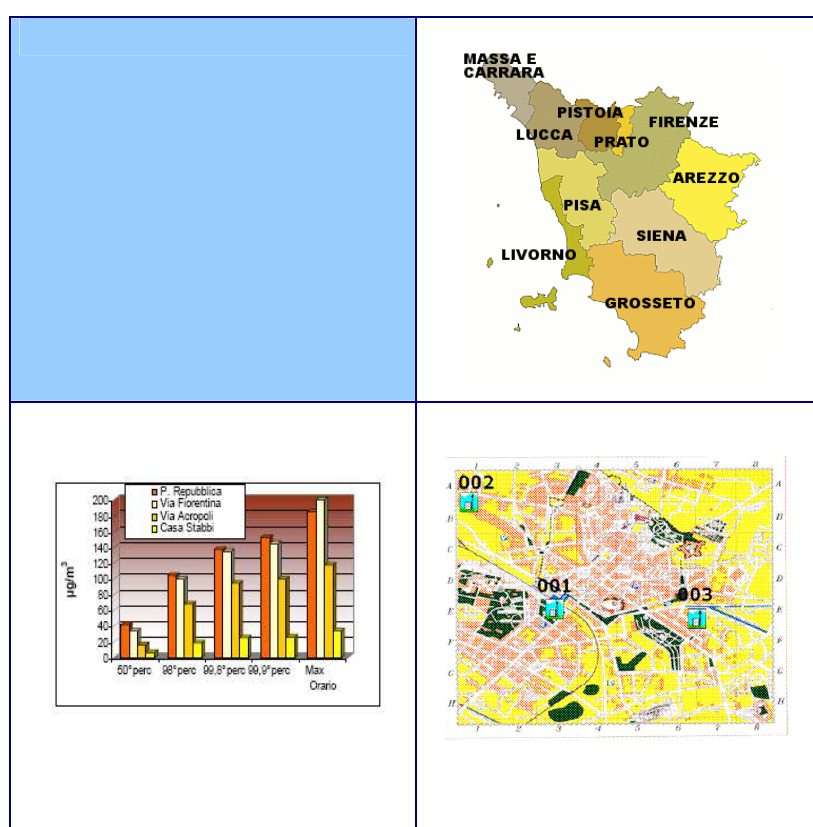


Campagna monitoraggio qualità dell'aria zona industriale San Zeno Arezzo

*Periodo di osservazione: 25 maggio 2010 – 13
febbraio 2011*



Dipartimento provinciale ARPAT di Arezzo



Regione Toscana
Diritti Valori Innovazione Sostenibilità



ARPAT
Agenzia regionale
per la protezione ambientale
della Toscana

Sommario

Introduzione.....	4
1- Postazione di misurazione	4
Caratterizzazione del contesto territoriale	5
Localizzazione della stazione di misurazione	7
2. Piano di utilizzo dell'autolaboratorio	8
3. Inquinanti monitorati	9
4. Riferimenti Normativi.....	9
5. Obiettivo di qualità dei dati	10
Raccolta minima dei dati.....	10
Periodo di copertura	11
6. Dati rilevati nella campagna di misurazione.....	11
Standardizzazione.....	11
6.1 Confronto con i valori limite definiti dalla normativa.....	12
INDICATORI DI PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE (NO _x)	12
VALORI DEI PERCENTILI DI BIOSSIDO DI AZOTO (NO ₂)	14
6.2 Confronto con i valori degli indicatori relativi alle precedenti campagne di misurazione.....	14
6.3 confronto con i livelli rilevati nell'area urbana di Arezzo.....	16
6.4 materiale particolato PM_{2,5}	17
7- Valutazione dei risultati.....	17
8 - Considerazioni riassuntive e finali	21
Allegati	22
Allegato 1. Elaborazioni integrative	22
1.1 Andamenti orari dei livelli di concentrazione	22
1.2 distribuzione delle frequenze in classi di concentrazione	24
1.3 giorni tipo.....	27
1.4 andamenti stagionali 2010 – 2011.....	30
1.5 andamenti dell'indicatore 98° percentile del biossido di azoto nel periodo 1990-2011.....	31
1.6 confronto con gli andamenti registrati nell'area urbana di Arezzo	32
Ossidi di azoto NO _x – valori medi orari.....	32
Materiale particolato PM _{2,5} - valori medi giornalieri.....	34
1.7 Grafici a dispersione San Zeno/Area Urbana di Arezzo	34
Materiale Particolato PM _{2,5}	34
Ossidi di Azoto	35
Monossido di Carbonio	36
Allegato 2. Caratteristiche tecniche analizzatori.....	37

Allegato 3 elaborazione dei dati meteorologici	38
Velocità del vento	38
Rosa dei venti stagionale	40
Allegato 4. Meccanismi di formazione degli inquinanti	42
Allegato 5. Limiti normativi	45
Allegato 6. Livello di Attendibilità dei dati forniti	48



Il Sistema di gestione ARPAT
è certificato secondo la norma
UNI EN ISO 9001 : 2008
Registrazione n. 3198 - A

Introduzione

La presente campagna di monitoraggio della qualità dell'aria, è stata effettuata su richiesta del Servizio Ambiente e Sanità del Comune di Arezzo allo scopo di proseguire la caratterizzazione dei livelli di materiale particolato PM_{2,5} nella zona industriale di San Zeno, nonché integrare e consolidare il quadro conoscitivo del contesto dell'aria ambiente della zona delineato dalle precedenti campagne di misurazione.

Sotto il profilo temporale, la zona industriale di San Zeno, è stata monitorata in precedenza mediante una serie di campagne di monitoraggio effettuate sia con misurazioni in sito fisso (stazione di misurazione) sia con misurazioni mediante autolaboratorio (campagne spot e misurazioni indicative):

- dall'anno 1990 all'anno 1994 con stazione di misurazione fissa (misura di ossidi di azoto e polveri totali per l'intero anno civile);
- anni 1995, 1996 e 2001 mediante campagne spot con l'autolaboratorio;
- campagne di misurazione indicative 2006-2007, 2008 e 2009-2010 effettuate mediante autolaboratorio.

Il processo di monitoraggio della qualità dell'aria è inserito nel sistema di gestione per la qualità di ARPAT mediante il documento di processo DP SGQ.099.016 "Monitoraggio della qualità dell'aria mediante reti di rilevamento".

Il sistema di gestione per la qualità di ARPAT è certificato dal CERMET (registrazione n° 3198-A) secondo le UNI EN ISO 9001:2008.

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

- sia ai valori limite definiti dalla legislazione nazionale che disciplina la qualità dell'aria,
- sia agli indicatori elaborati dai dati dello stesso periodo di osservazione dalle stazioni di misurazione fisse ubicate nell'area urbana di Arezzo.

Questo duplice 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 in relazione a quello dell'area urbana di Arezzo, derivante da una serie di misure più solide perché continuative nell'arco dell'anno.

1- Postazione di misurazione

L'autolaboratorio è stato posizionato nel piazzale lungo la strada A, di fronte all'attività di ristorazione della zona industriale, nello stesso punto di ubicazione, sia della stazione di misura fissa che ha rilevato la qualità dell'aria dall'anno 1990 all'anno 1994, sia dell'autolaboratorio nelle campagne effettuate nei periodi 2006-2007, 2008 e nel 2009-2010.

Nelle campagne di misura spot effettuate negli anni 1995, 1996 e 2001, l'autolaboratorio è stato posizionato sempre nella strada A, ma ad una distanza di circa 150 metri in direzione est, rispetto all'attuale ubicazione.

Tabella 1.1 informazioni generali postazione di misurazione

Nome Postazione	Zona Industriale 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 delle postazione di misura	Periferica-Industriale	
Periodo Osservazione	25 maggio 2010 – 13 febbraio 2011	

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 del contesto territoriale

INFORMAZIONI GENERALI	
Popolazione residente	447*
Estensione dell'area (Km ²)	0,7

*di cui 34 abitano nella Zona Industriale



La zona esaminata è costituita da una serie di edifici prefabbricati dall'altezza massima di circa 10 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 nel quale sono presenti le fasi di vuotatura (con acido nitrico e cloridrico), di recupero di metalli preziosi da rifiuti e spazzature orafe e di affinazione.

L'orografia dell'area è caratterizzata, in direzione sud, sud-ovest, da una zona pianeggiante (estensione iniziale 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 nord-ovest dalla postazione di misura, è ubicato l'impianto integrato di smaltimento di rifiuti urbani ed assimilati e di compostaggio della frazione umida gestito dalla Società AISA; nella stessa direzione, ma ad una distanza di 1200 metri dalla postazione di misura, è ubicato un'altro impianto di compostaggio. Un altro processo produttivo significativo della zona, 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 misura.

VISTE DEL TERRITORIO CIRCOSTANTE LA STAZIONE

Immagini 1.1 viste nord, sud, est ed ovest del territorio circostante la postazione

