



ARPAT

Agenzia regionale
per la protezione ambientale
della Toscana

PROVINCIA DI AREZZO

**CAMPAGNA DI MISURAZIONE DELLA
QUALITÀ DELL'ARIA**

AUTOLABORATORIO

ANNO 2014-2015

**STRADA A – ZONA INDUSTRIALE SAN ZENO
COMUNE DI AREZZO**

**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.

STRADA A – ZONA INDUSTRIALE SAN ZENO COMUNE DI AREZZO

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;
- Settore Laboratorio – Area Vasta Sud per la determinazione dei BTEX;
- Laboratorio CRRQA - per la determinazione gravimetrica del materiale particolato PM10.

30 OTTOBRE 2015

SINTESI

La campagna di misurazione relativa alla postazione di San Zeno nel Comune di Arezzo, è stata realizzata in attuazione del piano di utilizzo dell'autolaboratorio per il periodo 2014-2015 programmato dall'Amministrazione Provinciale di Arezzo, Comune di Arezzo, e Dipartimento ARPAT di Arezzo in base al disciplinare sottoscritto dall'Amministrazione Provinciale di Arezzo ed ARPAT.

La postazione di misurazione di San Zeno è caratterizzata da valori degli indicatori di qualità dell'aria conformi ai valori limite fissati a tutela della salute umana. In questo contesto, alcuni inquinanti come benzene, monossido di carbonio e biossido di zolfo, registrano valori largamente inferiori al relativo limite (oltre il -80 %).

Il materiale particolato PM10 (indicatore media annuale) si colloca su valori, inferiori al relativo valore limite del 50 %. Il valore medio annuale di PM10, indirettamente, fornisce informazioni sulla conformità al limite dei livelli medi annuali di PM2,5, giacché il valore di PM10 registrato ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a San Zeno, è già di per se inferiore al valore limite fissato per il PM2,5 ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) che del PM10 è una frazione.

Il biossido di azoto infine, registra uno scarto rispetto al valore limite poco più basso al 50 % (indicatori media annuale e valore massimo orario -45 %).

Il raffronto con i valori degli indicatori elaborati nelle precedenti campagne di rilevamento effettuate nella stessa postazione di misurazione (1990 - 2012), mette in rilievo, nel breve termine, variazioni temporali caratterizzate dalla sostanziale riduzione dei valori degli indicatori (biossido di azoto -15 %, PM10 -20 %, benzene -78 %); nel lungo termine, relativamente al biossido di azoto, si osserva, rispetto al triennio '90-'91 una riduzione dei valori degli indicatori ed una sostanziale stabilità, rispetto al periodo 2006-2012. Nel decennio 2006-2015 sono registrati altri decrementi per gli ossidi di zolfo (-74 % indicatore valore massimo orario), gli ossidi di azoto totali (-24 %) e per il benzene (-83 % riferito anno 2009).

L'analisi comparativa riferita alle stazioni di misurazione fisse di rete regionale di Arezzo - P.za Repubblica (urbana-traffico) ed Acropoli (urbana-fondo) appartenenti alla stessa zona "Valdarno aretino e Valdichiana", riguardante i dati puntuali (orari e giornalieri) ed i valori degli indicatori di qualità dell'aria (registrati nello stesso periodo di osservazione della presente campagna di misurazione indicativa), evidenzia, da una parte, una discontinuità dei livelli di concentrazione degli indicatori di San Zeno rispetto alla stazione di traffico di P.za Repubblica (San Zeno: media biossido di azoto -42 %; media PM10 -13 %), e dall'altra, una sostanziale continuità ai valori di PM10 alla stazione di fondo urbano di Acropoli (San Zeno: media PM10 +5 %). Tuttavia, e nello stesso tempo, i livelli di biossido di azoto (indicatore media annuale) si relazionano in maniera diversa rispetto ad Acropoli, giacché sono caratterizzati da livelli più elevati ($22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pari al +38 %), ma comunque in linea al valore medio regionale relativo alle stazioni di fondo ($22 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

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.

Le elaborazioni grafiche polari riguardanti il biossido di azoto mettono in rilievo contributi dai settori orientali (Est, Est-Sud-Est, Sud-Est) e sud occidentali; i più significativi appaiono quelli orientali. Si osserva che questi settori corrispondono alla strada A (dove è stato posizionato l'autolaboratorio) ed al relativo tessuto insediativo.

La postazione è caratterizzata da isolati eventi orari di picco, in particolare di biossido di azoto, caratterizzati, sia da non corrispondenza, che da corrispondenza con l'area urbana di Arezzo; nei casi di corrispondenza San Zeno ed area urbana di Arezzo, i valori registrati a San Zeno risultano più elevati. A consolidare questo quadro, si evidenzia che il valore massimo orario di biossido di azoto di San Zeno è risultato più elevato di quelli registrati nello stesso periodo di osservazione dalle stazioni ubicate nell'area urbana di Arezzo (San Zeno vs P.za Repubblica +7 %; San Zeno vs Acropoli +70 %). In relazione alle elaborazioni della rosa dei venti riguardanti i giorni specifici in cui sono stati registrati tali eventi, sono stati individuati più settori di provenienza del vento, ad indicare il probabile cointeressamento di più fonti di emissione.

Sommario

Introduzione	5
1- Postazione di misurazione	6
2. Piano di utilizzo dell'autolaboratorio	10
3. Inquinanti monitorati	11
4. Riferimenti Normativi	12
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 precedenti campagne di misurazione nella postazione di misurazione	16
6.3 Confronto con i livelli rilevati dalle stazioni di misurazione di P.za Repubblica ed Acropoli	19
6.4 Analisi dei dati meteorologici rilevati durante la campagna di monitoraggio	20
7- Valutazione dei risultati	22
Raffronto con i livelli registrati dalle stazioni di misurazione di P.za Repubblica ed Acropoli	23
Andamenti temporali	23
Giorno tipo	24
Distribuzione dei livelli di concentrazione diagrammi a scatola	24
Distribuzione in classi di concentrazione	24
Elaborazione con i dati meteorologici	24
8 - Considerazioni riassuntive e finali	25
Allegato 1. Elaborazioni integrative	26
1.1 Distribuzione dei livelli di concentrazione - diagrammi a scatola	26
1.2 Giorni tipo	30
1.3 Confronto con gli andamenti registrati dalle stazione fisse di P.za Repubblica ed Acropoli	32
Biossido di azoto NO ₂ – valori medi orari	32
Materiale particolato PM10 - valori medi giornalieri	33
Monossido di carbonio - CO	34
1.4 Grafici a dispersione San Zeno/P.za Repubblica ed Acropoli	34
Materiale Particolato PM10	34
Biossido di azoto - NO ₂	35
1.5 Distribuzione in classi di concentrazione	37
1.6 Andamenti stagionali 2014-2015	42
Allegato 2. Elaborazione dei dati meteorologici	43
Allegato 3. Caratteristiche tecniche analizzatori/sensori	48
Allegato 4. Meccanismi di formazione degli inquinanti	48
Allegato 5. Limiti normativi	52

Introduzione

La presente campagna di misurazione della qualità dell'aria relativa alla postazione di San Zeno nel Comune di Arezzo, è stata realizzata in attuazione del piano di utilizzo dell'autolaboratorio per il periodo 2014-2015 programmato dall'Amministrazione Provinciale di Arezzo, Comune di Arezzo, e Dipartimento ARPAT di Arezzo in base al disciplinare sottoscritto dall'Amministrazione Provinciale di Arezzo ed ARPAT.

La postazione di San Zeno, è stata monitorata in precedenza, sia mediante misurazioni in siti fissi, che mediante misurazioni con mezzi mobili (campagne di misurazione indicative, e campagne di misurazione puntuali effettuate nello stesso punto di ubicazione della stazione di misurazione fissa):

- anni 1990 - 1994 misurazioni mediante stazione di misurazione fissa (ossidi di azoto e polveri totali per l'intero anno civile);
- 1995, 1996 e 2001 campagne puntuali con autolaboratorio;
- 2006-2007 - campagna indicativa - periodo di osservazione 22 febbraio 2006 - 31 dicembre 2007 con autolaboratorio;
- 2008 campagna indicativa - periodo di osservazione 1 gennaio - 22 ottobre 2008 con autolaboratorio;
- 2009-2010 - campagna indicativa - periodo di osservazione 20 maggio 2009 - 21 febbraio 2010 con autolaboratorio;
- 2010-2011 - campagna indicativa - periodo di osservazione 25 maggio 2010 - 13 febbraio 2011 con autolaboratorio;
- 2011-2012 - campagna indicativa - periodo di osservazione 3 marzo 2011 - 8 gennaio 2012 con autolaboratorio.

Per quanto attiene il materiale particolato, nell'arco temporale 1990 - 2015 sono state misurate sia le polveri totali, che le frazioni PM10 e PM2,5 come sotto specificato:

- 1990, 1991, 1992, 1993 e 1994 - polveri sospese totali;
- campagne 2006-2007 e 2014-2015 - PM10;
- campagne 2008, 2009-2010, 2010-2011 e 2011-2012 - PM2,5;

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 dei dati raccolti nella presente campagna di misurazione è stata effettuata adottando una doppia chiave di lettura, ossia riferendosi:

- ai valori limite definiti dalla legislazione nazionale che disciplina la qualità dell'aria;
- ai valori degli indicatori di qualità dell'aria elaborati nello stesso periodo di osservazione dalle stazioni di misurazione fisse di Arezzo - P.za Repubblica (stazione classificata urbana - traffico) ed Arezzo Acropoli (stazione classificata urbana - fondo) riferite alla stessa Zona Valdarno aretino e Valdichiana definita dalla legislazione regionale (DGRT 1025/2010) nel quale è inserito il Comune di Arezzo.

Questa 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 Arezzo P.za Repubblica ed Acropoli, stazioni riferite ad una serie di misure più solide perché continuative nell'arco dell'anno.

1- Postazione di misurazione

Tabella 1.1 informazioni generali postazione di misurazione

Nome Postazione	SAN ZENO – Strada A	
Coordinate Geografiche (Gauss Boaga)	LONG E	1729208
	LAT N	4812459
Quota (metri s.l.m.)	247,5	
Altezza punto di campionamento (mt)	2,5	
Tipologia della postazione di misurazione	Periferica-Industriale	
Periodo Osservazione	16 maggio 2014 – 26 gennaio 2015	
Zona di riferimento fissata dalla legislazione regionale (DGRT 1025/2010)	Valdarno aretino e Valdichiana	

CARATTERIZZAZIONE DEL CONTESTO TERRITORIALE

Le informazioni riportate nella tabella che segue forniscono una caratterizzazione del contesto territoriale e ne delineano le principali condizioni al contorno.



Tabella 1.2 informazioni generali contesto territoriale

INFORMAZIONI GENERALI	
Popolazione residente	426 (45 nella zona industriale)
Estensione Centro Abitato (Km ²)	0,7

La zona esaminata è costituita da una serie di edifici prefabbricati dall'altezza massima di circa 8 metri e da lunghezze degli edifici non omogenee.

Le costruzioni industriali sono raccordate da vie di comunicazione ampie, preposte alla circolazione del traffico locale; sulla strada principale di accesso alla Zona Industriale circolano

mediamente 5854 veicoli/giorno (rilevazione effettuata dall'Ufficio traffico e Concessioni del Comune di Arezzo dal 27 al 30 novembre 2006).

Le attività produttive che operano nella zona sono molteplici, le più rappresentative appartengono al settore orafa (fasi di vuotatura con acido nitrico e cloridrico e di affinazione), e/o di recupero di metalli preziosi da rifiuti e spazzature orafe.

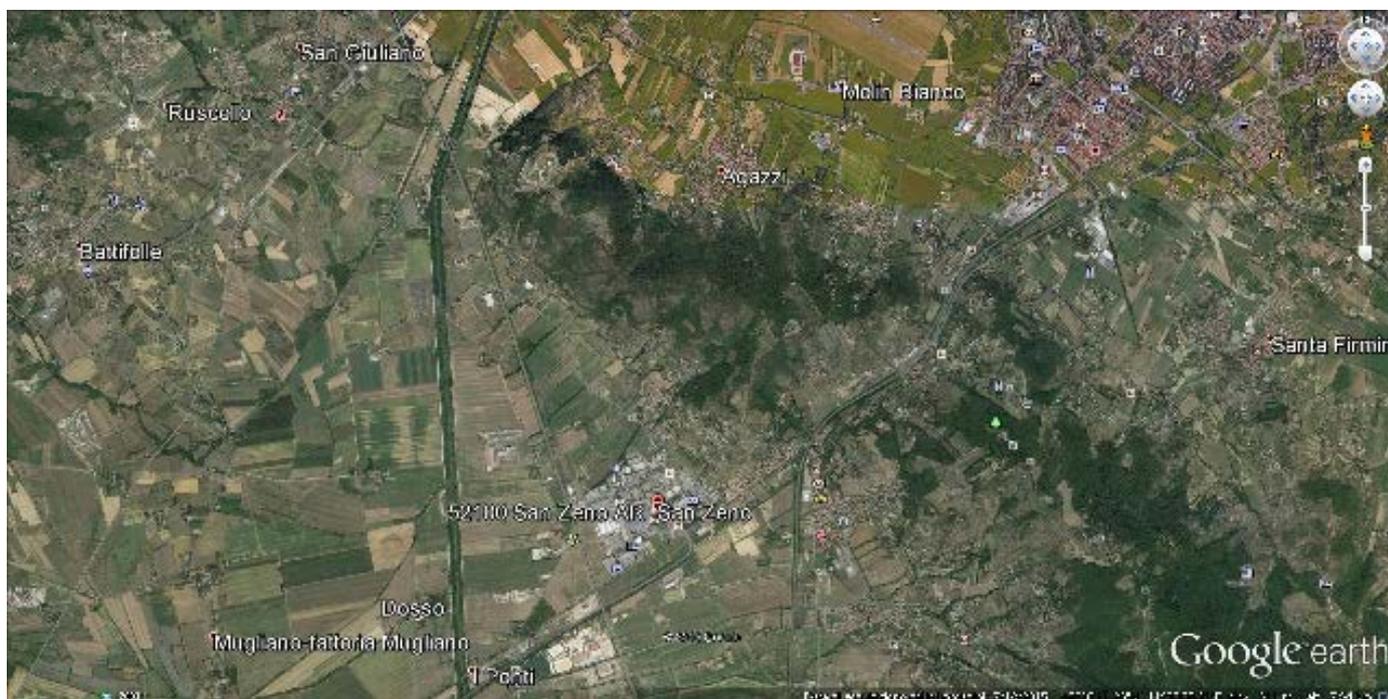
L'orografia dell'area è caratterizzata, in direzione sud, sud-ovest, da una zona pianeggiante (estensione della Valdichiana Aretina) e, in direzione Nord-Est ad una distanza di circa 500 metri dalla postazione di misura, dalla presenza di una serie di colline dall'altezza massima di circa 400 mt.

Ad una distanza di circa 850 metri in direzione ovest-nord-ovest dalla postazione di misurazione, è ubicato l'impianto integrato di smaltimento di rifiuti urbani ed assimilati e di compostaggio della frazione umida gestito dalla Società AISA; in direzione nord-nord-ovest, ad una distanza di circa 1200 metri dalla postazione di misurazione, è ubicato un'altro impianto di compostaggio. Un altro processo produttivo significativo della zona in particolare per le emissioni odorogene, è rappresentato dall'impianto di trattamento e di essiccazione di foraggi, il quale è ubicato in direzione sud-ovest ad una distanza di circa 1600 dalla postazione di misurazione.

La mappa 1.1 mostrata sotto sintetizza la caratterizzazione geografica della zona.

La zona è interessata da venti prevalenti provenienti dai settori Nord-Nord-Est (14 % dei casi), dal settore Sud (12 % dei casi), dai settori nord occidentali (Nord-Ovest 11 % dei casi, Ovest-Nord-Ovest e Nord-Nord-Ovest dal 6 al 7 % dei casi) e dai settori sud occidentali (Est-Sud-est, Sud-Est e Sud-Sud-Est dal 6 al 7 % dei casi).

Mappa 1.1 – caratterizzazione geografica della zona



VISTE DEL TERRITORIO CIRCOSTANTE LA POSTAZIONE

VISTA NORD



VISTA EST



VISTA SUD

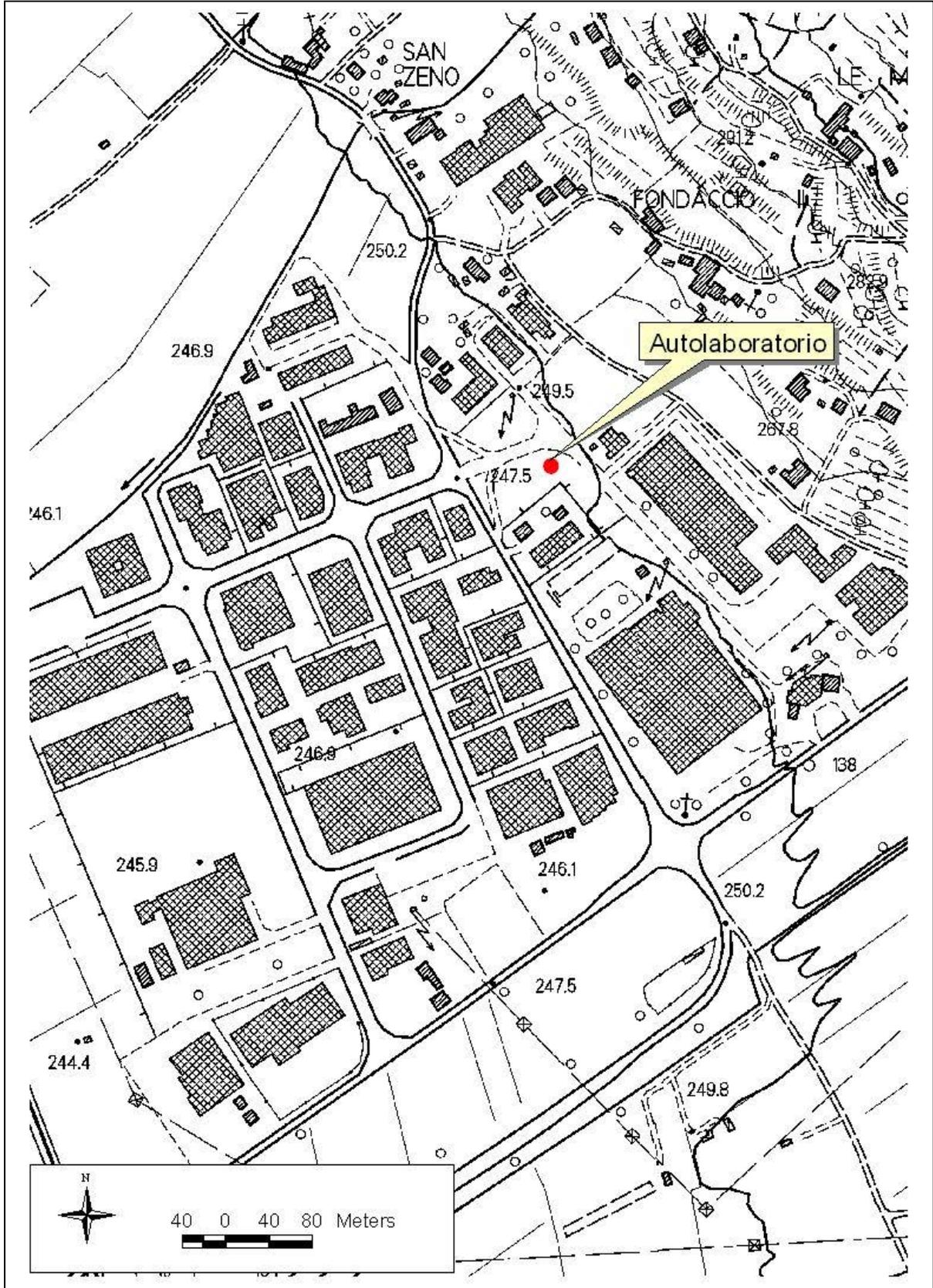


VISTA OVEST

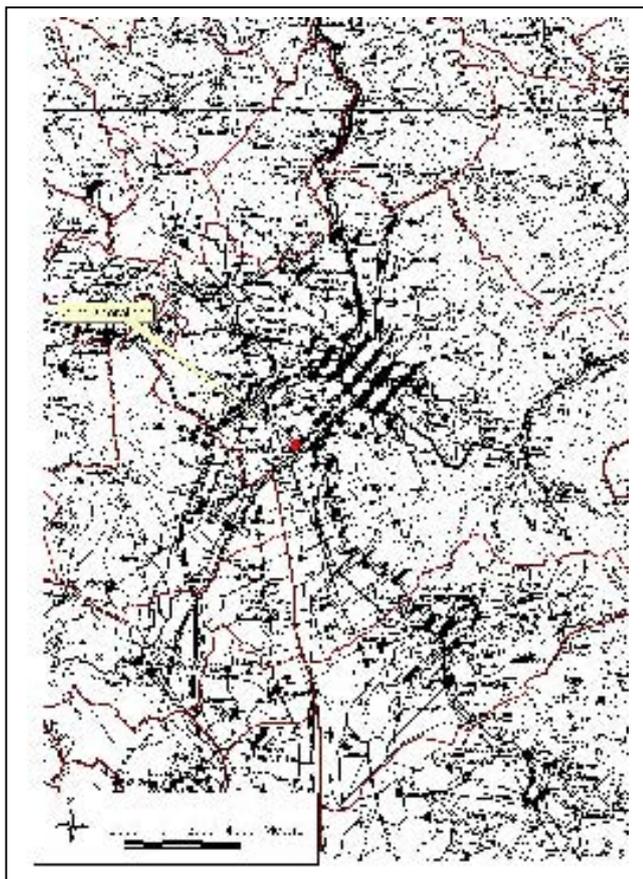


Localizzazione della postazione di misurazione INQUADRAMENTO TERRITORIALE

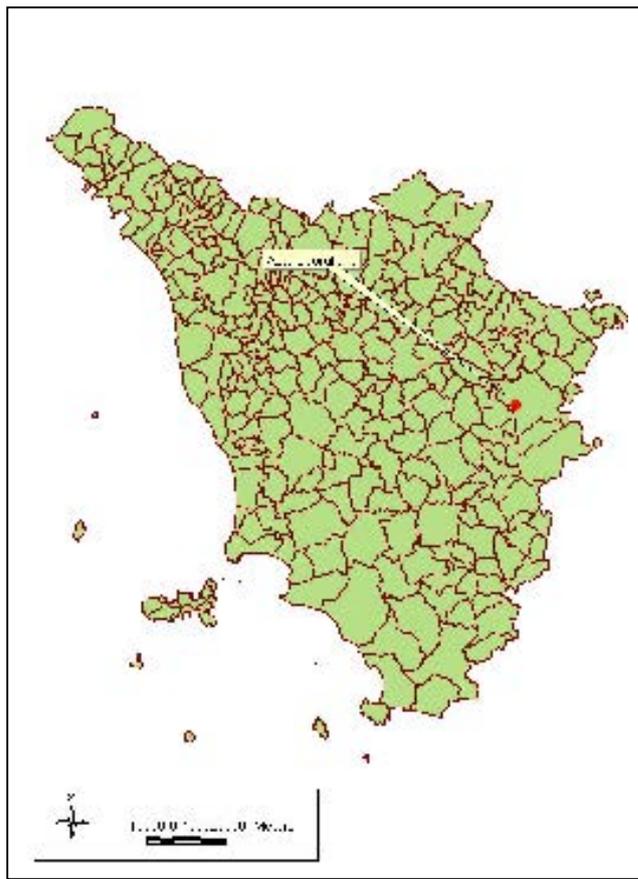
Mappa 1.2 localizzazione della postazione di misurazione



