risultato essere un anno complessivamente più caldo del quinquennio precedente, soprattutto dal punto di vista delle temperature minime e medie, solo di poco superiore per quanto riguarda le massime che sono state comunque molto superiori a quelle rilevate nel trentennio di riferimento standard.

TEMPERATURA	2014	2009-2013
T min (°C)	11,4	10,1
T med (°C)	15,4	14,5
T max (°C)	19,6	19,1

TAB. 2 Temperature minime, medie e massime annuali rilevate a Monfalcone nel 2014 confrontate con il quinquennio precedente (2009-2013)

Più nel dettaglio per quanto riguarda il campo termico, temperature superiori alla norma sono state osservate da gennaio a marzo e da ottobre a metà dicembre. Particolarmente rilevante è stato il picco di temperature osservato a metà giugno. Periodi prolungati con temperature inferiori alla norma si sono osservate da luglio a settembre. Temperature particolarmente basse sono state osservate a fine anno (figure 8 ÷ 10).

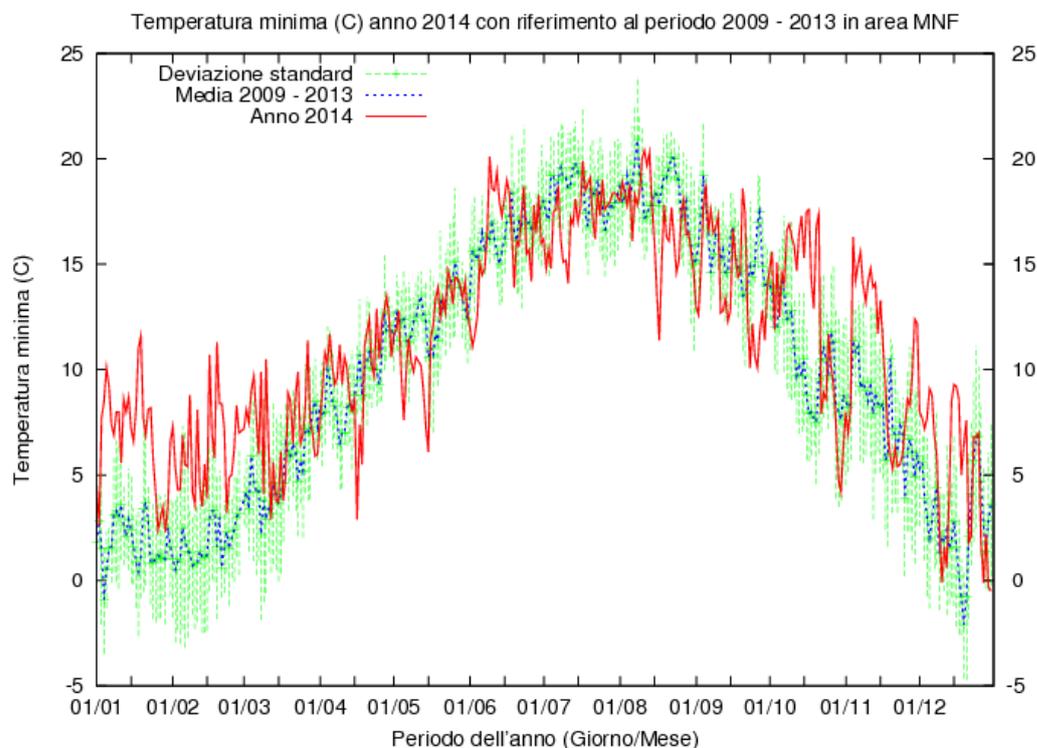


FIG. 8 Andamento delle temperature minime giornaliere nell'anno 2014 (linea rossa). La linea tratteggiata blu indica le temperature minime medie relative al quinquennio precedente mentre il tratteggio verde indica la normale variabilità (deviazione standard) nello stesso periodo.

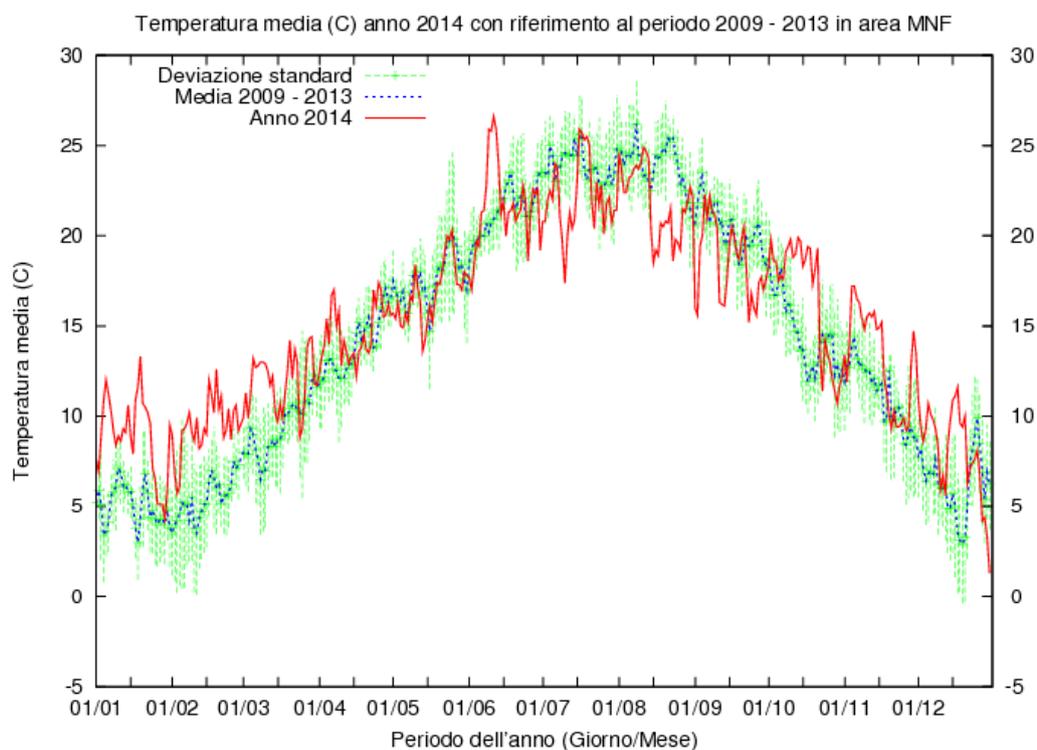


FIG. 9 Andamento delle temperature medie giornaliere nell'anno 2014 (linea rossa). La linea tratteggiata blu indica le temperature medie relative al quinquennio precedente mentre il tratteggio verde indica la normale variabilità (deviazione standard) nello stesso periodo.

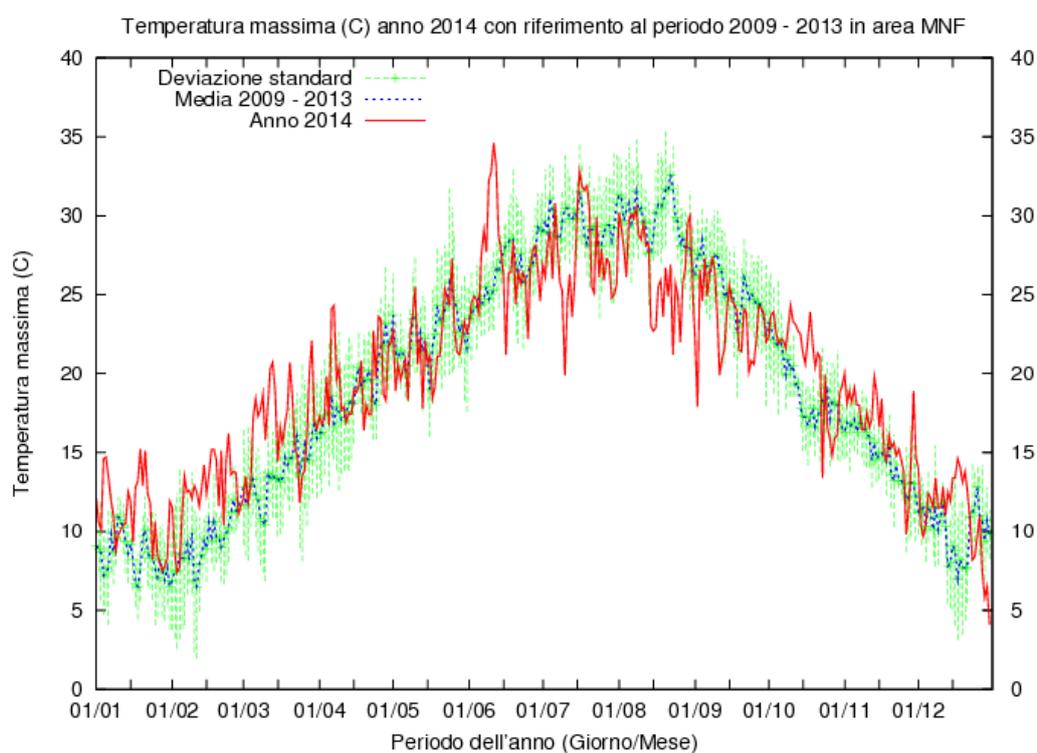


FIG. 10 Andamento delle temperature massima giornaliere nell'anno 2014 (linea rossa). La linea tratteggiata blu indica le temperature massime medie relative al quinquennio precedente mentre il tratteggio verde indica la normale variabilità (deviazione standard) nello stesso periodo.

Dal punto di vista della **radiazione solare**, nel 2014 la zona di Monfalcone è stata caratterizzata da un apporto cumulato annuo che rientra nella media del periodo 2008 – 2013 (figure 11 e 12).

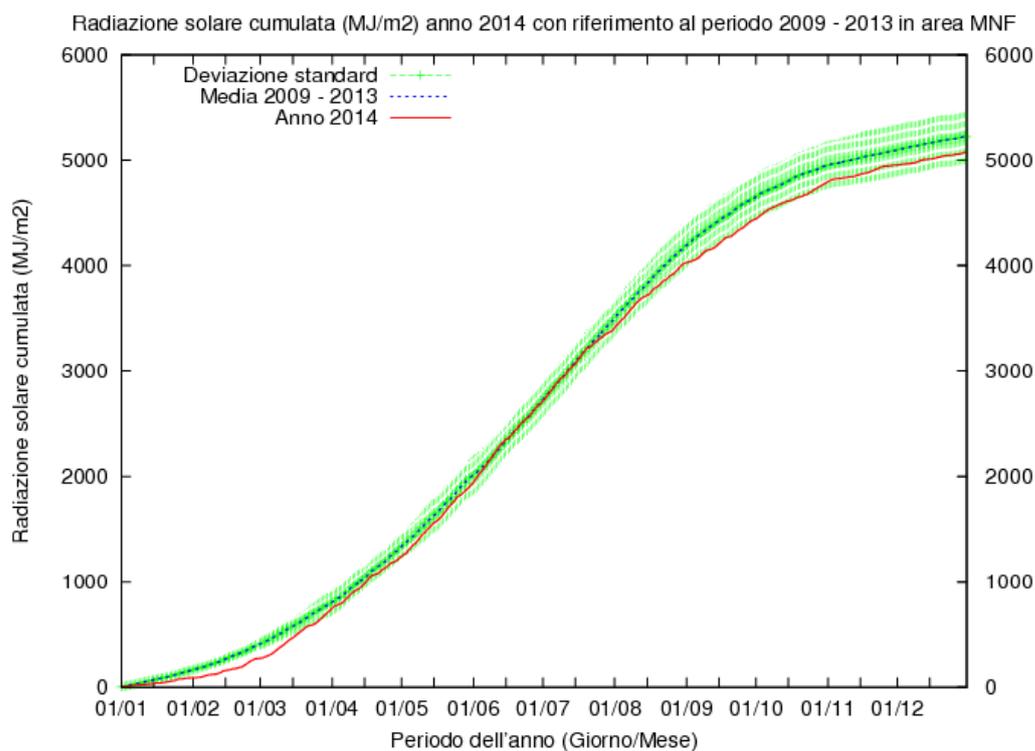


FIG. 11 Andamento del cumulato giornaliero di radiazione solare nel corso del 2014 (linea rossa). La linea blu tratteggiata indica l'andamento del cumulato giornaliero medio nel quinquennio precedente mentre il tratteggio verde indica la normale variabilità dello stesso (deviazione standard) nel medesimo periodo.

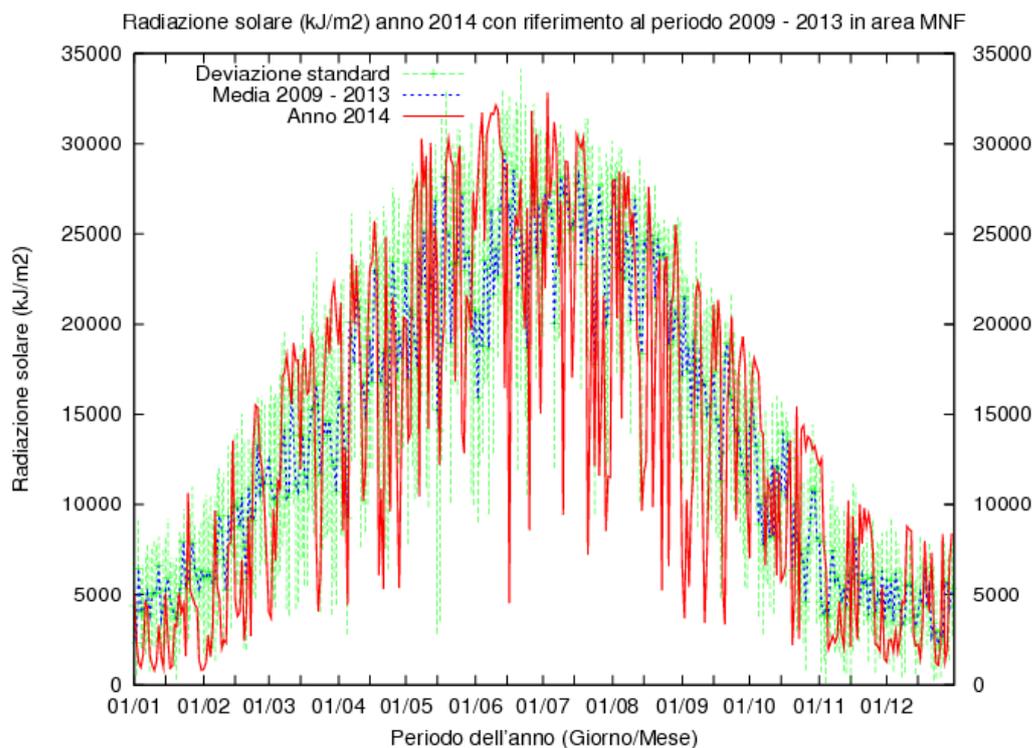


FIG. 12 Andamento della radiazione cumulata giornaliera nel corso del 2014 (linea rossa). La linea blu tratteggiata indica l'andamento del cumulato giornaliero di radiazione solare nel quinquennio precedente mentre il tratteggio verde indica la normale variabilità dello stesso (deviazione standard) nel medesimo periodo.

Considerando i giorni soleggiati (giorni con radiazione cumulata superiore o uguale a 15 MJ/m², legati statisticamente alla produzione di ozono), la figura 13 mostra come il 2014 sia stato un anno normale con solo leggere predominanze di sole nella seconda parte della primavera.

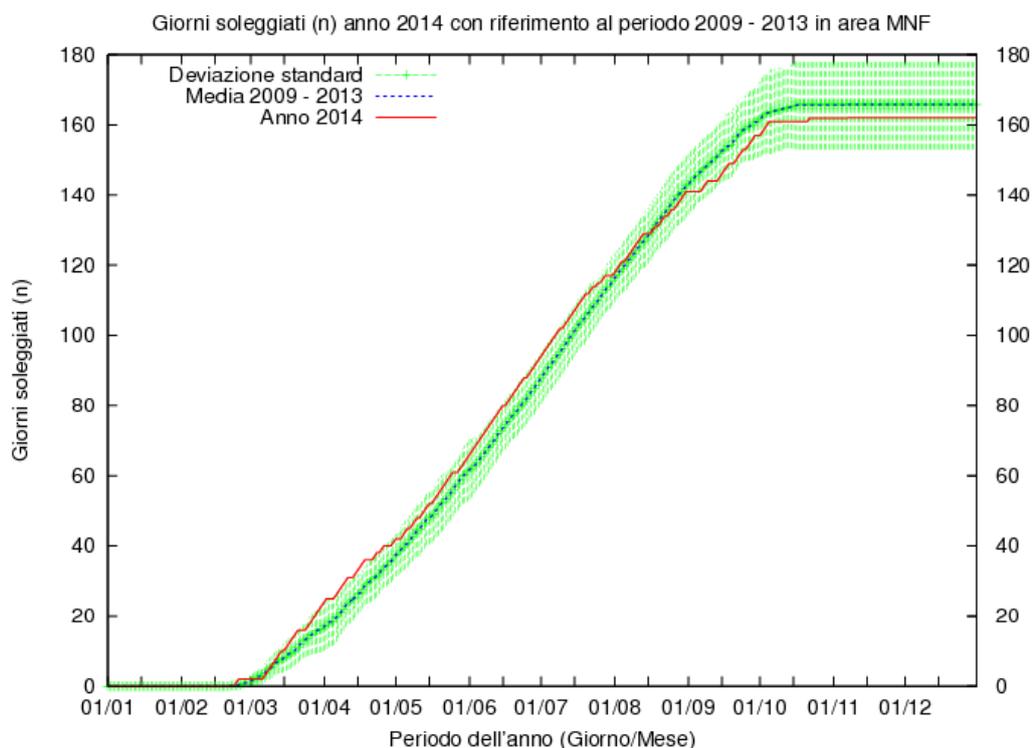


FIG. 13 Andamento della cumulo di giorni soleggiati (giorni con radiazione solare cumulata superiore o uguale a 15 MJ/m²) nel corso del 2014 (linea rossa). La linea blu tratteggiata indica l'andamento del cumulo giornaliero di radiazione solare nel quinquennio precedente mentre il tratteggio verde indica la normale variabilità dello stesso (deviazione standard) nel medesimo periodo.

Per quanto riguarda l'**andamento anemologico** nella zona di Monfalcone, il 2014 è risultato essere un anno nella norma. Sono stati più frequenti i venti da sud e da nordovest (tipici degli anni perturbati) e leggermente meno presenti i venti da nordest (tipici delle alte pressioni continentali).

VENTO	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	CALMA
Minuti al giorno (anno 2014)	242	335	248	102	138	127	91	114	43
Frequenza (%) (anno 2014)	16.8	23.4	17.2	7.1	9.7	8.8	6.3	7.9	3
Frequenza (%) (anni 2009 - 2013)	17.4	26	16.1	6.5	8.8	8.5	6.3	6.4	3.9
Velocità (m/s) (anno 2014)	2.0	2.5	2.9	2.4	2.1	2.3	2.0	1.6	
Velocità (m/s) (anni 2009 - 2013)	2.2	2.9	3.2	2.2	2.0	2.4	2.1	0.9	

TAB. 3 Direzione di provenienza e velocità media del vento nei diversi ottanti così come rilevata a Fossaloni di Grado nel 2014 e confrontata con il quinquennio precedente (2009-2013)

Dal punto di vista della ventilazione il 2014 ha visto una ventosità mediamente nella norma che è comunque sempre elevata nella zona del monfalconese (figure 14 e 15). Leggermente superiore alla norma è stata la ventilazione proveniente da sud e sudest nel periodo freddo, da nordovest nella stagione calda.

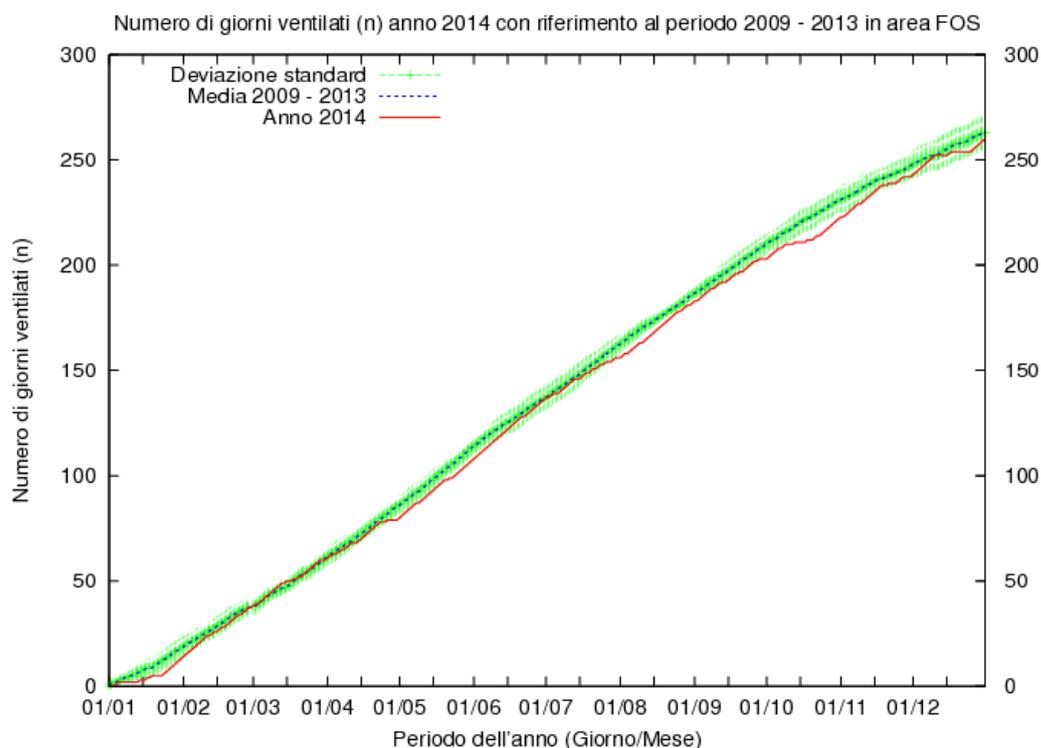


FIG. 14 Andamento dei giorni ventilati. La linea verde indica la media trascinata mensile relativa all'anno 2014, mentre la linea blu indica la media nel quinquennio precedente. La parte tratteggiata verde indica la normale variabilità dello (deviazione standard) nel medesimo periodo

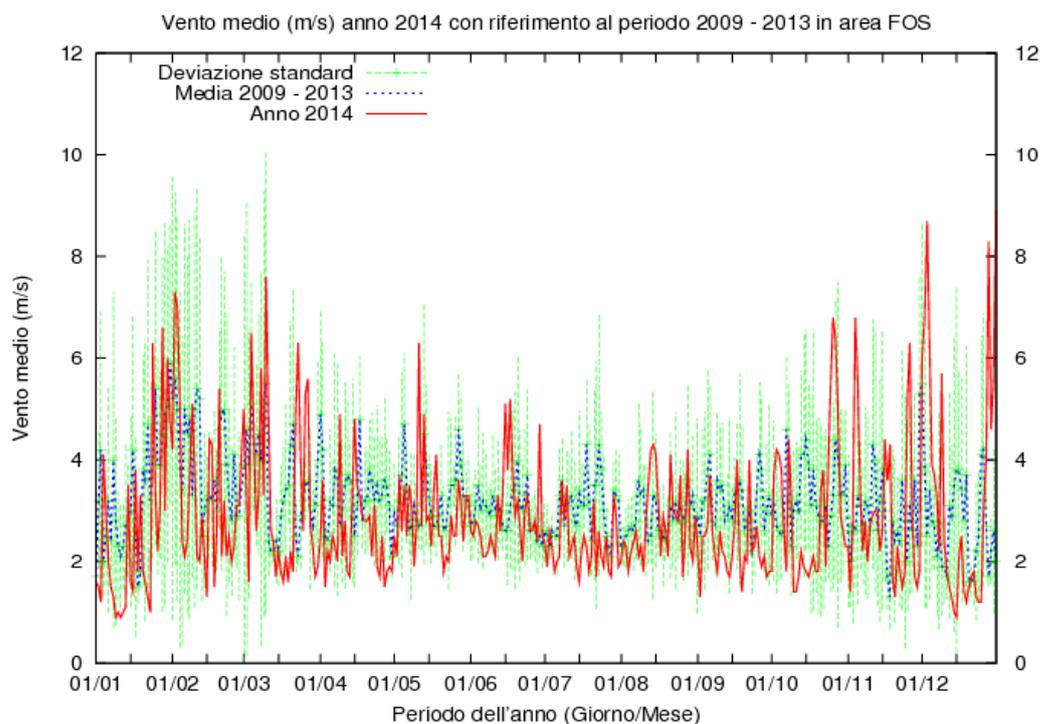


FIG. 15 Velocità media giornaliera del vento nel corso del 2014 (linea rossa) e velocità media giornaliera del vento nel quinquennio precedente (linea blu tratteggiata). Il tratteggio verde indica la variabilità media (deviazione standard) nel periodo in questione.

FOS (2009 - 2013)

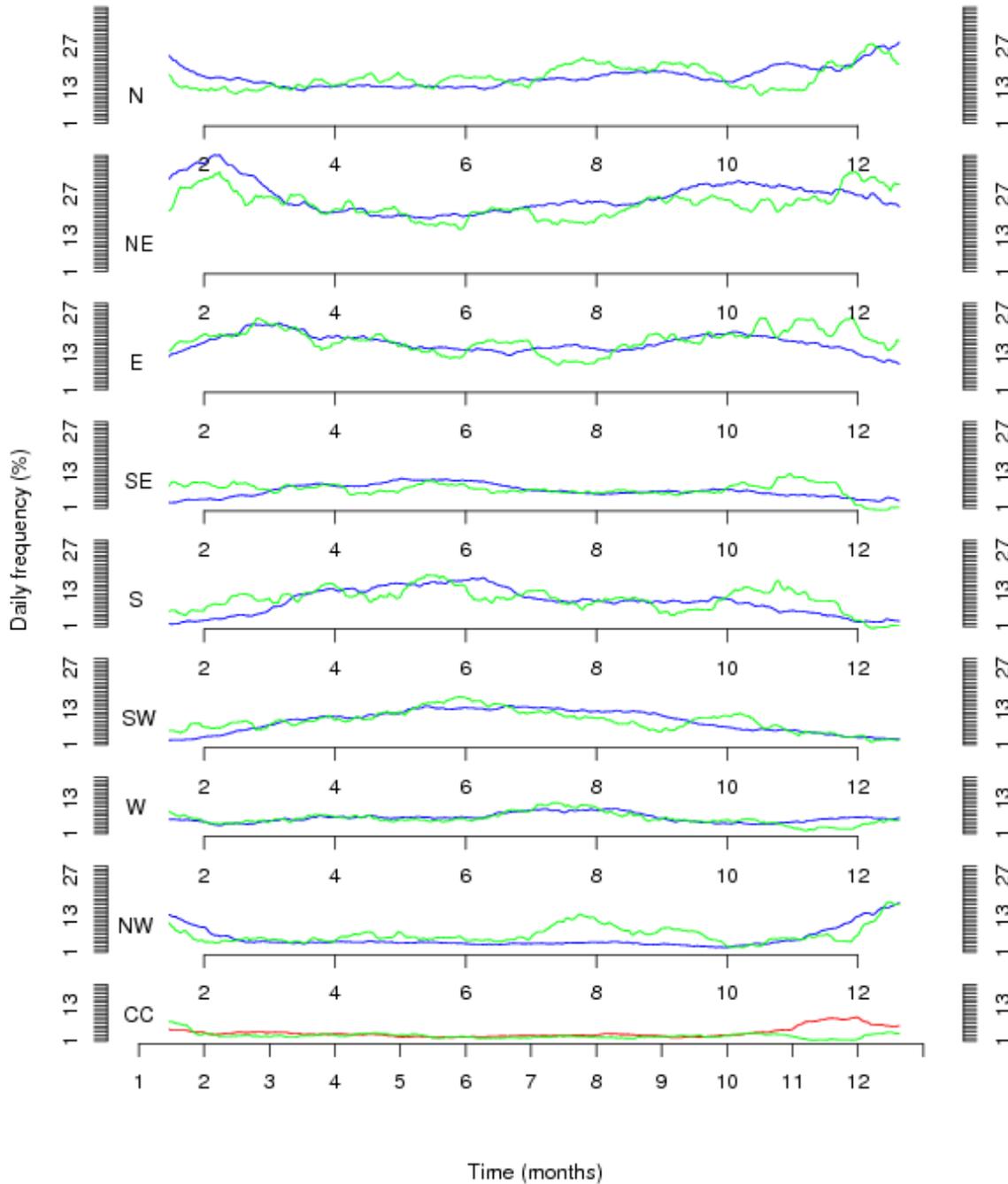


FIG. 16 Distribuzione della frequenza dei venti nei vari ottanti. La linea verde indica la media trascinata mensile relativa all'anno 2014, mentre la linea blu indica la media nel quinquennio precedente. La linea rossa indica la media delle quinquennali delle calme di vento (velocità media inferiore a 0.5 m/s).

FOS (2009 – 2013)

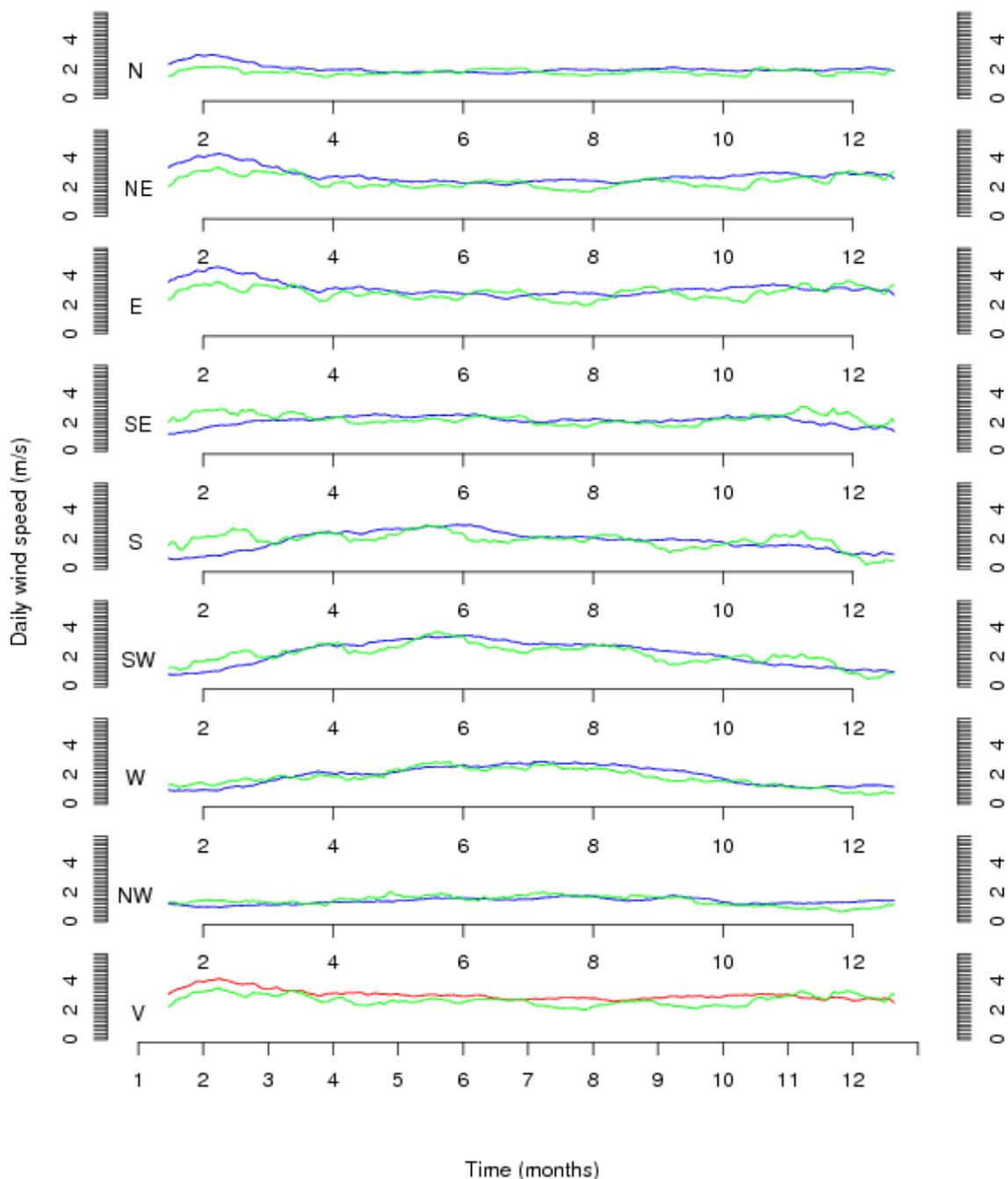


FIG. 17 Distribuzione della velocità media dei venti nei vari ottanti. La linea verde indica la media trascinata mensile relativa all'anno 2014, mentre la linea blu indica la media nel quinquennio precedente. La linea rossa indica la media quinquennale delle calme di vento (velocità media inferiore a 0.5 m/s).

- (1) Elaborazione a cura del Centro Regionale di Modellistica Ambientale di ARPA FVG. I dati dell'ultimo quinquennio (2009-2013) sono stati raccolti dall'Osservatorio Meteorologico Regionale.

1.5 Il monitoraggio della qualità dell'aria nel Comune di Monfalcone

La presente relazione, relativa all'anno 2014, vuole fornire un quadro riassuntivo con i risultati del monitoraggio dell'inquinamento atmosferico riferito al territorio del Comune di Monfalcone.

Si ricorda che in data 15 settembre 2010 è stato pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale il Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155 "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" che recepisce appunto la citata direttiva ed ingloba anche il precedente D. Lgs. 152/2007 (che fissava i valori obiettivo per IPA e Arsenico, Cadmio e Nichel), venendo così a costituire l'unica normativa nazionale in materia di qualità dell'aria. Il D. Lgs. 155/2010 riconferma limiti e valori obiettivo dei precedenti decreti, introducendo però un nuovo inquinante: il Materiale Particolato PM_{2,5}, per il quale viene fissato il valore limite annuale.

Nei primi mesi del 2010, in attesa del recepimento della Direttiva Europea, ARPA FVG ha comunque provveduto ad implementare il monitoraggio del Materiale Particolato PM_{2,5}, installando dei campionatori nei quattro capoluoghi di provincia.

Più recentemente alla rete esistente di proprietà dell'ARPA FVG si è affiancata quella di proprietà A2A che, dal dicembre 2013, è stata assegnata in gestione all'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente.

Nelle due centraline di proprietà A2A di Monfalcone, Via Natisone e di Fossalon, Via Eraclea, nel dicembre 2013, sono stati installati due campionatori di Materiale Particolato doppio canale che rilevano contemporaneamente la frazione PM₁₀ e quella PM_{2,5}.

Nell'ottica di estendere i monitoraggi ambientali, ARPA FVG, nel corso degli ultimi mesi del 2013, ha iniziato, presso il sito di Monfalcone, via Duca d'Aosta, una campagna di campionamento su filtro del Materiale Particolato PM₁₀ sul quale viene successivamente determinato in laboratorio il contenuto di Idrocarburi Policiclici Aromatici (Benzo(a)pirene) e di metalli pesanti (Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel).

Di seguito vengono presentate, per ognuno degli inquinanti rilevati dalla rete composta dalle due stazioni fisse di Monfalcone, Via Duca d'Aosta e Monfalcone, Via Natisone, alcune tabelle con i principali parametri statistici (medie annuali, valori massimi, numero dei superamenti dei limiti di legge, ecc.) per il confronto con i valori limite o valori obiettivo stabiliti dalla normativa. Per una migliore comprensione dei fenomeni di inquinamento atmosferico, sono stati utilizzati dei grafici riportanti i dati medi mensili (per una descrizione dell'evoluzione nel corso dell'anno), gli andamenti per giorno della settimana (che forniscono indicazioni in particolare sul contributo del traffico), ed il "giorno tipo" su base trimestrale o annuale che evidenzia i momenti più critici nel corso della giornata.

Vengono inoltre presentati i risultati dei monitoraggi effettuati con il mezzo mobile e con i campionatori di polveri PM₁₀ che sono stati impiegati rispettivamente in via Agraria e presso il campo sortivo di via Boito.

Si ricorda a tale proposito che nel corso dell'anno 2014 è stata effettuata una campagna di rilevamento per effettuare una valutazione della concentrazione degli inquinanti presenti nell'area in una situazione, decisamente poco frequente, in cui la centrale termoelettrica aveva sospeso la propria produzione.

La presente relazione si propone di integrare i dati rilevati nel corso della campagna, già descritti nella relazione del 14 ottobre 2014 che considerava il limitato periodo temporale dal 9 aprile al 4 luglio 2014, descrivendo le concentrazioni dei diversi inquinanti nella condizione di centrale in funzione, ricalcolati su una base numerica decisamente più ampia, estesa a tutto l'anno 2014.

2. LA RETE DI MONITORAGGIO DELLA CITTÀ DI MONFALCONE

Il comune di Monfalcone ospita una propria centralina di rilevamento della qualità dell'aria a partire dai primi anni 90; l'attuale stazione di monitoraggio ubicata in via Duca d'Aosta era in origine collocata all'interno dell'Area Verde di via Valentinis ed era di proprietà del Comune di Monfalcone; la gestione della stessa era, invece, affidata all'allora Unità Sanitaria Locale n. 2.

Dagli ultimi mesi del 2002 la stazione di monitoraggio è stata ricollocata all'interno del giardino della scuola di via Duca d'Aosta, in un contesto che rappresenta una situazione di fondo urbano, ed è diventata di proprietà della scrivente Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del FVG.

Il parco strumentale della centralina di via Duca d'Aosta ha subito nel corso degli anni diverse modifiche dovute all'entrata in vigore di nuove norme ambientali ma anche a causa delle mutate condizioni ambientali (come, ad esempio, l'introduzione delle marmitte catalitiche, l'utilizzo di benzina senza piombo, la diminuzione dei composti solforati presenti all'interno del diesel per autotrazione, etc.).

Attualmente la strumentazione presente misura i parametri tipici dei contesti urbani (ossidi di azoto, monossido di carbonio e polveri sottili PM₁₀); è, inoltre, presente, una stazione meteo nella quale vengono rilevati alcuni parametri meteorologici utili per l'interpretazione e la comprensione degli andamenti degli indicatori della qualità dell'aria.

Sul territorio del Comune di Monfalcone è presente, inoltre, un'altra stazione di monitoraggio della qualità dell'aria: essa è posizionata in via Natisone ed è di proprietà dell'attuale centrale termoelettrica A2A. L'ubicazione di tale postazione (e delle altre quattro presenti sui territori delle province di Gorizia e di Udine) è stata determinata tramite l'utilizzo di modelli diffusionali a seguito della costruzione della nuova ciminiera della centrale termoelettrica in conseguenza alla realizzazione dei due gruppi ad olio combustibile denso verso la metà degli anni 80.

Il numero e l'ubicazione delle centraline (che di fatto, pur venendo a trovarsi in contesti rurali o urbani, risultano essere di tipo industriale), nonché i parametri monitorati vengono espressamente indicati dall'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) di carattere nazionale a cui è assoggettata la centrale A2A.

Da dicembre 2013 la gestione di tutte le postazioni di monitoraggio di proprietà della azienda A2A S.p.A. è stata affidata alla scrivente Agenzia per la Protezione dell’Ambiente

Oltre alle postazioni dislocate nel monfalconese, fanno parte della rete provinciale dello scrivente Dipartimento dell’ARPA FVG anche altri siti fissi di monitoraggio la cui ubicazione all’interno del territorio delle province di Gorizia e di Udine viene riportata nella seguente tabella:

Stazione	Proprietà	Provincia	Tipo di Area
3. Via Vallone – Doberdò	ARPA FVG	Gorizia	Rurale
4. Via Duca d’Aosta – Gorizia	ARPA FVG	Gorizia	Urbana
5. Punta Sdobba	ARPA FVG	Gorizia	Rurale
6. Via Vallone – Doberdò	A2A S.p.A.	Gorizia	Rurale
7. Via delle Mostegane – Vermeigliano	A2A S.p.A.	Gorizia	Rurale
8. Via Eraclea – Fossalon	A2A S.p.A.	Gorizia	Rurale
9. Via Brancolo – Fiumicello	A2A S.p.A.	Udine	Rurale

TAB. 4 Centraline gestite da ARPA FVG oltre a quella situate in comune di Monfalcone – Dipartimento provinciale di Gorizia.

La normativa vigente (Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155 “Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell’aria ambiente e per un’aria più pulita in Europa.”) ha ridefinito la tipologia delle stazioni di monitoraggio, le caratteristiche dei siti dove queste devono venire installate e le modalità di effettuazione del monitoraggio della qualità dell’aria ai fini della valutazione dell’esposizione della popolazione ai diversi inquinanti. In particolare il decreto, all’Allegato III, definisce le seguenti tipologie di stazioni:

- a) **stazioni di misurazione di traffico:** stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da emissioni da traffico, provenienti da strade limitrofe con intensità di traffico medio alta;
- b) **stazioni di misurazione di fondo:** stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento non sia influenzato prevalentemente da emissioni da specifiche fonti (industrie, traffico, riscaldamento residenziale, ecc.) ma dal contributo integrato di

tutte le fonti poste sopravento alla stazione rispetto alle direzioni predominanti dei venti nel sito;

- c) **stazioni di misurazione industriali:** *stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da singole fonti industriali o da zone industriali limitrofe;*

Per quanto riguarda le tipologie di siti fissi di campionamento vengono introdotte le seguenti definizioni:

- 1) **siti fissi di campionamento urbani:** *siti fissi inseriti in aree edificate in continuo o almeno in modo predominante;*
- 2) **siti fissi di campionamento suburbani:** *siti fissi inseriti in aree largamente edificate in cui sono presenti sia zone edificate, sia zone non urbanizzate;*
- 3) **siti fissi di campionamento rurali:** *siti fissi inseriti in tutte le aree diverse da quelle di cui alle lettere e) ed f). Il sito fisso si definisce rurale remoto se è localizzato ad una distanza maggiore di 50 km dalle fonti di emissione.*

Come già accennato in precedenza, alla luce di quanto appena esposto, la postazione di monitoraggio di via Duca d'Aosta risulta essere inquadrabile come stazione di fondo urbano mentre la postazione ubicata in via Natisone viene, invece, considerata di tipo industriale anche se il contesto in cui è localizzata, con la presenza di una scuola con relativa palestra (plesso di Largo Isonzo) e di abitazioni sia mono che plurifamiliari, è complessivamente più in linea con una situazione tipica di un fondo urbano.