VISTA NORD



VISTA EST



VISTA SUD

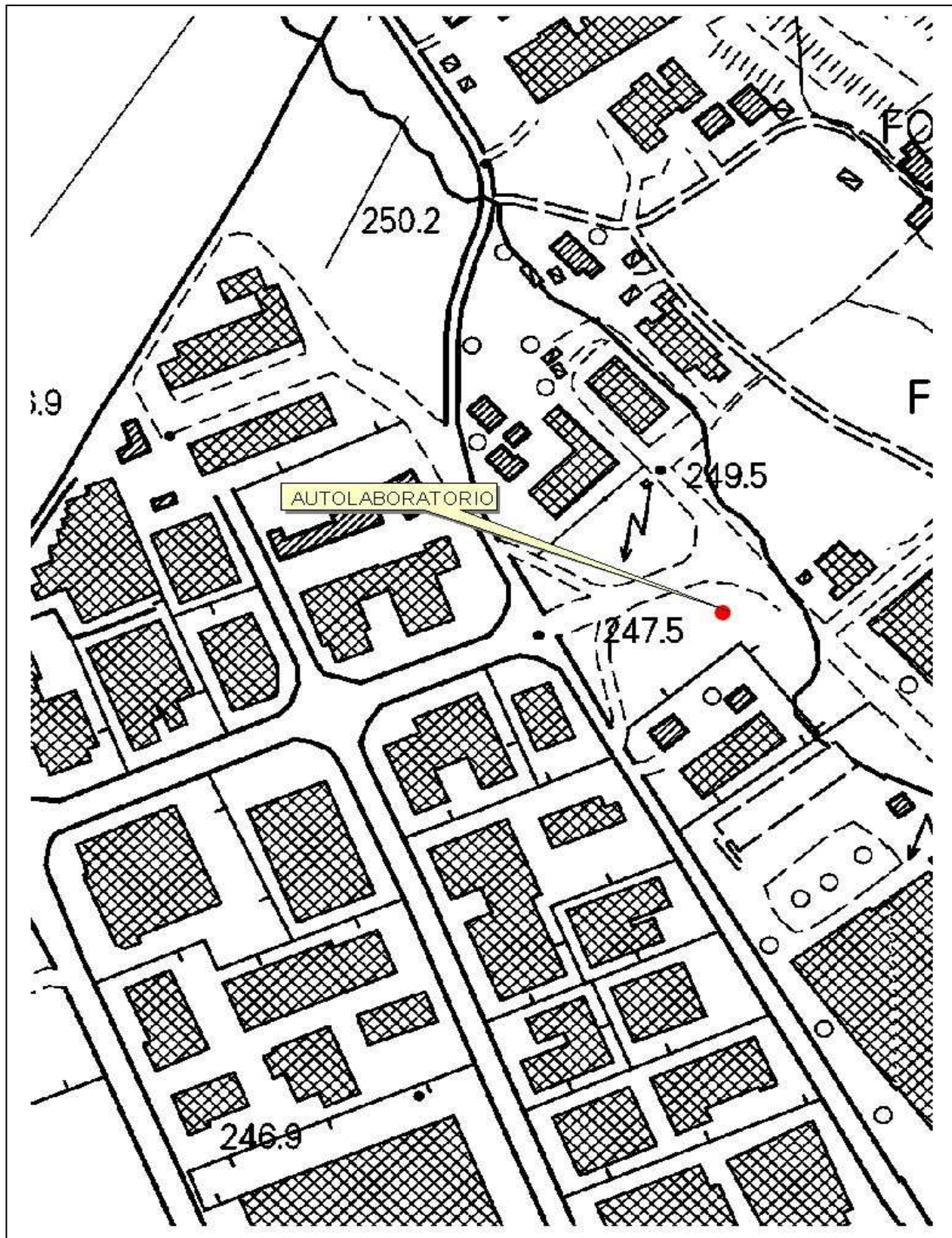


VISTA OVEST

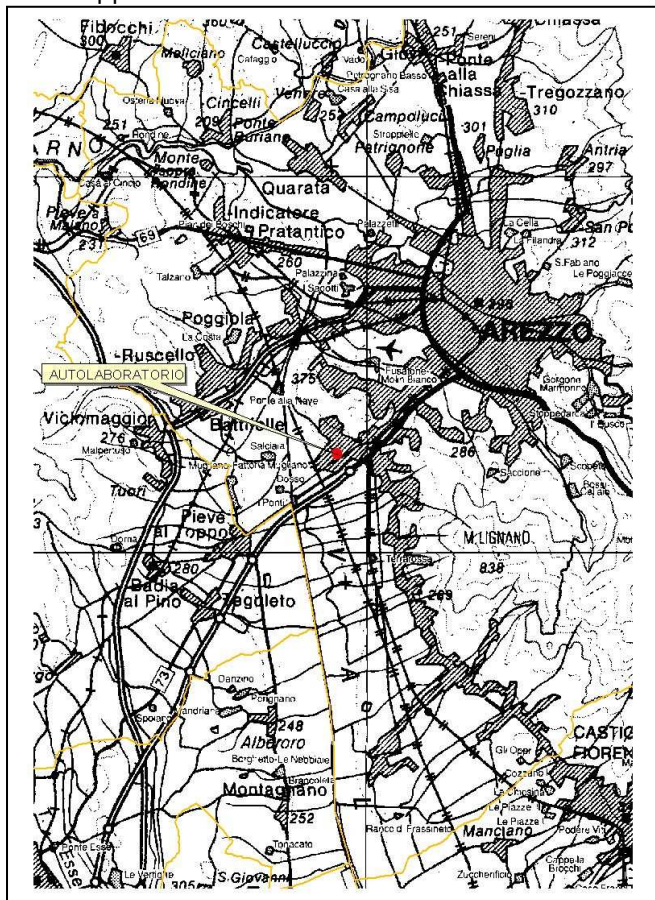


Localizzazione della stazione di misurazione INQUADRAMENTO TERRITORIALE

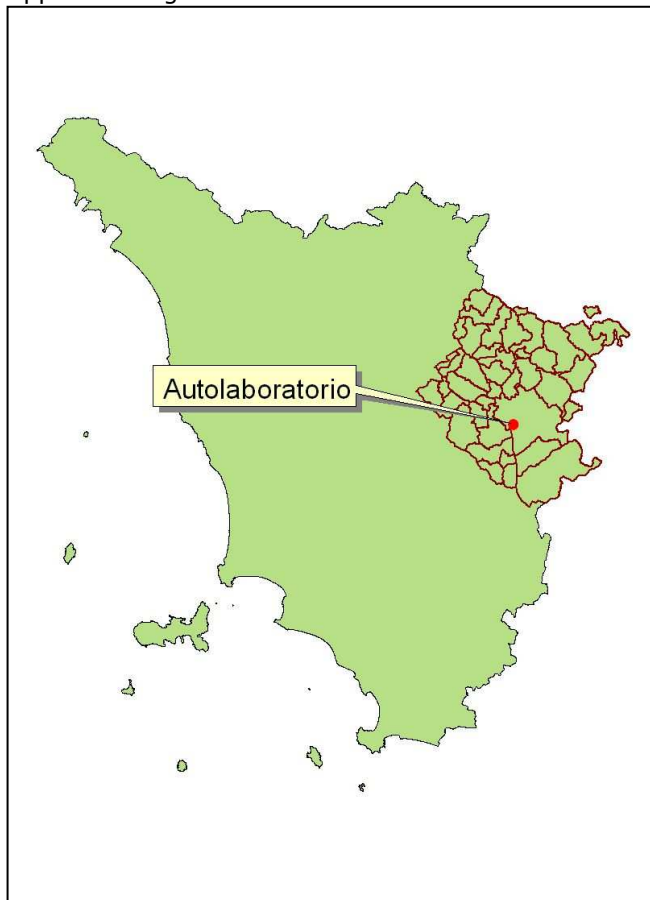
Mappa 1.1 localizzazione della postazione di misura



Mappa 1.2 Comune di Arezzo Scala 1:150000



Mappa 1.3 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, responsabili dei fenomeni di dispersione e di diluizione degli inquinanti, l'indagine è stata articolata in campagne stagionali dalla durata di circa 15 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 relazione agli obiettivi di qualità dei dati definiti per le misure indicative, in conformità ai criteri richiesti per il periodo minimo di copertura e per la raccolta minima dei dati (criteri di riferimento: periodo minimo di copertura pari al 14 % articolato su almeno 8 settimane di misurazioni distribuite equamente nell'arco dell'anno; 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;
- 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 San Zeno, sono stati effettuati complessivamente 57 giorni di misurazione distribuiti nell'arco di un anno.

La tabella sottostante, mostra i periodi di osservazione della campagna di monitoraggio effettuata nella postazione di San Zeno nell'intervallo temporale 25 maggio 2010 – 13 febbraio 2011:

tabella 2.1 piano di utilizzo autolaboratorio postazione San Zeno strada A:

Stagione	Periodo	numero giorni
Primavera 2010	25/05 - 06/06/2010	13
Estate 2010	17-29/08/2010	13
Autunno 2010	26/10 - 07/11/2010	13
Inverno 2011	27/01 - 13/02/2011	18
TOTALE		57

3. Inquinanti monitorati

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

ossidi di azoto (NO-NOx-NO₂),
ozono (O₃),
monossido di carbonio (CO),
materiale particolato con diametro aerodinamico inferiore a 2,5 µm (PM_{2,5}),
anidride solforosa (SO₂),
benzene (C₆H₆)
ed i parametri meteorologici di direzione e velocità del vento.

La legenda mostrata nell'allegato 3 alla presente relazione, riporta i meccanismi di formazione nonché il significato di ogni inquinante misurato.

Per la misura del materiale particolato PM_{2,5} è stato utilizzato 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 PM 2,5 TCR – TECORA EN 12341 con flusso di aspirazione 1 m³/h.

Il monitoraggio del benzene è stato effettuato attraverso campagne discontinue manuali con campionatori passivi e successiva determinazione in laboratorio mediante metodo interno basato sulla tecnica analitica della gascromatografia FID (limite di rilevabilità = 1 µg/m³). A differenza delle misurazioni effettuate con gli analizzatori automatici installati nell'autolaboratorio, il piano di monitoraggio del benzene ha riguardato l'intero anno 2010 ed è stato organizzato mediante un campione per ogni mese dell'anno (12 campioni/anno complessivi). Il tempo di esposizione di ogni campione è stato mediamente di 15 giorni.

Le caratteristiche tecniche della strumentazione automatica di cui è dotato l'autolaboratorio sono indicate nell'allegato 1.

4. Riferimenti Normativi

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

Per quanto attiene l'ozono, la presente relazione non riporta i valori dell'indicatore relativo all'AOT40 poiché tale indicatore è calcolato con i dati registrati in una fascia oraria limitata alle ore diurne (dalle ore 8 alle ore 20) nei periodi di osservazione maggio-luglio ed aprile-settembre, i quali - pur se monitorati nella presente campagna con criteri di rappresentatività - non possono fornire tutti i valori necessari per una descrizione accurata in merito all'insorgenza degli eventi di picco orari superiori ad $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ che caratterizzano questo indicatore. Lo schema dei limiti previsti dalla normativa per ciascun inquinante è riportata nell'allegato 4.

5. Obiettivo di qualità dei dati

Raccolta minima dei dati

La tabella sottostante presenta la raccolta minima dei dati per singolo analizzatore relativa al periodo di osservazione dell'intera campagna di misurazione (57 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 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 e taratura. Tale valore di riferimento è richiesto anche per le misure indicative a cui si riferiscono le misurazioni ottenute nella presente campagna di monitoraggio.

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 1.368 dati orari teorici). Una parte dei dati è inevitabilmente perduta per le attività di controllo automatico giornaliero, per le tarature e per le operazioni di manutenzione preventiva e straordinaria; tali attività rappresentano circa il 5 % dei dati validi raccolti.

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

Postazione	CO	NO ₂	O ₃	PM _{2,5}	SO ₂	VV	DV
San Zeno	99	100	100	100	100	96	100

CO = monossido di carbonio

NO₂ = biossido di azoto

O₃ = ozono

PM_{2,5} = materiale particolato PM_{2,5}

SO₂ = anidride solforosa

VV = velocità del vento

DV = direzione del vento

Considerato che il valore di riferimento della raccolta minima dei dati ($\geq 90\%$) si riferisce alle reti fisse, i singoli rendimenti forniti dalla strumentazione automatica della presente campagna di monitoraggio sono complessivamente da ritenersi buoni (rendimento totale medio della campagna 99 %) tenuto presente che trattasi di un'indagine articolata in singole campagne stagionali.

Periodo di copertura

Il periodo di copertura (su base annuale) raggiunto in relazione al piano di utilizzo predisposto per la postazione di misura in oggetto (57 giorni distribuiti nell'anno) pari al 16 %, è conforme ai criteri degli obiettivi di qualità dei dati definiti per le misure indicative dall'allegato 1 del D.Lgs. 155/2010 e dall'allegato I della Direttiva 2008/50/CE del Parlamento e del Consiglio Europeo (periodo minimo di copertura di riferimento = 14 %).

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

Per quanto attiene l'attendibilità dei dati forniti dagli analizzatori, gli strumenti sono verificati mediante controlli statistici e standard certificati secondo le procedure definite dall'istruzione tecnica IT SGQ.99.003 "Requisiti tecnici relativi al controllo della strumentazione automatica" definita dal Documento di Processo di ARPAT riguardante il monitoraggio della qualità dell'aria, le quali sono riassunte nell'allegato 5.