Mappa 1.3 Comune di Arezzo Scala 1:150000



Mappa 1.4 Regione Toscana Scala 1:5000000



2. Piano di utilizzo dell'autolaboratorio

Al fine di ottenere dati rappresentativi che considerino le variazioni temporali in funzione delle condizioni meteorologiche, che determinano i fenomeni di dispersione e di diluizione degli inquinanti aerodispersi, l'indagine è stata articolata in singole campagne stagionali dalla durata indicativa di 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 Arezzo San Zeno sono stati effettuati complessivamente 68 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 San Zeno nell'intervallo temporale 16 maggio 2014 – 26 gennaio 2015:

tabella 2.1 piano di utilizzo autolaboratorio postazione Arezzo - San Zeno

Stagione	Periodo	numero giorni
Primavera	16/5 – 02/06/2014	18
Estate	01/7 - 15/7/2014	15
Autunno	5-21/9/2014	17
Inverno	9 - 26/1/2015	18
TOTALE		68

Per quanto attiene il materiale particolato PM10, a seguito di una grave anomalia occorsa all'analizzatore FAG che ne ha determinato l'irreparabilità, è stata sostituita la misurazione automatica con il sistema di campionamento in campo e successiva determinazione della massa di PM10 campionata in laboratorio, in conformità alla norma UNI EN 12341:2014. Il campionamento è stato attivato unicamente nella campagna di misurazione invernale. In dettaglio, per il materiale particolato PM10, sono stati effettuati 63 giorni di campionamento nel periodo di osservazione 26 maggio 2014 – 23 gennaio 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-NOx-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 stati installati in campo aperto 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, nella campagna invernale 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. = da 45 a 50 %).

Per le altre campagne stagionali del PM10, la misurazione dei livelli di concentrazione è stata effettuata utilizzando lo strumento automatico FAG mod. FH 62 I-N, inv. n. 4688, basato sul principio di misura dell'assorbimento di raggi β , mezzo di filtrazione rappresentato da un nastro in fibra di vetro, prodotto dalla ditta FAG Kugelfischer (ESM Andersen), Germania. 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 Zambelli EN 12341 con flusso di aspirazione 1 m³/h.

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 ad ogni 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 (68 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 1.632 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
Arezzo San Zeno	96	91	95	100	100	100	100
Riferimento	≥ 90						

NO₂ = biossido di azoto PM10 = materiale particolato PM10 VV = velocità vento
CO = monossido di carbonio SO₂ = biossido di zolfo O₃ = ozono DV = direzione 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 (68 giorni distribuiti nell'anno) pari al 19 %, risulta 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 pari al 14 %.

Per quanto attiene il PM10, il periodo di copertura raggiunto è stato del 17 %.

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 con gli indicatori elaborati nelle precedenti campagne di misurazione indicative effettuate nella postazione di misura (1990 - 2012);
- 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;
- diagrammi a scatola;
- 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 San Zeno nell'intera campagna 2014- 2015

NO₂ µg/m ³	NO_x µg/m ³	PM10 µg/m ³	CO mg/m ³	Benzene µg/m ³	O₃ µg/m ³	SO₂ µg/m ³
22	31	20	0,4	0,5	52	4

NO₂ = biossido di azoto NO_x = 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

Periodo di osservazione: dal 16 maggio 2014 al 26 gennaio 2015.

Indicatori significativi per la salute umana

Tabella 6.1.1 indicatori di protezione della salute umana

INDICATORE	Arezzo - San Zeno 16/05/2014 – 26/01/2015	LIMITE	Scarto % sul limite
NO₂ Max Orario (µg/m³)	109	200	-46
NO₂ Media (µg/m³)	22	40	-45
PM10 90,4° percentile valori medi giornalieri (µg/m³)	33	50	-34
PM10 Media (µg/m³)	20	40	-50
CO media mobile 8 ore max (mg/m³)	1,2	10	-88
O₃ media mobile 8 ore max (µg/m³)	110	120	-8
O₃ Max Orario (µg/m³)	115	180¹	-36
SO₂ Max Media giornaliera (µg/m³)	5	125	-96
SO₂ Max Orario (µg/m³)	12	350	-97
C₆H₆ Media (µg/m³)	0,5	5	-90

NO₂ = biossido di azoto NO_x = ossidi di azoto totali PM10 = materiale particolato PM10
SO₂ = biossido di zolfo C₆H₆ = benzene CO = monossido di carbonio

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 (NOx)

Tabella 6.1.2 media annuale ossido di azoto NOx espressi come NO₂

Postazione di misurazione	San Zeno	LIMITE
NOx media (µg/m ³)	31	30

Il valore limite relativo agli ossidi di azoto NOx (espressi come NO₂) si riferisce alla protezione per la vegetazione ed ha valenza per le stazioni rurali (risulta pertanto esclusa la postazione industriale di San Zeno).

Figura 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

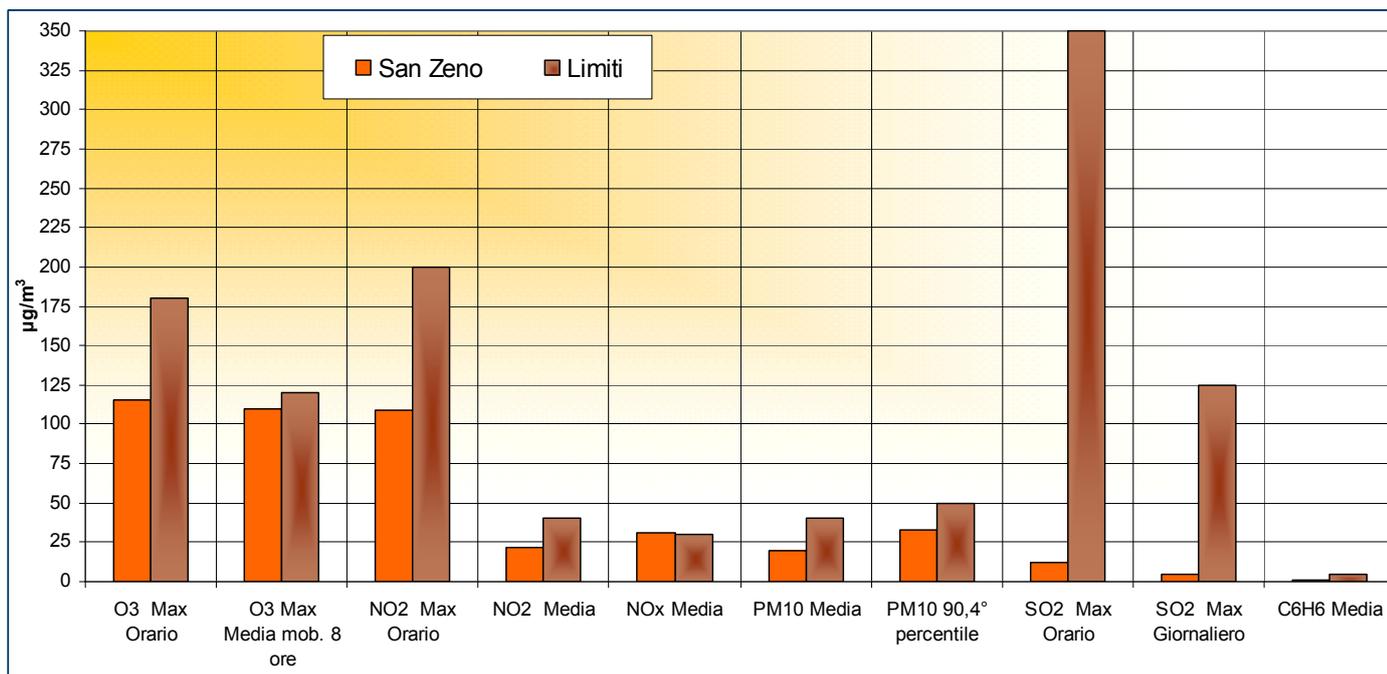
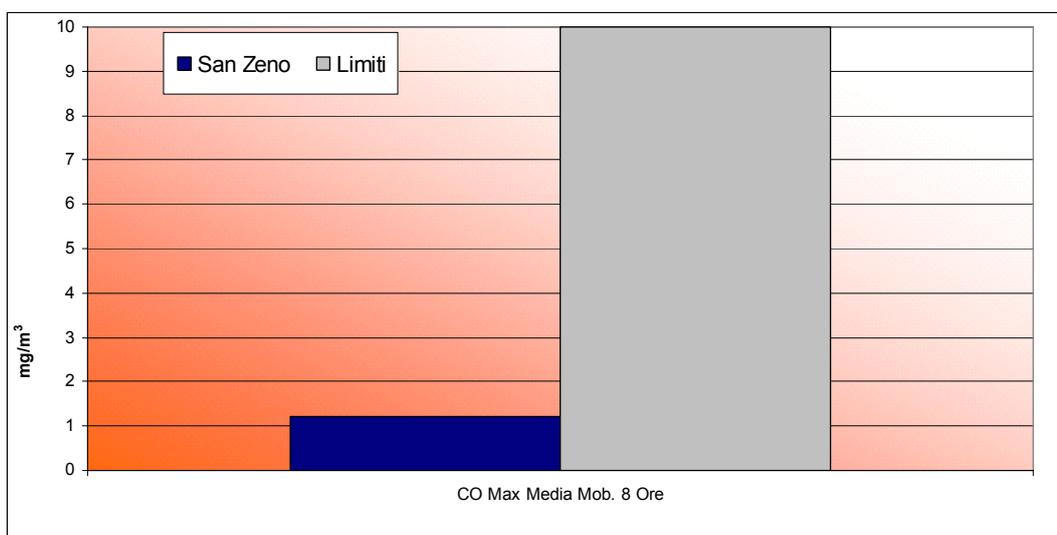


Figura 6.1.2 istogramma valori degli indicatori di qualità dell'aria monossido di carbonio



NO₂ = biossido di azoto
SO₂ = biossido di zolfo

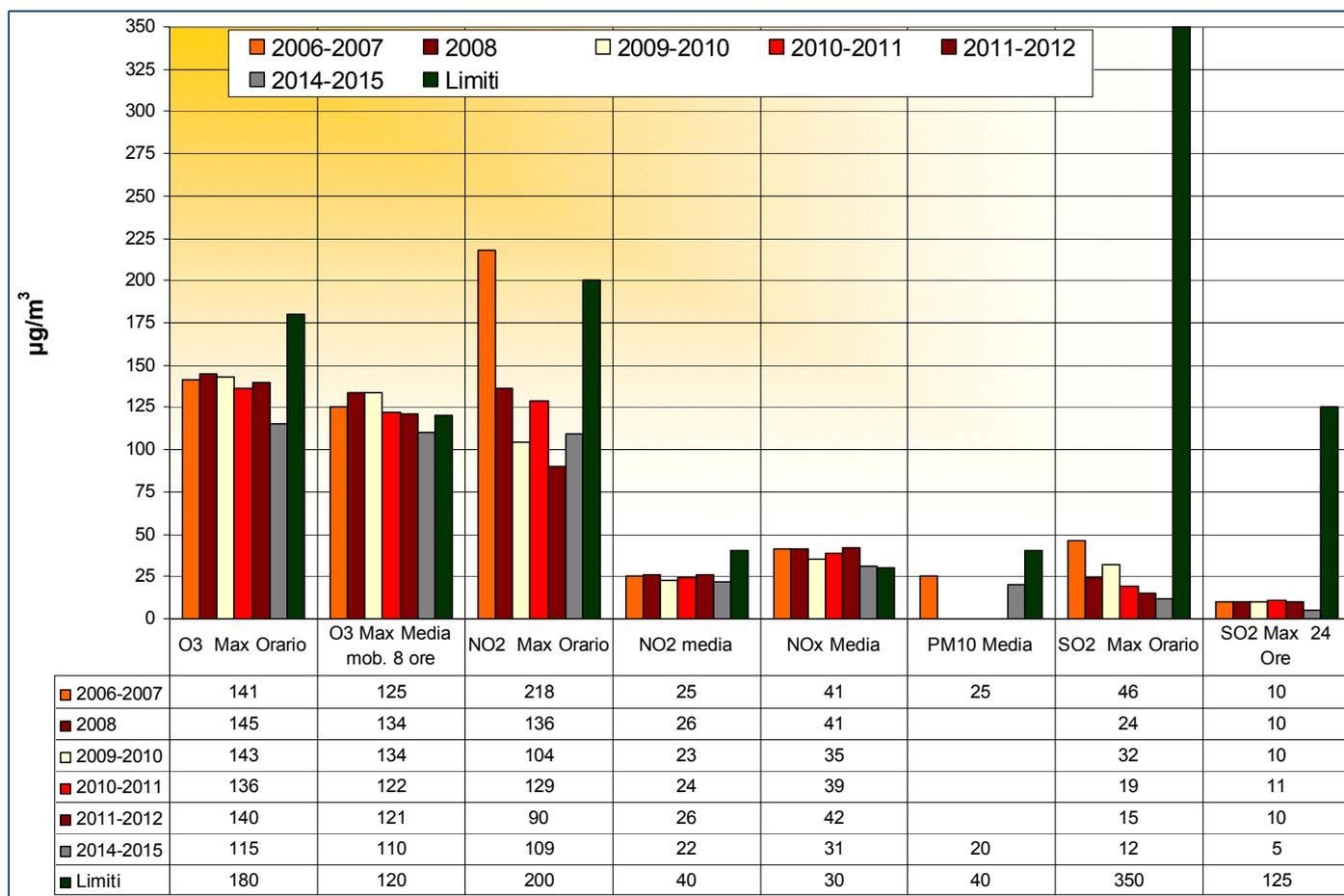
NOx = ossidi di azoto totali
C₆H₆ = benzene

PM10 = materiale particolato PM10
CO = monossido di carbonio

6.2 Confronto con i valori degli indicatori relativi alle precedenti campagne di misurazione nella postazione di misurazione

Nelle tabelle incluse negli elaborati grafici che seguono, sono riportati gli indicatori di qualità dell'aria relativi alla postazione di San Zeno Strada A, riferiti, sia alla campagna 2014 - 2015, che alle precedenti misurazioni effettuate nell'arco temporale (1990 - 2012), sia con stazione fissa, sia con autolaboratorio (indicative e puntuali).

Figura 6.2.1 istogramma valori degli indicatori di qualità dell'aria Strada A - San Zeno campagne 2006-2007, 2008, 2009-2010, 2010-2011, 2011-2012 e 2014-2015 - ozono, biossido di azoto, ossidi di azoto, materiale particolato PM10 e biossido di zolfo



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

Figura 6.2.2 istogramma valori degli indicatori di qualità dell'aria Strada A - San Zeno campagne 2006-2007, 2008, 2009-2010, 2010-2011, 2011-2012 e 2014-2015 - monossido di carbonio e benzene

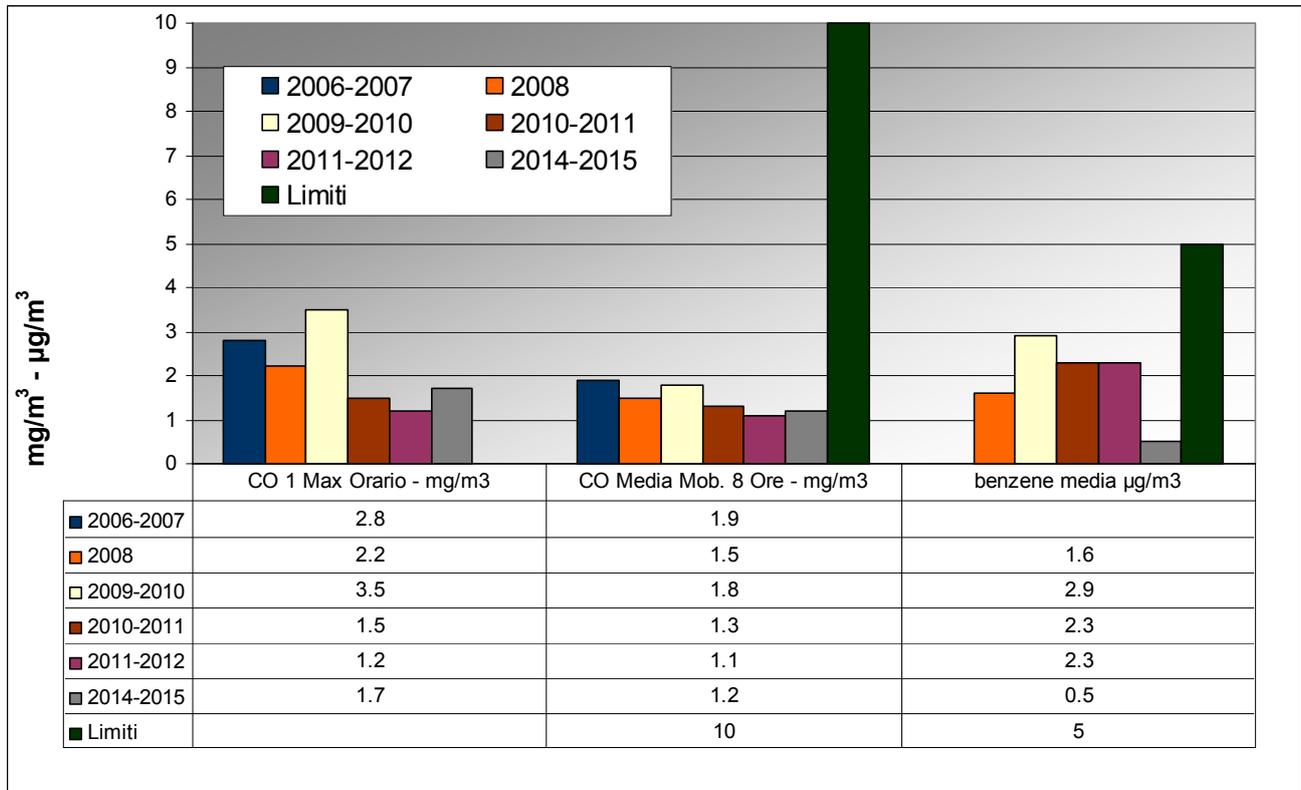


Figura 6.2.3 istogramma valori medi annuali postazione Strada A - San Zeno e campagne (1990, 1991, 1992, 1993, 2006, 2007, 2008, 2009-2010, 2010-2011, 2011-2012 e 2014-2015 - materiale particolato - PTS (polveri totali sospese), PM10 e PM2,5

