



PROVINCIA DI AREZZO

CAMPAGNA DI MISURAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA AUTOLABORATORIO ANNO 2014-2015

**VIA GIOVE - LEVANE
COMUNE DI MONTEVARCHI**

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

**REGIONE
TOSCANA**



PROVINCIA DI AREZZO

Campagna di Misurazione della qualità dell'aria Autolaboratorio.
Anno 2014-2015.

VIA GIOVE - LEVANE
COMUNE DI MONTEVARCHI

A cura di :
Bianca Patrizia Andreini
Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell'Aria

Autori:
David Magliacani
Guglielmo Tanganelli
Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell'Aria

Hanno collaborato

- Dipartimento di Arezzo per il supporto logistico e di collegamento con la Società Montevarchi Energie;
- Settore Laboratorio – Area Vasta Sud per la determinazione dei BTEX;
- Laboratorio CRRQA - per la determinazione gravimetrica del materiale particolato PM10.

Si ringrazia la Società Montevarchi Energie per aver messo a disposizione i dati di produzione relativi al proprio impianto.

15 GIUGNO 2015

SINTESI

La presente campagna di misurazione di Via Giove - Levane nel Comune di Montevarchi, è stata realizzata in attuazione del piano di utilizzo dell'autolaboratorio per il periodo 2014-2015 programmato dall'Amministrazione Provinciale di Arezzo, Comune di Montevarchi, e Dipartimento ARPAT di Arezzo in base al disciplinare sottoscritto dall'Amministrazione Provinciale di Arezzo ed ARPAT.

La campagna di misurazione ha fornito valori degli indicatori conformi ai relativi valori limite fissati dalla normativa che disciplina la qualità dell'aria a tutela della salute umana; indirettamente le misure di PM10 forniscono indicazioni di conformità anche per la frazione PM2,5 la quale nel PM10 è contenuta ed il cui valore annuale è risultato inferiore al valore limite per la media annuale di PM2,5. Sia su scala comunale, che su scala provinciale, la postazione di Levane presenta valori caratterizzati da discontinuità rispetto ai contesti sottesi alle stazioni fortemente influenzate dal traffico autoveicolare ed una sostanziale confrontabilità con i livelli delle stazioni di fondo urbano (i valori medi di biossido di azoto e materiale particolato PM10 sono riferibili anche i valori medi rilevati nell'anno 2014 dalle stazioni di fondo urbano appartenenti alla rete regionale; biossido di azoto: media regionale $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - media Levane = $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - materiale particolato PM10: media regionale $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - media Levane = $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Alla valutazione della qualità dell'aria della postazione di Levane relativa alla campagna di misurazione indicativa riferita ai valori limite di qualità dell'aria fissati dalla legislazione che disciplina la materia, è stata affiancata anche l'analisi dei dati riguardante la valutazione delle eventuali variazioni dei valori degli indicatori di qualità dell'aria in base allo stato di impianto fermo/marcia della sorgente puntuale fissa Montevarchi Energie. Quest'ultima tipologia di valutazione, si riferisce ad un sottoinsieme dell'intera serie di dati registrati dalla campagna indicativa, ed è caratterizzata pertanto da una copertura temporale limitata delle misure (la numerosità di dati non è tale da ritenere significativo il raffronto) che ne determina informazioni orientative da esaminare a corollario dell'intera campagna di misurazione indicativa.



Il contesto messo in rilievo dalla campagna di misurazione è caratterizzato dal rispetto dei valori limite fissati a tutela della salute umana. In particolare, alcuni inquinanti come benzene monossido di carbonio e biossido di zolfo, registrano valori largamente inferiori al relativo limite (oltre il -80 %). Materiale particolato PM10 e biossido di azoto, mediamente, si collocano su valori, inferiori ai relativi valori limite del 44 %.

Il materiale particolato PM2,5 non è stato misurato perché il campionatore utilizzato effettua il campionamento di una sola frazione granulometrica, è da considerare tuttavia che il valore medio annuale di materiale particolato PM10 risulta in prima istanza già inferiore al valore limite fissato per la frazione di PM2,5. Pertanto in considerazione del fatto che la frazione PM2,5 è contenuta nel PM10 in percentuale di circa il 70 %, indirettamente può essere stimata la conformità del PM2,5 rispetto al proprio valore limite annuale.

La valutazione degli indicatori di qualità dell'aria riferita ai periodi di fermo e marcia dell'impianto di cogenerazione individuati a partire dai dati di energia attiva immessa (dati forniti dalla Società Montevarchi Energie) sull'intero periodo di osservazione della campagna, mettono in evidenza valori degli indicatori leggermente più elevati (valore medio PM10 = +21 %; valore medio biossido di azoto +14 %) in condizioni di marcia impianto di cogenerazione. E' da ritenere tuttavia che tali informazioni esprimano un orientamento, giacché l'incremento relativo agli indicatori riferiti alla media, coincide, in particolare per il PM10, con l'incertezza del metodo.

Il raffronto con i valori degli indicatori elaborati nella precedente campagna di rilevamento indicativa effettuata nel territorio comunale mediante mezzo mobile (postazione di misurazione urbana – traffico di Via Fonte Moschetta dal 2009 al 2010), mette in rilievo variazioni spaziali rilevanti, caratterizzate, nella prevalenza dei casi, da valori degli indicatori più bassi nella postazione di misurazione di Via Giove – Levane (-29 % media PM10; -50 % media biossido di azoto; -50 % valore massimo giornaliero biossido di zolfo). Si osserva invece una sostanziale continuità con i dati della stazione di fondo urbano di Via Amendola (valore medio riferito all'anno 2014), appartenente alla rete di misurazione ENEL Santa Barbara – Cavriglia (Levane +21 %).

Rispetto alle stazioni di misurazione fisse di rete regionale di Arezzo - P.za Repubblica (urbana-traffico) e Acropoli (urbana-fondo), appartenenti alla stessa Zona del Valdarno aretino e Valdichiana, la valutazione dei dati puntuali (orari e giornalieri) e degli indicatori di qualità dell'aria (registrati nello stesso periodo di osservazione della presente campagna di misurazione indicativa), evidenzia una condizione di invarianza rispetto alla relazione fra tipologie di stazioni (traffico/fondo) vista a livello comunale: da una parte si osserva una discontinuità dei livelli di concentrazione degli indicatori rispetto alla stazione di traffico di P.za Repubblica (Levane: media biossido di azoto -47 %; media PM10 -19 %), e dall'altra, una sostanziale confrontabilità rispetto alla stazione di fondo urbano di Acropoli (Levane: media biossido di azoto +21 %; media PM10 +5 %). In particolare, i valori di materiale particolato PM10 sono sostanzialmente equivalenti alla stazione di Arezzo – Acropoli. Si fa presente che i valori degli indicatori elaborati per l'intero anno 2014 per le stazioni fisse di P.za Repubblica ed Acropoli hanno fornito una situazione di conformità ai rispettivi valori limite.

Le elaborazioni grafiche polari riguardanti il biossido di azoto mettono in rilievo contributi dai settori Sud-Ovest, Sud-Sud-Ovest e Nord-Nord-Ovest; in particolare, il contributo più rilevante è fornito dal settore Sud-Sud-Ovest, il settore Nord-Nord-Ovest risulta tuttavia coerente alla posizione dell'impianto di cogenerazione.

Poiché gli eventi disturbanti sull'aria ambiente sono solitamente di breve durata e sono soggetti alle azioni di dispersione, trasporto e diffusione dell'atmosfera che determinano un effetto di diluizione dei livelli degli inquinanti in aria ambiente, brevi eventi emissivi, non determinano generalmente effetti significativi sui dati di qualità dell'aria, i cui valore limite, si riferiscono al tempo di mediazione minimo della media oraria.

La rilevazione dello stato della qualità dell'aria si riferisce alla misurazione degli inquinanti in aria ambiente registrandone le relative variazioni temporali. Sono pertanto rilevati con queste misure gli effetti di tutte le sorgenti emissive che generano contributi nella zona; ne consegue che queste misurazioni non riguardano in maniera esclusiva i singoli impianti, i quali devono essere verificati con altri tipi di controlli puntuali (verifica delle emissioni in atmosfera, verifica dello stato di efficienza degli impianti di depurazione, controllo della gestione dei processi produttivi).

Sommario

Introduzione.....	6
1- Postazione di misurazione	7
2. Piano di utilizzo dell'autolaboratorio	10
3. Inquinanti monitorati	11
4. Riferimenti Normativi.....	11
5. Obiettivo di qualità dei dati	12
Raccolta minima dei dati.....	12
Periodo minimo di copertura	13
6. Dati rilevati nella campagna di misurazione.....	13
6.1 Confronto con i valori limite definiti dalla normativa.....	14
6.2 Confronto con i valori degli indicatori relativi alla precedente campagna di misurazione nel territorio comunale	17
6.3 Confronto con i livelli rilevati dalle stazioni di misurazione di P.za Repubblica ed Acropoli.....	18
6.4 Analisi dei dati meteorologici rilevati durante la campagna di monitoraggio	19
7- Valutazione dei risultati.....	20
Raffronto con i livelli registrati dalle stazioni di misurazione di P.za Repubblica ed Acropoli.....	21
Andamenti temporali.....	22
Giorno tipo.....	22
Distribuzione dei livelli di concentrazione grafici box-plot.....	23
Distribuzione in classi di concentrazione	23
8 - Considerazioni riassuntive e finali	23
Allegato 1. Elaborazioni integrative.....	26
1.1 Distribuzione dei livelli di concentrazione - grafici box -plot.....	25
1.2 Giorni tipo	29
1.3 Confronto con gli andamenti registrati dalle stazioni fisse di P.za Repubblica ed Acropoli.....	31
Biossido di azoto NO ₂ – valori medi orari	32
Materiale particolato PM10 - valori medi giornalieri	332
1.4 Grafici a dispersione Via Giove - Levane/P.za Repubblica ed Acropoli.....	343
Materiale Particolato PM10.....	34
Biossido di azoto - NO ₂	34
1.5 Distribuzione in classi di concentrazione.....	35
1.6 Andamenti stagionali 2014-2015.....	39
Allegato 2. Elaborazione dei dati meteorologici	40
Allegato 3. Caratteristiche tecniche analizzatori/sensori.....	46
Allegato 4. Meccanismi di formazione degli inquinanti	46
Allegato 5. Limiti normativi	50

Introduzione

La presente campagna di misurazione di Via Giove - Levane nel Comune di Montevarchi, è stata realizzata in attuazione del piano di utilizzo dell'autolaboratorio per il periodo 2014-2015 programmato dall'Amministrazione Provinciale di Arezzo, Comune di Montevarchi, e Dipartimento ARPAT di Arezzo in base al disciplinare sottoscritto dall'Amministrazione Provinciale di Arezzo ed ARPAT.

Il territorio del Comune di Montevarchi, è stato monitorato in precedenza, sia mediante campagne di misurazione indicative, effettuate con il mezzo mobile presso le postazioni di Via Fonte Moschetta (periodo di osservazione 18 giugno 2009 – 14 marzo 2010), sia mediante campagne di misurazione puntuali in cinque postazioni di misurazione (anno 1996, postazioni di P.za B. Varchi, Via G. Garibaldi, SR69 direzione Arezzo presso concessionaria FORD, Levane, SR 69 direzione Firenze presso concessionaria Alfa Romeo).

E' inoltre in esercizio dall'anno 2001 la stazione di misurazione fissa di Via Amendola (stazione urbana di fondo) appartenente alla rete di misurazione della qualità dell'aria di ENEL Santa Barbara.

Il processo di monitoraggio della qualità dell'aria è inserito nel sistema di gestione per la qualità di ARPAT ed è conforme alla UNI EN ISO 9001:2008 e certificato da CERMET con registrazione n° 3198-A.

La valutazione della qualità dell'aria relativa alla postazione di Levane è stata effettuata da tre prospettive diverse, questo allo scopo di analizzare il contesto in senso più ampio, ovvero, sia sotto il profilo relativo all'analisi di dati di qualità dell'aria (campagna di misurazione indicativa riferita ai valori limite di qualità dell'aria fissati dalla legislazione che disciplina la materia), sia sotto il profilo relativo alla sorgente puntuale fissa Montevarchi Energie, in particolare alla valutazione delle eventuali variazioni degli indicatori di qualità dell'aria in base allo stato di impianto fermo/marcia, come mostrato nei punti elenco sottostanti:

- analisi dei dati registrati dalla **campagna di misurazione indicativa** riferita sia valori limite definiti dalla legislazione nazionale che disciplina la qualità dell'aria che ai valori degli indicatori di qualità dell'aria elaborati nello stesso periodo di osservazione dalla stazione di misurazione fissa di rete regionale di Arezzo P.za Repubblica (stazione classificata urbana - traffico) ed Arezzo Acropoli (stazione classificata urbana - fondo);
- confronto fra i valori degli indicatori di qualità dell'aria relativi alla campagna di misurazione indicativa (69 giorni di misurazione) ed i valori degli indicatori elaborati nel periodo di osservazione relativo al **fermo impianto cogenerazione per manutenzione** (dal 28 gennaio al 6 febbraio 2015 – giorni 10);
- approfondimento dell'analisi dei dati giornalieri di PM10 e di biossido di azoto – NO₂ riferiti allo **stato di marcia dell'impianto cogenerazione** in tutto il periodo di osservazione della campagna (74 giorni di misurazione) mediante il raffronto fra i valori degli indicatori elaborati sulle serie di dati relativi all'impianto in marcia (48 giorni), e con l'impianto fermo (26 giorni).

Le elaborazioni riferite allo stato di impianto sono state effettuate utilizzando i dati di energia attiva erogata dall'impianto Montevarchi Energie, forniti dalla medesima Società.

Per quanto attiene l'analisi dei dati riferita ai criteri previsti dal punto di vista mostrato al primo punto elenco (analisi dei dati della campagna di misurazione indicativa), si evidenzia che tale metodologia di confronto permette di fornire informazioni con buona approssimazione sullo stato della qualità dell'aria della zona oggetto del rilevamento, giacché il contesto definito dal quadro di dati raccolti, viene messo a confronto con quello relativo alle stazioni fisse di P.za Repubblica, ed Acropoli, riferite ad una serie di misure più solide perché continuative nell'arco dell'anno. Questa tecnica di misurazione permette di ottenere una serie di dati rappresentativa del contesto di aria ambiente da valutare. Le valutazioni relative alle altre due prospettive di analisi dei dati (fermo impianto per manutenzione e stato di marcia dell'impianto) caratterizzate, in alcuni casi, da singole serie di dati dalla copertura temporale meno ampia (10

giorni di misurazione), da considerarsi a corollario della campagna indicativa risultano utili per approfondire la valutazione della qualità dell'aria dell'area.

1- Postazione di misurazione

L'autolaboratorio è stato posizionato lungo la carreggiata di Via Giove a Levane; il contesto insediativo è riferito ad un'area periferica, ed è rappresentato da una serie capannoni prefabbricati separati da una griglia di strade funzionali al traffico locale. Sono insediate alcune tipologie di attività produttive prevalentemente artigianali e di servizio, quali falegnamerie, lavorazioni meccaniche e di verniciatura, lavorazioni del marmo, deposito di autobus, e di cogenerazione mediante impianto alimentato a biomasse legnose vergini (chips). L'impianto di cogenerazione per la produzione combinata di energia elettrica e calore, dalla potenza di 1 MW elettrico e di 6 MW termici, è ubicato ad una distanza di 300 metri circa in direzione Nord-Ovest rispetto all'autolaboratorio. La zona è inoltre caratterizzata dalla presenza di alcune abitazioni civili, le prime, ubicate a circa 200 metri in direzione Ovest, le altre a circa 300 metri in direzione Est, e le ultime a circa 180 metri in direzione Sud-Sud-Ovest dall'autolaboratorio. Pertanto, in relazione alla molteplicità delle sorgenti di emissione ubicate nell'area, si evidenzia che le misurazioni di qualità dell'aria rilevano il contributo integrato di tutte le emissioni, puntuali (impianti) in prima istanza, ma anche lineari (strade) e diffuse (contatto diretto di un materiale volatile o leggermente polveroso con l'ambiente) presenti nella zona.

Tabella 1.1 informazioni generali postazione di misurazione

Nome Postazione	Montevarchi – Via Giove - Levane
Coordinate Geografiche (gradi, minuti, secondi)	LONG E 11°, 36', 34,82 " LAT N 43°, 30', 19,55"
Quota (metri s.l.m.)	152
Altezza punto di campionamento (mt)	2,5
Tipologia della postazione di misurazione	surbana-industriale
Periodo Osservazione	5 agosto 2014 – 7 aprile 2015
Zona di riferimento fissata dalla legislazione regionale (DGRT 1025/2010)	Valdarno aretino e Valdichiana

Sotto il profilo meteorologico, la rosa dei venti elaborata nella campagna di misurazione ha messo in evidenza direzioni prevalenti dei venti riferite sostanzialmente all'asse Nord-Ovest — Sud-Est le quali risentono della direzione dell'asse della valle principale e del fiume Arno.

Figura 1.1 – immagini localizzazione autolaboratorio – postazione Via Giove - Levane



Figura 1.2 – caratterizzazione geografica Valdarno aretino



Figura 1.3 – caratterizzazione geografica della zona di misura



VISTE DEL TERRITORIO CIRCOSTANTE LA POSTAZIONE

Figura 1.4 viste nord, sud, est ed ovest del territorio circostante la postazione

VISTA NORD



VISTA EST



VISTA SUD



VISTA OVEST



2. Piano di utilizzo dell'autolaboratorio

Al fine di ottenere dati rappresentativi che considerino le variazioni temporali in funzione delle condizioni meteorologiche, responsabili dei fenomeni di dispersione e di diluizione degli inquinanti, l'indagine è stata articolata in singole campagne stagionali dalla durata indicativa di circa 17 giorni, distribuite nelle quattro stagioni meteorologiche dell'anno. Tale pianificazione permette di ottenere un insieme minimo di dati, ma rappresentativo per essere confrontato con i valori limite degli indicatori di qualità dell'aria definiti dalla normativa, i quali si riferiscono ad un periodo di osservazione annuale continuativo.

Il piano di utilizzo dell'autolaboratorio, predisposto in accordo al documento di processo di ARPAT DP SGQ.99.016 "monitoraggio della qualità dell'aria mediante reti di rilevamento" è stato organizzato in conformità agli obiettivi di qualità dei dati definiti per le misure indicative, i quali prevedono un periodo minimo di copertura di almeno il 14 % (articolato su almeno 8 settimane di misurazioni distribuite equamente nell'arco dell'anno) ed una raccolta minima dei dati pari almeno al 90 %.

La legislazione che definisce le linee di indirizzo riguardanti le campagne di monitoraggio mediante mezzi mobili è la seguente:

- allegato I paragrafo 1, tabella 1 D.Lgs. n. 155/2010 e smi;
- punto 4 Deliberazione Giunta Regione Toscana N° 450/2009
- allegato I della Direttiva 2008/50/CE del Parlamento europeo e del Consiglio.

Relativamente alla postazione di Montevarchi Via Giove - Levane sono stati effettuati complessivamente 69 giorni di misurazione distribuiti nell'arco di un anno.

La tabella 2.1 mostra i periodi di osservazione della campagna di misurazione effettuata nella postazione di Via Giove - Levane nell'intervallo temporale 5 agosto 2014 – 7 aprile 2015:

tabella 2.1 piano di utilizzo autolaboratorio postazione Montevarchi - Via Giove - Levane

Stagione	Periodo	numero giorni
Estate	05 – 19/8/2014	15
Autunno	10 – 26/10/2014	17
Inverno	07 – 23/2/2015	17
Primavera	19/3 – 07/04/2015	20
TOTALE		69
Fermo impianto per manutenzione	28/1 – 06/02/2015	10

Dall'esame delle informazioni mostrate nella tabella sovrastante, traspare che oltre ai giorni di misurazione riguardanti la campagna indicativa, è stata effettuata anche una campagna spot prima dell'inizio della campagna invernale (dal 28 gennaio al 6 febbraio 2015 - 10 giorni di misura), durante il fermo impianto per manutenzione della centrale di cogenerazione alimentata a biomasse. I dati registrati in questa campagna, sono stati raccolti in una serie specifica di dati finalizzata a valutare i livelli di concentrazione in aria ambiente in assenza di contributi emissivi dell'impianto alimentato biomasse, mediante analisi comparativa fra i valori degli indicatori elaborati nella campagna indicativa (69 giorni di misurazione) e quelli elaborati nella campagna spot durante il fermo impianto per manutenzione (10 giorni di misurazione).

Il piano di campionamento del materiale particolato PM10, caratterizzato dalla sola attività di campionamento manuale, ha seguito una programmazione leggermente diversa da quella mostrata nella tabella 2.1 (che riguarda in maniera sostanziale la strumentazione automatica). In dettaglio, per il materiale particolato, sono stati effettuati 74 giorni di campionamento nel periodo di osservazione 5 agosto 2014 – 7 aprile 2015.

3. Inquinanti monitorati

In relazione alle disposizioni della normativa che disciplina la qualità dell'aria ambiente, sono stati monitorati i seguenti parametri (riferimento Allegato IV D.Lgs. 155/2010):

- **ossidi di azoto (NO-NO_x-NO₂)** – UNI EN 14211:2012 "Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di azoto e monossido di azoto mediante chemiluminescenza;
- **materiale particolato** con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm (**PM₁₀**) – UNI EN 12341:2014 Determinazione del particolato in sospensione PM₁₀;
- **biossido di zolfo (SO₂)** – UNI EN 14212:2012 "Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di zolfo mediante fluorescenza ultravioletta;
- **monossido di carbonio – (CO)** – UNI EN 14626:2012 - "Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di monossido di carbonio mediante spettroscopia a raggi infrarossi non dispersiva;
- **ozono – (O₃)** – UNI EN 14625:2012 "Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di ozono mediante fotometria ultravioletta".

ed i parametri meteorologici di direzione e velocità del vento; i sensori meteorologici sono installati su palo telescopico avente un'altezza di circa 10 metri da terra.

La scheda nell'allegato 4 alla presente relazione, riporta i meccanismi di formazione nonché il significato degli inquinanti misurati nella presente campagna di misurazione.

Per il **campionamento** del materiale particolato PM₁₀ è stato utilizzato il campionatore automatico Skypost PM HV n. serie 716416, prodotto dalla ditta TCR Tecora, Italia, mezzo di filtrazione rappresentato da membrane in fibra di quarzo. Lo strumento non effettua il riscaldamento della linea di prelievo e del filtro di campionamento, i quali sono mantenuti alla temperatura ambiente. E' stato impiegato il dispositivo di separazione granulometrica PM₁₀ (TCR TECORA) conforme alle specifiche previste della norma tecnica europea UNI EN 12341. La determinazione gravimetrica della massa campionata del particolato in sospensione nel mezzo di filtrazione, è stata effettuata in laboratorio mediante operazioni di condizionamento e pesatura effettuate, sia precedentemente, che successivamente al campionamento, secondo le specifiche prescrizioni previste della norma tecnica europea UNI EN 12341 (72 ore a T = 20 °C e U.R. = 50%).

Il monitoraggio del benzene e degli altri idrocarburi aromatici è stato effettuato, mediante campionamento con campionatori passivi (Radiello) riferito ad un tempo di esposizione equivalente alla campagna di misurazione stagionale (circa 17 giorni), e successiva determinazione analitica di laboratorio mediante gascromatografia a rivelatore FID (metodo interno).

Le caratteristiche tecniche della strumentazione automatica di cui è dotato l'autolaboratorio sono indicate nell'allegato 3.

4. Riferimenti Normativi

La valutazione dei valori degli indicatori elaborati a partire dai dati raccolti dalla presente campagna di misurazione, è stata effettuata riferendosi ai valori limite fissati dal D.Lgs. n° 155/2010 e smi. Tale norma recepisce la Direttiva della Comunità Europea 2008/50/CE del 21/05/2008.