Le prove effettuate nell'anno 2010 e nel primo e secondo quadrimestre 2011 sulla strumentazione installata nell'autolaboratorio hanno fornito risultati positivi.

6. Dati rilevati nella campagna di misurazione

Nel presente capitolo sono riportati gli elaborati grafici relativi a:

- confronto dei risultati con i relativi limiti di legge;
- confronto con i valori rilevati nelle precedenti campagne di misurazione effettuate nella zona;
- confronto con i valori degli indicatori registrati nell'area urbana di Arezzo;
- andamenti temporali degli inquinanti monitorati;
- distribuzione delle frequenze in classi di concentrazione;
- giorni tipo;
- andamenti stagionali degli indicatori;
- elaborazione degli andamenti in relazione ai valori rilevati nell'area urbana di Arezzo.

Standardizzazione

Tutti i valori di concentrazione espressi in unità di massa (μg o mg) per metro cubo di aria (m^3) sono riferiti alla temperatura di 293°K e alla pressione atmosferica di 101.3 kPa ad esclusione del materiale particolato $\text{PM}_{2,5}$ 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 misura.

Tabella 6.1 valori medi della postazione San Zeno nell'intera campagna 2010- 2011

CO mg/m^3	NO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NOx $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM _{2,5} $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Benzene $\mu\text{g}/\text{m}^3$	SO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	O ₃ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
0,3	24	39	18	2,3	7	59

6.1 Confronto con i valori limite definiti dalla normativa

Periodo di osservazione: dal 25 maggio 2010 al 13 febbraio 2011.

Tabella 6.1.1 valori degli indicatori di protezione della salute umana

INDICATORE	San Zeno Strada A 25/05/2010 - 13/02/2011	LIMITE
NO ₂ Max Orario (µg/m ³)	129	200
NO ₂ Media (µg/m ³)	24	40
CO media mobile 8 Ore (mg/m ³)	1,2	10
O ₃ media mobile 8 ore (µg/m ³)	122	120
O ₃ Max 1 Ora (µg/m ³)	195	180
PM2,5 Media (µg/m ³)	19	25
SO ₂ Max Media giornaliera (µg/m ³)	11	125
SO ₂ Max Orario (µg/m ³)	19	350
C ₆ H ₆ Media (µg/m ³)	2,2	5

I valori limite si riferiscono al D.Lgs. 155/2010 e sono confrontati visivamente nel Grafico 6.1.1

OZONO – NUMERO GIORNI DI SUPERAMENTO DEL VALORE OBIETTIVO - INDICATORE MEDIA MOBILE DI 8 ORE

Tabella 6.1.2 numero di giorni di superamento dell'indicatore della media mobile di 8 ore

Postazione di misurazione	n° giorni superamento media mobile 8 ore
San Zeno	2
superamenti ammessi (media di 3 anni)	25

INDICATORI DI PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE (NOx)

Tabella 6.1.3 media annuale ossido di azoto NOx espressi come NO₂

Postazione di misurazione	San Zeno	LIMITE
NOx media (µg/m³)	39	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.

Grafico 6.1.1 istogramma valori degli indicatori di qualità dell'aria ozono, biossido di azoto, ossidi di azoto, materiale particolato PM_{2,5}, anidride solforosa e benzene

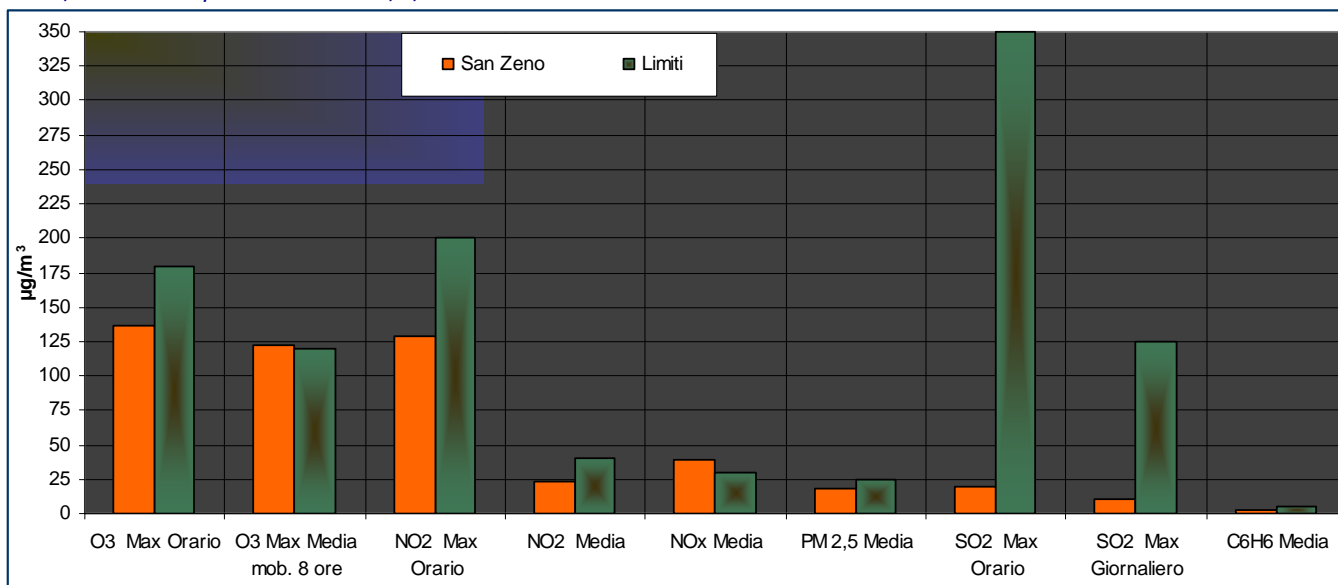
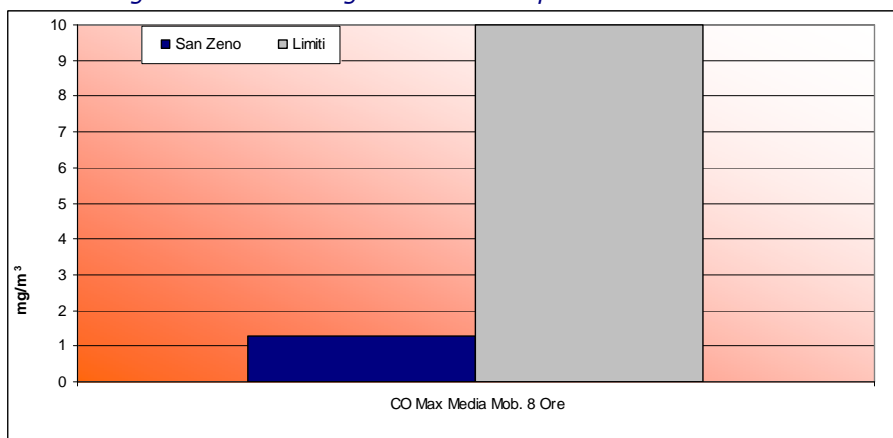


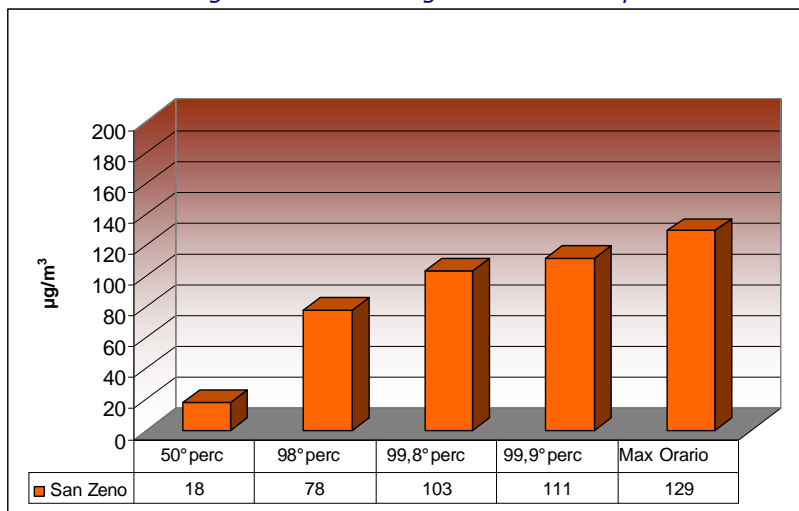
Grafico 6.1.2 istogramma valori degli indicatori di qualità dell'aria monossido di carbonio



VALORI DEI PERCENTILI DI BIOSSIDO DI AZOTO (NO₂)

L'elaborazione mette in evidenza la distribuzione dei valori dei percentili di biossido di azoto riferiti alle concentrazioni orarie. Va tenuto presente che per quanto riguarda il 98° percentile, la precedente legislazione, oggi abrogata, prevedeva un valore limite per questo indicatore pari a 200 µg/m³. La normativa cogente prevede per i dati mostrati nell'istogramma, il valore limite per l'indicatore del valore massimo orario (200 µg/m³).

Grafico 6.1.3 istogramma valori degli indicatori dei percentili di biossido di azoto



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

Nelle tabelle che seguono si riportano i confronti tra gli indicatori di qualità dell'aria campagna 2010 - 2011 e le precedenti campagne 2006-2007, 2008, 2009-2010

Tabella 6.2.1 raffronto indicatori qualità dell'aria campagne 2006-2007, 2008, 2009-2010 e 2010-2011

	2006-2007	2008	2009-2010	2010-2011	Valore Limite
NO ₂ Max Orario (µg/m ³)	213	176	104	129	200
NO ₂ 98° Percentile (µg/m ³)	68	67	58	78	
NO ₂ Media (µg/m ³)	25	26	28	24	40
NOx Media (µg/m ³)	41	41	65	66	30
CO Max 1 Ora (mg/m ³)	2,3	2,2	3,5	1,5	
CO Max media mobile 8 Ore (mg/m ³)	1,9	1,5	1,8	1,2	10
O ₃ Max media mobile 8 ore (µg/m ³)	125	124	124	122	120
O ₃ Max 1 Ora (µg/m ³)	141	145	140	153	180
SO ₂ Max Orario (µg/m ³)	46	24	32	18	350
SO ₂ Max media Giornaliera (µg/m ³)	10	10	10	11	125
PM2,5 media (µg/m ³)	—	13	22	13	25
C ₆ H ₆ media (µg/m ³)	—	1,3	2,5	2,3	5

Grafico 6.2.1 istogramma valori degli indicatori di qualità dell'aria campagne 2006-2007, 2008, 2009-2010 e 2010-2011 – monossido di carbonio