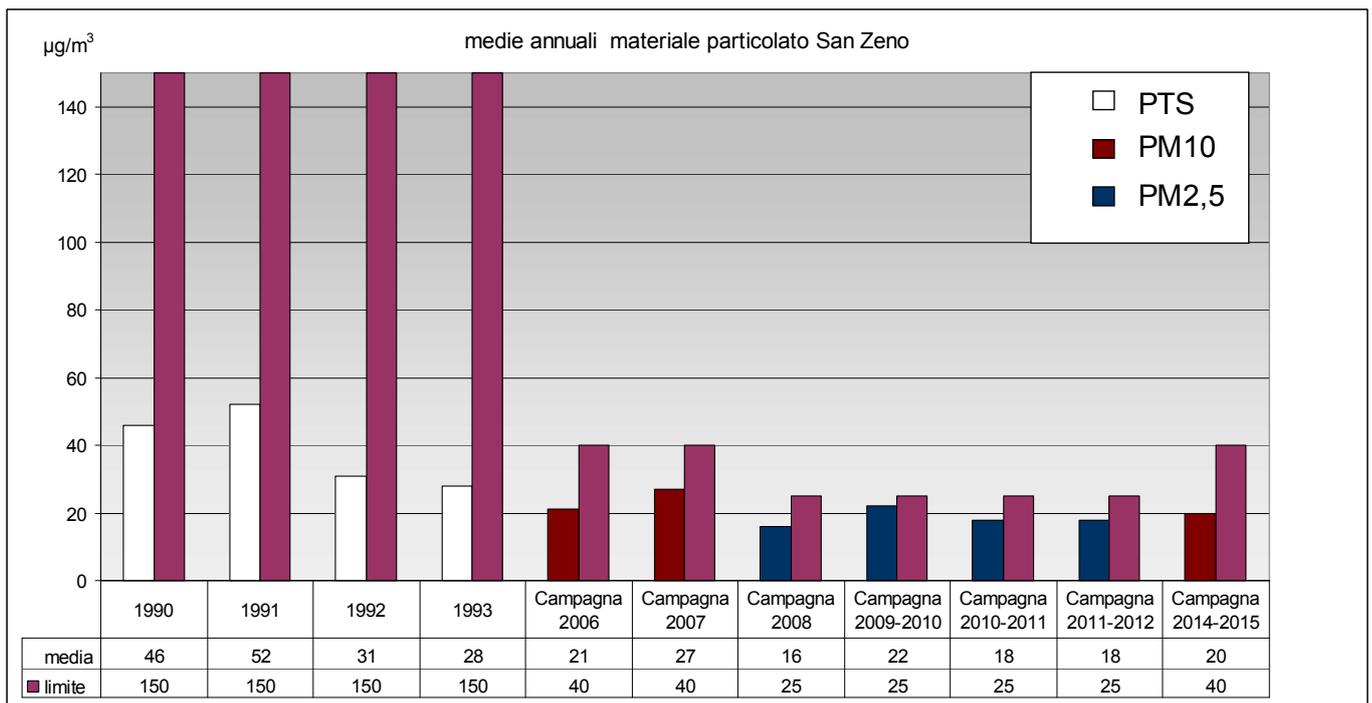
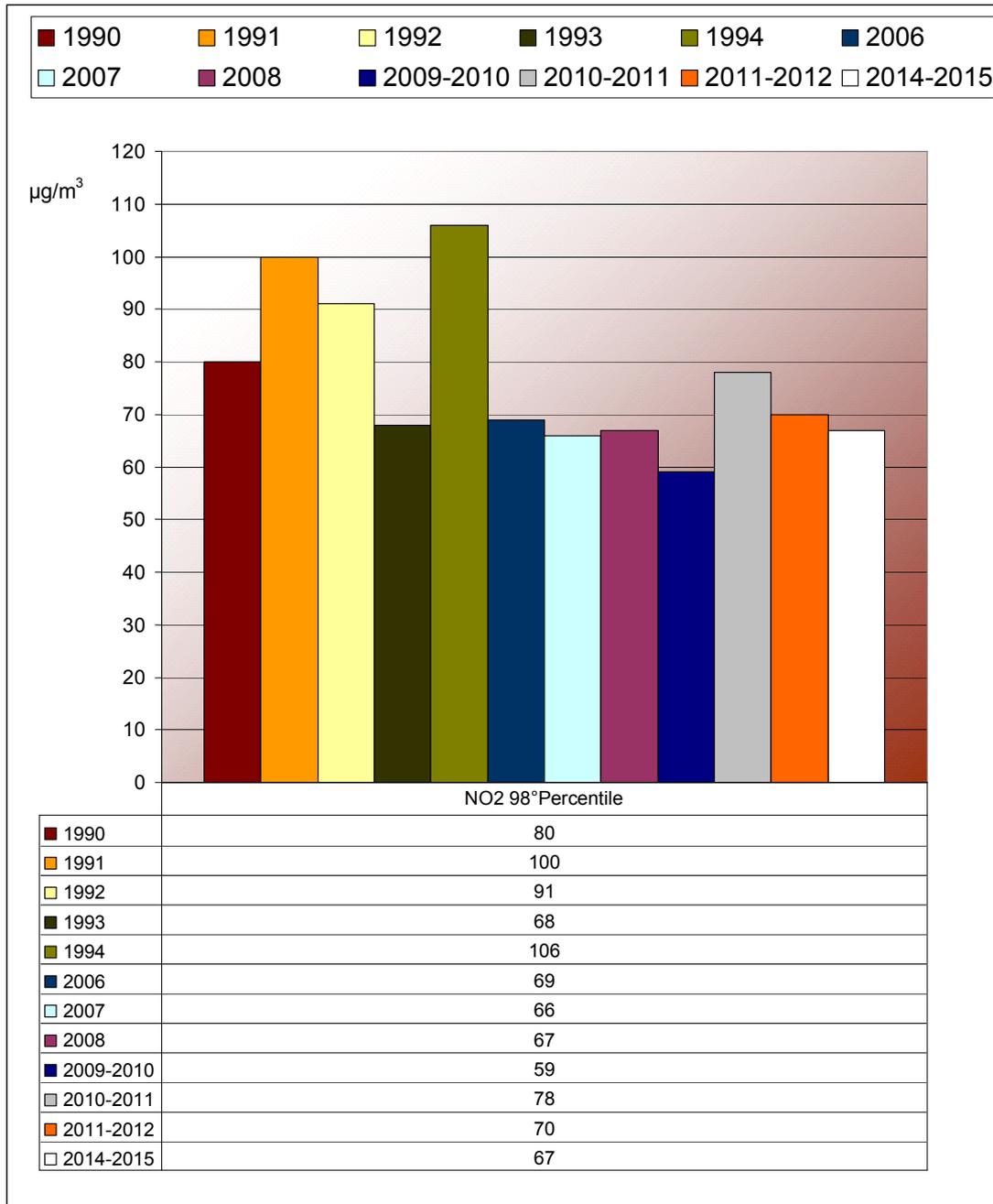


Figura 6.2.4 istogramma 98° percentile postazione Strada A - San Zeno e misurazioni (1990, 1991, 1992, 1993, 2006, 2007, 2008, 2009-2010, 2010-2011, 2011-2012 e 2014-2015 - biossido di azoto



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

Figura 6.3.1. istogramma valori degli indicatori di monossido di carbonio - CO San Zeno Strada A e P.za Repubblica - Arezzo

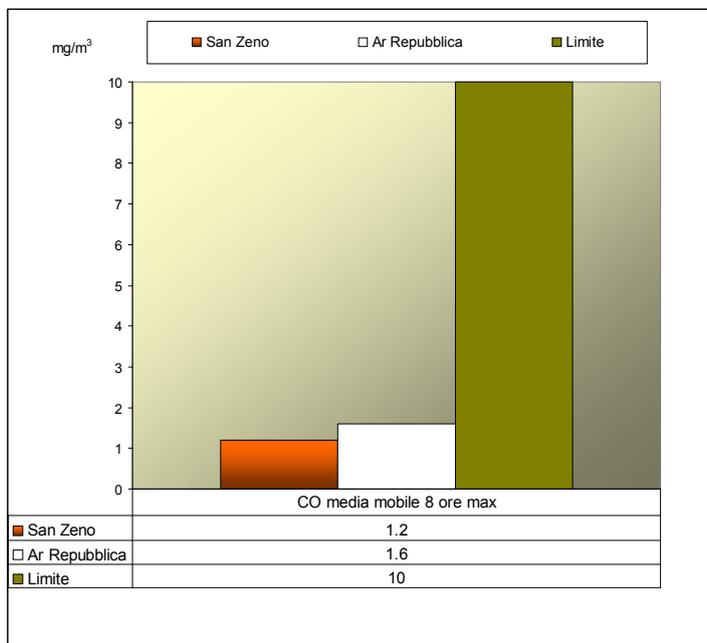
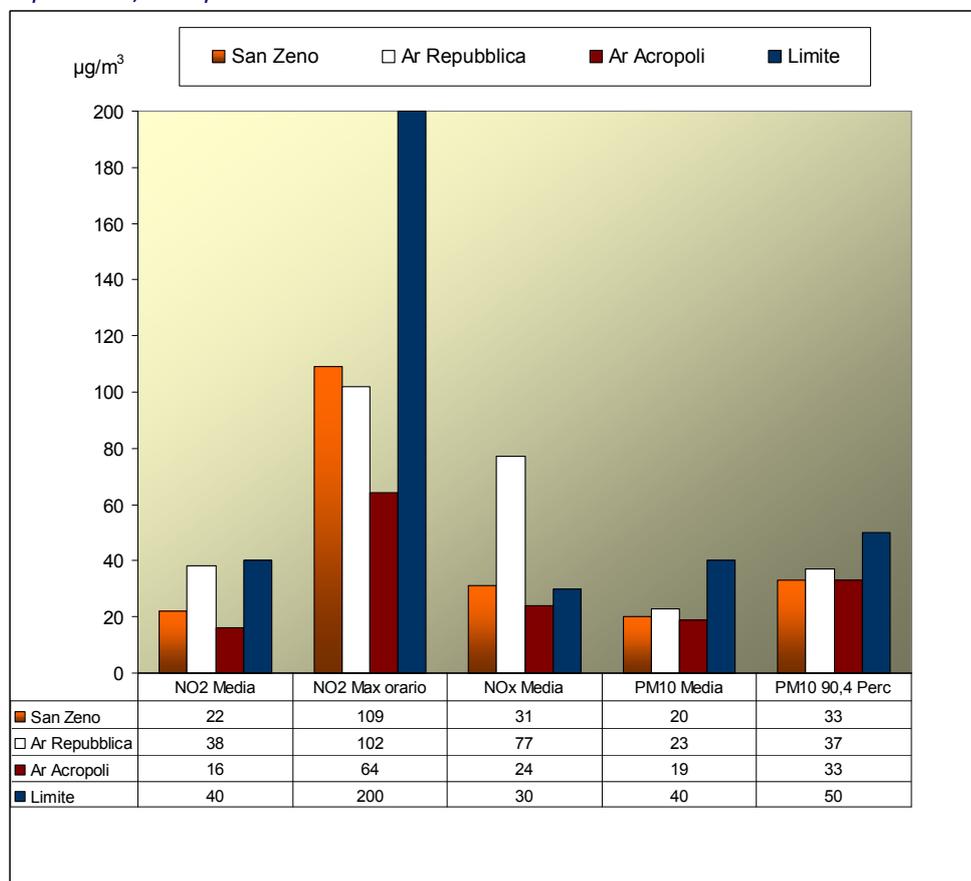


Figura 6.3.2. istogramma valori degli indicatori di NO₂, NO_x e PM10 - San Zeno Strada A e P.za Repubblica, Acropoli – Arezzo



NO₂ = biossido di azoto NO_x = ossidi di azoto totali PM10 = materiale particolato PM10

6.4 Analisi dati meteorologici rilevati durante la campagna di monitoraggio

In relazione ai dati registrati dal sensore meteo di direzione del vento nella campagna di misurazione indicativa di San Zeno, è stato elaborato il grafico polare, il quale è stato sovrapposto alla mappa della zona. L'elaborazione grafica, mostrata nella pagina successiva, 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 sono rappresentati i valori delle mediane (linea blu) e delle medie (linea rossa) dei valori di concentrazione di biossido di azoto relativi dallo stesso settore di provenienza del vento; a titolo di confronto, sono riportati anche i valori delle rispettive mediane (linea tratteggiata arancione) e medie (linea tratteggiata gialla) 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).

L'elaborazione grafica polare riguardante il biossido di azoto, mette in rilievo un forte sbilanciamento dei valori della mediana sui settori orientali (Est, Est-Sud-Est, Sud-Est) e di Sud-Ovest; le evidenze più significative riguardano i settori orientali a cui corrisponde la strada A (sito di ubicazione dell'autolaboratorio) ed il suo tessuto insediativo.

Figura 6.5.1 – elaborazione polare medie e mediane NO₂ Arezzo - San Zeno



7- Valutazione dei risultati

Gli indicatori di qualità dell'aria finalizzati alla tutela della salute umana riferiti alla campagna di misurazione di San Zeno, sono conformi ai valori limite previsti alla normativa vigente.

In questo contesto, alcuni inquinanti, quali **biossido di zolfo - SO₂**, **monossido di carbonio - CO** e **benzene**, registrano valori degli indicatori 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 %.

Se esaminiamo il materiale particolato **PM10** (Tabella 6.1.1), si osservano valori degli indicatori inferiori ai relativi limiti, con scarti percentuali rispetto al limite compresi fra il -34 % (indicatore 90,4° percentile delle concentrazioni giornaliere: valore misurato = 33 µg/m³ - valore limite = 50 µg/m³) ed il -50 % (indicatore media annuale: valore misurato = 20 µg/m³ - valore limite = 40 µg/m³). Il valore relativo alla media annuale di PM10 (20 µg/m³) fornisce indirettamente anche informazioni sulla situazione della frazione di PM2,5 giacché tale valore risulta già conforme anche al valore limite previsto per la media annuale del PM2,5 (25 µg/m³); si rammenta che il PM2,5 è una frazione del PM10 e 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).

Il biossido di azoto infine (Tabella 6.1.1), registra valori degli indicatori inferiori al limite del 45 %: in dettaglio, l'indicatore relativo al valore massimo orario ha registrato un valore di 109 µg/m³ (valore limite = 200 µg/m³) e l'indicatore della media annuale un valore di 22 µg/m³ (valore limite = 40 µg/m³).

L'indicatore relativo alla media annuale degli **ossidi di azoto - NOx** (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 di poco superato; al di fuori delle zone rurali, come nel caso della postazione industriale di San Zeno, questo indicatore non è solitamente mai rispettato.

In merito alle **precedenti campagne di misurazione** effettuate nella postazione di San Zeno, si rilevano, con particolare riferimento all'ultima campagna di misurazione 2011-2012, variazioni temporali caratterizzate dalla tendenza al decremento dei valori degli indicatori. In particolare, per quanto attiene gli inquinanti più significativi, si registra una riduzione dei valori di materiale particolato PM10 (indicatore media annuale -20 % riferito alla campagna 2006-2007 perché nelle campagne più recenti era stato misurato il PM2,5) e dei valori degli ossidi di azoto totali (indicatore media annuale -26 %), ed in misura meno significativa, anche di biossido di azoto (media annuale -15 %). Se si amplia il campo di osservazione agli inquinanti meno rilevanti, si rilevano altri decrementi per il biossido di zolfo (indicatore valore massimo giornaliero -50 %), e per il benzene (indicatore media annuale -78 %). Il monossido di carbonio è caratterizzato da un incremento da ritenere poco significativo (indicatore media mobile 8 ore massima giornaliera +9 %). L'analisi sul lungo termine (1990-2015), evidenzia per il biossido di azoto (indicatori media annuale e 98° percentile valori orari) una riduzione del 26 % rispetto ai primi anni '90 ed una sostanziale stabilità nel periodo 2006-2015; la situazione degli andamenti è caratterizzata da invarianza anche per il monossido di carbonio (indicatore media mobile 8 ore massima giornaliera - decremento rispetto al 2006 del 39 % e sostanziale stabilità nel periodo 2010-2015). Nell'intero decennio 2006-2015 rileva invece un decremento per gli ossidi di azoto totali (indicatore media annuale -24 %), gli ossidi di zolfo (indicatore valore massimo orario -74%; indicatore valore massimo giornaliero - 50 % preceduto tuttavia da un periodo di stabilità dal 2006 al 2012) e del benzene. Per quanto attiene gli andamenti dei valori medi annuali di materiale particolato in più di venticinque anni (1990-2015), si osserva che gli scarti rispetto al valore limite si riducono progressivamente in relazione al diametro aerodinamico della frazione granulometrica (lo scarto sul limite della

media annuale di PM_{2,5} pari al -26 % è il più basso rispetto alle altre frazioni di materiale particolato).

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 (Figura 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) ubicate nello stesso Comune e pertanto nella stessa Zona "Valdarno aretino e Valdichiana" (allegato 1 DGRT 1025/2010) evidenzia, da una parte, una significativa differenza con la stazione di traffico di P.za Repubblica (San Zeno: -42 % media annuale biossido di azoto; -60 % media annuale ossidi di azoto; -13 % media annuale PM₁₀; -25 % media mobile 8 ore massima giornaliera CO) e dall'altra, un rapporto di relazione più sfumato con la stazione di fondo di Acropoli, contraddistinto, sia da valori più elevati di ossidi di azoto (San Zeno: +38 % media annuale biossido di azoto; +29 % media annuale ossidi di azoto), sia da valori poco più elevati o quasi equivalenti di PM₁₀ (+5 % media annuale; equivalente per indicatore 90,4° percentile).

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, Figura 1.3.1.-2) e dei valori medi giornalieri di materiale particolato PM₁₀ (Allegato 1, Figura delle differenze 1.3.3.-4), si rileva una corrispondenza degli andamenti, in particolare per il materiale particolato e biossido di azoto. Per quest'ultimo inquinante tuttavia, si rilevano a San Zeno alcuni eventi riferiti a valori massimi orari, non registrati nell'area urbana di Arezzo (giorno 21/9/2015 - direzione prevalente del vento Nord-Ovest), o più elevati di quelli registrati alla stessa ora nell'area urbana di Arezzo (giorni 13/1/2015 - direzione prevalente del vento Est-Sud-Est e 19/1/2015 - venti prevalenti attorno all'asse Nord-Sud). Nel giorno 13 gennaio 2015, anche il valore medio giornaliero di PM₁₀ di San Zeno ha di poco superato il corrispondente valore misurato dalla stazione di P.za Repubblica (+7 %).

Per gli indicatori di qualità dell'aria, si evidenzia, come peraltro già valutato sopra, che i livelli massimi più elevati sono registrati nella prevalenza dei casi dalla stazione di traffico di Arezzo P.za Repubblica e che la postazione di San Zeno si colloca, in un caso, su valori di ossidi di azoto superiori alla stazione di fondo urbano di Arezzo - Acropoli, e nell'altro, su valori di PM₁₀ quasi equivalenti (o poco superiori) alla medesima stazione di fondo urbano.

I grafici delle differenze (Allegato 1, figure 1.3.3.-4) relativi ai valori giornalieri di materiale particolato PM₁₀ ed orari di biossido di azoto relativi alle tre stazioni comparate consolidano questo quadro:

- media delle differenze PM₁₀ San Zeno/Repubblica = -3 µg/m³;
- media delle differenze PM₁₀ San Zeno/Acropoli = 2 µg/m³;
- media delle differenze NO₂ San Zeno/Repubblica = -16 µg/m³;
- media delle differenze NO₂ San Zeno/Acropoli = 6 µg/m³.

Le correlazioni dei valori medi giornalieri di materiale particolato PM₁₀ di San Zeno (Allegato 1, Figura 1.4.1.-2) sono definite da coefficienti di correlazione buoni con entrambe le stazioni ubicate nell'area urbana di Arezzo (coefficiente correlazione delle concentrazioni medie giornaliere San Zeno/Ar - P.za Repubblica: $R^2 = 0,89$; coefficiente correlazione delle concentrazioni medie giornaliere San Zeno/Ar - Acropoli: $R^2 = 0,87$). Non sono evidenziate correlazioni fra gli inquinanti di natura gassosa (biossido di azoto e monossido di carbonio) riguardanti la postazione di San Zeno e le stazioni dell'area urbana di Arezzo.