Si precisa inoltre che il decreto impone l'obbligo di adeguare la rete di monitoraggio (a livello regionale) alla zonizzazione del territorio che l'Amministrazione Regionale deve predisporre ai sensi dell'Art. 3 del D. Lgs. 155/2010 (nella figura 16 la zonizzazione del territorio regionale), provvedendo nel contempo ad una razionalizzazione dei siti di campionamento in modo da evitare inutili ridondanze.

La vigente zonizzazione suddivide il territorio regionale in tre aree:

1. Zona di Montagna
2. Zona di Pianura
3. Zona Triestina

Il territorio della Provincia di Gorizia viene a trovarsi interamente nella zona di pianura.

La figura che segue illustra l'attuale suddivisione delle zone in cui è stato diviso il territorio regionale:

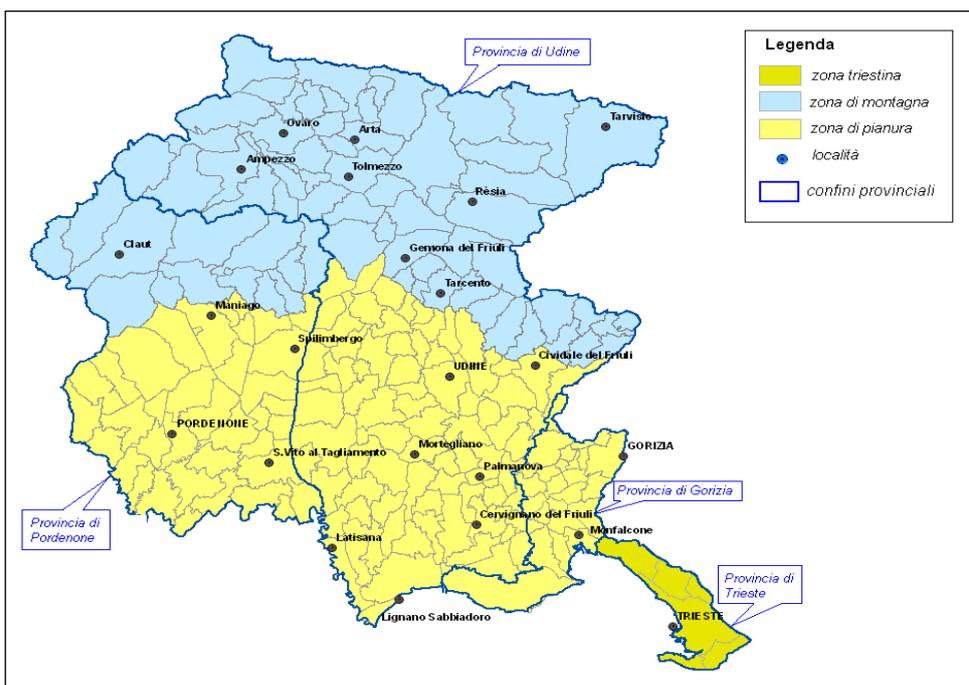


FIG. 18 Zonizzazione del territorio regionale ai sensi del D. Lgs. 155/2010

La successiva figura 19 riporta la dislocazione, riferita alla situazione del 2014, delle stazioni di monitoraggio sulla mappa della città di Monfalcone.

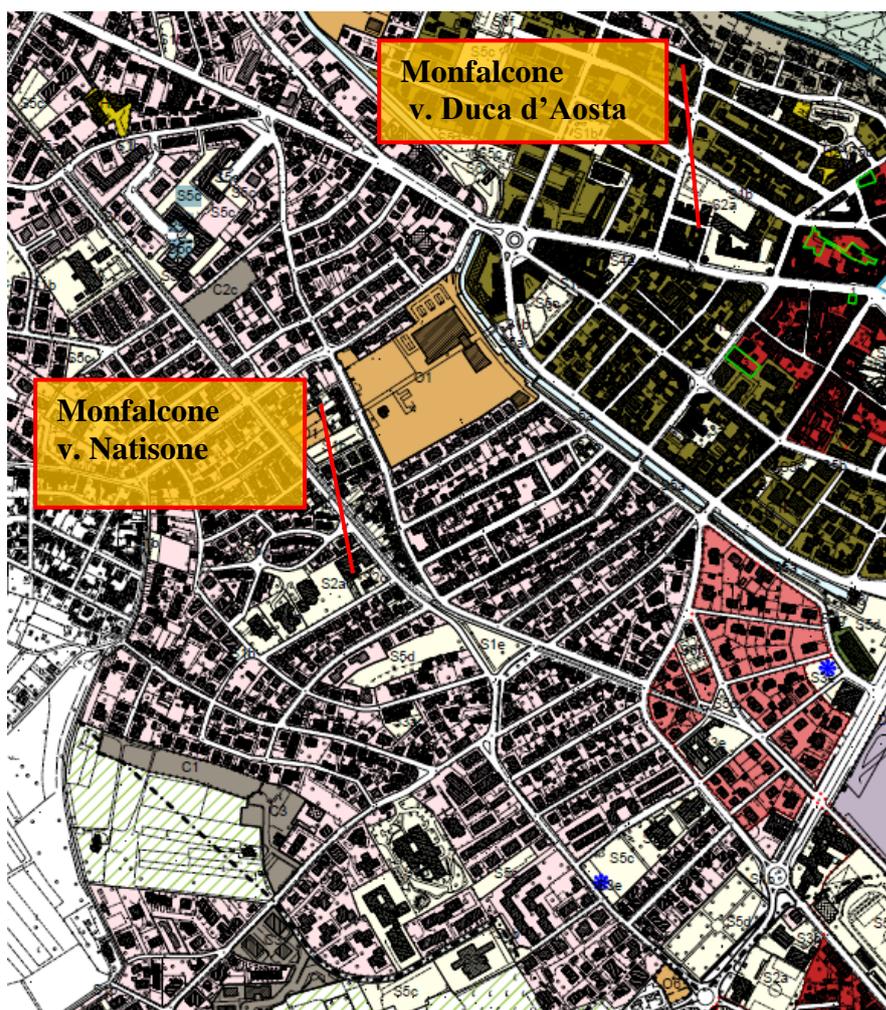


FIG. 19 Dislocazione delle stazioni fisse della rete

3. **INQUINANTI RILEVATI CON ANALIZZATORI IN CONTINUO: DATI 2014 E CONFRONTO CON GLI ANNI PRECEDENTI**

In ognuna delle diverse cabine sono installati degli strumenti che monitorano in continuo i principali inquinanti presenti nell'aria; la configurazione della stazione comprende inoltre un computer industriale che provvede principalmente all'acquisizione ed alla memorizzazione dei dati rilevati per renderli disponibili al Centro di Gestione della Rete grazie al collegamento telefonico via modem.

Di seguito viene illustrata la dotazione strumentale di ogni singola stazione della rete.

RETE DI MONFALCONE	Inquinanti monitorati					
	SO ₂	NO _x	CO	O ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}
1. Via Duca d'Aosta (ARPA)		X	X		X	
2. Via Natisone (A2A)	X	X		X	X	X

TAB. 5 *Inquinanti monitorati nelle stazioni della rete*

Legenda:

SO ₂	Biossido di zolfo
NO _x	Ossidi di azoto (Monossido e Biossido di azoto)
CO	Monossido di carbonio
O ₃	Ozono
PM _x	Materiale Particolato (polveri sottili) con diametro < x µm

Per quanto riguarda i risultati del monitoraggio riferito al 2014, che vengono di seguito illustrati per ogni singolo inquinante, si precisa che l'allegato I al D.Lgs 155/2010, che fissa gli obiettivi di qualità dei dati al fine della valutazione della qualità dell'aria, prevede una raccolta minima di dati pari al 90% per biossido di zolfo, biossido di azoto, materiale particolato (PM₁₀ e PM_{2,5}), monossido di carbonio e ozono (nel periodo estivo).

Per tutte le stazioni della rete di Monfalcone e per tutti gli inquinanti monitorati è stato assicurato, nel corso del 2014, l'obiettivo di copertura dei dati richiesto dalla vigente normativa.

Sulla base delle indicazioni del Decreto e dell'esperienza maturata, l'efficienza degli analizzatori della rete viene curata attraverso controlli di calibrazione giornalieri, calibrazioni periodiche, manutenzioni ordinarie, preventive (programmate), straordinarie e sopralluoghi di verifica da parte del personale qualificato.

3.1 Biossido di zolfo (SO₂)

Il biossido di zolfo (o anidride solforosa) è un gas incolore, più pesante dell'aria, di odore pungente e molto irritante; in aria viene ossidato ad anidride solforica che, per reazione con vapor acqueo, porta alla formazione di acido solforico, uno dei principali costituenti delle cosiddette "piogge acide".

Per quanto riguarda l'origine antropica, questo inquinante deriva essenzialmente dalla combustione di combustibili contenenti zolfo, che nelle aree urbane sono utilizzati sia per autotrazione (diesel) che per il riscaldamento. Importante il contributo dato da centrali termoelettriche nel caso in cui non vengano effettuati trattamenti di desolforazione delle emissioni. Con l'introduzione sul mercato di combustibili liquidi a basso tenore di zolfo, la sempre maggiore metanizzazione degli impianti termici e l'adeguamento degli impianti industriali, i livelli di biossido di zolfo si sono drasticamente ridotti, al limite della rilevabilità strumentale.

Riferimento normativo	Denominazione	Periodo di mediazione	Valore di riferimento
D. Lgs. 13 agosto 2010 n. 155	valore limite	1 ora	350 µg/m³ da non superare più di 24 volte per anno civile (dal 01/01/2005)
	valore limite	1 giorno	125 µg/m³ da non superare più di 3 volte per anno civile (dal 01/01/2005)
	soglia di allarme	3 ore consecutive	500 µg/m³

TAB. 6 SO₂: valori di riferimento previsti dalla normativa.

Alla luce dei risultati rilevati negli anni precedenti, nel corso del 2007 si è provveduto a dismettere l'analizzatore di via Duca d'Aosta, mantenendo attualmente il monitoraggio solamente presso il sito di via Natisone.

Si riporta nella tabella 7, a soli fini descrittivi, i principali parametri statistici rilevati nell'ultimo triennio di funzionamento dell'analizzatore di SO₂ installato presso la centralina di v. Duca d'Aosta (2004-2006)

RETE DI MONFALCONE	BIOSSIDO DI ZOLFO (SO ₂) – ANNI 2004 – 2006			
	v. Duca d’Aosta			
Anno	Media annua (µg/m ³)	Massima giornaliera (µg/m ³)	Massima oraria (µg/m ³)	98° percentile (µg/m ³)
2004	5	20	40	11
2005	2	11	40	8
2006	4	31	44	19

TAB. 7 SO₂: principali parametri statistici nel periodo 2004 – 2006 in via Duca d’Aosta.

La successiva TAB. 8, che riporta i principali parametri statistici, evidenzia come i valori rilevati siano nettamente inferiori ai limiti imposti dal D. Lgs. 155/2010: il valore massimo orario è risultato pari a 50 µg/m³ (il limite è pari a 350 µg/m³) e la massima giornaliera pari a 24 µg/m³ (contro un limite di 125 µg/m³).

RETE DI MONFALCONE	BIOSSIDO DI ZOLFO – ANNO 2014				
Stazione	Media annuale (µg/m ³)	Mediana annuale (µg/m ³)	98° percentile (µg/m ³)	Massima oraria (µg/m ³)	Massima giornaliera (µg/m ³)
1. Via Natisone	9	10	14	50	24

TAB. 8 SO₂: principali parametri statistici.

Conseguentemente non è stato registrato alcun superamento dei valori di riferimento previsti dalla normativa.

Il grafico seguente riporta i dati medi mensili rilevati durante l’anno.

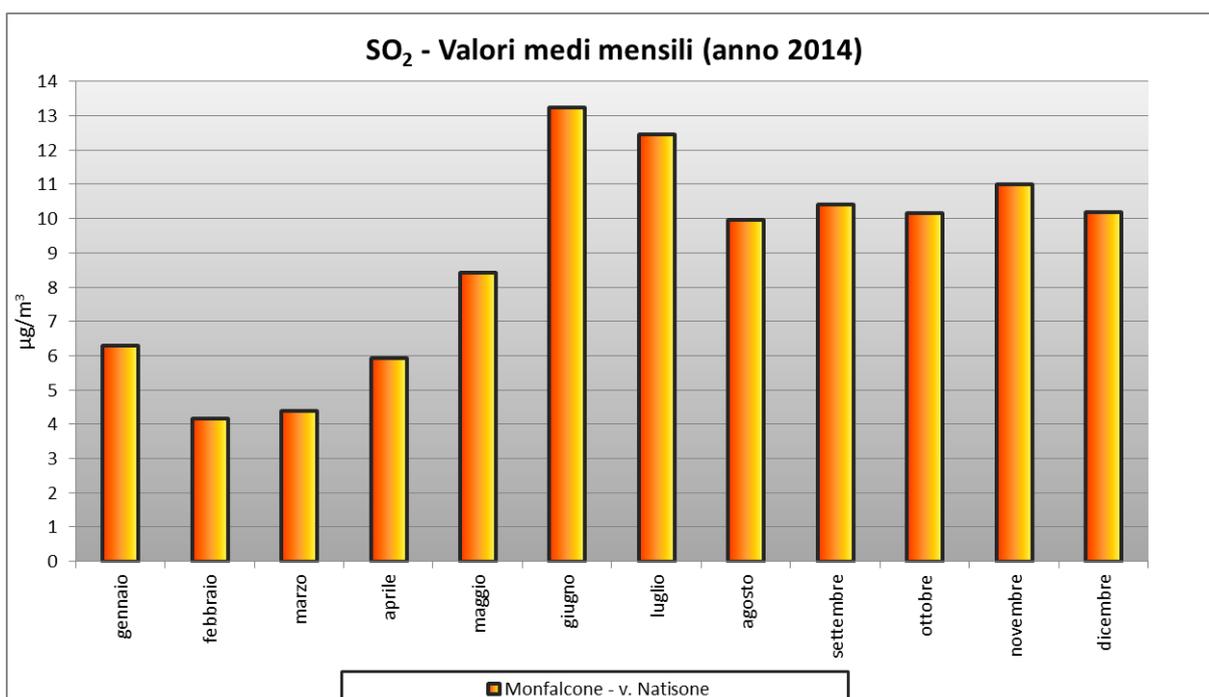


FIG. 20 SO₂ – Valori medi mensili.

L'analisi riferita ai diversi giorni della settimana, riportata in figura 21, non mostra significative variazioni nel corso dei diversi giorni della settimana.

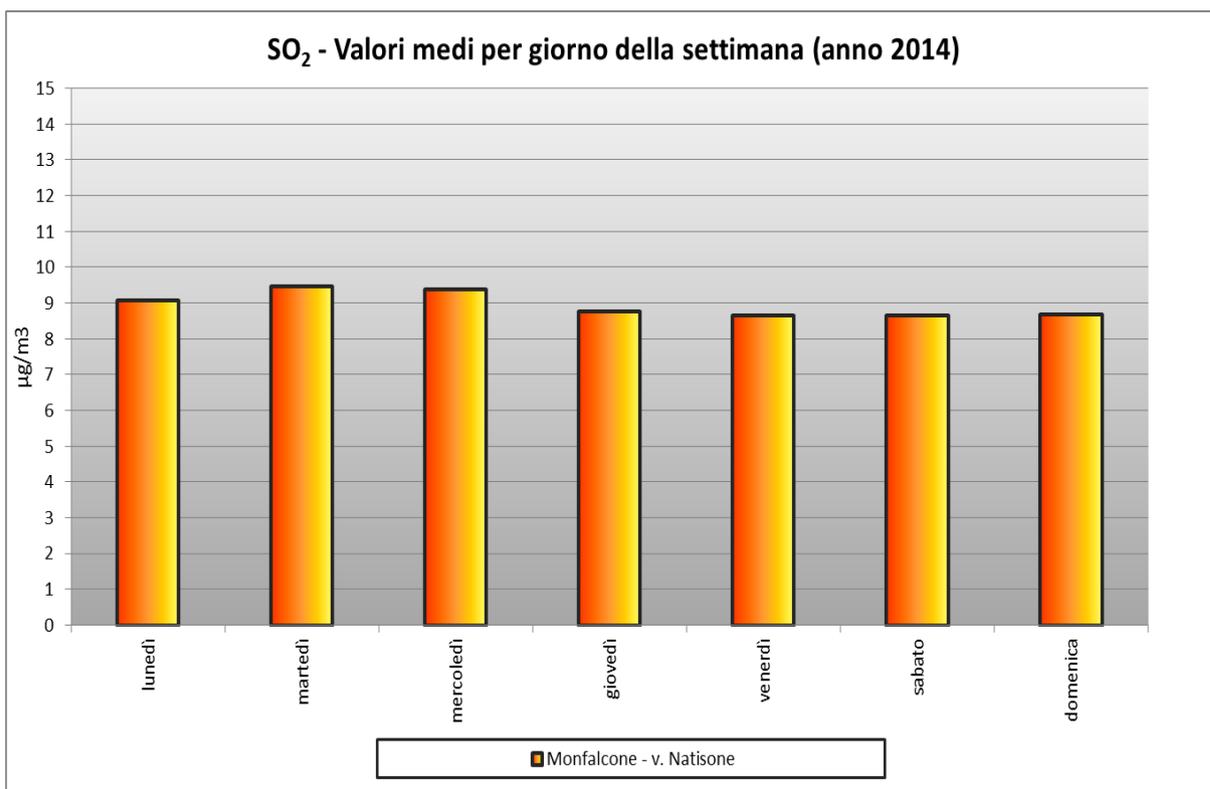


FIG. 21 SO₂ – Valori medi per giorno della settimana.

Il grafico della figura 22 rappresenta il “giorno tipo” e fornisce una indicazione sull’andamento della concentrazione di biossido di zolfo nelle diverse ore della giornata che, come si può rilevare dal grafico, non mostra apprezzabili variazioni.

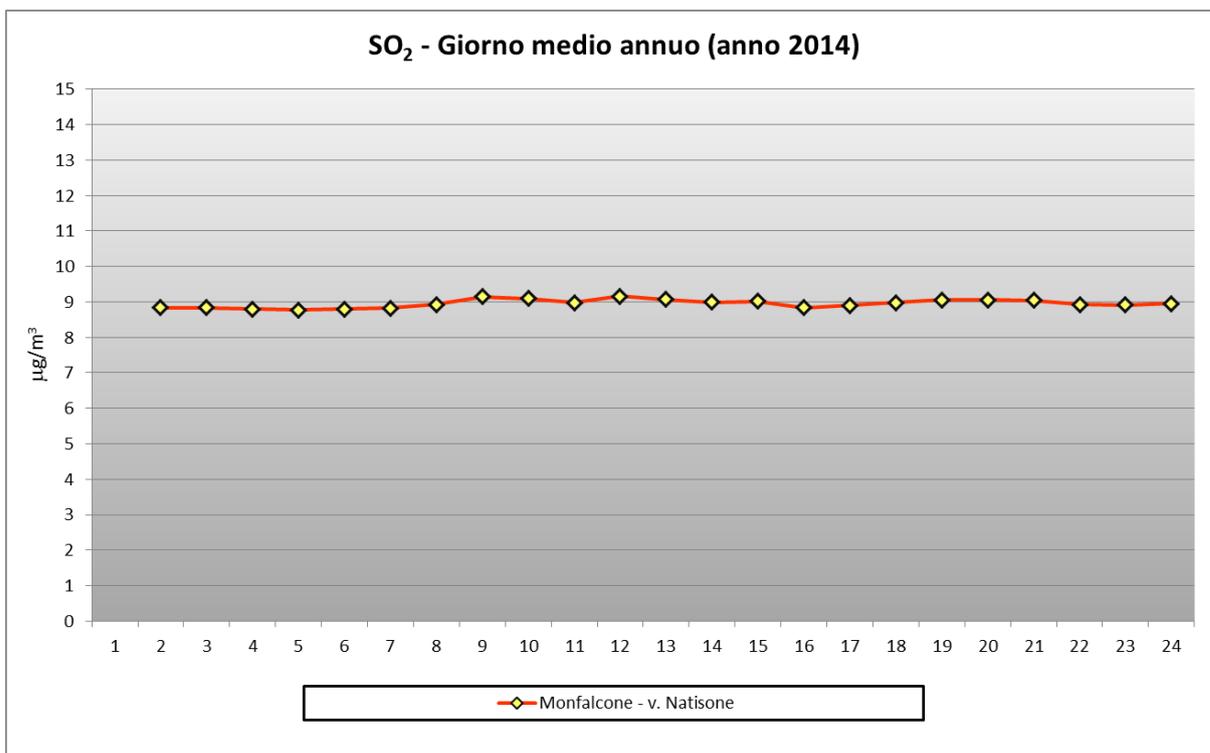


FIG. 22 SO₂ – Giorno tipo relativo all’intero anno 2014.

Per quanto riguarda l'evoluzione dei livelli di inquinamento atmosferico da biossido di zolfo si deve ricordare che il relativo analizzatore della stazione di via Duca d'Aosta, come sopra evidenziato, non è più in funzione e che la stazione di via Natisone è gestita dall'ARPA FVG dalla fine dell'anno 2013. Per queste motivazioni non si possono ricavare dei dati di confronto per gli anni passati.

* * * * *

3.2 Biossido di azoto (NO₂)

Fra i diversi ossidi che l'azoto può formare, per quanto attiene alle problematiche dell'inquinamento atmosferico si considerano solamente il monossido (NO) ed il biossido di azoto (NO₂); in considerazione del fatto però che la tossicità di quest'ultimo è notevolmente superiore a quella del monossido, la normativa vigente prevede dei limiti per la protezione della salute umana solamente per il biossido di azoto (il D. Lgs. 155/2010 fissa anche un livello critico annuale per la protezione della vegetazione pari a 30 µg/m³ di NO_x, cioè di ossidi di azoto come somma di monossido e biossido, da monitorare però lontano da aree abitate). Il biossido di azoto è un gas irritante per occhi, naso e vie respiratorie e può combinarsi con l'emoglobina del sangue (per formare metaemoglobina) impedendone così il trasporto dell'ossigeno.

Si ricorda infine che anche gli ossidi di azoto presenti nell'atmosfera contribuiscono al fenomeno delle piogge acide (si trasformano in acido nitrico).

Riferimento normativo	Denominazione	Periodo di mediazione	Valore di riferimento
D. Lgs. 13 agosto 2010 n. 155	valore limite	1 ora	200 µg/m³ da non superare più di 18 volte per anno civile (dal 01/01/2010)
	valore limite	anno civile	40 µg/m³ (dal 01/01/2010)
	soglia di allarme	3 ore consecutive	400 µg/m³

TAB. 9 NO₂: valori di riferimento previsti dalla normativa.

Gli ossidi d'azoto si formano per reazione, alle alte temperature, fra l'azoto e l'ossigeno che sono i principali costituenti dell'atmosfera (azoto circa 78% e ossigeno circa 21%); per quanto riguarda in particolare il contributo antropico, le principali sorgenti risultano essere i processi di combustione (motori a scoppio, impianti termici, alcuni processi industriali).

I gas prodotti dalla combustione contengono soprattutto monossido di azoto, che allo scarico non si decompone di nuovo ad ossigeno ed azoto a causa del brusco raffreddamento; in atmosfera, grazie a successivi processi fotochimici, viene quindi trasformato in biossido di azoto con velocità che dipendono principalmente dall'intensità dell'irraggiamento solare e dalla temperatura; si verifica così che mentre nel periodo estivo la gran parte dell'NO si trasforma velocemente in NO₂, durante l'inverno (quando la produzione di ossidi di azoto NO_x è massima per l'ulteriore apporto degli impianti termici oltre al traffico) la reazione risulta fortunatamente molto più lenta a causa delle basse temperature e dello scarso irraggiamento solare che rallentano la conversione del monossido a biossido (figura 23).

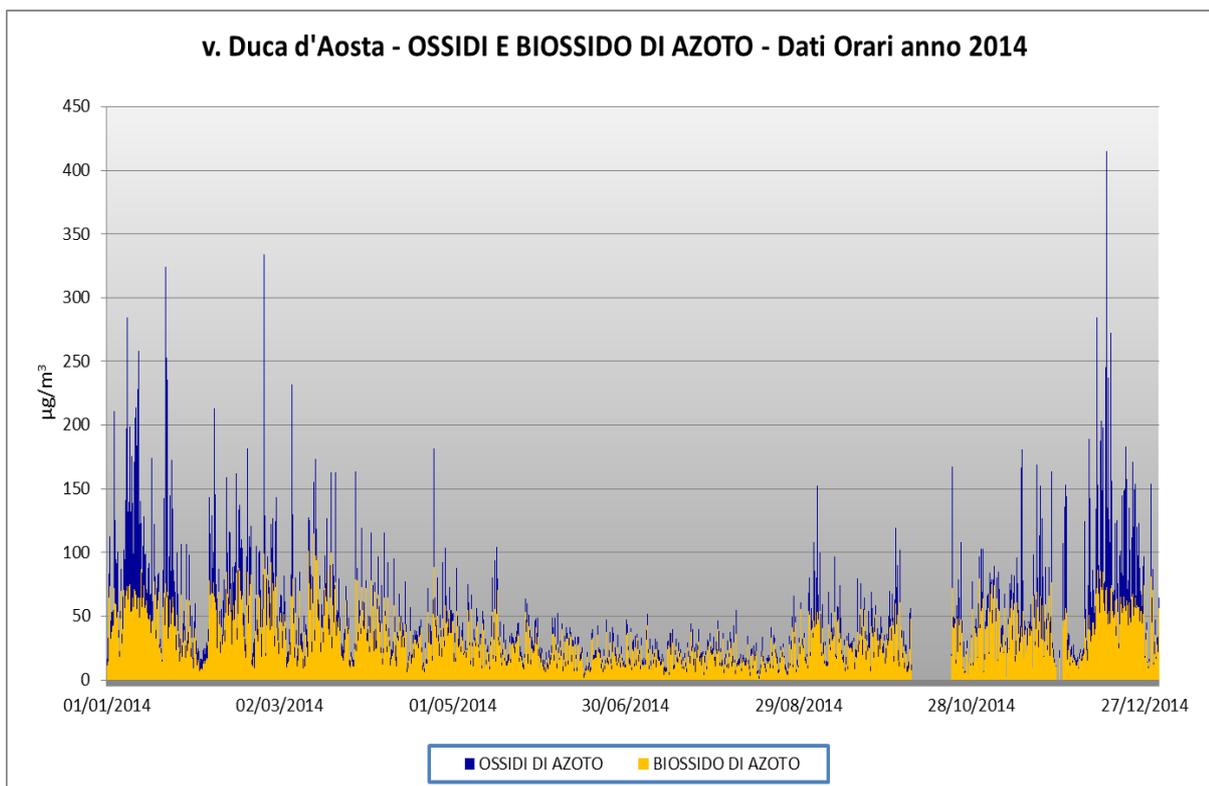


FIG. 23 NO_x e NO_2 – Dati orari relativi alla stazione di Via Duca d’Aosta per l’anno 2014.

A causa di questo fatto la concentrazione di biossido di azoto presenta una distribuzione annuale decisamente meno variabile di quella degli ossidi di azoto ma con concentrazioni comunque più elevate nel periodo invernale. Questo comportamento appare evidente nei grafici delle successive figure 24 e 25 ÷ 28, relative agli andamenti mensili ed al “giorno tipo” riferito ai quattro trimestri del 2014, dove si può notare come gli andamenti delle concentrazioni di biossido di azoto subiscono delle variazioni nei diversi periodi dell’anno, presentando dei valori medi giornalieri più elevati nei due trimestri invernali.

I risultati del monitoraggio riferiti al 2014 e riportati in TAB. 10 evidenziano, per le stazioni di Via Duca d’Aosta e di Via Natisone, il rispetto sia del limite della media annuale ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) che di quello orario ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

RETE DI MONFALCONE	BIOSSIDO DI AZOTO – ANNO 2014			
Stazione	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mediana annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	98° percentile ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Massima oraria ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1. Via Duca d’Aosta	21	16	66	115
2. Via Natisone	20	15	67	136

TAB. 10 NO_2 : principali parametri statistici.

Le due stazioni di rilevamento mostrano valori piuttosto simili e non registrano nessun superamento dei limiti di legge; in via Natisone la massima oraria annuale ($136 \mu\text{g}/\text{m}^3$) è risultata esser più elevata che in via Duca d'Aosta ($115 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ma gli altri parametri riportati in tabella non mostrano significative differenza tra i due siti.

Si presentano di seguito i grafici riportanti l'analisi sugli andamenti (mensili, settimanali, giorno tipo) dei livelli di biossido di azoto in aria ambiente: in particolare il grafico di figura 24 riporta i dati medi mensili che, come già illustrato precedentemente, raggiungono i valori più elevati nel periodo invernale.

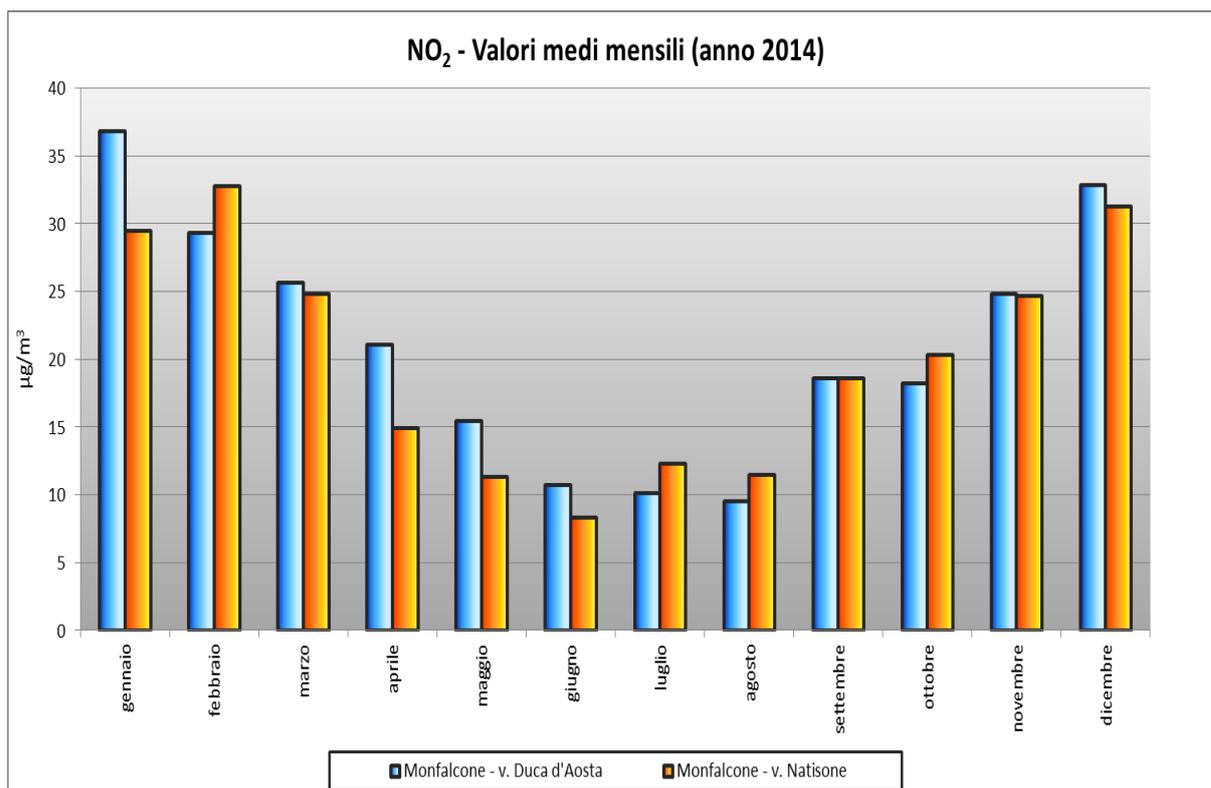


FIG. 24 NO₂ – Valori medi mensili.

Le figure 25 ÷ 28 mostrano invece gli andamenti medi giornalieri, su base trimestrale, per un'ulteriore valutazione delle diverse situazioni a seconda della stagione. Si può osservare la presenza di una doppia campana (indicativamente la prima fra le 8 e le 9 del mattino e la seconda fra le 19 e le 20) legata sia ai picchi di traffico che al maggior utilizzo degli impianti di riscaldamento e si può apprezzare la diminuzione dei valori orari nei periodi più caldi dell'anno.

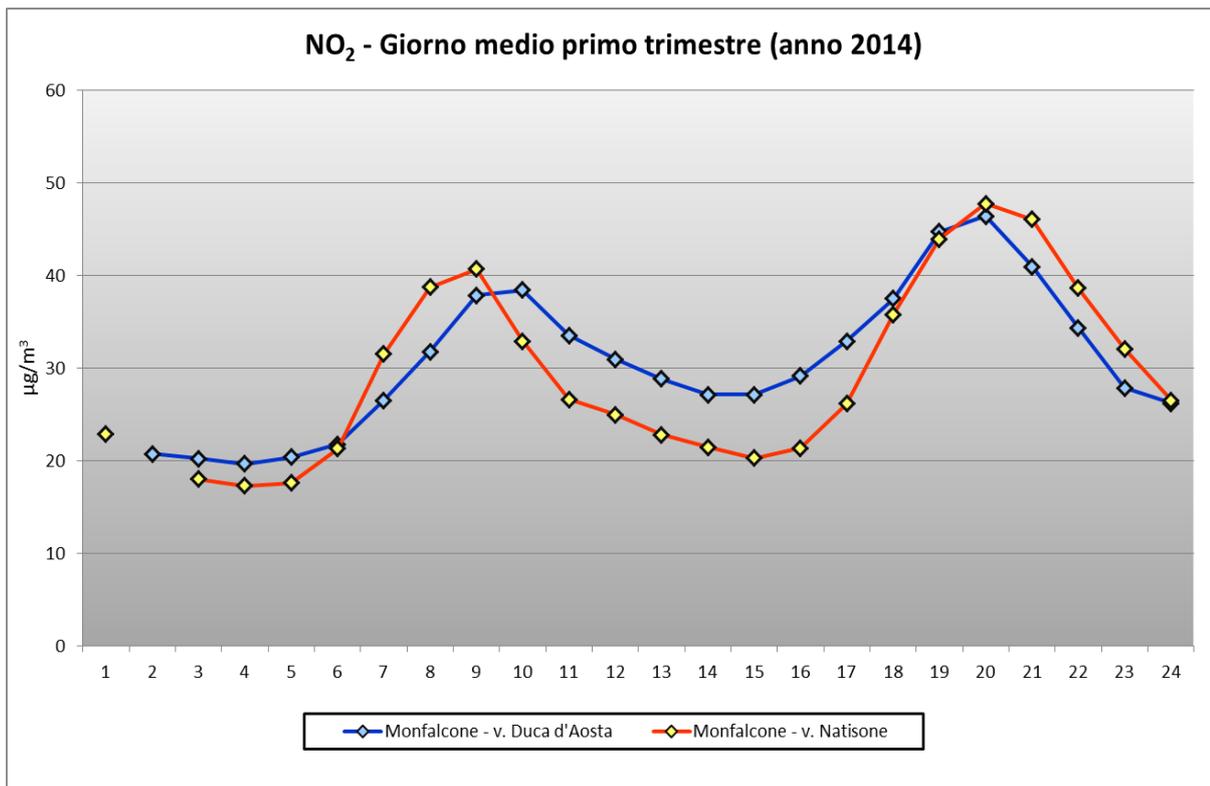


FIG. 25 NO₂ – Giorno tipo relativo al periodo gennaio-marzo 2014.

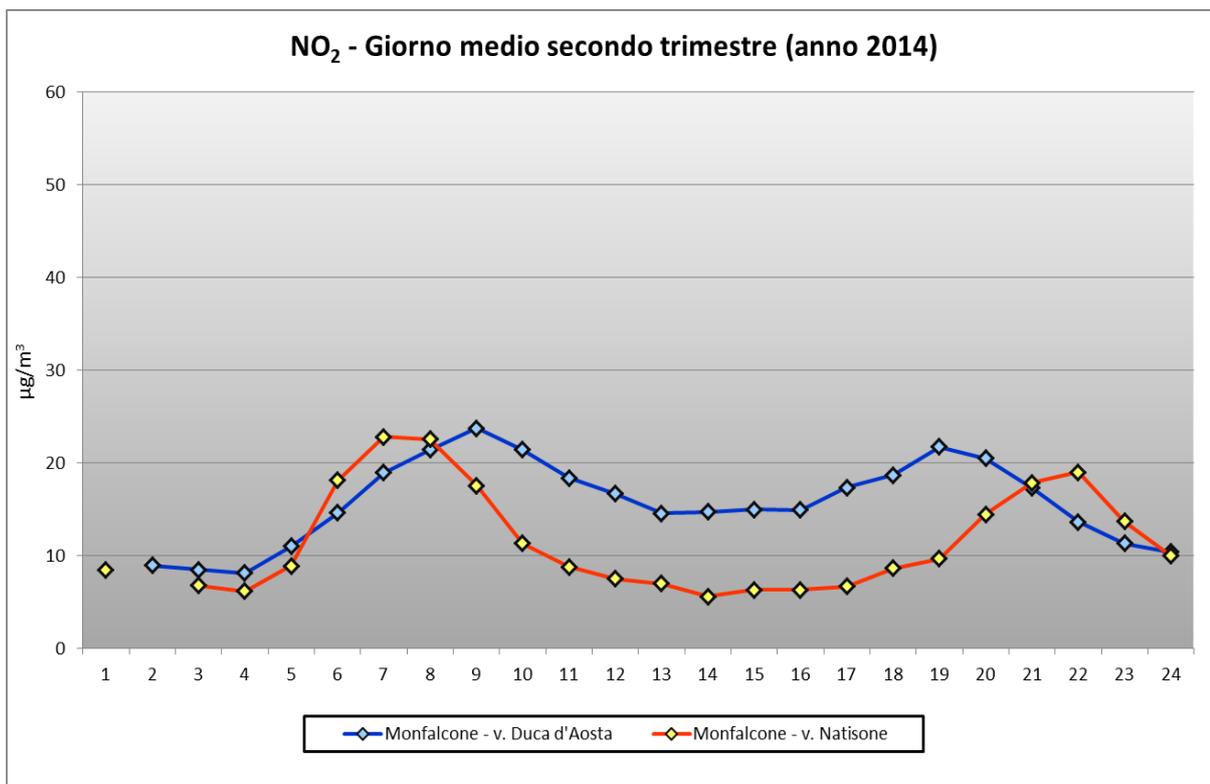


FIG. 26 NO₂ – Giorno tipo relativo al periodo aprile-giugno 2014.

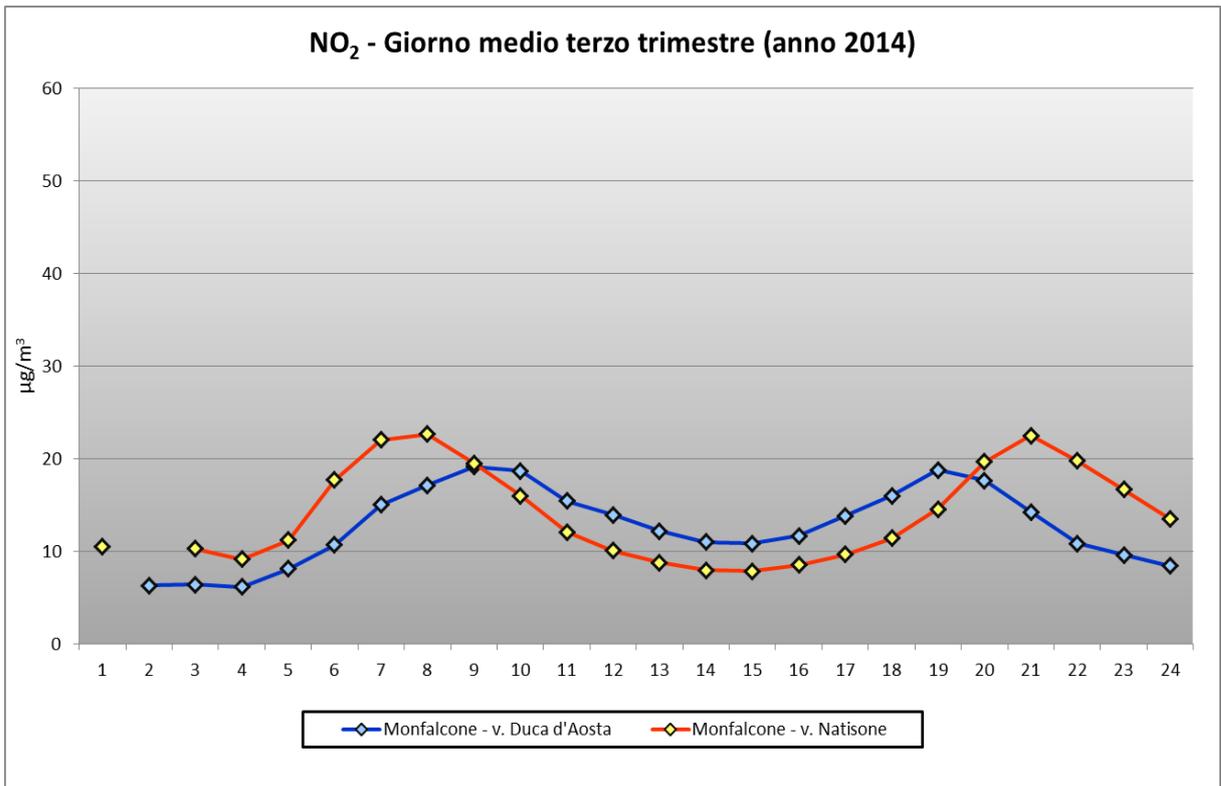


FIG. 27 NO₂ – Giorno tipo relativo al periodo luglio-settembre 2014.