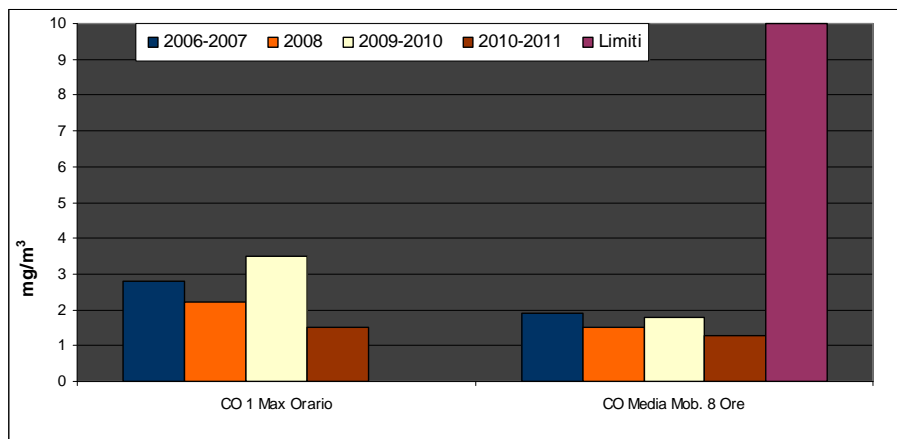


Grafico 6.2.3 istogramma valori degli indicatori di qualità dell'aria campagne 2006-2007, 2008, 2009-2010 e 2010-2011 - ozono, biossido di azoto, ossidi di azoto, materiale particolato PM2,5, ed anidride solforosa

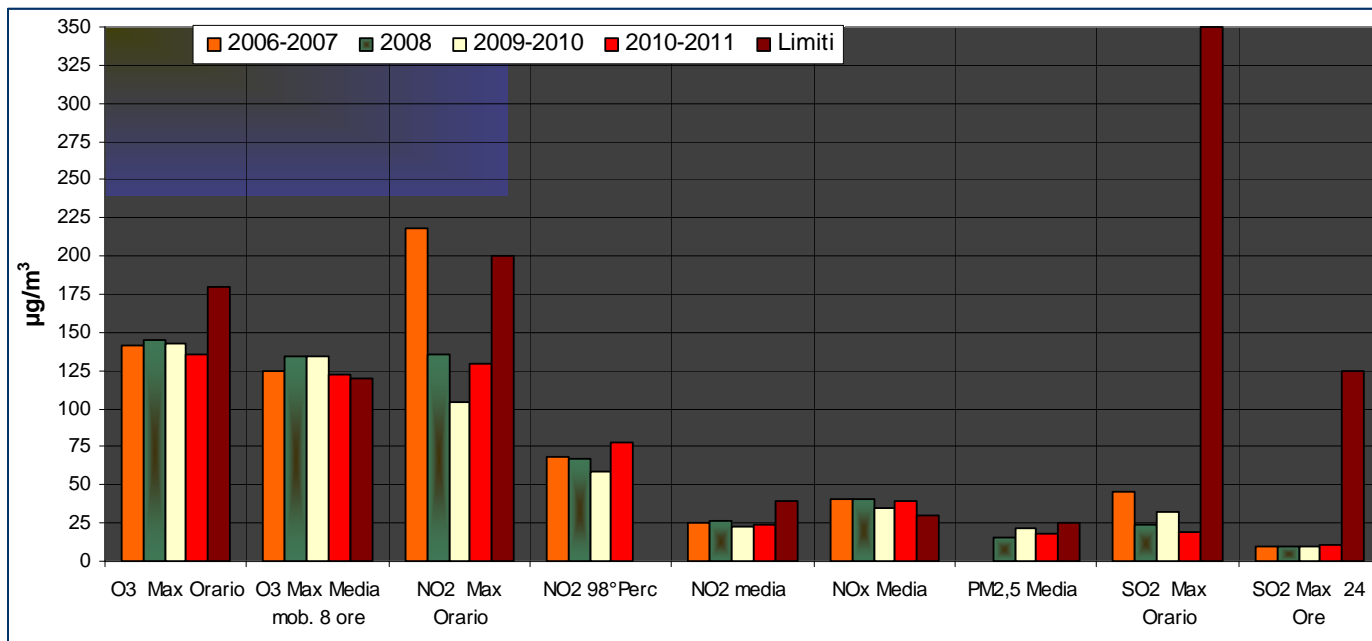
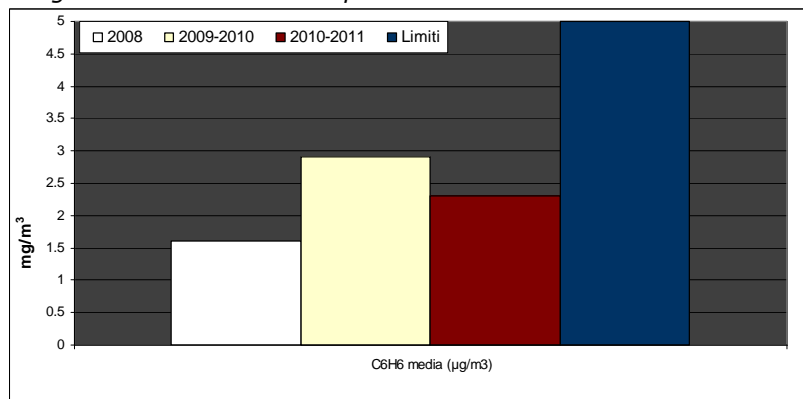


Grafico 6.2.4 istogramma andamenti temporali media annuali di benzene 2008 – 2009 e 2010



6.3 confronto con i livelli rilevati nell'area urbana di Arezzo

grafico 6.3.1. istogramma valori degli indicatori di NO₂, NO_x, benzene, PM_{2,5} San Zeno/Area Urbana Arezzo

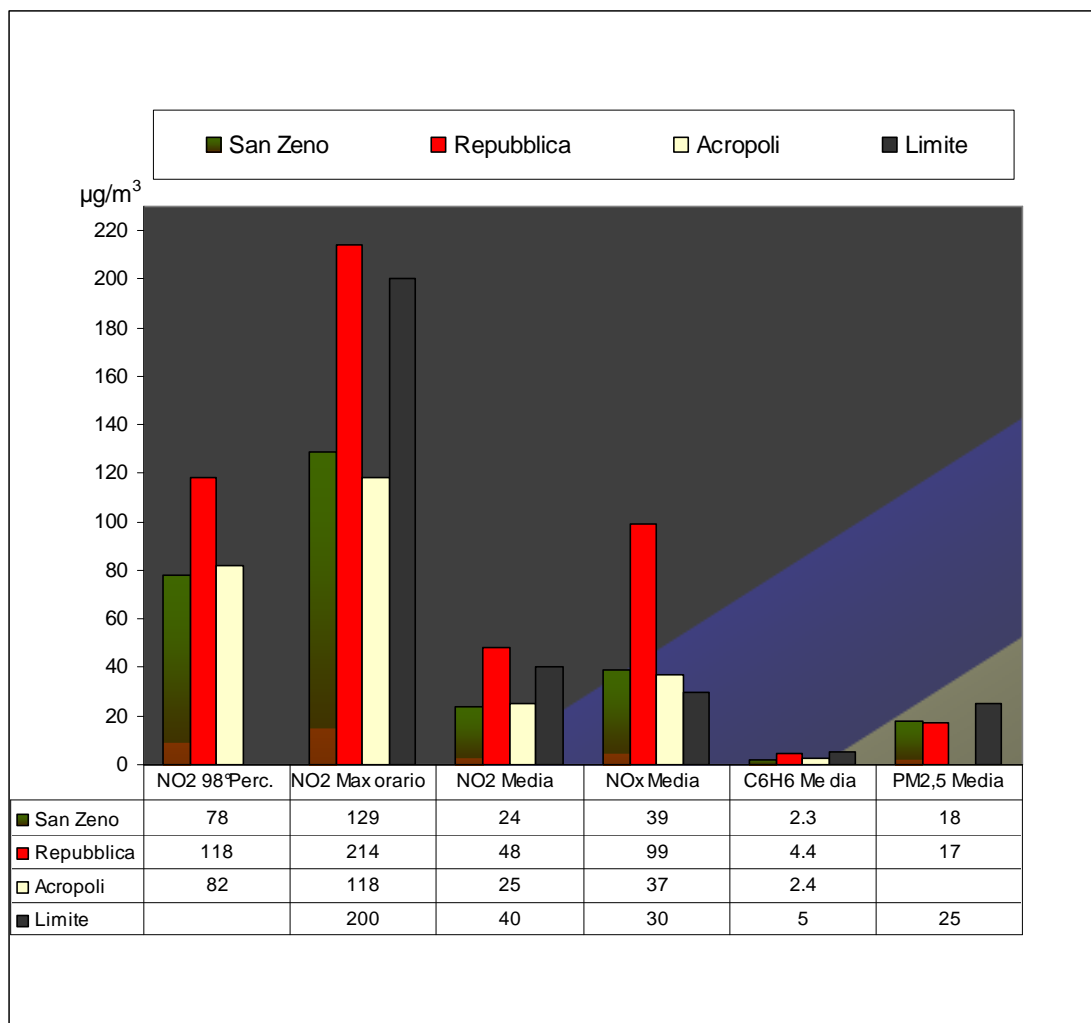
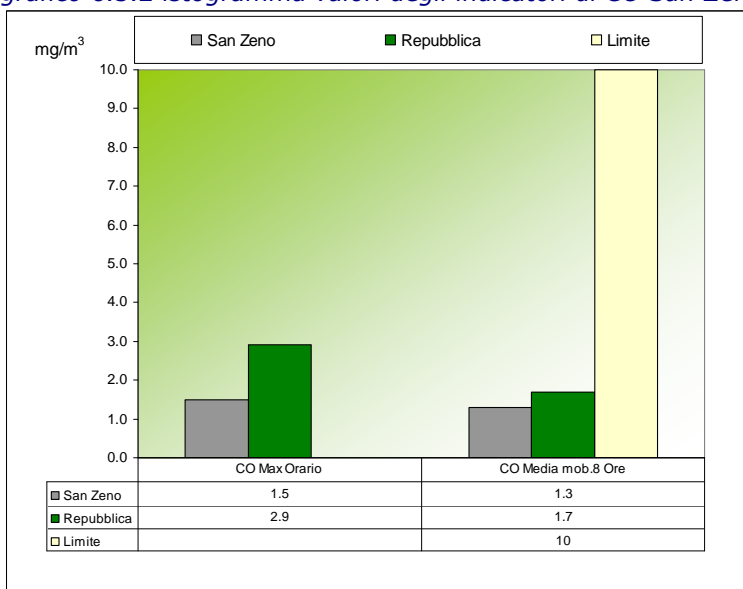


grafico 6.3.2 istogramma valori degli indicatori di CO San Zeno/Area Urbana Arezzo



6.4 materiale particolato PM2,5

Tabella 6.4.1 valori indicatori PM2,5 campagna 2010/2011

Postazione di misura	media $\mu\text{g}/\text{m}^3$	valore massimo giornaliero $\mu\text{g}/\text{m}^3$
San Zeno	18	56

Il valore medio annuale è inferiore sia al valore limite ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) in vigore al 1 gennaio 2015 sia al valore obiettivo ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) da raggiungersi al 1° gennaio 2010 previsti dal D.Lgs. 155/2010.