Andamenti temporali

Gli andamenti dei valori orari e giornalieri (Allegato 1, figure 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 dell'autunno per biossido di azoto, e dell'inverno per materiale particolato PM₁₀ e monossido di carbonio. Questo andamento è confermato, in sostanza, anche dalle variazioni stagionali dei valori degli indicatori di qualità dell'aria (allegato 1 figure 1.6.1-2) nei quali, per la prevalenza

degli inquinanti (NO₂, NO_x, PM₁₀, CO e benzene) i valori medi stagionali degli indicatori relativi all'inverno sono più elevati delle altre stagioni (media NO₂ inverno rispetto ad estate = +82 %; media PM₁₀ inverno rispetto ad estate = +100 %; media benzene inverno rispetto ad estate = +1400 %). Nel periodo invernale la direzione prevalente dei venti ha riguardato i settori nord (Nord-Nord-Est) e sud orientali (Est-Sud-Est, Sud-Est, Sud-Sud-Est).

Giorno tipo

Queste elaborazioni mostrano gli andamenti tipici orari (media dei valori registrati alla stessa ora). 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 a campana contraddistinto da valori orari più elevati nelle ore di massima insolazione tipicamente nelle stagioni della primavera e dell'estate, per gli altri inquinanti si evidenzia:

- biossido di azoto – andamenti medi stagionali sostanzialmente sovrapponibili riferiti ad inverno ed autunno da una parte, e primavera ed estate dall'altra. Per le stagioni dell'autunno e dell'inverno, peraltro caratterizzate da valori più elevati rispetto alle altre stagioni, si nota che i livelli massimi si riferiscono alla mattina (fascia oraria 7 – 10) ed alla sera (fascia oraria 18 - 20), tipiche fasce orarie coincidenti con le attività antropiche. Le stagioni della primavera e dell'estate, registrano invece valori più elevati prevalentemente nelle ore notturne (fascia oraria 22 – 6);
- monossido di carbonio – anche in questo caso gli andamenti relativi alla stagioni della primavera e dell'estate risultano sostanzialmente corrispondenti e sono caratterizzate dalla presenza di valori massimi nel pomeriggio (ore 18); autunno ed inverno sono caratterizzati invece dalla presenza dei picchi di massima concentrazioni nella fascia oraria della mattina (10- 13);
- biossido di zolfo – gli andamenti medi stagionali sono distribuiti in una fascia di livelli di concentrazione piuttosto ristretta (circa 3 µg/m³), che non forniscono informazioni significative.

Distribuzione dei livelli di concentrazione – diagrammi a scatola

I numeri di sintesi (Allegato 1, tabella 1.2.1), mettono in evidenza una distribuzione dei dati asimmetrica per la prevalenza degli inquinanti (ad esclusione dell'ozono) 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, in particolare per gli ossidi di azoto totali ed il biossido di azoto, poiché presentano il valore medio più elevato della mediana.

I diagrammi a scatola stagionali riferiti ad ogni agente inquinante (Allegato 1, figure 1.1.1-6), mettono in rilievo la presenza di livelli massimi di materiale particolato PM₁₀ nelle stagioni dell'inverno e della primavera, di biossido di zolfo nelle stagioni dell'estate e dell'inverno, di monossido di carbonio nella stagione dell'inverno, e di biossido di azoto nelle stagioni dell'inverno e dell'autunno.

Distribuzione in classi di concentrazione

Biossido di azoto, materiale particolato PM₁₀ e monossido di carbonio presentano 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, figure 1.5.1-8). Non segue questa distribuzione il biossido di zolfo, caratterizzato da un andamento più omogeneo, attorno alla classe di concentrazione dalla frequenza più elevata, tipicamente corrispondente al valore medio annuale.

Elaborazioni con i dati meteorologici

Le elaborazioni grafiche polari riguardanti il biossido di azoto mettono in rilievo un forte sbilanciamento sui settori orientali (Est, Est-Sud-Est, Sud-Est) e di Sud-Ovest; le evidenze più significative riguardano i settori orientali a cui corrisponde la strada A (luogo di ubicazione dell'autolaboratorio) e del relativo contesto insediativo.

8 - Considerazioni riassuntive e finali

La postazione di misurazione di San Zeno è caratterizzata da valori degli indicatori di qualità dell'aria conformi ai valori limite fissati a tutela della salute umana. In questo contesto, alcuni inquinanti come benzene, monossido di carbonio e biossido di zolfo, registrano valori largamente inferiori al relativo limite (oltre il -80 %).

Il materiale particolato PM10 (indicatore media annuale) si colloca su valori, inferiori al relativo valore limite del 50 %. Il valore medio annuale di PM10, indirettamente, fornisce informazioni sulla conformità al limite dei livelli medi annuali di PM2,5, giacché il valore di PM10 registrato ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a San Zeno, è già di per se inferiore al valore limite fissato per il PM2,5 ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) che del PM10 è una frazione.

Il biossido di azoto infine, registra uno scarto rispetto al valore limite poco più basso al 50 % (indicatori media annuale e valore massimo orario -45 %).

Il raffronto con i valori degli indicatori elaborati nelle precedenti campagne di rilevamento effettuate nella stessa postazione di misurazione (1990 - 2012), mette in rilievo, nel breve termine, variazioni temporali caratterizzate dalla sostanziale riduzione dei valori degli indicatori (biossido di azoto -15 %, PM10 -20 %, benzene -78 %); nel lungo termine, relativamente al biossido di azoto, si osserva, rispetto al triennio '90-'91, una riduzione dei valori degli indicatori ed una sostanziale stabilità rispetto al periodo 2006-2012. Nel decennio 2006-2015 sono registrati altri decrementi per gli ossidi di zolfo (-74 % indicatore valore massimo orario), gli ossidi di azoto totali (-24 %) e per il benzene (-83 % riferito anno 2009).

L'analisi comparativa riferita alle stazioni di misurazione fisse di rete regionale di Arezzo - P.za Repubblica (urbana-traffico) ed Acropoli (urbana-fondo) appartenenti alla stessa zona "Valdarno aretino e Valdichiana", riguardante i dati puntuali (orari e giornalieri) ed i valori degli indicatori di qualità dell'aria (registrati nello stesso periodo di osservazione della presente campagna di misurazione indicativa), evidenzia, da una parte, una discontinuità dei livelli di concentrazione degli indicatori di San Zeno rispetto alla stazione di traffico di P.za Repubblica (San Zeno: media biossido di azoto -42 %; media PM10 -13 %), e dall'altra, una sostanziale continuità ai valori di PM10 alla stazione di fondo urbano di Acropoli (San Zeno: media PM10 +5 %). Tuttavia, e nello stesso tempo, i livelli di biossido di azoto (indicatore media annuale) si relazionano in maniera diversa rispetto ad Acropoli, giacché sono caratterizzati da livelli più elevati ($22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pari al +38 %), ma comunque in linea al valore medio regionale relativo alle stazioni di fondo ($22 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

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

Le elaborazioni grafiche polari riguardanti il biossido di azoto mettono in rilievo contributi dai settori orientali (Est, Est-Sud-Est, Sud-Est) e sud occidentali; i più significativi appaiono quelli orientali. Si osserva che questi settori corrispondono alla strada A (dove è stato posizionato l'autolaboratorio) ed al relativo tessuto insediativo.

La postazione è caratterizzata da isolati eventi orari di picco, in particolare di biossido di azoto, caratterizzati, sia da non corrispondenza, che da corrispondenza con l'area urbana di Arezzo; nei casi di corrispondenza San Zeno ed area urbana di Arezzo, i valori registrati a San Zeno risultano più elevati. A consolidare questo quadro, si evidenzia che il valore massimo orario di biossido di azoto di San Zeno è risultato più elevato di quelli registrati nello stesso periodo di osservazione dalle stazioni ubicate nell'area urbana di Arezzo (San Zeno vs P.za Repubblica +7 %; San Zeno vs Acropoli +70 %). In relazione alle elaborazioni della rosa dei venti riguardanti i giorni specifici in cui sono stati registrati tali eventi, sono stati individuati più settori di provenienza del vento, ad indicare il probabile cointeressamento di più fonti di emissione.

Allegato 1. Elaborazioni integrative

1.1 Distribuzione dei livelli di concentrazione – diagrammi a scatola

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	2,0	12	10	14	27	0,2
Minimo	0,5	0,01	0,01	8	2	0,0
Media	3,5	31	22	20	52	0,4
Mediana	3,8	22	18	21	52	0,3
Massimo	11,8	328	109	61	115	1,7
3 Quartile	4,5	37	29	23	77	0,5
Deviazione standard	1,5	31	16	10	29	0,2

NO₂ = biossido di azoto

NO_x = ossidi di azoto totali

SO₂ = biossido di zolfo

PM10 = materiale particolato PM10

CO = monossido di carbonio

O₃ = ozono

Figura 1.1.1 diagrammi a scatola dati annuali biossido di zolfo, biossido di azoto, materiale particolato PM10 ed ozono