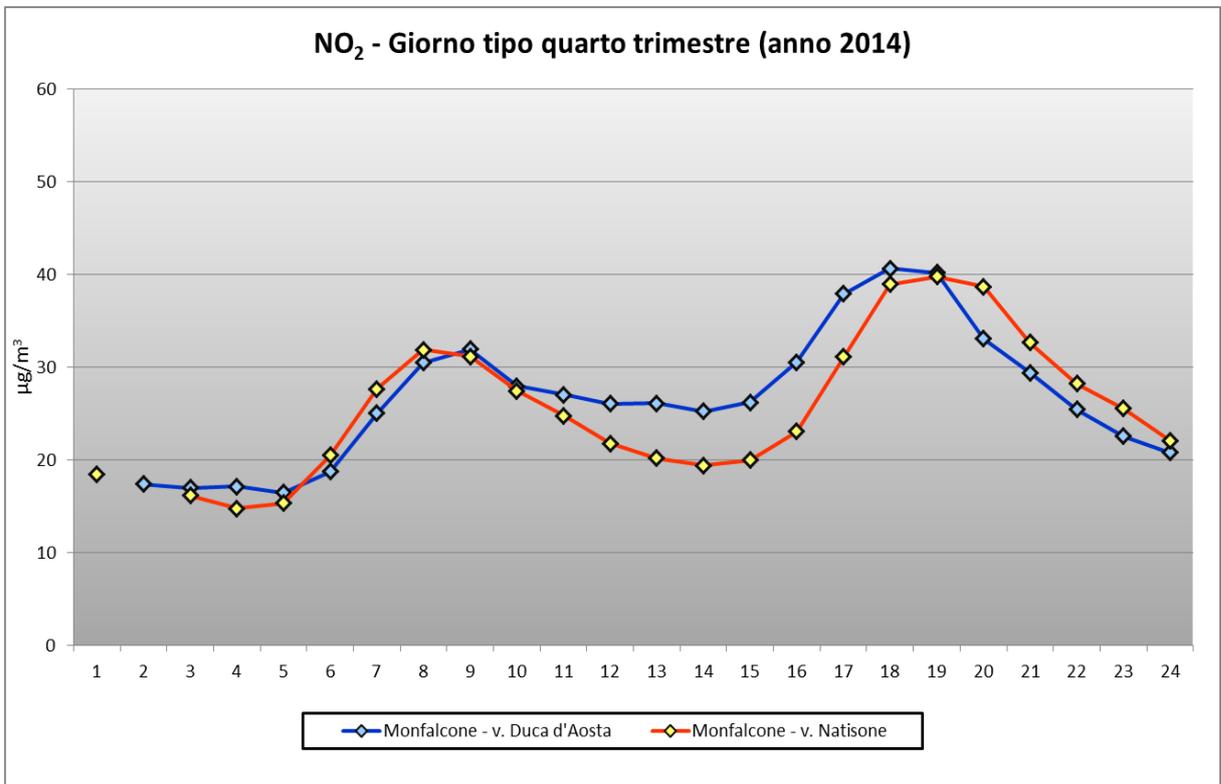


FIG. 28 NO₂ – Giorno tipo relativo al periodo ottobre-dicembre 2014.

Per quanto riguarda infine l'analisi riferita ai diversi giorni della settimana, riportata in figura 29, si nota una significativa riduzione dei livelli di biossido di azoto nel fine settimana, in particolare nella giornata di domenica, che interessa entrambe le stazioni di misura ed una modifica del profilo orario con significativa riduzione del picco mattutino.

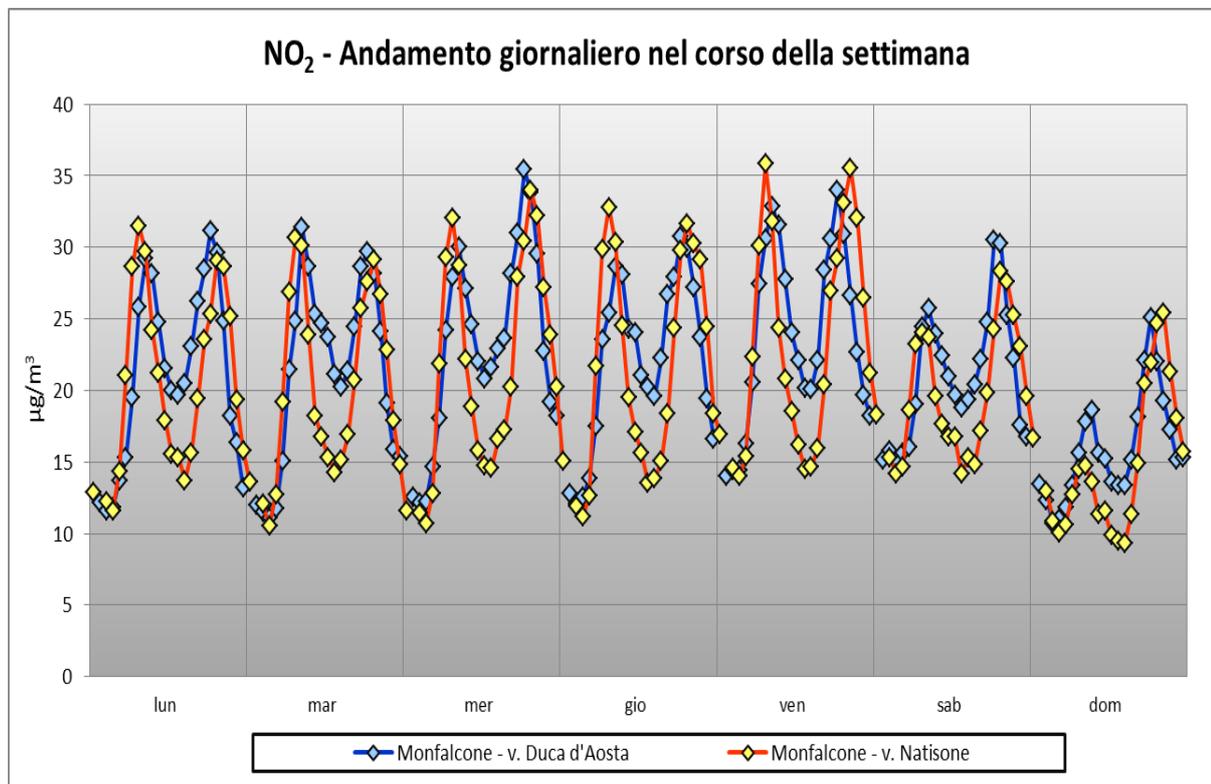


FIG. 29 NO₂ – Andamento medio giornaliero nel corso della settimana.

Per quanto riguarda l'evoluzione del fenomeno negli ultimi anni (dal 2008 al 2014), dall'esame del grafico della figura 30 si può rilevare che la media annua è rimasta piuttosto costante, con oscillazioni annuali che possono essere ricondotte alle diverse condizioni meteo climatiche. Si deve, comunque evidenziare che la situazione non presenta particolari criticità poiché la media annuale si attesta a valori sempre inferiori al limite di legge.

Il dato relativo all'anno 2013 rilevato in via Duca d'Aosta è riportato in grafico (evidenziato tra parentesi) ma si deve sottolineare il fatto che, a causa di numerosi guasti e fuori servizio dell'apparecchiature, il numero di misure valide per l'anno è stato pari a circa l'80%, inferiore, quindi, al 90% di misure valide necessario per rendere accettabile il dato.

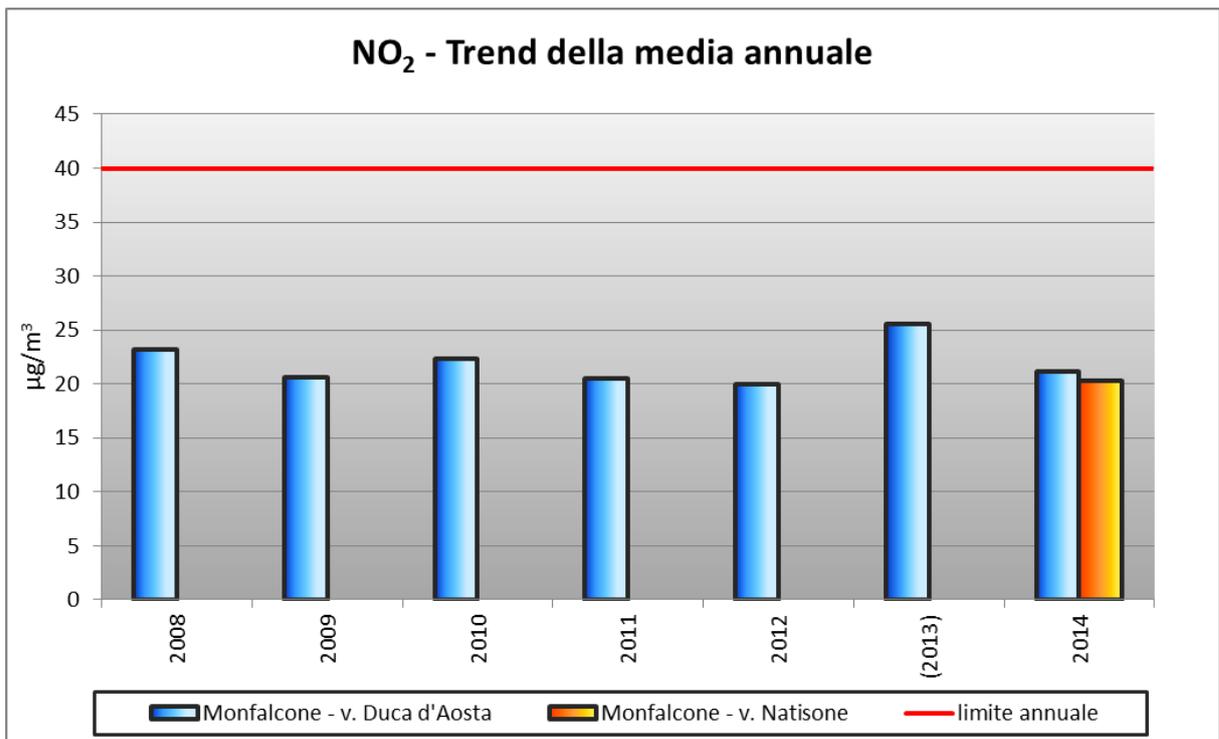


FIG. 30 NO₂ – Trend 2008-2014 della media annuale delle concentrazioni medie annuali.

* * * * *

3.3 Monossido di carbonio (CO)

Il monossido di carbonio deriva normalmente da processi di combustione parziale che impediscono la completa ossidazione del carbonio fino ad anidride carbonica (CO₂) per carenza di ossigeno; la tossicità di questo composto è ascrivibile alla sua capacità di legarsi all'emoglobina contenuta nei globuli rossi del sangue ed impedire così il trasporto dell'ossigeno.

In ambito urbano la principale sorgente di CO viene individuata nel traffico autoveicolare e per molti anni questo è stato l'inquinante nei cui riguardi è stata posta la maggiore attenzione.

Riferimento normativo	Denominazione	Periodo di mediazione	Valore di riferimento
D. Lgs. 13 agosto 2010 n. 155	valore limite	media massima giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m³ (dal 01/01/2005)

TAB. 11 CO: valori di riferimento previsti dalla normativa.

Con l'introduzione della marmitta catalitica e lo svecchiamento del parco vetture circolanti si è assistito ad una progressiva diminuzione delle concentrazioni misurate che, come si ricava dall'esame delle tabelle 12 e 13, presentano per l'anno 2014 valori molto contenuti, nettamente inferiori al limite di legge.

RETE DI MONFALCONE	MONOSSIDO DI CARBONIO – ANNO 2014				
Stazione	Media annuale (mg/m ³)	Mediana annuale (mg/m ³)	98° percentile (mg/m ³)	Massima media oraria (mg/m ³)	Massima media su 8 ore (mg/m ³)
1. Via Duca d'Aosta	0,3	0,2	0,8	2,7	1,7

TAB. 12 CO: principali parametri statistici.

RETE DI MONFALCONE	MONOSSIDO DI CARBONIO – SUPERAMENTI ANNO 2014
Stazione	Valore limite come media massima giornaliera calcolata su 8 ore: 10 mg/m ³
1. Via Duca d'Aosta	Nessun superamento

TAB. 13 CO: numero di superamenti dei valori di riferimento previsti dalle normative.

Per quanto riguarda l'andamento dei livelli di monossido di carbonio nel corso del 2014, dal grafico dei dati medi mensili (figura 31) si può vedere come anche questo inquinante mediamente presenti i valori più elevati nel periodo invernale.

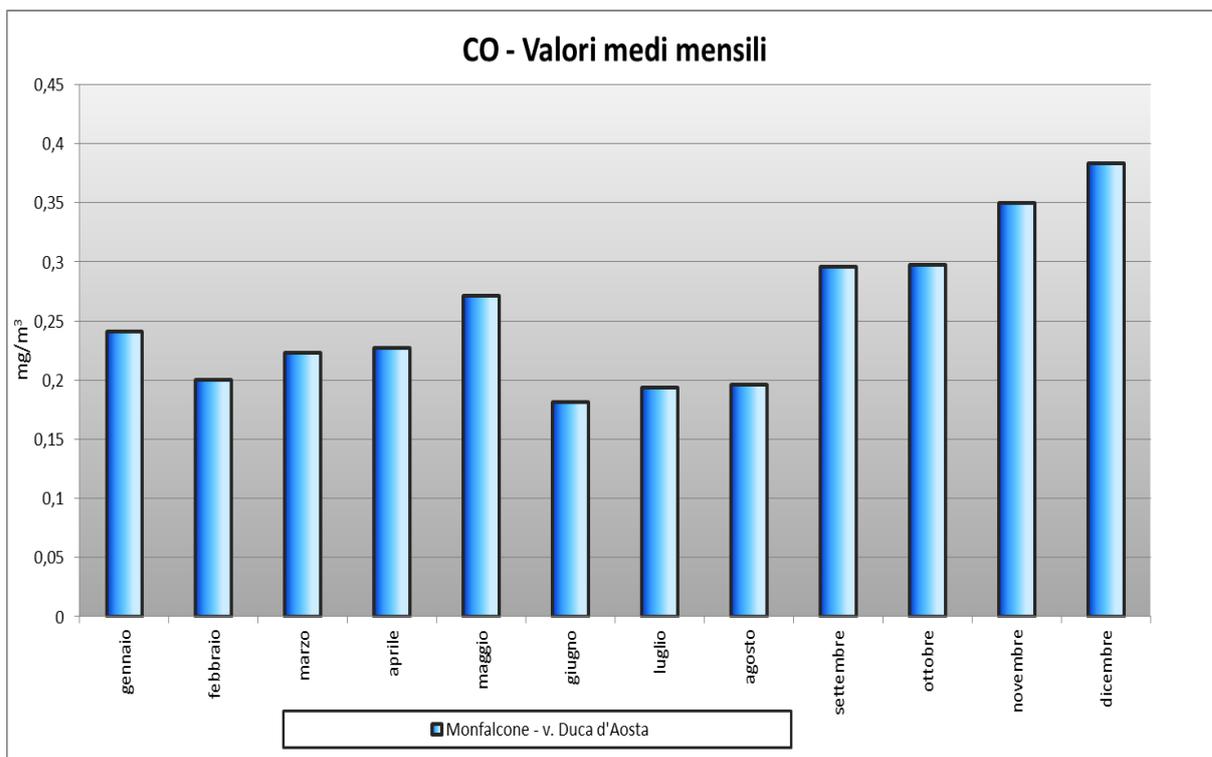


FIG. 31 CO – Valori medi mensili.

Gli andamenti medi riferiti ai diversi giorni della settimana (figura 32) presentano un andamento piuttosto omogeneo con concentrazioni dell'inquinante davvero modeste.

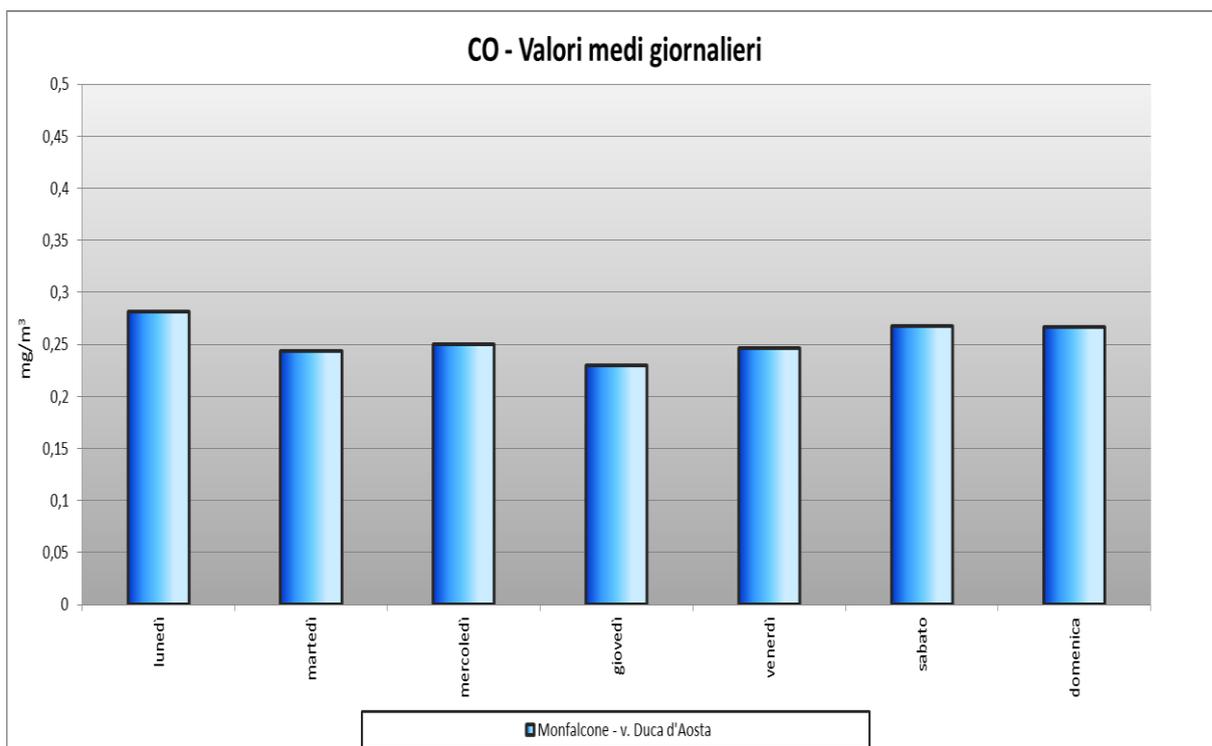


FIG. 32 CO – Valori medi per giorno della settimana.

Il grafico della figura 33 rappresenta il giorno tipo riferito all'intero anno 2014 e fornisce un'indicazione sull'andamento della concentrazione di CO nelle diverse ore della giornata, con i massimi correlati ai momenti di maggior traffico, cioè fra le 8 e le 9 del mattino ed alla sera attorno alle 19.

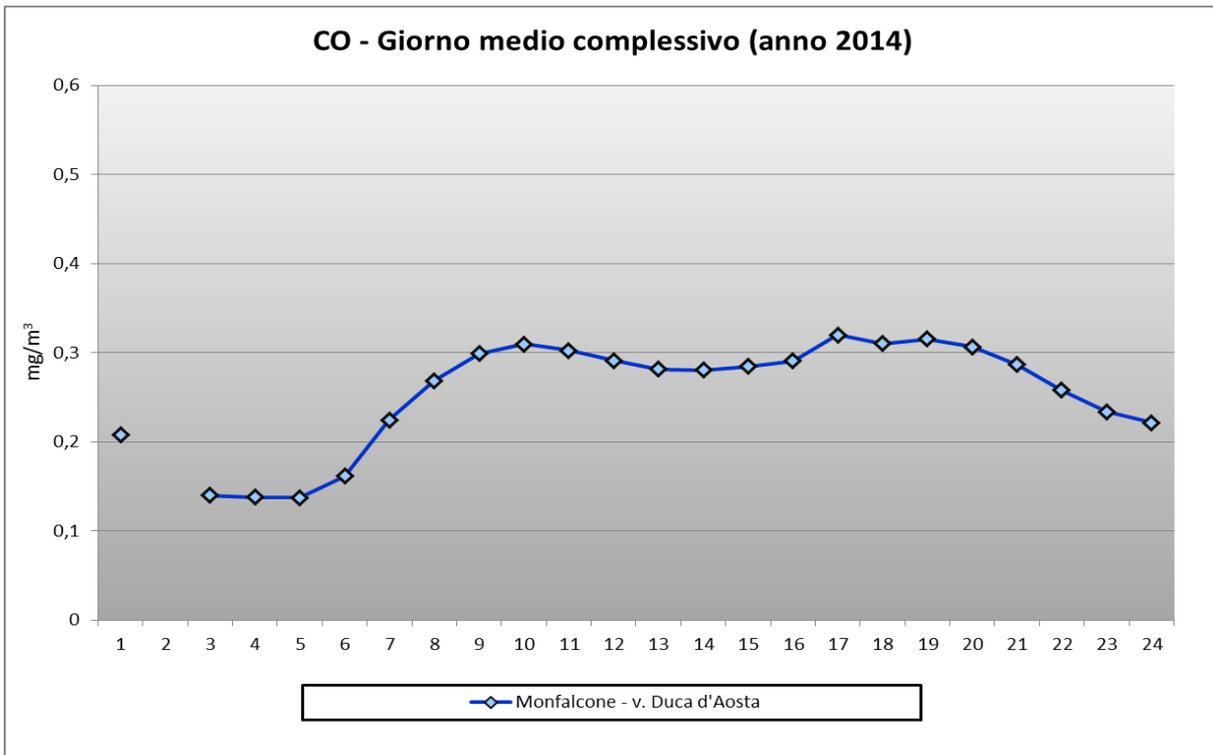


FIG. 33 CO – Giorno tipo relativo all'intero anno 2014.

Per quanto riguarda infine l'evoluzione del fenomeno la successiva figura 34 riporta l'andamento del periodo 2008 ÷ 2014: i dati rilevati nel corso degli anni confermano il trend, ormai consolidato da alcuni anni, caratterizzato da una progressiva riduzione della concentrazione di CO e dalla scomparsa dei fenomeni di inquinamento acuto.

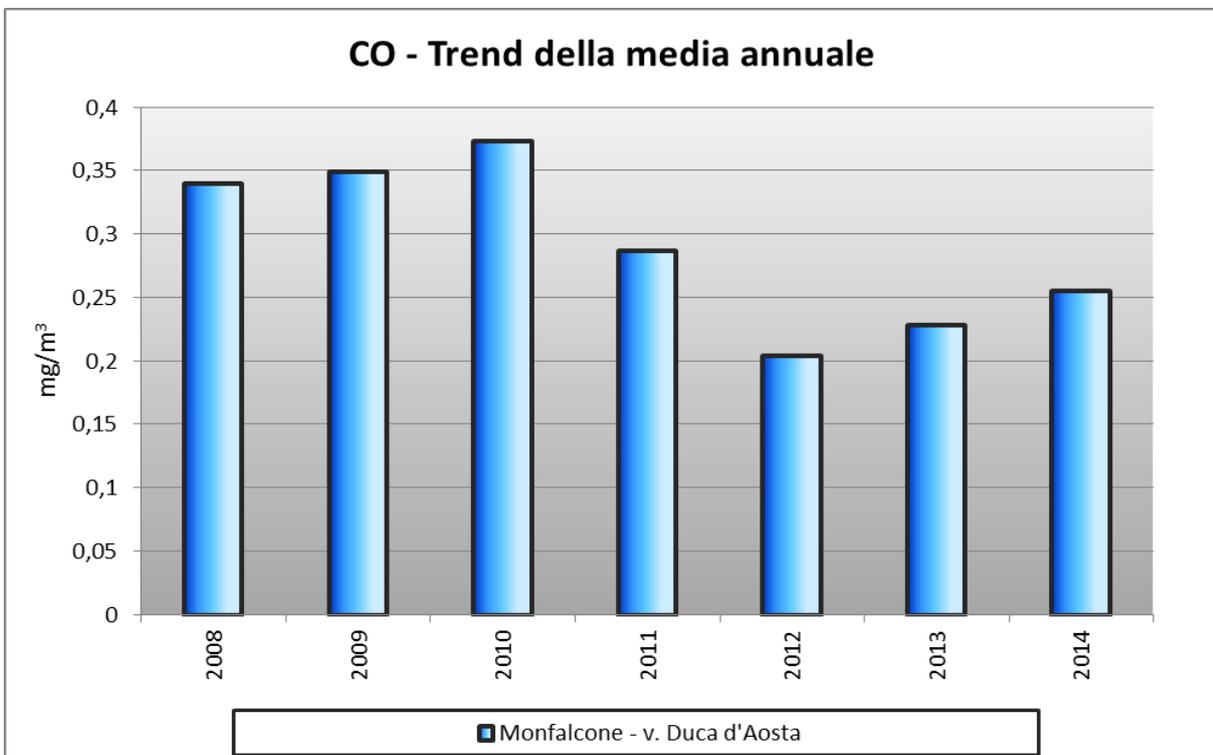


FIG. 34 CO – Trend 2008-2014 della media annuale delle concentrazioni medie orarie.

* * * * *

3.4 Ozono (O₃)

L'ozono è un gas che si forma anche nella troposfera (parte dell'atmosfera a contatto con il suolo) a partire dall'ossigeno per effetto della radiazione solare in presenza di altri composti (quali ossidi d'azoto, monossido di carbonio e composti organici volatili) con una serie di processi chiamati fotochimici; viene definito pertanto inquinante secondario poiché non è prodotto direttamente da una qualsiasi sorgente, ma si origina in presenza di inquinanti primari che fungono da precursori. E' un composto che presenta effetti irritanti per le vie respiratorie, particolarmente in soggetti quali bambini, anziani, persone che soffrono di asma o che sono sottoposte ad intensi sforzi fisici.

La produzione di ozono al suolo, che avviene comunque anche per cause naturali, è fortemente incrementata dalla presenza di inquinanti di origine antropica anche a concentrazioni molto basse (catalizzatori): i processi che portano alla formazione di ozono sono piuttosto complessi e coinvolgono essenzialmente gli ossidi di azoto ed i composti organici volatili, con una serie di reazioni chimiche che da una parte ne favoriscono la formazione e dall'altra la rimozione per processi di ossidazione; un ruolo fondamentale rivestono anche alcune variabili meteorologiche quali l'irraggiamento solare, la temperatura, la stabilità dell'atmosfera.

L'ozono al suolo non deve essere confuso con quello presente nella stratosfera (ozonosfera) dove si forma per effetto delle radiazioni ultraviolette del sole sulle molecole di ossigeno: la presenza dell'ozonosfera risulta essenziale per la vita sulla terra in quanto agisce da filtro per le radiazioni solari nocive e pertanto l'assottigliamento di questo strato protettivo (buco dell'ozono) viene tenuto sotto controllo a livello planetario.

Riferimento normativo	Denominazione	Periodo di mediazione	Valore di riferimento
D. Lgs. 13 agosto 2010 n. 155	soglia di informazione	media oraria	180 µg/m³
	soglia di allarme	media oraria	240 µg/m³
	valore obiettivo per la protezione della salute umana	media massima giornaliera calcolata su 8 ore	120 µg/m³ da non superare più di 25 volte per anno civile come media su 3 anni (dal 01/01/2010)

TAB. 14 O₃: valori di riferimento previsti dalla normativa.

Le tabelle seguenti riportano, per il sito monitorato, i principali parametri statistici ricavati dai dati relativi al 2014 ed il numero di superamenti delle soglie di informazione e di allarme.

RETE DI MONFALCONE	OZONO – ANNO 2014			
Stazione	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mediana annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	98° percentile ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Massima oraria ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
2. Via Natisone	50	49	121	154

TAB. 15 O₃: principali parametri statistici.

Dai valori riportati nella tabella 15 si può ricavare che nel corso dell'anno 2014 non si sono registrati superamenti né della soglia di informazione né di quella di allarme.

Confrontando i risultati del monitoraggio anche con il valore obiettivo di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (calcolato sulla media mobile trascinata di 8 ore), si ottengono i dati di cui alla seguente tabella.

RETE DI MONFALCONE	OZONO – SUPERAMENTI ANNO 2014
Stazione	Numero di giornate di superamento del valore obiettivo di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ calcolato come media su 8 ore
2. Via Natisone	15

TAB. 16 O₃: numero di superamenti del livello di riferimento come media su 8 ore.

Per valutare l'evoluzione dei livelli di inquinamento da ozono, fortemente dipendente all'andamento meteorologico stagionale e che negli anni interessati da un maggior soleggiamento ha visto un acuirsi del fenomeno, risulta interessante confrontare i dati del 2014 con i corrispondenti valori riferiti agli anni precedenti e riportati in tabella 17.

RETE DI MONFALCONE	OZONO – GIORNATE DI SUPERAMENTO (ANNI 2009 – 2014)					
Anno	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1. Via Duca d'Aosta	40	42	41	61	67	=
2. Via Natisone	=	=	=	=	=	15

TAB. 17 O₃: numero di giornate di superamento del valore bersaglio di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (dati annuali).

Per un corretto confronto con il valore di legge si riporta anche la tabella con le medie su tre anni come previsto dalla normativa:

RETE DI MONFALCONE	OZONO – GIORNATE DI SUPERAMENTO (Periodo 2007 – 2014)					
Triennio	2007-2009	2008-2010	2009-2011	2010-2012	2011-2013	2012-2014
1. Via Duca d'Aosta	38	33	41	48	56	=
2. Via Natisone	=	=	=	=	=	=

TAB. 18 O₃: numero di giornate di superamento del valore di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (come media su 3 anni).

Dalla lettura della tabella 18 si può rilevare che in tutti i trienni considerati, in via Duca d'Aosta i valori medi ottenuti risultano essere superiori alle 25 giornate previste dal D. Lgs 155/2010.

Il successivo grafico di FIG. 35 riporta i dati medi mensili che evidenziano come l'inquinamento da ozono sia un problema prettamente estivo, legato agli specifici fattori meteorologici stagionali (irraggiamento solare e temperatura).

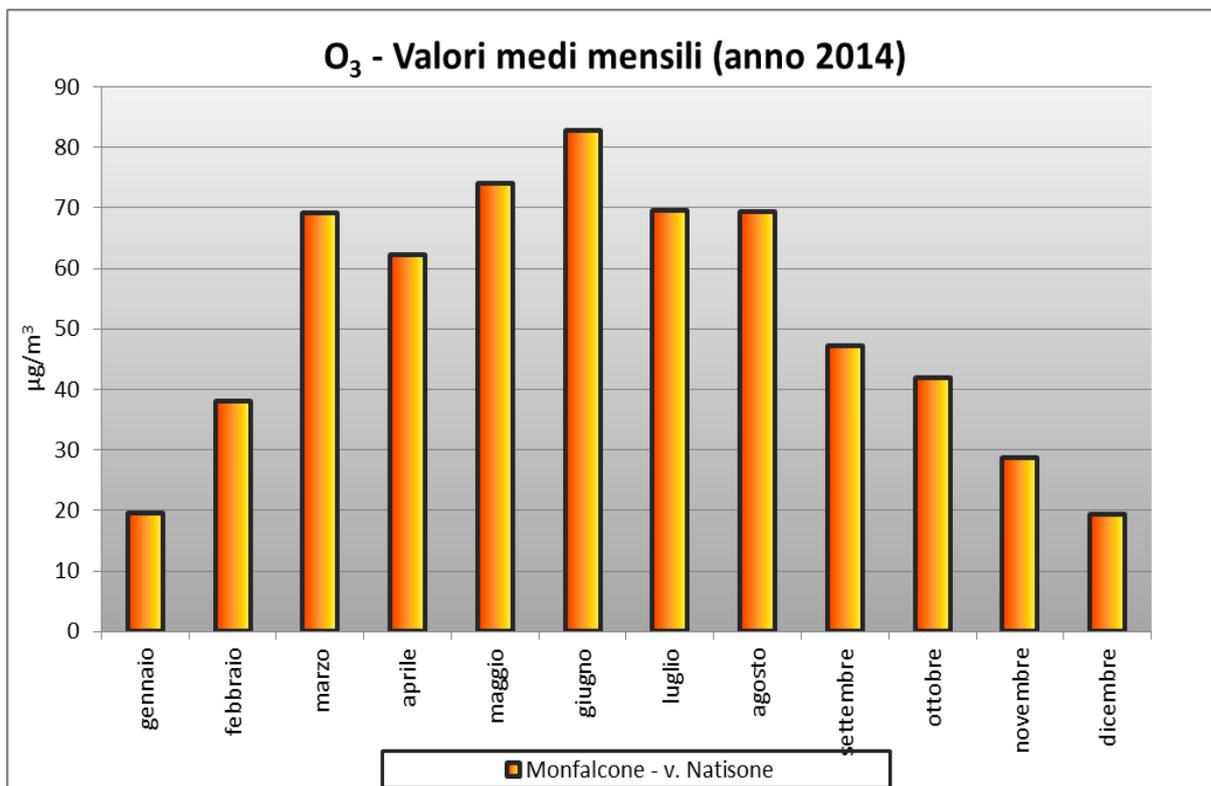


FIG. 35 O₃ – Valori medi mensili.

Gli andamenti medi per giorno della settimana, di cui al successivo grafico di FIG. 36, presentano un comportamento opposto rispetto a quanto visto per gli inquinanti primari, con un aumento dei livelli di concentrazione di ozono nella giornata di domenica quando la contrazione dei flussi di traffico veicolare comporta una riduzione delle concentrazioni in aria ambiente di monossido di azoto (emesso dai motori a combustione interna) che andrebbe a reagire con l'ozono per essere ossidato a biossido di azoto.

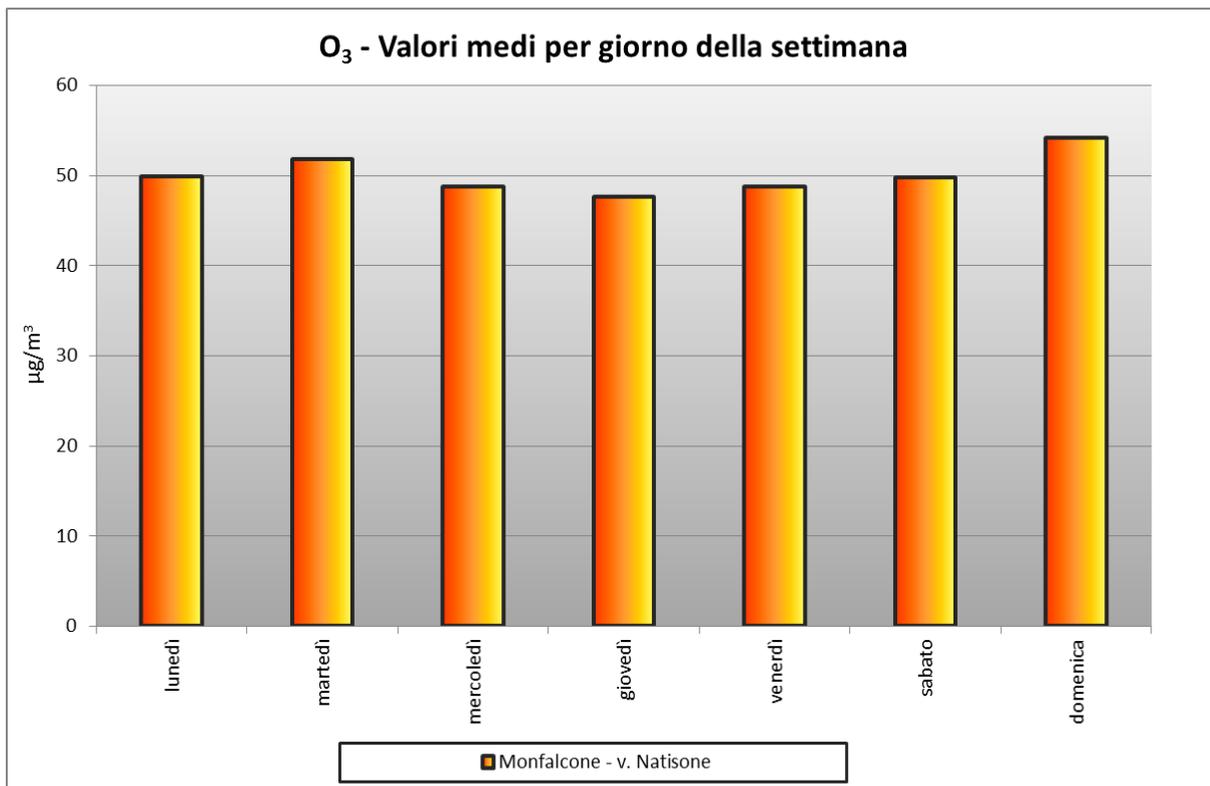


FIG. 36 O₃ – Valori medi per giorno della settimana.

Le figure che seguono (FIG. 37 ÷ 40) rappresentano il giorno tipo su base trimestrale: in tutti i grafici è presente un unico picco molto arrotondato, che raggiunge i valori più elevati nel primo pomeriggio (fra le 15 e le 16) in corrispondenza del massimo effetto dell'irraggiamento solare.

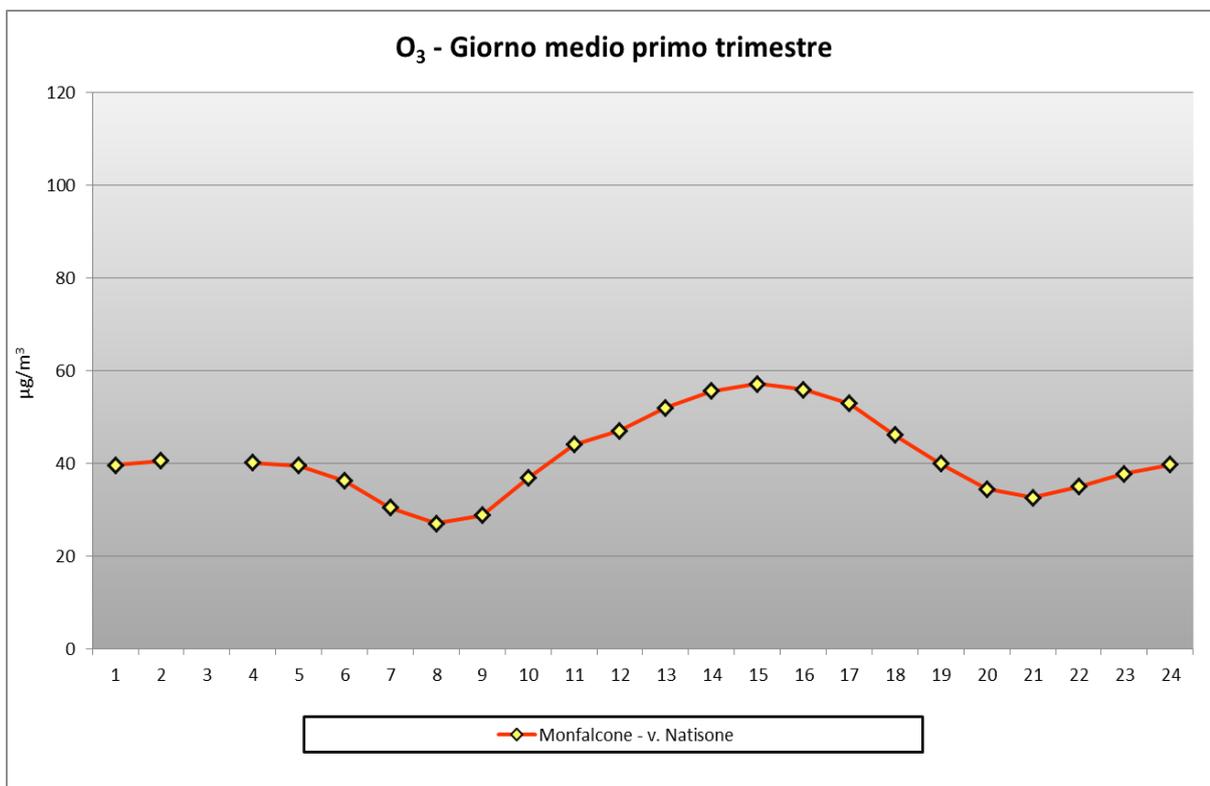


FIG. 37 O₃ – Giorno tipo relativo al periodo gennaio-marzo 2014.

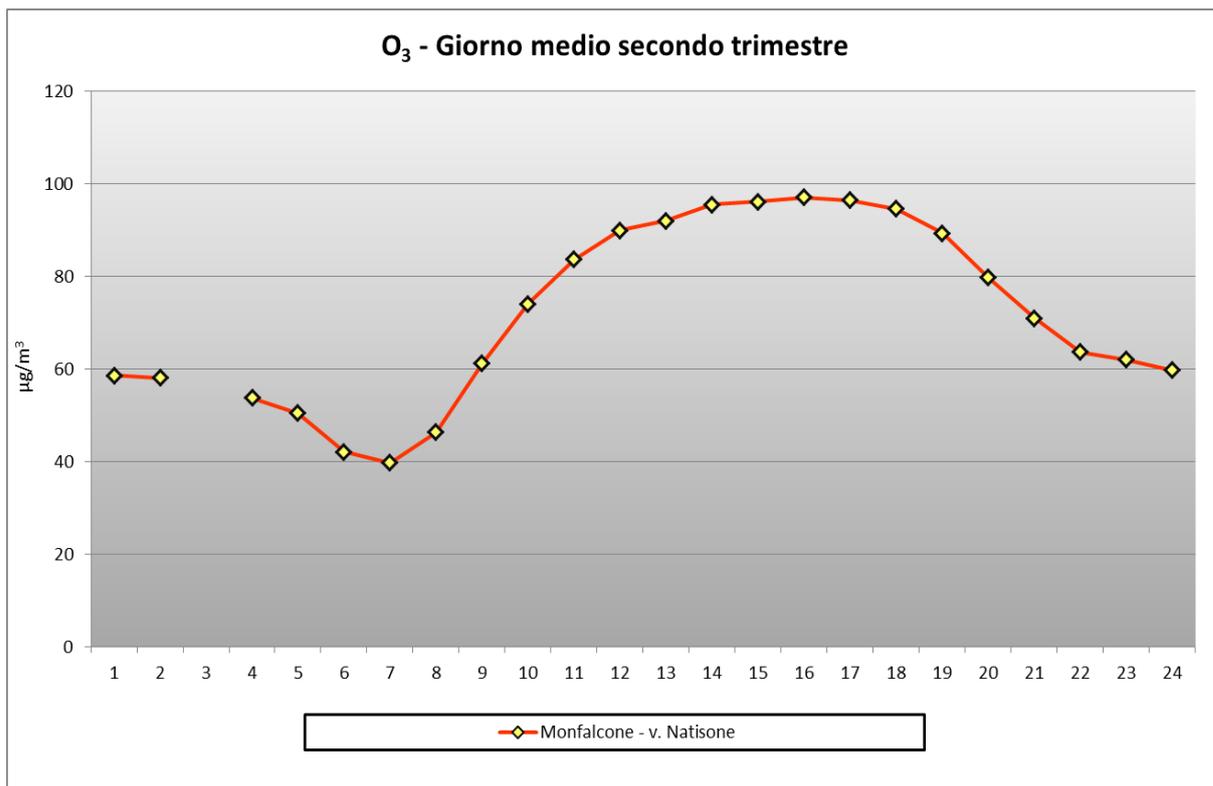


FIG. 38 O₃ – Giorno tipo relativo al periodo aprile-giugno 2014.