Relativamente al PM₁₀, come stabilito dall'allegato I paragrafo 1, tabella 1 D.Lgs. n. 155/2010, al fine di verificare la conformità dell'indicatore della media giornaliera, è stato valutato il 90,4° percentile anziché il numero di superamenti; questo perché i superamenti sono fortemente influenzati dalla copertura temporale dei dati, che nelle misure indicative (come ad esempio la

presente campagna di misurazione mediante mezzo mobile), non è effettuata in maniera continuativa per tutto l'anno civile.

Lo schema dei limiti previsti dalla normativa per ciascun inquinante è riportata nell'allegato 5.

5. Obiettivo di qualità dei dati

Raccolta minima dei dati

La tabella 5.1 presenta la raccolta minima dei dati per singolo analizzatore relativa al periodo di osservazione dell'intera campagna di misurazione (69 giorni).

La normativa che disciplina la qualità dell'aria (allegato I del D.Lgs. 155/2010) ed il documento "criteri di validazione ed elaborazione degli indicatori relativi agli inquinanti in aria ambiente" previsto dal Documento di Processo di ARPAT riguardante il monitoraggio della qualità dell'aria, richiede, al fine della significatività del dato prodotto da reti di misurazione fisse, una raccolta minima dei dati (che rappresenta l'efficienza dell'analizzatore) su base annuale non inferiore al 90 %.

Questo indice è elaborato per singolo analizzatore al netto delle attività di manutenzione ordinaria e di taratura periodica. Tale valore di riferimento è richiesto anche per le misure indicative a cui si riferiscono le misurazioni ottenute nella presente campagna.

La raccolta minima dei dati è calcolata come percentuale di dati generati e validati rispetto al totale teorico (per es. 24 dati orari per ogni giorno di monitoraggio, che nella presente campagna comportano 1.656 dati orari teorici). Una parte dei dati è inevitabilmente perduta per le attività di verifica automatica giornaliera di zero e span, per le tarature periodiche e per le operazioni di manutenzione ordinaria; la perdita dei dati dovuta alle sopracitate attività è stimabile in misura del 5 % sulla base dei dati validi raccolti.

tabella 5.1 raccolta minima dei dati % al netto delle attività di manutenzione e taratura

Postazione	NO ₂	PM10	CO	O ₃	SO ₂	DV	VV
Montevarchi Via Giove - Levane	99	100	95	91	100	98	100
Riferimento	≥ 90						

NO₂ = biossido di azoto

PM10 = materiale particolato PM10

O₃ = ozono

CO = monossido di carbonio

SO₂ = biossido di zolfo

DV = direzione vento

VV = velocità vento

Considerato che il valore di riferimento della raccolta minima dei dati per singolo analizzatore (≥ 90%) si riferisce alle reti caratterizzate da stazioni di misurazione fisse, i singoli rendimenti forniti dalla strumentazione automatica della presente campagna di monitoraggio sono complessivamente da ritenersi buoni (rendimento totale medio della campagna 98 %) tenuto presente che trattasi di un'indagine articolata in singole campagne stagionali nel quale lo spegnimento, lo spostamento ed il riavvio della strumentazione rappresentano elementi di criticità per la componente elettronica della strumentazione.

La raccolta minima dei dati elaborata per ogni analizzatore risulta, conforme ai criteri stabiliti dal D.Lgs. 155/2010 e smi.

Periodo minimo di copertura

Il periodo minimo di copertura (su base annuale) raggiunto in relazione al piano di utilizzo predisposto per la postazione di misura in oggetto (69 giorni distribuiti nell'anno) pari al 19 %, è conforme ai criteri degli obiettivi di qualità dei dati definiti per le misure indicative (allegato 1 del D.Lgs. 155/2010 e dall'allegato I della Direttiva 2008/50/CE del Parlamento e del Consiglio Europeo) il cui riferimento è del 14 %.

Per misure indicative, si intendono misurazioni che rispettano obiettivi di qualità meno stringenti rispetto a quelli richiesti per le misurazioni in siti fissi.

6. Dati rilevati nella campagna di misurazione

Nella presente relazione sono riportati gli elaborati grafici relativi a:

- confronto dei risultati con i relativi valori limite;
- confronto fra i valori degli indicatori elaborati nella campagna di misurazione indicativa con quelli elaborati nel periodo di fermo impianto di cogenerazione per manutenzione;
- confronto fra i valori degli indicatori di materiale particolato PM10 e biossido di azoto NO₂ elaborati nei periodi di fermo e di marcia impianto dell'intera campagna di misurazione;
- confronto con gli indicatori elaborati nella precedente campagna di misurazione indicativa effettuata nel territorio comunale, postazioni di Via Fonte Moschetta (2009 - 2010);
- confronto con i valori degli indicatori registrati dalle stazioni fisse di rete regionale di ubicate nella stessa zona del Valdarno aretino e Valdichiana (Arezzo P.za Repubblica ed Acropoli);
- giorni tipo biossido di azoto, monossido di carbonio, ozono ed anidride solforosa;
- grafici box-plot;
- distribuzione in classi di concentrazione;
- elaborazioni polari biossido di azoto.

Standardizzazione

Tutti i valori di concentrazione espressi in unità di massa (µg o mg) per metro cubo di aria (m³) sono riferiti alla temperatura di 293°K e alla pressione atmosferica di 101.3 kPa ad esclusione del materiale particolato PM10 il cui volume di campionamento si riferisce alle condizioni ambiente in termini di temperatura e di pressione atmosferica alla data delle misurazioni.

La tabella sottostante, fornisce, quale premessa alla valutazione della qualità dell'aria, un'indicazione del livello medio registrato per ciascun inquinante nella postazione di misurazione.

Tabella 6.1 valori medi della postazione Via Giove - Levane nell'intera campagna 2014- 2015

NO₂	NOx	PM10	CO	Benzene	O₃	SO₂
µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	mg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
23	38	22	0,4	1	41	3

NO₂ = biossido di azoto

NOx = ossidi di azoto totali

PM10 = materiale particolato PM10

CO = monossido di carbonio

O₃ = ozono

SO₂ = biossido di zolfo

6.1 Confronto con i valori limite definiti dalla normativa

Dati indicatori riferiti a

- campagna di misurazione indicativa
- fermo impianto cogenerazione per manutenzione

Periodo di osservazione: dal 5 agosto 2014 al 7 aprile 2015.

Indicatori significativi per la salute umana

Tabella 6.1.1 indicatori di protezione della salute umana

INDICATORE	Montevarchi Via Giove - Levane 5/08/2014 – 7/04/2015	Fermo Manutenzione (28/1 – 6/2/2015)	LIMITE	Indicativa Scarto % sul limite
NO ₂ Max Orario (µg/m ³)	106	79	200	-47
NO ₂ Media (µg/m ³)	23	33	40	-43
PM10 90,4° percentile valori medi giornalieri (µg/m ³)	38	29	50	-24
PM10 Media (µg/m ³)	22	21	40	-45
CO media mobile 8 ore max (mg/m ³)	1,6	1,1	10	-84
O ₃ media mobile 8 ore max (µg/m ³)	113	65	120	-6
O ₃ Max Orario (µg/m ³)	121	65	180 ¹	-33
SO ₂ Max Media giornaliera (µg/m ³)	6	6	125	-93
SO ₂ Max Orario (µg/m ³)	14	6	350	-96
C ₆ H ₆ Media (µg/m ³)	1	--	5	-80

NO₂ = biossido di azoto

NO_x = ossidi di azoto totali

PM10 - PM2,5 = materiale particolato PM10 - PM2,5

SO₂ = biossido di zolfo

C₆H₆ = benzene

1 valore relativo alla soglia di informazione

La tabella 6.1.1 riassume gli indicatori significativi per la salute umana, le concentrazioni misurate ed i valori limite.

I valori limite si riferiscono al D.Lgs. 155/2010 e smi e sono confrontati visivamente nei Grafici 6.1.1 e 6.1.2 presentati nella pagina successiva.

Indicatori di protezione della vegetazione (NO_x)

Tabella 6.1.2 media annuale ossido di azoto NO_x espressi come NO₂

Postazione di misurazione	Via Giove - Levane	LIMITE
NO _x media (µg/m ³)	38	30

Il valore limite relativo agli ossidi di azoto NO_x (espressi come NO₂) si riferisce alla protezione per la vegetazione ed ha valenza per le stazioni rurali.

Grafico 6.1.1 istogramma valori degli indicatori di qualità dell'aria ozono, biossido di azoto, ossidi di azoto, materiale particolato PM10, biossido di zolfo e benzene

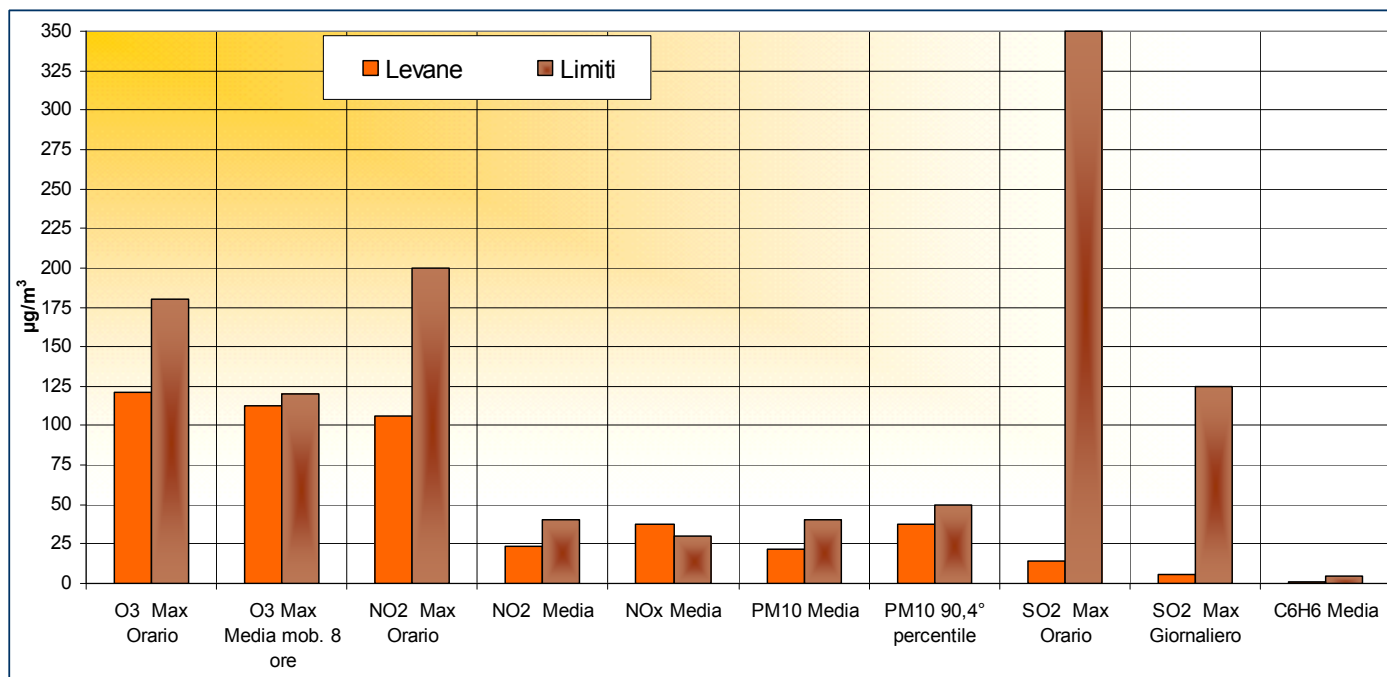
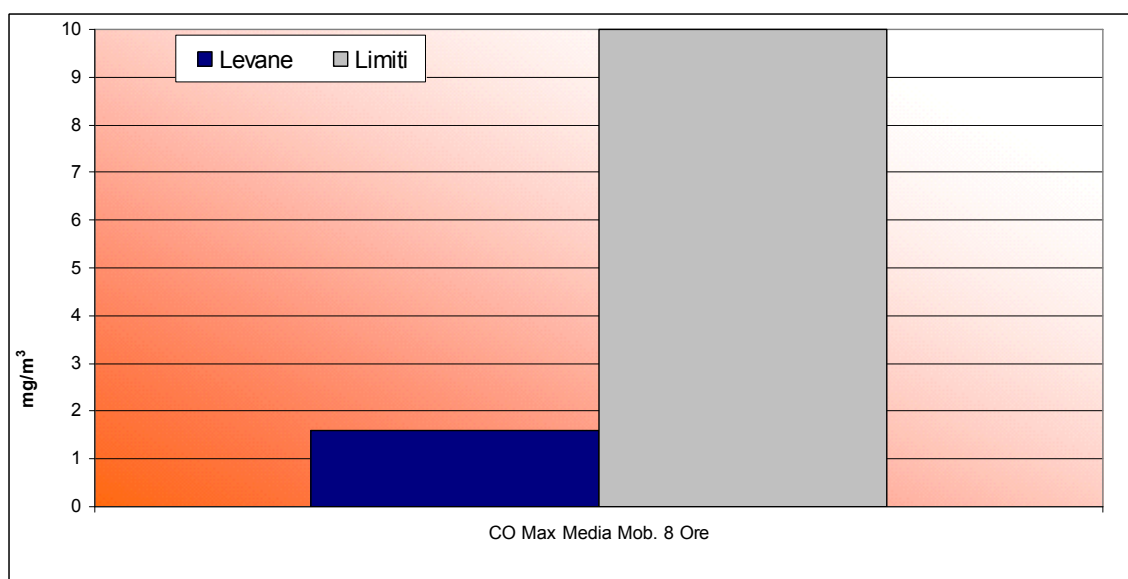


Grafico 6.1.2 istogramma valori degli indicatori di qualità dell'aria monossido di carbonio



NO_2 = biossido di azoto
 NO_x = ossidi di azoto totali
 PM_{10} = materiale particolato PM_{10}
 SO_2 = biossido di zolfo
 C_6H_6 = benzene
 O_3 = ozono
 CO = monossido di carbonio

Indicatori di qualità dell'aria PM10 impianto cogenerazione fermo e marcia

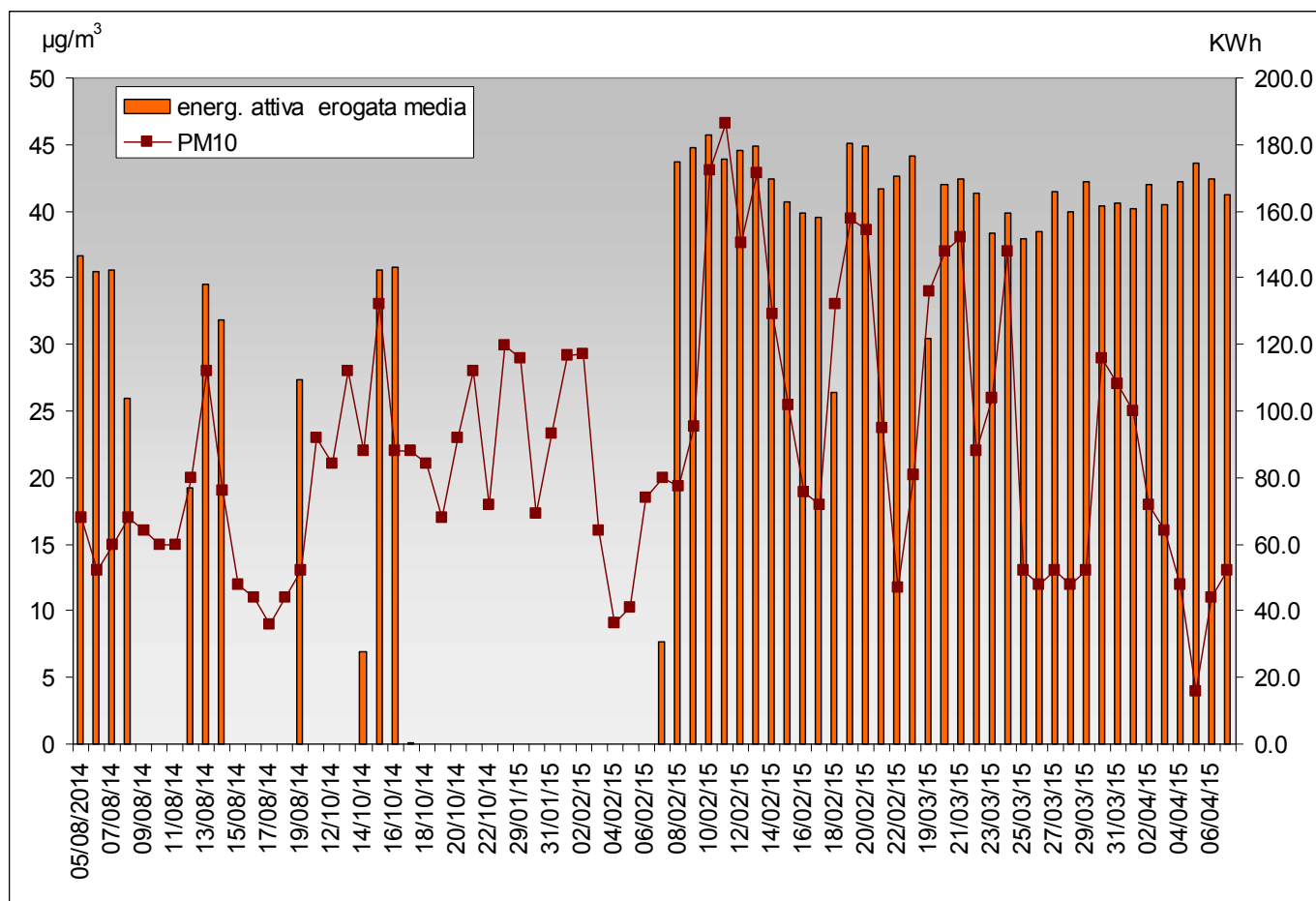
Periodo di osservazione: dal 5 agosto 2014 al 7 aprile 2015.

Tabella 6.1.3 indicatori PM10 impianto cogenerazione fermo ed in marcia

INDICATORE	Montevarchi – Levane Impianto Marcia (48 giorni)	Montevarchi – Levane Fermo Impianto (26 giorni)	LIMITE	Scarto % marcia/fermo
PM10 90,4° percentile valori medi giornalieri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	38	29	50	+21
PM10 Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	23	19	40	+31
NO ₂ Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	25	22	40	+14
NO ₂ Max Orario ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	106	79	200	+34

L'elaborazione grafica sottostante mostra gli andamenti temporali (media giornaliera) di materiale particolato PM10 e di energia attiva erogata dall'impianto di cogenerazione Montevarchi Energie nel periodo di osservazione 5 agosto 2014 – 7 aprile 2015.

Grafico 6.1.3 – andamenti giornalieri materiale particolato PM10 ed energia attiva erogata media



6.2 Confronto con i valori degli indicatori relativi alle precedenti campagne di misurazione nel territorio comunale

Nelle tabelle incluse negli elaborati grafici che seguono si riportano gli indicatori di qualità dell'aria relativi, sia alla campagna di Levane Via Giove (2014 - 2015), sia alla campagna di misurazione indicativa di Via Fonte Moschetta (18/6/2009 - 14/3/2010) effettuata con mezzo mobile.

Grafico 6.2.2 istogramma valori degli indicatori di qualità dell'aria Via Giove - Levane e campagne Via Fonte Moschetta (2009-2010) - monossido di carbonio

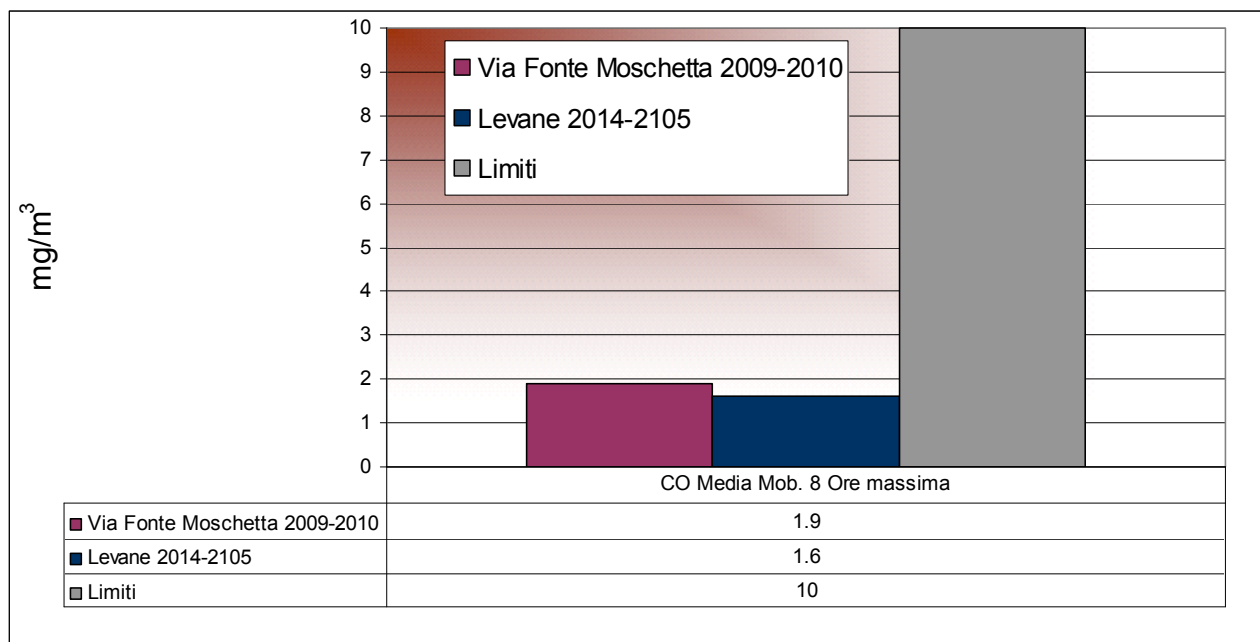
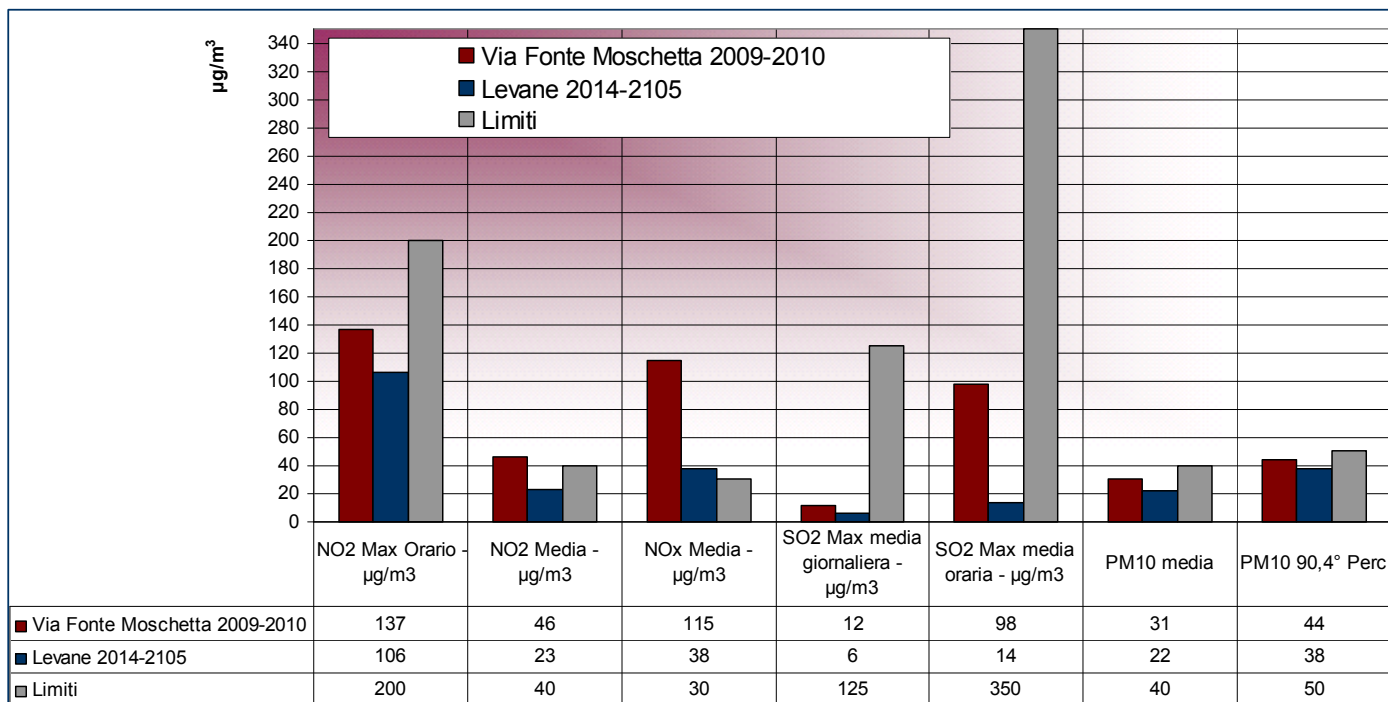