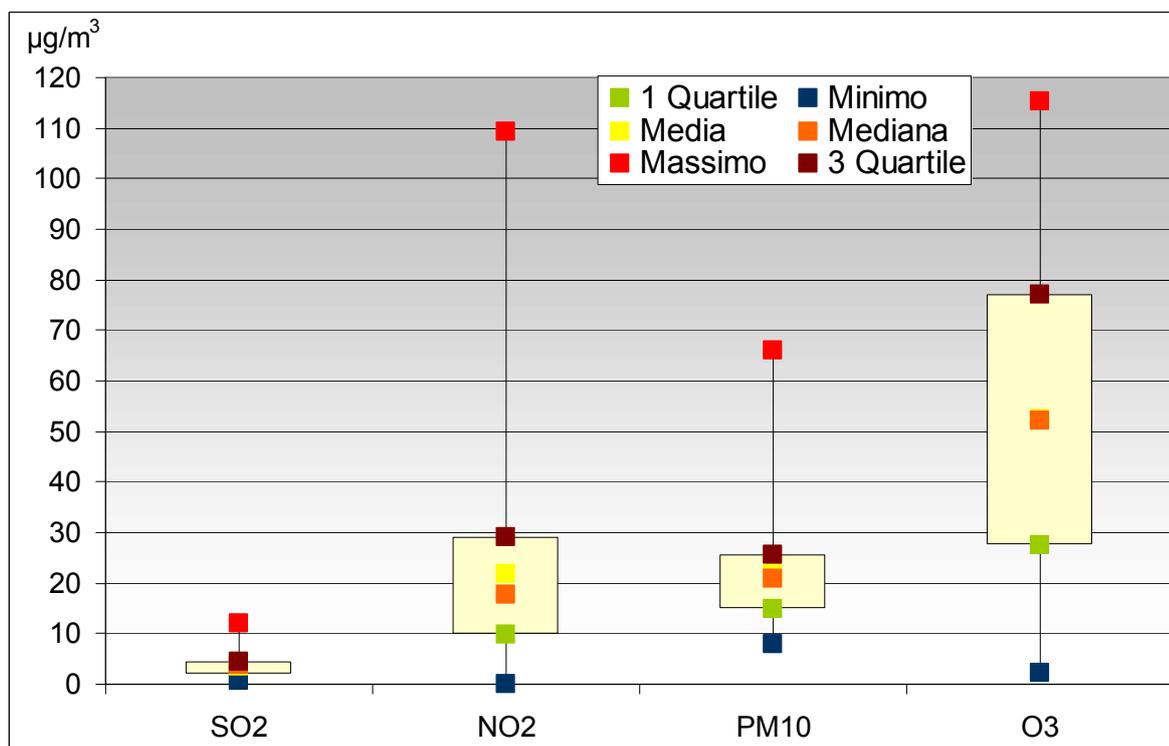


Figura 1.1.2 diagramma a scatola stagionale biossido di zolfo

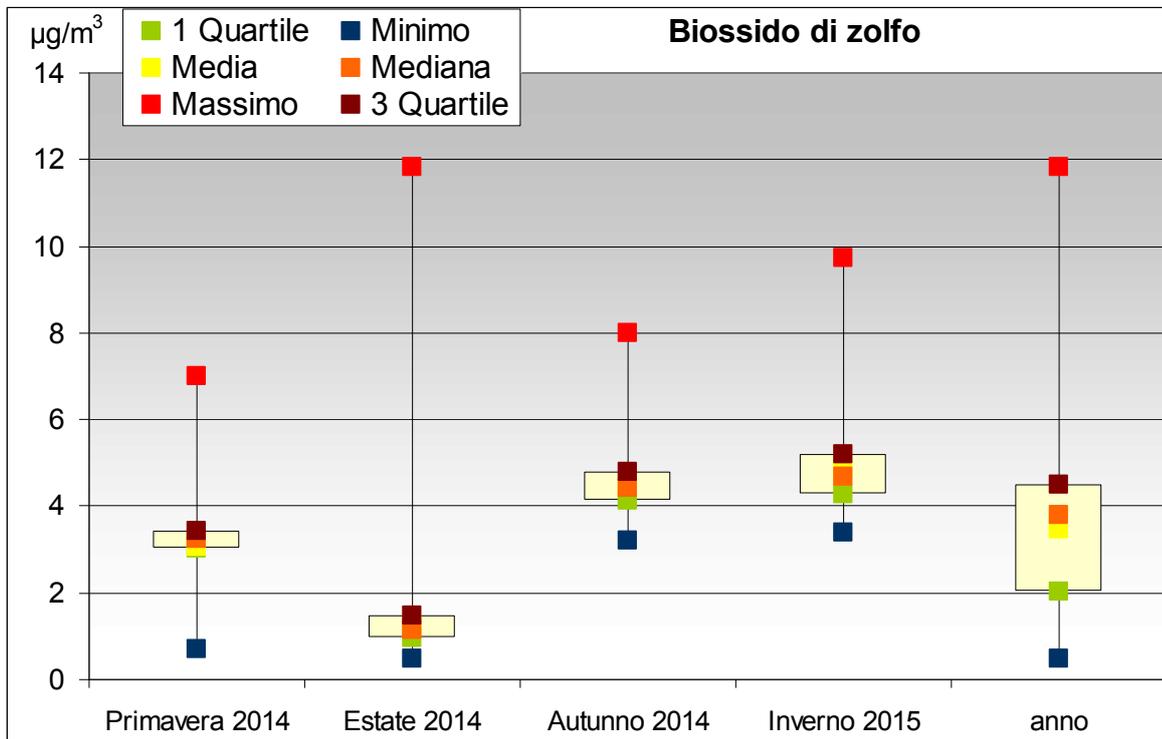


Figura 1.1.3 diagramma a scatola stagionale biossido di azoto

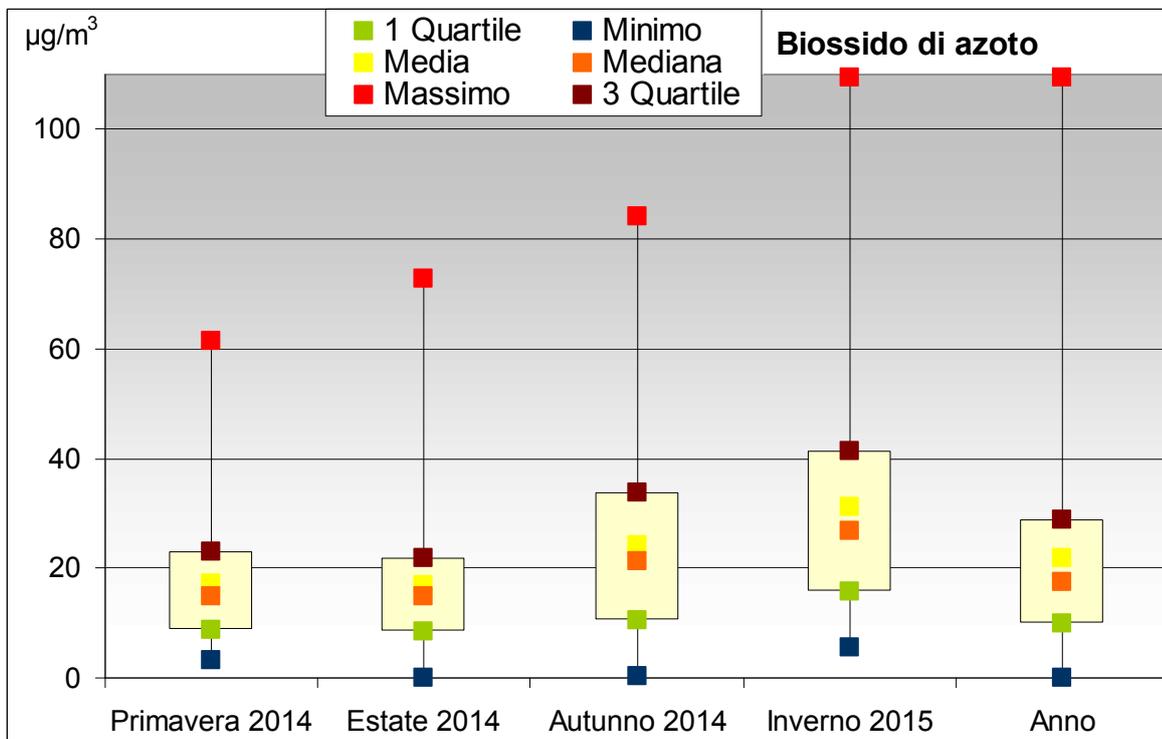


Figura 1.1.4 diagramma a scatola stagionale materiale particolato PM10

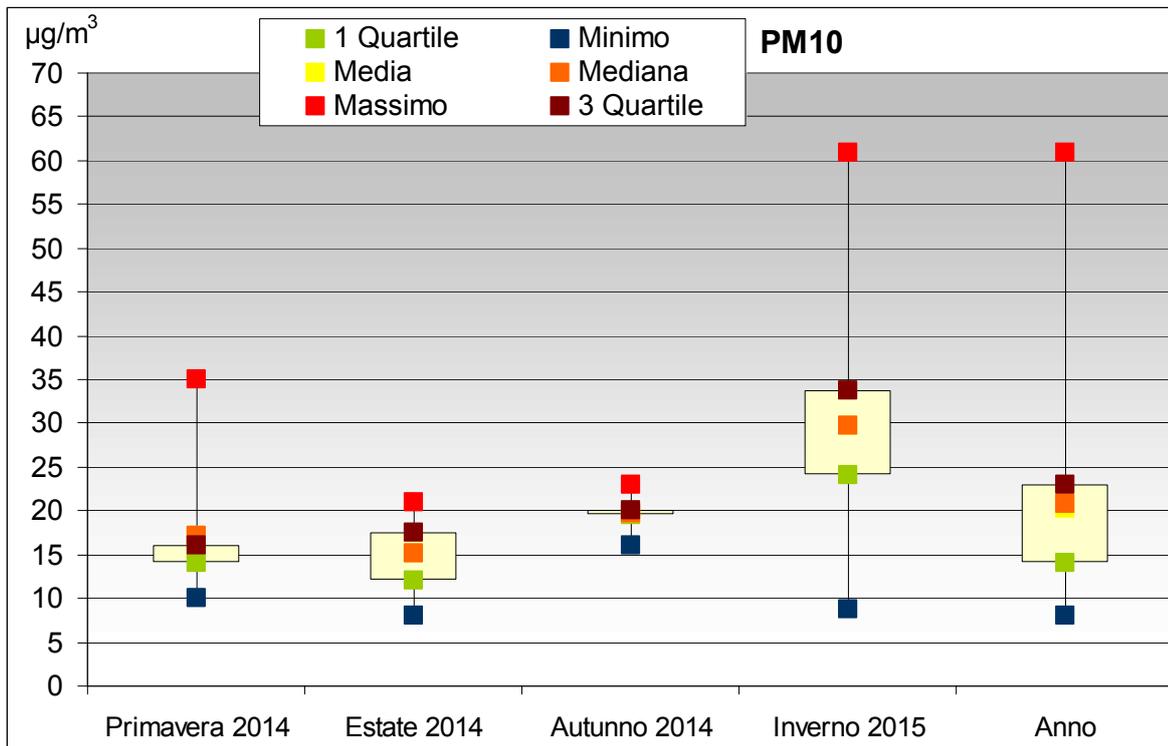


Figura 1.1.5 diagramma a scatola stagionale monossido di carbonio

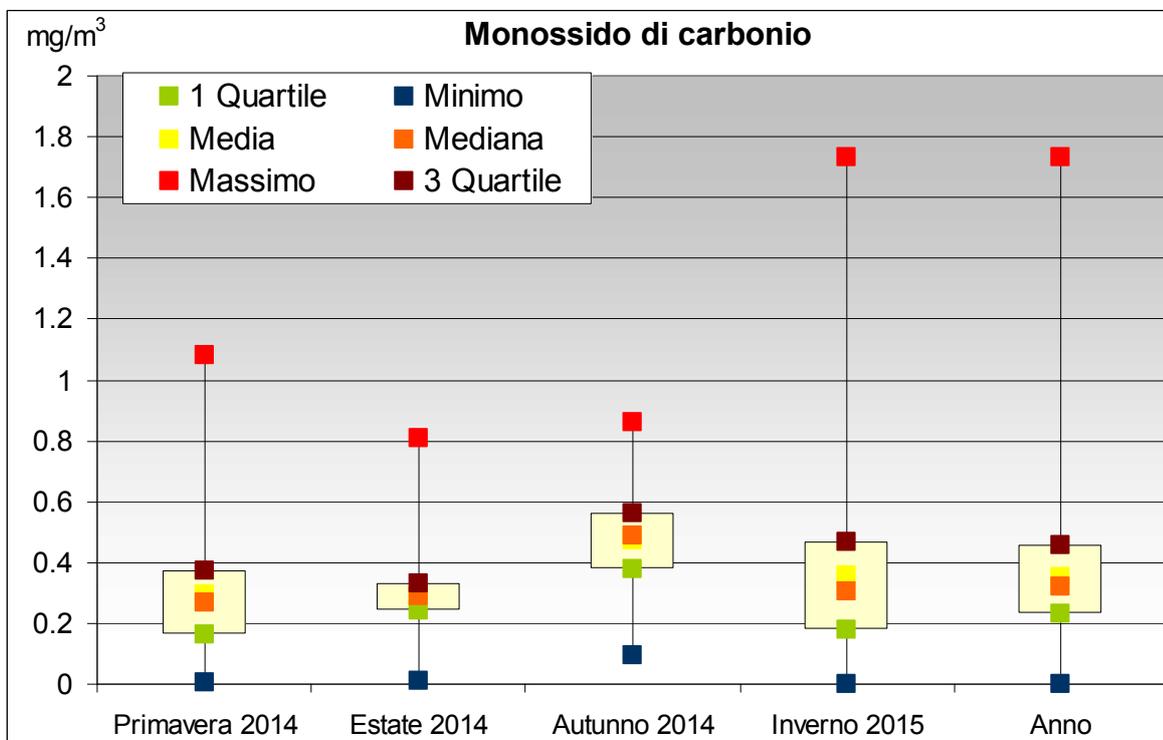
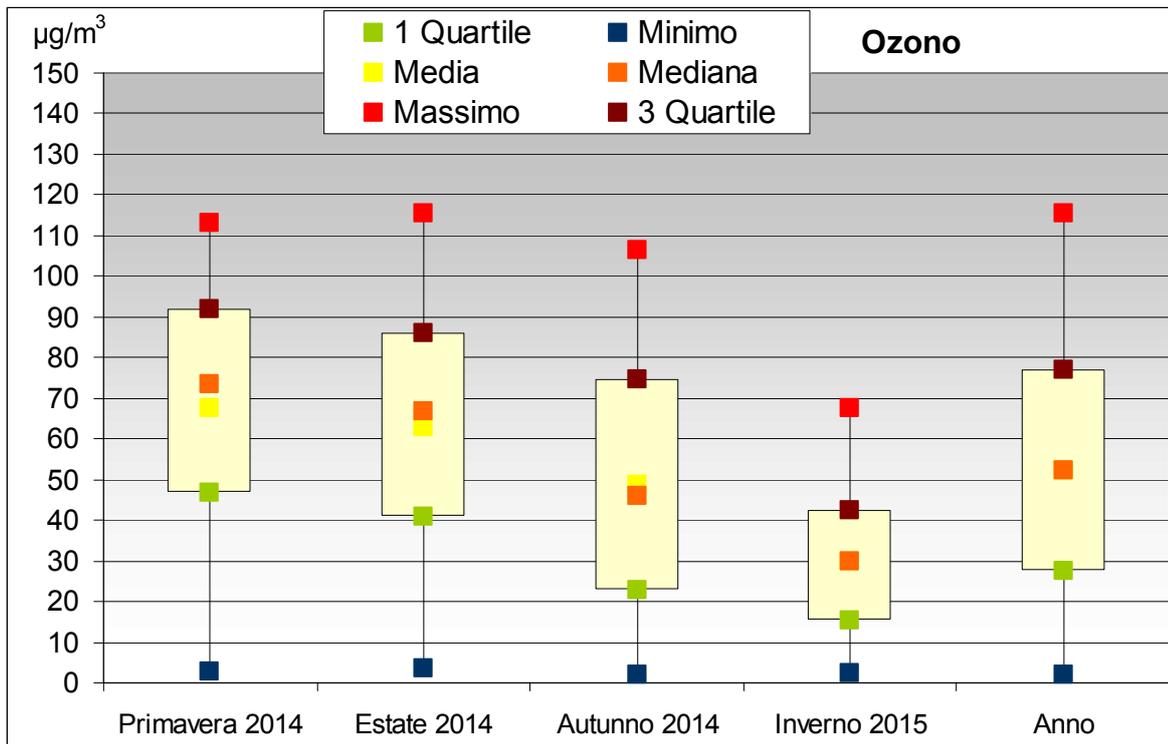


Figura 1.1.6 diagramma a scatola stagionale ozono



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).

Figura 1.2.1 giorno tipo monossido di carbonio

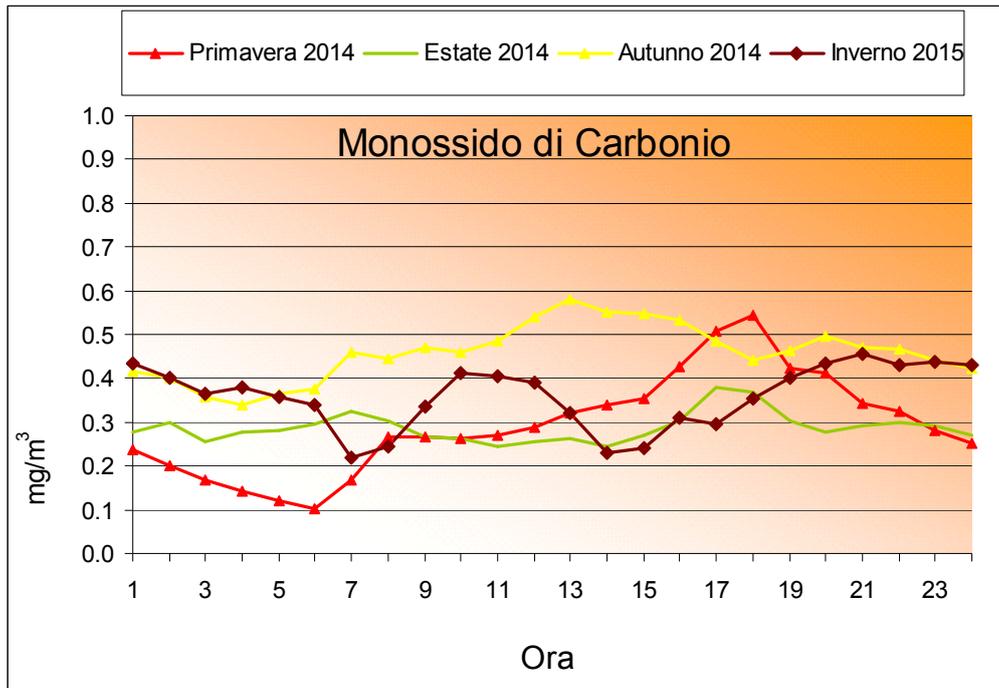


Figura 1.2.2 giorno tipo biossido di azoto

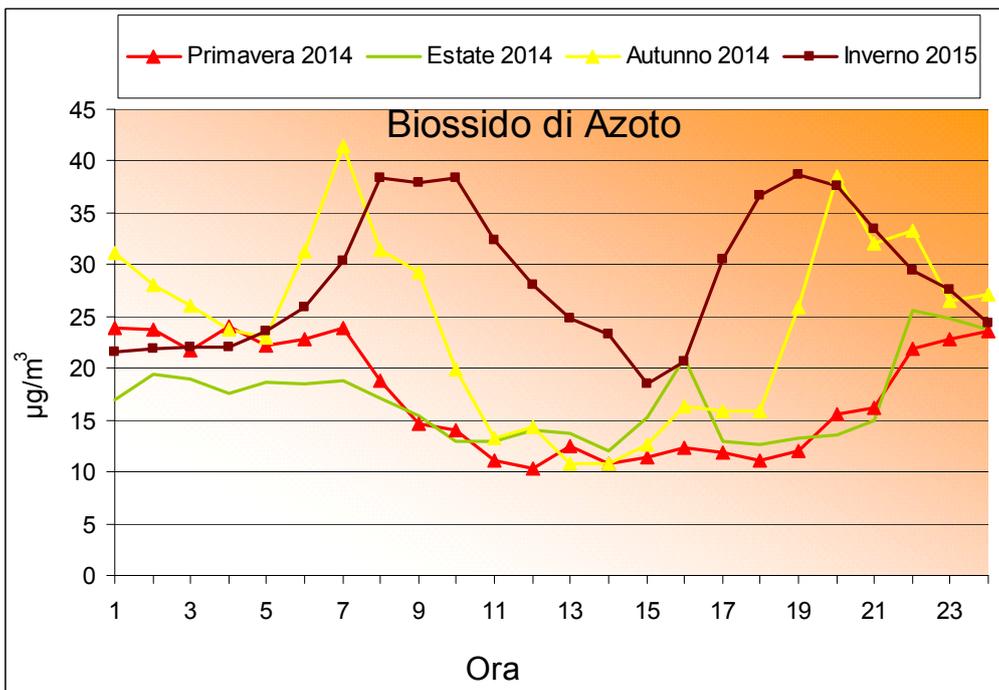


Figura 1.2.3 giorno tipo biossido di zolfo

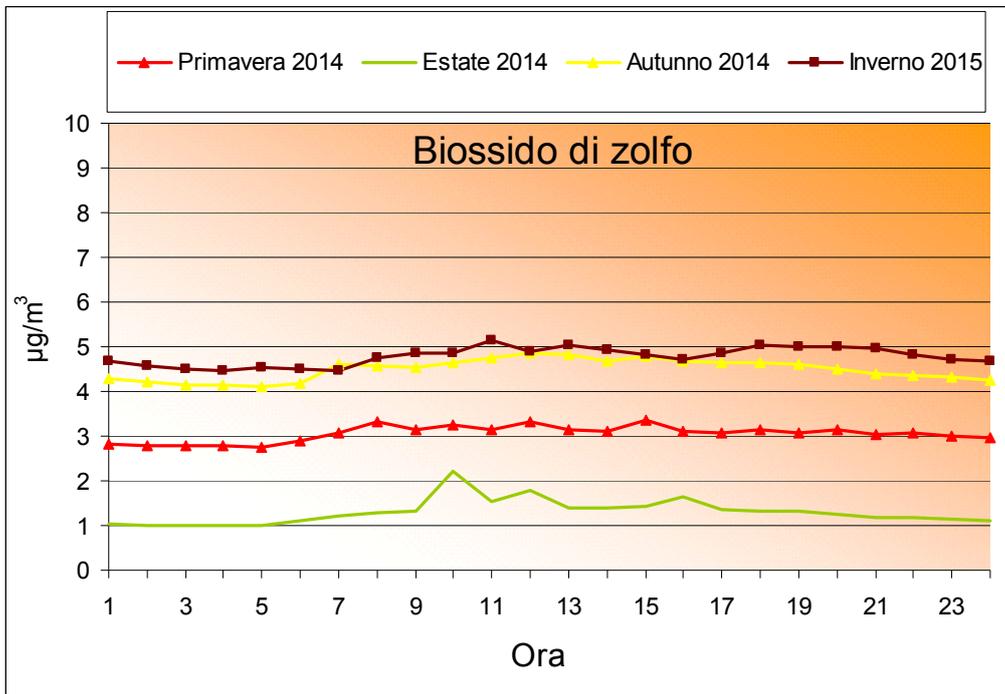
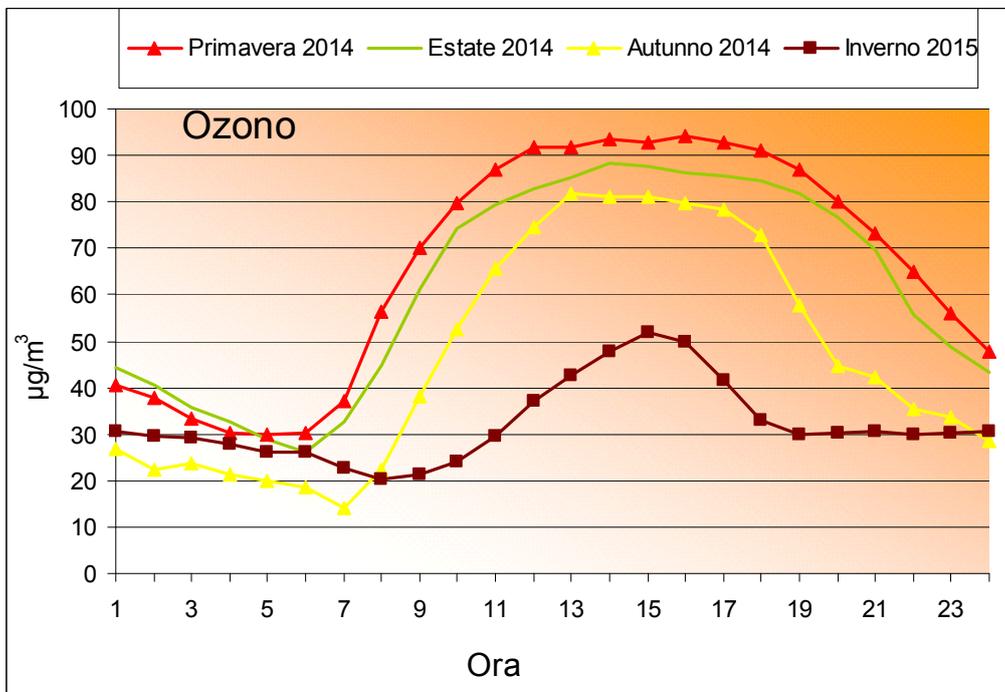


Figura 1.2.4 giorno tipo ozono



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

Biossido di azoto NO₂ - valori medi orari

Figura 1.3.1. andamenti orari NO₂ 16 maggio 2014 - 26 gennaio 2015 San Zeno - Ar P.za Repubblica

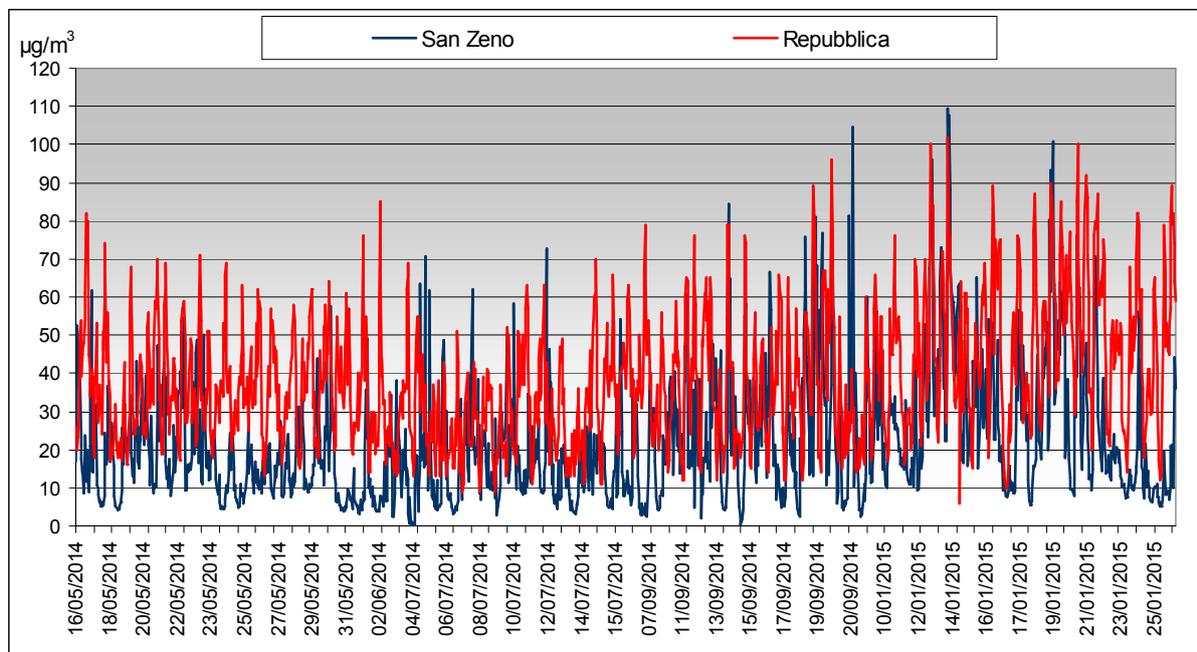
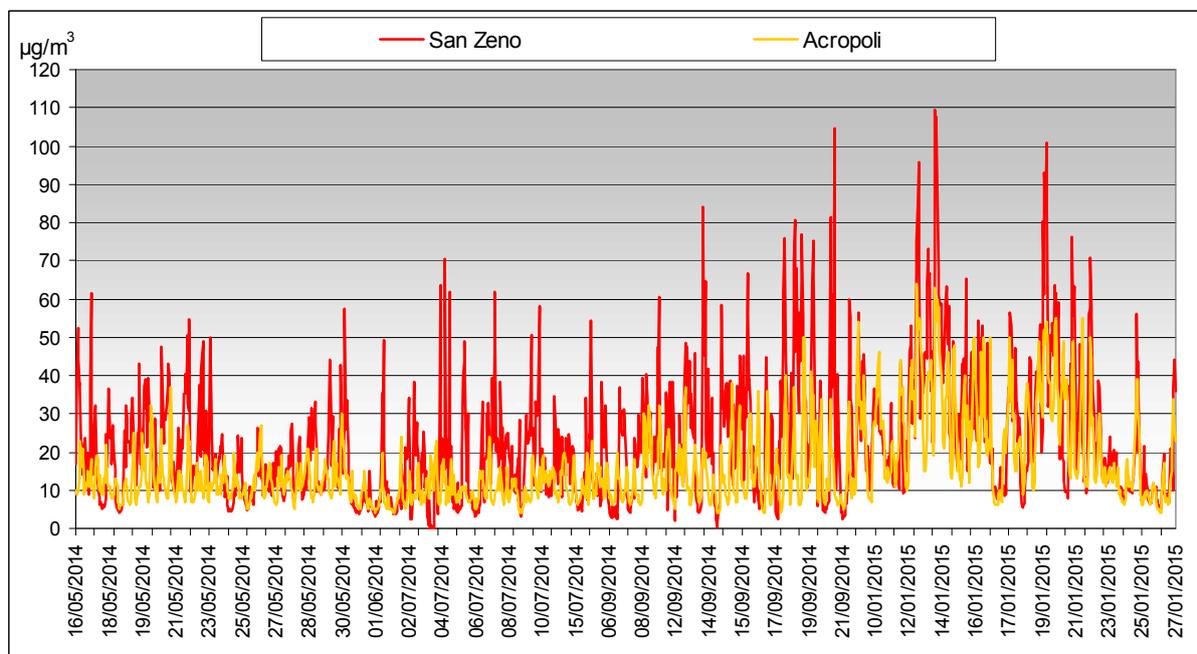
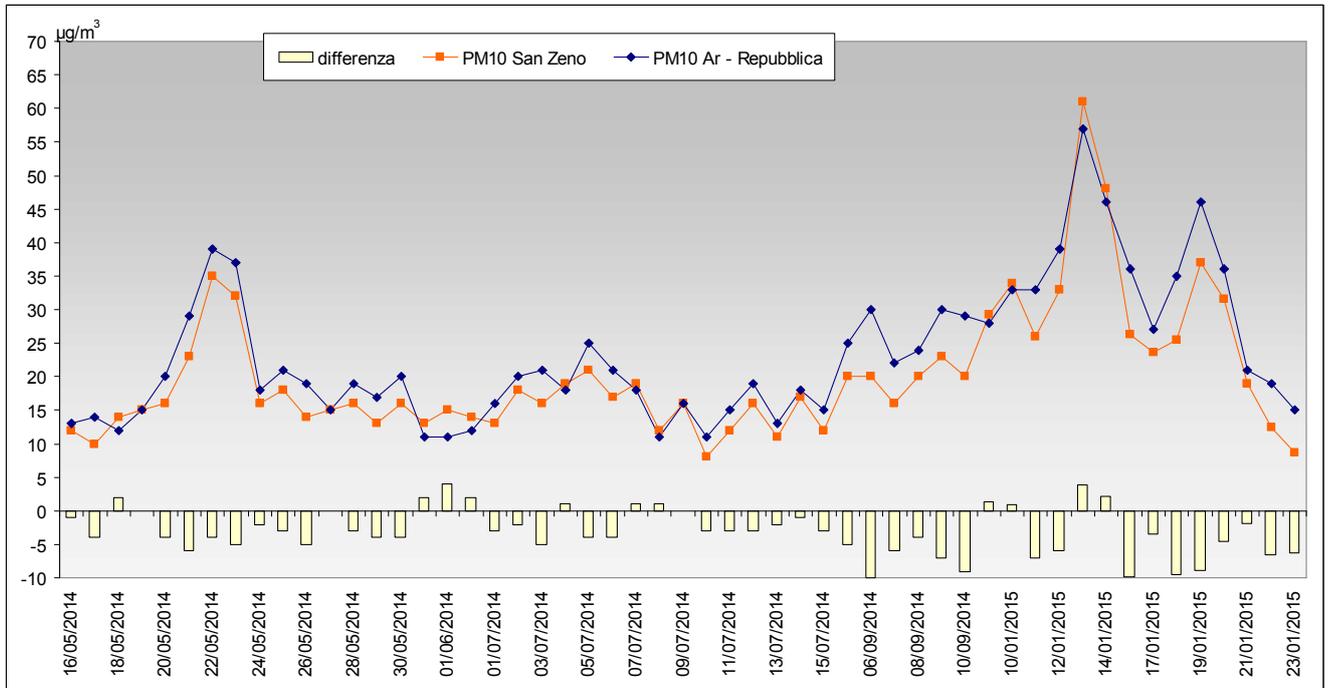