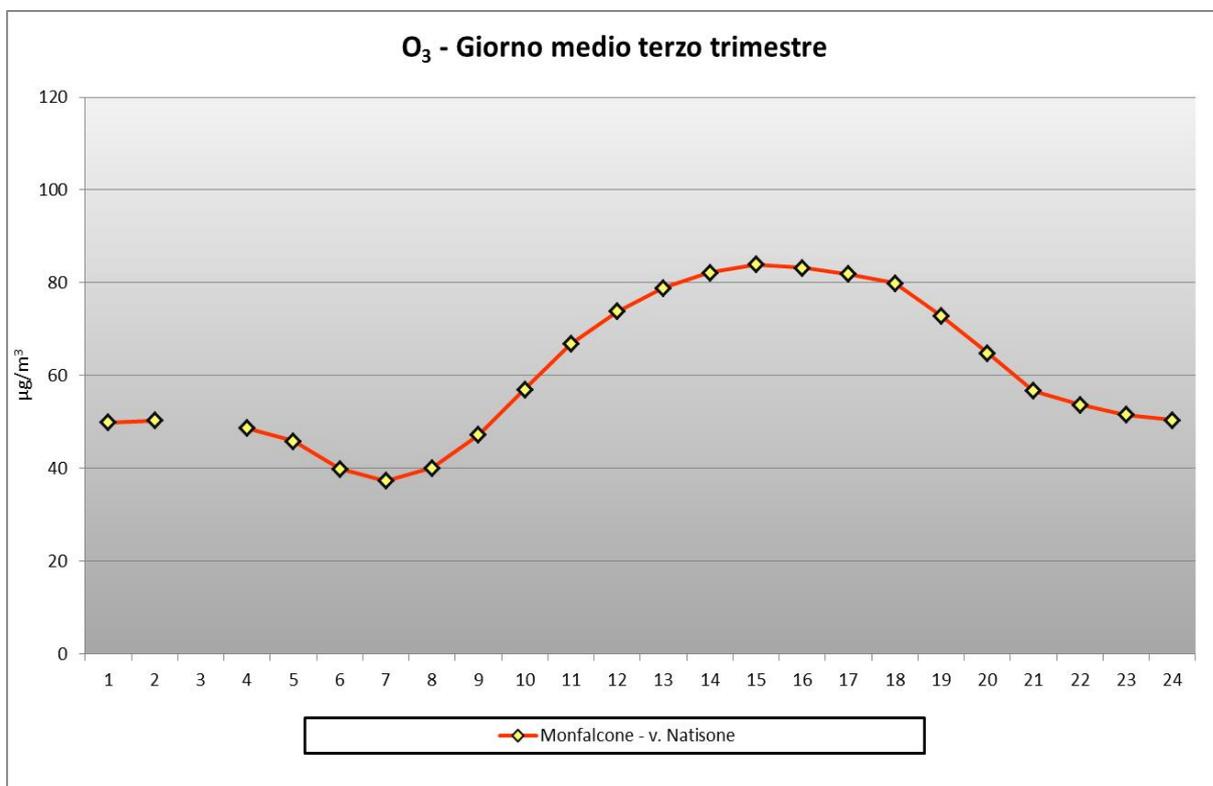


FIG. 39 O₃ – Giorno tipo relativo al periodo luglio-settembre 2014.

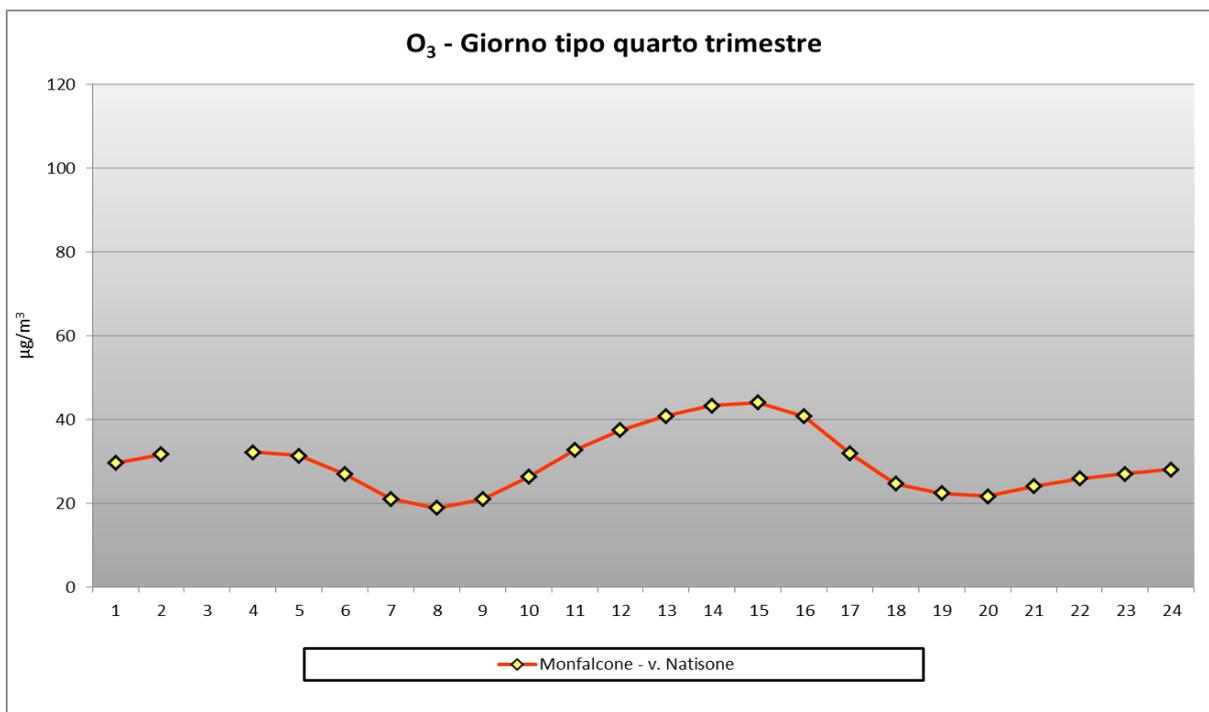


FIG. 40 O₃ – Giornata tipo relativo al periodo ottobre-dicembre 2014.

Per quanto riguarda l'evoluzione nel tempo, i trend annuali della FIG. 41 non evidenziano alcun miglioramento per la stazione di via Duca d'Aosta; il dato 2014 rilevato in via Natisone presenta delle concentrazioni inferiori ma non sono disponibili al momento dati pregressi da confrontare.

Si ricorda che l'analizzatore di Ozono della stazione di Via Duca d'Aosta è stato dismesso perché il posizionamento non rispettava i requisiti fissati dal D. Lgs. 155/2010 per la misura dell'inquinante.

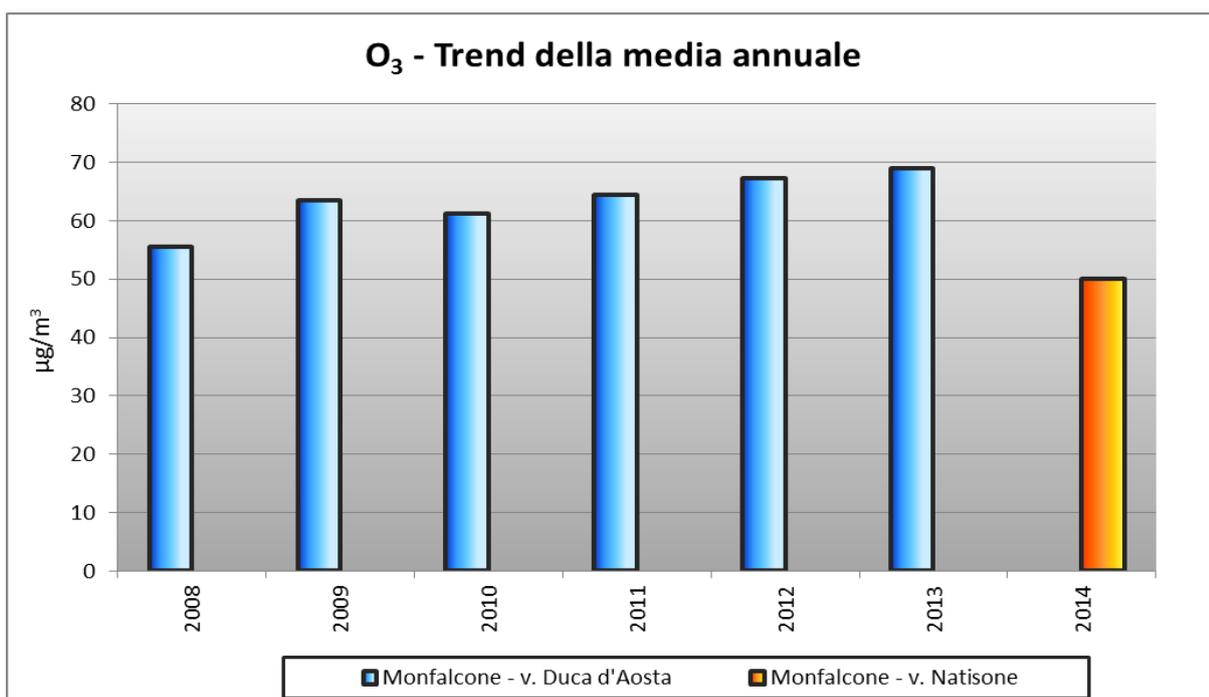


FIG. 41 O₃ – Trend 2004-2014 della media annuale delle concentrazioni medie orarie.

3.5 Materiale Particolato

Con il termine di particolato atmosferico si intende l'insieme di particelle solide più o meno piccole (polvere, ceneri, pollini) e di goccioline microscopiche che si trovano nell'atmosfera. Questo materiale particolato può avere un'origine sia naturale che antropica; in quest'ultimo caso le fonti possono essere individuate nel sistema dei trasporti e negli impianti di combustione, sia civili (impianti termici) che industriali (fra cui le centrali termoelettriche).

Le dimensioni e la natura delle particelle che costituiscono il particolato sono molto variabili e ne influenzano i tempi di deposizione, che sono peraltro fortemente correlati alla presenza di vento e di precipitazioni atmosferiche.

La legislazione ambientale comunitaria ha focalizzato l'attenzione su due frazioni del materiale particolato: la prima, denominata PM_{10} , è la frazione di materiale particolato sospeso in aria ambiente con un diametro aerodinamico inferiore a $10\ \mu\text{m}$; la seconda riguarda invece il materiale con diametro aerodinamico inferiore a $2,5\ \mu\text{m}$, e pertanto identificata come $PM_{2,5}$, per la quale il D. Lgs. 155/2010 ha recepito quanto previsto dalla Direttiva 2008/50/CE del 21/05/2008.

Per quanto riguarda il materiale particolato si precisa che la letteratura scientifica individua due principali frazioni definite rispettivamente "frazione fine" ("fine particles" - corrispondente al $PM_{2,5}$) e "frazione grossolana" ("coarse particles" - materiale particolato con diametro aerodinamico superiore a $2,5\ \mu\text{m}$). La parte della frazione grossolana che corrisponde alla differenza fra le due frazioni PM_{10} e $PM_{2,5}$ è costituita prevalentemente da particolato di origine primaria e risente in maniera significativa dei fenomeni di risollevarimento.

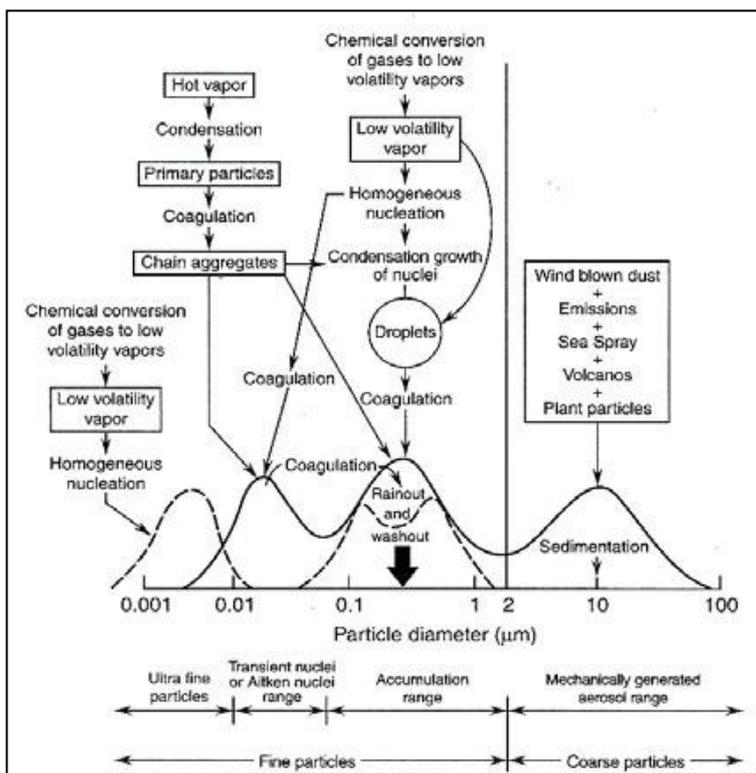


FIG. 42 Materiale Particolato: distribuzione dimensionale delle particelle [Finlayson-Pitts et al., 1999]

3.5.1 Materiale Particolato PM₁₀

Dal punto di vista della tutela della salute umana l'attenzione si è inizialmente focalizzata sul PM₁₀ (particelle di diametro inferiore ai 10 µm) che costituisce la frazione inalabile delle polveri in quanto non viene trattenuta dalle vie aeree superiori ma penetra nell'apparato respiratorio tanto più in profondità quanto più piccole sono le dimensioni di queste particelle che, depositatesi nei polmoni, portano ad un accumulo di sostanze minerali e possono veicolare sostanze tossiche precedentemente assorbite o adsorbite sulla loro superficie dall'aria ambiente (come ad esempio gli Idrocarburi Policiclici Aromatici o metalli tossici quali il Piombo).

Riferimento normativo	Denominazione	Periodo di mediazione	Valore di riferimento
D. Lgs. 13 agosto 2010 n. 155	valore limite	1 giorno	50 µg/m³ da non superare più di 35 volte per anno civile (dal 01/01/2005)
	valore limite	anno civile	40 µg/m³ (dal 01/01/2010)

TAB. 19 PM₁₀: valori di riferimento previsti dalla normativa.

Si evidenzia al proposito che sono in corso diversi studi epidemiologici sulle correlazioni fra inquinamento atmosferico ed insorgenza di malattie respiratorie e cardiovascolari; in particolare sono stati pubblicati, sul British Medical Journal, nuovi risultati del progetto europeo ESCAPE (studio multicentrico che ha interessato anche Torino e Roma) che hanno confermato come l'esposizione a lungo termine a particolato atmosferico si associ con un aumento di rischio per eventi coronarici acuti e come tale rischio si evidenzi anche al di sotto dei valori limite indicati dalla attuale normativa europea. D'altra parte anche l'Organizzazione Mondiale della Sanità, già nell'aggiornamento del 2005 delle proprie linee guida (Air Quality Guidelines – Global Update 2005), ha indicato il limite di 20 µg/m³ come media annuale per il PM₁₀ e previsto la riduzione a 3 del numero di superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m³.

Per quanto riguarda le diverse sorgenti di materiale particolato, nel catasto delle emissioni INEMAR predisposto da ARPA FVG (riferito a dati del 2007, aggiornati al 2010) vengono quantificati i contributi provenienti dai diversi settori identificati a livello europeo secondo la nomenclatura SNAP97. La tabella seguente riporta, per ognuno di questi macrosettori, il quantitativo di PM₁₀ (in tonnellate/anno) emesso a livello regionale e nella provincia di Gorizia, così come risultata dall'aggiornamento al 2010.

Macrosettore		Regione FVG	Provincia GO
1	Produzione energia e trasformazione combustibili	88	80
2	Combustione non industriale	3.472	112,3
3	Combustione nell'industria	152,5	1,1
4	Processi produttivi	349,7	7,1
5	Estrazione e distribuzione combustibili	=	=
6	Uso di solventi	120,9	0,2
7	Trasporto su strada	793,6	73,8
8	Altre sorgenti mobili e macchinari	189,9	17,1
9	Trattamento e smaltimento rifiuti	0,15	0,0
10	Agricoltura	99,8	2,5
11	Altre sorgenti	75,1	7,4

TAB. 20 Catasto emissioni INEMAR: emissioni di PM_{10} (t/anno) per macrosettore.

Il monitoraggio del PM_{10} sul territorio del comune di Monfalcone viene attualmente effettuato nelle due postazioni fisse di Via Duca d'Aosta e di Via Natisone (dove viene determinata anche la concentrazione di $PM_{2.5}$). Si sottolinea al riguardo che, mentre presso il sito di Via Duca d'Aosta l'analizzatore restituisce un dato orario, in Via Natisone lo strumento determina la sola media giornaliera.

Nel corso dell'anno 2014 in comune di Monfalcone sono state effettuate campagne di rilevamento di Materiale Particolato PM_{10} ed i risultati ottenuti saranno riportati ed illustrati in un successivo capitolo della presente relazione.

La successiva tabella riporta, per i due siti monitorati i principali parametri statistici ricavati dai dati relativi al 2014

RETE DI MONFALCONE	MATERIALE PARTICOLATO (PM_{10}) – ANNO 2014		
Stazione	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Massima giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	90,4° percentile ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1. Via Duca d'Aosta	15	65	33
2. Via Natisone	18	69	32

TAB. 21 – PM_{10} : principali parametri statistici.

Per quanto riguarda il rispetto del limite della media annuale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, da quando è iniziato il rilevamento di questo inquinante non si è mai registrato alcun superamento del limite in nessuno dei siti monitorati.

La tabella seguente riporta al proposito le medie annuali degli ultimi sei anni.

RETE DI MONFALCONE	MATERIALE PARTICOLATO (PM ₁₀) – ANNI 2009 – 2014	
	Media annuale (in µg/m ³)	
Anno	v. Duca d'Aosta	v. Natisone
2009	16	=
2010	15	=
2011	21	=
2012	18	=
2013	15	=
2014	15	18

TAB. 22 – PM₁₀ – Media annuale: dati riferiti al periodo 2009 - 2014.

La successiva figura 43 mostra l'andamento dei valori medi giornalieri rilevati nel corso dell'intero anno 2014 nei due siti del territorio comunale.

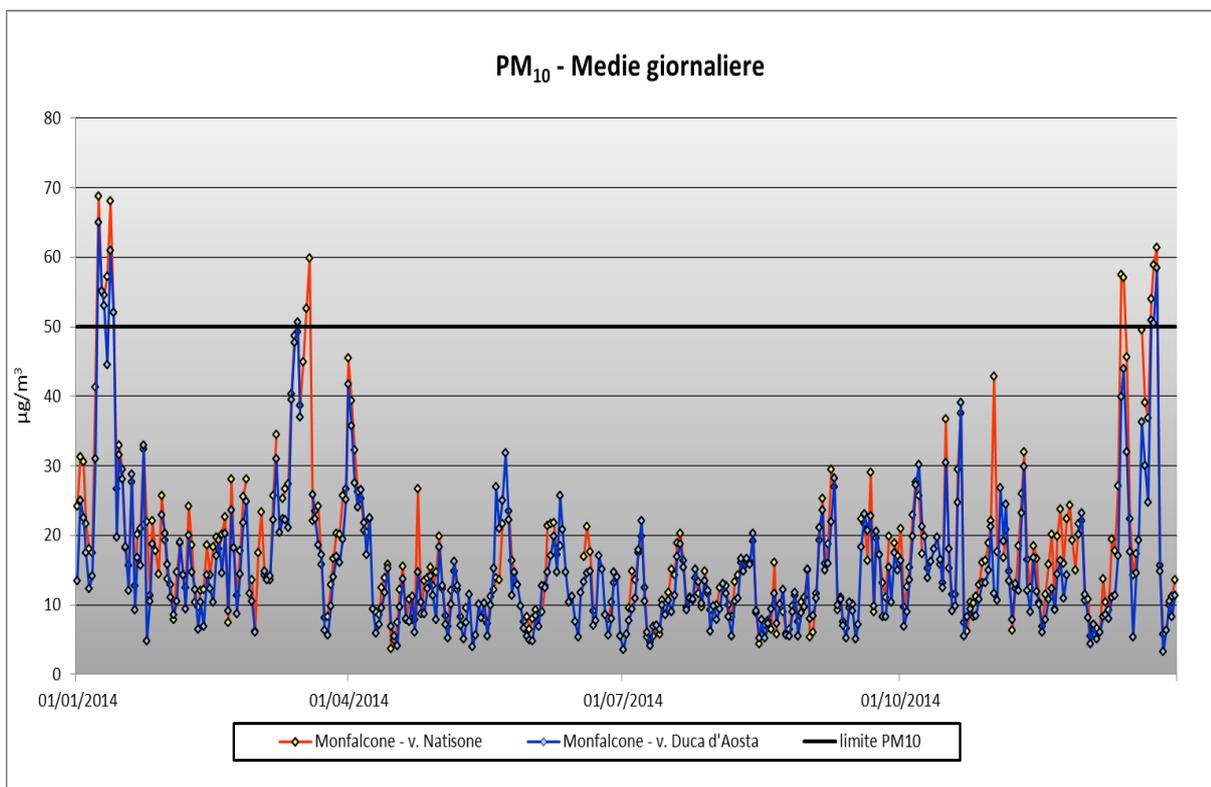


FIG. 43 – PM₁₀ – Medie giornaliere anno 2014.

I dati rilevati nei diversi siti monitorati presentano un andamento analogo, spesso coincidente, il grafico evidenzia come le giornate più critiche si verificano più frequentemente nel periodo invernale.

La successiva tabella riporta per ogni mese del 2014 il numero di superamenti della soglia di 50 µg/m³; i dati rilevati dimostrano che il numero di superamenti è decisamente inferiore alla soglia dei 35 previsti dal D. Lgs. 155/2010.

RETE DI MONFALCONE	MATERIALE PARTICOLATO (PM ₁₀) – ANNO 2014	
	Numero di superamenti della soglia di 50 µg/m ³	
Mese	Via Duca d'Aosta	Via Natisone
Gennaio	5	6
Febbraio	0	0
Marzo	1	2
Aprile	0	0
Maggio	0	0
Giugno	0	0
Luglio	0	0
Agosto	0	0
Settembre	0	0
Ottobre	0	0
Novembre	0	0
Dicembre	3	5
Totale anno	9	13

TAB. 23 – PM₁₀ - Superamenti della soglia giornaliera di 50 µg/m³: dati mensili anno 2014.

Come sopra ricordato, usualmente il periodo più critico risulta quello invernale in conseguenza delle condizioni meteorologiche particolarmente sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti: nel 2014 le situazioni peggiori si sono verificate nel mese di gennaio e dicembre e, su livelli inferiori, anche nel mese di marzo.

Per completezza di informazione si precisa che, per una corretta valutazione del numero di superamenti della soglia di 50 µg/m³ che sia indipendente da eventuali mancanze di dati purché il monitoraggio sia distribuito quanto più uniformemente possibile su tutto l'arco dell'anno, il D. Lgs. 155/2010 introduce come indicatore il 90,4° percentile: se questo valore risulta maggiore di 50 µg/m³, significa che si è verificato il superamento delle 35 giornate annuali stabilite dalla normativa. Considerando appunto il 90,4° percentile per quanto riguarda i due siti monitorati sul territorio del Comune di Monfalcone, i dati della precedente TAB. 21 confermano il rispetto del limite presso tutti i siti monitorati.

Nella successiva TAB. 24 sono infine riportati i superamenti registrati negli ultimi sei anni presso i due siti della rete.

RETE DI MONFALCONE	MATERIALE PARTICOLATO (PM ₁₀) – ANNI 2009 – 2014	
	Numero di superamenti della soglia di 50 µg/m ³	
Anno	v. Duca d'Aosta	v. Natisone
2009	0	=
2010	0	=
2011	12	=
2012	9	=
2013	3	=
2014	9	13

TAB. 24 – PM₁₀ - Superamenti della soglia giornaliera di 50 µg/m³: anni 2009 - 2014.

Dall'esame del grafico relativo agli andamenti mensili (FIG. 44) si nota ancora una volta come le maggiori concentrazioni dell'inquinante vengano registrate nel periodo invernale e si evince che, in tutti i mesi tranne che gennaio, marzo e dicembre (per la sola via Natisone), i valori medi risultano essere inferiori ai 20 µg/m³, valore proposto come media annuale dalla Fase 2 della precedente normativa, ora non più valida, e che, secondo le indicazioni della comunità scientifica e dell'OMS, dovrebbe comunque essere l'obiettivo da perseguire ai fini della tutela della salute umana.

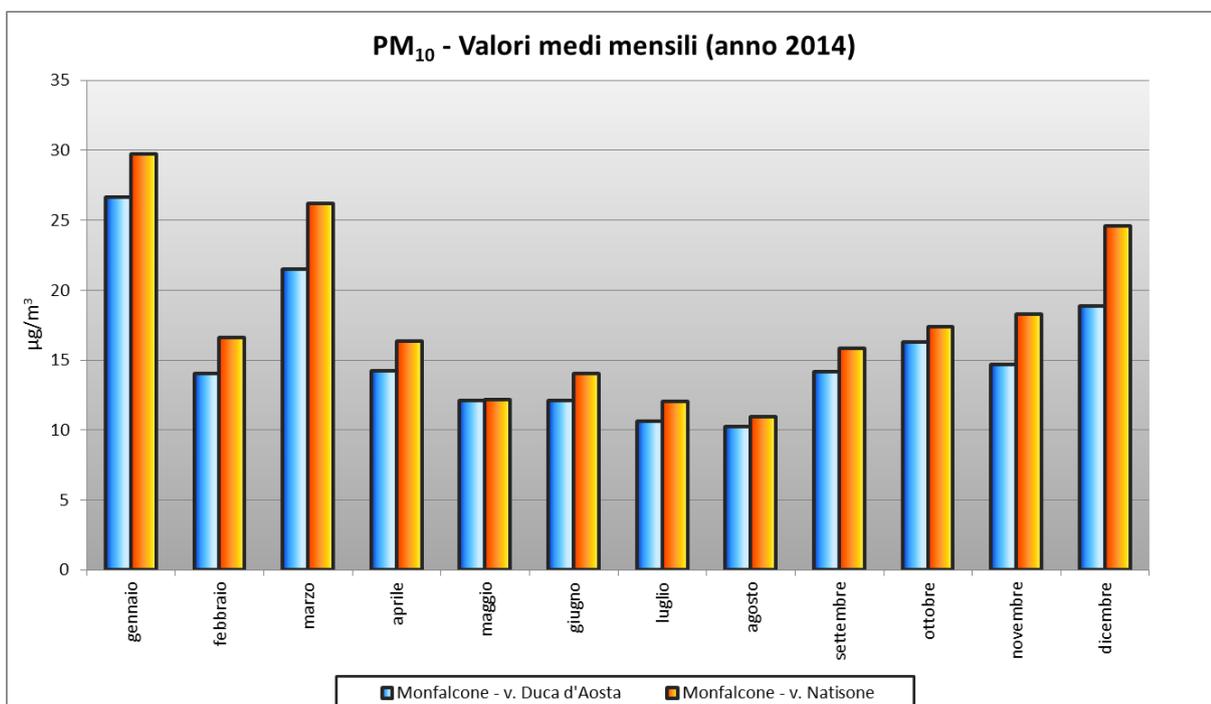


FIG. 44 – PM₁₀ – Valori medi mensili.

Per quanto riguarda gli andamenti riferiti ai diversi giorni della settimana (FIG. 45), si nota un andamento abbastanza costante.

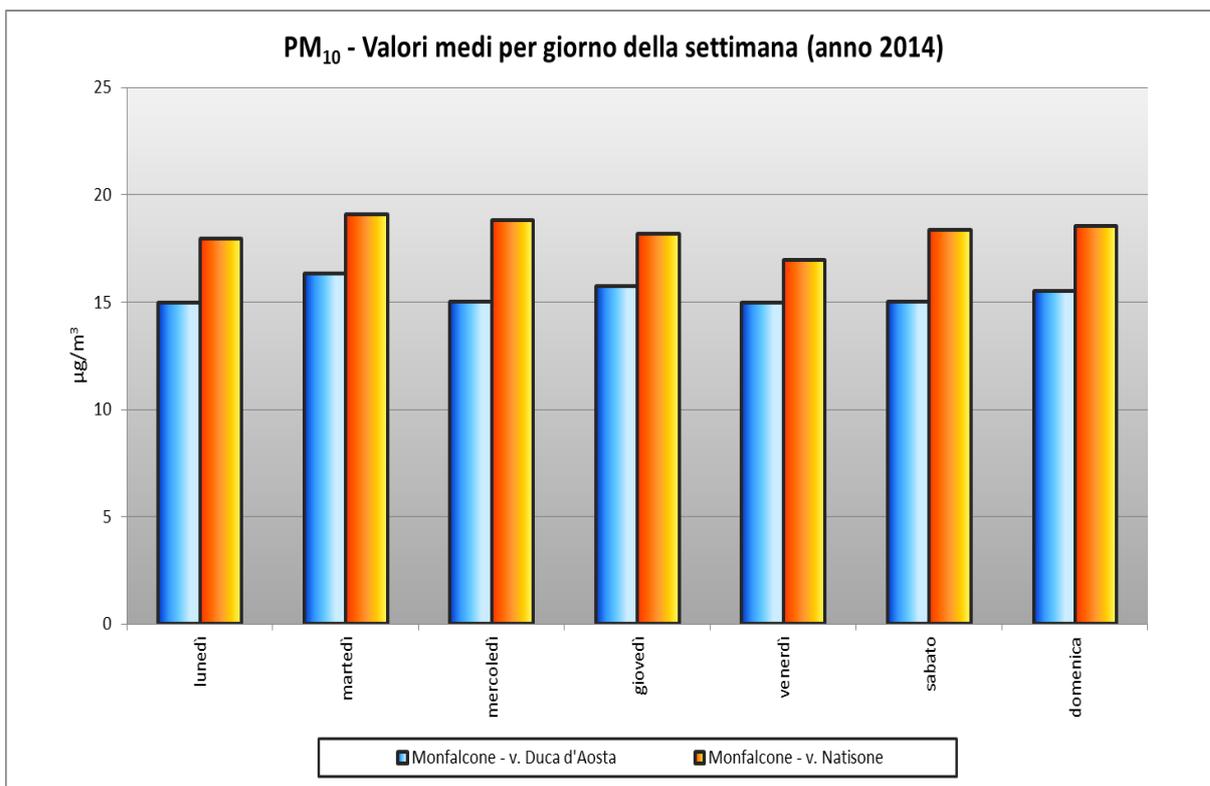


FIG. 45 – PM₁₀ – Valori medi per giorno della settimana.

Il grafico della FIG. 46, riporta il profilo orario riferito al giorno tipo relativo all'intero anno 2014 per il sito di Via Duca d'Aosta. Si deve al riguardo ricordare che l'analizzatore di Via Natisone fornisce il solo dato della media giornaliera e, pertanto, non è utilizzabile allo scopo.

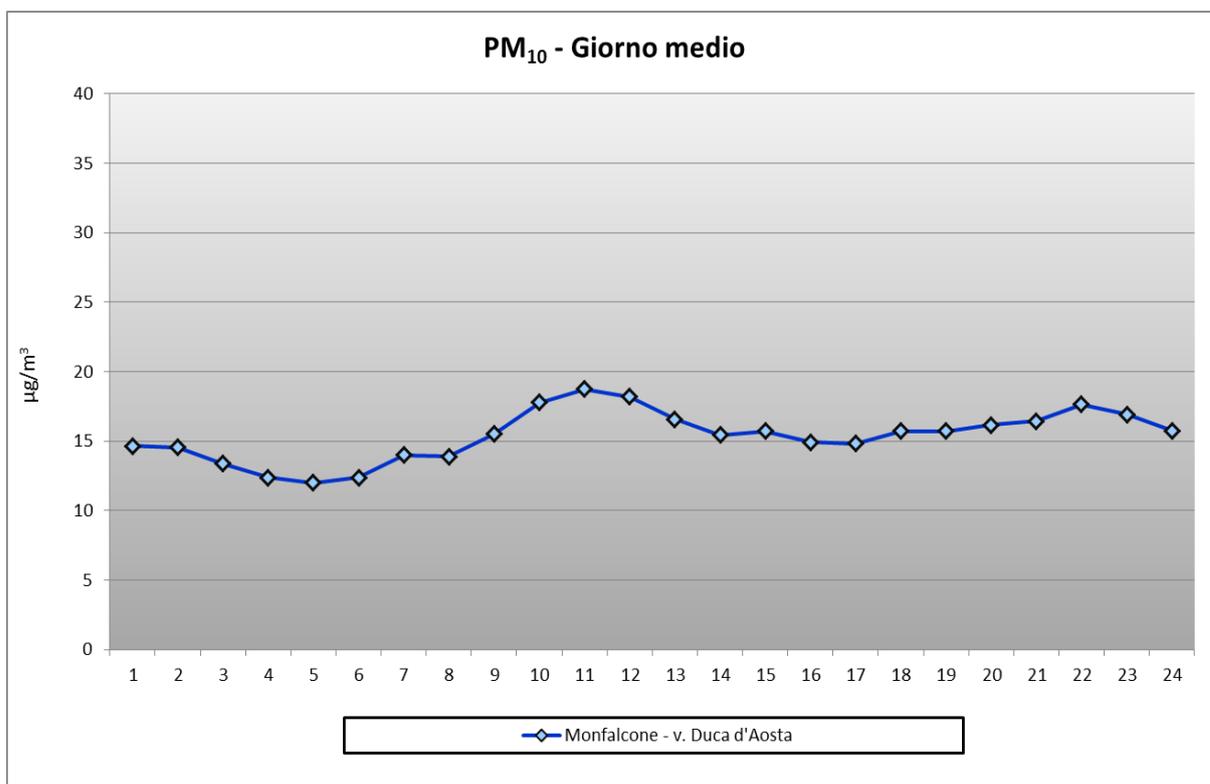


FIG. 46 – PM₁₀ – Giorno tipo relativo all'intero anno 2013.

La figura successiva è il risultato dell'analisi riferita al profilo orario nei diversi giorni della settimana per il sito di Via Duca d'Aosta.

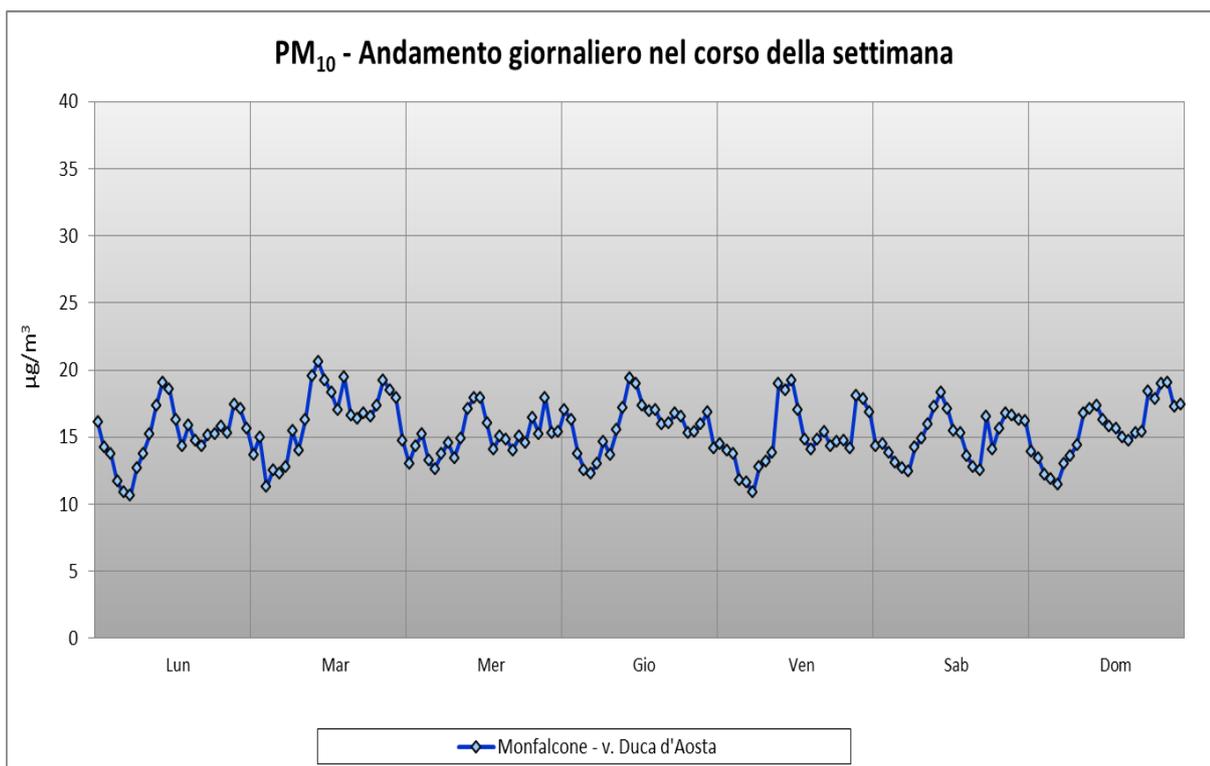


FIG. 47 – PM₁₀ – Andamento medio giornaliero nel corso della settimana.

In ambito cittadino le stazioni che monitorano il PM₁₀ registrano, su base giornaliera, andamenti temporali simili, come evidenziato dalla successiva figura che mostrano la forte correlazione esistente fra i due siti di Via Natisone e di Via Duca d'Aosta (R^2 pari a 0,89).

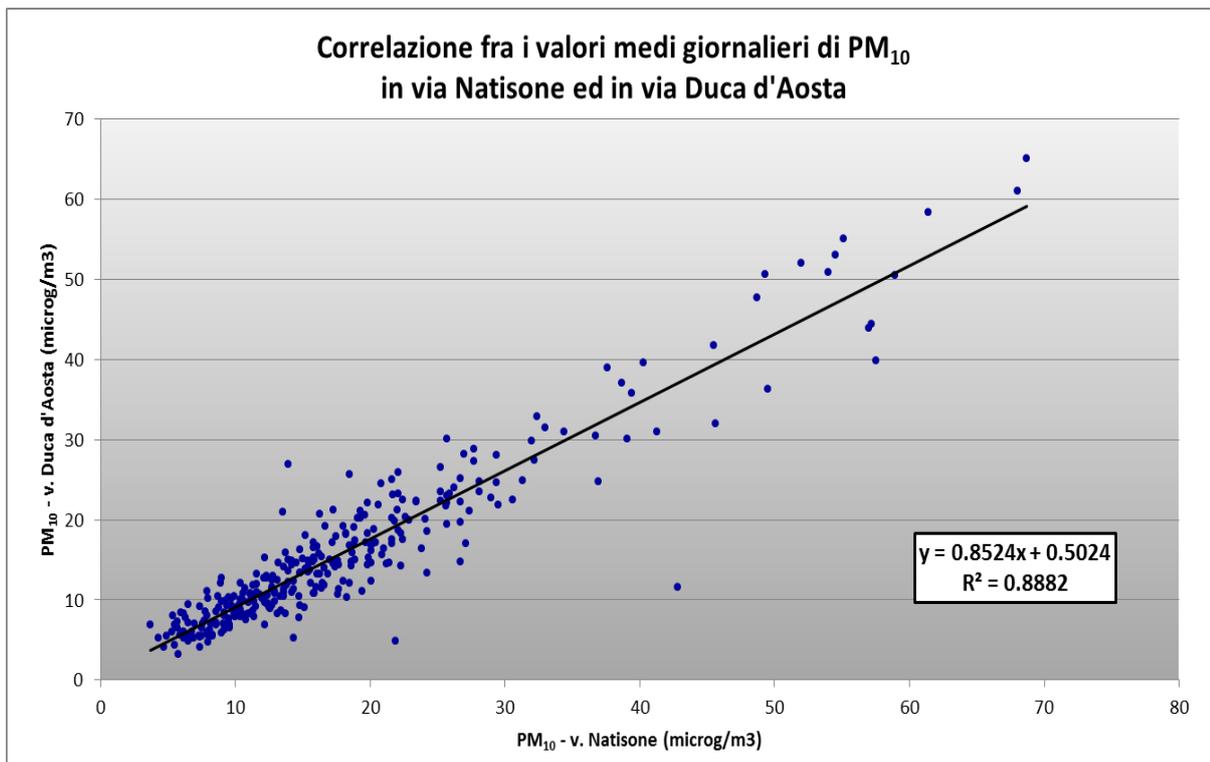


FIG. 48 – PM₁₀ – Correlazione fra i siti di Via Natisone e Via Duca d'Aosta (anno2014).

Questi risultati evidenziano il comportamento del materiale particolato che tende a diffondere su aree molto vaste raggiungendo concentrazioni simili anche in aree più distanti dalle sorgenti primarie di Materiale Particolato PM₁₀.

3.5.2 Materiale Particolato PM_{2,5}

La Direttiva 2008/50/CE, recepita in Italia con il D. Lgs. 155/2010, è intervenuta a modificare ed integrare la precedente normativa comunitaria (1999/30/CE) per quanto riguarda il Materiale Particolato: è stata infatti abrogata la seconda fase prevista per il PM₁₀ che, a partire dal 2010, prevedeva una riduzione a 7 (dalle precedenti 35) delle giornate di superamento del limite giornaliero di 50 µg/m³ e la media annuale veniva fissata a 20 µg/m³, contro i precedenti 40 µg/m³; alla luce delle difficoltà emerse in diverse zone del territorio europeo (in Italia la situazione più critica riguarda il bacino padano) sono stati non solo mantenuti i limiti già in vigore, ma è stato nuovamente introdotto un ulteriore margine di tolleranza (pari al 50%) per particolari aree critiche.

D'altra parte la stessa Direttiva ha provveduto a normare il monitoraggio del **Materiale Particolato PM_{2,5}** (particelle di diametro inferiore ai 2,5 µm, quindi un sottoinsieme della frazione PM₁₀) fissando un limite annuale (da conseguirsi entro il 1° gennaio 2015) ed introducendo una Fase 2 che prevede la riduzione ulteriore del limite annuale (a 20 µg/m³) a partire dal 2020.

Riferimento normativo	Denominazione	Periodo di mediazione	Valore di riferimento
D. Lgs. 13 agosto 2010 n. 155	valore limite (Fase 1)	anno civile	25 µg/m ³ (dal 01/01/2015)

TAB. 25 – PM_{2,5}: valori di riferimento previsti dalla normativa.