Grafico 6.2.1 istogramma valori degli indicatori di qualità dell'aria Via Giove - Levane e campagne campagna Via Fonte Moschetta (2009-2010) - biossido di azoto, ossidi di azoto, biossido di zolfo e materiale particolato PM10



NO₂ = biossido di azoto PM10 = materiale particolato PM10 SO₂ = biossido di zolfo NOx = ossidi di azoto totali

6.3 Confronto con i livelli rilevati dalle stazioni di misurazione di P.za Repubblica ed Acropoli – Zona Valdarno aretino e Valdichiana

grafico 6.3.1. istogramma valori degli indicatori di monossido di carbonio - CO Levane Via Giove e P.za Repubblica, Acropoli – Arezzo

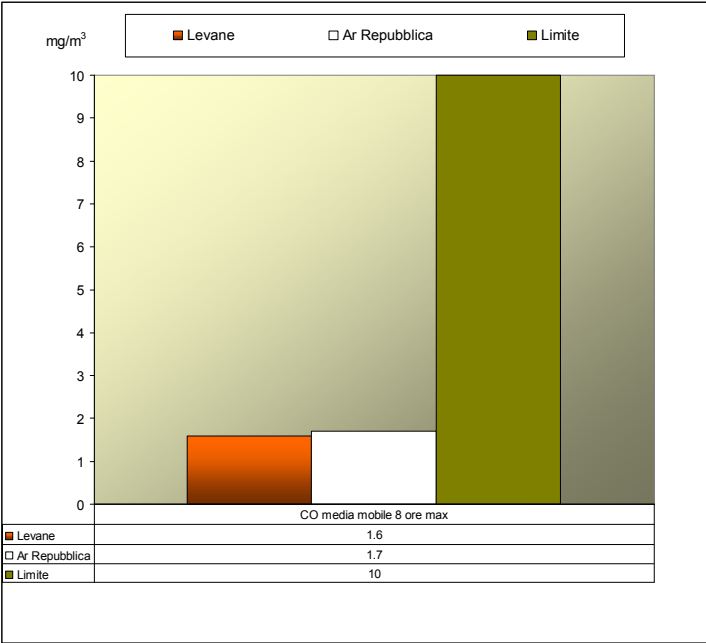
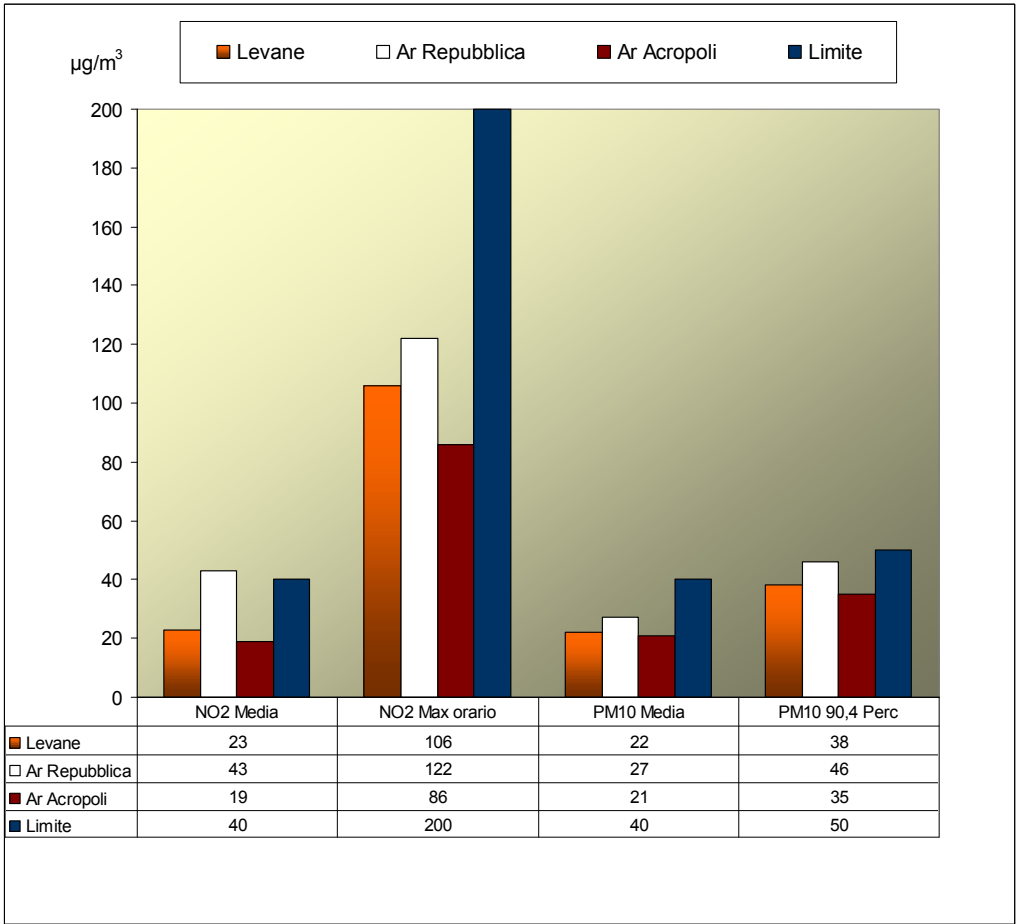


grafico 6.3.1. istogramma valori degli indicatori di NO₂ e PM10 - Levane Via Giove, P.za Repubblica, Acropoli - Arezzo

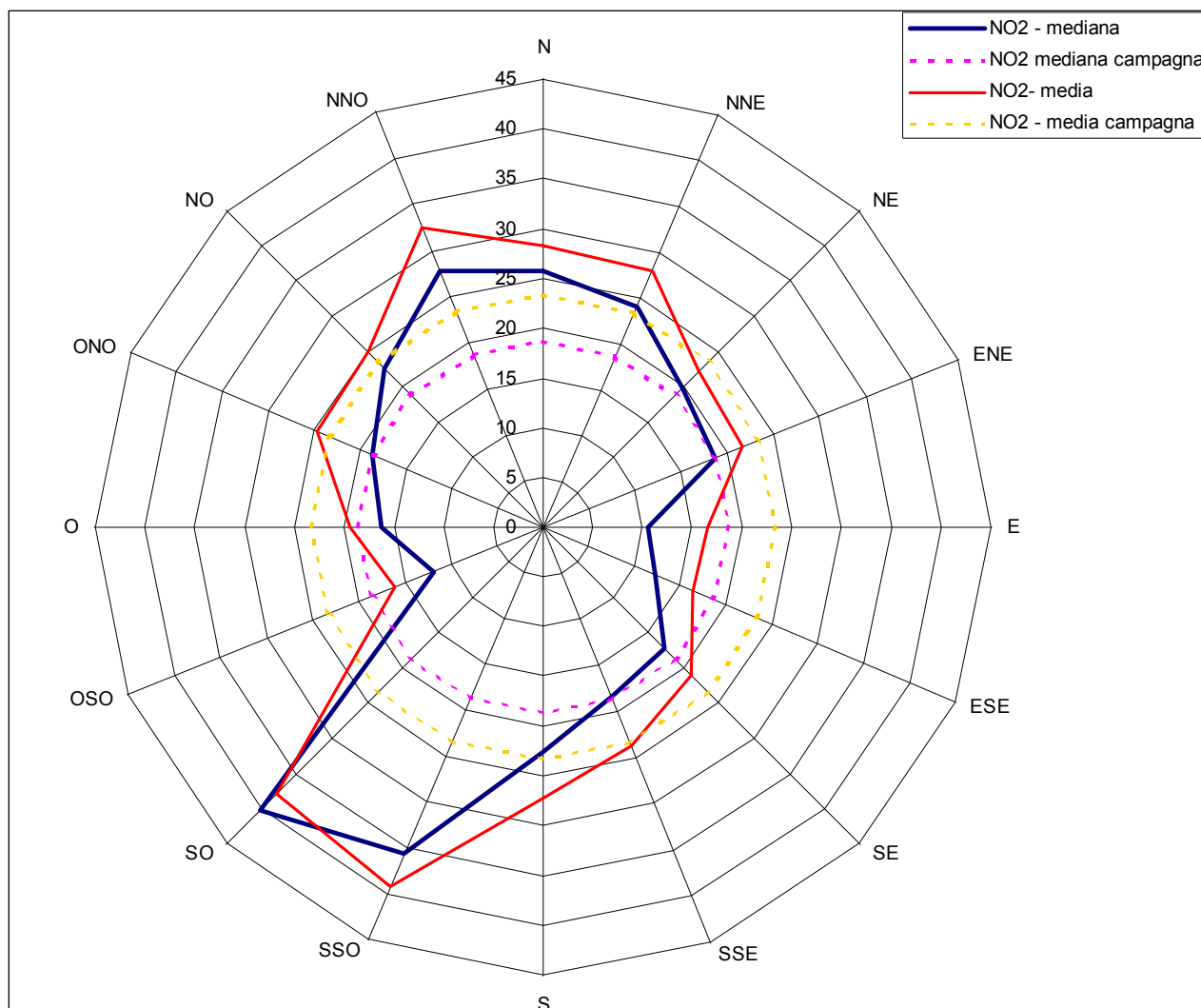


6.4 Analisi dati meteorologici rilevati durante la campagna di monitoraggio

In relazione ai dati registrati dai sensori meteo di direzione e velocità del vento nella campagna di misurazione indicativa di Levane, è stato elaborato il grafico polare mostrato sotto che mette in relazione la direzione del vento e le concentrazioni di biossido di azoto (mediana e media delle concentrazioni medie orarie rilevate). La mediana è un indicatore della distribuzione che esprime meno informazioni rispetto alla media, giacché non tiene conto del valore effettivo di ogni misura, bensì considera solo la posizione ordinale di ciascun dato all'interno della distribuzione (rango); tuttavia offre il vantaggio di essere meno influenzata dai valori estremi (outliers o dati fuori linea). Per queste sue caratteristiche viene spesso preferita come indicatore della tendenza centrale quando occorre trattare dati che presentano una distribuzione fortemente asimmetrica, come nel caso in questione.

Nella Figura che segue, sono rappresentati i valori delle mediane e delle medie dei dati di concentrazione di biossido di azoto rilevati nelle ore caratterizzate da vento proveniente dallo stesso settore nella campagna di misurazione di Levane; a titolo di confronto, sono riportati anche i valori delle rispettive mediane e medie relative all'intero campione di dati rilevati della campagna di misurazione (poiché tale valore non è riferito a nessun settore di provenienza del vento, risulta distribuito uniformemente ad ogni settore della rosa dei venti).

Grafico 6.4.1 – elaborazione polare medie e mediane NO₂ Montevarchi - Levane



In merito al biossido di azoto, i valori della mediana molto superiori alla mediana complessiva sono sbilanciati nel settore occidentale, in particolare in presenza di venti provenienti da Sud-Ovest, Sud-Sud-Ovest e Nord-Nord-Ovest.

7- Valutazione dei risultati

Gli indicatori di qualità dell'aria a tutela della salute umana elaborati per la campagna di misurazione di Via Giove - Levane, sono conformi ai valori limite previsti dalla normativa vigente.

Si riscontra inoltre, per alcuni inquinanti quali **biossido di zolfo - SO₂**, **monossido di carbonio - CO** e **benzene**, che l'ordine di grandezza dei valori degli indicatori si attesta decisamente al di sotto del 50 % dei rispettivi valori limite (Tabella 6.1.1 indicatori di protezione della salute umana); gli indicatori di biossido di zolfo, ad esempio, presentano mediamente valori inferiori ai relativi valori limite del 96 %.

Il materiale particolato **PM10** (Tabella 6.1.1), registra valori degli indicatori di protezione della salute umana inferiori ai relativi limiti, con scarti percentuali rispetto al valore limite compresi fra il -24 % (indicatore 90,4° percentile delle concentrazioni giornaliere: valore misurato = 38 µg/m³ - valore limite = 50 µg/m³) ed il -45 % (indicatore media annuale: valore misurato = 22 µg/m³ - valore limite = 40 µg/m³).

Entrambi gli indicatori di **biossido di azoto** (Tabella 6.1.1), registrano valori distribuiti attorno al 50 % del relativo limite (valore massimo orario -47 %; media -43 %).

L'indicatore relativo alla media annuale degli **ossidi di azoto - NO_x** (espressi come NO₂) - (Tabella 6.1.2) finalizzato alla **protezione della vegetazione** che ha valenza solo per le stazioni di misurazione suburbane, rurali e rurali di fondo è stato superato; al di fuori delle zone rurali, come nel caso specifico, questo indicatore non è solitamente mai rispettato.

Il **materiale particolato PM2,5**, non è stato misurato perché il campionatore installato nell'autolaboratorio può misurare una delle due frazioni granulometriche; il PM2,5 che del PM10 è una frazione, ne rappresenta indicativamente circa il 70% (valore di letteratura - le misurazioni relative all'anno 2014 riferiti all'intera rete regionale hanno messo in evidenza valori percentuali medi di PM2,5 sul PM10 del 64% per le stazioni di fondo e del 56 % per le stazioni di traffico). Si fa presente che il dato di PM10 elaborato per la postazione di Levane (media annuale = 22 µg/m³) risulta, in prima istanza, già inferiore al valore limite della media annuale di PM2,5 (25 µg/m³); se si considera la percentuale del PM2,5 sul PM10 (70 % - valore percentuale di letteratura da considerarsi cautelativo, poiché nell'anno 2014 la percentuale di PM2,5 è stata a livello regionale leggermente più bassa), il valore medio annuale di PM2,5 stimato risulterebbe ancora più inferiore al limite e sostanzialmente in linea con la media regionale (14 µg/m³).

Dal confronto fra i valori degli indicatori riferiti alla campagna di misurazione indicativa (analisi riportata sopra riferita a 69 giorni di misurazione - dal 5 agosto 2014 al 7 aprile 2015), e quelli elaborati durante il **fermo impianto del cogeneratore per manutenzione** (28 gennaio - 6 febbraio 2015 - 10 giorni di misurazione), traspare, da una parte, un valore medio di biossido di azoto più elevato nel periodo di fermo impianto (la media annuale di NO₂ della campagna indicativa è inferiore del 30 % rispetto alla media relativa periodo di fermo impianto per manutenzione) e dall'altra, una sostanziale equivalenza dei valori medi di materiale particolato PM10. Se si valutano invece gli indicatori che esprimono i valori massimi, la situazione risulta rovesciata poiché tutti gli indicatori (materiale particolato PM10 90,4 Percentile, monossido di carbonio - valore massimo media mobile 8 ore, biossido di azoto e di zolfo - valore massimo orario) registrano valori più elevati nella campagna di misurazione indicativa rispetto a quella del fermo impianto per manutenzione. La valutazione riferita alle variazioni dei valori degli indicatori che esprimono i valori massimi è da ritenere indicativa sia perché il periodo di osservazione dei dati relativo al fermo impianto per manutenzione è caratterizzato da una copertura temporale molto limitata (10 giorni di misurazione), tale da fornire informazioni non esaustive sulla consistenza dei valori puntuali di picco (valori massimi orari e giornalieri), sia perché le relative variazioni sono incoerenti rispetto a quelle registrate per gli indicatori della

media. Seppur utilizzando un confronto tra serie di dati puramente indicativo, si determinerebbe un quadro tale da non identificare una variazione complessiva dei dati in una determinata direzione rispetto alle variazioni dei contesti emissivi determinati dall'impianto di cogenerazione in base all'attività di manutenzione.

L'analisi di dettaglio riferita all'elaborazione degli indicatori di materiale particolato PM10, riferita sia ai giorni di **impianto di cogenerazione in marcia**, sia ai giorni di impianto **fermo** estratti dall'intera serie di dati raccolti nell'intero periodo di osservazione annuale (79 giorni – dal 5 agosto 2014 al 7 aprile 2015) in base ai dati di energia attiva immessa forniti dalla Società Montevarchi Energie mette in evidenza valori poco più elevati nelle condizioni di marcia impianto (scarto medio percentuale riferito ad entrambi gli indicatori: +26 %); gli scarti più elevati si riferiscono all'indicatore relativo alla media giornaliera (+31 %), ma la numerosità di dati non è tale da ritenere significativo questo confronto. Per quanto attiene la media annuale (scarto +21 %) è da considerare che il modesto scarto assoluto pari a 4 µg/m³, risulta confrontabile con l'incertezza della misura ($\pm 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Per quanto attiene gli altri agenti inquinanti, in particolare il biossido di azoto - NO₂, il raffronto fra i valori degli indicatori elaborati sulla serie di dati riferita all'impianto di cogenerazione in marcia e sulla serie di dati riferiti all'impianto fermo, mette in evidenza una condizione di invarianza rispetto al PM10 (incremento medio indicatori biossido di azoto condizioni marcia/fermo +24 %, nel dettaglio: scarto valore massimo orario +34 %; scarto media annuale +14 %; scarto assoluto media annuale 3 µg/m³).

In merito alla **precedente campagna di misurazione indicativa** effettuata nel territorio comunale presso la postazione urbana – traffico di Via Fonte Moschetta (periodo di osservazione 2009-2010 - Grafico 6.2.1), si rilevano variazioni spaziali significative riguardanti tutti gli inquinanti misurati (Levane: mediamente -49 %). In dettaglio, la postazione di Levane – Via Giove presenta valori più bassi di Via Fonte Moschetta per le medie annuali di biossido di azoto (-50 %), degli ossidi di azoto totali (-67 %) e del materiale particolato (PM10 = -29 %), e più in generale, anche per il biossido di zolfo (valore massimo orario -86 %) e per il monossido di carbonio (media mobile 8 ore massima giornaliera -16 %). Dall'analisi di altri dati di qualità dell'aria riferiti alla stazione di misurazione di fondo urbana di Via Amendola (appartenente alla rete di misurazione ENEL Santa Barbara – Caviglia), in particolare quelli di biossido di azoto registrati nell'anno 2014, si rilevano valori medi annuali leggermente più elevati nella postazione di Levane (+21 %; scarto assoluto = 3 µg/m³); tale relazione è da considerarsi sostanzialmente allineata ai contesti relativi le stazioni di fondo urbano in considerazione delle variazioni rilevate a livello regionale: anno 2014 - media regionale biossido di azoto stazioni di fondo urbano = 22 µg/m³; media annuale minima = 16 µg/m³; media annuale massima 28 µg/m³.

Raffronto con i livelli registrati dalle stazioni di misurazione fisse di P.za Repubblica ed Acropoli - Arezzo

Il confronto con i valori degli indicatori di qualità dell'aria (grafico 6.3.1.) registrati nello stesso periodo di osservazione dalle stazioni fisse di rete regionale di P.za Repubblica (tipologia urbana-traffico) ed Acropoli (tipologia urbana-fondo) appartenenti alla stessa zona definita dalla legislazione regionale che disciplina la qualità dell'aria (entrambi i territori comunali di Montevarchi e Arezzo sono inclusi nella Zona Valdarno aretino e Valdichiana, definita dalla DGRT 1025/2010) ripropone la situazione già vista a livello comunale, dove da una parte vi è una significativa differenza con la stazione di traffico di P.za Repubblica (Via Giove: -47 % media annuale biossido di azoto; -19 % media annuale PM10; -6 % media mobile 8 ore massima giornaliera CO) e dall'altra, un sostanziale allineamento con la stazione di fondo di Acropoli. Si puntualizza anche in questo caso che la postazione di Levane presenta valori leggermente più elevati di Acropoli (Via Giove: +21 % media annuale biossido di azoto; +5 % media annuale PM10), ma in linea con i valori medi regionali relativi alle stazioni di fondo urbano. In relazione alle elaborazioni grafiche riguardanti il raffronto fra gli andamenti temporali dei valori orari di biossido di azoto e monossido di carbonio (Allegato 1, grafico 1.3.1.-2) e dei valori medi giornalieri di materiale particolato PM10 (Allegato 1, grafico delle

differenze 1.3.3.-4), si rileva una buona corrispondenza degli andamenti, in particolare per il materiale particolato e biossido di azoto.

Si evidenzia, come peraltro già valutato per gli indicatori di qualità dell'aria, che i livelli massimi più elevati sono registrati dalla stazione di traffico di Arezzo P.za Repubblica e che la postazione di Via Giove - Levane si colloca su valori poco superiori od equivalenti alla stazione di fondo urbano di Arezzo - Acropoli.

I grafici delle differenze (Allegato 1, grafici 1.3.3.-4) relativi al materiale particolato PM10 consolidano questo quadro:

- media delle differenze PM10 Levane/Repubblica = $-5 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- media delle differenze PM10 Levane/Acropoli = $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$;

Le correlazioni dei valori medi giornalieri di materiale particolato PM10 (Allegato 1, grafico 1.4.1.-2) sono definite da coefficienti di correlazione buoni per entrambe le stazioni ubicate nell'area urbana di Arezzo (coefficiente correlazione delle concentrazioni medie giornaliere Via Giove - Levane/Ar - P.za Repubblica: $R^2 = 0,75$; coefficiente correlazione delle concentrazioni medie giornaliere Via Giove - Levane/Ar - Acropoli: $R^2 = 0,73$). Relativamente agli inquinanti di natura gassosa (biossido di azoto e monossido di carbonio) non sono rilevate correlazione fra i dati delle stazioni dell'area urbana di Arezzo e della postazione di Levane.

Andamenti temporali

Gli andamenti dei valori orari e giornalieri (Allegato 1, grafici 1.3.2-3), mettono in rilievo per alcuni agenti inquinanti, la presenza di livelli di concentrazione più elevati in determinate stagioni: in particolare si rileva la tendenza all'incremento nelle stagioni dell'inverno e della primavera per biossido di azoto, materiale particolato PM10 e benzene. Questo andamento è confermato anche dalle variazioni stagionali dei valori degli indicatori di qualità dell'aria (allegato 1 grafici 1.6.1-2) nel quale i valori degli indicatori relativi al valore medio stagionale dell'inverno e della primavera sono più elevati delle altre stagioni. Nel periodo invernale la direzione prevalente dei venti ha riguardato l'asse Nord-Ovest/Sud-Sud-Est, ed in maggior misura il settore Sud-Sud-Est.

Giorno tipo

Queste elaborazioni mostrano gli andamenti tipici orari (media dei valori registrati alla stessa ora), sia stagionali, sia del periodo relativo al fermo impianto di cogenerazione per manutenzione (28 gennaio - 6 febbraio 2015).