Figura 1.3.2. andamenti orari NO₂ 16 maggio 2014 - 26 gennaio 2015 San Zeno - Ar Acropoli

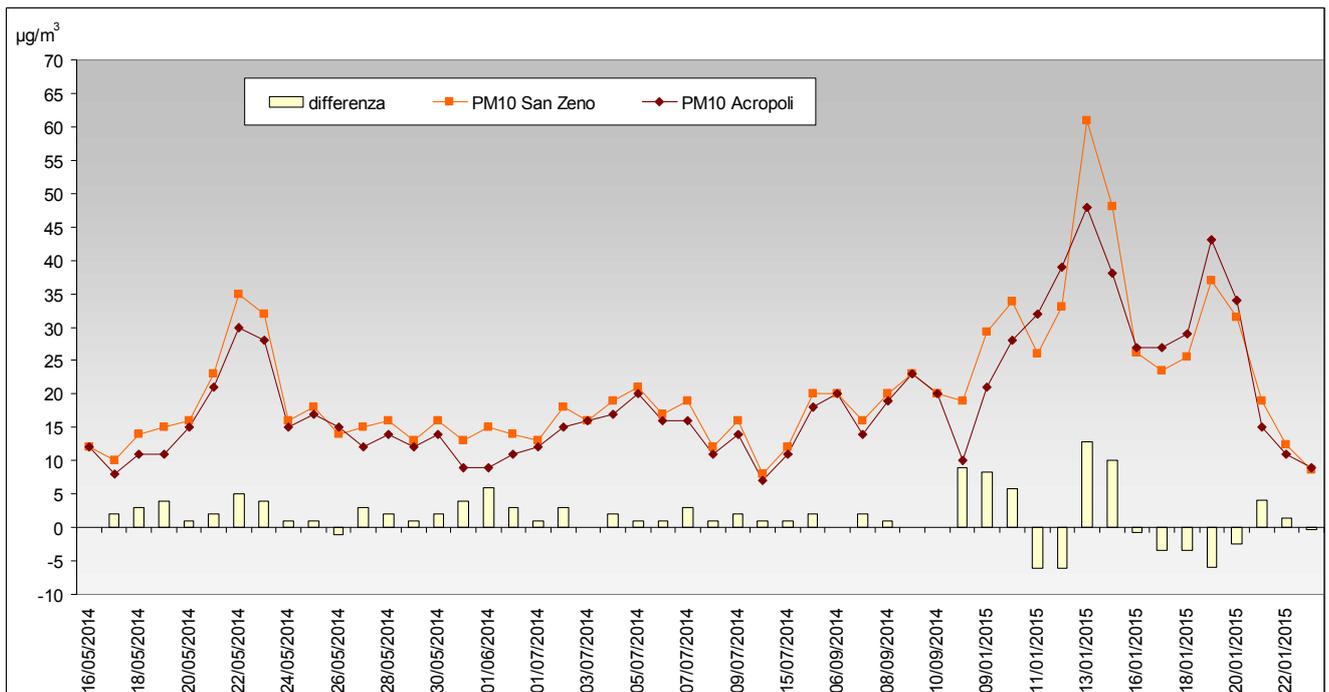


Materiale particolato - valori medi giornalieri

PM10 - Figura 1.3.3 andamenti giornalieri 16 maggio 2014 - 23 gennaio 2015 San Zeno - Ar P.za Repubblica

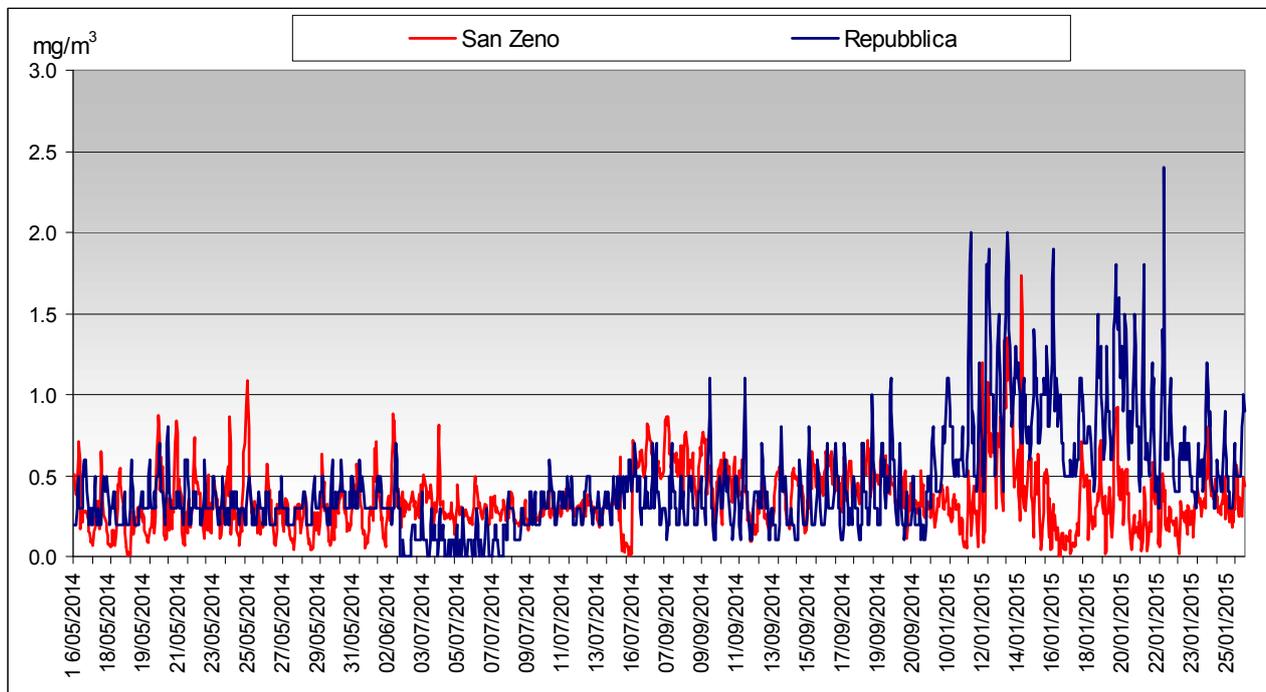


PM10 - Figura 1.3.4 andamenti giornalieri 16 maggio 2014 - 23 gennaio 2015 San Zeno - Ar Acropoli



Monossido di carbonio - valori medi orari

CO - Figura 1.3.5 andamenti giornalieri 16 maggio 2014 – 27 gennaio 2015 San Zeno – Ar P.za Repubblica



1.4 Grafici a dispersione San Zeno, P.za Repubblica ed Acropoli

Materiale Particolato PM10

Figura 1.4.1 dispersione valori giornalieri Strada A - San Zeno/P.za Repubblica

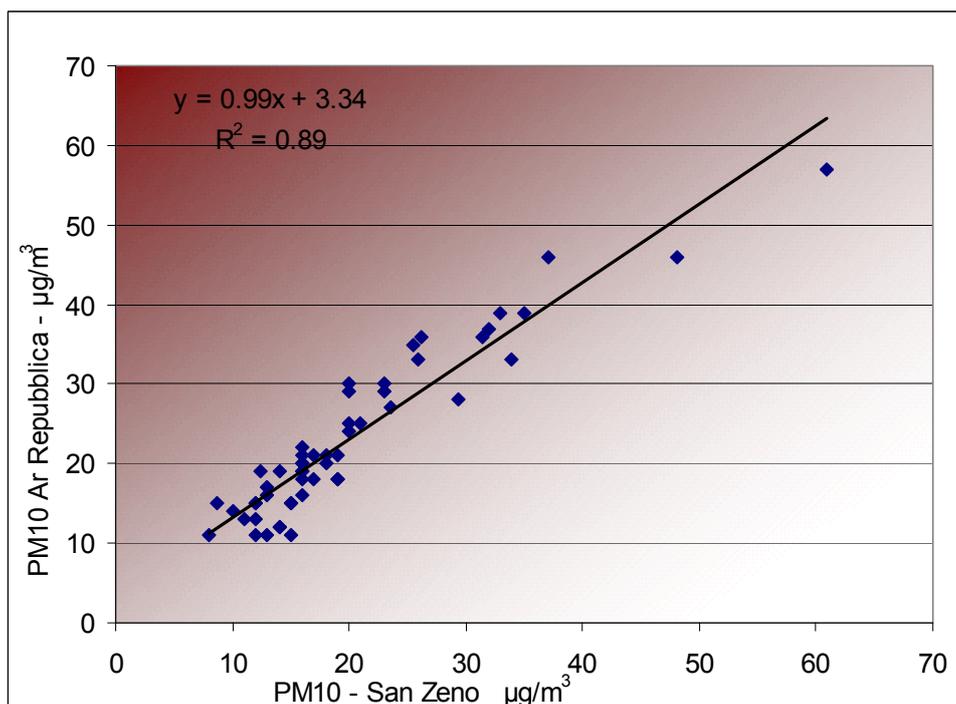
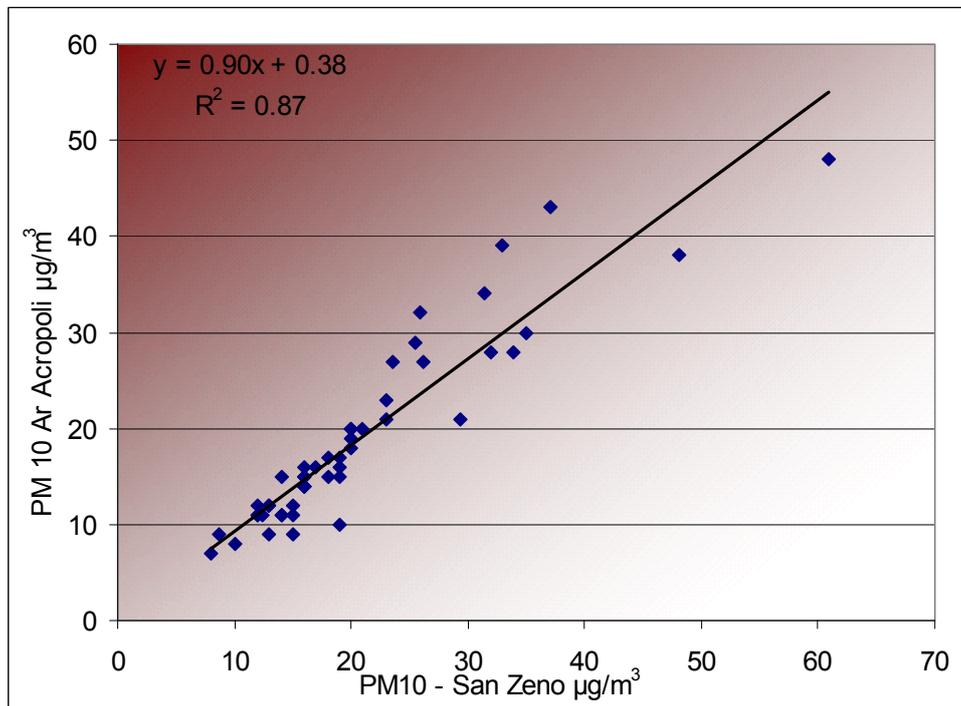


Figura 1.4.2 dispersione valori giornalieri Strada A - San Zeno /Acropoli



Biossido di azoto NO₂

Figura 1.4.3 dispersione valori orari Strada A - San Zeno/P.za Repubblica

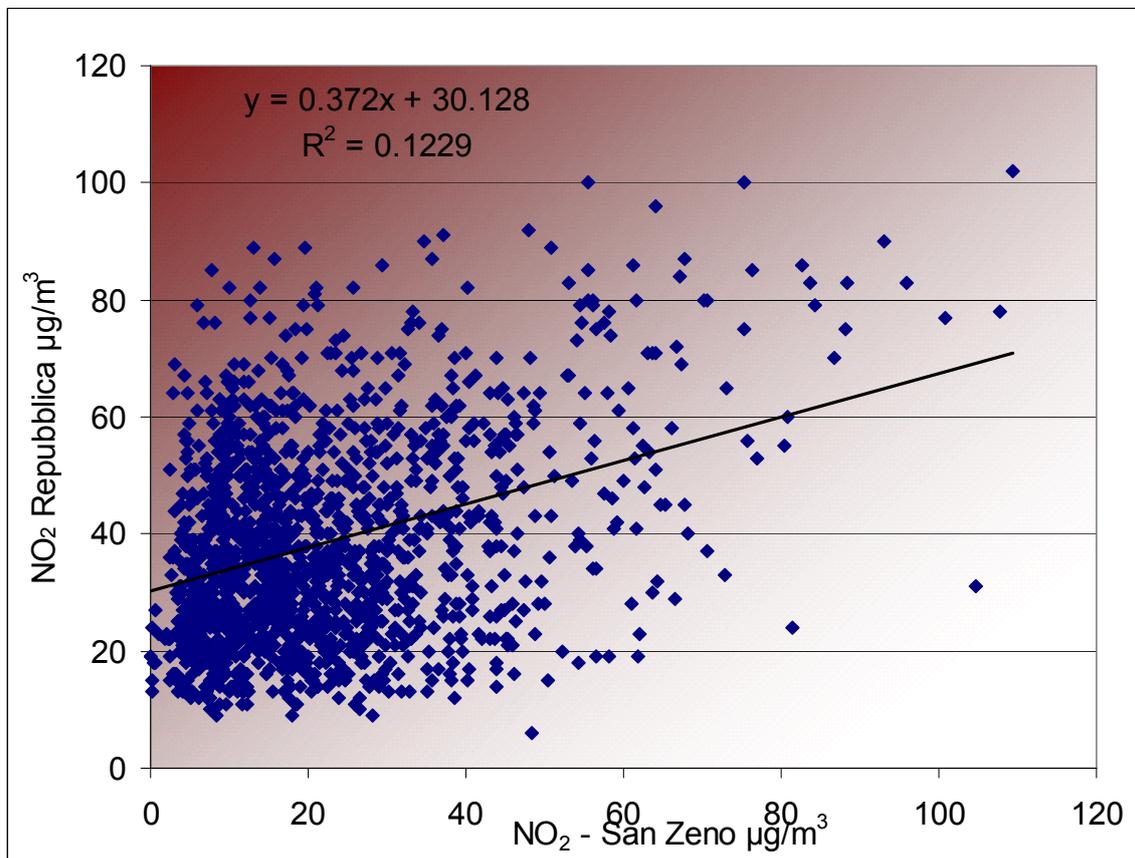
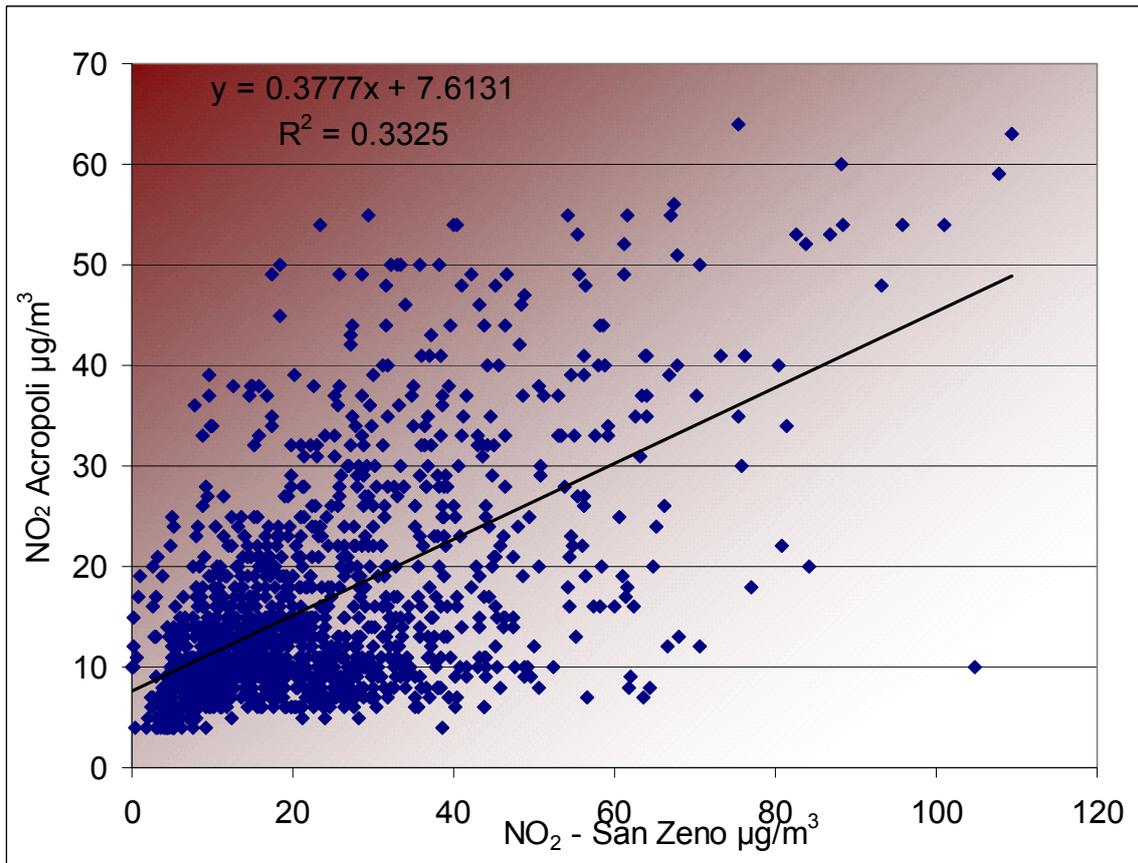
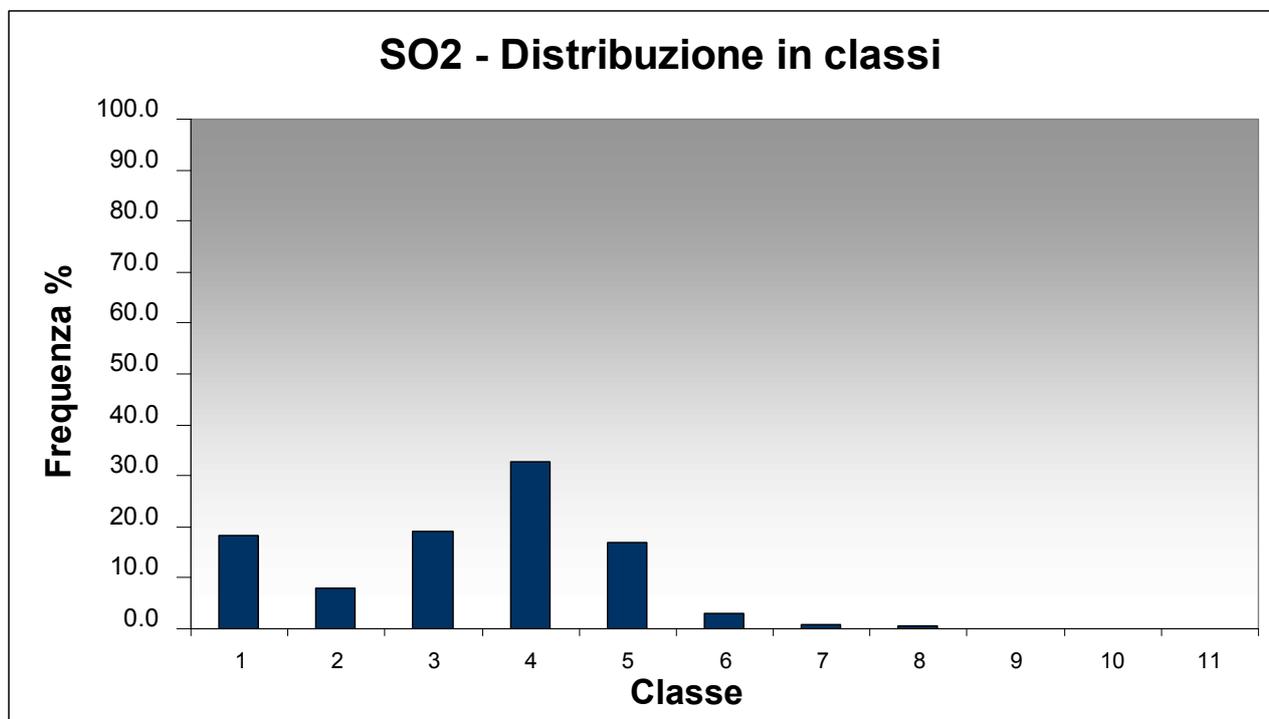