In relazione ai valori medi annuali di materiale particolato PM2,5 rilevati nelle campagne precedenti si riscontra un decremento di circa il 18 % e pertanto un sostanziale riallineamento ai valori determinati nella prima campagna di misurazione effettuata nel 2008. Si mette in rilievo, che l'andamento delle medie annuali nel triennio 2008 – 2011 è caratterizzato da scarti assoluti attorno a $3\text{-}4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, da ritenersi poco significativi in relazione alla precisione dell'analizzatore ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$); tale valutazione orienta a considerare nell'area monitorata una situazione di sostanziale stabilità.

Se esaminiamo i valori medi di materiale particolato PM2,5 registrati nell'area urbana di Arezzo (stazione di misurazione fissa di P.za Repubblica), si riscontrano valori medi annuali sostanzialmente equivalenti a quelli misurati nella postazione di San Zeno ad indicare che la distribuzione spaziale di questo agente inquinante è fondamentalmente omogenea.

A differenza del materiale particolato PM10, la direttiva non definisce valori limite per l'indicare relativo alla media giornaliera di PM2,5; per questo indicatore è stato fissato un valore guida dall'OMS pari a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ finalizzato alla prevenzione delle malattie derivanti dall'esposizione di questo agente inquinante, mediante la proposta di valori "sfidanti" per richiamare l'attenzione delle autorità pubbliche.

Nella zona industriale di San Zeno è stato ottenuto il valore massimo giornaliero di PM2,5 superiore al valore guida OMS ($56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ il giorno 07 febbraio 2011) e complessivamente sono stati registrati 8 giorni (14 %) di superamento nei 57 giorni relativi all'intera campagna di misurazione.

I superamenti si sono concentrati nella stagione invernale, in particolare nel mese di febbraio 2011, periodo caratterizzato prevalentemente da condizioni di stabilità atmosferica.

7- Valutazione dei risultati

I valori degli indicatori di qualità dell'aria elaborati per tutti gli inquinanti misurati nella presente campagna, sono inferiori ai valori limite previsti dalla normativa vigente.

In questo contesto per alcuni inquinanti, quali CO ed SO₂ e benzene, l'ordine di grandezza dei livelli di concentrazione si attesta ben al di sotto del 50 % dei rispettivi valori limite. Per quanto attiene il materiale particolato PM2,5 il valore medio dell'intera campagna di misurazione è inferiore (- 39 %) al valore obiettivo da raggiungersi al 1° gennaio 2010 (media annuale pari a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ed al valore limite che sarà in vigore il 1 gennaio 2015 (media annuale pari a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Commenti specifici sui valori "sfidanti" relativi alla media giornaliera sono riportati al paragrafo 6.4

Gli indicatori di biossido di azoto finalizzati alla tutela della salute umana (valore massimo orario e la media annuale), registrano livelli di concentrazione poco superiori alla metà del valore limite. L'esame dei valori degli indicatori elaborati per questo agente inquinante, mette in evidenza un rapporto tra il valore massimo orario ed il relativo valore del 98° percentile, poco inferiore a 2, questo indica che gli eventi di picco sono di natura episodica, inoltre in considerazione del marcato scarto tra il valore massimo orario ed il valore medio (81 %), si aggiunge che tali eventi non hanno un peso significativo poiché non determinano effetti rilevanti sul valore medio di tutto il periodo; questo ultimo indicatore rappresenta l'effettiva esposizione della popolazione agli agenti inquinanti.

Queste valutazioni sono rafforzate dalle elaborazioni sulla distribuzione dei valori medi orari di biossido di azoto, nel quale i valori massimi (120-130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) rappresentano lo 0,2 % dei dati nell'intera campagna di misurazione.

L'indicatore relativo alla media annuale degli ossidi di azoto (NO_x) espressi come NO_2 , finalizzato alla protezione della vegetazione, ha superato il relativo valore limite, tuttavia questo indice si riferisce alle misure effettuate dalle stazioni suburbane, rurali e rurali di fondo al fine della protezione della vegetazione e delle foreste e pertanto non ha valenza per la presente postazione di misurazione di tipologia industriale.

Per quanto attiene l'ozono, sono stati registrati 6 casi di superamento del valore bersaglio di protezione della salute umana (indicatore della media mobile di 8 ore massima giornaliera) distribuiti in 2 giorni del periodo estivo; la norma consente il superamento di questo indice per 25 giorni all'anno (come media di 3 anni).

Poiché la presente campagna si riferisce a misure indicative basate su campagne stagionali discontinue, non è corretto effettuare la valutazione di questo indicatore; considerato però che la distribuzione spaziale dell'ozono a livello provinciale è sostanzialmente omogenea, è da considerare la situazione rilevata dalla stazione di misurazione fissa di Acropoli ubicata nell'area urbana di Arezzo, la quale ha registrato nel triennio 2008-2010 un numero di giorni medi di superamento dell'indicatore conforme ai casi ammessi dalla normativa.

In relazione alle precedenti campagne di misurazione effettuate nel periodo di osservazione 2006 - 2010 si rilevano andamenti contrapposti caratterizzati da un lato, da un incremento di alcuni indicatori di biossido di azoto e dall'altro da un generale decremento dei valori degli indicatori di una serie di agenti inquinanti (che rappresentano la prevalenza, quali benzene, monossido di carbonio, $\text{PM}_{2,5}$, biossido di zolfo).

Stesso trend, ma di segno opposto era stato evidenziato mettendo in relazione i valori degli indicatori delle campagne di misurazione precedenti alla campagna di misurazione in oggetto relative al 2008 e 2009-2010.

Per quanto attiene gli indicatori che esprimono i valori di punta del biossido di azoto (valore massimo orario e 98° percentile valore orario), si rileva un incremento medio di circa il 20 % rispetto alla precedente campagna 2009-2010 e pertanto un riallineamento ai valori registrati nell'anno 2008.

Tale andamento non è registrato per l'altro indicatore finalizzato alla tutela della salute umana rappresentato dalla media annuale, il quale registra un valore in linea ai valori delle pregresse campagne di misurazione. Variazioni dei valori massimi attorno al 20 % sono da considerarsi entro le usuali variazioni temporali.

Per quanto attiene i restanti inquinanti, le evidenze in merito alla decrescita registrata nella campagna 2010-2011 rispetto alla precedente, sono riassunte dalle indicazioni sottostanti:

- materiale particolato $\text{PM}_{2,5}$ (media annuale - 18 %);
- benzene (media annuale - 26 %);
- monossido di carbonio (valore massimo orario - 133 %, media mobile 8 ore - 38 %);
- biossido di zolfo (valore massimo orario - 68 %).

Sono sostanzialmente stabili i livelli di biossido di zolfo relativi al valore massimo giornaliero.

Andamenti annuali 98° percentile NO_2

Le valutazioni di questo indicatore riguardanti l'ampio periodo di osservazione 1990-2011, si riferiscono all'elaborazione dei valori registrati nelle precedenti campagne effettuate con l'autolaboratorio nella zona industriale di San Zeno con misurazioni indicative (2006-2007, 2008, 2009-2010, 2010-2011) e dalla stazione di misurazione fissa ubicata di fronte al ristorante la Torretta dall'anno '90 all'anno '94.

Sono riscontrati livelli sostanzialmente stabili nel triennio 2006-2008, la campagna successiva del 2009-2010 registra un decremento medio contenuto (- 14 %) rispetto al triennio precedente, mentre la più recente (2010-2011) mette in evidenza un incremento del 24 %; questo incremento è il più elevato dell'ultimo quinquennio.

Rispetto ai valori dei primi anni '90 misurati dalla stazione di misurazione fissa, il contesto del periodo 2006-2011 è da ritenersi ancora migliore poiché il valore massimo ottenuto nella campagna 2010-2011, è inferiore del 36 % ai valori massimi e sostanzialmente in linea ai valori minimi registrati nei primi anni '90.

Raffronto con i livelli registrati nell'area urbana di Arezzo

Se mettiamo in relazione i valori degli indicatori di qualità dell'aria registrati dalla postazione di San Zeno con quelli misurati nello stesso periodo di osservazione delle stazioni di misurazione ubicate nell'area urbana di Arezzo di P.za della Repubblica (stazione classificata urbana-traffico) e di Acropoli (stazione classificata urbana-fondo), traspare, relativamente agli andamenti temporali (valori medi orari NOx, valori medi giornalieri PM2,5) una buona corrispondenza, nel quale i valori aumentano e diminuiscono prevalentemente agli stessi orari.

Le correlazioni tra i valori medi giornalieri di PM2,5 registrati nell'aria industriale di San Zeno e nell'area urbana di Arezzo consolidano questa valutazione ($R^2 = 0,9$).

E' da ritenere pertanto che le fonti di emissioni puntuali locali della zona forniscono contributi poco significativi, giacché in misura maggiore, le variazioni temporali dei livelli di concentrazione registrati a San Zeno sono sostanzialmente sovrapponibili a quelle delle stazioni dell'area urbana, nel quale le fonti principali di emissione, sono rappresentate dal traffico autoveicolare e nel periodo invernale, anche dagli impianti di riscaldamento.

Sotto il profilo quantitativo i valori della stazione da traffico di P.za Repubblica si distribuiscono su fasce di concentrazione più elevate rispetto alla postazione di San Zeno; rispetto alla stazione di fondo urbano di Acropoli le variazioni temporali dei valori di San Zeno evolvono sulla stessa fascia di livelli di concentrazione.

Altre informazioni concordanti sono fornite dai valori degli indicatori di qualità dell'aria: per quanto attiene la stazione urbana-traffico di P.za Repubblica, la postazione di San Zeno presenta valori medi di NO2 inferiori del 100 %, questo scarto decresce se analizziamo i valori massimi (massimo orario, 98° percentile) in cui i valori di San Zeno sono mediamente inferiori del 60 %. Questa situazione ricorre anche per il monossido di carbonio (San Zeno - 93 % per l'indicatore del valore massimo orario, e - 31 % per la media mobile massima giornaliera) ed il benzene (San Zeno, media annuale - 90 %).

Una situazione di sostanziale equivalenza è invece riscontrata per il materiale particolato PM2,5; questo a conferma dalle valutazioni effettuate in base ai primi dati raccolti a livello provinciale in merito alla distribuzione spaziale omogenea di questo agente inquinante.

Se passiamo a valutare gli indicatori della stazione di misurazione di fondo di Acropoli si riscontra un quadro sostanzialmente invariato rispetto a quello di San Zeno per tutti gli indicatori esaminati.

Andamenti temporali

Gli andamenti dei valori orari e giornalieri, mettono bene in rilievo la presenza di livelli più elevati nella stagione invernale, la quale - proprio a metà dicembre 2010 e nei primi giorni di febbraio 2011 - è stata caratterizzata dalla persistenza del fenomeno meteo dell'inversione termica che ha provocata un accumulo degli inquinanti al suolo. Questa situazione ha riguardato l'intero territorio provinciale/regionale.

Distribuzione in classi di concentrazione

La prevalenza degli inquinanti presenta la massima distribuzione dei livelli di concentrazione nelle categorie caratterizzate dai valori più bassi, significativamente distanti dal relativo valore limite.

Sotto il profilo temporale le distribuzioni sono nella prevalenza stabili; fa eccezione quella dei livelli medi giornalieri di PM2,5 la quale rispetto alla campagna 2009-2010 mette in evidenza uno spostamento verso classi di concentrazione più basse (dalla classe 25-30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ alla classe 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) riallineandosi alla distribuzione definita dalla campagna 2008.