Dalle elaborazioni inerenti il giorno tipo (Allegato 1, grafici 1.2.1-2) si rileva, in relazione ai particolari meccanismi di formazione stagionali dell'ozono catalizzati dalla radiazione solare e dalla temperatura dell'aria, il peculiare andamento contraddistinto da valori orari più elevati nelle ore di massima insolazione delle stagioni della primavera e dell'estate, per gli altri inquinanti si evidenzia:

- biossido di azoto - andamenti medi stagionali sovrapponibili dal quale tuttavia emergono differenze per quanto attiene i livelli massimi orari. Si nota che i livelli di picco più elevati si riferiscono alla mattina (fascia oraria 7 - 9) ed alla sera (fascia oraria 18 - 20), tipiche fasce orarie coincidenti con le attività antropiche. Le stagioni dell'autunno e della primavera registrano tendenzialmente valori più elevati, i quali sono superati dai valori relativi al periodo di fermo impianto di cogenerazione, riferito al periodo invernale. La stagione dell'estate presenta invece i valori più bassi;
- biossido di zolfo - gli andamenti medi stagionali sono distribuiti in una fascia di livelli di concentrazione piuttosto ristretta (circa $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$), si nota la presenza di andamenti caratteristici nel periodo estivo caratterizzato dall'incremento delle concentrazioni nella fascia oraria 10 - 18; i livelli più elevati sono registrati nelle stagioni dell'autunno e dell'estate, gli andamenti relativi al fermo impianto per manutenzione sono significativamente diversi dagli altri andamenti stagionali;
- monossido di carbonio - andamenti simili riferiti alle stagioni dell'estate e della primavera da una parte, e dell'autunno dell'inverno dall'altra; il periodo relativo al fermo impianto di

manutenzione, essendo riferito al periodo invernale presenta un andamento temporale simile a quello di questa stagione. Tendenzialmente i livelli massimi sono registrati nella fascia oraria 18-20 nella stagione dell'autunno e di fermo impianto manutenzione (riferibile all'inverno).

Distribuzione dei livelli di concentrazione – grafici box-plot

Gli indicatori di sintesi (Allegato 1, tabella 1.2.1) mettono in evidenza una distribuzione dei dati asimmetrica per monossidi di carbonio, ossidi di azoto, biossido di azoto e biossido di zolfo ad indicare, che probabilmente, sotto il profilo statistico, i valori estremi (o dati fuori linea) hanno un peso rilevante sull'andamento normale dei valori medi orari di questi inquinanti. Questa considerazione, è confermata, nella prevalenza dei casi, anche dall'osservazione che per questi inquinanti il valore medio è più elevato della mediana.

I grafici box-plot stagionali riferiti ad ogni agente inquinante (Allegato 1, grafici 1.1.1-7), mettono in rilievo la presenza di livelli massimi di materiale particolato e biossido di azoto nelle stagioni dell'inverno e della primavera, di biossido di zolfo nella stagione dell'autunno, e di monossido di carbonio nella stagione dell'inverno.

Distribuzione in classi di concentrazione

La prevalenza degli inquinanti presenta andamenti asimmetrici caratterizzati dalla massima distribuzione dei livelli di concentrazione nelle categorie caratterizzate dai valori più bassi, significativamente distanti dal relativo valore limite (Allegato 1, grafici 1.5.1-8). Non segue questa distribuzione, il biossido di zolfo, dove, la distribuzione segue un andamento più omogeneo attorno alla classe di concentrazione dalla frequenza più elevata, tipicamente corrispondente al valore medio annuale.

8 - Considerazioni riassuntive e finali

Il contesto messo in rilievo dalla campagna di misurazione è caratterizzato dal rispetto dei valori limite fissati a tutela della salute umana. In particolare, alcuni inquinanti come benzene monossido di carbonio e biossido di zolfo, registrano valori largamente inferiori al relativo limite (oltre il -80 %). Materiale particolato PM10 e biossido di azoto, mediamente, si collocano su valori, inferiori ai relativi valori limite del 44 %.

Il materiale particolato PM2,5 non è stato misurato perché il campionatore utilizzato effettua il campionamento di una sola frazione granulometrica, è da considerare tuttavia che il valore medio annuale di materiale particolato PM10 risulta in prima istanza già inferiore al valore limite fissato per la frazione di PM2,5. Pertanto in considerazione del fatto che la frazione PM2,5 è contenuta nel PM10 in percentuale di circa il 70 %, indirettamente può essere valutata la conformità del PM2,5 rispetto al proprio valore limite annuale.

Si riscontra nella zona, la peculiarità di variazioni stagionali di biossido di azoto e materiale particolato PM10 caratterizzate da incrementi nell'inverno e nella primavera.

La valutazione degli indicatori di qualità dell'aria riferita, sia al periodo di fermo impianto di cogenerazione occorso nel periodo invernale (dal 28 gennaio al 6 febbraio 2015), sia ai periodi di fermo e marcia dell'impianto di cogenerazione individuati a partire dai dati di energia attiva immessa (dati forniti dalla Società Montevarchi Energie) sull'intero periodo di osservazione della campagna, mette in evidenza, da una parte, valori relativi alla media di PM10 equivalenti fra le due situazioni (campagna misurazione indicativa vs misurazioni relative al fermo impianto cogenerazione per manutenzione), e dall'altra, valori degli indicatori leggermente più elevati (valore medio PM10 = +21 %; valore medio biossido di azoto +14 %) in condizioni di marcia impianto di cogenerazione (misure relative a marcia impianto vs misure relative a fermo impianto cogenerazione), in particolare, si rileva che tendenzialmente gli effetti più significativi riguardano gli indicatori che esprimono il valore massimo (valore massimo orario biossido di azoto = +34 %; 90,4° percentile medie giornaliere PM10 = +31 %). In sintesi è da ritenere che i dati raccolti forniscano informazioni non definitive giacché da un lato,

l'incremento relativo agli indicatori riferiti alla media coincide a volte con l'incertezza del metodo (PM10), e dall'altro, perché l'incremento (più consistente) relativo agli indicatori riferiti ai valori massimi, si riferisce ad una serie di dati affetti da una limitata (ma rappresentativa) copertura temporale, da cui questi eventi hanno una forte dipendenza

Il raffronto con i valori degli indicatori elaborati nella precedente campagna di rilevamento indicativa effettuate nel territorio comunale mediante mezzo mobile (postazioni di misurazione urbana – traffico di Via Fonte Moschetta dal 2009 al 2010), mette in rilievo variazioni spaziali di rilievo, caratterizzate, nella prevalenza dei casi, da valori degli indicatori comunque più bassi nella postazione di misurazione di Via Giove – Levane (-29 % media PM10; -50 % media biossido di azoto; -50 % valore massimo giornaliero biossido di zolfo). Si osserva invece una sostanziale continuità con i livelli della stazione di fondo urbano di Via Amendola, appartenente alla rete di misurazione ENEL Santa Barbara – Cavriglia, dove il valore medio di biossido di azoto registrato dalla postazione di Levane è risultato leggermente più elevato, ma confrontabile (+21 %) con quello misurato dalla stazione ENEL (valore medio riferito all'anno 2014).

Rispetto alle stazioni di misurazione fisse di rete regionale di Arezzo - P.za Repubblica (urbana-traffico) e Acropoli (urbana-fondo), la valutazione dei dati puntuali (orari e giornalieri) e degli indicatori di qualità dell'aria (registrati nello stesso periodo di osservazione della presente campagna di misurazione indicativa), evidenzia una condizione di invarianza rispetto alle relazione fra tipologia di stazioni (traffico/fondo) visti a livello comunale: da una parte si osserva una discontinuità dei livelli di concentrazione degli indicatori rispetto alla stazione di traffico di P.za Repubblica (Levane: media biossido di azoto -47 %; media PM10 -19 %), e dall'altra, una sostanziale continuità alla stazione di fondo urbano di Acropoli (Levane: media biossido di azoto +21 %; media PM10 +5 %).

In particolare, i valori di materiale particolato PM10 sono sostanzialmente equivalenti alla stazione di Arezzo – Acropoli.

Si fa presente che i valori degli indicatori elaborati per l'intero anno 2014 dalle stazioni fisse di P.za Repubblica ed Acropoli hanno fornito una situazione conformità ai rispettivi valori limite.

Sia su scala comunale, che su scala provinciale, la postazione di Levane presenta pertanto valori caratterizzati da discontinuità rispetto ai contesti sottesi alle stazioni fortemente influenzate dal traffico autoveicolare ed una sostanziale confrontabilità con i livelli delle stazioni di fondo urbano.

Le elaborazioni grafiche polari riguardanti il biossido di azoto mettono in rilievo contributi dai settori Sud-Ovest, Sud-Sud-Ovest e Nord-Nord-Ovest; in particolare, il contributo più rilevante è fornito dal settore Sud-Sud-Ovest. Si osserva che nel settore Nord-Nord-Ovest è presente l'impianto di cogenerazione.

La zona è caratterizzata dalla presenza di alcune sorgenti di emissione puntuali di molteplice tipologia; le analisi condotte sulle serie dati disaggregate e riaggregate in relazione ai dati di impianto di cogenerazione (dati di energia attiva immessa forniti dalla Società Montevarchi Energie), nonché le elaborazioni polari biossido di azoto/direzione del vento, forniscono informazioni che il contributo dell'impianto di cogenerazione sul contesto di aria ambiente della zona potrebbe essere tale da non determinare variazioni di valutazione riferite ai valori limite di qualità dell'aria fissati a tutela della salute umana.

Si precisa che spesso gli eventi disturbanti sull'aria ambiente sono solitamente di breve durata e sono soggetti alle azioni di dispersione, trasporto e diffusione dell'atmosfera che determinano un effetto di diluizione dei livelli degli inquinanti in aria ambiente, brevi eventi emissivi, non determinano generalmente effetti significativi sui dati di qualità dell'aria, i cui valore limite, si riferiscono al tempo di mediazione minimo della media oraria.

La rilevazione dello stato della qualità dell'aria si riferisce alla misurazione degli inquinanti in aria ambiente registrandone le relative variazioni temporali. Sono pertanto rilevati con queste misure gli effetti di tutte le sorgenti emissive che generano contributi nella zona; ne consegue

che queste misurazioni non riguardano in maniera esclusiva i singoli impianti, i quali devono essere verificati con altri tipi di controlli puntuali (verifica delle emissioni in atmosfera, verifica dello stato di efficienza degli impianti di depurazione, controllo della gestione dei processi produttivi).

Allegato 1. Elaborazioni integrative

1.1 Distribuzione dei livelli di concentrazione – grafici box plot

La tabella sottostante visualizza i dati di sintesi (comprensivi della media annuale) elaborati nell'intero periodo di osservazione, per biossido di zolfo, ossidi di azoto, biossido di azoto, benzene, toluene, biossido di zolfo (medie orarie) e materiale particolato PM10 (medie giornaliere).

Tabella 1.1.1 dati di sintesi biossido di zolfo, ossidi di azoto totali, biossido di azoto, materiale particolato PM10, ozono e monossido di carbonio

	SO ₂ µg/m ³	NO _x µg/m ³	NO ₂ µg/m ³	PM10 µg/m ³	O ₃ µg/m ³	CO mg/m ³
1 Quartile	3	14	11	15	13	0,1
Minimo	0,4	2	1	4	2	0,0
Media	3	41	24	22	41	0,4
Mediana	3	26	19	20	39	0,3
Massimo	14	359	106	47	121	1,9
3 Quartile	4	49	33	28	63	0,5
Deviazione standard	1	42	17	10	29	0,3

NO₂ = biossido di azoto

NO_x = ossidi di azoto totali

SO₂ = biossido di zolfo

PM10 = materiale particolato PM10

CO = monossido di carbonio

O₃ = ozono

Grafico 1.1.1 Grafico Box Plot campagna di misurazione biossido di zolfo, biossido di azoto, materiale particolato PM10 ed ozono