Figura 1.4.4 dispersione valori orari Strada A - San Zeno/Acropoli



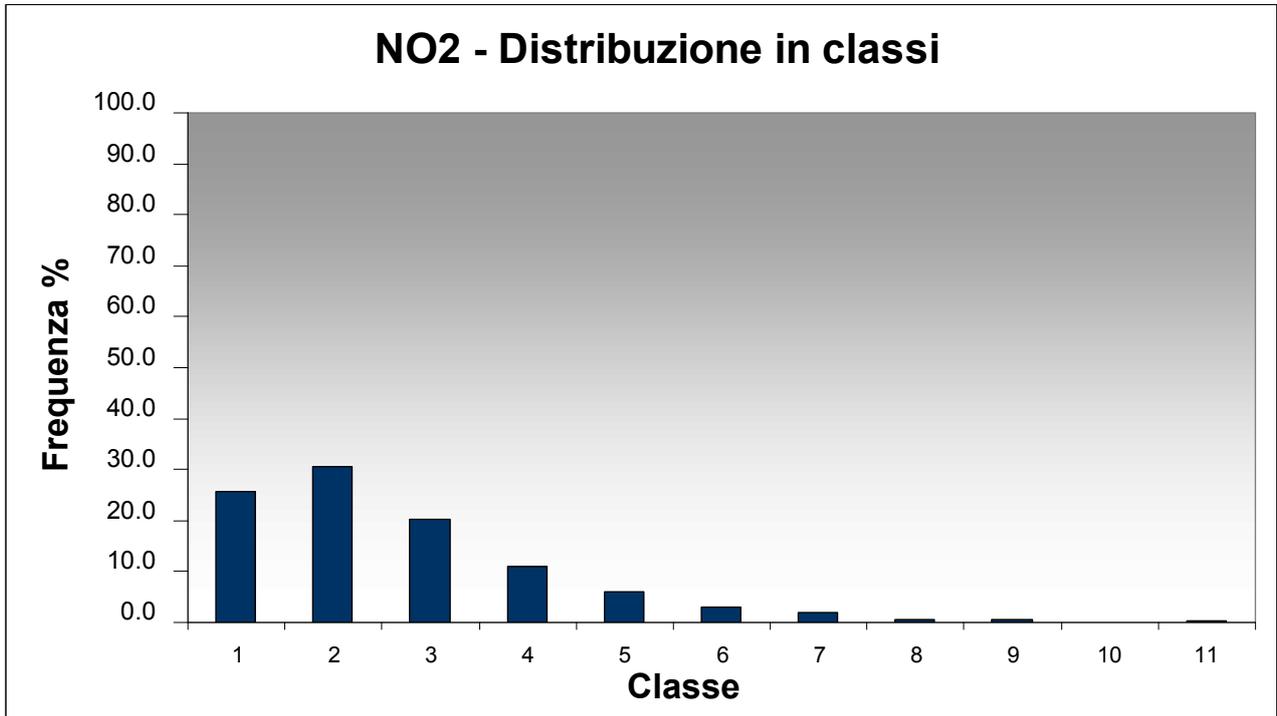
1.5 Distribuzione in classi

Figura 1.5.1. istogramma distribuzione in classi biossido di zolfo



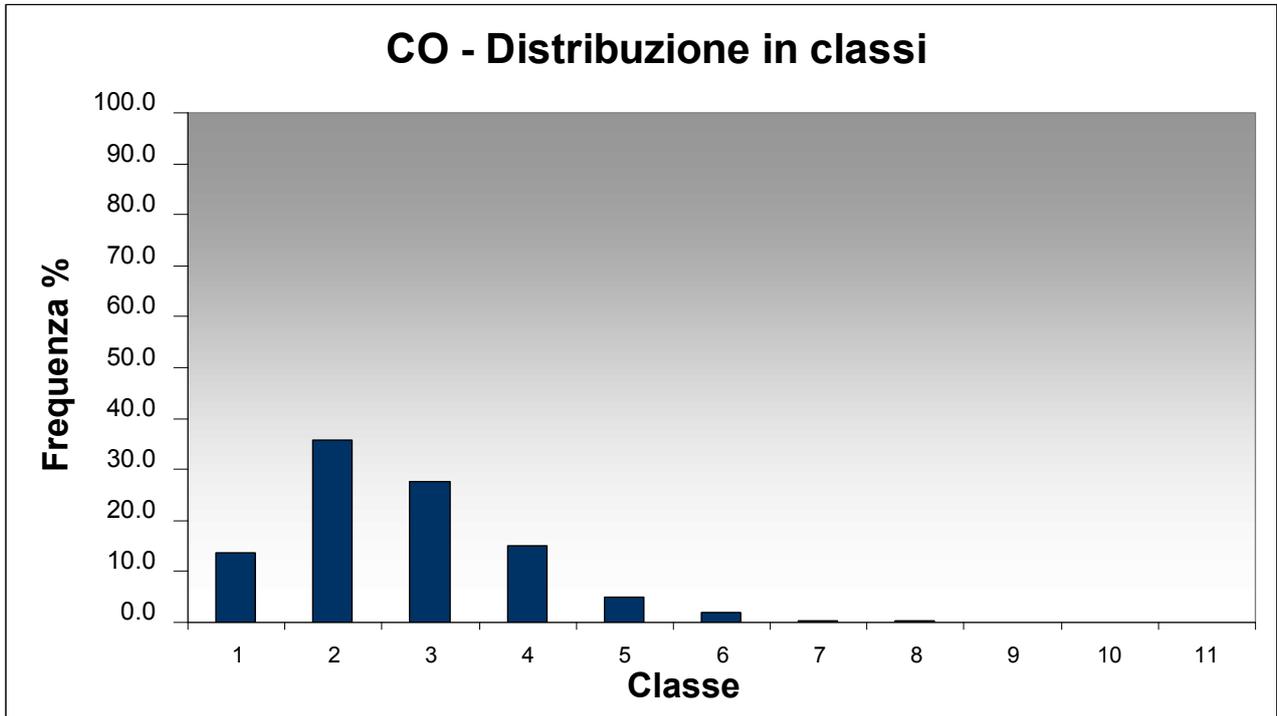
Estremi classe	Min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	0	2
2	2	3
3	3	4
4	4	5
5	5	6
6	6	7
7	7	8
8	8	9
9	9	10
10	10	11
11	11	12

Figura 1.5.2. istogramma distribuzione in classi biossido di azoto



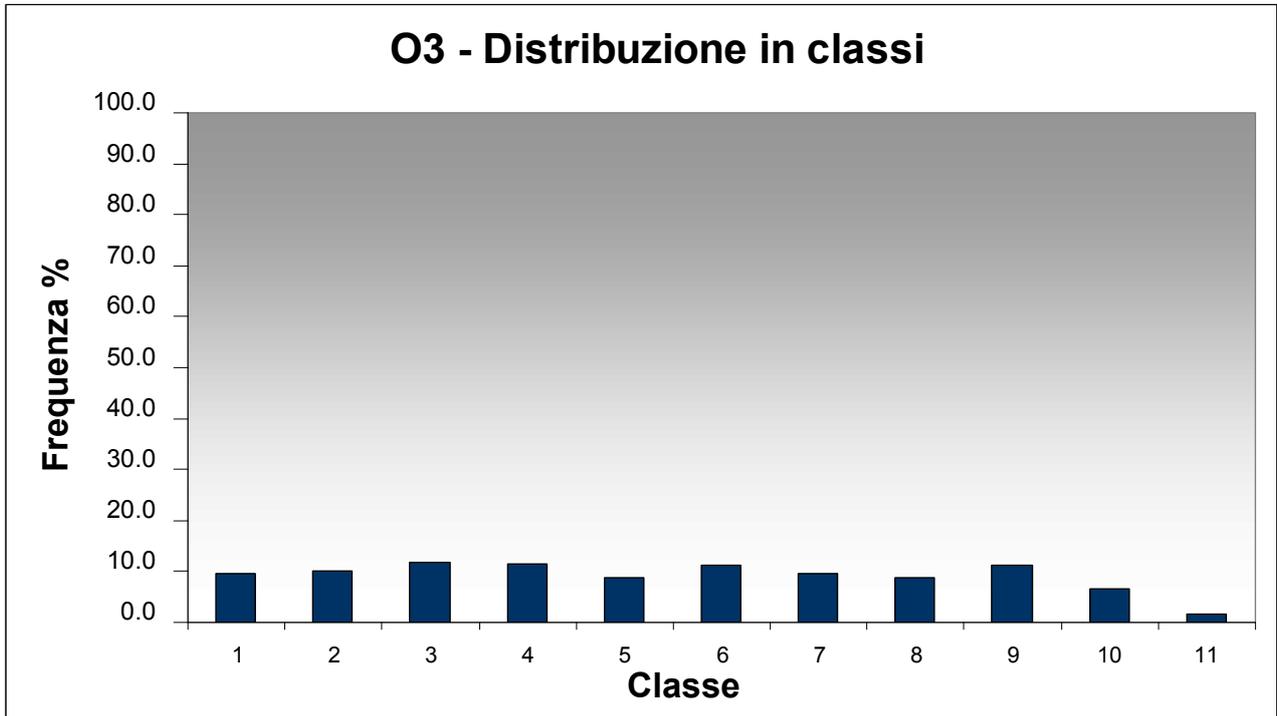
Estremi classe	Min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	0	10
2	10	20
3	20	30
4	30	40
5	40	50
6	50	60
7	60	70
8	70	80
9	80	90
10	90	99
11	99	109

Figura 1.5.3. istogramma distribuzione in classi monossido di carbonio



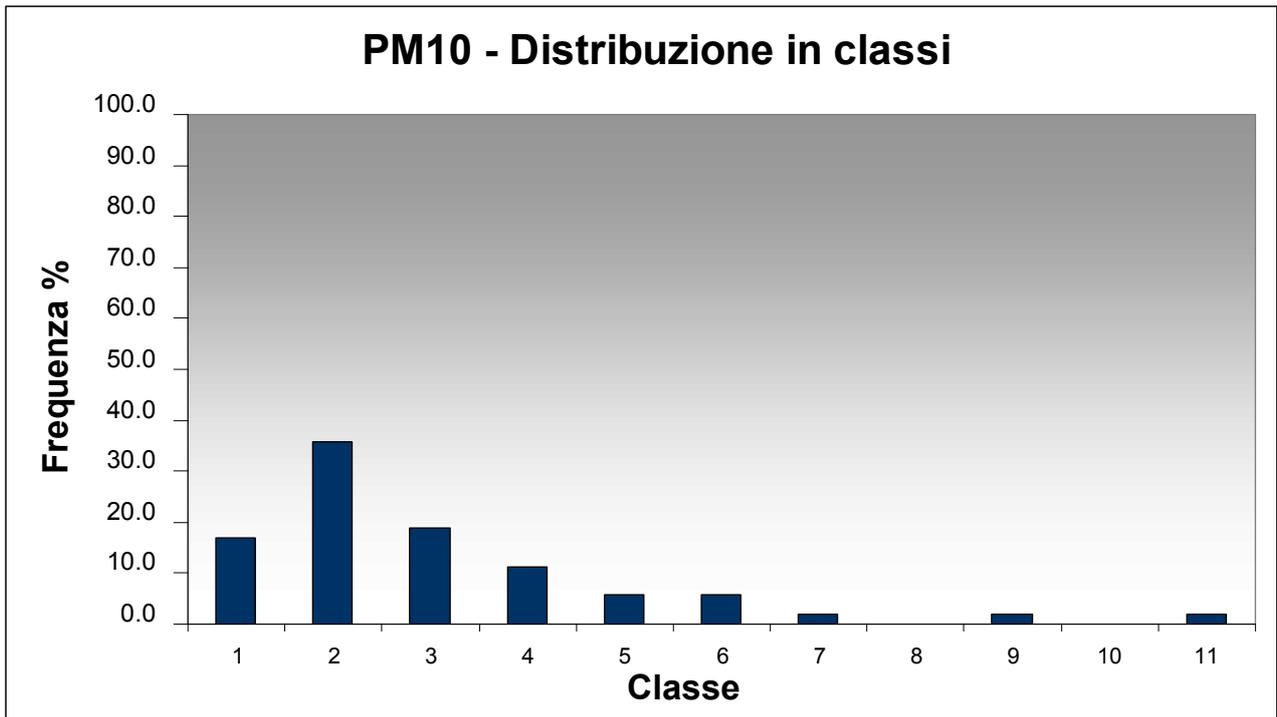
Estremi classe	Min (mg/m ³)	Max (mg/m ³)
1	0,0	0,2
2	0,2	0,3
3	0,3	0,5
4	0,5	0,6
5	0,6	0,8
6	0,8	0,9
7	0,9	1,1
8	1,1	1,3
9	1,3	1,4
10	1,4	1,6
11	1,6	1,7

Figura 1.5.4. istogramma distribuzione in classi ozono



Estremi classe	Min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	2	12
2	12	23
3	23	33
4	33	43
5	43	54
6	54	64
7	64	74
8	74	84
9	84	95
10	95	105
11	105	115

Figura 1.5.5. istogramma distribuzione in classi materiale particolato PM10



Estremi classe	Min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	8	13
2	13	18
3	18	22
4	22	27
5	27	32
6	32	37
7	37	42
8	42	46
9	46	51
10	51	56
11	56	61

1.6 Andamenti stagionali 2014 – 2015

Figura 1.6.1. istogramma andamenti stagionali indicatori di NO₂, NO_x e PM10

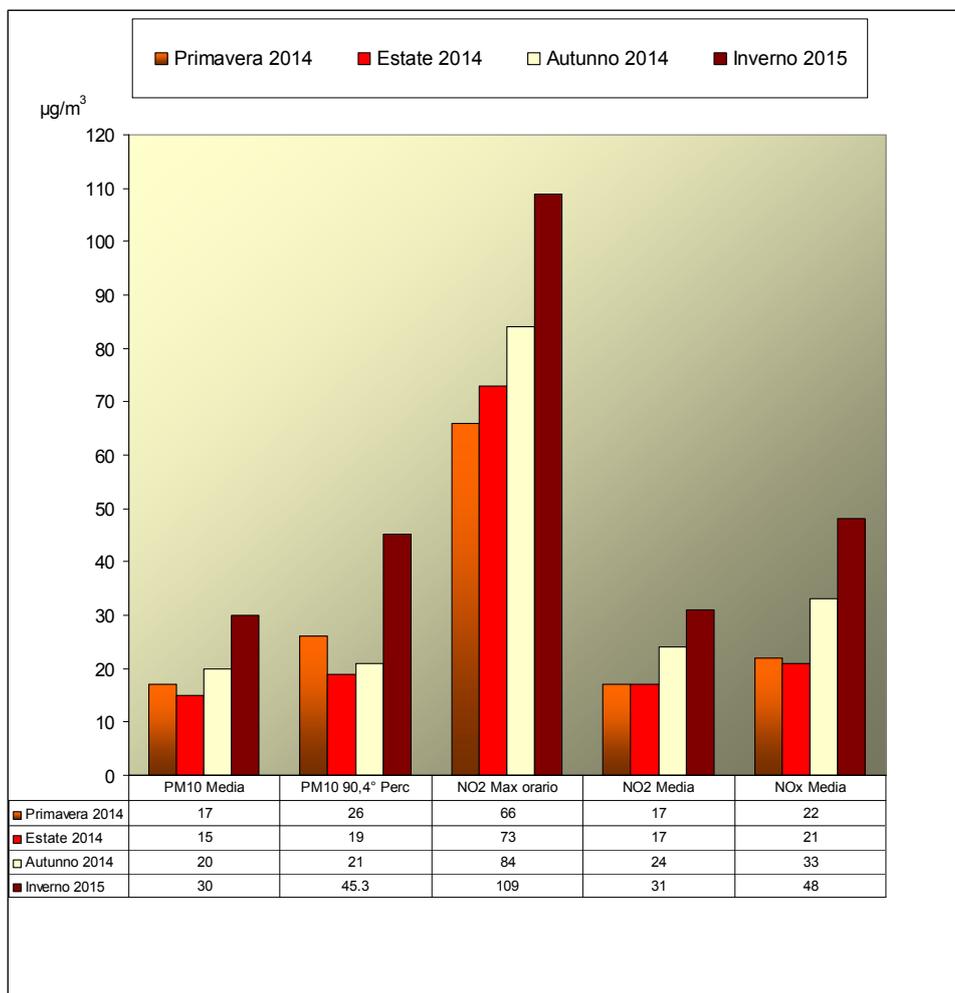
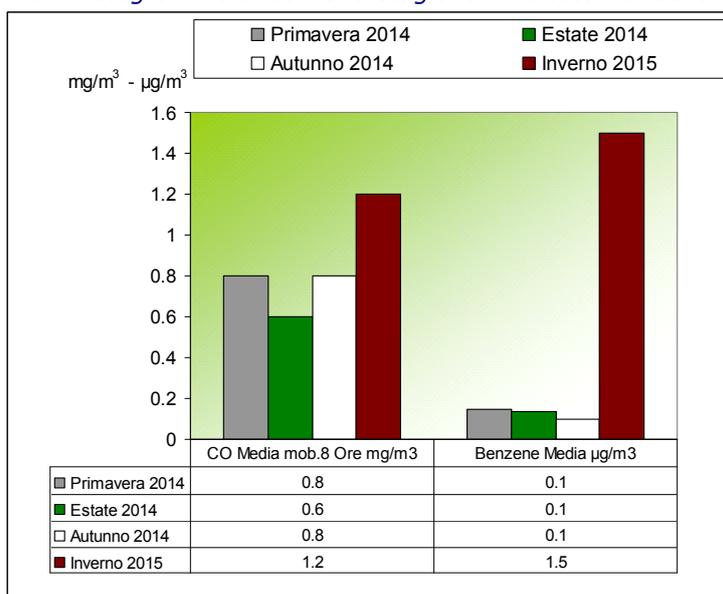