Giorno tipo

Dalle elaborazioni inerenti il giorno tipo si rileva, in relazione ai particolari meccanismi di formazione stagionali dell'ozono attivati dalla radiazione solare e dalla temperatura dell'aria, il peculiare andamento contraddistinto da valori orari più elevati nelle ore di massima insolazione delle stagioni primaverili ed estive. Per i restanti inquinanti le evoluzioni possono essere così sintetizzate:

- monossido di carbonio – l'andamento medio più significativo è fornito dalla stagione invernale nel quale registra il valore più elevato nella fascia oraria della mattina (ore 9);
- biossido di azoto – andamenti medi coincidenti per le stagioni meteo della primavera e dell'estate (massimo mattina = ore 8, massimo pomeriggio ore = 15) e dell'autunno con l'inverno (massimo mattina = ore 8-10 massimo pomeriggio ore 19-21). Si nota, che oltre ad essere contraddistinti da livelli di concentrazione più elevati, gli andamenti medi delle stagioni dell'autunno e dell'inverno hanno i livelli di picco distribuiti in un ambito temporale più ampio e una traslazione dei livelli più elevati dal pomeriggio (delle stagioni primavera ed estate) alla sera;
- materiale particolato PM_{2,5} – anche per questo agente inquinante la caratteristica condizione meteo del periodo invernale ha determinato andamenti medi più elevati rispetto alle restanti stagioni, caratterizzati da valori massimi al mattino (ore 10) e alla sera (21-22). Altro andamento medio da menzionare è quello estivo, contraddistinto da livelli massimi nelle ore centrali della giornata (ore 11 e 14). Analogo andamento era stato evidenziato nella campagna di misurazione dell'anno 2008;
- biossido di zolfo – le evoluzioni sono caratterizzate da livelli medi di modesta entità, si riscontano livelli poco più elevati nella stagione estiva, la quale è rappresentata da livelli massimi alle ore 10 ed alle ore 21.

8 - Considerazioni riassuntive e finali

I valori degli indicatori di qualità dell'aria misurati nella postazione di San Zeno sono conformi ai relativi valori limite. Per alcuni inquinanti quali monossido di carbonio e biossido di zolfo, da ritenersi meno rilevanti nell'attuale contesto della qualità dell'aria, vi è una significativa inferiorità rispetto al valore limite (< 50 % del valore limite).

Il materiale particolato PM_{2,5} registra un valore dell'indicatore della media annuale inferiore al valore limite del 39 %. In relazione alle precedenti campagne di misurazione il trend della media annuale è sostanzialmente stabile. L'equivalenza con i valori delle medie annuali dell'area urbana di Arezzo conferma e consolida le valutazioni in merito alla distribuzione omogenea di questo agente inquinante.

In considerazione dei valori degli indicatori elaborati nella precedente campagna di rilevamento effettuata nel periodo 2009-2010, si rileva da un lato il decremento dei valori di materiale particolato PM_{2,5}, di benzene e di monossido di carbonio, e dall'altro un incremento di alcuni indicatori di biossido di azoto (valore massimo orario e 98° percentile). Nella campagna 2009-2010 le variazioni rispetto alla campagna precedente erano state analoghe, ma di segno opposto.

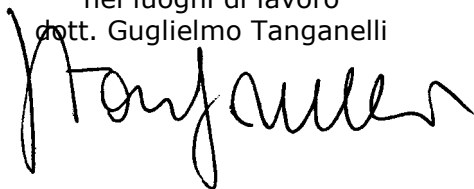
Si ritiene pertanto che tali variazioni temporali sull'ampio periodo (2006-2011), definiscano l'intervallo di variazione del contesto dell'area industriale, poiché gli indicatori della campagna 2010-2011, che rispetto alla precedente campagna di misurazione 2009-2010 hanno registrato un incremento, in relazione alla campagna ancora precedente del 2008, avevano invece registrato una diminuzione.

Rispetto agli andamenti temporali dei valori registrati nell'area urbana di Arezzo, la postazione di San Zeno registra nella prevalenza, andamenti sovrapponibili; questa corrispondenza pertanto, indica che, con molta probabilità, i livelli in aria ambiente sono influenzati in prevalenza dalle stesse tipologie di sorgenti.

Sotto il profilo quantitativo, la postazione di San Zeno presenta per la prevalenza degli inquinanti, livelli di concentrazione sostanzialmente equivalenti alla stazione di fondo urbano di Acropoli e significativamente più bassi (mediamente dell' 80 %), della stazione urbana-traffico di P.za Repubblica. Da questa valutazione è escluso il materiale particolato PM_{2,5} il quale registra livelli di concentrazione sostanzialmente omogenei a livello spaziale su ambito provinciale.

Per la redazione
Il Tecnico della prevenzione nell'ambiente e
nei luoghi di lavoro

dott. Guglielmo Tanganelli



Per approvazione
Per Il Responsabile della U.O. "Prevenzione
Controlli Ambientali Integrati"
Il Responsabile del Dipartimento
dott.ssa Rossella Francalanci



GT/gt

Allegati

Allegato 1. Elaborazioni integrative

1.1 Andamenti orari dei livelli di concentrazione

Le presenti elaborazioni grafiche sono state predisposte impostando, per la prevalenza degli inquinanti, i valori di fondo scala dei livelli di concentrazione (asse delle ordinate) pari al valore limite dell'indicatore dell'inquinante considerato. Sono esclusi il monossido di carbonio, il materiale particolato PM_{2,5} ed il benzene il cui tempo di mediazione dei valori elaborati, è differente dal tempo di mediazione che esprime il valore limite.