La norma prevede inoltre un margine di tolleranza (pari al 20%) che si riduce annualmente, a partire dal 2008, in modo costante fino ad arrivare al valore di 25 µg/m³ entro il 31 dicembre 2014; applicando il margine di tolleranza, il limite annuale per il 2014 risulta essere pari a 26 µg/m³ (Decisione 2011/850/UE).

Nell'ambito delle attività del Tavolo Tecnico Ambientale per la Centrale Termoelettrica di Monfalcone, composto da rappresentanti della Regione FVG, della Provincia di Gorizia, del Comune di Monfalcone, dell'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del FVG, dell'Azienda per l'Assistenza Sanitaria n. 2 "Bassa Friulana-Isontina" e dell'Azienda A2A S.p.A., è stato raggiunto un accordo che prevedeva l'implementazione della strumentazione presente presso la rete di rilevamento di proprietà della ditta A2A S.p.A..

Nel mese di dicembre 2013 A2A S.p.A. ha provveduto ad installare due campionatori di Materiale Particolato doppio canale che rilevano contemporaneamente la frazione PM₁₀ e quella PM_{2.5} nelle due centraline di Monfalcone, Via Natisone e di Fossalon, Via Eraclea.

All'interno del territorio del comune di Monfalcone è, quindi, presente un solo strumento per il monitoraggio del **Materiale Particolato PM_{2.5}**, installato nel dicembre 2013 presso la centralina di Via Natisone.

La successiva tabella riporta i valori trovati nel corso dell'anno 2014 presso il sito considerato: il valore della media su base annuale è risultato pari a 14 µg/m³ e la massima giornaliera raggiunta è stata di 63 µg/m³.

RETE DI MONFALCONE	MATERIALE PARTICOLATO (PM _{2.5}) – ANNO 2014	
Stazione	Media annuale (µg/m ³)	Massima giornaliera (µg/m ³)
1. Via Natisone	14	63

TAB. 26 – PM_{2.5}: principali parametri statistici.

La media annuale trovata rispetta il limite fissato dalla normativa ed anche il più restrittivo valore di 20 µg/m³ che lo stesso D. Lgs. 155/2010 stabiliva venisse rispettato nella Fase 2 a partire dall'anno 2020.

Per quanto riguarda la correlazione fra le due frazioni di Materiale Particolato (PM₁₀ e PM_{2.5}), rilevate in Via Natisone nel corso dell'anno 2014, nella figura seguente sono illustrati gli andamenti giornalieri, che presentano ovviamente lo stesso andamento temporale.

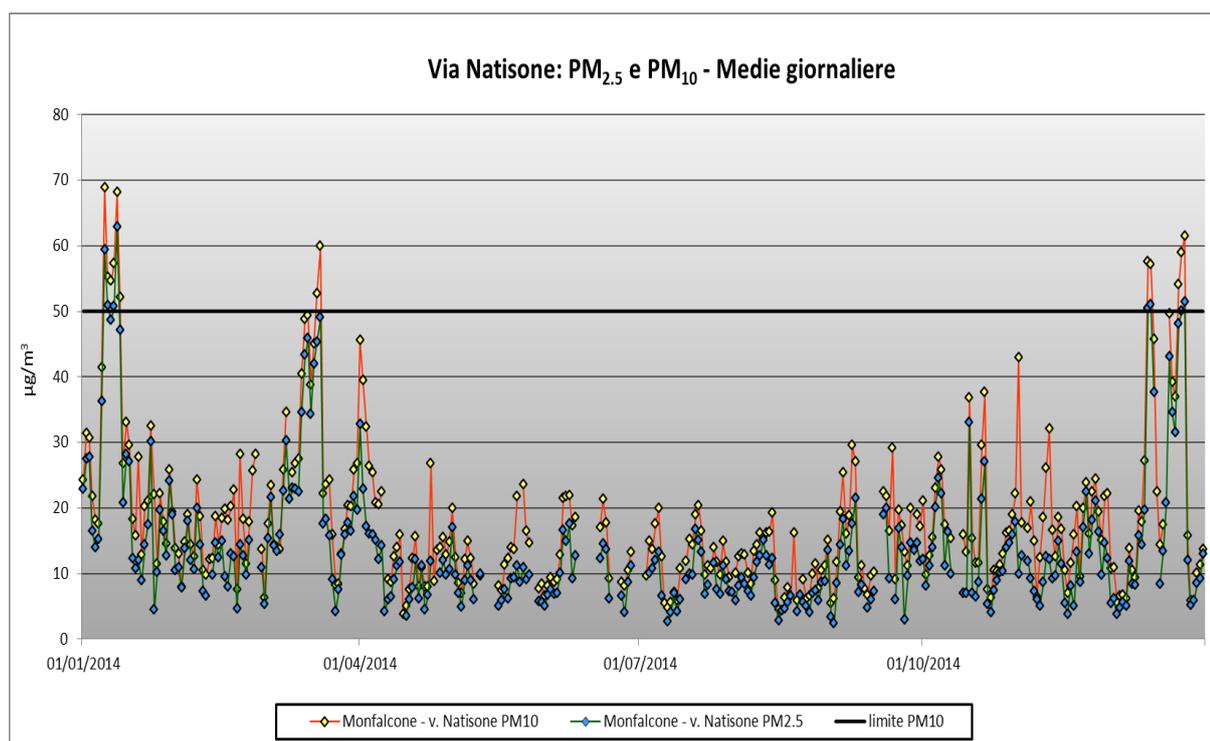


FIG. 49 – PM₁₀ e PM_{2.5} – Valori medi giornalieri in Via Natisone (anno 2014).

Di seguito si riporta una tabella che riporta il dato relativo al rapporto tra $PM_{2,5}$ e PM_{10} nei diversi siti della Regione in cui le due frazioni del Materiale Particolato vengono misurate contestualmente.

Il valore indicato nella tabella è relativo ai dati 2014 e 2013 ed è ottenuto calcolando il rapporto $PM_{2,5} / PM_{10}$ per ogni giornata in cui l'analizzatore ha determinato entrambi i valori e mediando i dati giornalieri su base annua.

Provincia	Centralina	Rapporto $PM_{2,5}/PM_{10}$ (valore medio)	
		Anno 2014	Anno 2013
Gorizia	Monfalcone via Natisone	0,74	=
Gorizia	Gorizia via Duca d'Aosta	0,65	0,77
Gorizia	Fossalon via Eraclea	0,73	=
Pordenone	Pordenone via Marconi	0,68	0,66
Trieste	Trieste p.zza Libertà	0,63	0,66
Udine	Udine via Cairoli	0,65	0,67

TAB. 27 – Rapporto $PM_{2,5}/PM_{10}$: valori rilevati nei diversi siti della Regione FVG nell'anno 2014 e 2013.

Dalla tabella si può vedere che le due centraline di Monfalcone e Fossalon presentano, nel 2014, il valore più alto; bisogna al riguardo sottolineare che la quantificazione delle due frazioni del Materiale Particolato nelle due stazioni è iniziata nel 2014 e che i dati trovati in altre stazioni (Gorizia, via Duca d'Aosta) mostra delle variazioni nei due anni considerati.

Solamente con l'acquisizione di ulteriori dati si potranno effettuare più precise considerazioni relativamente alla situazione della zona di Monfalcone.

* * * * *

**3.6 ANALISI DEL MATERIALE PARTICOLATO PM₁₀:
determinazione del contenuto di**
- **IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI**
- **PIOMBO, ARSENICO, CADMIO E NICHEL**

Nel corso dell'anno 2014 è stato effettuato, presso il sito di via Duca d'Aosta (stazione di fondo urbano), il campionamento su filtro di Materiale Particolato PM₁₀ per la successiva determinazione in laboratorio del contenuto di alcuni inquinanti per i quali la normativa fissa dei limiti di concentrazione: l'indagine ha riguardato in particolare gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) ed alcuni metalli tra i quali il Piombo, l'Arsenico, il Cadmio ed il Nichel.

Il monitoraggio è stato condotto durante tutto l'anno 2014, destinando all'analisi di laboratorio i filtri campionati secondo uno schema a periodi alterni in modo da avere comunque una distribuzione del rilevamento quanto più omogenea sull'intero periodo di indagine.

3.6.1 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

Con il termine Idrocarburi Policiclici Aromatici viene definito un complesso di composti chimici formati da uno o più anelli benzenici: queste sostanze sono presenti nel carbone e nei prodotti petroliferi (particolarmente nel gasolio e negli olii combustibili). Essi vengono emessi in atmosfera come residui di combustioni incomplete da alcune attività industriali (cokerie, produzione e lavorazione grafite, trattamento del carbon fossile), da impianti di riscaldamento (soprattutto quelli alimentati con combustibili solidi e liquidi pesanti) e dalle emissioni degli autoveicoli (sia diesel che benzina); sono quindi per la maggior parte adsorbiti e trasportati da particelle carboniose (fuliggine) emesse dalle stesse fonti che li hanno originati. Gli IPA sono generalmente composti persistenti, scarsamente solubili in acqua ed altamente affini ai grassi presenti nei tessuti viventi. Alcune di queste sostanze vengono classificate, analogamente al benzene, come cancerogene dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro. In particolare un'esposizione diretta e prolungata agli Idrocarburi Policiclici Aromatici può indurre la formazione di neoplasie a livello polmonare, della cute, laringe, esofago e stomaco.

Fra tutti gli IPA, la normativa fissa un limite solamente per il benzo(a)pirene (BaP), sostanza che risulta essere presente in atmosfera secondo un rapporto piuttosto costante rispetto alla somma degli altri IPA: per questo motivo la sua concentrazione viene considerata un indicatore attendibile della presenza di IPA nell'area esaminata e quindi il benzo(a)pirene viene usato come marker per il rischio cancerogeno degli IPA.

IPA: BENZO(a)PIRENE			
Riferimento normativo	Denominazione	Periodo di mediazione	Valore di riferimento
D. Lgs. 13 agosto 2010 n. 155	valore obiettivo	anno civile	1 ng/m³ (come benzo(a)pirene) (dal 01/01/2013)

TAB. 28 – IPA: valori di riferimento previsti dalla normativa.

La stessa normativa (D. Lgs. n. 155/10) definisce per i diversi inquinanti una soglia di valutazione superiore (definita come “livello al di sotto del quale le misurazioni in siti fissi o indicative possono essere combinate con tecniche di modellizzazione”) ed una soglia di valutazione inferiore (indicata come “livello al di sotto del quale è previsto, anche in via esclusiva, l’utilizzo di tecniche di modellizzazione o di stima obiettiva”).

Per il benzo(a)pirene le due soglie sono rispettivamente pari a:

IPA: BENZO(a)PIRENE		
Riferimento normativo	Denominazione	Valore di riferimento
D. Lgs. 13 agosto 2010 n. 155	soglia di valutazione superiore	0,6 ng/m³
	soglia di valutazione inferiore	0,4 ng/m³

TAB. 29 – Benzo(a)pirene: soglia di valutazione superiore ed inferiore previsti dalla normativa.

La successiva tabella riporta il valore della media annua rilevato nell’anno 2014 in Via Duca d’Aosta, nonché il numero di misure valide ottenute nell’anno.

RETE DI MONFALCONE	IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI – ANNO 2014	
Stazione	Media annuale di benzo(a)pirene (ng/m ³)	Numero di misure
1. Via Duca d’Aosta	0,11	112

TAB. 30 – IPA: principali parametri statistici.

Il dato della media annuale si colloca su livelli di quasi un ordine di grandezza inferiore al valore obiettivo fissato dal Decreto Legislativo 155/2010, con la seguente distribuzione nel corso dell’anno:

RETE DI MONFALCONE	IPA: benzo(a)pirene – ANNO 2014
	Media mensile del B(a)P nelle polveri PM ₁₀ (ng/m ³)
Mese	Via Duca d'Aosta
Gennaio	0,16
Febbraio	<0,1
Marzo	<0,1
Aprile	<0,1
Maggio	<0,1
Giugno	<0,1
Luglio	<0,1
Agosto	<0,1
Settembre	<0,1
Ottobre	0,37
Novembre	<0,1
Dicembre	0,20

TAB. 31 – IPA – Benzo(a)pirene – Concentrazioni medie mensili per l'anno 2014 in via Duca d'Aosta.

Dai dati sopra riportati si può rilevare che solamente nei mesi di Gennaio, Ottobre e Dicembre la media rilevata è stata superiore al limite di quantificazione.

Si sottolinea, infine, che la media annua trovata per l'anno 2014 (pari a 0,11 ng/m³), viene ad essere minore della soglia di valutazione inferiore fissata dalla norma.

3.6.2 Piombo (Pb), Arsenico (As), Cadmio (Cd) e Nichel (Ni)

Nel materiale particolato sono presenti anche metalli e metalloidi di varia natura che provengono da una molteplice varietà di fonti, ma in ambito urbano principalmente dai combustibili; fra questi elementi, l'attenzione dal punto di vista sanitario si è concentrata in particolare su Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel in quanto il primo risulta dannoso per il sistema nervoso e può causare malattie del cervello e del sangue, mentre gli altri tre elementi sono classificati agenti cancerogeni umani genotossici.

Le tabelle che seguono riportano sia i limiti di legge stabiliti per Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel che le concentrazioni medie annue trovate per i quattro metalli nelle polveri PM₁₀ campionate in Via Duca d'Aosta a Monfalcone nel corso dell'anno 2014.

PIOMBO (Pb)			
Riferimento normativo	Denominazione	Periodo di mediazione	Valore di riferimento
D. Lgs. 13 agosto 2010 n. 155	valore limite	anno civile	500 ng/m³ (dal 01/01/2005)

TAB. 32 – Piombo: valori di riferimento previsti dalla normativa.

I risultati della determinazione del Piombo sulla frazione PM₁₀ delle polveri campionate presso il sito di Via Duca d'Aosta nel corso del 2014 sono riportati nella seguente tabella.

RETE DI MONFALCONE	PIOMBO – ANNO 2014	
Stazione	Media annuale (ng/m³)	Numero di misure
1. Via Duca d'Aosta	3,5	183

TAB. 33 – Piombo: concentrazione media annuale.

I valori riscontrati risultano di oltre due ordini di grandezza inferiori al limite di legge evidenziando come, in seguito all'introduzione della marmitta catalitica e della "benzina verde" e la conseguente eliminazione dei derivati del piombo (come il piombo tetraetile) dalla benzina dove erano impiegati come antidetonanti, è stata rimossa la principale fonte di questo metallo pesante in ambito urbano.

Poiché le determinazioni dei metalli nel materiale particolato PM₁₀ presso il sito di Monfalcone è iniziato a fine 2013 non ci sono dati pregressi con cui effettuare dei confronti per verificare il trend dell'inquinante.

Relativamente al Piombo, il D. Lgs. n. 155/10 stabilisce le seguenti soglie di valutazione superiore ed inferiore:

METALLI: PIOMBO		
Riferimento normativo	Denominazione	Valore di riferimento
D. Lgs. 13 agosto 2010 n. 155	soglia di valutazione superiore	350 ng/m³
	soglia di valutazione inferiore	250 ng/m³

TAB. 34 – Piombo: soglia di valutazione superiore ed inferiore previsti dalla normativa.

Il valore trovato come media dell'anno 2014 (pari a 3,5 ng/m³) risulta essere minore della soglia di valutazione inferiore stabilita dalla vigente normativa.

* * * *

ARSENICO (As)			
Riferimento normativo	Denominazione	Periodo di mediazione	Valore di riferimento
D. Lgs. 13 agosto 2010 n. 155	valore obiettivo	anno civile	6,0 ng/m³ (dal 01/01/2013)

TAB. 35 – Arsenico: valori di riferimento previsti dalla normativa.

I risultati della determinazione dell'Arsenico sulla frazione PM₁₀ delle polveri campionate presso il sito di Via Duca d'Aosta nel corso del 2014 sono riportati nella seguente tabella.

RETE DI MONFALCONE	ARSENICO – ANNO 2014	
Stazione	Media annuale (ng/m ³)	Numero di misure
1. Via Duca d'Aosta	< 0,93	183

TAB. 36 – Arsenico: concentrazione media annuale.

I valori riscontrati risultano essere inferiori al limite di quantificazione tranne che in 9 giornate sulle 183 monitorate. La media rilevata rispetta il valore di riferimento annuo ed è più bassa della soglia di valutazione inferiore stabilita dalla norma che per l'Arsenico è la seguente:

METALLI: ARSENICO		
Riferimento normativo	Denominazione	Valore di riferimento
D. Lgs. 13 agosto 2010 n. 155	soglia di valutazione superiore	3,6 ng/m³
	soglia di valutazione inferiore	2,4 ng/m³

TAB. 37 – Arsenico: soglia di valutazione superiore ed inferiore previsti dalla normativa.

* * * * *

CADMIO (Cd)			
Riferimento normativo	Denominazione	Periodo di mediazione	Valore di riferimento
D. Lgs. 13 agosto 2010 n. 155	valore obiettivo	anno civile	5,0 ng/m³ (dal 01/01/2013)

TAB. 38 – Cadmio: valori di riferimento previsti dalla normativa.

I risultati della determinazione del Cadmio sulla frazione PM₁₀ delle polveri campionate presso il sito di Via Duca d'Aosta nel corso del 2014 sono riportati nella seguente tabella.

RETE DI MONFALCONE	CADMIO – ANNO 2014	
Stazione	Media annuale (ng/m ³)	Numero di misure
1. Via Duca d'Aosta	< 0,46	183

TAB. 39 – Cadmio: concentrazione media annuale.

Anche per il Cadmio i valori riscontrati risultano abbondantemente inferiori al valore obiettivo evidenziando come, per questo elemento, la situazione in ambito urbano non presenti particolari criticità.

La media rilevata rispetta anche la soglia di valutazione inferiore stabilita dalla norma che per il Cadmio assume i seguenti valori:

METALLI: CADMIO		
Riferimento normativo	Denominazione	Valore di riferimento
D. Lgs. 13 agosto 2010 n. 155	soglia di valutazione superiore	3 ng/m³
	soglia di valutazione inferiore	2 ng/m³

TAB. 40 – Cadmio: soglia di valutazione superiore ed inferiore previsti dalla normativa.

* * * * *

NICHEL (Ni)			
Riferimento normativo	Denominazione	Periodo di mediazione	Valore di riferimento
D. Lgs. 13 agosto 2010 n. 155	valore obiettivo	anno civile	20,0 ng/m³ (dal 01/01/2013)

TAB. 41 – Nichel: valori di riferimento previsti dalla normativa.

I risultati della determinazione del nichel sulla frazione PM₁₀ delle polveri campionate presso il sito di Via Duca d'Aosta nel corso del 2014 sono riportati nella seguente tabella.

RETE DI MONFALCONE	NICHEL – ANNO 2014	
Stazione	Media annuale (ng/m ³)	Numero di misure
1. Via Duca d'Aosta	2,1	183

TAB. 42 – Nichel: concentrazione media annuale.

Come per gli altri metalli, i valori di Nichel riscontrati risultano abbondantemente inferiori al valore obiettivo evidenziando come la situazione in ambito urbano non presenti particolari criticità.

La media rilevata (pari a 2,1 ng/m³) risulta minore della soglia di valutazione inferiore stabilita dalla norma che per il Nichel è riportata nella tabella che segue:

METALLI: NICHEL		
Riferimento normativo	Denominazione	Valore di riferimento
D. Lgs. 13 agosto 2010 n. 155	soglia di valutazione superiore	14 ng/m³
	soglia di valutazione inferiore	10 ng/m³

TAB. 43 – Nichel: soglia di valutazione superiore ed inferiore previsti dalla normativa.

* * * * *

4. CAMPAGNA DI MONITORAGGIO STRAORDINARIA: inquinanti rilevati nel periodo 9 aprile – 4 luglio 2014.

Nel corso dell'anno 2014 è stata effettuata, sul territorio del Comune di Monfalcone, una campagna straordinaria di monitoraggio della qualità dell'aria, che si proponeva di valutare le concentrazioni di inquinanti presenti nell'area attorno alla centrale termoelettrica A2A in occasione del fermo operativo della centrale stessa che, per realizzare alcuni interventi manutentivi, non è stata attiva nel periodo dal 24 marzo 2014 al 4 maggio 2014 ed è rientrata in funzione, a regime, il 7 maggio 2014.

Lo scopo che l'indagine si proponeva era quello di effettuare una valutazione delle concentrazioni nelle due condizioni di centrale in funzione e centrale spenta e verificare, quindi, se i dati ricavati evidenziassero un impatto evidente della centrale sull'aria ambiente del territorio monfalconese.

Per queste motivazioni nel corso dei primi giorni del mese di aprile 2014 si è provveduto a posizionare un mezzo mobile per il monitoraggio dell'inquinamento atmosferico nell'area di via Agraria, posta ad una distanza di circa 1,2 Km nella direzione sud-ovest rispetto alla centrale, ed un campionatore di polveri sottili localizzato presso il campo sportivo di via Boito, immediatamente vicino alla centrale (circa 300 metri) in direzione nord-ovest. Nel corso dell'intero periodo hanno continuato a fornire i dati degli inquinanti aerodispersi le due stazioni fisse di rilevamento della qualità dell'aria poste a Monfalcone in via Duca d'Aosta (di proprietà ARPA FVG) ed in via Natisone (di proprietà A2A ma in gestione ad ARPA FVG).

L'intera campagna ha riguardato il periodo dal 9 aprile al 4 luglio 2014, intervallo in cui tutte e quattro postazioni di misura hanno monitorato l'aria ambiente.

La relazione di sintesi della campagna di rilevamento, datata 14 ottobre 2014, prendeva in considerazione proprio il periodo temporale sopra indicato dal 9 aprile al 4 luglio 2014.

Bisogna a tale proposito ricordare che, ovviamente, le due stazioni fisse di monitoraggio hanno funzionato per tutto l'anno 2014 raccogliendo dati importanti che possono ora essere elaborati per fornire una indicazione decisamente più precisa delle concentrazioni raggiunte dai diversi inquinanti a centrale in funzione ed anche per implementare i dati a centrale spenta poiché, per la centralina di via Duca d'Aosta, sono disponibili anche i valori di concentrazione di metalli ed IPA nel periodo dal 24 marzo 2014 al 8 aprile 2014 (6 filtri per i metalli ed uno per gli IPA).

I paragrafi che seguono intendono aggiornare i dati a suo tempo forniti e riportano, quindi, per ogni inquinante monitorato, sia il dato esposto nella relazione di sintesi del 14 ottobre 2014, che riguardava il limitato periodo temporale dal 9 aprile al 4 luglio 2014, che le

concentrazioni ottenute dai dati di tutto l'anno 2014 per la condizione operativa di centrale in funzione ed i dati dell'intero periodo in cui la centrale non è stata in funzione (dal 24 marzo 2014 al 4 maggio 2014) per la situazione di centrale spenta.

Poiché nel corso del 2014 non si sono verificati altri periodi di fermo impianto, i valori ottenuti nel corso della campagna restano i soli dati che descrivono la situazione di “centrale spenta”.

Alla luce di quanto sopra descritto si riportano nelle seguenti tabelle i risultati del monitoraggio dell'inquinamento atmosferico per gli Ossidi di Azoto (NO₂ e NO), per il Materiale Particolato PM₁₀, e per i Metalli e gli IPA presenti nella frazione PM₁₀ delle polveri.

4.1 BIOSSIDO E MONOSSIDO DI AZOTO (NO₂ e NO)

4.1.1 BIOSSIDO DI AZOTO (NO₂)

La tabella che segue riporta sia i dati riferiti al periodo dal 9 aprile al 4 luglio 2014 e già riportati nelle tabelle allegate alla relazione del 14 ottobre 2015 che i dati ricalcolati comprendendo tutti i giorni di fermo impianto e di centrale in funzione riferiti all'anno 2014.

BIOSSIDO DI AZOTO (NO ₂)				
	Periodo dal 09.04 al 04.07.2014		Periodo dal 01.01 al 31.12.2014	
	Dal 05.05 al 04.07.2014	Dal 09.04 al 04.05.14	Dal 01.01 al 23.03 e dal 05.05 al 31.12.2014	Dal 24.03 al 04.05.14
	Media campagna a centrale ACCESA (µg/m ³)	Media campagna a centrale SPENTA (µg/m ³)	Media annuale a centrale ACCESA (µg/m ³)	Media campagna a centrale SPENTA (µg/m ³)
Monfalcone via Duca d'Aosta	12,8	18,7	21,2	20,9
Monfalcone via Natisone	9,7	12,9	20,8	16,8
Monfalcone via Agraria	9,5	11,3	=	=

TAB. 44 – NO₂: concentrazione media rilevata nei diversi siti a centrale termoelettrica in funzione ed a centrale spenta nell'anno 2014.

Per una valutazione dei livelli di biossido di azoto raggiunti, si riportano i grafici, calcolati coi dati di tutto l'anno 2014, relativi ad un giorno tipo nelle due situazioni di centrale accesa e spenta nelle due centraline di Via Duca d'Aosta e Natisone:

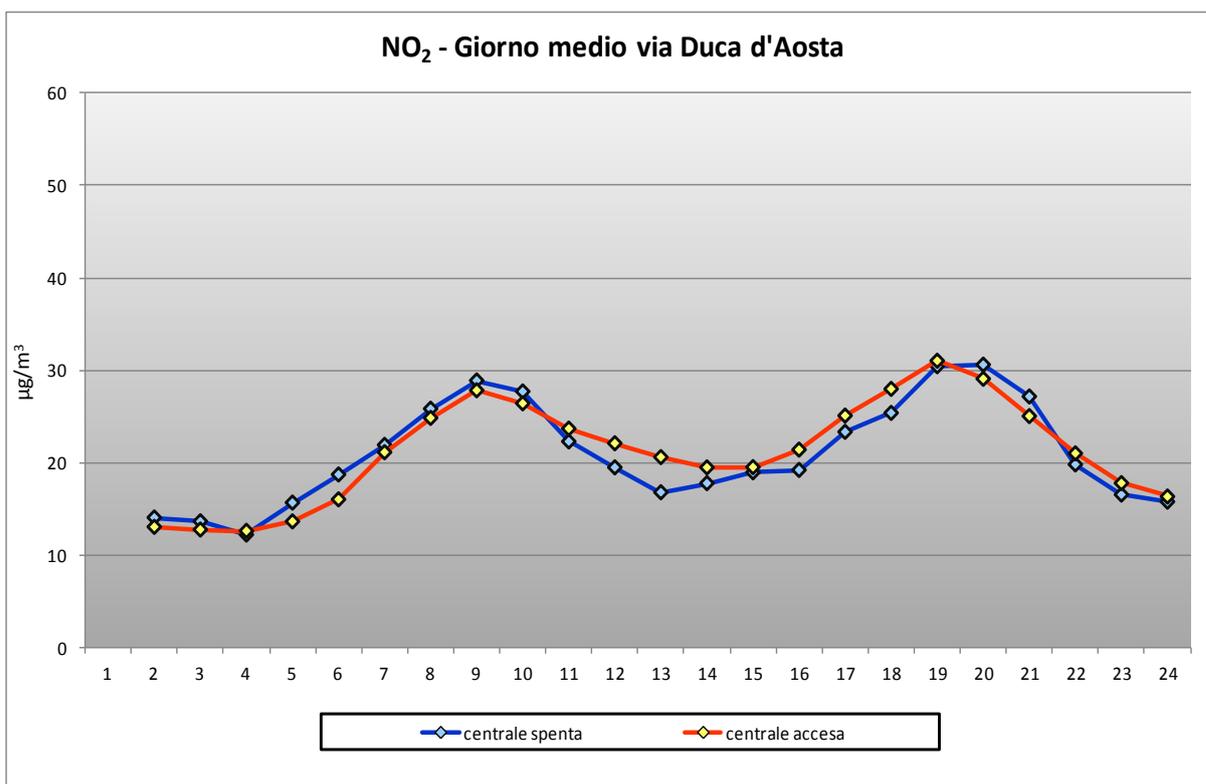


FIG. 50 – NO₂: giorno tipo medio a centrale accesa e spenta rilevata in via Duca d'Aosta (anno 2014).

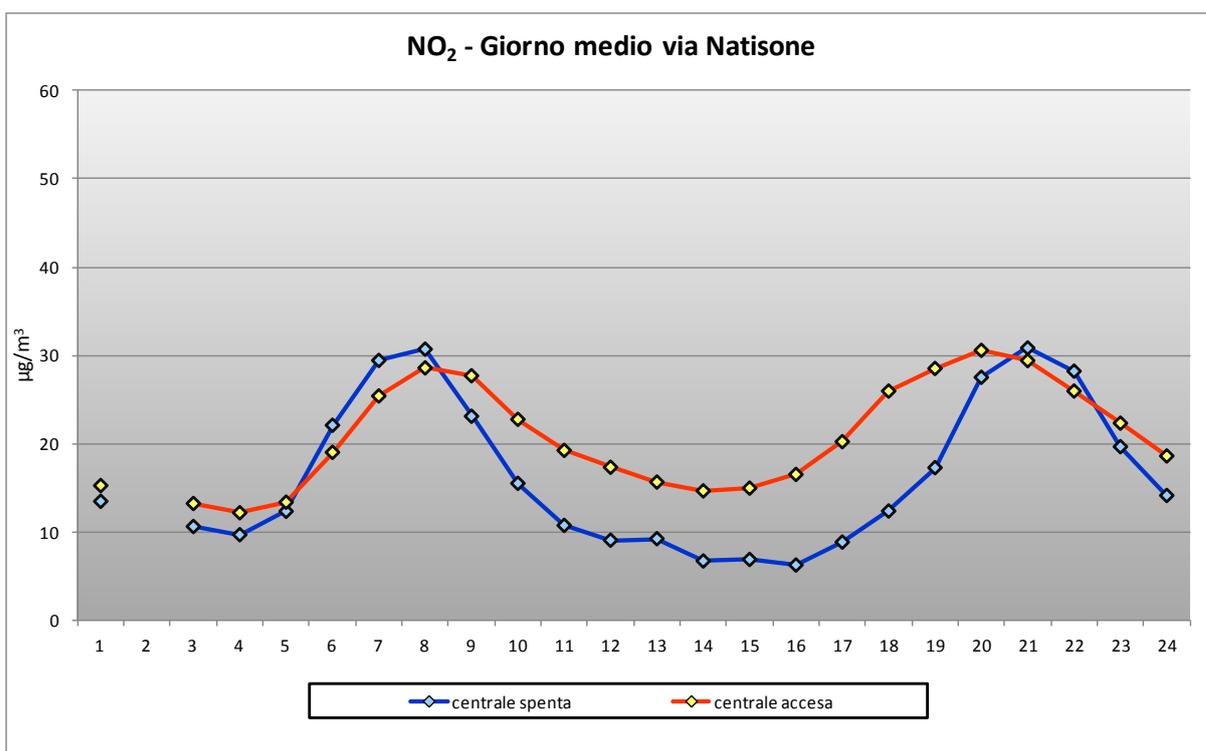


FIG. 51 – NO₂: giorno tipo medio a centrale accesa e spenta rilevata in via Natisone (anno 2014).

I dati rilevati hanno un andamento piuttosto omogeneo in via Duca d'Aosta mentre in via Natisone i picchi massimi del mattino e della sera presentano concentrazioni simili nelle due condizioni di centrale accesa e spenta; i valori delle ore centrali della giornata (dalle ore 9.00 alle 20.00) sono più bassi a centrale spenta. Si ricorda al riguardo che il numero di dati a

centrale spenta è piuttosto limitato e può, pertanto, descrivere in maniera meno rappresentativa la reale situazione ambientale.

A dimostrazione di quanto sopra riportato si propone un grafico che riporta per la centralina di via Natisone il giorno tipo medio calcolato coi dati ricavati nel periodo 9 aprile al 4 luglio 2014 e quelli relativi a tutto l'anno 2014 nella condizione di centrale in funzione.

Dal confronto tra le due serie di dati: la prima parziale (con i dati dal 5 maggio al 4 luglio 2014) e la seconda con tutti i dati dell'anno 2014, entrambe rilevate nella condizione di centrale accesa, si può osservare una differenza dei due andamenti che descrivono la stessa situazione ambientale (centrale accesa) ma con un diverso numero di dati.

Il grafico coi dati di tutto l'anno 2014 è più rappresentativo perché comprende diverse condizioni meteorologiche e differenti apporti di fonti inquinanti.

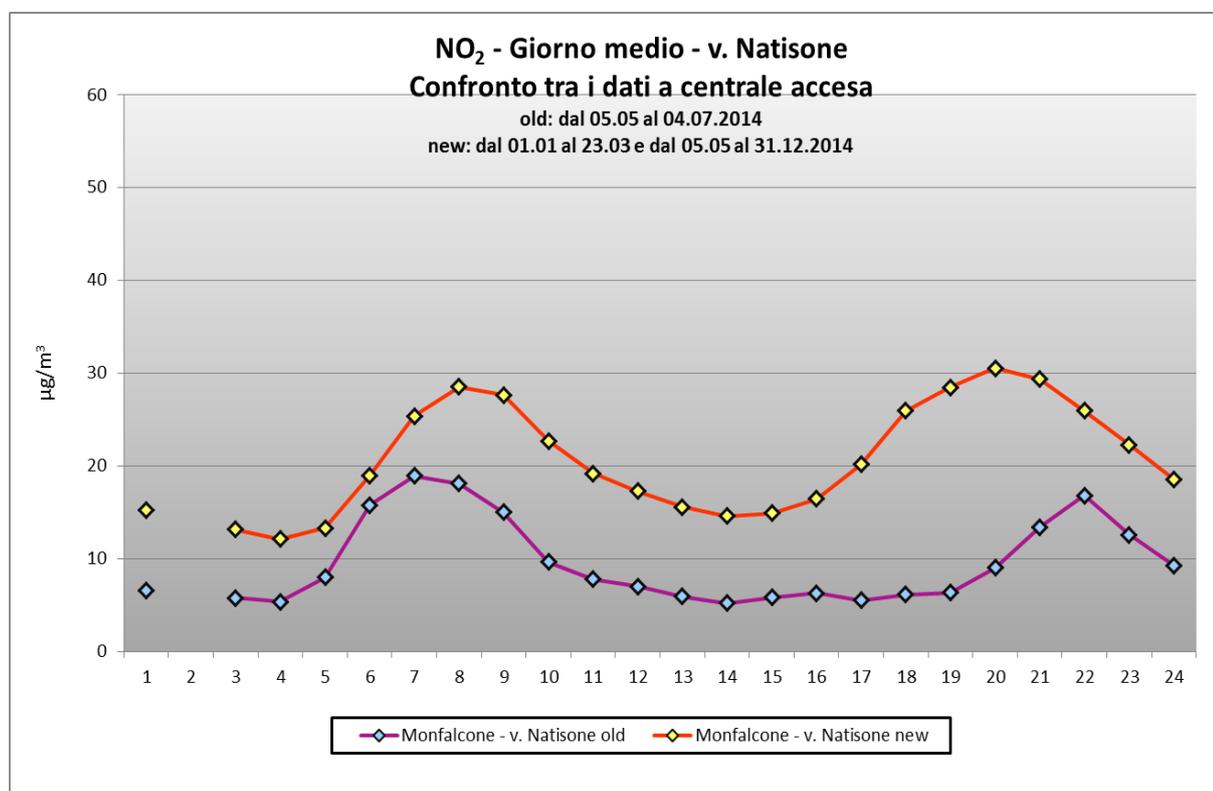


FIG. 52 – NO₂: giorno tipo medio a centrale accesa rilevata in via Natisone (periodo 05.05 – 04.07.15 ed intero anno 2014).

4.1.2 MONOSSIDO DI AZOTO (NO)

I risultati trovati sono riportati nella tabella che segue.

MONOSSIDO DI AZOTO (NO)				
	Periodo dal 09.04 al 04.07.2014		Periodo dal 01.01 al 31.12.2014	
	Dal 05.05 al 04.07.2014	Dal 09.04 al 04.05.14	Dal 01.01 al 23.03 e dal 05.05 al 31.12.2014	Dal 24.03 al 04.05.14
	Media campagna a centrale ACCESA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Media campagna a centrale SPENTA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Media annuale a centrale ACCESA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Media campagna a centrale SPENTA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Monfalcone via Duca d'Aosta	2,7	4,2	6,9	4,4
Monfalcone via Natisone	2,5	3,0	8,2	3,6
Monfalcone via Agraria	5,6	7,0	=	=

TAB. 45 – NO: concentrazione media rilevata nei diversi siti a centrale termoelettrica in funzione ed a centrale spenta nell'anno 2014.

I due grafici che seguono illustrano l'andamento di un giorno tipo nelle due situazioni di centrale accesa e spenta nelle due centraline di Via Duca d'Aosta e Natisone calcolati coi dati di tutto l'anno 2014:

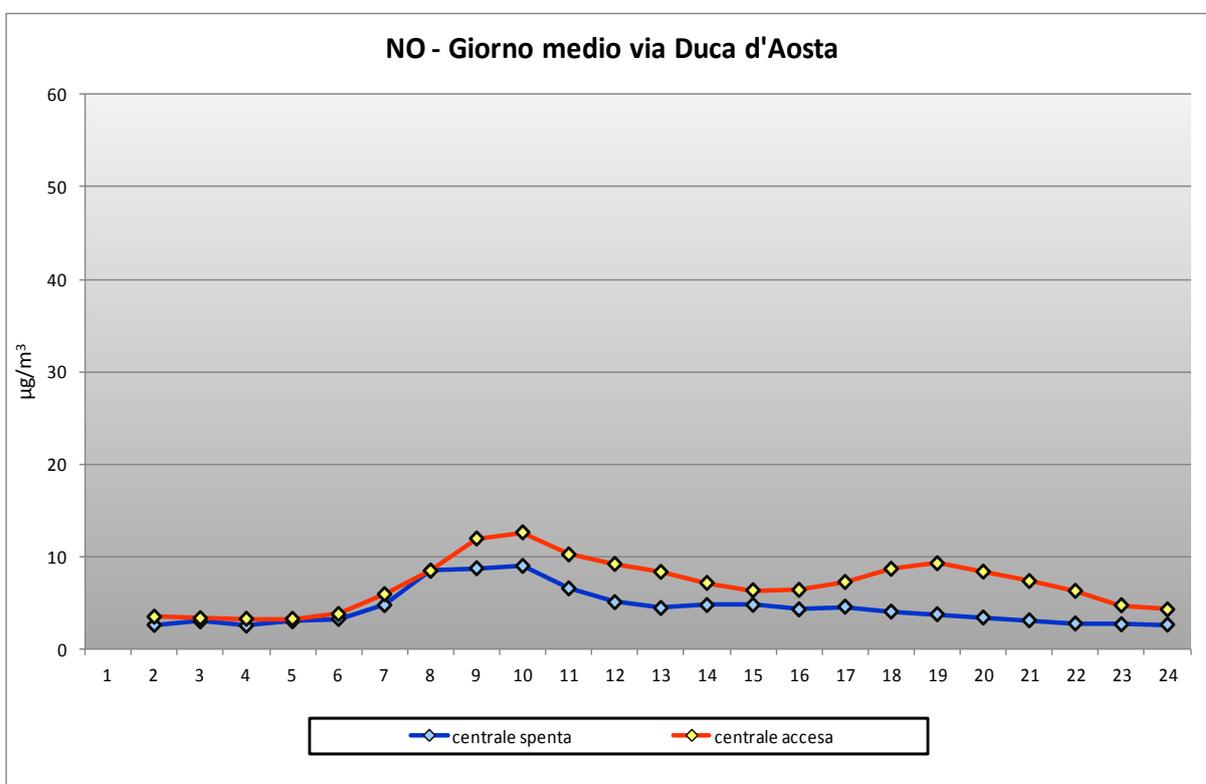


FIG. 53 – NO: giorno tipo medio a centrale accesa e spenta rilevata in via Duca d'Aosta (anno 2014).

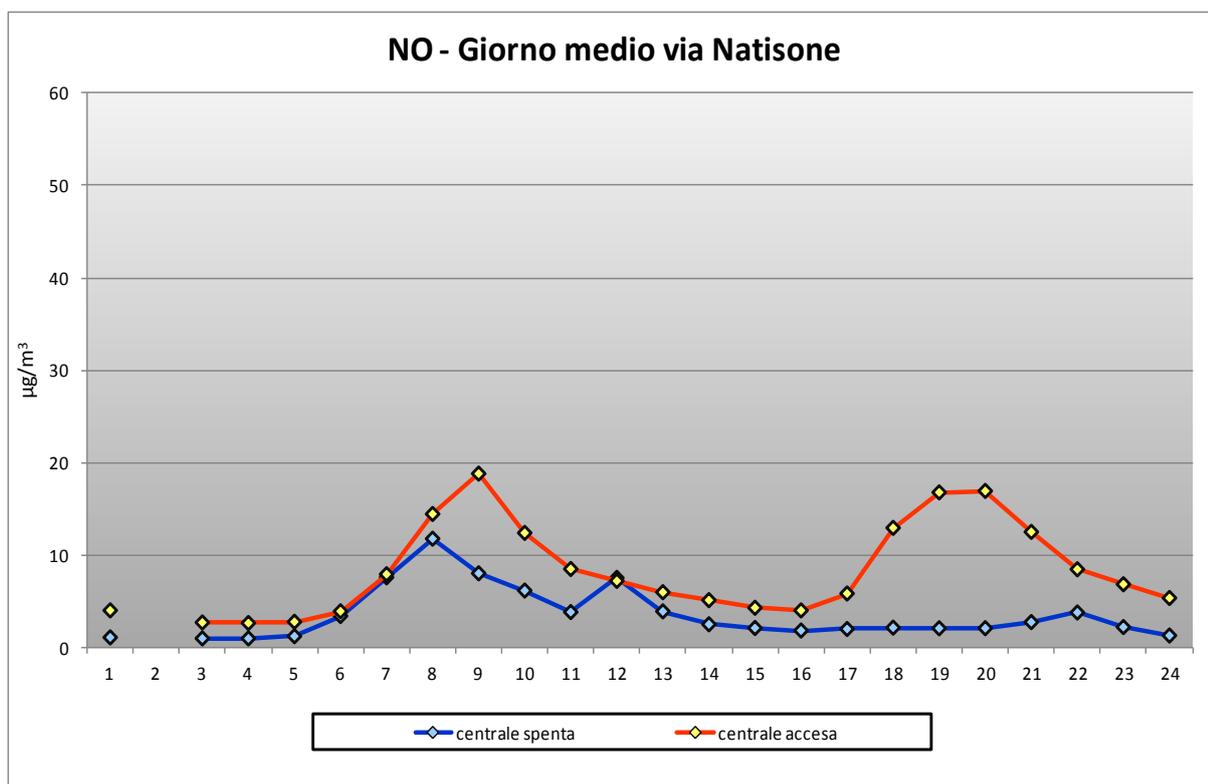


FIG. 54 – NO: giorno tipo medio a centrale accesa e spenta rilevata in via Natisone (anno 2014).