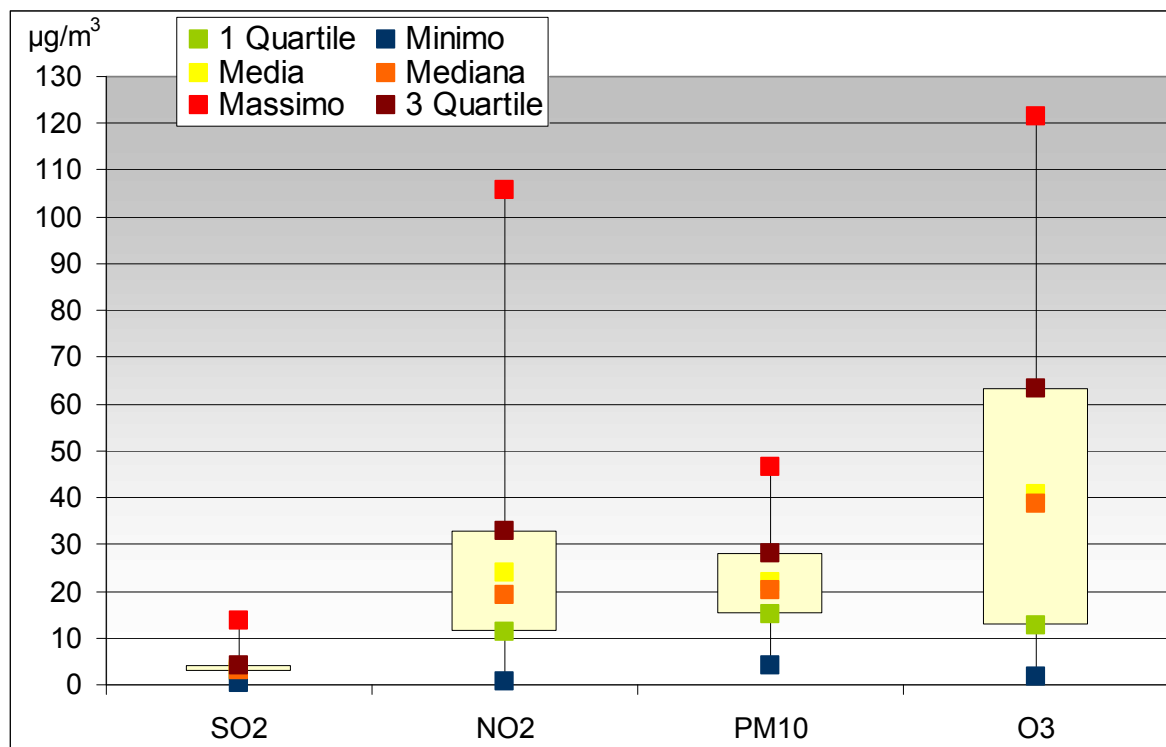


Grafico 1.1.2 Grafico Box Plot stagionale biossido di zolfo

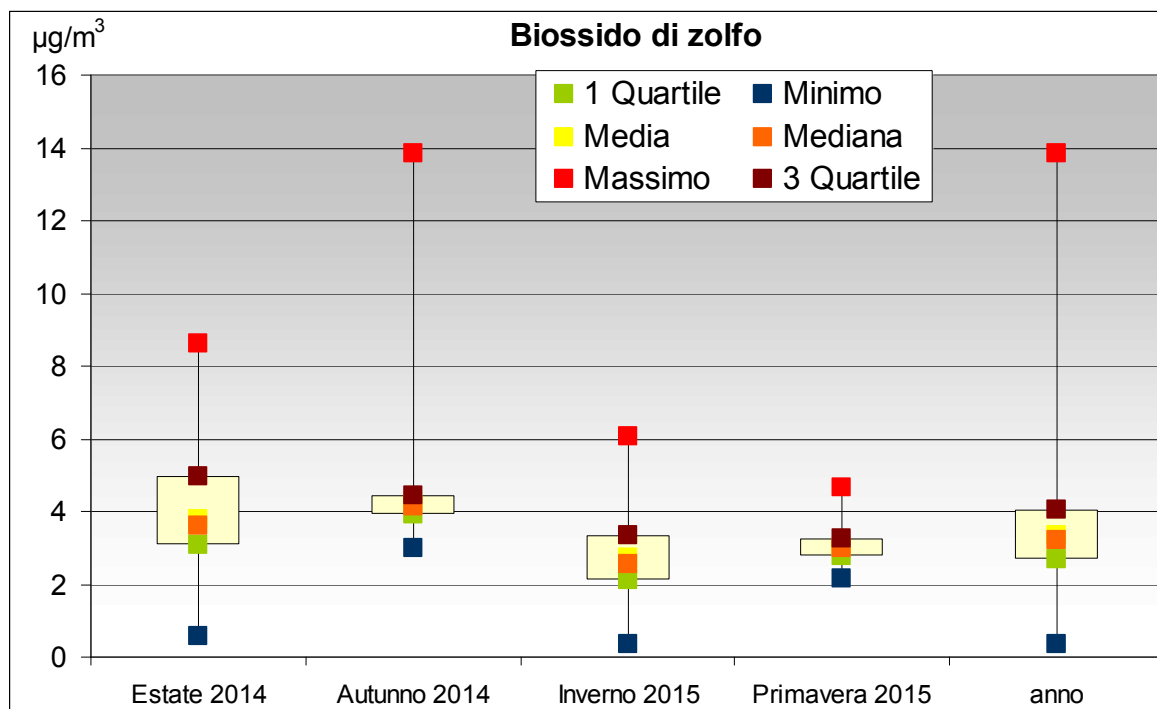


grafico 1.1.3 grafico box plot stagionale biossido di azoto

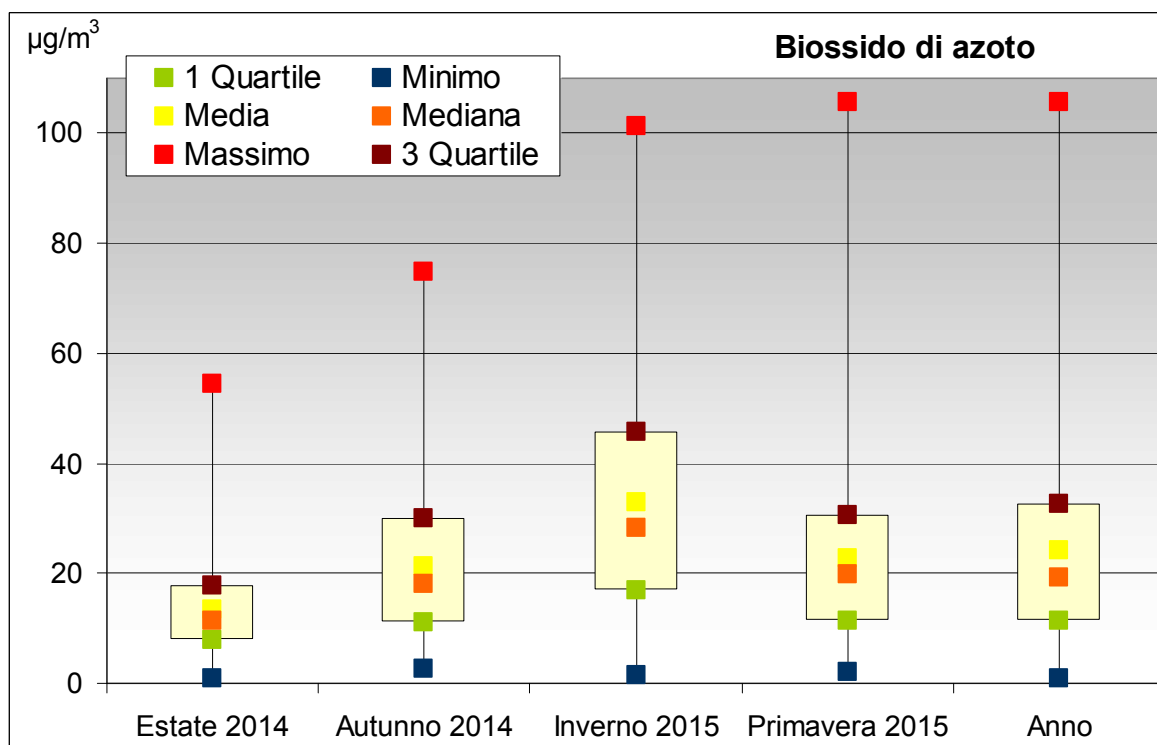


grafico 1.1.4 grafico box plot stagionale materiale particolato PM10

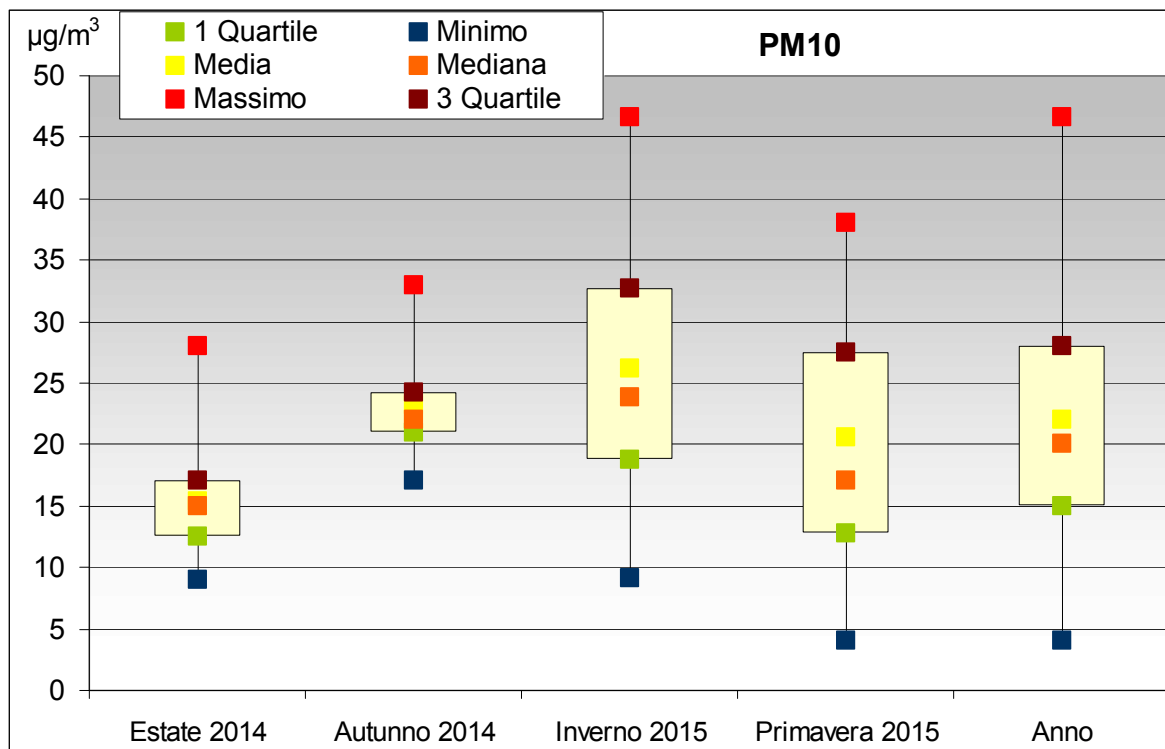


grafico 1.1.5 grafico box plot stagionale monossido di carbonio

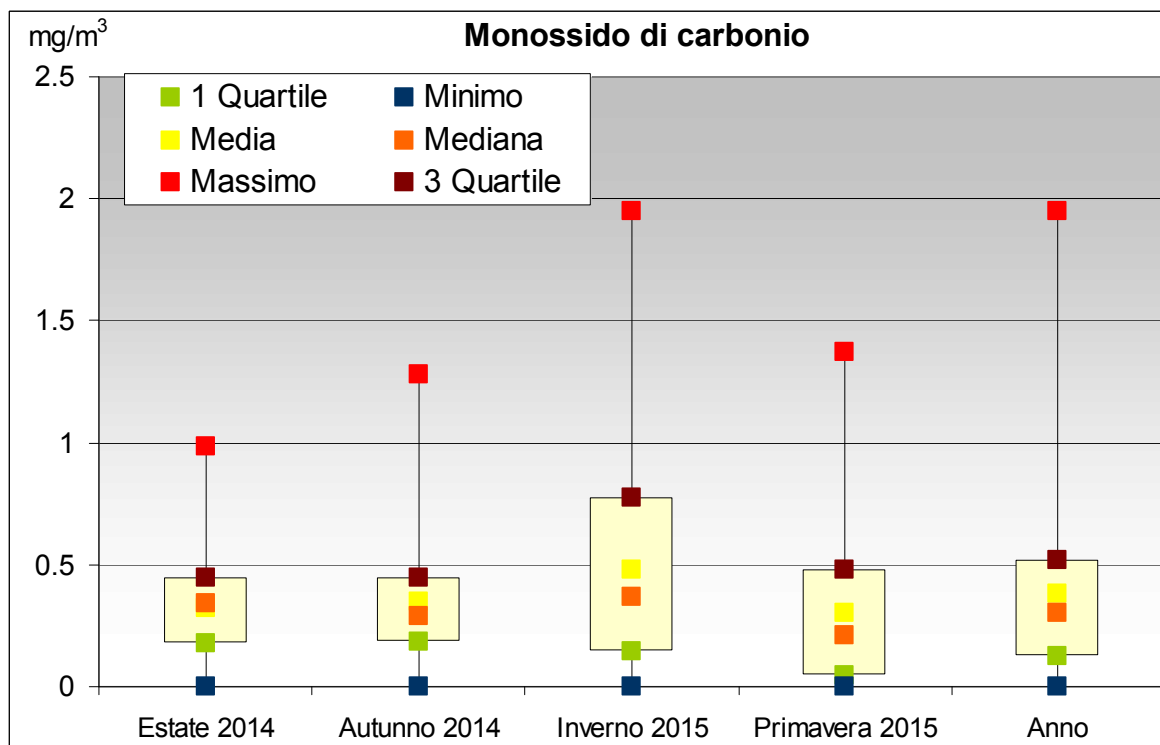
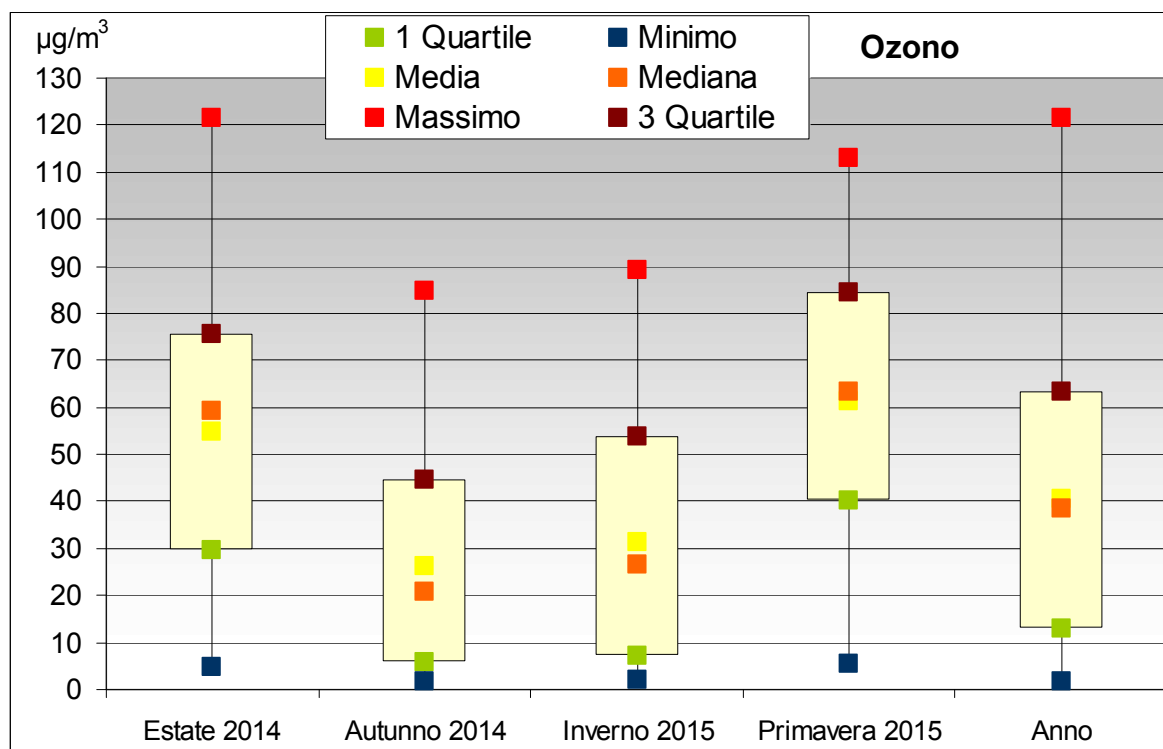


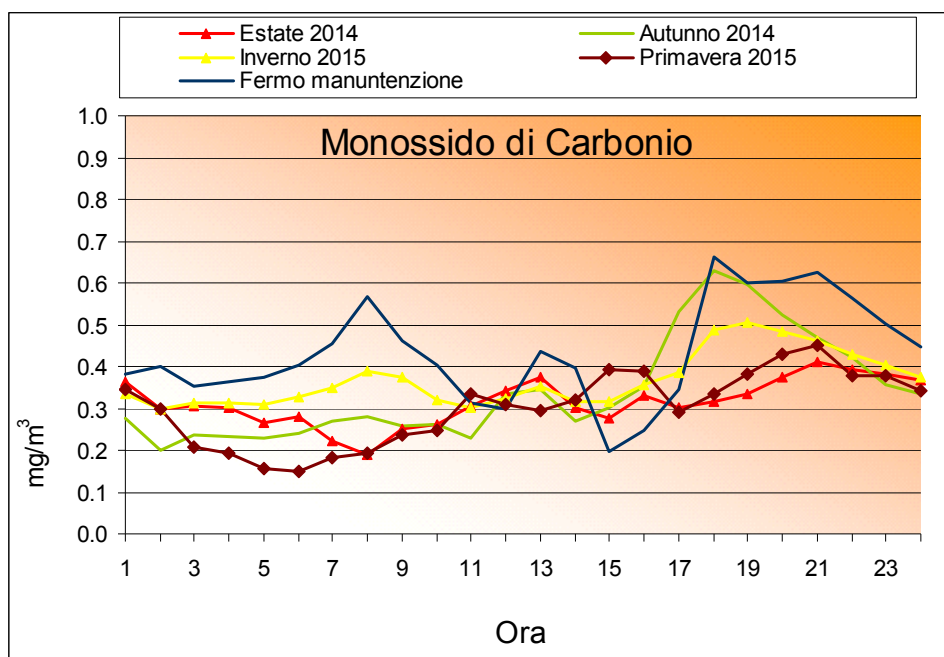
grafico 1.1.6 grafici box plot stagionale ozono



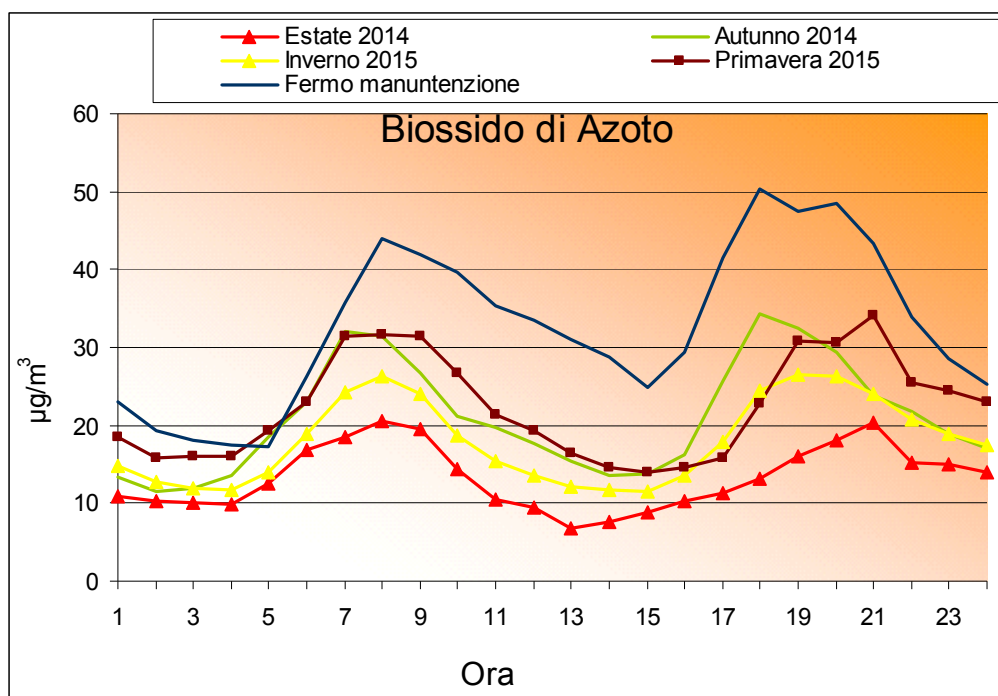
1.2 Giorni tipo

Le elaborazioni relative al giorno tipo, descrivono l'andamento temporale dell'inquinante in una giornata "media" che è l'espressione di tutto il periodo di osservazione esaminato, evidenziando la presenza di situazioni caratteristiche del contesto dell'aria ambiente della zona. In questa elaborazione, i valori relativi alle singole ore della giornata, rappresentano il valore medio del livello di concentrazione registrato alla stessa ora in tutta la campagna di misura (ad esempio il dato delle ore 1 è dato dalla media di tutti i valori rilevati all'ora 1 del periodo esaminato). Oltre alle elaborazioni riferite alle campagne stagionali, le elaborazioni grafiche mostrano anche gli andamenti orari tipici del periodo relativo al fermo impianto di cogenerazione per manutenzione, i cui livelli di concentrazioni in aria ambiente sono stati misurati dall'autolaboratorio nel periodo 28 gennaio – 6 febbraio 2015.

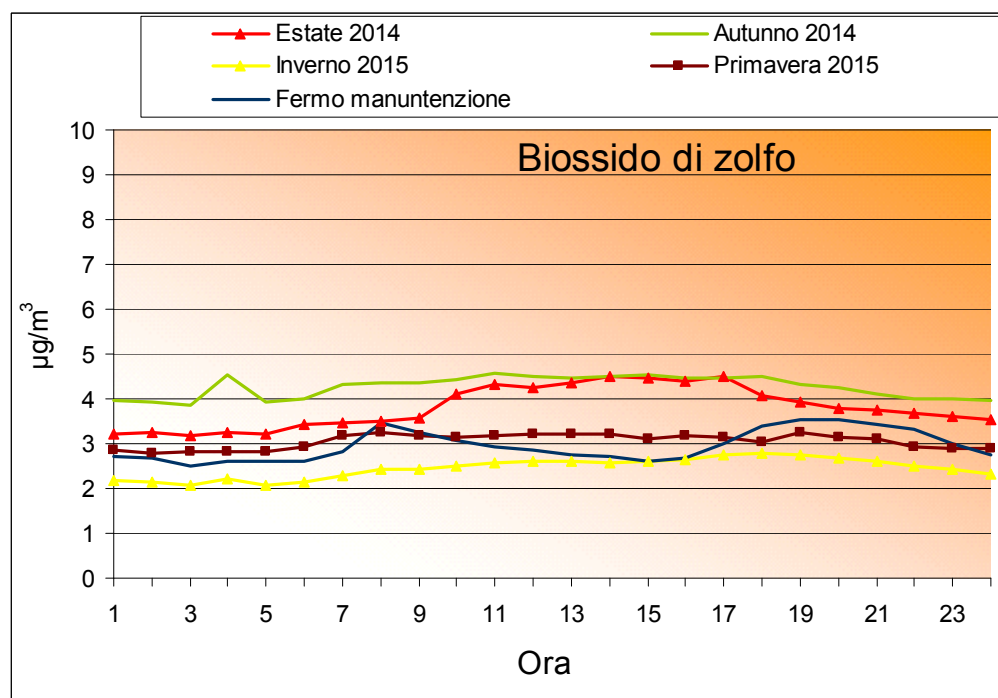
1.2.1 grafico giorno tipo monossido di carbonio



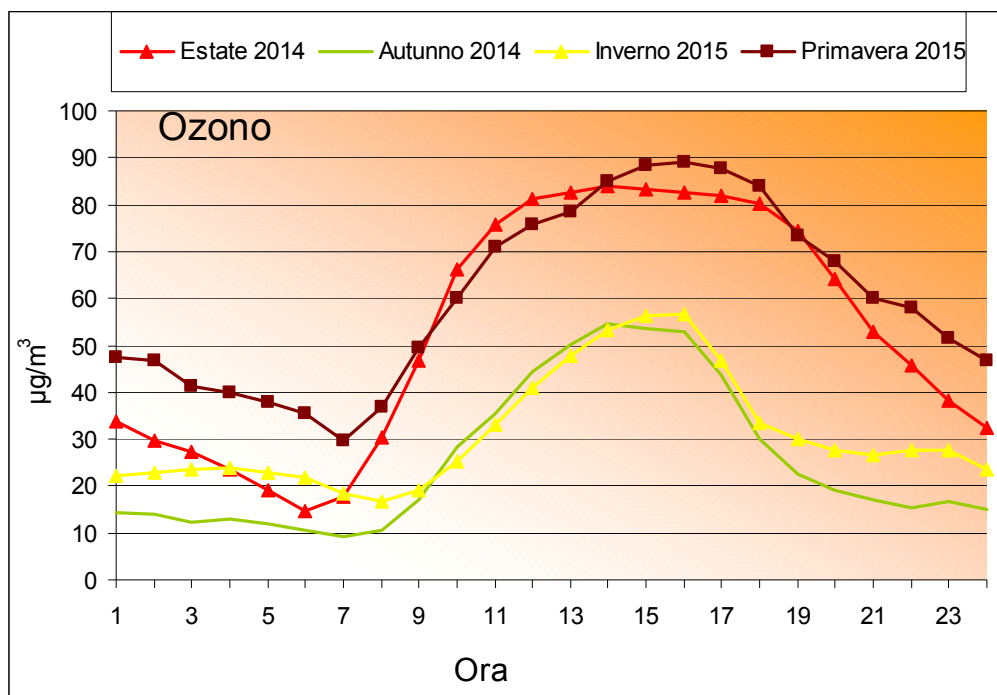
1.2.2 grafico giorno tipo biossido di azoto



1.2.3 grafico giorno tipo biossido di zolfo



1.2.4 grafico giorno tipo ozono



1.3 Confronto con gli andamenti registrati dalle stazioni fisse di P.za Repubblica ed Acropoli

Biossido di azoto NO₂ - valori medi orari

grafico 1.3.1. andamenti orari NO₂ 5 agosto 2014 - 7 aprile 2015 Levane - Ar P.za Repubblica

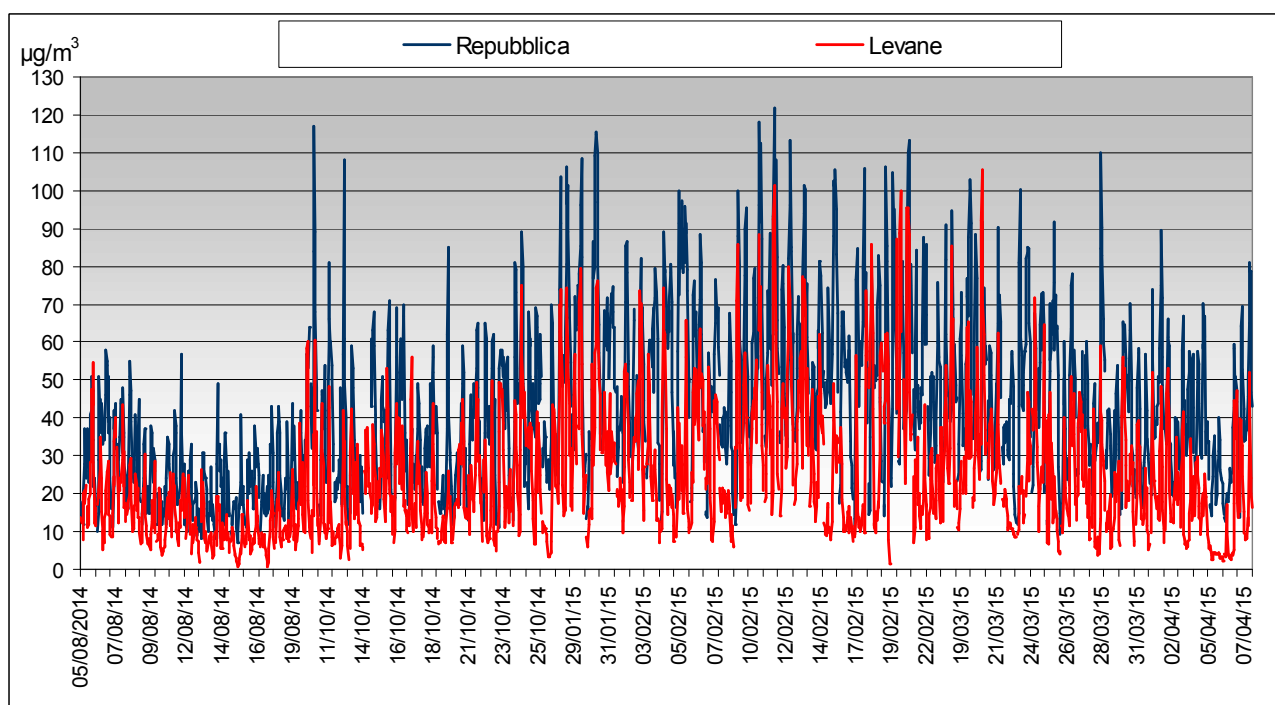
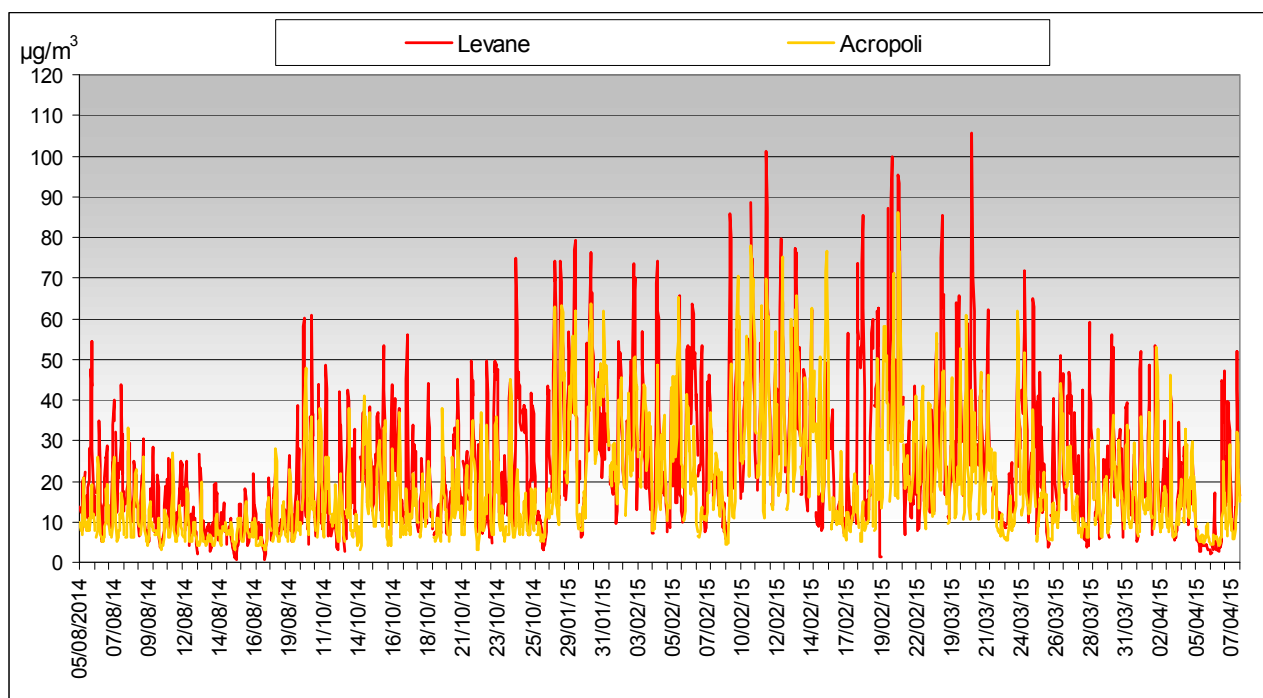
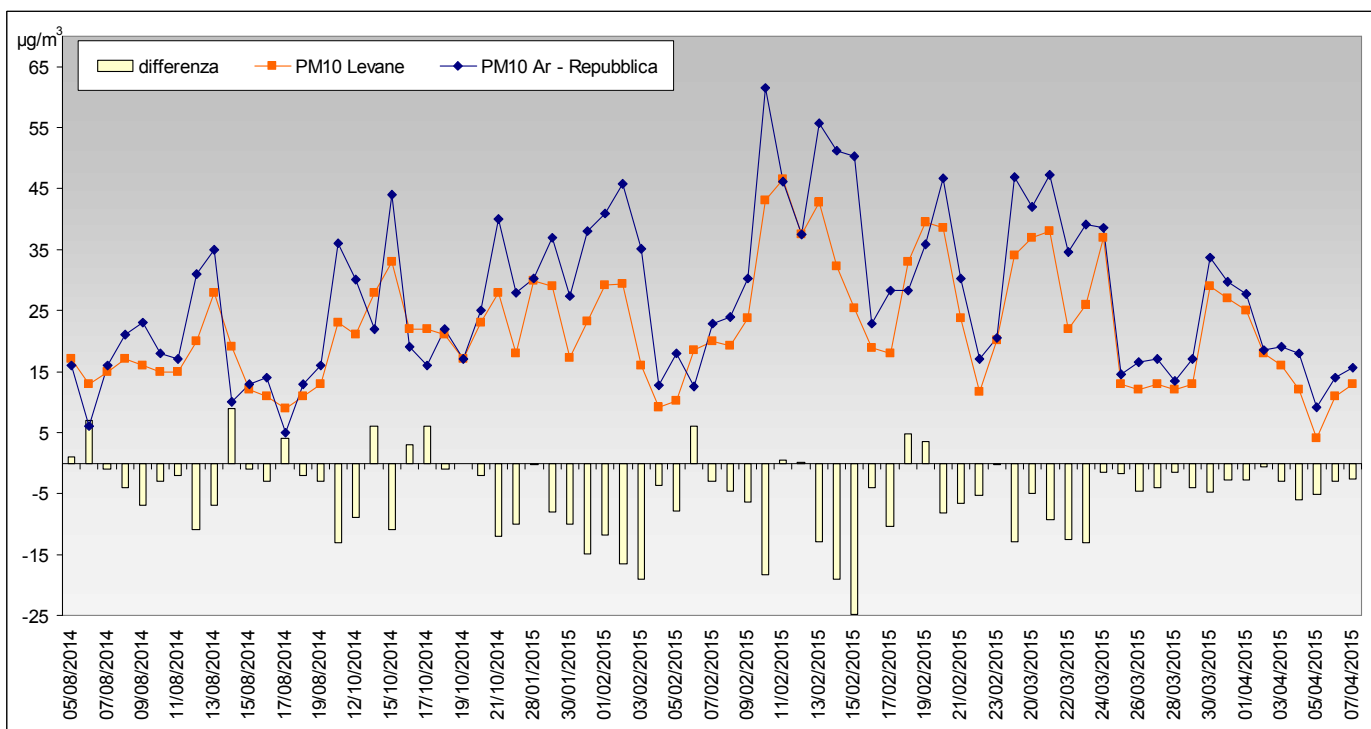


grafico 1.3.2. andamenti orari NO₂ 5 agosto 2014 – 7 aprile 20154 Levane – Ar Acropoli