grafico 6.2.1 andamenti orari monossido di carbonio

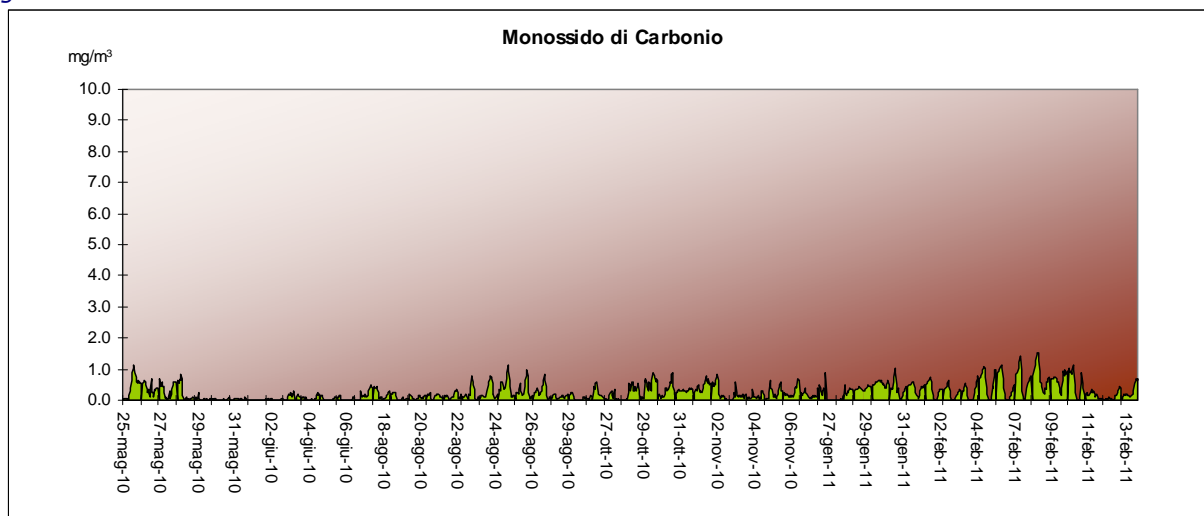


grafico 6.2.2 andamenti orari biossido di azoto

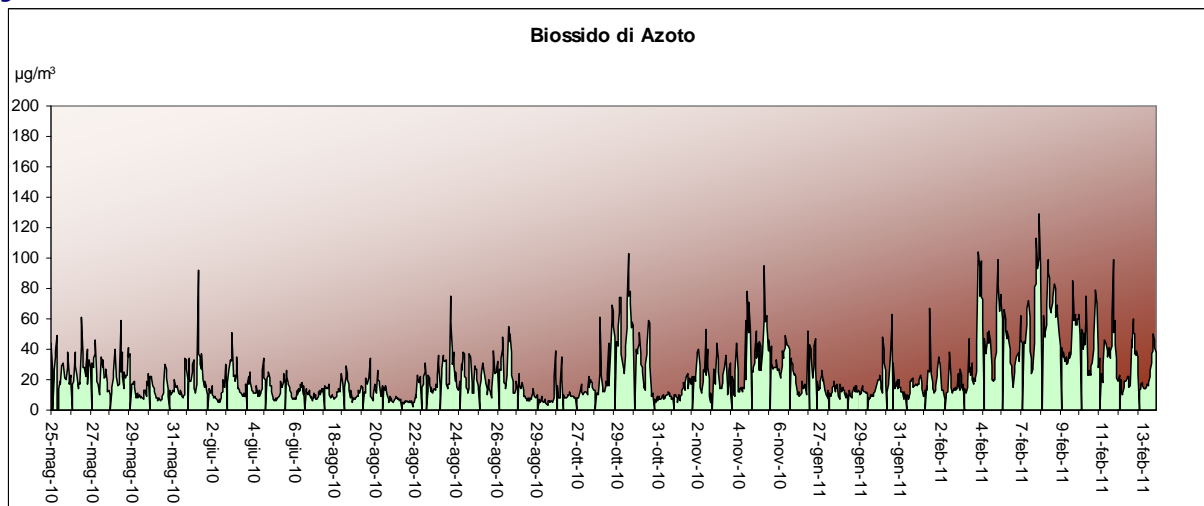


grafico 6.2.3 andamenti orari ozono

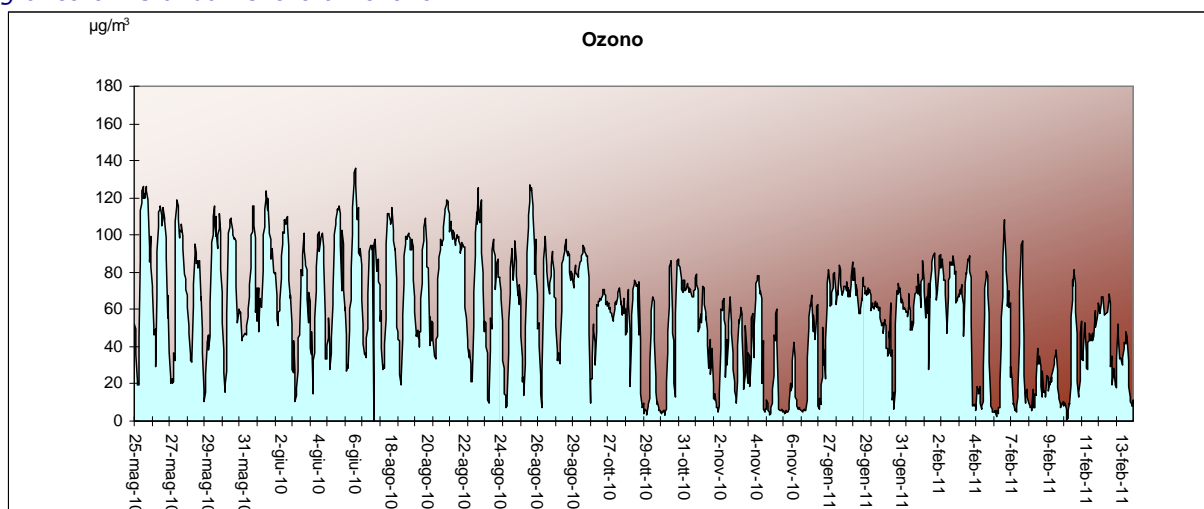


grafico 6.2.4 andamenti orari materiale particolato PM2,5

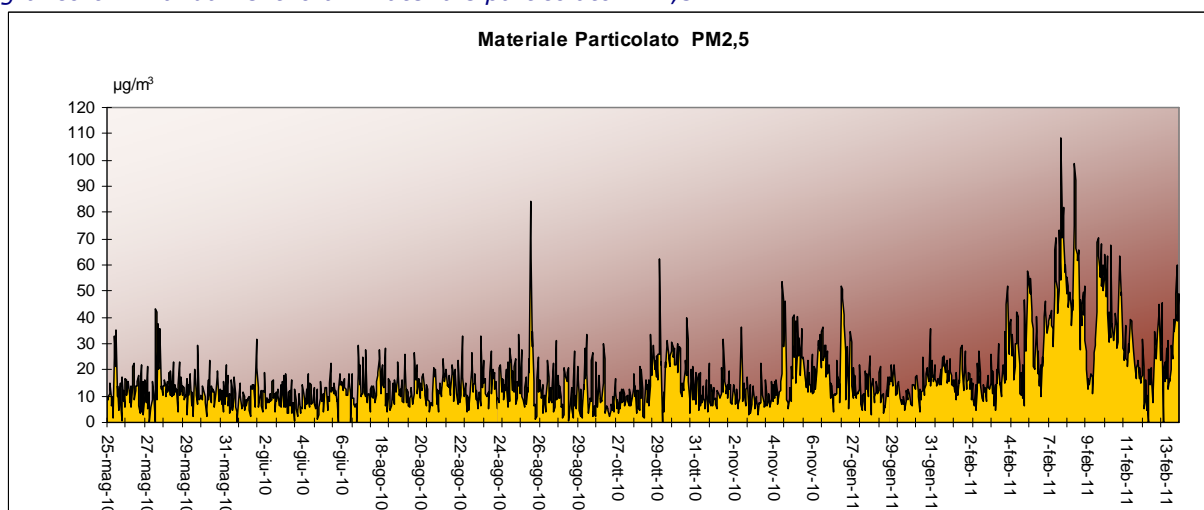


grafico 6.2.5 andamenti orari biossido di zolfo

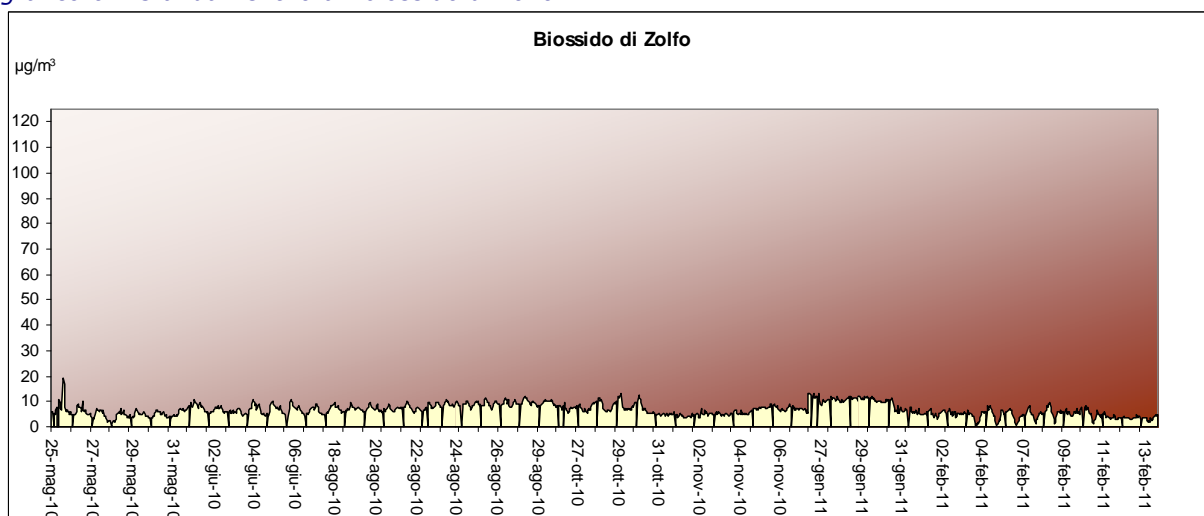
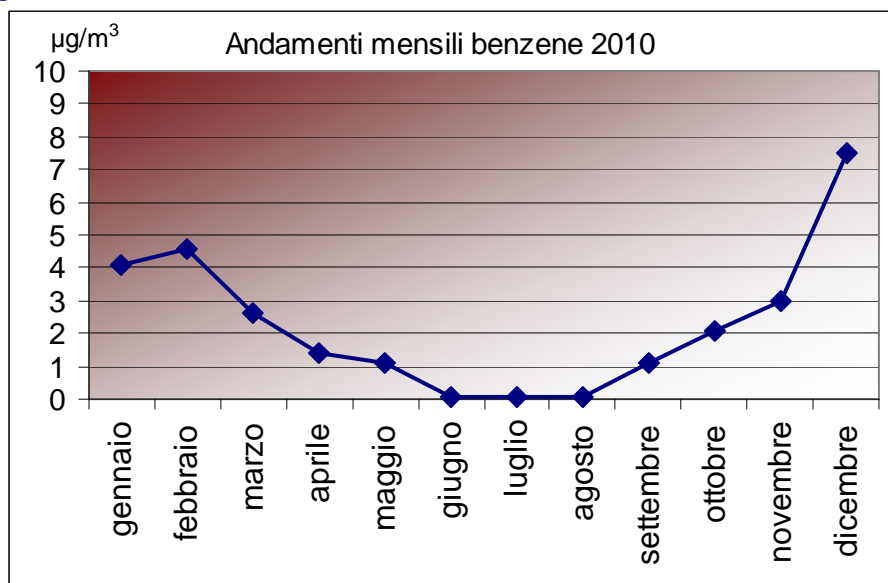