4.2 MATERIALE PARTICOLATO PM₁₀

4.2.1 MATERIALE PARTICOLATO PM₁₀

La tabella che segue riporta i dati già esposti nella relazione del 14 ottobre 2015 che i dati ricalcolati comprendendo tutti i giorni di fermo impianto e di centrale in funzione riferiti all'anno 2014.

MATERIALE PARTICOLATO (PM ₁₀)				
	Periodo dal 09.04 al 04.07.2014		Periodo dal 01.01 al 31.12.2014	
	Dal 05.05 al 04.07.2014	Dal 09.04 al 04.05.14	Dal 01.01 al 23.03 e dal 05.05 al 31.12.2014	Dal 24.03 al 04.05.14
	Media campagna a centrale ACCESA (µg/m ³)	Media campagna a centrale SPENTA (µg/m ³)	Media annuale a centrale ACCESA (µg/m ³)	Media campagna a centrale SPENTA (µg/m ³)
Monfalcone via Duca d'Aosta	12	10	15	14
Monfalcone via Natisone	13	12	19	16
Monfalcone via Agraria	16	11	=	=
Monfalcone Campo Sportivo	14	13	=	=

TAB. 46 – PM₁₀: concentrazione media rilevata nei diversi siti a centrale termoelettrica in funzione ed a centrale spenta nell'anno 2014.

Per le polveri PM₁₀ si riporta il grafico che descrive l'andamento di un giorno tipo nelle due situazioni di centrale accesa e spenta nella centralina di Via Duca d'Aosta. Si ricorda che lo strumento di via Natisone misura la concentrazione di PM₁₀ come media giornaliera ma non quantifica i dati orari.

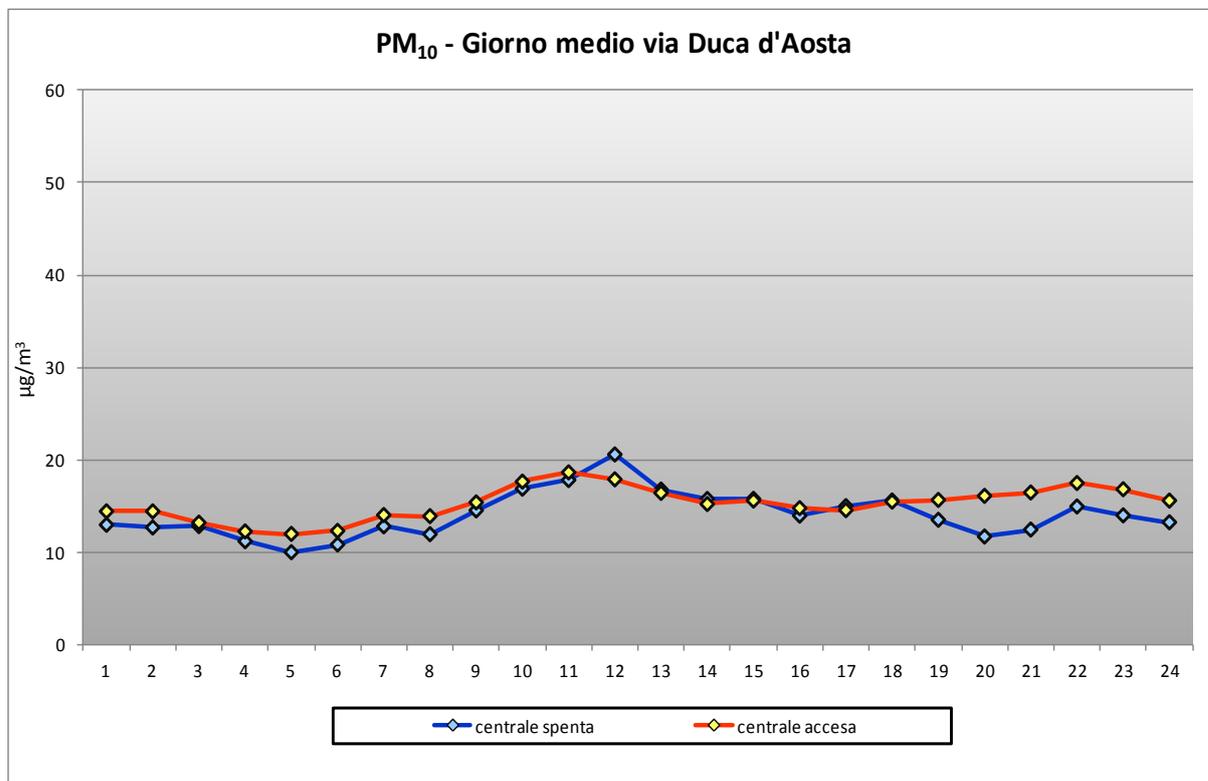


FIG. 55 – PM₁₀: giorno tipo medio a centrale accesa e spenta rilevata in via Duca d'Aosta (anno 2014).

4.2.2 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

I valori trovati per tutti gli IPA analizzati nel corso dell'anno 2014 nelle polveri PM₁₀ campionate nei due siti di via Duca d'Aosta e presso il campo sportivo di via Boito sono riportati nella tabella che segue.

IPA				
	Periodo dal 09.04 al 04.07.2014		Periodo dal 01.01 al 31.12.2014	
	Dal 05.05 al 04.07.2014	Dal 09.04 al 04.05.14	Dal 01.01 al 23.03 e dal 05.05 al 31.12.2014	Dal 24.03 al 04.05.14
Benzo(a)pirene	Media campagna a centrale ACCESA (ng/m ³)	Media campagna a centrale SPENTA (ng/m ³)	Media annuale a centrale ACCESA (ng/m ³)	Media campagna a centrale SPENTA (ng/m ³)
Monfalcone via Duca d' Aosta	<0,1	<0,1	0,2	<0,1
Monfalcone Campo Sportivo	<0,1	<0,1	=	=
Benzo(a)antracene				

Monfalcone via Duca d'Aosta	<0,1	<0,1	0,1	<0,1
Monfalcone Campo Sportivo	<0,1	<0,1	=	=
Benzo(b)fluorantene				
Monfalcone via Duca d'Aosta	<0,1	<0,1	0,2	<0,1
Monfalcone Campo Sportivo	<0,1	<0,1	=	=
Benzo(g,h,i)perilene				
Monfalcone via Duca d'Aosta	0,15	<0,1	0,2	<0,1
Monfalcone Campo Sportivo	0,10	0,12	=	=
Benzo(k)fluorantene				
Monfalcone via Duca d'Aosta	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Monfalcone Campo Sportivo	<0,1	<0,1	=	=
Crisene				
Monfalcone via Duca d'Aosta	<0,1	<0,1	0,1	<0,1
Monfalcone Campo Sportivo	<0,1	<0,1	=	=
Dibenzo(a,h)antracene				
Monfalcone via Duca d'Aosta	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Monfalcone Campo Sportivo	<0,1	<0,1	=	=
Indeno(1,2,3,c-d)pirene				
Monfalcone via Duca d'Aosta	<0,1	<0,1	0,2	<0,1
Monfalcone Campo Sportivo	<0,1	<0,1	=	=
Pirene				
Monfalcone via Duca d'Aosta	0,30	<0,1	0,4	<0,1
Monfalcone Campo Sportivo	0,15	0,13	=	=

TAB. 47 – IPA nelle PM₁₀: concentrazione media rilevata nei diversi siti a centrale termoelettrica in funzione ed a centrale spenta nell'anno 2014.

4.2.3 METALLI

METALLI				
	Periodo dal 09.04 al 04.07.2014		Periodo dal 01.01 al 31.12.2014	
	Dal 05.05 al 04.07.2014	Dal 09.04 al 04.05.14	Dal 01.01 al 23.03 e dal 05.05 al 31.12.2014	Dal 24.03 al 04.05.14
	Media campagna a centrale ACCESA (ng/m ³)	Media campagna a centrale SPENTA (ng/m ³)	Media annuale a centrale ACCESA (ng/m ³)	Media campagna a centrale SPENTA (ng/m ³)
Arsenico				
Monfalcone via Duca d'Aosta	<0,93	<0,93	<0,93	<0,93
Monfalcone Campo Sportivo	<0,93	<0,93	=	=
Cadmio				
Monfalcone via Duca d'Aosta	<0,46	<0,46	<0,46	<0,46
Monfalcone Campo Sportivo	<0,46	<0,46	=	=
Nichel				
Monfalcone via Duca d'Aosta	4,7	2,2	2,1	1,7
Monfalcone Campo Sportivo	2,9	2,9	=	=
Piombo				
Monfalcone via Duca d'Aosta	2,0	2,2	3,6	2,2
Monfalcone Campo Sportivo	3,1	2,1	=	=
Antimonio				
Monfalcone via Duca d'Aosta	0,90	0,81	1,09	0,77
Monfalcone Campo Sportivo	1,07	0,93	=	=
Cromo				
Monfalcone via Duca d'Aosta	42,5	12,2	34,3	9,1
Monfalcone Campo Sportivo	39,7	7,0	=	=
Ferro				
Monfalcone via Duca d'Aosta	326	269	315	251
Monfalcone Campo Sportivo	376	311	=	=
Manganese				
Monfalcone via Duca d'Aosta	11,5	13,8	11,7	9,9
Monfalcone Campo Sportivo	31,6	21,8	=	=
Rame				
Monfalcone via Duca d'Aosta	7,1	6,8	8,5	6,5
Monfalcone Campo Sportivo	7,9	6,9	=	=
Vanadio				
Monfalcone via Duca d'Aosta	3,11	2,07	1,59	1,54
Monfalcone Campo Sportivo	2,91	2,37	=	=
Zinco				
Monfalcone via Duca d'Aosta	35	44	37	35
Monfalcone Campo Sportivo	96	72	=	=

TAB. 48 METALLI nelle PM₁₀: concentrazione media rilevata nei diversi siti a centrale termoelettrica in funzione ed a centrale spenta nell'anno 2014.

La tabella sopra riportata contiene tutti i dati riferiti al periodo dal 9 aprile al 4 luglio 2014 e già riportati nelle tabelle allegate alla relazione del 14 ottobre 2015 ed i valori ricalcolati comprendendo tutti i giorni di fermo impianto e di centrale in funzione riferiti all'anno 2014.

Si sottolinea il fatto che i dati relativi ai quattro metalli normati (Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo) sono stati trattati secondo quanto previsto dalla norma UNI EN 14902:2005. Si ricorda a tale proposito che il metodo analitico utilizzato è idoneo a soddisfare i requisiti di legge.

Per i metalli non normati si è scelto di non sottrarre il valore di bianco per il calcolo della concentrazione in aria ambiente: in assenza di specifiche norme tecniche, ARPA FVG sta predisponendo una procedura operativa che definisca le indicazioni sulla metodologia del trattamento ed espressione dei dati in concentrazione per tali metalli.

Si rimanda al successivo capitolo 6 per le considerazioni statistiche sui dati rilevati nel corso dell'anno 2014.

5. RETE DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA DELLA PROVINCIA DI GORIZIA: Sintesi dei risultati rilevati nell'anno 2014.

La rete di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Gorizia è attualmente composta dalle seguenti stazioni di rilevamento:

Stazione	Proprietà	Provincia	Tipo di Area
1. Via Duca d'Aosta - Monfalcone	ARPA FVG	Gorizia	Urbana
2. Via Natisone - Monfalcone	A2A S.p.A.	Gorizia	Urbana
3. Via Vallone – Doberdò	ARPA FVG	Gorizia	Rurale
4. Via Duca d'Aosta – Gorizia	ARPA FVG	Gorizia	Urbana
5. Punta Sdobba	ARPA FVG	Gorizia	Rurale
6. Via Vallone – Doberdò	A2A S.p.A.	Gorizia	Rurale
7. Via delle Mostegane – Vermeigliano	A2A S.p.A.	Gorizia	Rurale
8. Via Eraclea – Fossalon	A2A S.p.A.	Gorizia	Rurale
9. Via Brancolo – Fiumicello	A2A S.p.A.	Udine	Rurale

TAB. 49 – Composizione della rete di rilevamento provinciale della qualità dell'aria: centraline gestite da ARPA FVG – Dipartimento provinciale di Gorizia.

Delle due centraline presenti sul territorio di Monfalcone si è già parlato nel precedente capitolo 3., la strumentazione presente nelle altre sette centraline della rete è descritta nella tabella che segue

RETE DI MONFALCONE	Inquinanti monitorati					
	SO₂	NO_x	CO	O₃	PM₁₀	PM_{2,5}
3. Via Vallone – Doberdò ARPA	X			X		
4. Via Duca d'Aosta – Gorizia		X	X		X	X
5. Punta Sdobba				X		
6. Via delle Mostegane – Vermeigliano	X	X		X	X	
7. Via Eraclea – Fossalon	X	X		X	X	X
8. Via Brancolo – Fiumicello	X	X		X	X	
9. Via Vallone – Doberdò A2A	X	X		X	X	

TAB. 50 – Inquinanti monitorati nelle stazioni della rete provinciale di rilevamento della qualità dell'aria.

Legenda:

SO₂	Biossido di zolfo
NO_x	Ossidi di azoto (Monossido e Biossido di azoto)
CO	Monossido di carbonio
O₃	Ozono
PM_x	Materiale Particolato (polveri sottili) con diametro < x µm

Di seguito si riportano, per ogni inquinante, le tabelle di sintesi che illustrano l'andamento rilevato nelle stazioni delle rete di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Gorizia nell'anno 2014 in relazione ai limiti stabiliti dalla vigente normativa (D. Lgs.13 agosto 2010 n. 155).

5.1 Biossido di zolfo (SO₂)

Come già riportato al precedente capitolo 3.1, la vigente normativa stabilisce, per il Biossido di Zolfo, un limite orario di 350 µg/m³ (da non superare più di 24 volte per anno civile) ed uno giornaliero di 125 µg/m³ (da non superare più di 3 volte per anno civile).

La successiva tabella riporta i principali parametri statistici riferiti ai diversi siti monitorati.

RETE DI GORIZIA	BIOSSIDO DI ZOLFO – ANNO 2014				
Stazione	Media annuale (µg/m ³)	Mediana annuale (µg/m ³)	98° percentile (µg/m ³)	Massima oraria (µg/m ³)	Massima giornaliera (µg/m ³)
3. Doberdò – v. Vallone (ARPA)	3	3	9	36	13
6. Vermegliano – v. delle Mostegane	5	4	6	34	14
7. Fossalon – v. Eraclea	3	3	6	31	13
8. Fiumicello – v. Brancolo	7	7	10	47	21
9. Doberdò – v. Vallone (A2A)	5	5	9	43	20

TAB. 51 – SO₂ - Valori rilevati nelle stazioni della rete provinciale di Gorizia: principali parametri statistici.

I parametri rilevati rispettano ampiamente tutti i limiti stabiliti dalla vigente normativa in materia.

5.2 Biossido di azoto (NO₂)

Come già riportato alla TAB. 9 del capitolo 3.2, in considerazione del fatto che la tossicità del Biossido di Azoto (NO₂) è notevolmente superiore a quella del Monossido, la normativa vigente prevede dei limiti per la protezione della salute umana solamente per il Biossido di Azoto, fissando un limite orario di 200 µg/m³ (da non superare più di 18 volte per anno civile) ed uno annuale pari a 40 µg/m³.

Nel richiamare quanto già illustrato nel precedente capitolo 3.2, si presenta di seguito il confronto dei dati rilevati nelle centraline della rete per il Biossido di Azoto (NO₂).

Nella successiva tabella sono riportati i principali parametri statistici riferiti alle centraline della rete della provincia di Gorizia.

RETE DI GORIZIA	BIOSSIDO DI AZOTO – ANNO 2014			
Stazione	Media annuale (µg/m ³)	Mediana annuale (µg/m ³)	98° percentile (µg/m ³)	Massima oraria (µg/m ³)
4. Gorizia – v. Duca d’Aosta	25	21	69	124
6. Vermeigliano – v. delle Mostegane	16	12	47	85
7. Fossalon – v. Eraclea	13	9	41	77
8. Fiumicello – v. Brancolo	14	11	45	74
9. Doberdò – v. Vallone	9	7	41	81

TAB. 52 – NO₂ - Valori rilevati nelle stazioni della rete provinciale di Gorizia: principali parametri statistici.

In tutte le centraline della rete provinciale risulta essere rispettato il limite fissato dal D. Lgs. n. 155/10 per la media annuale. Dai dati ottenuti si può vedere che la centralina di Gorizia, via Duca d'Aosta presenta la concentrazione più elevata a causa del maggiore contributo dato dal traffico più intenso dell'area.

Dalla stessa tabella si può vedere che a Gorizia è anche stata osservata la media oraria più elevata (124 µg/m³) ma in nessuna centralina sono stati rilevati superamenti dei limiti fissati dal D. Lgs. n. 155/10 come valore limite orario da non superare per più di 18 volte per anno civile (pari a 200 µg/m³) e della soglia di allarme (pari a 400 µg/m³).

5.3 Monossido di carbonio (CO)

Come già riportato al precedente capitolo 3.3, la vigente normativa stabilisce, per il Monossido di Carbonio, un limite pari a 10 mg/m³ come media massima giornaliera calcolata su 8 ore. Come per il biossido di zolfo, anche per il monossido di carbonio i dati rilevati negli ultimi anni sono risultati sempre inferiori al limite normativo.

RETE DI GORIZIA	MONOSSIDO DI CARBONIO – ANNO 2014				
Stazione	Media annuale (mg/m ³)	Mediana annuale (mg/m ³)	98° percentile (mg/m ³)	Massima media oraria (mg/m ³)	Massima media su 8 ore (mg/m ³)
4. Gorizia – v. Duca d’Aosta	0.5	0.4	1.3	2.7	2.2

TAB. 53 – CO - Valori rilevati nelle stazioni della rete provinciale di Gorizia: principali parametri statistici.

Anche nell'area di Gorizia, nonostante il traffico veicolare più intenso che negli altri siti della provincia, la massima media giornaliera sulle 8 ore ha ampiamente rispettato i limiti stabiliti dalla vigente normativa.

5.4 Ozono (O₃)

Si ricorda che, secondo quanto previsto dal D. Lgs. 155/2010, non viene effettuato il monitoraggio di questo inquinante nelle stazioni di traffico in quanto i livelli di ozono in prossimità delle strade risultano sempre inferiori a quelli del resto del territorio in quanto l'ozono tende a reagire, ossidandoli, con gli stessi inquinanti, in particolare il monossido d'azoto, che ne provocano la formazione.

La vigente normativa per l'ozono stabilisce limiti che riguardano le soglie di informazione e di allarme, espresse come medie orarie, e pari rispettivamente a 180 e 240 µg/m³ e fissa anche in 25 il numero massimo di giornate in cui risulta essere stato superato il limite della media mobile sulle 8 ore (pari a 120 µg/m³) calcolato come media su un triennio.

Si riportano nelle successive tabelle i principali parametri statistici risultanti dal monitoraggio.

RETE DI GORIZIA	OZONO – ANNO 2014			
Stazione	Media annuale (µg/m ³)	Mediana annuale (µg/m ³)	98° percentile (µg/m ³)	Massima oraria (µg/m ³)
3. Doberdò – v. Vallone (ARPA)	73	72	140	179
5. Punta Sdobba	(66)	(67)	(129)	(171)
6. Vermegliano – v. delle Mostegane	39	35	108	157
7. Fossalon – v. Eraclea	53	54	109	152
8. Fiumicello – v. Brancolo	48	45	116	152
9. Doberdò – v. Vallone (A2A)	62	61	122	161

TAB. 54 – O₃ - Valori rilevati nelle stazioni della rete provinciale di Gorizia: principali parametri statistici.

Nel corso del 2014 in nessuna delle centraline sono stati rilevati superamenti né della soglia di attenzione né di quella di allarme.

RETE DI GORIZIA	OZONO – SUPERAMENTI ANNO 2014
Stazione	Numero di giornate di superamento del valore obiettivo di 120 µg/m ³ calcolato come media su 8 ore
3. Doberdò – v. Vallone (ARPA)	58
5. Punta Sdobba	(20)

6. Vermegliano – v. delle Mostegane	7
7. Fossalon – v. Eraclea	8
8. Fiumicello – v. Brancolo	9
9. Doberdò – v. Vallone (A2A)	21

TAB. 55 – O₃ - numero giornate di superamento del valore obiettivo di 120 µg/m³ come media di 8 ore.

Nelle tabelle sopra riportate il dato rilevato nella centralina di punta Sdobba è riportato tra parentesi perché l'analizzatore è stato installato nel mese di maggio 2014 e, pertanto nel corso dell'anno non ha raggiunto il numero di misure valide del 90% necessario a considerare rappresentativo il dato.

Per le centraline gestite da ARPA per almeno un triennio e per le quali, quindi, c'è sufficiente disponibilità di dati, si può calcolare la media dei superamenti sui tre anni, del valore obiettivo di 120 µg/m³, come previsto dalla normativa.

Si deve a tale proposito ricordare che le centraline di proprietà A2A sono gestite da ARPA solamente da circa un anno e che presso la stazione di Gorizia era installato un analizzatore di ozono che ha funzionato fino all'inizio dell'anno 2014. Da tale data l'analizzatore è stato dismesso poiché la sua posizione non rispettava i requisiti del D. Lgs. 155/2010 per il posizionamento.

I risultati sono riportati nella seguente tabella.

RETE DI MONFALCONE	OZONO – GIORNATE DI SUPERAMENTO (Periodo 2007 – 2014)					
	2007-2009	2008-2010	2009-2011	2010-2012	2011-2013	2012-2014
Triennio						
3. Doberdò – v. Vallone	71	65	75	71	78	71
4. Gorizia – v. Duca d'Aosta	45	39	44	43	49	=

TAB. 56 – O₃ - numero giornate di superamento del valore obiettivo di 120 µg/m³ come media di 8 ore calcolate sul triennio.

Come si può vedere il numero massimo di superamenti stabilito dalla normativa (pari a 25) viene superato in tutti i trienni ed in entrambe le centraline.

5.5 Materiale particolato (PM₁₀)

Per il Materiale Particolato PM₁₀ la normativa in vigore (D. Lgs. 155/2010) fissa un limite giornaliero di 50 µg/m³ (da non superare per più di 35 volte per anno civile) ed un limite annuale (come media dei dati giornalieri) pari a 40 µg/m³.

I risultati ottenuti nel corso del 2014 sono riportati nelle successive tabelle.

RETE DI GORIZIA	MATERIALE PARTICOLATO (PM ₁₀) – ANNO 2014		
Stazione	Media annuale (µg/m ³)	Massima giornaliera (µg/m ³)	90.4° percentile (µg/m ³)
4. Gorizia – v. Duca d’Aosta	20	73	35
6. Vermegliano – v. delle Mostegane	17	65	29
7. Fossalon – v. Eraclea	16	70	29
8. Fiumicello – v. Brancolo	18	76	33
9. Doberdò – v. Vallone A2A	14	62	26

TAB. 57 –PM₁₀ - Valori rilevati nelle stazioni della rete provinciale di Gorizia: principali parametri statistici.

Dai dati esposti in tabella si può rilevare che in tutte le centraline della rete provinciale di monitoraggio della qualità dell’aria risulta rispettato il limite annuale indicato dalla vigente normativa.

RETE DI GORIZIA	MATERIALE PARTICOLATO (PM ₁₀) – ANNO 2014				
	Numero di superamenti della soglia di 50 µg/m ³				
Mese	4 Gorizia – v. Duca d’Aosta	6 Vermegliano – v. delle Mostegane	7 Fossalon – v. Eraclea	8 Fiumicello – v. Brancolo	9 Doberdò – v. Vallone A2A
Gennaio	4	5	3	4	1
Febbraio	0	0	0	0	0
Marzo	6	3	3	5	2
Aprile	1	0	0	0	0
Maggio	0	0	0	0	0
Giugno	0	0	0	0	0
Luglio	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0
Settembre	0	0	0	0	0
Ottobre	0	0	0	0	0
Novembre	0	0	0	1	0
Dicembre	7	5	4	7	2
Totale anno	18	13	10	17	5

TAB. 58 –PM₁₀ - numero giornate di superamento del valore limite giornaliero di 50 µg/m³.

Nell'anno 2014 in tutte le centraline della rete di rilevamento della provincia di Gorizia il numero dei superamenti del valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è risultato essere inferiore ai 35 superamenti fissati dalla norma.

I dati rilevati mostrano ancora una volta che il periodo più critico risulta quello invernale in conseguenza delle condizioni meteorologiche particolarmente sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti.

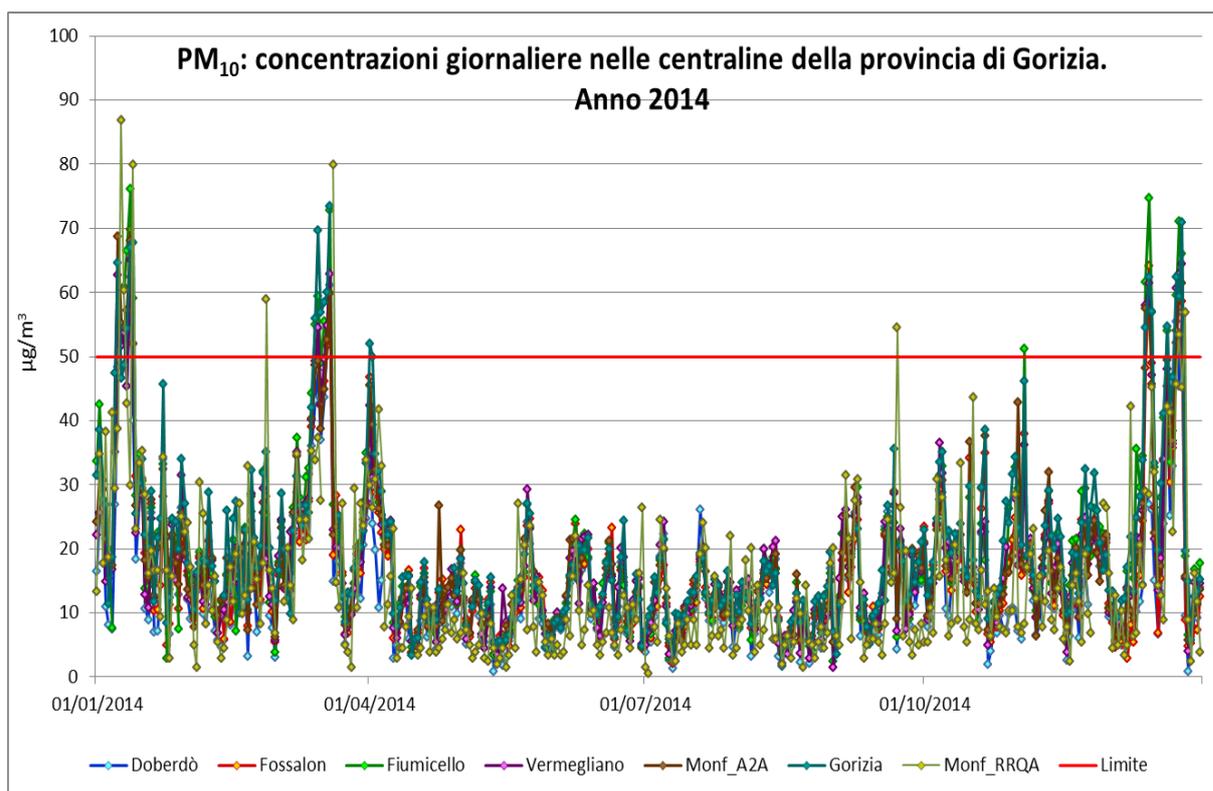


FIG. 56 – PM₁₀: Valori medi giornalieri: confronto fra i valori registrati in tutte le centraline della rete di rilevamento della provincia di Gorizia.

Il grafico della FIG. 55 conferma quanto già precedentemente ricordato in merito alla diffusione del materiale particolato su aree molto vaste, con valori di concentrazione di PM₁₀ che presentano degli andamenti poco differenziati fra i diversi siti esaminati. Le sorgenti di polveri presenti sul territorio originano dei picchi localizzati ma successivamente il particolato si disperde nelle aree circostanti e va ad interessare anche zone lontane dal punto di emissione portando così ad un notevole livellamento delle concentrazioni di questo inquinante su tutto il territorio.

5.6 Materiale particolato (PM_{2,5})

Per il Materiale Particolato PM_{2,5} Il D. Lgs. 155/2010 fissa un limite annuale (come media dei dati giornalieri) pari a 25 µg/m³.

I risultati ottenuti nel corso del 2014 nelle centraline della rete provinciale sono riportati nelle successive tabelle.

RETE DI GORIZIA	MATERIALE PARTICOLATO (PM _{2,5}) – ANNO 2014	
Stazione	Media annuale (µg/m ³)	Massima giornaliera (µg/m ³)
4. Gorizia – v. Duca d’Aosta	12	73
7. Fossalon – v. Eraclea	12	64

TAB. 59 –PM_{2,5} - Valori rilevati nelle stazioni della rete provinciale di Gorizia: principali parametri statistici.

Nelle due centraline viene rispettato il limite stabilito dalla vigente normativa ed anche quello che è previsto entri in vigore, nella Fase 2, a partire dal 2020 (20 µg/m³).

* * * * *

6. **CONSIDERAZIONI STATISTICHE SUI DATI RILEVATI NEL CORSO DELL'ANNO 2014.**

I dati oggetto della presente valutazione riguardano i valori di concentrazione misurati nell'aria monfalconese nell'anno 2014; l'analisi statistica effettuata viene scelta tra i trattamenti di seguito descritti.

Analisi statistica di **primo livello**: serve per verificare anomalie nel singolo parametro. Si esegue una analisi descrittiva della popolazione dei dati mediante media, conteggio e quartili. Eventualmente si valuta il grafico del parametro nel tempo; un'altra eventualità è l'analisi della funzione di densità di probabilità dei dati per verificare se si tratta di una unica popolazione, con l'applicazione del test di Huber¹ al 99% di probabilità per gli outliers.

Analisi statistica di **secondo livello**: serve a vedere parallelismi tra parametri oppure per vedere la significatività delle differenze. Si utilizza la matrice di correlazione di Pearson; per la significatività della correlazione si calcolano i p-value della t di Student associata ad ogni correlazione. Per la valutazione delle significatività delle differenze delle medie si utilizza la statistica U-Mann-Whitney², con il p-value calcolato mediante il metodo Montecarlo. In rari casi si utilizza l'analisi multivariata.

Tutti i calcoli vengono eseguiti utilizzando dei fogli di calcolo in Excel 2010® oppure mediante il software PAST3 versione 3, verificati e validati per la correttezza dei risultati nei test utilizzati.

Si riportano nei successivi paragrafi le considerazioni relative ai singoli inquinanti monitorati. A tale proposito si sottolinea il fatto che l'analisi statistica è stata effettuata sui seguenti inquinanti:

6.1 Monossido di Azoto (NO) ed Ossidi di Azoto (NO_x) si ricorda che il valore del Biossido di Azoto (NO₂) è una misura ricavata dalla differenza tra le concentrazioni di NO e NO_x lette dallo strumento presente in cabina.

6.2 Materiale particolato (PM₁₀ e PM_{2.5}).

6.2.1 IPA nel particolato PM₁₀

6.2.2 METALLI nel particolato PM₁₀

6.2.3 Correlazioni tra parametri.

¹ Huber, P. J. (2011). *Robust statistics* (pp. 1248-1251). Springer Berlin Heidelberg.

² Whitney, Donald R. (1947). "On a Test of Whether one of Two Random Variables is Stochastically Larger than the Other". **18** (1): 50–60.

³ Hammer, Ø., Harper, D.A.T., and P. D. Ryan, 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp.

Nella presente analisi vengono anche confrontate le medie tra un periodo “di controllo” relativamente breve a centrale spenta dal 24.03.14 al 04.05.14 ovvero 41 giorni e il rimanente periodo dell’anno ovvero 323 giorni.

Alla luce del numero di campioni ottenuti nelle due condizioni di “centrale spenta” e “centrale accesa” si ritiene siano necessarie alcune considerazioni sulla rappresentatività dei campioni considerati:

Il D.Lgs.155/2010 per poter considerare rappresentativa la media annua stabilisce una durata minima di copertura per le misure indicative in siti fissi. Lo stesso decreto precisa che, qualora la misura raggiunga il limite minimo di copertura (14%, 51 giorni), la misura deve essere almeno “*distribuita nell’arco dell’anno in modo tale da essere rappresentativa delle varie condizioni climatiche e di traffico*”.

Ai fini della norma pertanto il periodo a centrale spenta è inadeguato ai fini della determinazione della qualità dell’aria ai sensi del decreto n. 155/10, sia per insufficiente numero di giorni, sia perché i giorni non sono equamente distribuiti e, pertanto, non rappresentano le varie condizioni climatiche e di traffico.

Dal punto di vista statistico, assumendo vera l’esistenza di fenomeni di stagionalità implicati dal D.Lgs.155/2010, bisogna sospettare che il campione di controllo a centrale spenta possa essere affetto da un *bias* legato alle variazioni medie stagionali più che al funzionamento della centrale termoelettrica. Questo è evidenziato ad esempio dai grafici temporali in Figura 57, 63 e 65, nelle quali, a centrale in funzione, si vede un andamento sistematico, con livelli maggiori in autunno/inverno e minori in primavera/estate. Il periodo di controllo è localizzato approssimativamente in primavera, pertanto non è errato pensare che avrà concentrazioni tendenzialmente più basse rispetto alla media annuale. Questo *bias* rende potenzialmente scorretto attribuire alla centrale termoelettrica eventuali risultati dei test sulla significatività delle differenze in quanto queste potrebbero essere dovute agli andamenti stagionali. Tali test vengono comunque riportati per completezza di informazione.

Rimangono invece ragionevolmente validi i risultati dei confronti centrale accesa/spenta fatti nella campagna di misura fatta ad hoc, poiché i dati a centrale accesa/spenta sono in una ridotta finestra temporale quindi gli effetti stagionali si possono assumere trascurabili.

6.1 Monossido di Azoto (NO) ed Ossidi di Azoto (NO_x)

I risultati dell'analisi statistica per gli ossidi di azoto vengono riportati nella tabella sottostante.

stato	statistica	NO-AOS	NO-A2A	NOX-AOS	NOX-A2A
Spenta	media	4,36	3,47	26,24	19,75
	Q1	3,10	1,93	17,60	12,74
	Q2	4,15	2,33	25,79	16,01
	Q3	5,12	3,93	31,18	22,14
	conta	35	35	35	35
Accesa	media	6,86	7,80	31,86	32,42
	Q1	2,34	2,03	15,25	14,53
	Q2	3,63	3,36	22,83	22,75
	Q3	7,57	7,89	41,07	40,08
	conta	315	308	315	308
test di significatività	U-Mann Whitney	5348	4066	5484	3615
	p-value	0,77	0,02	0,95	0,00

LEGENDA: Qi = quantili

p<0.05 (2 code)

p<0.01 (2 code)

TAB. 60 – Ossidi di Azoto - analisi dei dati 2014 con in evidenza il periodo a centrale spenta.

Dall'analisi dei valori riportati in tabella il test mostra differenze significative della media a centrale accesa rispetto a quella a centrale spenta.

Si riporta il grafico relativo alle concentrazioni medie giornaliere di NO_x con evidenziate in rosso le concentrazioni a centrale spenta.

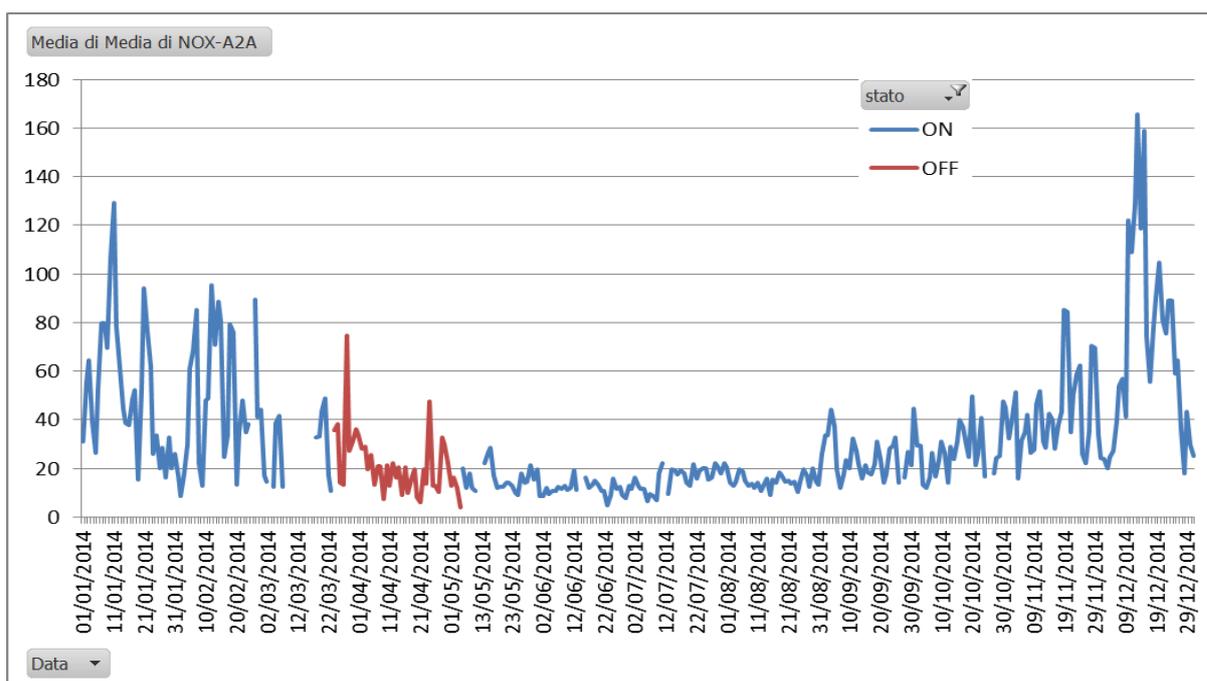


FIG. 57 – Ossidi di Azoto – centralina di via Natisone. Concentrazioni medie giornaliere rilevate nel 2014.

Si ricorda che nella campagna ad hoc effettuata a centrale accesa e spenta le medie delle concentrazioni degli ossidi d'azoto avevano mostrato differenze significative. In particolare risultavano più elevate le concentrazioni orarie a centrale spenta.

conc. in LN		NOx			NO		
stato	statistica	Mezzo Mobile - v. Agraria	Monfalcone - v. Duca d'Aosta	Monfalcone - v. Natisone	Mezzo Mobile - v. Agraria	Monfalcone - v. Duca d'Aosta	Monfalcone - v. Natisone
Spenta	media	2,784	3,041	2,474	1,615	1,212	0,711
	dev	0,772	0,584	0,883	0,760	0,572	0,754
	varianza	0,597	0,341	0,779	0,578	0,327	0,569
	mediana	2,755	3,013	2,414	1,583	1,099	0,493
	conteggio	399	577	512	399	577	512
Accesa	media	2,736	2,660	2,350	1,600	0,874	0,639
	dev	0,582	0,565	0,703	0,518	0,426	0,581
	varianza	0,339	0,320	0,494	0,269	0,182	0,338
	mediana	2,762	2,643	2,310	1,658	0,809	0,431
	conteggio	959	1354	1003	959	1354	1003
test di significatività	s global	0,043	0,029	0,045	0,042	0,026	0,038
	t	1,118	13,253	2,751	0,370	12,779	1,881
	t-crit, 95%	1,962	1,961	1,962	1,962	1,961	1,962
	t-crit, 99%	2,579	2,578	2,579	2,579	2,578	2,579
	p-value	0,264	0,000	0,006	0,711	0,000	0,060

TAB. 61 – Ossidi di Azoto - Logaritmi naturali e statistica . Quadro sintetico della statistica descrittiva e inferenziale.

Infatti si può osservare una differenza significativa di NO_x in due centraline e di NO in una, dovute ad un calo a centrale accesa in AOS e in un aumento a centrale accesa in v. Natisone.

6.2 Materiale particolato (PM₁₀ e PM_{2,5})

6.2.1 Materiale particolato (PM₁₀ e PM_{2,5})

L'analisi statistica delle due frazioni di Materiale Particolato (PM₁₀ e PM_{2,5}) viene riportata nella tabella seguente.

stato	statistica	PM10 - AGR	PM10 - CSM	PM10-AOS	PM10-A2A	PM2,5-A2A
Spenta	media	12,45	11,68	9,77	11,63	8,56
	Q1	7,75	8,00	7,03	7,90	5,90
	Q2	10,50	12,00	9,45	12,20	9,00
	Q3	16,25	14,00	12,33	14,30	11,00
	conta	22	25	26	25	23
Accesa	media	15,69	14,21	15,81	18,86	14,35
	Q1	9,25	8,00	9,00	10,78	7,30
	Q2	14,00	13,00	13,20	15,95	11,60
	Q3	21,75	18,00	19,80	22,10	16,40
	conta	36	56	327	298	297
test di significatività	U-Mann Whitney	307	593	2567,5	2146,5	2163,5
	p-value	0,11	0,19	0,00	0,00	0,00

LEGENDA: Qi = quantili

p<0.05 (2 code)

p<0.01 (2 code)

TAB. 62 – PM₁₀: Andamento annuale con evidenza del breve periodo a centrale spenta.

Dai risultati ottenuti si può rilevare che il campione a centrale spenta differisce dal valore medio del resto dell'anno ma tale risultato viene smentito dal confronto fatto nello studio dal 24/03/14 al 07/05/14 illustrato nella tabella che segue:

stato	statistica	v_Natisone	v_Duca_Aosta	MM_v_Agraria	Campo_Sportivo
Spenta	media	11,60	9,77	12,42	11,63
	dev	4,97	3,60	5,58	4,05
	varianza	24,70	12,97	31,15	16,38
	mediana	12,00	9,50	10,40	12,27
	conteggiol	25	26	22	25
Accesa	media	13,07	11,82	15,74	14,27
	dev	5,27	6,27	8,05	7,94
	varianza	27,73	39,38	64,74	63,04
	mediana	11,50	10,40	14,05	13,33
	conteggio	34	59	36	56
test di significatività	s pooled	5,14	5,61	7,22	6,99
	t	1,08	1,55	1,70	1,57
	t-crit, 95%	2,00	1,99	2,00	1,99
	t-crit, 99%	2,66	2,64	2,67	2,64
	p-value	0,28	0,13	9,5E-02	0,12

TAB. 63 – PM_{10} : Differenze centrale spenta vs. accesa con i periodi limitati di campagna ad hoc per la centrale.