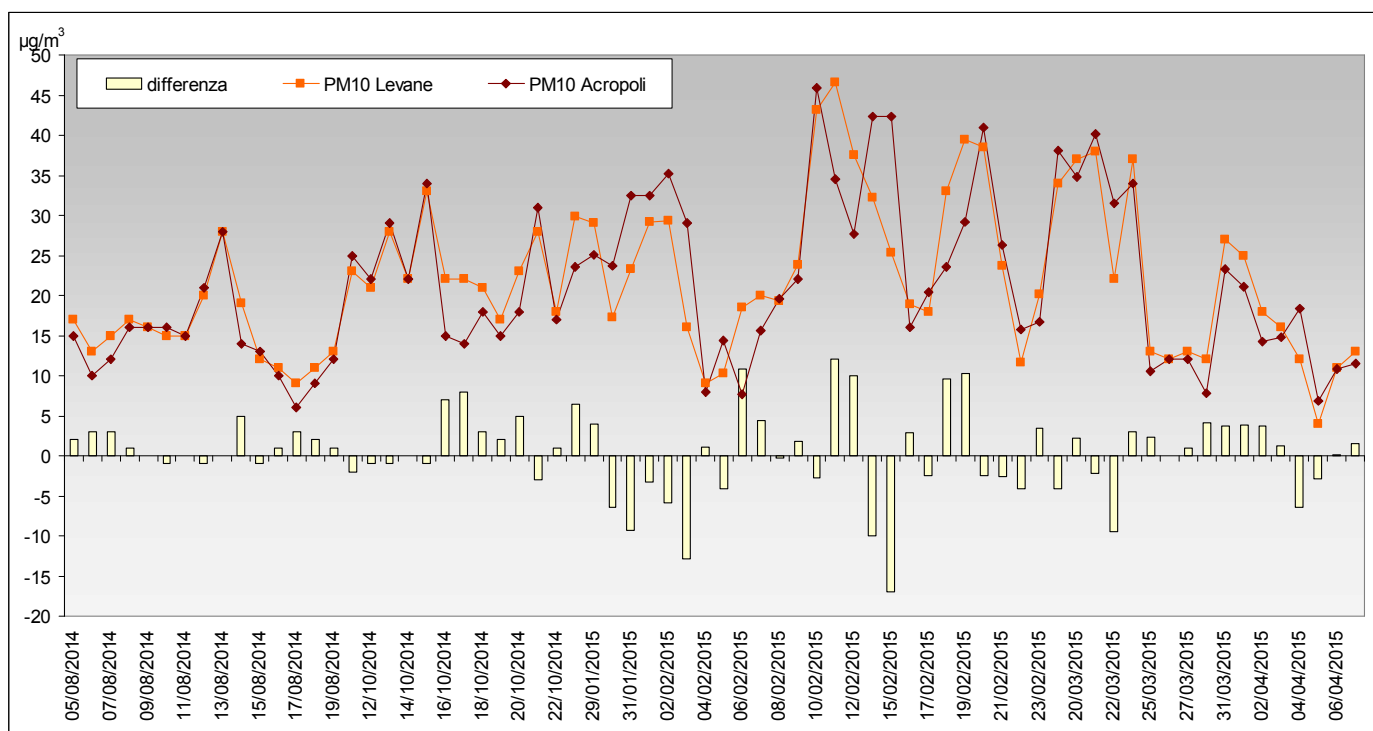


Materiale particolato – valori medi giornalieri

PM10 - grafico 1.3.3 andamenti giornalieri 5 agosto 2014 – 7 aprile 20154 Levane – Ar P.za Repubblica



PM10 - grafico 1.3.4 andamenti giornalieri 21 5 agosto 2014 – 7 aprile 20154 Levane – Ar Acropoli



1.4 Grafici a dispersione Via Giove - Levane, P.za Repubblica ed Acropoli

Materiale Particolato PM10

Grafico 1.4.1 dispersione valori giornalieri Via Giove - Levane/P.za Repubblica

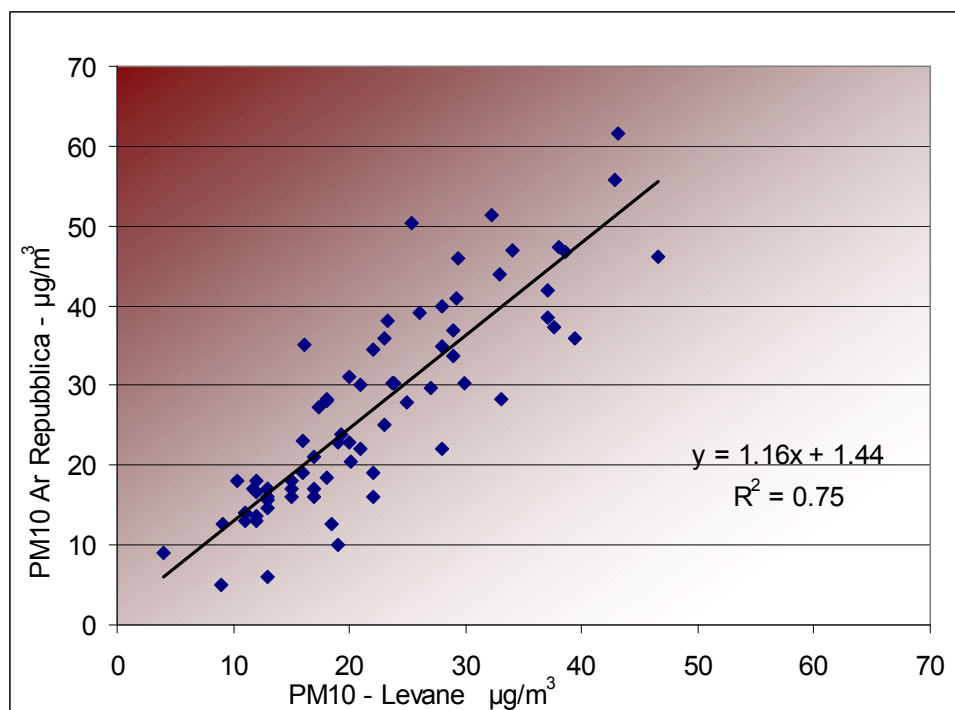
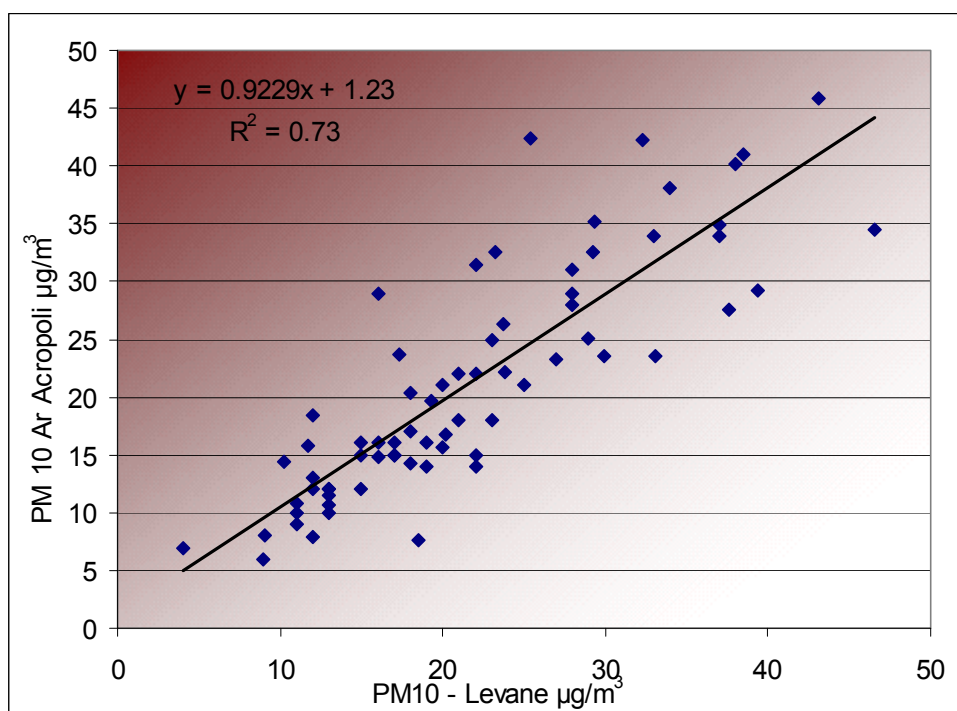


Grafico 1.4.2 dispersione valori giornalieri Via Giove - Levane /Acropoli



Biossido di azoto NO_2

Grafico 1.4.3 dispersione valori orari Via Giove - Levane/P.za Repubblica

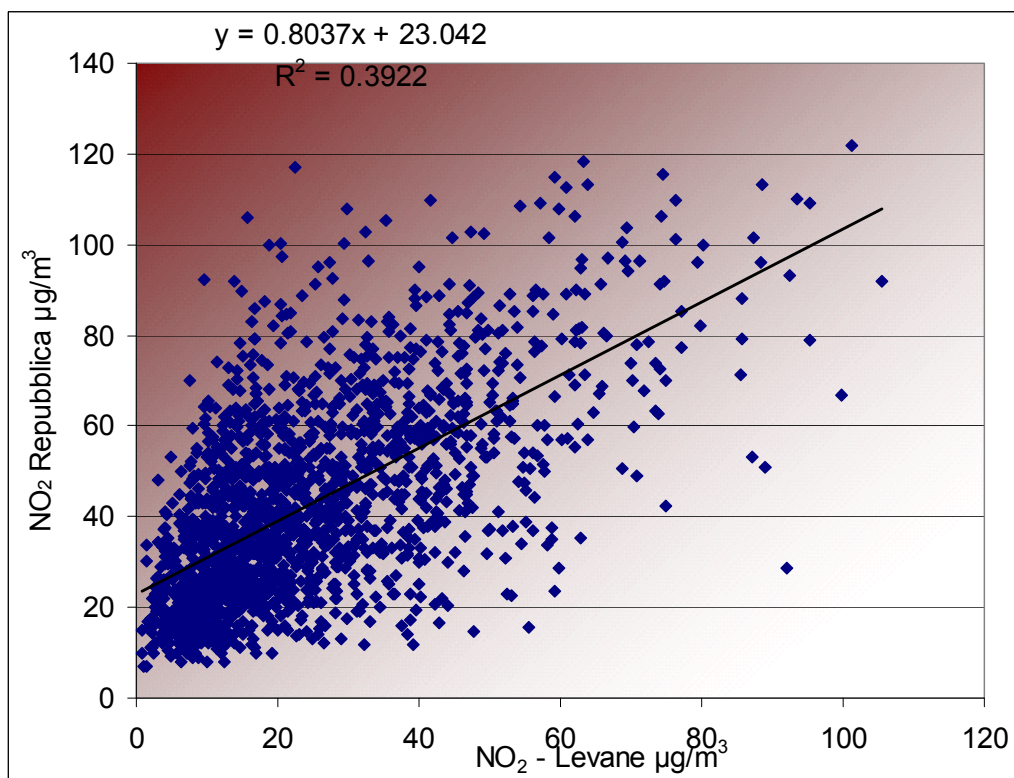
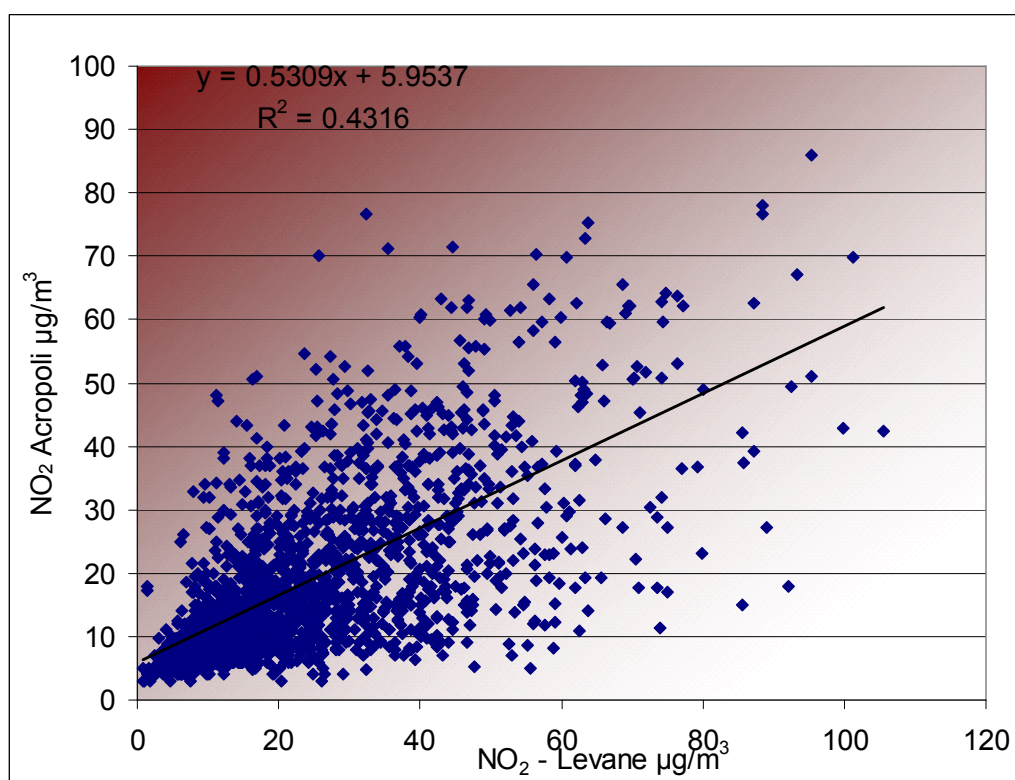
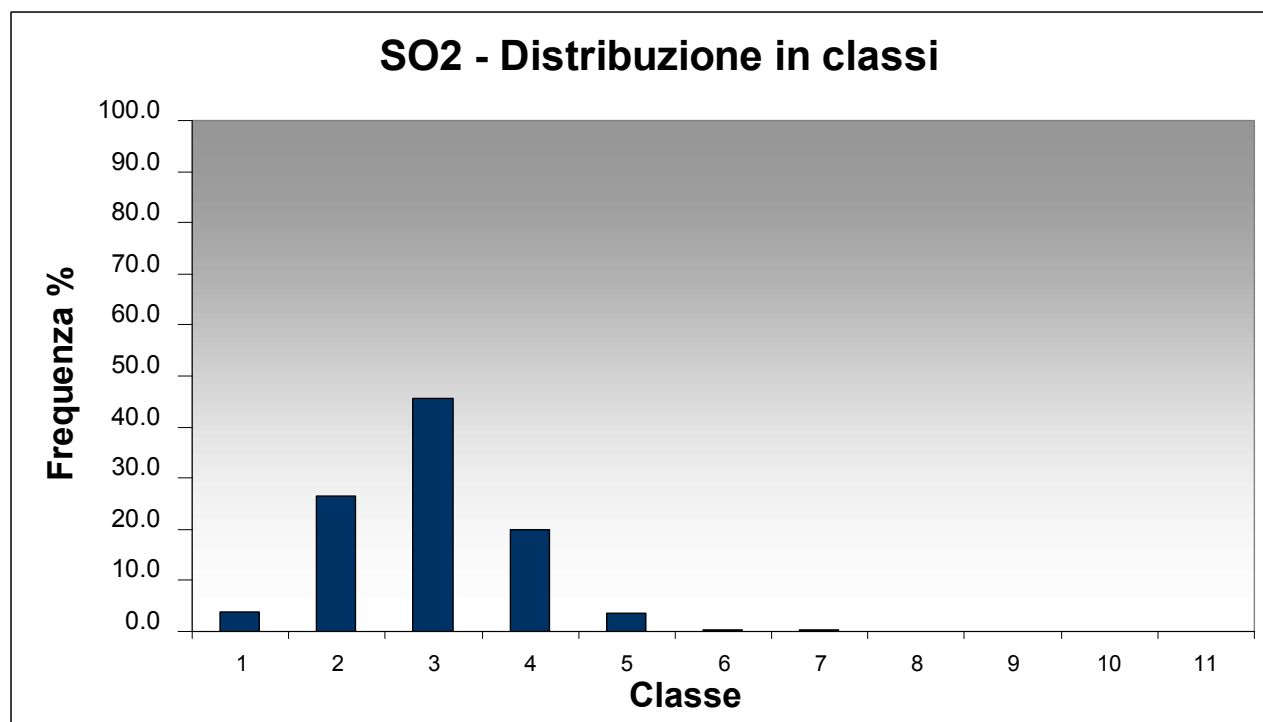


Grafico 1.4.4 dispersione valori orari Via Giove - Levane/Acropoli



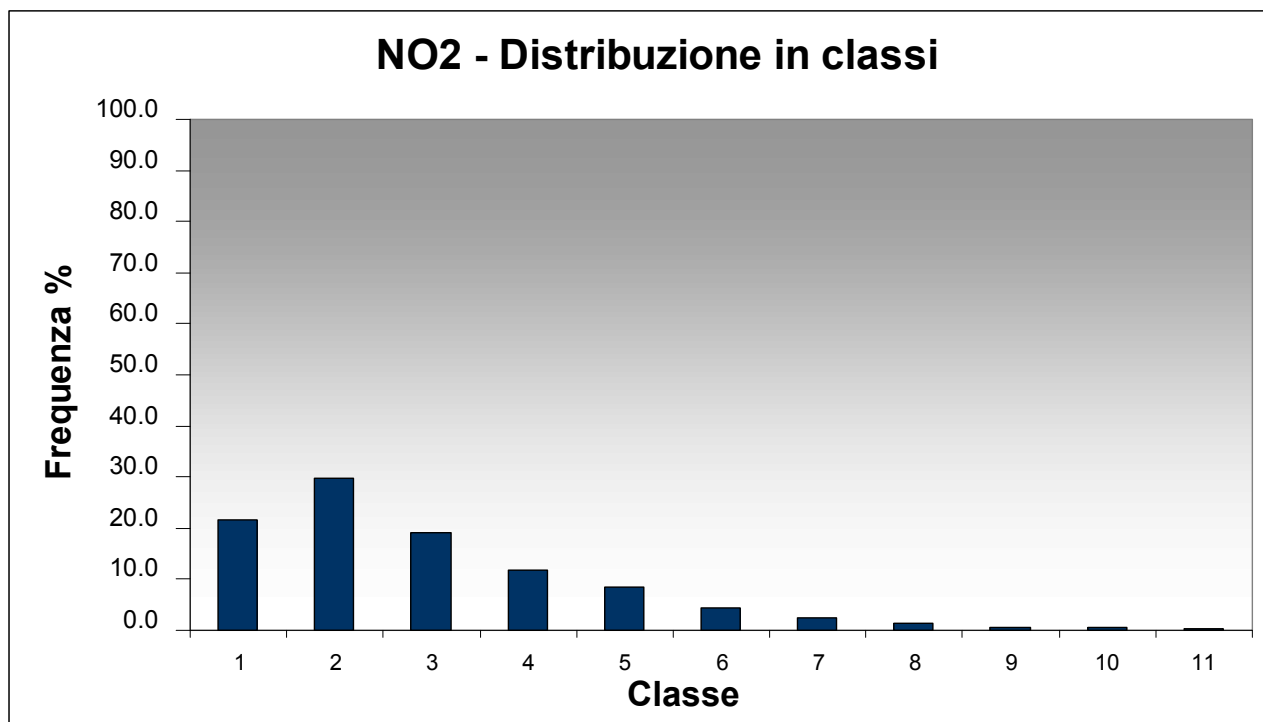
1.5 Distribuzione in classi

grafico 1.5.1. istogramma distribuzione in classi biossido di zolfo



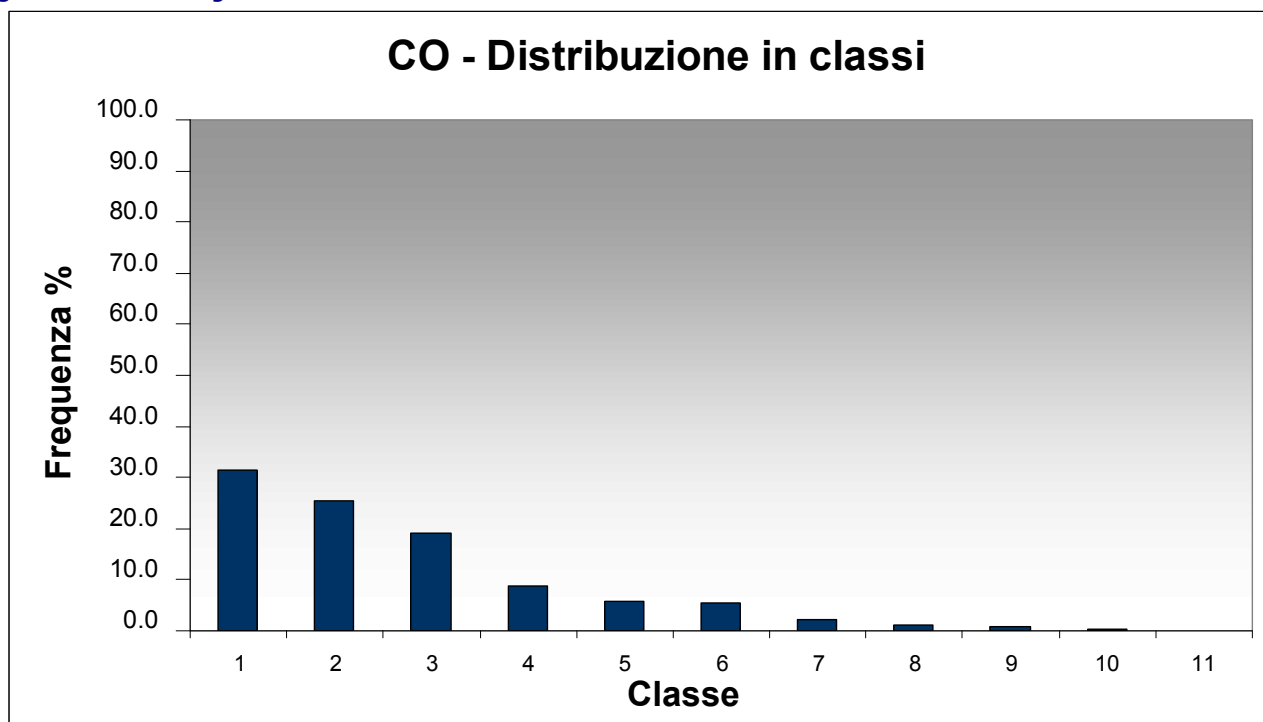
Estremi classe	Min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	0	2
2	2	3
3	3	4
4	4	5
5	5	6
6	6	8
7	8	9
8	9	10
9	10	11
10	11	13
11	13	14

grafico 1.5.2. istogramma distribuzione in classi biossido di azoto



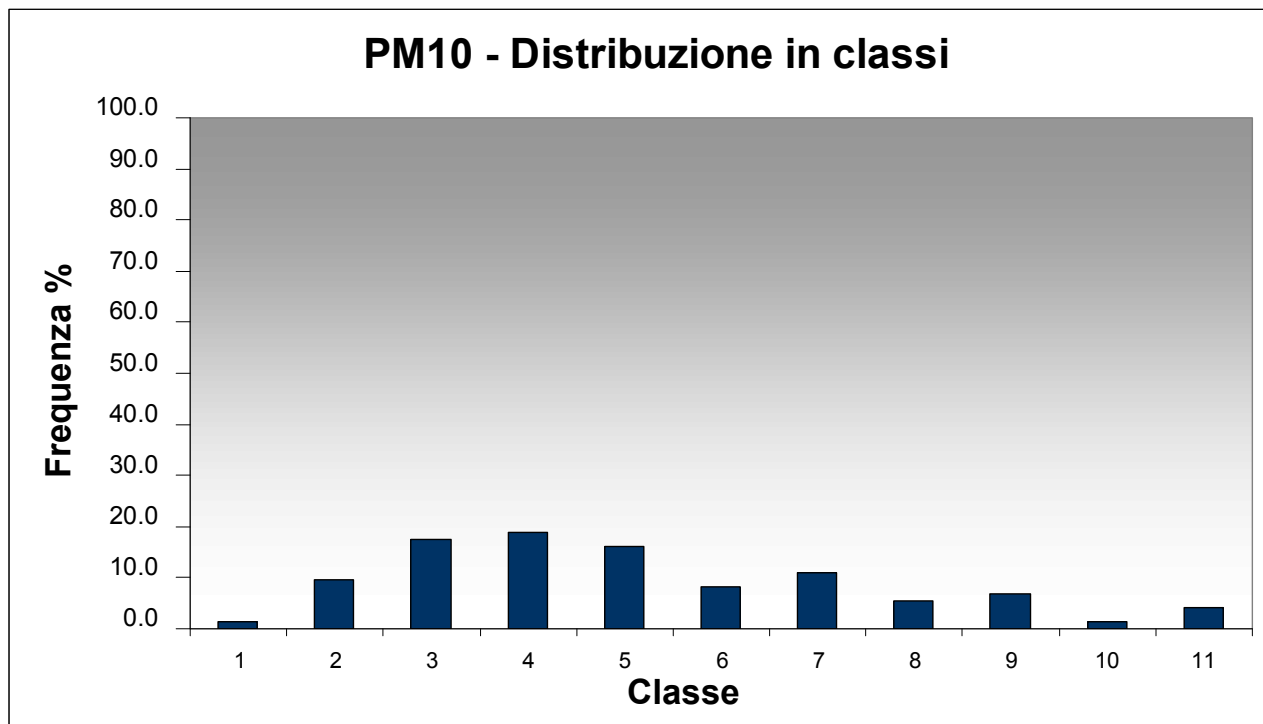
Estremi classe	Min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	1	10
2	10	20
3	20	29
4	29	39
5	39	48
6	48	58
7	58	67
8	67	77
9	77	87
10	87	96
11	96	106

grafico 1.5.3. istogramma distribuzione in classi monossido di carbonio



Estremi classe	Min (mg/m ³)	Max (mg/m ³)
1	0,0	0,2
2	0,2	0,4
3	0,4	0,5
4	0,5	0,7
5	0,7	0,9
6	0,9	1,1
7	1,1	1,2
8	1,2	1,4
9	1,4	1,6
10	1,6	1,8
11	1,8	1,9

grafico 1.5.4. istogramma distribuzione in classi materiale particolato PM10



Estremi classe	Min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	4	8
2	8	12
3	12	16
4	16	19
5	19	23
6	23	27
7	27	31
8	31	35
9	35	39
10	39	43
11	43	47