Figura 1.6.2. istogramma andamenti stagionali indicatori di CO e benzene



NO₂ = biossido di azoto

NO_x = ossidi di azoto totali

PM10 = materiale particolato PM10

Allegato 2 elaborazione dei dati meteorologici

Figura 2.1 rosa dei venti 6 giugno 2014 - 17 marzo 2015

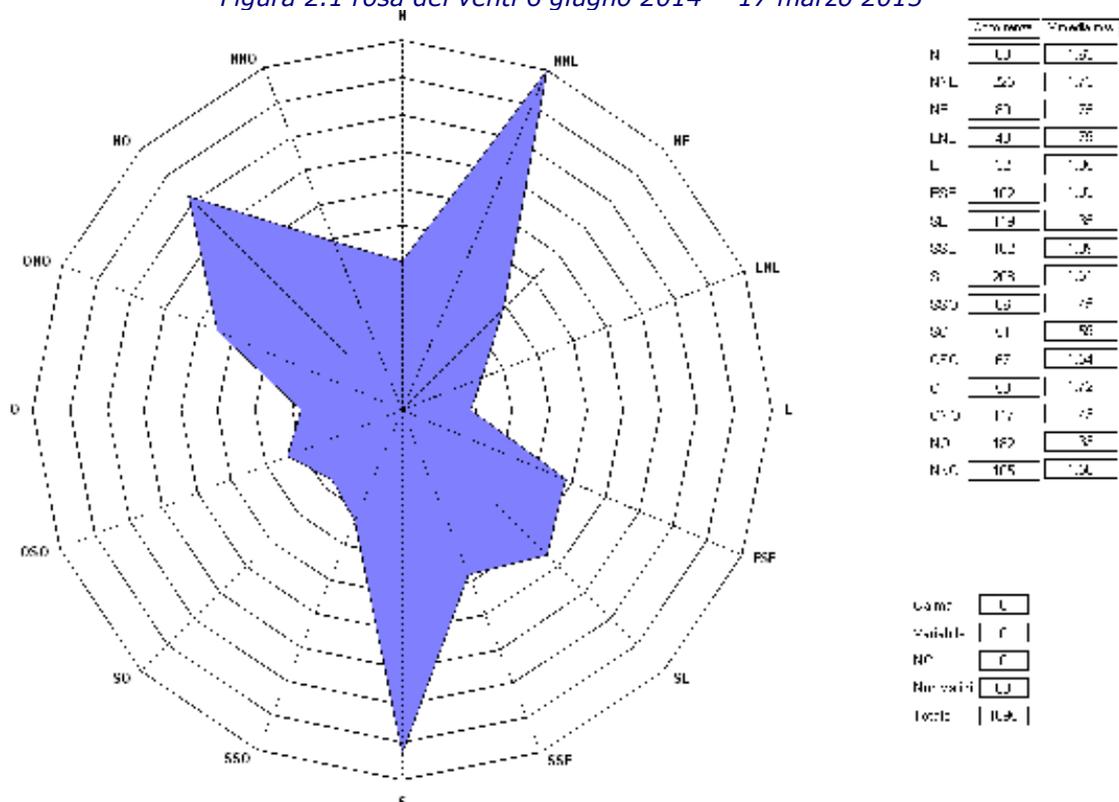


Figura 2.2 rosa dei venti primavera 2014

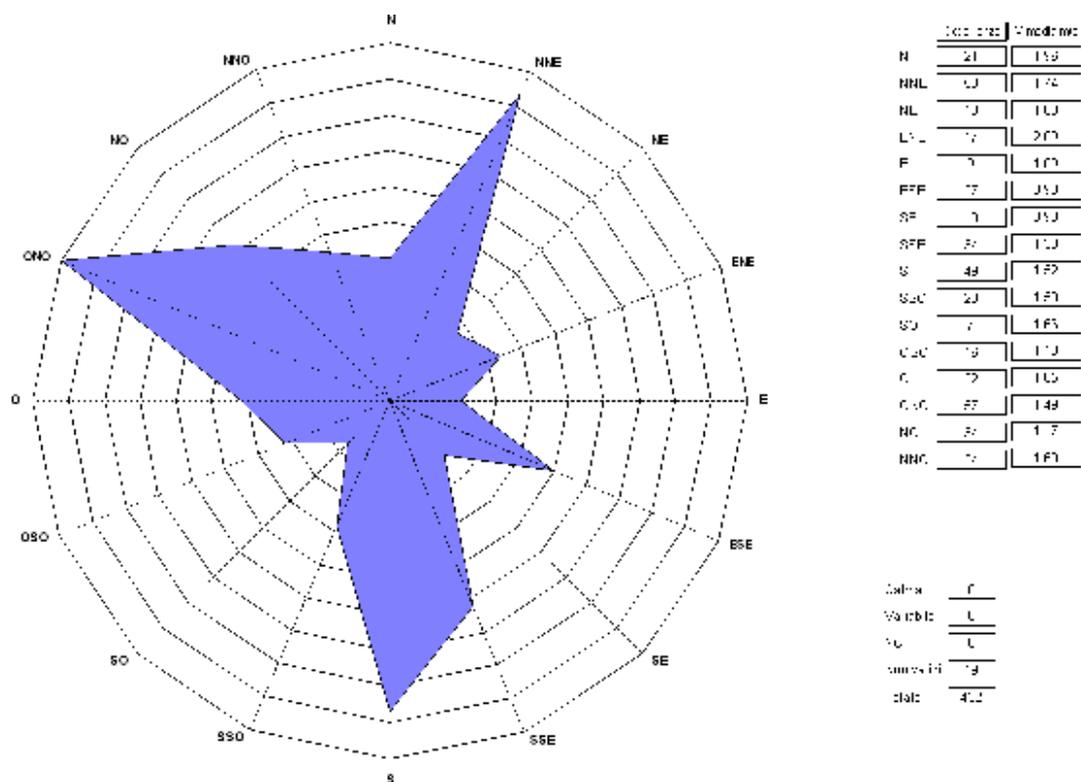
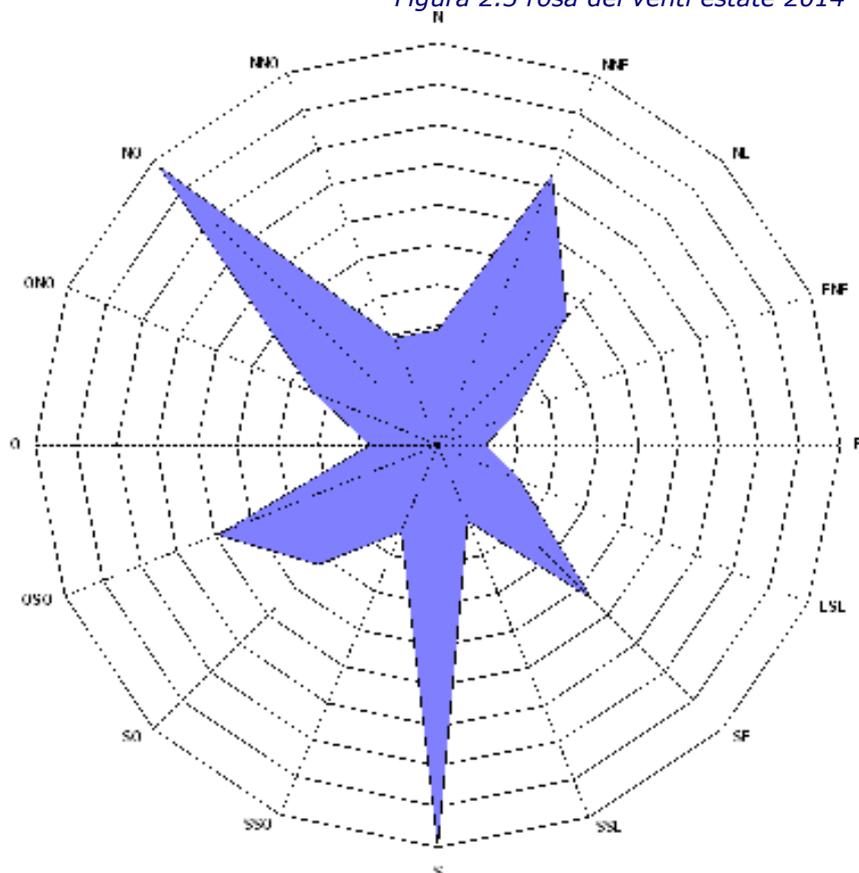


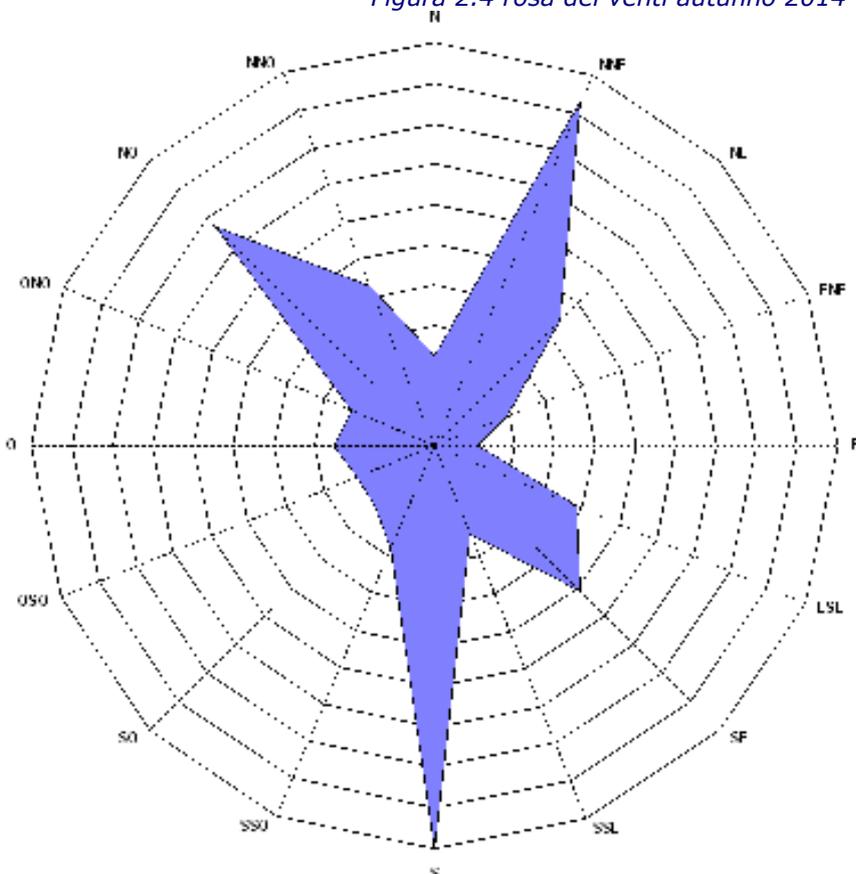
Figura 2.3 rosa dei venti estate 2014



direzione	valore	percentuale
N	14	1,8%
NNE	27	3,5%
NE	24	3,1%
ENE	5	0,6%
E	7	0,9%
ESE	10	1,3%
SE	28	3,6%
SSE	5	0,6%
S	36	4,6%
SSW	1	0,01%
SW	27	3,5%
WSW	6	0,8%
W	7	0,9%
WNW	17	2,2%
NW	26	3,4%
NNW	14	1,8%

Calore	7
Umidità	2
NO	2
Velocità	7
Tempo	250

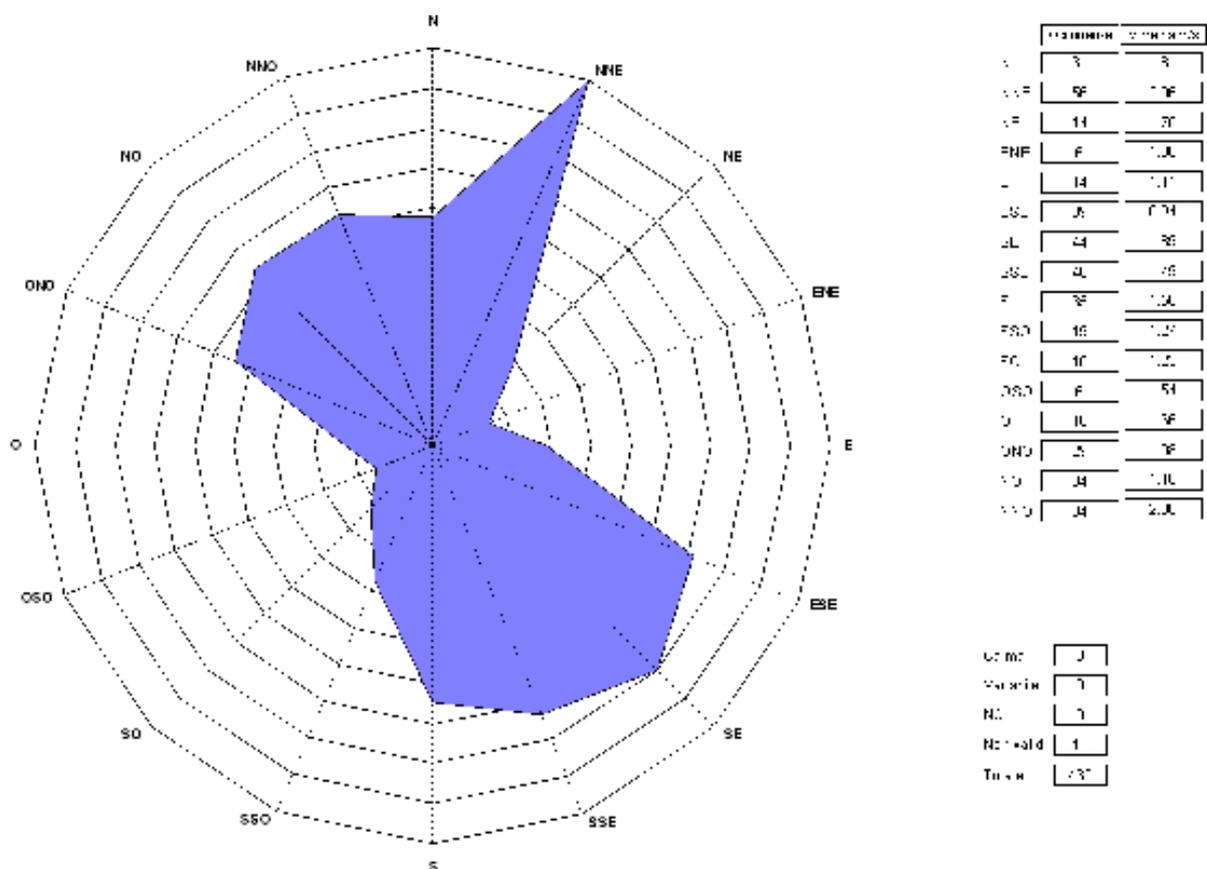
Figura 2.4 rosa dei venti autunno 2014



direzione	valore	percentuale
N	17	1,8%
NNE	5	0,5%
NE	27	2,8%
ENE	10	1,0%
E	7	0,7%
ESE	2	0,2%
SE	5	0,5%
SSE	17	1,8%
S	36	3,8%
SSW	16	1,7%
SW	1	0,01%
WSW	17	1,8%
W	14	1,5%
WNW	17	1,8%
NW	26	2,8%
NNW	3	0,3%

Calore	7
Umidità	2
NO	2
Velocità	20
Tempo	170

Figura 2.5 rosa dei venti inverno 2015



Velocità del vento

Figura 2.6 giorno tipo

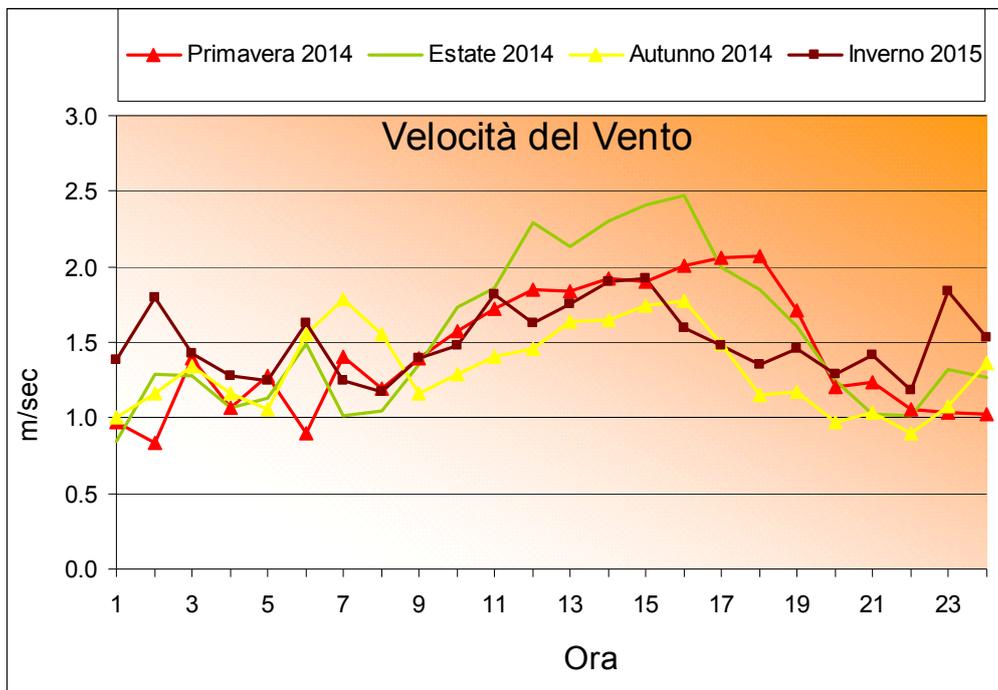
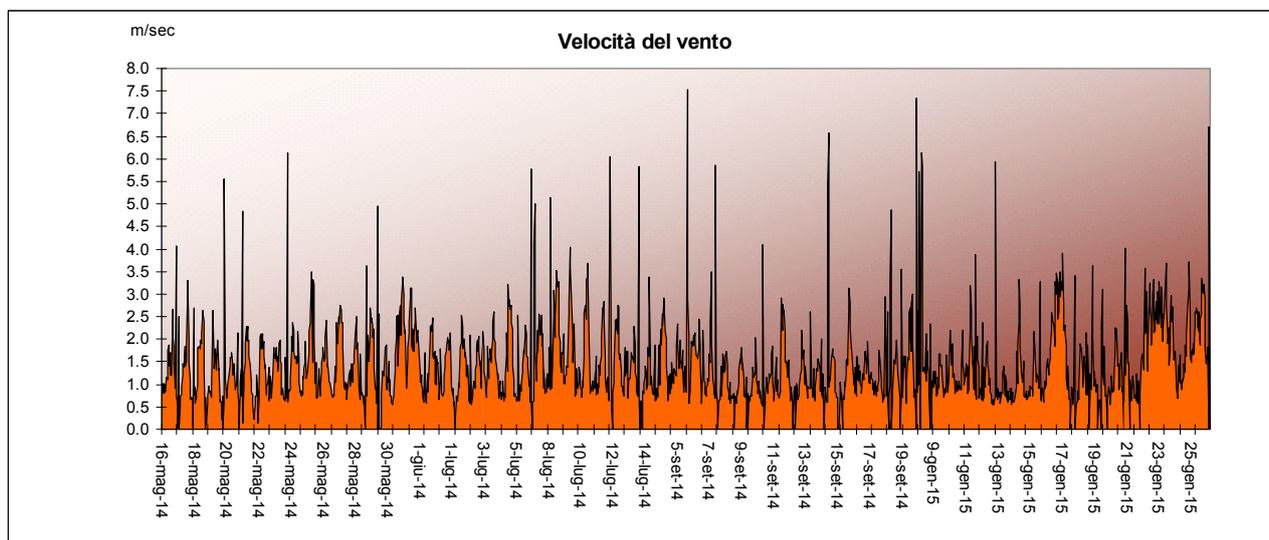
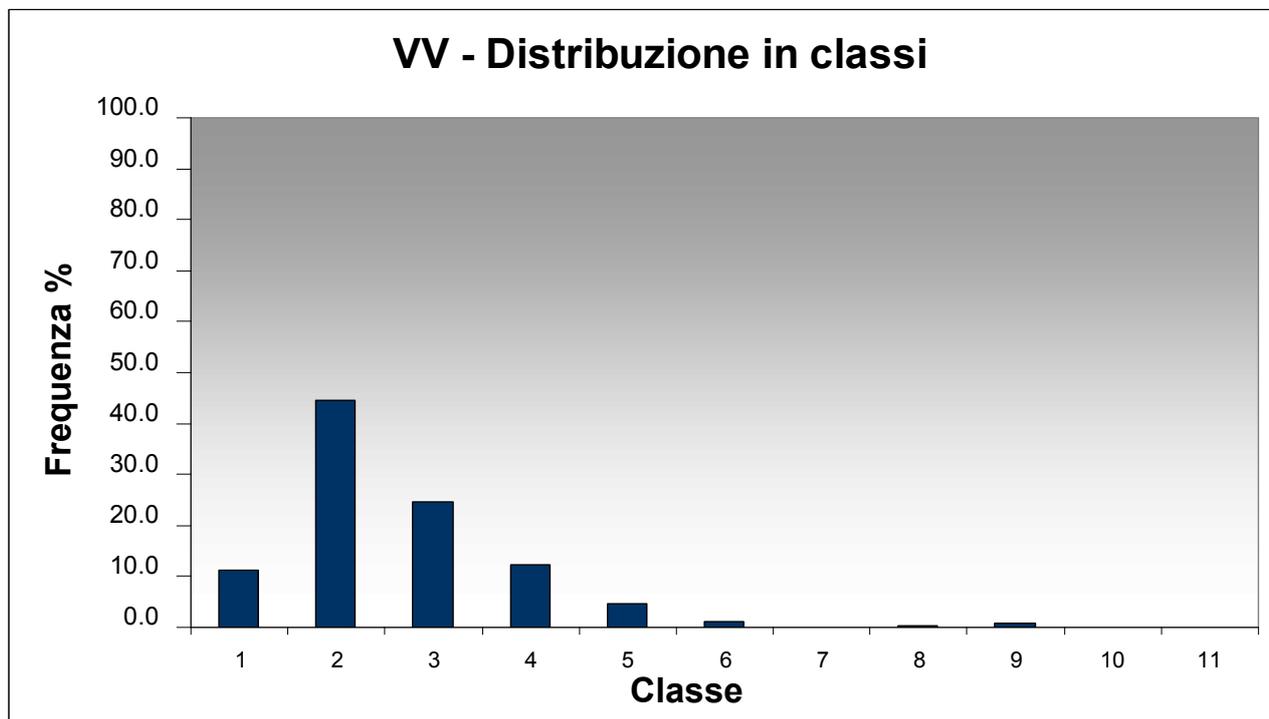


Figura 2.7 andamenti valori medi orari



Il valore massimo della velocità del vento è stato raggiunto il giorno 6 settembre 2014 alle ore 3 con 7,5 m/sec.

Figura 2.8 distribuzione valori medi orari



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

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
PM ₁₀	FAG Kugelfischer FH 62 I-N	4688	Assorbimento raggi β	3 µg/m ³	2 µg/m ³ (relativa a 2 misure dalla durata di 24 ore)
DV	Micros SVDV	4699	Sistema a banderuola ad uscita potenziometrica	0,3 m/sec	1%
VV	Micros SVDV	4699	rotazione a sistema magnete 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 (PM10-2,5 detto anche frazione grossolana del PM10) dall'atmosfera nel giro di poche ore dall'emissione, il PM2,5 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 PM2,5 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 PM2,5 danneggia seriamente la salute aumentando i decessi per malattie cardio-respiratorie e cancro del polmone. La crescita delle concentrazioni di PM2,5 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 PM2,5 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 PM2,5 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	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 BISSIDO 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/m ³