Si deve considerare che le differenze tra il campione a centrale spenta ed il valore medio del rimanente periodo dell'anno (Tabella 62) possono derivare dal fatto che il breve periodo a centrale spenta è influenzato dall'andamento stagionale.

Nel complesso i dati annuali del PM_{10} e $PM_{2.5}$ mostrano popolazioni di dati uniche al test di Lilliefors, ad esempio nella centralina di via Natisone, la distribuzione di frequenza delle polveri sottili PM_{10} è mostrata nel grafico sottostante; la presenza di un'unica popolazione di dati implica che la variabilità del sistema è dovuto ad un unico insieme di fattori distribuito in modo omogeneo e diffuso, escludendo, quindi, l'incidenza di fattori anomali e localizzati quali fonti emmissive localizzate.

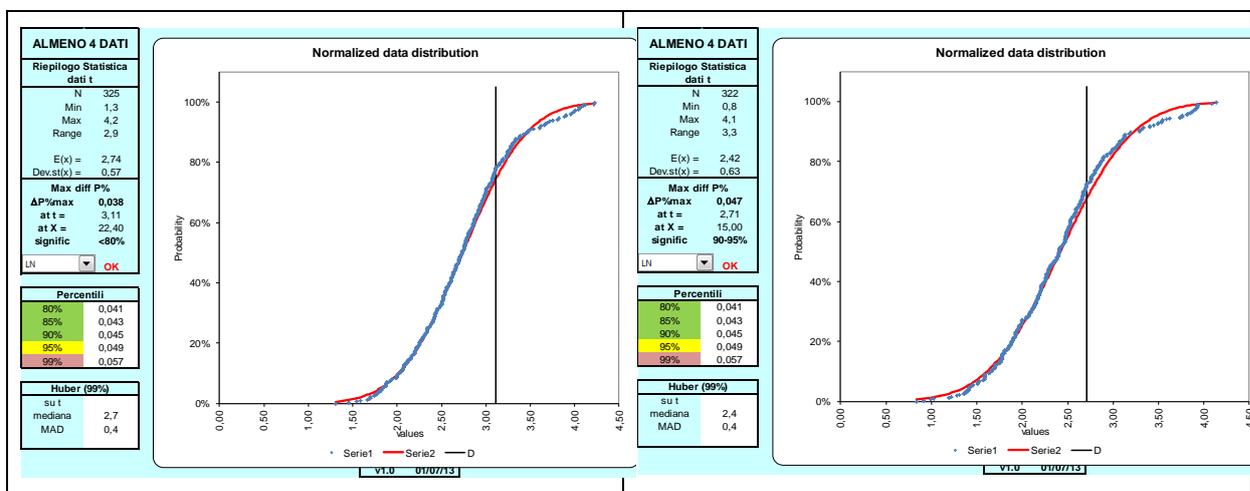


FIG. 58 – a destra PM_{10} a sinistra $PM_{2.5}$: Distribuzione dei dati in via Natisone del 2014.

Di seguito si riportano gli andamenti annuali.

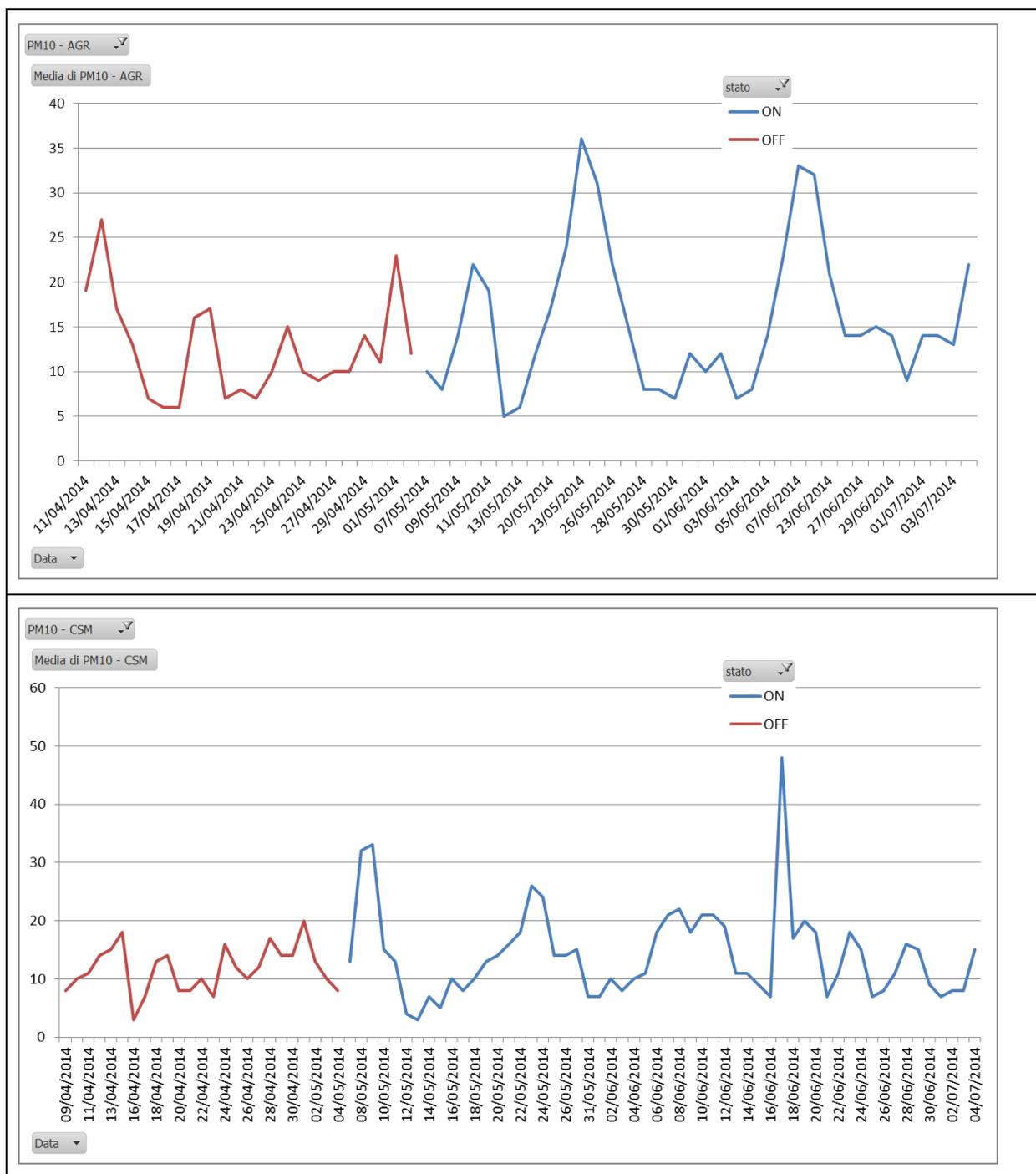


FIG. 59 – PM₁₀: Campagna aggiuntiva in Via Agraria e in campo sportivo di via Boito 2014.

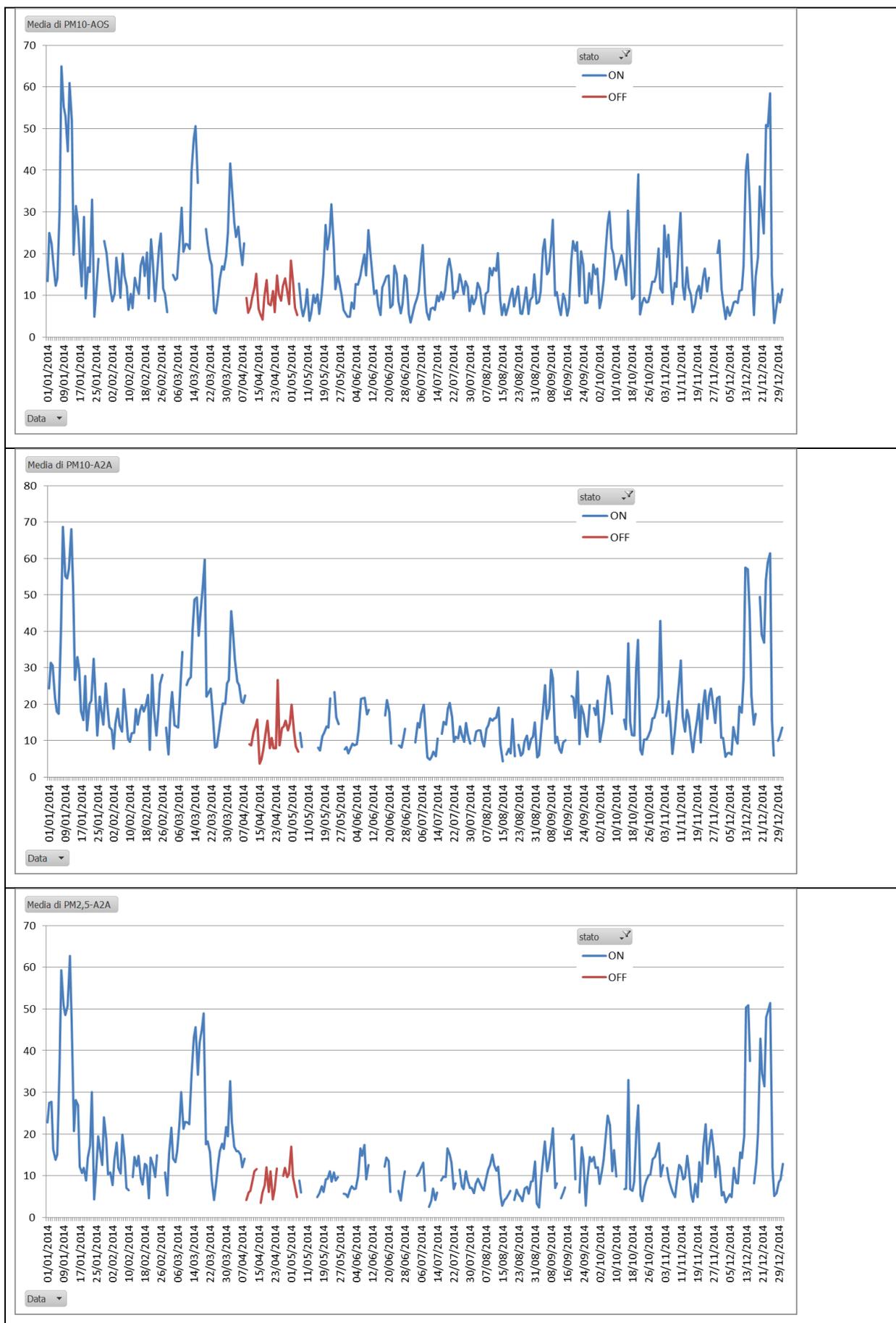


FIG. 60 – Materiale particolato PM_{10} e $PM_{2,5}$: Andamento annuale 2014.

6.2.2 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) (nella frazione PM₁₀ delle polveri)

Le concentrazioni di IPA a centrale spenta sono in numero limitato (solo otto valori in via Duca d'Aosta) e praticamente tutte le misure sono sotto il minimo quantificabile. A centrale accesa le concentrazioni sono distribuite in modo non normale ma a picchi; data le basse concentrazioni spesso non quantificabili, non è possibile definire la distribuzione di probabilità dei dati. Tuttavia nel caso del Pirene si ha una vaga indicazione che il modello più vicino ai dati potrebbe essere quello log-normale, tuttavia il test di Lilliefors non permette di accertare tale affermazione

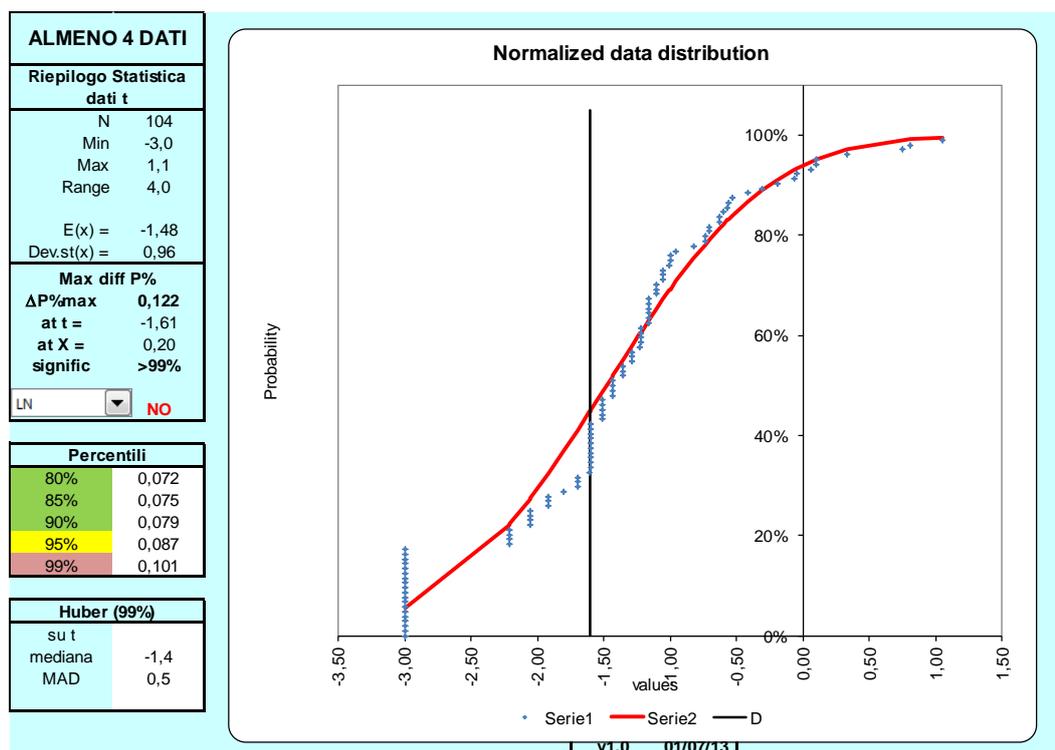


FIG. 61 – IPA: Distribuzione di probabilità del Pirene nell'anno 2014.

L'analisi statistica degli IPA viene effettuata mediante il test U-Mann-Whitney che non è influenzato dal fatto che la maggior parte dei risultati è costituito da valori al di sotto del limite di quantificazione.

stato	statistica	B(a)A-AOS		B(a)A-CSM		B(a)P-AOS		B(a)P-CSM		B(b)F-AOS		B(b)F-CSM		B(g,h,i)P-AOS		B(g,h,i)P-CSM		B(k)F-AOS		B(k)F-CSM		Cry-AOS		Cry-CSM		DB(a,h)A-AOS		DB(a,h)A-CSM		I(1,2,3,cd)P-AOS		I(1,2,3,cd)P-CSM		Pyr-AOS		Pyr-CSM	
		Spenta	media	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,05	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,01	0,00	0,01	0,04	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,11		
Q1	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Q2	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Q3	0,00		0,00	0,00	0,11	0,00	0,11	0,00	0,22	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,18		
conta	8		7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7		
Accesa	media	0,07	0,02	0,13	0,00	0,13	0,00	0,19	0,06	0,06	0,00	0,09	0,00	0,01	0,00	0,13	0,01	0,35	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,01	0,35	0,11		
	Q1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,01	0,35	0,11		
	Q2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,05	0,37	0,22		
	Q3	0,08	0,00	0,18	0,00	0,18	0,00	0,26	0,16	0,11	0,00	0,14	0,00	0,00	0,16	0,00	0,16	0,00	0,37	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	0,22	0,37	0,22	
	conta	104	12	104	12	104	12	104	12	104	12	104	12	104	12	104	12	104	12	104	12	104	12	104	12	104	12	104	12	104	12	104	12	104	12	104	
test di significatività	U-Mann Whitney	312	39	260	30	248	24	172	34	308	0	272	30	376	36	240	39	128	37	0,19	1,00	0,06	0,12	0,04	0,04	4,E-03	5,E-01	0,18	0,00	0,07	0,12	0,61	0,37	0,03	0,75	0,00	0,69
	p-value	0,19	1,00	0,06	0,12	0,04	0,04	4,E-03	5,E-01	0,18	0,00	0,07	0,12	0,61	0,37	0,03	0,75	0,00	0,69																		

LEGENDA: Qi = quantili p<0.05 (2 code) p<0.01 (2 code)

TAB. 64 – IPA: Quadro sintetico della statistica descrittiva e inferenziale. Periodo di chiusura esteso a tutto il 2014.

Per alcuni IPA la tabella sovrastante evidenzia delle differenze significative rispetto al periodo a centrale spenta ma tale conclusione viene smentita dalla campagna ad hoc che mostrava, invece, delle differenze al più dubbie.

stato	statistica	B(a)A		B(a)P		B(b)F		B(g,h,i)P		B(k)F		Cry		DB(a,h)A		I(1,2,3,cd)P		Pyr	
		AOS	CSM	AOS	CSM	AOS	CSM	AOS	CSM	AOS	CSM	AOS	CSM	AOS	CSM	AOS	CSM	AOS	CSM
Spenta	media	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,06	0,05	0,11	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,13
	dev	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,03	0,02	0,12
	varianza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
	mediana	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	conteggio	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15
Accesa	media	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,15	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,30	0,14
	dev	0,02	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,26	0,13
	varianza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,02
	mediana	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,13	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,20	0,08
	conteggio	16	12	16	12	16	12	16	12	16	12	16	12	16	12	16	12	16	12
test di significatività	s pooled	0,02	0,03	0,00	0,02	0,00	0,03	0,10	0,08	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,01	0,02	0,22	0,13
	t		1,12		1,25		1,58	2,18	0,50				1,30				0,59	2,38	0,22
	t-crit, 95%	2,08	2,06	2,08	2,06	2,08	2,06	2,08	2,06	2,08	2,06	2,08	2,06	2,08	2,06	2,08	2,06	2,08	2,06
	t-crit, 99%	2,83	2,79	2,83	2,79	2,83	2,79	2,83	2,79	2,83	2,79	2,83	2,79	2,83	2,79	2,83	2,79	2,83	2,79
	p-value	0,52	0,27	1,00	0,22	1,00	0,13	4,1E-02	6,2E-01	1,00	1,00	1,00	0,21	1,00	0,20	0,52	0,56	0,03	0,82

TAB. 65 – IPA: Quadro sintetico della statistica descrittiva e inferenziale. Campagna 9 aprile – 4 luglio 2014.

Il sospetto del bias del campione di controllo è legittimo se si considerano gli andamenti temporali.

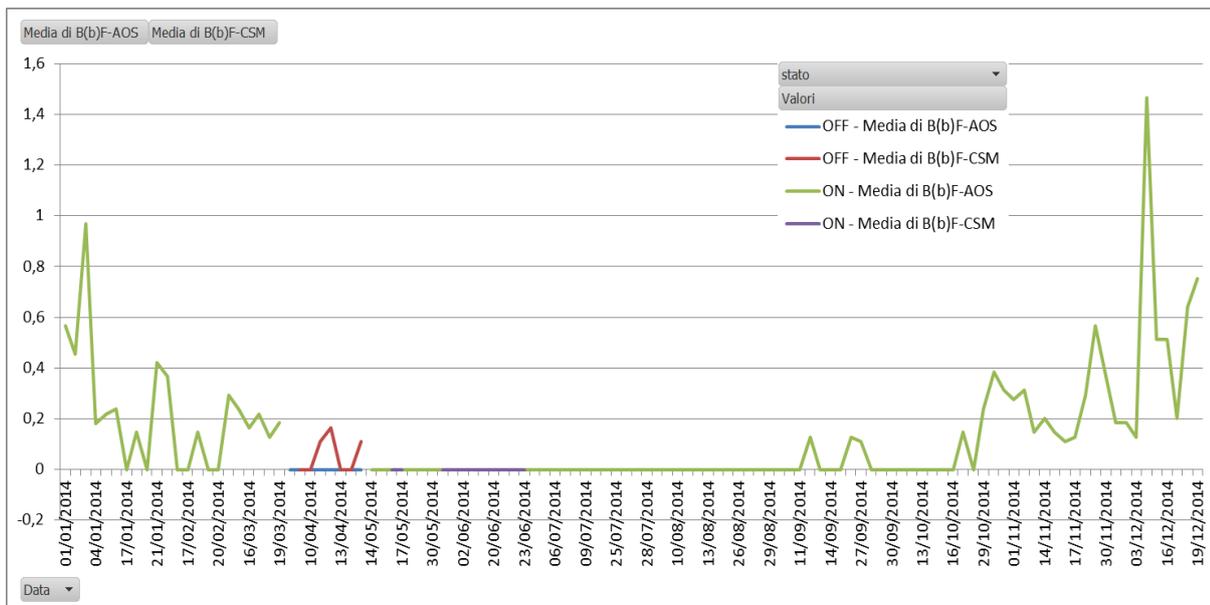


FIG. 62 – Benzo(b)Fluorantene in via Duca d'Aosta (AOS) e campo sportivo di via Boito (CSM)- andamento annuale.

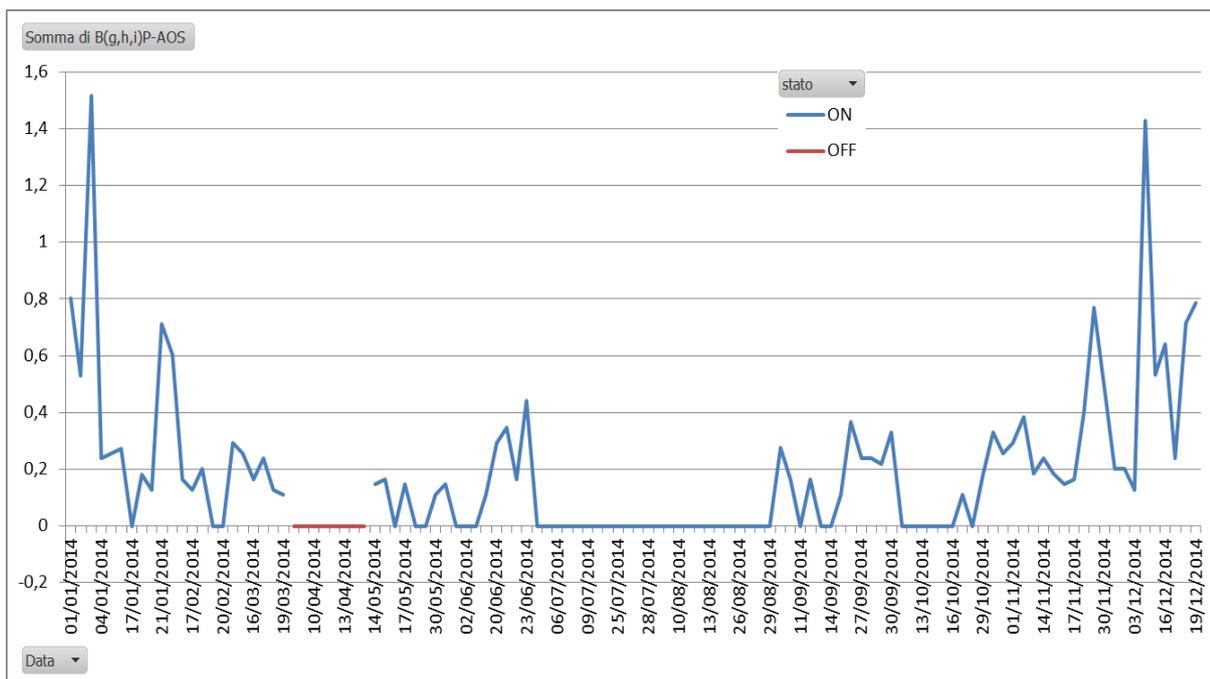


FIG. 63 – Benzo(g,h,i)Perilene in via Duca d'Aosta - andamento annuale.

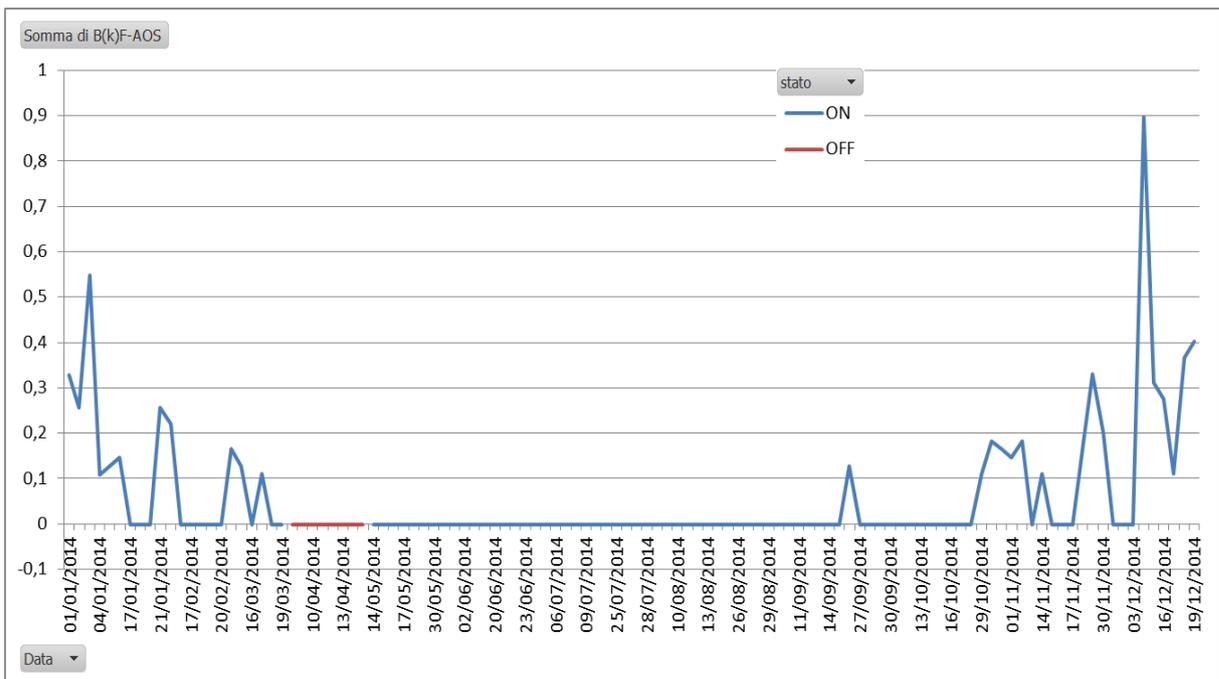


FIG. 64 – Benzo(k)Fluorantene in via Duca d'Aosta - andamento annuale.

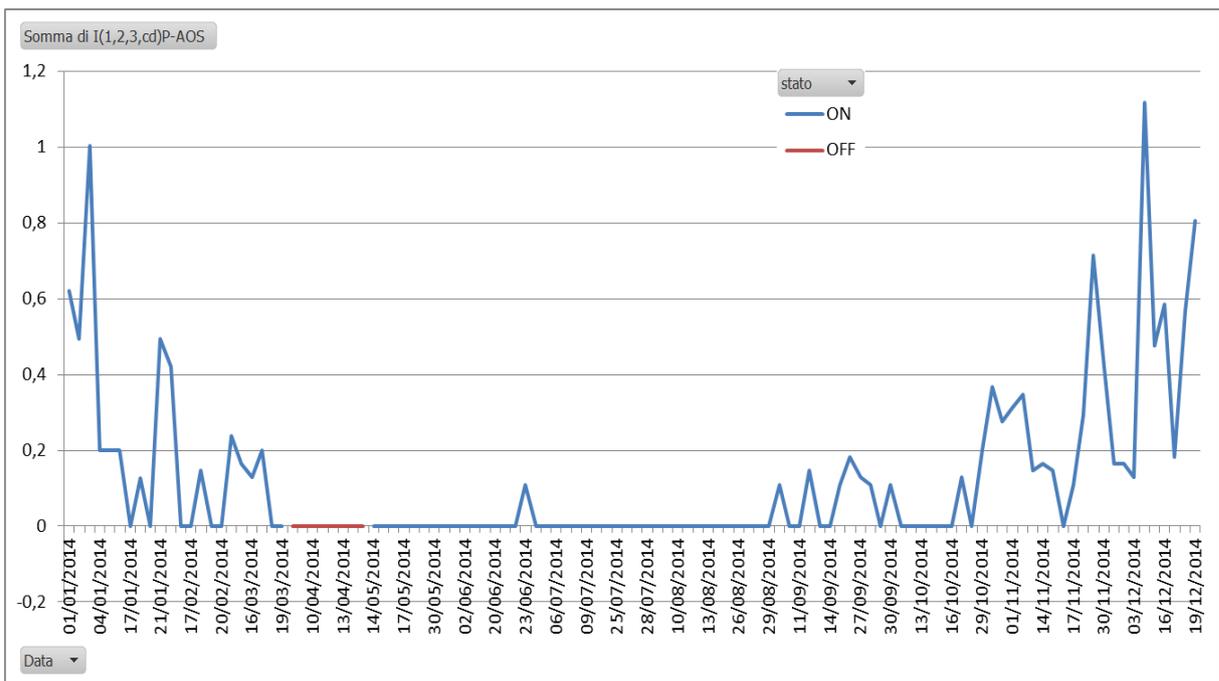


FIG. 65 – Indeno(1,2,3,cd)Pirene in via Duca d'Aosta - andamento annuale.

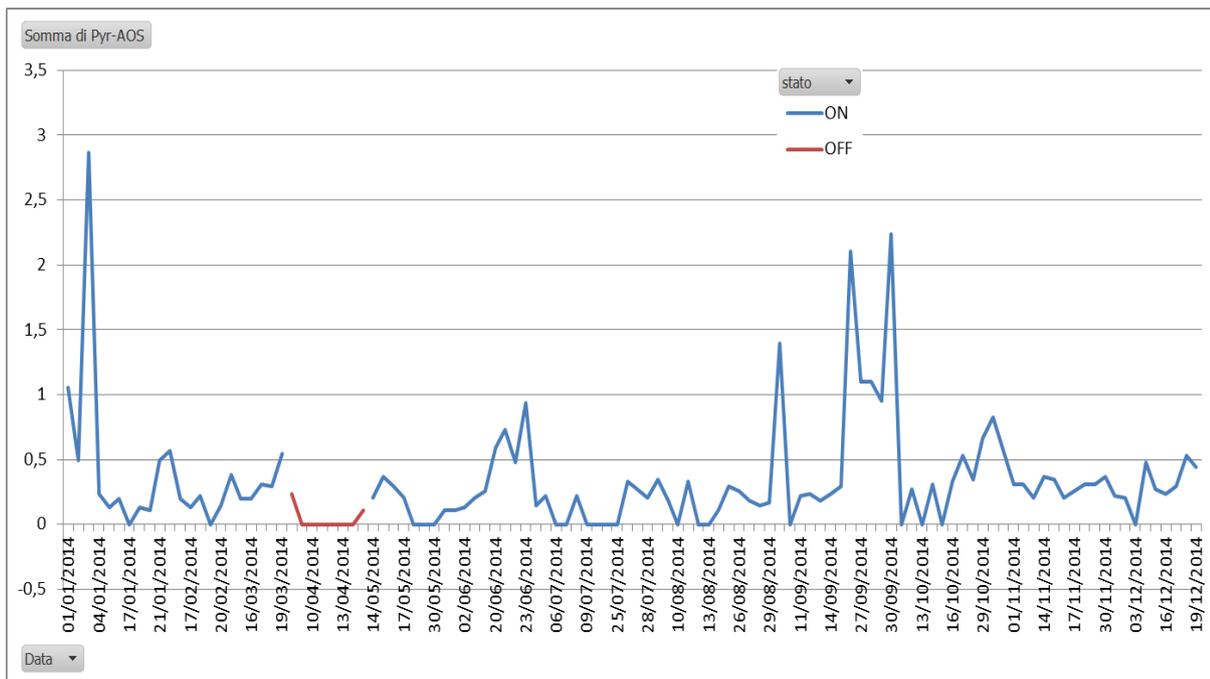


FIG. 66 – Pirene in via Duca d'Aosta - andamento annuale.

Data la scarsità di valori numerici non viene eseguita un'analisi di correlazione in quanto priva di significato.

6.2.3 Metalli (nella frazione PM₁₀ delle polveri)

L'analisi statistica dei Metalli nel Materiale Particolato viene riportata nella tabella seguente.

stato	statistica	Sb		As		Cd		Cr (**)		Fe (**)		Mn		Ni		Pb		Cu		V (**)		Zn (**)	
		AOS	CSM	AOS	CSM	AOS	CSM	AOS	CSM	AOS	CSM	AOS	CSM	AOS	CSM	AOS	CSM	AOS	CSM	AOS	CSM	AOS	CSM
Spenta	media	0,76	0,93	0,00	0,10	0,00	0,05	9,42	6,99	254,72	310,97	9,22	21,34	1,97	3,40	2,72	2,59	6,67	6,90	1,18	2,25	32,96	71,63
	Q1	0,51	0,64	0,00	0,00	0,00	0,00	5,17	4,89	125,62	224,30	0,00	6,99	1,23	2,21	1,77	1,69	4,30	5,27	0,00	0,53	0,00	35,57
	Q2	0,74	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	6,61	5,48	189,31	252,48	3,28	11,66	1,79	2,61	2,54	2,27	5,62	6,09	0,00	1,28	32,83	45,78
	Q3	0,92	1,14	0,00	0,00	0,00	0,00	8,70	8,06	316,11	352,71	9,47	24,93	2,32	4,37	3,95	3,44	8,27	8,36	1,33	2,77	39,91	84,58
	conta	16	11	16	11	16	11	16	11	16	11	16	11	16	11	16	11	16	11	16	11	16	11
Accesa	media	1,07	1,07	0,06	0,00	0,02	0,00	34,11	39,70	314,30	376,06	10,83	31,29	2,47	3,28	4,04	3,57	8,48	7,87	1,30	2,72	35,31	95,37
	Q1	0,73	0,94	0,00	0,00	0,00	0,00	24,78	30,60	150,65	242,40	0,00	12,59	1,12	2,57	1,70	2,19	4,82	5,57	0,00	0,00	20,31	44,68
	Q2	1,02	1,07	0,00	0,00	0,00	0,00	41,42	45,11	277,56	329,19	6,78	29,82	1,87	3,25	3,35	3,21	7,40	7,63	0,00	2,51	32,92	93,66
	Q3	1,33	1,22	0,00	0,00	0,00	0,00	43,90	46,44	432,96	462,00	14,68	49,56	3,22	4,18	5,73	4,10	10,29	8,92	2,49	5,35	52,12	131,02
	conta	167	42	167	42	167	42	167	42	167	42	167	42	167	42	167	42	167	42	167	42	167	42
test di significatività	U-Mann Whitney	839	170	1264	210	1288	210	367	5	1060	172	1153	154	1214	202	1048	160	1015	187	1304	226	1200	163
	p-value	0,01	0,19	0,61	0,21	0,66	0,22	1,E-04	1,E-04	0,17	0,21	0,35	0,09	0,55	0,54	0,16	0,13	0,11	0,35	0,86	0,91	0,50	0,14

LEGENDA: Qi = quantili p<0.05 (2 code) p<0.01 (2 code)

TAB. 66 – METALLI: Quadro sintetico della statistica descrittiva e inferenziale

Dai dati esposti in tabella si ricava che l'antimonio risulta essere superiore a centrale accesa in modo significativo ($p < 0.05$) solamente in via Duca d'Aosta. Il Cromo risulta essere superiore a centrale accesa in modo altamente significativo ($p < 0.01$). Per tutti gli altri metalli non vi è

differenza significativa tra la centrale spenta o accesa. Anche per l'antimonio non si può escludere un *bias* del campione di controllo dovuto agli andamenti stagionali.

Per il Cromo l'andamento temporale evidenzia una anomalia, che tuttavia è evidentemente indipendente dallo stato di funzionamento della centrale termoelettrica come mostrato di seguito.

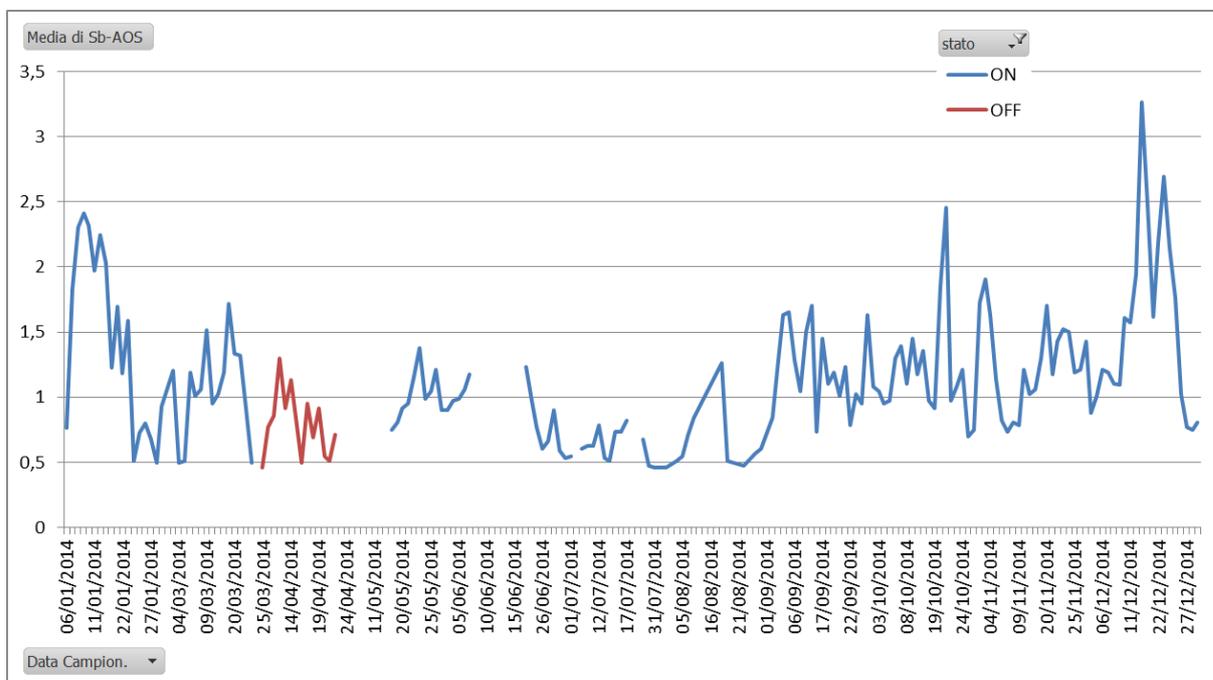


FIG. 67 – Antimonio in via Duca d'Aosta - andamento annuale.

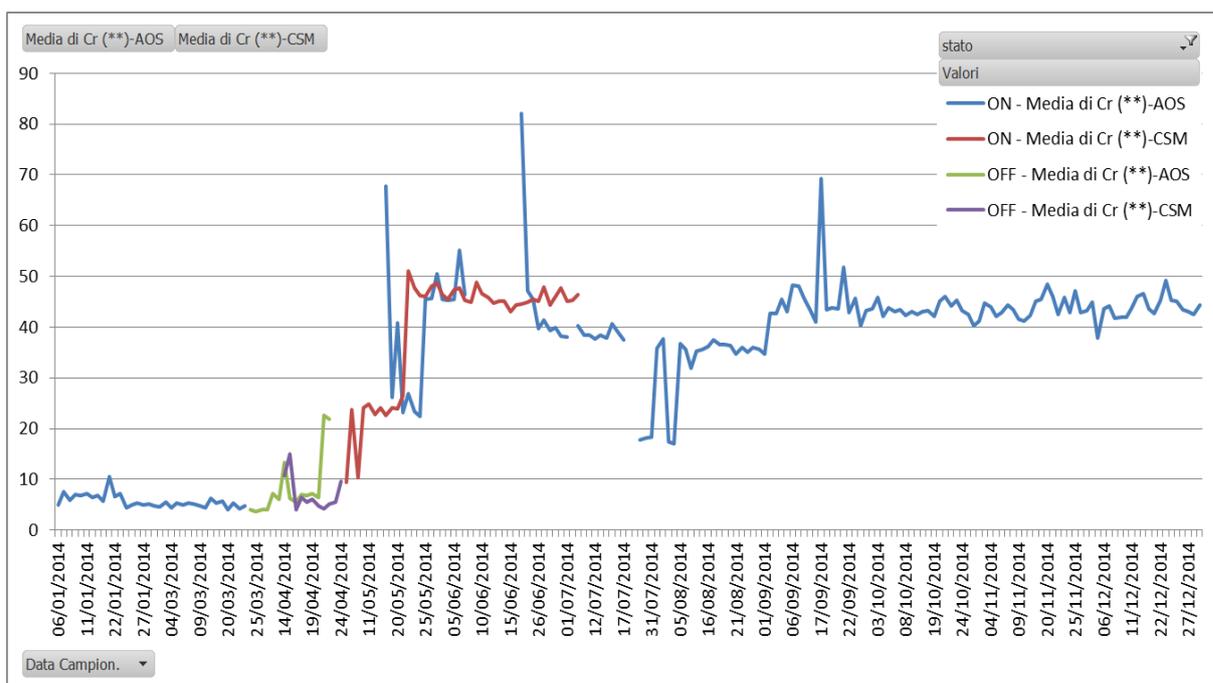


FIG. 68 – Cromo in via Duca d'Aosta (AOS) e campo sportivo di via Boito (CSM - andamento annuale.

Nella campagna ad hoc per la centrale termoelettrica spenta e accesa la significatività era stata saggiata con metodi parametrici mentre in questa relazione si utilizzano metodi non parametrici.