1.6 Andamenti stagionali 2014 – 2015

grafico 1.6.1. istogramma andamenti stagionali indicatori di NO₂, NO_x, PM10

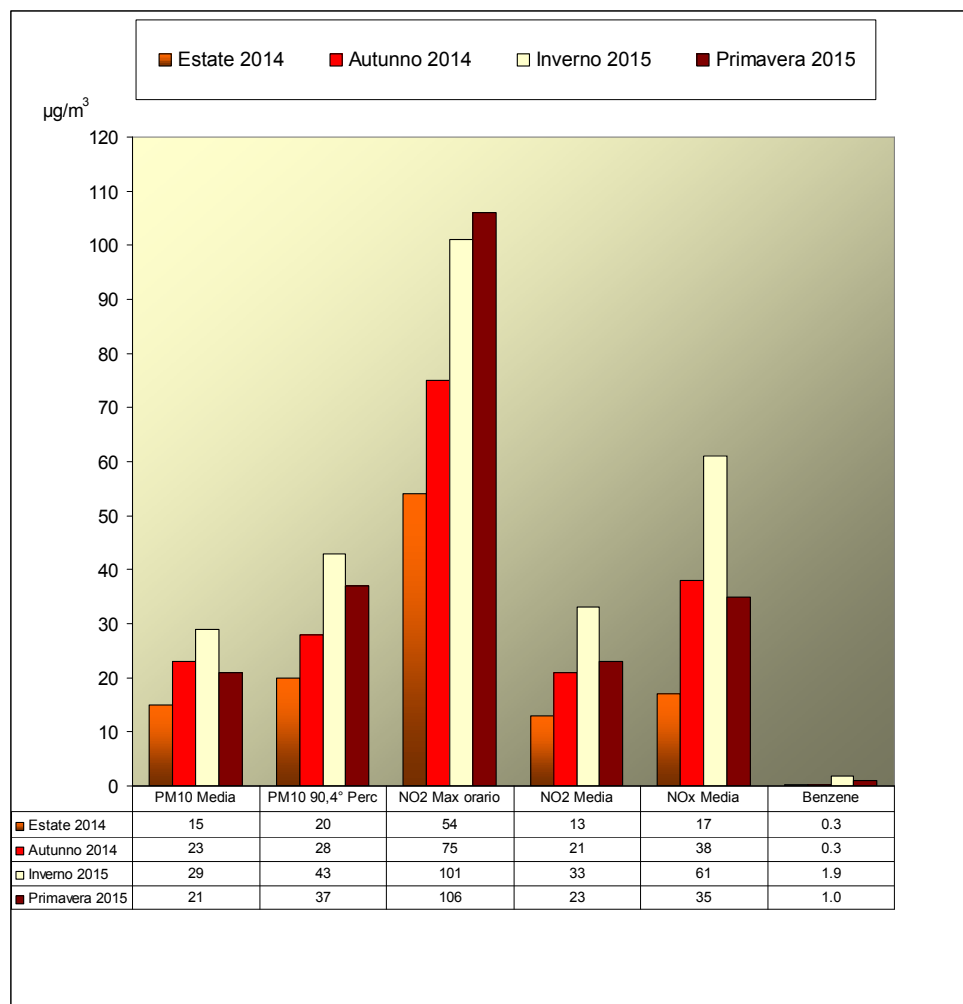
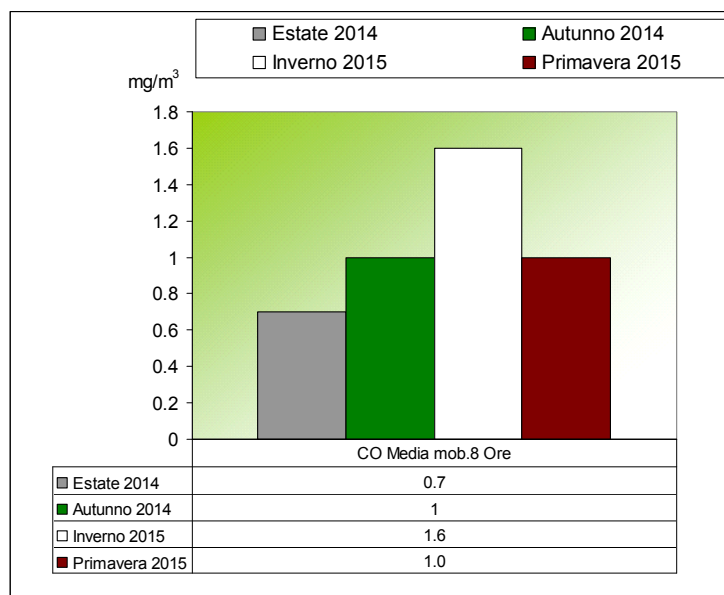


grafico 1.6.2. istogramma andamenti stagionali indicatori di CO



NO₂ = biossido di azoto

NO_x = ossidi di azoto totali

PM10 = materiale particolato PM10

Allegato 2 elaborazione dei dati meteorologici

Grafico 2.1 rosa dei venti 5 agosto 2014 - 7 aprile 2015

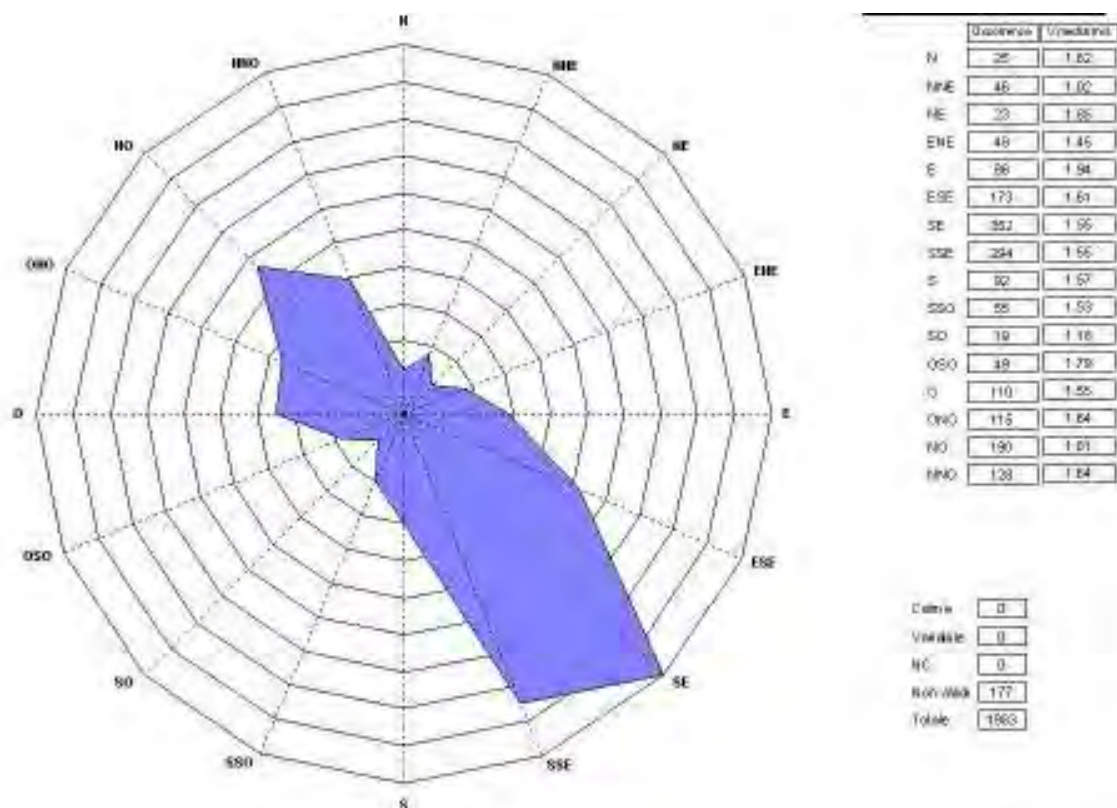


Grafico 2.2 rosa dei venti estate 2014

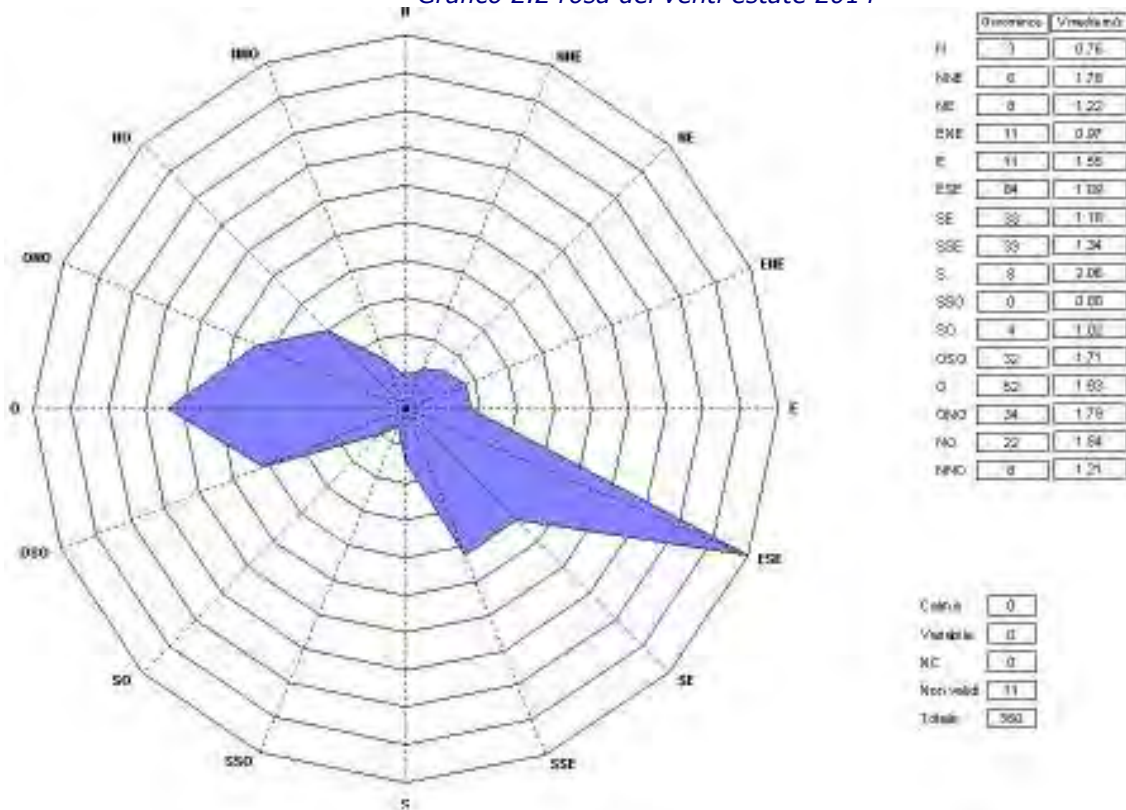


Grafico 2.3 rosa dei venti autunno 2014

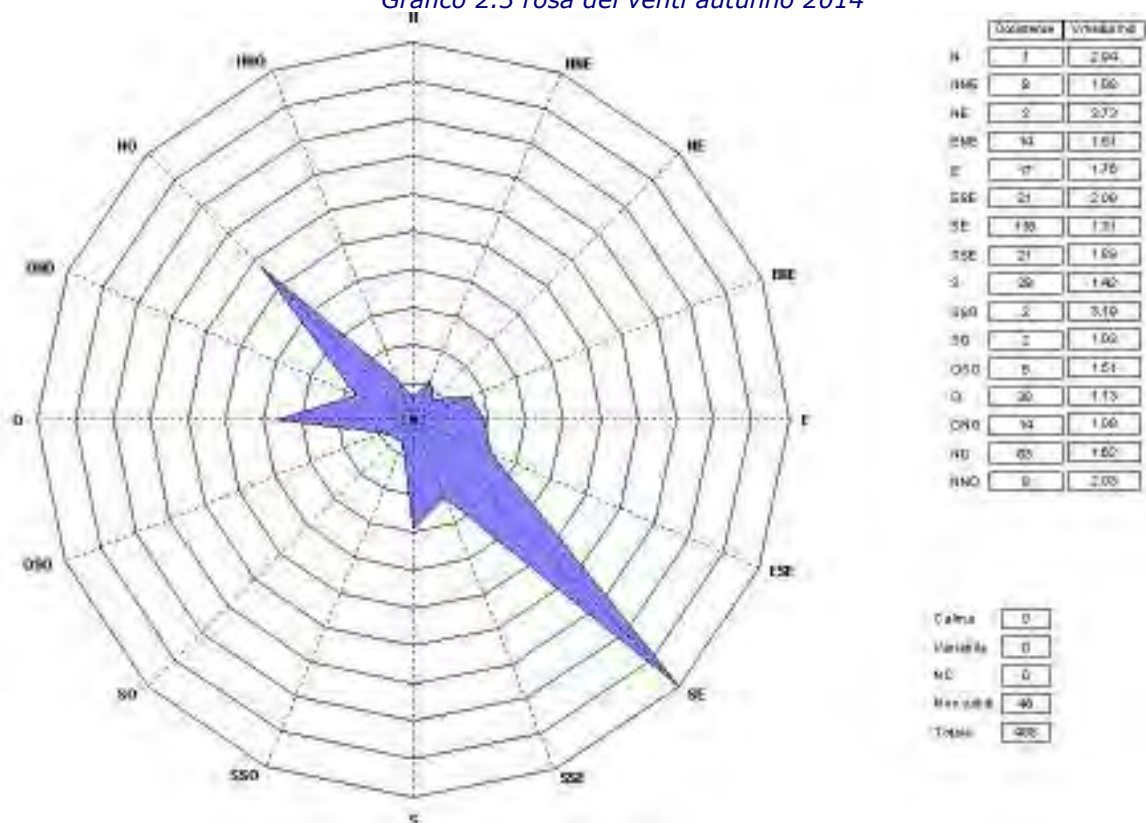


Grafico 2.4 rosa dei venti inverno 2015

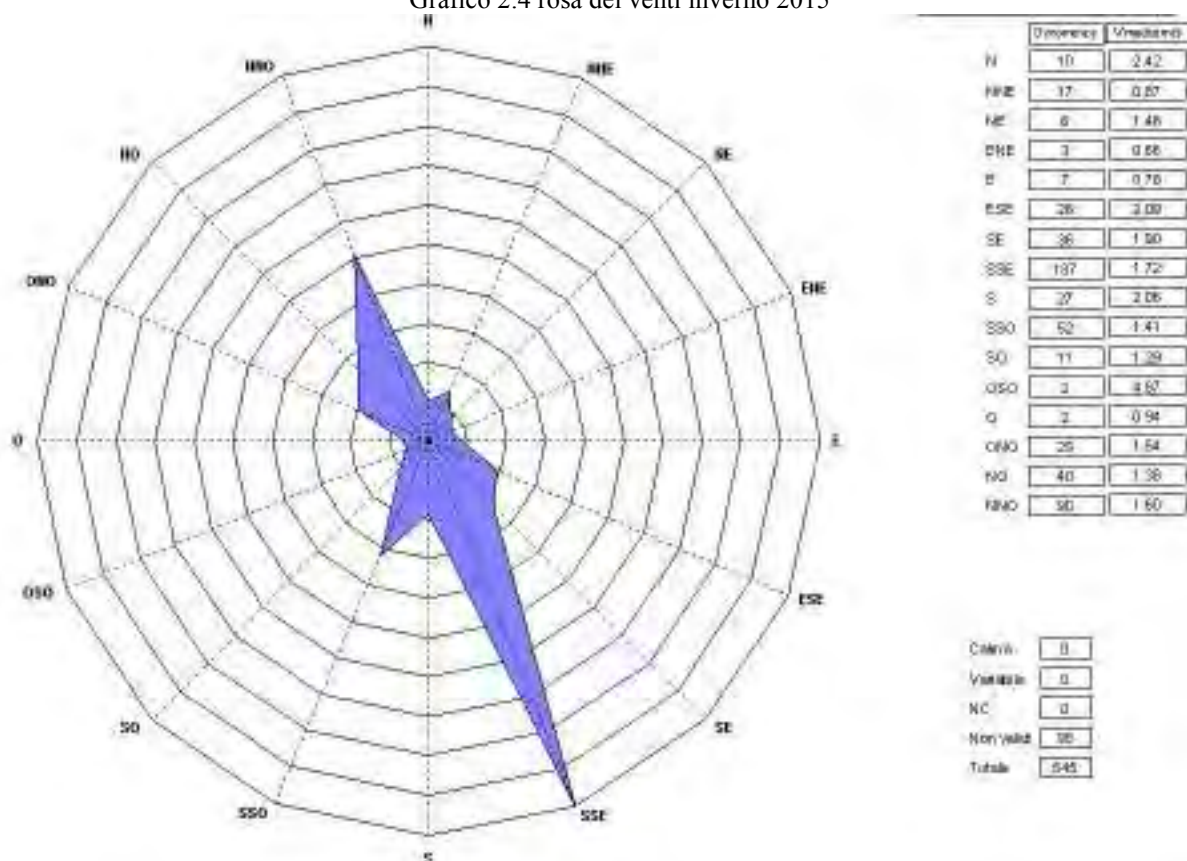
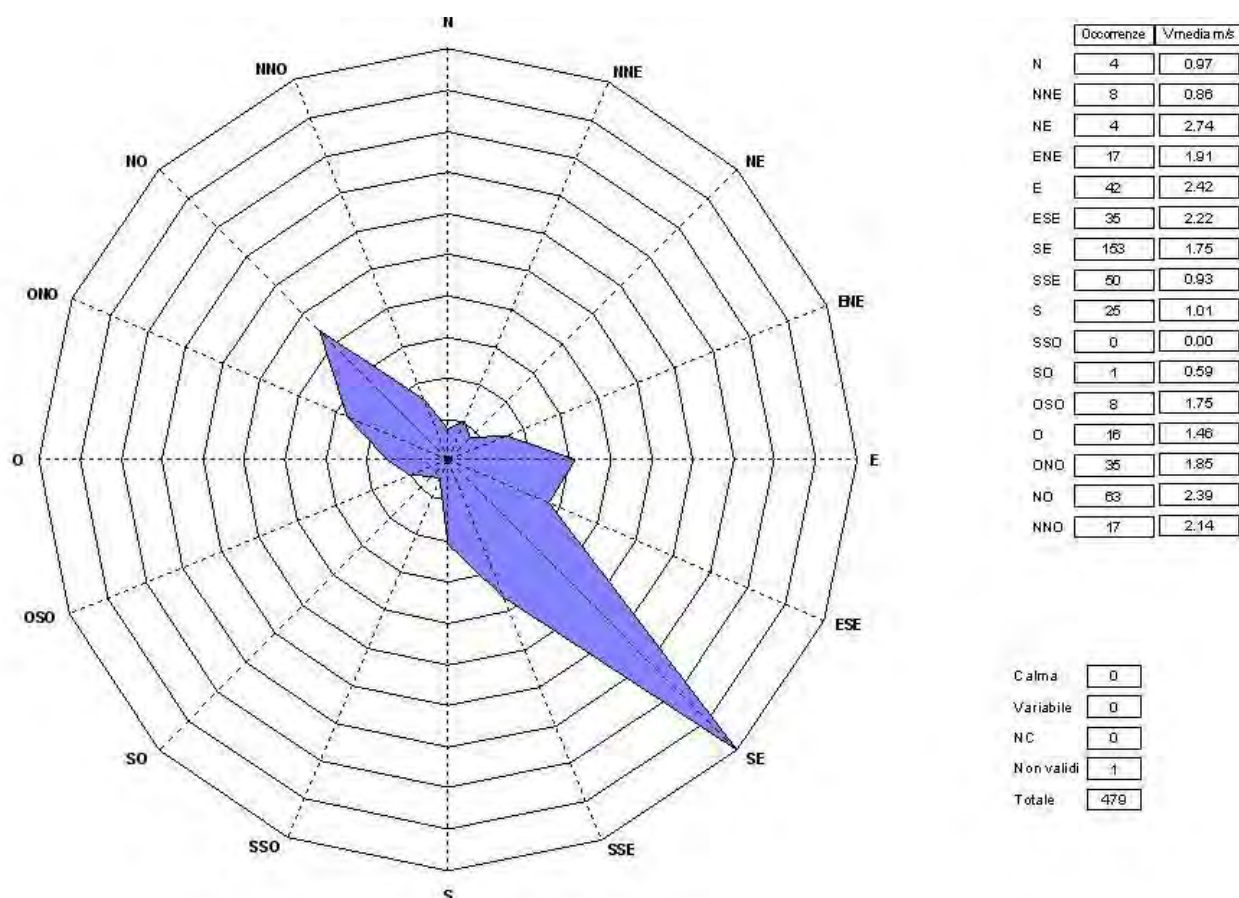