Ai fini della verifica dell'omogeneità dei risultati si riporta nella tabella sottostante la comparazione dei due approcci (t-test e la U-Mann-Whitney).

stato	statistica	Sb		As		Cd		Cr (**)		Fe (**)		Mn		Ni		Pb		Cu		V (**)		Zn (**)	
		AOS	CSM	AOS	CSM	AOS	CSM	AOS	CSM	AOS	CSM	AOS	CSM	AOS	CSM	AOS	CSM	AOS	CSM	AOS	CSM	AOS	CSM
Spenta	media	0,81	0,93	0,47	0,53	0,23	0,26	12,19	6,99	269,16	310,97	13,78	21,76	2,68	3,40	2,70	2,59	6,78	6,90	2,07	2,37	44,01	71,63
	dev	0,45	0,34	0,00	0,21	0,00	0,10	7,88	3,40	211,53	214,72	20,16	26,73	1,60	1,88	1,31	1,26	3,86	3,35	2,15	2,55	36,22	58,16
	varianza	0,21	0,12	0,00	0,04	0,00	0,01	62,15	11,57	44745,06	46106,22	406,48	714,54	2,57	3,53	1,72	1,59	14,87	11,20	4,61	6,48	1312,12	3383,15
	mediana	0,70	0,90	0,47	0,47	0,23	0,23	7,13	5,48	253,45	252,48	7,69	11,66	2,08	2,61	2,54	2,27	5,98	6,09	1,25	1,28	37,37	45,78
	conteggio	10	11	10	11	10	11	10	11	10	11	10	11	10	11	10	11	10	11	10	11	10	11
Accesa	media	0,90	1,07	0,47	0,47	0,23	0,23	42,46	39,70	326,34	376,06	11,42	31,57	5,05	3,32	2,40	3,57	7,08	7,87	3,10	2,91	34,81	95,79
	dev	0,23	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	13,27	11,43	218,68	197,15	9,88	21,98	8,27	1,65	1,23	1,94	2,25	3,40	2,23	2,52	17,84	54,53
	varianza	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	176,17	130,74	47819,92	38868,21	97,68	483,23	68,38	2,72	1,52	3,77	5,05	11,58	4,98	6,35	318,29	2973,53
	mediana	0,92	1,07	0,47	0,47	0,23	0,23	41,42	45,11	273,82	329,19	7,95	29,82	3,39	3,25	2,38	3,21	6,23	7,63	3,26	2,51	38,45	93,66
	conteggio	25	42	25	42	25	42	25	42	25	42	25	42	25	42	25	42	25	42	25	42	25	42
t-test	s pooled	0,31	0,25	0,00	0,09	0,00	0,05	12,04	10,36	216,75	200,72	13,49	22,99	7,10	1,70	1,25	1,83	2,78	3,39	2,21	2,52	24,28	55,26
	t	0,86	1,69		2,01		2,01	6,72	9,32	0,70	0,96	0,47	1,26	0,89	0,13	0,63	1,57	0,29	0,84	1,24	0,63	1,01	1,29
	t-crit, 95%	2,03	2,01	2,03	2,01	2,03	2,01	2,03	2,01	2,03	2,01	2,03	2,01	2,03	2,01	2,03	2,01	2,03	2,01	2,03	2,01	2,03	2,01
	t-crit, 99%	2,73	2,68	2,73	2,68	2,73	2,68	2,73	2,68	2,73	2,68	2,73	2,68	2,73	2,68	2,73	2,68	2,73	2,68	2,73	2,68	2,73	2,68
	p-value	0,40	0,10	0,15	0,05	0,02	0,05	1,2E-07	1,3E-12	0,49	0,34	0,64	0,21	0,38	0,89	0,53	0,12	0,78	0,40	0,22	0,53	0,32	0,20
U-Mann-Whitney	U	83	170	0	210	0	210	4	5	98													
	p	0,13	0,18	1,00	0,06	1,00	0,06	0,00	7,59E-07	0,33	0,20	0,78	0,09	0,19	0,53	0,76	0,12	0,33	0,34	0,30	0,91	0,98	0,14

TAB. 67 – METALLI: Confronto t-test e U-Mann-Whitney nella verifica delle ipotesi.

Dai valori trovati si può rilevare che il caso di significatività di Arsenico e Cadmio presso il campo sportivo di Monfalcone, segnalato dal t-test, dovuto solamente ad un numero minimo di valori rilevati tra molti valori non quantificabili che dovevano essere preliminarmente sostituiti con valori numerici che influenzano la t, non viene invece rilevato dalla U nel quale i valori non rilevabili non alterano l'esito del test.

6.3 Correlazioni tra i parametri

6.3.1 Analisi Bivariata

E' stata valutata la correlazione delle concentrazione dei Metalli con gli altri parametri per la centralina di Monfalcone via Duca d'Aosta; a tale proposito vengono eliminate le giornate con i dati mancanti; inoltre si escludono dall'analisi l'Arsenico e il Cadmio poiché sono quasi sempre non rilevabili.

	Sb-AOS	Cr (**)-AOS	Fe (**)-AOS	Mn-AOS	Ni-AOS	Pb-AOS	Cu-AOS	V (**)-AOS	Zn (**)-AOS	Media di NO-AOS	Media di NOX-AOS	PM10-AOS
spenta, 16 dati												
Sb-AOS		0,089593	4,94E-05	0,000559	0,023145	0,000371	5,09E-06	0,025117	0,000451	0,006586	0,004063	0,024659
Cr (**)-AOS	0,43816		0,058631	0,003885	0,022774	0,55719	0,10779	0,001436	0,002622	0,15614	0,20228	0,68065
Fe (**)-AOS	0,8386	0,48207		2,75E-06	0,012678	0,006891	5,26E-09	0,021151	1,23E-05	6,04E-05	9,02E-06	0,015921
Mn-AOS	0,76478	0,67814	0,89554		0,013808	0,10734	4,08E-05	0,003148	1,77E-06	0,000479	0,001295	0,19723
Ni-AOS	0,56307	0,56433	0,60685	0,60099		0,0128	0,050644	8,05E-06	0,007859	0,18741	0,15257	0,13456
Pb-AOS	0,77943	0,15869	0,64576	0,41779	0,6062		0,00485	0,088075	0,030705	0,14824	0,076237	0,006057
Cu-AOS	0,88549	0,41731	0,9583	0,84323	0,49611	0,66604		0,043429	4,29E-05	6,91E-05	1,60E-05	0,055388
V (**)-AOS	0,55665	0,72648	0,57001	0,68913	0,87734	0,44003	0,51029		0,010418	0,072424	0,10084	0,4289
Zn (**)-AOS	0,77261	0,69833	0,86929	0,90219	0,63778	0,54035	0,842	0,61993		0,001948	0,002554	0,18225
Media di NO-AOS	0,64846	0,37184	0,83356	0,7704	0,34737	0,37854	0,83008	0,46083	0,71263		1,10E-09	0,12217
Media di NOX-AOS	0,67574	0,33668	0,87524	0,73101	0,37484	0,45548	0,86395	0,42495	0,69964	0,96674		0,033406
PM10-AOS	0,55811	0,11163	0,59097	0,34025	0,39073	0,65337	0,48759	0,21275	0,35121	0,40252	0,53327	

	Sb-AOS	Cr (**)-AOS	Fe (**)-AOS	Mn-AOS	Ni-AOS	Pb-AOS	Cu-AOS	V (**)-AOS	Zn (**)-AOS	Media di NO-AOS	Media di NOX-AOS	PM10-AOS
accesa, 167 dati												
Sb-AOS		0,78103	2,08E-17	1,41E-07	0,010876	4,10E-35	6,46E-19	4,91E-07	6,96E-17	3,97E-24	1,17E-31	2,95E-25
Cr (**)-AOS	0,022434		0,22812	0,5955	0,009956	0,000279	0,16827	0,078251	0,1182	0,00019	0,000116	2,71E-05
Fe (**)-AOS	0,61208	-0,09705		3,22E-38	1,21E-07	8,93E-12	9,40E-30	8,43E-19	9,38E-25	7,12E-10	4,98E-14	3,47E-14
Mn-AOS	0,40642	-0,04283	0,81434		3,54E-04	0,000106	1,48E-12	3,55E-15	2,25E-34	0,002545	6,38E-06	7,07E-08
Ni-AOS	0,2034	0,20579	0,40835	0,28242		0,09568	0,000732	3,13E-11	1,84E-05	0,25494	0,14352	2,50E-02
Pb-AOS	0,79403	-0,28708	0,51144	0,30545	0,13388		1,31E-11	3,00E-06	2,35E-11	8,86E-20	2,25E-23	2,70E-35
Cu-AOS	0,63399	-0,11086	0,7527	0,52756	0,26762	0,50787		1,36E-07	3,12E-16	1,05E-18	5,08E-22	7,55E-11
V (**)-AOS	0,3898	-0,14141	0,63237	0,57618	0,49967	0,364	0,40682		5,76E-09	6,46E-05	3,82E-06	1,39E-12
Zn (**)-AOS	0,60404	0,12561	0,70504	0,78884	0,33561	0,50241	0,59372	0,44521		2,24E-05	5,10E-08	3,45E-10
Media di NO-AOS	0,6983	-0,29454	0,4682	0,24002	0,091692	0,64579	0,63105	0,31426	0,33238		1,28E-84	3,75E-21
Media di NOX-AOS	0,76839	-0,30371	0,55585	0,35251	0,11766	0,68996	0,6742	0,36038	0,41928	0,95693		2,37E-26
PM10-AOS	0,71031	-0,32922	0,55871	0,41519	0,17945	0,79529	0,49112	0,52812	0,47578	0,66357	0,72139	

LEGENDA:	p<0.05 (2 code)	p<0.01 (2 code)
-----------------	---------------------------	---------------------------

TAB. 68 – METALLI: Correlazioni a centrale spenta.

La tabella riporta nella matrice triangolare inferiore i coefficienti di correlazione di Pearson, in quella superiore i p-value corrispondenti. Tutti i parametri eccetto il Cromo sono fortemente correlati, suggerendo che il livello di concentrazione sale e scende su tutto il profilo in parallelo. L'aumento generale della significatività delle correlazioni dipende essenzialmente dall'aumento della numerosità campionaria a centrale accesa (167 dati a centrale accesa contro i 16 a centrale spenta).

Il Cromo è scarsamente correlato agli altri parametri (5 correlazioni significative su 11) quindi risulta essere "indipendente" dal livello di inquinamento misurato dagli altri parametri.

Addirittura, nei pochi casi significativi, il Cromo è correlato positivamente a centrale spenta, mentre a centrale accesa è correlato negativamente: questo conferma la sua indipendenza dagli altri fattori e specialmente dall'influenza della centrale termoelettrica.

6.3.2 Analisi Multivariata

Infine l'analisi multivariata, unendo tutti i dati delle due tabelle precedenti, sia a centrale accesa sia a centrale spenta, effettuata sulla matrice di correlazione, mostra il grafico seguente

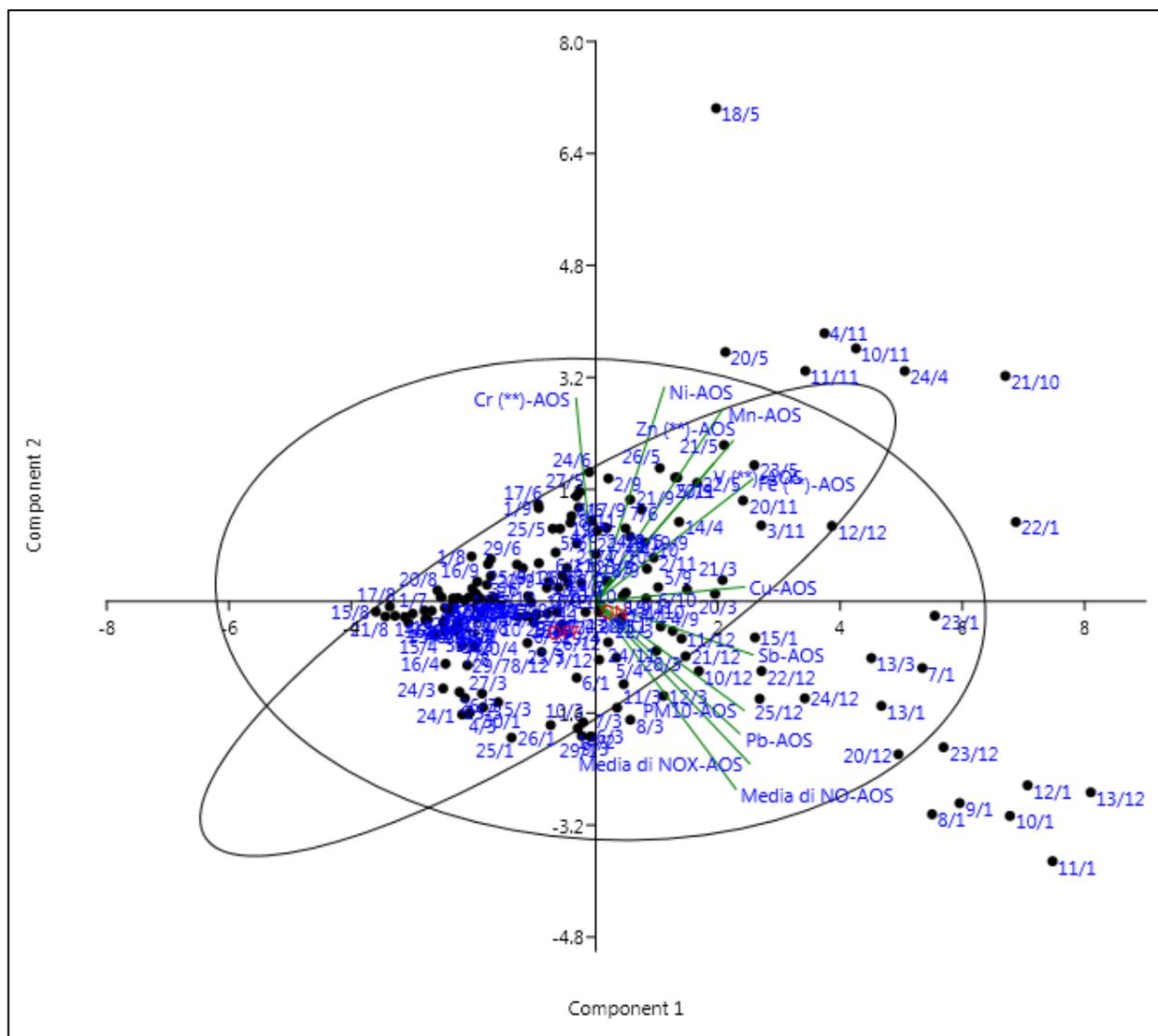


FIG. 69 – METALLI: Grafico delle componenti principali dei dati misti a centrale spenta e accesa. Ellissi al 95% di probabilità per i due gruppi centrale accesa e centrale spenta. I numeri rappresentano la giornata di misura dell'anno 2014.

Qualitativamente, a parte un certo numero di giornate anomale riconducibili a periodi autunno/inverno, non si notano particolari distinzioni nei fattori principali a centrale accesa e spenta che possano suggerire alterazioni significative dei parametri determinati.

Utilizzando i parametri determinati allo scopo di verifica della qualità dell'aria ai sensi del D.Lgs.155/2010 ARPA FVG non ha evidenza che vi siano effetti significativi sulla qualità dell'aria monfalconese derivanti dalla centrale termoelettrica.

(1) Elaborazione a cura di ARPA FVG Laboratorio Unico, sede di Udine - dott. FELLUGA Alessandro

7. VALUTAZIONI CONCLUSIVE

Dall'esame dei dati acquisiti nel corso del 2014 e, dove possibile, dal confronto con gli anni precedenti si possono trarre alcune considerazioni, in merito alle criticità presentate ed all'evoluzione del fenomeno, che si illustrano di seguito per ogni singolo inquinante monitorato:

1. **Biossido di zolfo:** i risultati ottenuti nel corso dell'anno 2014 hanno evidenziato concentrazioni estremamente contenute ed abbondantemente al di sotto dei limiti previsti, stante la diffusa metanizzazione degli impianti di riscaldamento, la riduzione del tenore di zolfo nei combustibili, il miglioramento dell'efficienza delle nuove generazioni di motori diesel, i migliori trattamenti delle emissioni industriali (DeSO_x della centrale termoelettrica). Alla luce dei risultati ottenuti negli anni, il monitoraggio di questo inquinante sul territorio del comune di Monfalcone viene attualmente effettuato solamente nella stazione di rilevamento di via Natisone mentre l'analizzatore della centralina di via Duca d'Aosta è stato dismesso nel 2007.
2. **Biossido di azoto:** i dati rilevati nel 2014 hanno mostrato il rispetto dei limiti fissati dalla vigente normativa sia per la media oraria (il valore limite di 200 µg/m³ non è mai stato raggiunto) che per la media annuale (i valori sono sempre inferiori ai 40 µg/m³). La stessa media annuale nella centralina di via Duca d'Aosta negli anni dal 2008 al 2014 è sempre rimasta tra i 20 ed i 26 µg/m³. In via Natisone (di proprietà A2A ma gestita dalla fine 2013 da ARPA) si rilevano valori orari più elevati. La media annua di via Natisone è comunque paragonabile a quella trovata in via Duca d'Aosta.
3. **Monossido di carbonio:** l'inquinante ha registrato negli anni un calo marcato stabilizzandosi su valori sempre inferiori ai limiti di legge; allo stato attuale il fenomeno può considerarsi ormai sotto controllo.
4. **Ozono:** il quadro relativo a questo inquinante non mostra significativi miglioramenti nel corso degli anni: i dati del 2014 sono risultati essere inferiori ai limiti di legge sia nelle medie orarie (inferiori al limite di informazione) che nel numero di superamenti della media massima giornaliera su 8 ore. Bisogna, però, ricordare che il 2014 è stato il primo anno che ARPA ha gestito la centralina di via Natisone e, pertanto, non ci sono dati pregressi con cui effettuare confronti e, inoltre, che le condizioni meteorologiche dell'anno passato (con un'estate piovosa e con limitata radiazione solare) hanno sicuramente contribuito a contenere le concentrazioni di ozono. Relativamente all'inquinante bisogna ricordare che, poiché l'ozono è un inquinante ubiquitario che si

origina anche lontano dalle fonti di emissione degli inquinanti primari, risulta di scarsa efficacia l'intervento su scala locale. Gli unici provvedimenti che si possono suggerire riguardano l'informazione costante e tempestiva della popolazione, raccomandando l'adozione degli accorgimenti necessari per ridurre al minimo l'esposizione delle persone maggiormente a rischio.

5. **Materiale Particolato:**

a. PM₁₀: i risultati del 2014 sono stati buoni: in entrambe le centraline di via Duca d'Aosta e di via Natisone risultano rispettate sia le medie annuali che il numero di superamenti del valore limite di 50 µg/m³.

Le concentrazioni dell'inquinante trovate in via Natisone sono mediamente più elevate di quelle di via Duca d'Aosta mentre fra le misure effettuate nei due siti si osserva una forte correlazione.

Alla luce della pericolosità dimostrata da diversi studi epidemiologici, allo stato attuale, il Materiale Particolato (nella frazione PM₁₀ ed in quelle di diametro inferiore) risulta comunque l'inquinante sul quale concentrare maggiormente l'attenzione ed il monitoraggio.

b. PM_{2,5}: il dato della media annuale 2014 è risultato pari a 14 µg/m³, inferiore quindi al limite normativo di 25 µg/m³, da garantire a partire dal 2015, ed anche al valore di 20 µg/m³ ipotizzato come limite a partire dal 2020. Si deve, tuttavia, sottolineare che il rapporto tra PM_{2,5} e PM₁₀ presenta nella centralina di via Natisone un valore più elevato che negli altri siti della regione. Solamente con l'acquisizione di ulteriori dati si potranno effettuare più precise considerazioni relativamente alla situazione della zona di Monfalcone.

6. **Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)** contenuti nelle polveri: nel corso del 2014 è stato effettuato il campionamento su filtro di materiale particolato PM₁₀ presso il sito di Via Duca d'Aosta (fondo urbano); la successiva determinazione del contenuto di IPA, espressi come Benzo(a)pirene, ha fornito un valore medio annuo pari a 0,11 ng/m³ nettamente inferiore al valore obiettivo (1 ng/m³) ed anche alla soglia di valutazione inferiore fissata dal D- Lgs. n. 155/10 (0,4 ng/m³).

7. **Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel** contenuti nelle polveri: come per gli IPA, nel corso del 2014 il campionamento su filtro di materiale particolato PM₁₀ per la determinazione dei metalli pesanti è stato effettuato presso la stazione di Via Duca d'Aosta; la successiva determinazione del contenuto dei quattro metalli normati ha fornito dei valori medi annui

non solo nettamente inferiori ai rispettivi valori obiettivo ma anche alle soglie di valutazione inferiori stabilite dalla normativa.

Gorizia, 18 agosto 2015

il Direttore del Dipartimento

dott. Ettore SALVAGNI

(firmato digitalmente)

Hanno collaborato:

- per la gestione della rete: dott. M Visintin, dott.ssa R. Michelini, tecn. lab. A. Colla
- per l'elaborazione dei dati: dott. M Visintin
- per la parte analitica: Laboratorio Unico sede di Trieste: dott. L. Colugnati, dott. A. Mistaro, e il gruppo di lavoro che determina i microinquinanti organici ed inorganici.

D.P.C.M. 28.03.83	Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno
D.P.R. 203/88	Attuazione delle direttive nn. 779/80, 884/82, 360/84 e 203/85 CEE concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'art. 15 della L. 16.4.1987, n. 183.
D.M. 25.11.94	Aggiornamento delle norme tecniche in materia di limiti di concentrazione e di livelli di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane e disposizioni per la misura di alcuni inquinanti di cui al D.M. 15.04.94
D.M. 16.05.96	Attuazione di un sistema di sorveglianza dell'inquinamento da ozono
D.Lgs. 04.08.99 N. 351	Attuazione della Direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente
D.M. 02.04.02 N. 60	Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i limiti di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo, e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio
D.M. 01.10.02 N. 261	Regolamento recante le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente, i criteri per l'elaborazione del piano e dei programmi di cui agli articoli 8 e 9 del decreto legislativo 04.08.99 N. 351.
D.M. 20.09.02	Modalità per la garanzia della qualità del sistema delle misure di inquinamento atmosferico, ai sensi del decreto legislativo n. 351/1999
D.Lgs. 21.05.04 N. 183	Attuazione della direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria.
D.Lgs. 03.08.07 N. 152	Attuazione della direttiva 2004/107/CE concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente.
D.Lgs. 13.08.10 N. 155	Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.
D.Lgs. 24.12.12 N. 250	Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155, recante attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.

Allegato 2 NORME TECNICHE DI CAMPIONAMENTO ED ANALISI

Analizzatori in continuo:

Inquinante	Norma tecnica
Ossidi e Biossido di Azoto	UNI EN 14211:2005
Biossido di Zolfo	UNI EN 14907:2005
Monossido di Carbonio	UNI EN 14626:2005
Ozono	UNI EN 14625:2005

Campionamento ed analisi filtri:

Metalli:	Campionamento con filtro in fibra di quarzo
PM ₁₀	UNI EN 12341:1999
PM _{2.5}	UNI EN 14907:2005
Mineralizzazione con HNO ₃ + HCl e H ₂ O ₂ Analisi ICP-MS	UNI EN 14902:2005
IPA:	Campionamento con filtro in fibra di quarzo
PM ₁₀	UNI EN 12341:1999
PM _{2.5}	UNI EN 14907:2005
Estrazione con solvente Analisi HPLC	UNI EN 15549:2008

Allegato 3 Metalli non normati: valori di riferimento previsti dall'OMS.

Con il documento Air Quality Guidelines l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) suggerisce, per alcuni dei metalli analizzati presso i siti di Monfalcone, dei limiti o dei valori di riferimento che sono riportati nella seguente tabella:

Metallo	Valore limite o di riferimento (ng/m ³)	Tipo di concentrazione limite
Manganese	150	Media annuale dei valori medi sulle 24 ore.
Cromo	5 – 200	Valori tipici in aree industriali.
	4 – 70	Valori tipici in aree urbane.
	0 – 3	Valori tipici in aree remote.
Vanadio	1000	Linea guida: Media sulle 24 ore.
	10 – 70	Valori tipici in aree industriali.
	7 – 200	Valori tipici in aree urbane.
	0 – 3	Valori tipici in aree remote.

Il report della Commissione CE “Heavy metals: Identification of air quality and environmental problems in the European Community Volume 1” redatto da E. Lahmann, S. Munari, V. Amicarelli, P. Abbaticchio e coordinato da R. Gabellieri riporta delle indicazioni sui valori tipici di alcuni metalli trovati in aree europee remote, urbane ed industriali che si indicano nella sottostante tabella:

Metallo	Valore limite o di riferimento (ng/m ³)	Tipo di concentrazione limite
Manganese	5 - 100	Valori tipici in aree industriali.
	5 - 600	Valori tipici in aree urbane.
	0,01 - 5	Valori tipici in aree remote.
Antimonio	5 - 40	Valori tipici in aree industriali.
	1 - 100	Valori tipici in aree urbane.
	0,002 – 0,4	Valori tipici in aree remote.
Rame	20 - 100	Valori tipici in aree industriali.
	20 - 500	Valori tipici in aree urbane.
	0,04 - 10	Valori tipici in aree remote.
Zinco	50 - 8000	Valori tipici in aree industriali.
	50 - 2000	Valori tipici in aree urbane.
	0,03 - 10	Valori tipici in aree remote.

I valori indicati in tabella sono determinati nelle polveri totali campionate.

Indice

1. IL MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA SUL TERRITORIO DEL COMUNE DI MONFALCONE – ANNO 2014	1
1.1 L'inquinamento atmosferico.....	1
1.2 I principali inquinanti.....	1
1.3 Le fonti principali e la classificazione delle emissioni.....	3
1.4 L'inquadramento meteorologico.....	6
1.5 Il monitoraggio della qualità dell'aria nel Comune di Monfalcone.....	16
2. LA RETE DI MONITORAGGIO DELLA CITTÀ DI MONFALCONE	18
3. INQUINANTI RILEVATI CON ANALIZZATORI IN CONTINUO: DATI 2014 E CONFRONTO CON GLI ANNI PRECEDENTI	22
3.1 Biossido di zolfo (SO ₂).....	23
3.2 Biossido di azoto (NO ₂).....	27
3.3 Monossido di carbonio (CO).....	34
3.4 Ozono (O ₃).....	37
3.5 Materiale Particolato.....	43
3.5.1 Materiale Particolato PM ₁₀	44
3.5.2 Materiale Particolato PM _{2.5}	51
3.6 ANALISI DEL MATERIALE PARTICOLATO PM ₁₀	54
3.6.1 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA).....	54
3.6.2 Piombo (Pb), Arsenico (As), Cadmio (Cd) e Nichel (Ni).....	56
4. CAMPAGNA DI MONITORAGGIO STRAORDINARIA: inquinanti rilevati nel periodo 9 aprile – 4 luglio 2014.	61
4.1 BIOSSIDO E MONOSSIDO DI AZOTO (NO ₂ e NO).....	62
4.1.1 BIOSSIDO DI AZOTO (NO ₂).....	62
4.1.2 MONOSSIDO DI AZOTO (NO).....	65
4.2 MATERIALE PARTICOLATO PM ₁₀	66
4.2.1 MATERIALE PARTICOLATO PM ₁₀	66
4.2.2 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA).....	67
4.2.3 METALLI.....	69
5. RETE DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA DELLA PROVINCIA DI GORIZIA: Sintesi dei risultati rilevati nell'anno 2014.	71
5.1 Biossido di zolfo (SO ₂).....	72
5.2 Biossido di azoto (NO ₂).....	72
5.3 Monossido di Carbonio (CO).....	73
5.4 Ozono (O ₃).....	74

5.5	Materiale particolato (PM ₁₀)	75
5.6	Materiale particolato (PM _{2.5}).....	78
6.	CONSIDERAZIONI STATISTICHE SUI DATI RILEVATI NEL CORSO DELL'ANNO 2014.	79
6.1	Monossido di Azoto (NO) ed Ossidi di Azoto (NO _x).....	81
6.2	Materiale particolato (PM ₁₀ e PM _{2.5}).....	82
6.2.1	Materiale particolato (PM ₁₀ e PM _{2.5})	82
6.2.2	Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) (nella frazione PM ₁₀ delle polveri)	86
6.2.3	Metalli (nella frazione PM ₁₀ delle polveri).....	90
6.3	Correlazioni tra i parametri	92
6.3.1	Analisi Bivariata	92
6.3.2	Analisi Multivariata	94
7.	VALUTAZIONI CONCLUSIVE.	95
	Allegato 1 RIFERIMENTI NORMATIVI	98
	Allegato 2 NORME TECNICHE DI CAMPIONAMENTO ED ANALISI	99
	Allegato 3 Metalli non normati: valori di riferimento previsti dall'OMS.	100

Indice delle Figure

FIG. 1	Impatti dell'inquinamento atmosferico sulla salute.....	2
FIG. 2	Fonti d'inquinamento atmosferico in Europa.	5
FIG. 3	Distribuzione cumulata annuale delle piogge nell'anno 2014.....	6
FIG. 4	Serie temporale delle piogge giornaliere nell'anno 2014 sulla zona di Monfalcone.	7
FIG. 5	Distribuzione cumulata dei giorni di pioggia.....	7
FIG. 6	Andamento della umidità relativa media giornaliera nel corso del 2014	8
FIG. 7	Andamento del cumulato annuo di giorni umidi.	8
FIG. 8	Andamento delle temperature minime giornaliere nell'anno 2014.....	9
FIG. 9	Andamento delle temperature medie giornaliere nell'anno 2014.	10
FIG. 10	Andamento delle temperature massima giornaliere nell'anno 2014	10
FIG. 11	Andamento del cumulato giornaliero di radiazione solare nel corso del 2014.....	11
FIG. 12	Andamento della radiazione cumulata giornaliera nel corso del 2014.....	11
FIG. 13	Andamento della cumulato di giorni soleggiati	12
FIG. 14	Andamento dei giorni ventilati.	13
FIG. 15	Velocità media giornaliera del vento nel corso del 2014.....	13
FIG. 16	Distribuzione della frequenza dei venti nei vari ottanti.	14
FIG. 17	Distribuzione della velocità media dei venti nei vari ottanti.	15
FIG. 18	Zonizzazione del territorio regionale ai sensi del D. Lgs. 155/2010	21
FIG. 19	Dislocazione delle stazioni fisse della rete	21
FIG. 20	SO ₂ – Valori medi mensili.	24
FIG. 21	SO ₂ – Valori medi per giorno della settimana.	25
FIG. 22	SO ₂ – Giorno tipo relativo all'intero anno 2014.	25
FIG. 23	NO _x e NO ₂ – Dati orari relativi alla stazione di Via Duca d'Aosta per l'anno 2014.....	28
FIG. 24	NO ₂ – Valori medi mensili.	29
FIG. 25	NO ₂ – Giorno tipo relativo al periodo gennaio-marzo 2014.....	30
FIG. 26	NO ₂ – Giorno tipo relativo al periodo aprile-giugno 2014.	30
FIG. 27	NO ₂ – Giorno tipo relativo al periodo luglio-settembre 2014.	31
FIG. 28	NO ₂ – Giorno tipo relativo al periodo ottobre-dicembre 2014.	31
FIG. 29	NO ₂ – Andamento medio giornaliero nel corso della settimana.....	32

FIG. 30	NO ₂ – Trend 2008-2014 della media annuale delle concentrazioni medie annuali	33
FIG. 31	CO – Valori medi mensili.	35
FIG. 32	CO – Valori medi per giorno della settimana.....	35
FIG. 33	CO – Giorno tipo relativo all'intero anno 2014.	36
FIG. 34	CO – Trend 2008-2014 della media annuale delle concentrazioni medie orarie.	36
FIG. 35	O ₃ – Valori medi mensili.....	39
FIG. 36	O ₃ – Valori medi per giorno della settimana.	40
FIG. 37	O ₃ – Giorno tipo relativo al periodo gennaio-marzo 2014.....	40
FIG. 38	O ₃ – Giorno tipo relativo al periodo aprile-giugno 2014.	41
FIG. 39	O ₃ – Giorno tipo relativo al periodo luglio-settembre 2014.....	41
FIG. 40	O ₃ – Giorno tipo relativo al periodo ottobre-dicembre 2014.	42
FIG. 41	O ₃ – Trend 2004-2014 della media annuale delle concentrazioni medie orarie.	42
FIG. 42	Materiale Particolato: distribuzione dimensionale delle particelle	43
FIG. 43	PM ₁₀ – Medie giornaliere anno 2014.	46
FIG. 44	PM ₁₀ – Valori medi mensili.....	48
FIG. 45	PM ₁₀ – Valori medi per giorno della settimana.....	49
FIG. 46	PM ₁₀ – Giorno tipo relativo all'intero anno 2013.	49
FIG. 47	PM ₁₀ – Andamento medio giornaliero nel corso della settimana.....	50
FIG. 48	PM ₁₀ – Correlazione fra i siti di Via Natisone e Via Duca d'Aosta (anno2014).	50
FIG. 49	PM ₁₀ e PM _{2,5} – Valori medi giornalieri in Via Natisone (anno 2014).	52
FIG. 50	NO ₂ : giorno tipo medio a centrale accesa e spenta rilevata in via Duca d'Aosta (anno 2014).....	63
FIG. 51	NO ₂ : giorno tipo medio a centrale accesa e spenta rilevata in via Natisone (anno 2014).....	63
FIG. 52	NO ₂ : giorno tipo medio a centrale accesa rilevata in via Natisone (periodo 05.05 – 04.07.15 ed intero anno 2014).....	64
FIG. 53	NO: giorno tipo medio a centrale accesa e spenta rilevata in via Duca d'Aosta (anno 2014).....	65
FIG. 54	NO: giorno tipo medio a centrale accesa e spenta rilevata in via Natisone (anno 2014).....	66
FIG. 55	PM ₁₀ : giorno tipo medio a centrale accesa e spenta rilevata in via Duca d'Aosta (anno 2014).....	67
FIG. 56	PM ₁₀ : Valori medi giornalieri: confronto fra i valori registrati in tutte le centraline della rete di rilevamento della provincia di Gorizia.	77

FIG. 57	Ossidi di Azoto – centralina di via Natisone. Concentrazioni medie giornaliere rilevate nel 2014.....	81
FIG. 58	Distribuzione dei dati in via Natisone del 2014.....	83
FIG. 59	PM ₁₀ : Campagna aggiuntiva in Via Agraria e in campo sportivo di via Boito 2014.....	84
FIG. 60	Materiale particolato PM ₁₀ e PM _{2.5} : Andamento annuale 2014.....	85
FIG. 61	IPA: Distribuzione di probabilità del Pirene nell'anno 2014.....	86
FIG. 62	Benzo(b)Fluorantene in via Duca d'Aosta (AOS) e campo sportivo di via Boito (CSM)- andamento annuale.	88
FIG. 63	Benzo(g,h,i)Perilene in via Duca d'Aosta - andamento annuale.	88
FIG. 64	Benzo(k)Fluorantene in via Duca d'Aosta - andamento annuale.	89
FIG. 65	Indeno(1,2,3,cd)Pirene in via Duca d'Aosta - andamento annuale.	89
FIG. 66	Pirene in via Duca d'Aosta - andamento annuale.....	90
FIG. 67	Antimonio in via Duca d'Aosta - andamento annuale.....	91
FIG. 68	Cromo in via Duca d'Aosta (AOS) e campo sportivo di via Boito (CSM - andamento annuale.....	91
FIG. 69	METALLI: Grafico delle componenti principali dei dati misti a centrale spenta e accesa. Ellissi al 95% di probabilità per i due gruppi centrale accesa e centrale spenta. I numeri rappresentano la giornata di misura dell'anno 2014.....	94

Indice delle tabelle

TAB. 1	Pioggia cumulata annuale e numero di giorni di pioggia (giorni con almeno un millimetro di precipitazioni) rilevati a Monfalcone nel 2014, confrontati con il quinquennio precedente (2009-2013).	6
TAB. 2	Temperature minime, medie e massime annuali rilevate a Monfalcone nel 2014 confrontate con il quinquennio precedente (2009-2013)	9
TAB. 3	Direzione di provenienza e velocità media del vento nei diversi ottanti così come rilevata a Fossalon di Grado nel 2014 e confrontata con il quinquennio precedente (2009-2013)	12
TAB. 4	Centraline gestite da ARPA FVG oltre a quella situate in comune di Monfalcone – Dipartimento provinciale di Gorizia.	19
TAB. 5	Inquinanti monitorati nelle stazioni della rete.....	22
TAB. 6	SO ₂ : valori di riferimento previsti dalla normativa.....	23
TAB. 7	SO ₂ : principali parametri statistici nel periodo 2004 – 2006 in via Duca d'Aosta.	24
TAB. 8	SO ₂ : principali parametri statistici.	24
TAB. 9	NO ₂ : valori di riferimento previsti dalla normativa.	27
TAB. 10	NO ₂ : principali parametri statistici.	28
TAB. 11	CO: valori di riferimento previsti dalla normativa.....	34
TAB. 12	CO: principali parametri statistici.	34
TAB. 13	CO: numero di superamenti dei valori di riferimento previsti dalle normative.....	34
TAB. 14	O ₃ : valori di riferimento previsti dalla normativa.	37
TAB. 15	O ₃ : principali parametri statistici.	38
TAB. 16	O ₃ : numero di superamenti del livello di riferimento come media su 8 ore.	38
TAB. 17	O ₃ : numero di giornate di superamento del valore bersaglio di 120 µg/m ³ (dati annuali).....	38
TAB. 18	O ₃ : numero di giornate di superamento del valore di 120 µg/m ³ (come media su 3 anni).	38
TAB. 19	PM ₁₀ : valori di riferimento previsti dalla normativa.....	44
TAB. 20	Catasto emissioni INEMAR: emissioni di PM ₁₀ (t/anno) per macrosettore.	45
TAB. 21	PM ₁₀ : principali parametri statistici.	45
TAB. 22	PM ₁₀ – Media annuale: dati riferiti al periodo 2009 - 2014.....	46

TAB. 23	PM ₁₀ - Superamenti della soglia giornaliera di 50 µg/m ³ : dati mensili anno 2014.....	47
TAB. 24	PM ₁₀ - Superamenti della soglia giornaliera di 50 µg/m ³ : anni 2009 - 2014.....	48
TAB. 25	PM _{2,5} : valori di riferimento previsti dalla normativa.....	51
TAB. 26	PM _{2,5} : principali parametri statistici.....	52
TAB. 27	Rapporto PM _{2,5} /PM ₁₀ : valori rilevati nei diversi siti della Regione FVG nell'anno 2014 e 2013.....	53
TAB. 28	IPA: valori di riferimento previsti dalla normativa.....	55
TAB. 29	Benzo(a)pirene: soglia di valutazione superiore ed inferiore previsti dalla normativa.....	55
TAB. 30	IPA: principali parametri statistici.....	55
TAB. 31	IPA – Benzo(a)pirene – Concentrazioni medie mensili per l'anno 2014 in via Duca d'Aosta.....	56
TAB. 32	Piombo: valori di riferimento previsti dalla normativa.....	57
TAB. 33	Piombo: concentrazione media annuale.....	57
TAB. 34	Piombo: soglia di valutazione superiore ed inferiore previsti dalla normativa.....	57
TAB. 35	Arsenico: valori di riferimento previsti dalla normativa.....	58
TAB. 36	Arsenico: concentrazione media annuale.....	58
TAB. 37	Arsenico: soglia di valutazione superiore ed inferiore previsti dalla normativa.....	58
TAB. 38	Cadmio: valori di riferimento previsti dalla normativa.....	58
TAB. 39	Cadmio: concentrazione media annuale.....	59
TAB. 40	Cadmio: soglia di valutazione superiore ed inferiore previsti dalla normativa.....	59
TAB. 41	Nichel: valori di riferimento previsti dalla normativa.....	59
TAB. 42	Nichel: concentrazione media annuale.....	59
TAB. 43	Nichel: soglia di valutazione superiore ed inferiore previsti dalla normativa.....	60
TAB. 44	NO ₂ : concentrazione media rilevata nei diversi siti a centrale termoelettrica in funzione ed a centrale spenta nell'anno 2014.....	62
TAB. 45	NO: concentrazione media rilevata nei diversi siti a centrale termoelettrica in funzione ed a centrale spenta nell'anno 2014.....	65
TAB. 46	PM ₁₀ : concentrazione media rilevata nei diversi siti a centrale termoelettrica in funzione ed a centrale spenta nell'anno 2014.....	66
TAB. 47	IPA nelle PM ₁₀ : concentrazione media rilevata nei diversi siti a centrale termoelettrica in funzione ed a centrale spenta nell'anno 2014.....	68
TAB. 48	METALLI nelle PM ₁₀ : concentrazione media rilevata nei diversi siti a centrale termoelettrica in funzione ed a centrale spenta nell'anno 2014.....	69

TAB. 49	Composizione della rete di rilevamento provinciale della qualità dell'aria: centraline gestite da ARPA FVG – Dipartimento provinciale di Gorizia.....	71
TAB. 50	Inquinanti monitorati nelle stazioni della rete provinciale di rilevamento della qualità dell'aria.	71
TAB. 51	SO ₂ - Valori rilevati nelle stazioni della rete provinciale di Gorizia: principali parametri statistici.	72
TAB. 52	NO ₂ - Valori rilevati nelle stazioni della rete provinciale di Gorizia: principali parametri statistici.	73
TAB. 53	CO - Valori rilevati nelle stazioni della rete provinciale di Gorizia: principali parametri statistici.	73
TAB. 54	O ₃ - Valori rilevati nelle stazioni della rete provinciale di Gorizia: principali parametri statistici.	74
TAB. 55	O ₃ - numero giornate di superamento del valore obiettivo di 120 µg/m ³ come media di 8 ore.....	75
TAB. 56	O ₃ - numero giornate di superamento del valore obiettivo di 120 µg/m ³ come media di 8 ore calcolate sul triennio.	75
TAB. 57	PM ₁₀ - Valori rilevati nelle stazioni della rete provinciale di Gorizia: principali parametri statistici.	76
TAB. 58	PM ₁₀ - numero giornate di superamento del valore limite giornaliero di 50 µg/m ³	76
TAB. 59	PM _{2,5} - Valori rilevati nelle stazioni della rete provinciale di Gorizia: principali parametri statistici.	78
TAB. 60	Ossidi di Azoto - analisi dei dati 2014 con in evidenza il periodo a centrale spenta.	81
TAB. 61	Ossidi di Azoto - Logaritmi naturali e statistica . Quadro sintetico della statistica descrittiva e inferenziale.	82
TAB. 62	PM ₁₀ : Andamento annuale con evidenza del breve periodo a centrale spenta.	82
TAB. 63	PM ₁₀ : Differenze centrale spenta vs. accesa con i periodi limitati di campagna ad hoc per la centrale.	83
TAB. 64	IPA: Quadro sintetico della statistica descrittiva e inferenziale. Periodo di chiusura esteso a tutto il 2014.....	87
TAB. 65	IPA: Quadro sintetico della statistica descrittiva e inferenziale. Campagna 9 aprile – 4 luglio 2014.	87
TAB. 66	METALLI: Quadro sintetico della statistica descrittiva e inferenziale	90
TAB. 67	METALLI: Confronto t-test e U-Mann-Whitney nella verifica delle ipotesi.....	92

TAB. 68 METALLI: Correlazioni a centrale spenta..... 93