Grafico 2.5 rosa dei venti primavera 2015



Velocità del vento

Grafico 2.6 giorno tipo

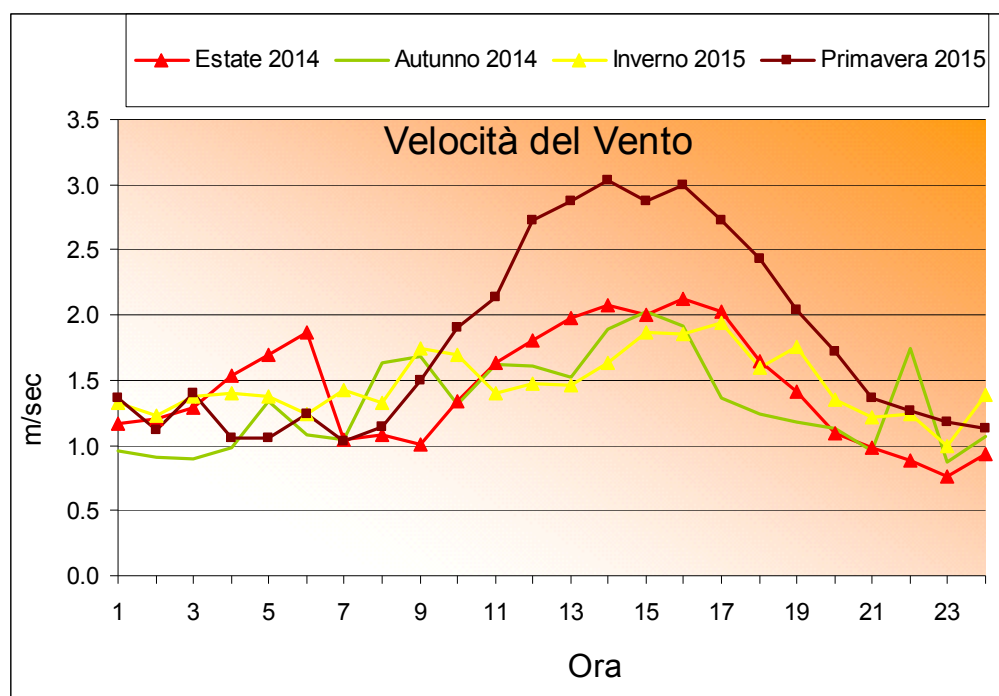
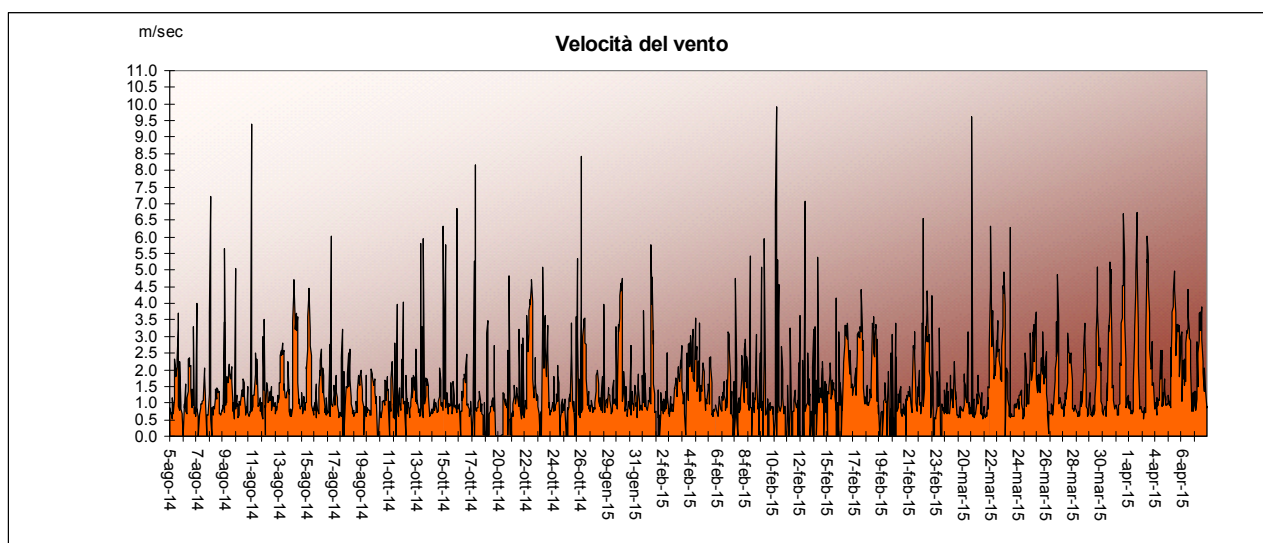
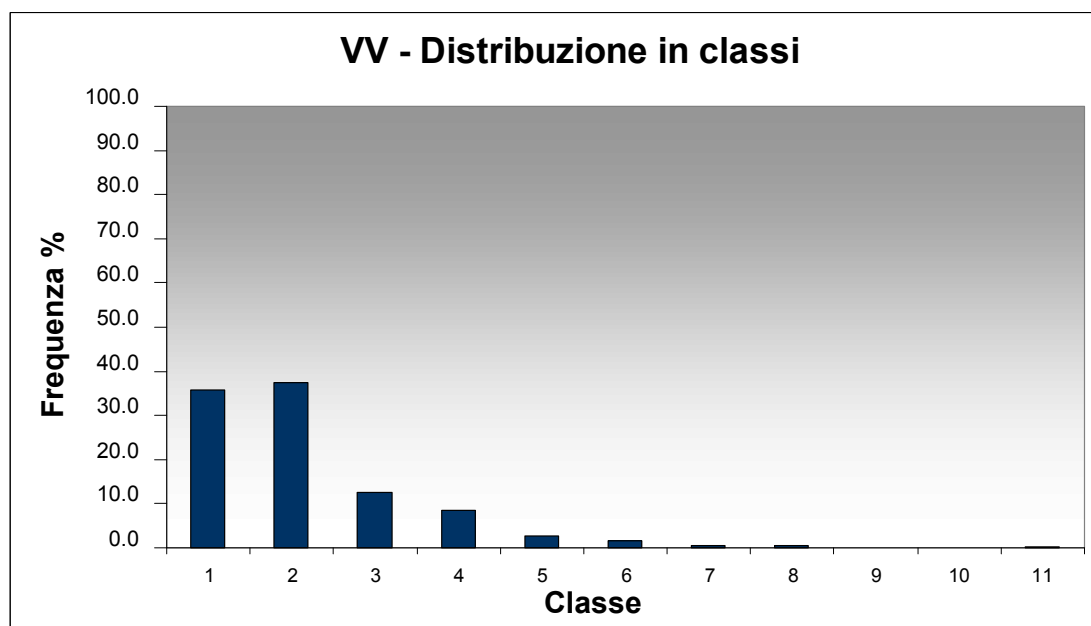


grafico 2.7 andamenti valori medi orari



Il valore massimo della velocità del vento è stato raggiunto il giorno 8 marzo 2014 alle ore 13 con 5,8 m/sec.

grafico 2.8 andamenti valori medi orari



Estremi classe	Min (m/sec)	Max (m/sec)
1	0,0	0,9
2	0,9	1,8
3	1,8	2,7
4	2,7	3,6
5	3,6	4,5
6	4,5	5,4
7	5,4	6,3
8	6,3	7,2
9	7,2	8,1
10	8,1	9,0
11	9,0	9,9

Allegato 3. Caratteristiche tecniche analizzatori/sensori

tabella 3.1 caratteristiche tecniche analizzatori e sensori meteo

Inquinante	Marca Modello	Inventario	Principio Misura	Limite Rilevabilità	Precisione
O ₃	Monitor Labs ML 8810	4691	Assorbimento UV	4 µg/m ³	dal 20 al 80 % del campo di misura +/- 4 µg/m ³
NO _x	API 200 A	422	Chemiluminescenza	0,7 µg/m ³	0,5% della lettura
SO ₂	API 100 A	1108-1999	Fluorescenza UV	2,6 µg/m ³ (come SO ₂)	Al 20% del campo di misura ≤ 1,6 µg/m ³ All'80% del campo di misura ≤ 6 µg/m ³
CO	Monitor Labs ML 8830	4689	Correlazione Infrarosso	0,2 mg/m ³	dal 20 al 80 % del campo di misura +/- 0,2 mg/m ³
DV	Micros SVDV	4699	Sistema a banderuola ad uscita potenziometrica	0,3 m/sec	1%
VV	Micros SVDV	4699	rotazione a sistema magneti toroidale, sonda ad effetto Hall	0,25 m/sec	+/- 0,25 nel campo 0-20 m/sec +/- 0,7 oltre i 20 m/sec

Allegato 4. Meccanismi di formazione degli inquinanti

OSSIDI DI AZOTO (NO/NO₂)

Il biossido di azoto (NO₂), è un gas di colore rosso bruno, di odore pungente ed altamente tossico, si forma in massima parte in atmosfera per ossidazione del monossido di azoto (NO), inquinante principale che si forma nei processi di combustione derivanti da autoveicoli, impianti di riscaldamento e impianti industriali; più elevata è la temperatura nella camera di combustione, più elevata è la produzione di NO. La concentrazione negli scarichi degli autoveicoli è maggiore in accelerazione e in marcia di crociera. Un'altra fonte di origine del biossido di azoto (NO₂), deriva, come peraltro già accennata per il monossido di azoto (NO), da processi di combustione ad alta temperatura per ossidazione dell'azoto presente nell'aria per il 78%. Il maggior contributo è dato dal traffico autoveicolare e, in ordine decrescente, da diesel pesanti, autovetture a benzina, diesel leggeri e autovetture catalizzate.

POLVERI con diametro aerodinamico < 2,5 µm (PM_{2,5})

Il particolato fine (PM) è un agente inquinante composto da un insieme di particelle che possono essere solide, liquide oppure solide e liquide insieme e che, sospese nell'aria, rappresentano una miscela complessa di sostanze organiche ed inorganiche. Queste particelle variano per dimensione, composizione ed origine. Le loro proprietà sono riassunte nel loro diametro aerodinamico, definito come dimensione della particella:

- la frazione con un diametro aerodinamico inferiore a 10 µm è chiamata PM₁₀ e può raggiungere le alte vie respiratorie ed i polmoni;
- le particelle più piccole o fini sono chiamate PM_{2,5} (con un diametro aerodinamico inferiore a 2,5 µm); queste sono più pericolose perché penetrano più a fondo nei polmoni e possono raggiungere la regione alveolare.

La dimensione delle particelle determina anche la durata della loro permanenza nell'atmosfera. Mentre la sedimentazione e le precipitazioni rimuovono la frazione compresa tra 2,5 e 10 µm (PM_{10-2,5} detto anche frazione grossolana del PM₁₀) dall'atmosfera nel giro di poche ore dall'emissione, il PM_{2,5} può rimanere nell'aria per giorni o perfino per settimane. Di conseguenza queste particelle possono percorrere distanze molto lunghe. I maggiori componenti del PM sono il solfato, il nitrato, l'ammoniaca, il cloruro di sodio, il carbonio, le polveri minerali e l'acqua. In base al meccanismo di formazione, le particelle si distinguono in primarie e secondarie.

Le particelle primarie sono direttamente immesse nell'atmosfera mediante processi naturali e prodotti dall'uomo (antropogenici). I processi antropogenici includono la combustione dei motori delle auto (sia diesel che a benzina); la combustione dei combustibili solidi (carbone, lignite, biomassa) di uso domestico; le attività industriali (attività edili e minerarie, lavorazione del cemento, ceramica, mattoni e fonderie); le erosioni del manto stradale causate dal traffico e le polveri provenienti dall'abrasione di freni e pneumatici; e le attività nelle cave e nelle miniere.

Le particelle secondarie si formano nell'aria a seguito di reazioni chimiche di inquinanti gassosi e sono il prodotto della trasformazione atmosferica del biossido di azoto, principalmente emesso dal traffico e da alcuni processi industriali, e del biossido di zolfo, che risulta dalla combustione di carburanti contenenti zolfo. Le particelle secondarie si trovano principalmente nella frazione del PM fine.

Il PM_{2,5} è la frazione più fine del PM₁₀, costituita dalle particelle con diametro uguale o inferiore a 2,5 µm. Il PM_{2,5} è il particolato più pericoloso per la salute e l'ambiente: questo particolato può rimanere sospeso nell'atmosfera per giorni o settimane.

Le particelle maggiori (da 2,5 a 10 µm) rimangono in atmosfera da poche ore a pochi giorni, contribuiscono poco al numero di particelle in sospensione, ma molto al peso totale delle particelle in sospensione. Sono significativamente meno dannose per la salute e l'ambiente.

Il PM_{2,5} è una miscela complessa di migliaia di composti chimici e, alcuni di questi sono di estremo interesse a causa della loro tossicità. L'attenzione è rivolta agli idrocarburi aromatici policiclici (PHA) che svolgono un ruolo nello sviluppo del cancro. Alcuni nomi: Fluoranthene, Pyrene, Chrysene, Benz[a]anthracene, Benzo[b]fluoranthene, benzo[k]fluoranthene, Benzo[a]pyrene, Dibenz[a,h]anthracene.

La valutazione sistematica dei dati completata nel 2004 dall'OMS Europa, indica che:

- il PM aumenta il rischio dei decessi respiratori nei neonati al di sotto di 1 anno, influisce sullo sviluppo delle funzioni polmonari, aggrava l'asma e causa altri sintomi respiratori come la tosse e la bronchite nei bambini;
- il PM_{2,5} danneggia seriamente la salute aumentando i decessi per malattie cardio-respiratorie e cancro del polmone. La crescita delle concentrazioni di PM_{2,5} aumenta il rischio di ricoveri ospedalieri d'emergenza per malattie cardiovascolari e respiratorie;
- il PM₁₀ ha un impatto sulle malattie respiratorie, come indicato dai ricoveri ospedalieri per questa causa.

Nell'ultimo decennio in molte città europee sono stati condotti alcuni studi sugli effetti del PM nel breve periodo, basati sull'associazione tra i cambiamenti giornalieri delle concentrazioni di PM₁₀ e i vari effetti sulla salute. In generale, i risultati indicano che i cambiamenti di PM₁₀ nel breve periodo ad ogni livello implicano cambiamenti nel breve periodo degli effetti acuti in termini di salute.

Gli effetti relativi all'esposizione nel breve periodo comprendono: infiammazioni polmonari, sintomi respiratori, effetti avversi nel sistema cardiovascolare, aumento della richiesta di cure mediche, dei ricoveri ospedalieri e della mortalità.

Poiché l'esposizione al PM causa nel lungo periodo una sostanziale riduzione dell'attesa di vita, gli effetti nel lungo periodo sono chiaramente più significativi per la salute pubblica di quelli nel breve periodo. Il PM_{2,5} si associa maggiormente alla mortalità, indicando un aumento del 6% del rischio di morte per tutte le cause per ogni aumento di 10µg/m³ nelle concentrazioni di PM_{2,5} sul lungo periodo.

Gli effetti relativi all'esposizione nel lungo periodo comprendono: aumento dei sintomi dell'apparato respiratorio inferiore e delle malattie polmonari ostruttive croniche, riduzione delle funzioni polmonari nei bambini e negli adulti, e riduzione dell'attesa di vita causata principalmente da mortalità cardiopolmonare e dal cancro al polmone.

Studi su larga scala mostrano gli effetti significativi del PM_{2,5} in termini di mortalità, ma non sono in grado di identificare una soglia al di sotto della quale il PM non ha effetti sulla salute: cosiddetto livello senza effetti. Dopo un'analisi completa dei nuovi dati scientifici, un gruppo di lavoro dell'OMS ha recentemente concluso che, se esiste un limite per il PM, questo è individuabile nella fascia più bassa delle concentrazioni di PM attualmente riscontrate nella Regione Europea.

BIOSSIDO DI ZOLFO (SO₂)

Uso di combustibili fossili (carbone e derivati del petrolio). Negli ultimi 10 anni si è osservata una netta tendenza alla diminuzione delle emissioni di SO₂, attribuibile alle modifiche nel tipo e nella qualità dei combustibili usati a minor contenuto di zolfo. Un contributo determinante per la diminuzione di emissioni di SO₂ è stato fornito dalla larga diffusione della metanizzazione.

BENZENE (H₆C₆)

Il benzene (comunemente chiamato benzolo) è un idrocarburo che si presenta come un liquido volatile, capace cioè di evaporare rapidamente a temperatura ambiente, incolore e facilmente infiammabile. E' il capostipite di una famiglia di composti organici che vengono definiti aromatici, per l'odore caratteristico. E' un componente naturale del petrolio (1-5% in volume) e dei suoi derivati di raffinazione.

Nell'atmosfera la sorgente più rilevante di benzene è rappresentata dal traffico veicolare, principalmente dai gas di scarico dei veicoli alimentati a benzina, nei quali viene aggiunto al carburante (la cosiddetta benzina verde) come antidetonante, miscelato con altri idrocarburi (toluene, xilene, ecc.) in sostituzione del piombo tetraetile impiegato fino a qualche anno fa. In piccola parte il benzene proviene dalle emissioni che si verificano nei cicli di raffinazione, stoccaggio e distribuzione della benzina. Durante il rifornimento di carburante dei veicoli si liberano in aria quantità significative del tossico, con esposizione a rischio del personale addetto ai distributori. Nell'industria il benzene ha trovato in passato largo impiego come solvente soprattutto a livello industriale e artigianale (produzione di calzature, stampa a rotocalco, ecc.), finché la dimostrazione della sua tossicità e della sua capacità di indurre tumori ha portato ad una legge che ne limita drasticamente la concentrazione nei solventi. Per lo stesso motivo l'utilizzazione in cicli industriali aperti e nella produzione di prodotti di largo consumo (plastiche, resine, detergenti, pesticidi, farmaci, vernici, collanti, inchiostri e adesivi) è stata fortemente limitata ed è regolata da precise normative dell'Unione Europea. Nei prodotti finali il benzene si può ritrovare in quantità molto limitate, anch'esse regolate per legge. Attualmente viene impiegato soprattutto come materia prima per la chimica di sintesi di composti organici come fenolo, cicloesano, stirene e gomma in lavorazioni a ciclo chiuso. Solo in piccola parte si forma per cause naturali come gli incendi di boschi o di residui agricoli o le eruzioni vulcaniche. E' presente in quantità significative nel fumo di sigaretta.

Il benzene è facilmente assorbito quasi esclusivamente per inalazione, mentre è trascurabile la penetrazione attraverso il contatto cutaneo. Si accumula nei tessuti ricchi di grasso (tessuto adiposo, midollo osseo, sangue e fegato), dove viene metabolizzato per essere poi rapidamente eliminato nelle urine e nell'aria espirata. Per esposizioni acute, anche di breve durata (possibili in passato negli ambienti di lavoro o accidentalmente nelle condizioni attuali), si manifestano sintomi di depressione del sistema nervoso centrale (nausea, vertigini, fino alla narcosi) e irritazione della pelle e delle mucose. Sicuramente dimostrata la capacità cancerogena del benzene, classificato dallo IARC (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro) in classe 1 come cancerogeno certo per l'uomo. E' stata infatti accertata la capacità di causare leucemie acute e croniche, alle concentrazioni presenti in passato negli ambienti di lavoro, con un rischio proporzionale alla dose cumulativa. L'effetto cancerogeno sembra essere legato, come per altre sostanze, all'azione di metaboliti intermedi che si formano nell'organismo. Alle concentrazioni di benzene presenti attualmente in ambiente urbano non sono stati osservati effetti tossici sulle cellule del sangue. Va comunque ribadito che per i cancerogeni non esistono limiti certi di sicurezza, vale a dire livelli soglia al di sotto dei quali vi sia la certezza che non si verifichi un'aumentata probabilità di contrarre la malattia. Tuttavia bisogna ricordare che nella valutazione del rischio va considerata non solo la concentrazione di benzene in atmosfera, in considerazione del limitato tempo di esposizione all'aperto, ma soprattutto l'esposizione in ambienti confinati (inquinamento indoor) e l'introduzione con i cibi. L'esposizione è soggetta a significative variazioni in rapporto alle stagioni, all'attività fisica all'aperto, alla residenza in prossimità di vie di grande traffico o di sorgenti puntiformi di benzene, ma soprattutto al fumo di sigaretta, attivo e passivo.

Allegato 5. Limiti normativi

La legenda sottostante fornisce alcune spiegazioni in merito ai termini indicati dal D.Lgs. 155/2010 e smi.

DATA DI CONSEGUIMENTO: data effettiva in cui il valore limite deve essere rispettato senza l'applicazione del relativo margine di tolleranza.

VALORE BERSAGLIO: livello di ozono fissato al fine di evitare a lungo termine (anno 2010) effetti nocivi sulla salute umana e sull'ambiente nel suo complesso, da conseguirsi per quanto possibile entro un dato periodo di tempo.

OBIETTIVO A LUNGO TERMINE: concentrazione di ozono nell'aria al di sotto della quale si ritengono improbabili, in base alle conoscenze scientifiche attuali, effetti nocivi diretti sulla salute umana e sull'ambiente nel suo complesso. Tale obiettivo è conseguito nel lungo periodo, sempreché sia realizzabile mediante misure proporzionate, al fine di fornire un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente.

SOGLIA DI ALLARME: livello di ozono oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata e raggiunto il quale devono essere adottate le misure previste dall'articolo 10 del D.Lgs. 155/2010.

SOGLIA DI INFORMAZIONE: livello di ozono oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione e raggiunto il quale devono essere adottate le misure previste dall'articolo 10 del D.Lgs. 155/2010.

MEDIA MOBILE SU 8 ORE MASSIMA GIORNALIERA: è determinata esaminando le medie consecutive su 8 ore di ozono, calcolato in base a dati orari e aggiornate ogni ora. Ogni media su 8 ore in tal modo calcolata è assegnata al giorno nel quale la stessa termina; conseguentemente, la prima fascia di calcolo per ogni singolo giorno è quella compresa tra le ore 17:00 del giorno precedente e le ore 16:00 e le ore 24:00 del giorno stesso.

Tabella 1 all. 5 OSSIDI DI AZOTO – normativa e limiti (D.Lgs. 155/2010)

NO₂-NO_x	Periodo di Mediazione	Valore limite
Valore limite orario per la protezione della salute umana.	1 ora	200 µg/m ³ NO ₂ da non superare più di 18 volte per l'anno civile.
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m ³ NO ₂
Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	Anno civile	30 µg/m ³ NO _x
Soglia di allarme	Anno civile Superamento di 3 ore consecutive	400 µg/m ³ NO ₂

Tabella 2 all. 5 Materiale particolato PM_{2,5} – normativa e limiti (D.Lgs. 155/2010)

PM_{2,5}	Periodo di mediazione	Valori limite	Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	25 µg/m ³ è applicato un margine di tolleranza del 20 % al giorno 11 giugno 2008, con riduzione il 1 gennaio successivo e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0% il 1 gennaio 2015	1.01.2015
Obbligo di Concentrazione di esposizione per evitare effetti nocivi sulla salute umana	Anno civile	20 µg/m ³	1.01.2015
Valore Obiettivo per la protezione della salute umana	Anno civile	25 µg/m ³	01.01-2010

Tabella 3 all. 5 Materiale particolato PM10 – normativa e limiti (D.Lgs. 155/2010)

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

Tabella 4 all. 5 BIOSSIDO DI ZOLFO – normativa e limiti (D.Lgs. 155/2010)

	Periodo di mediazione	Valore limite
Valore limite orario per la protezione della salute umana.	1 ora	350 µg/ m ³ da non superare più di 24 volte per l'anno civile.
Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	125 µg/ m ³ da non superare più di 3 volte per anno civile
Livello critico per la protezione della vegetazione	Anno civile	20 µg/m ³
Livello critico per la protezione della vegetazione	Livello critico invernale (1 ottobre – 31 marzo)	20 µg/m ³
Soglia di allarme	Anno civile Superamento di 3 ore consecutive	500 µg/m ³

Tabella 5 all.5 BENZENE – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.).

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

Tabella 6 all.5 TOLUENE – Valori di riferimento (Valori Guida OMS – UK Environment Agency)

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori riferimento
Valore guida di tutela sanitaria	1 settimana	260 µg/m³
Valore guida di tutela dalle maleodoranze	30 minuti	1000 µg/m³
Soglia di rilevamento olfattivo	30 minuti	1000 µg/m³
Soglia di riconoscimento olfattivo	30 minuti	10000 µg/m³
Valore di protezione della salute umana	1 anno	1910 µg/m³
Valore di protezione della salute umana	1 ora	8000 µg/m³