grafico 6.2.6 andamenti mensili benzene



1.2 distribuzione delle frequenze in classi di concentrazione

grafico 1.2.1 distribuzione valori orari monossido di carbonio

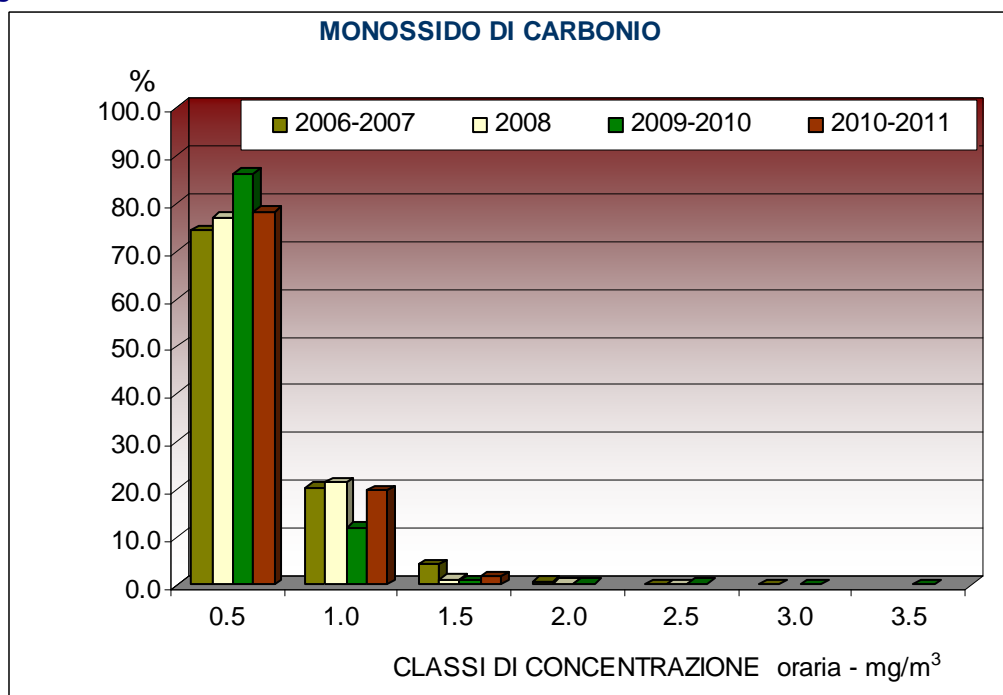


grafico 1.2.2 distribuzione valori orari biossido di azoto

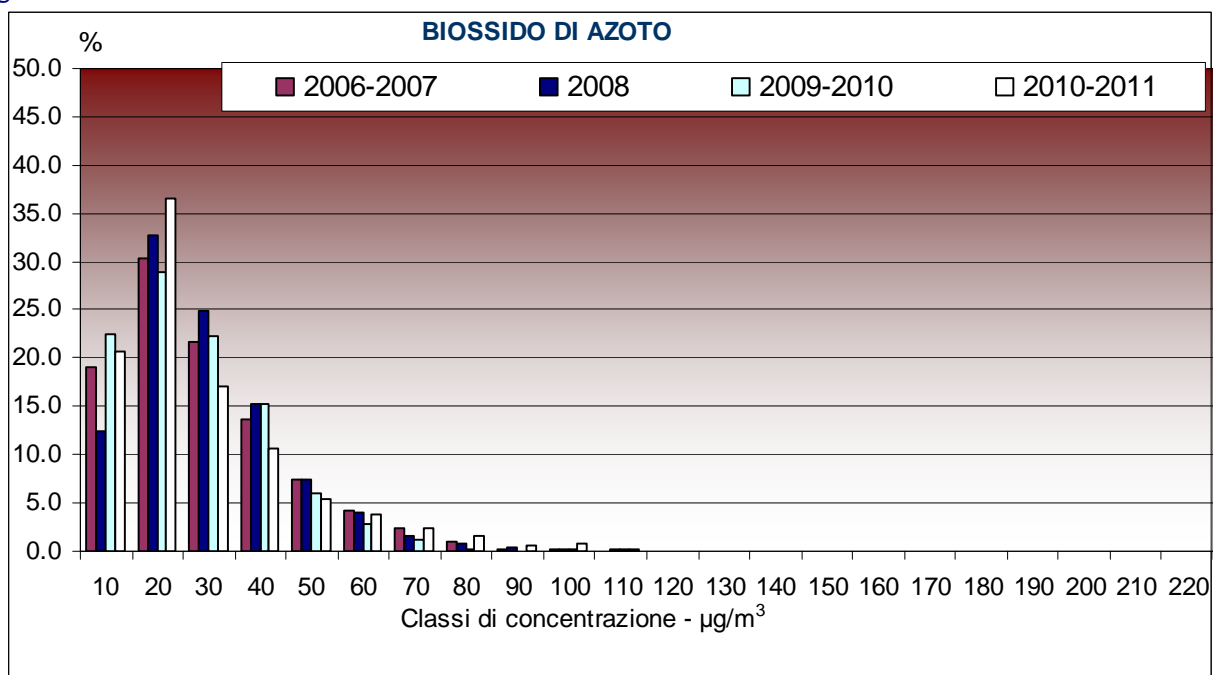


grafico 1.2.3 distribuzione valori orari ozono

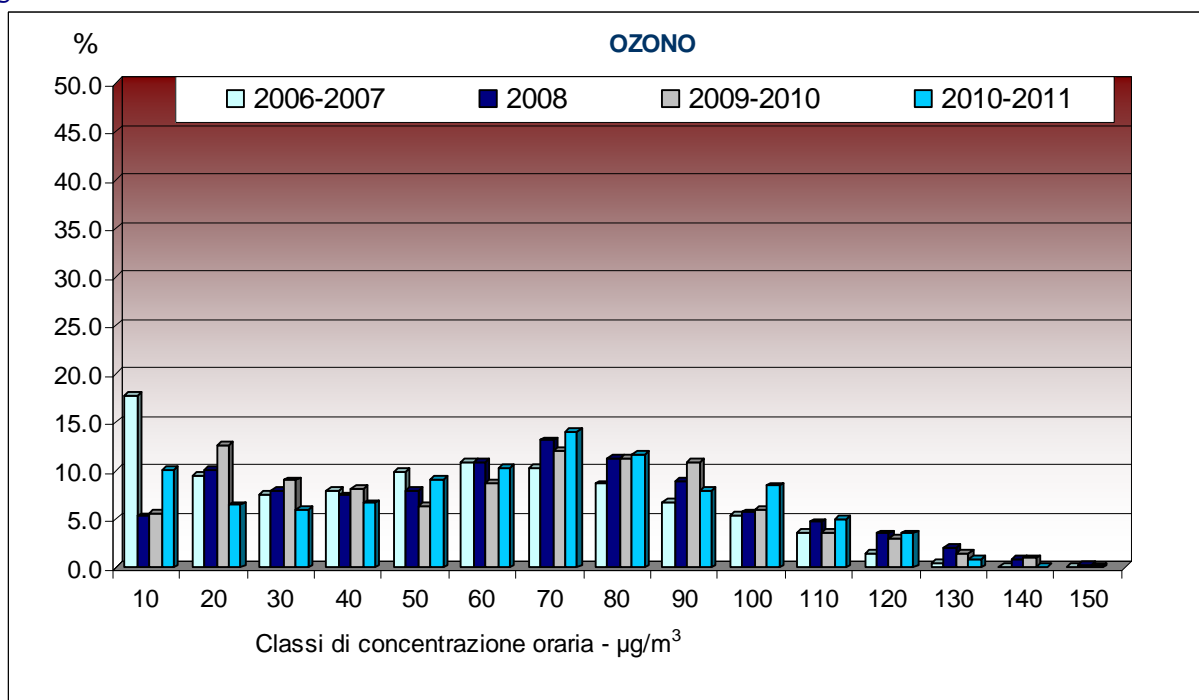


grafico 1.2.5 distribuzione valori giornalieri materiale particolato PM2,5

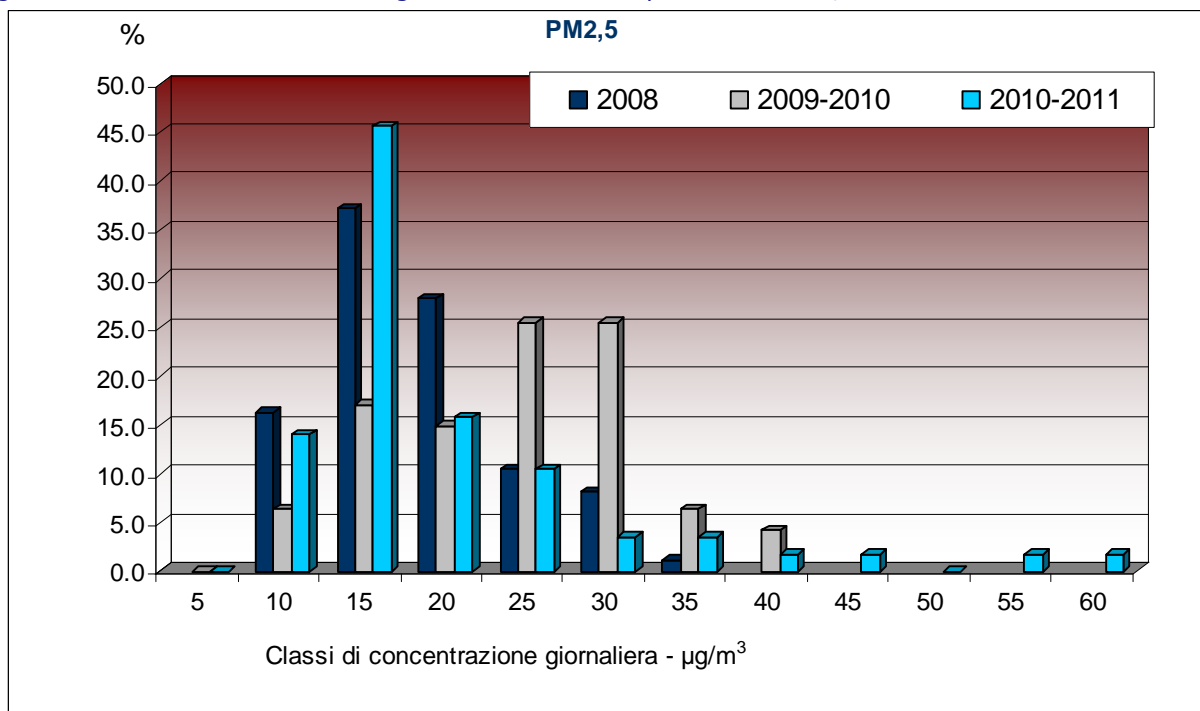
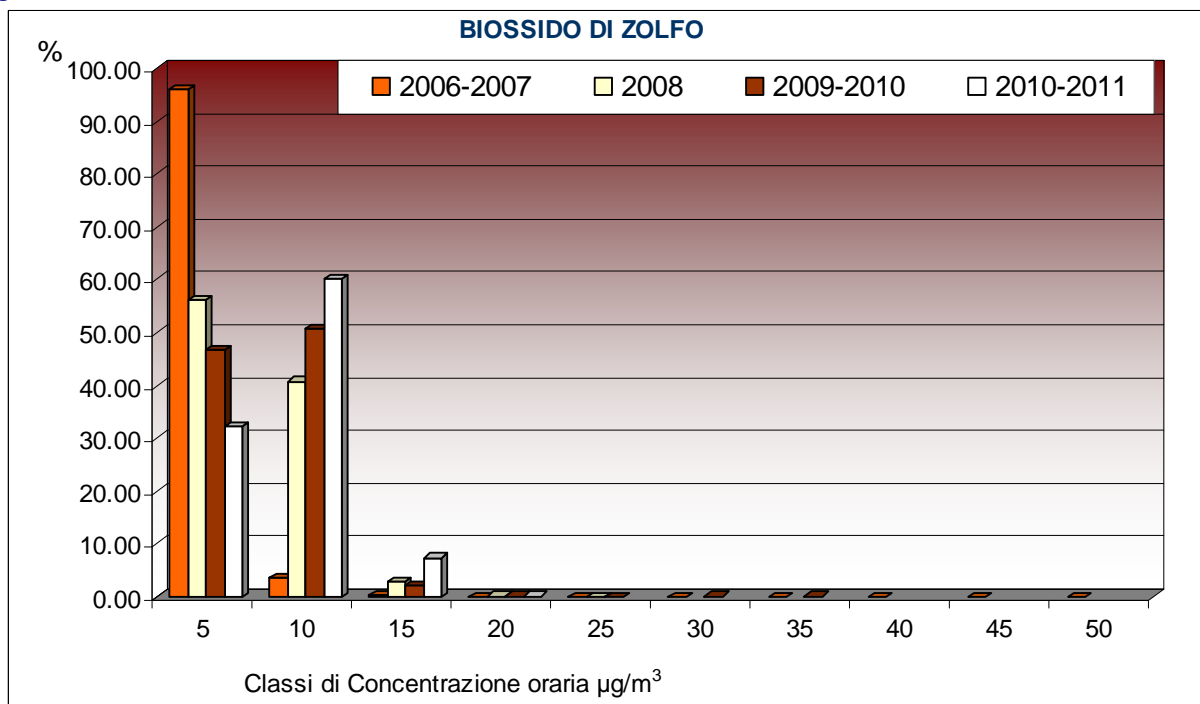


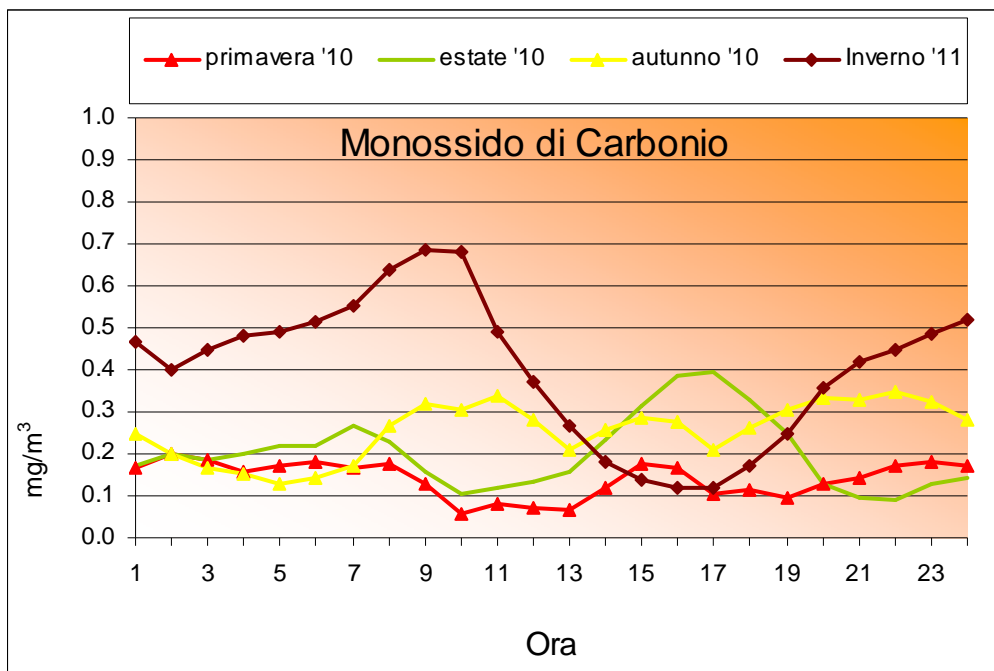
grafico 1.2.6 distribuzione valori orari biossido di zolfo



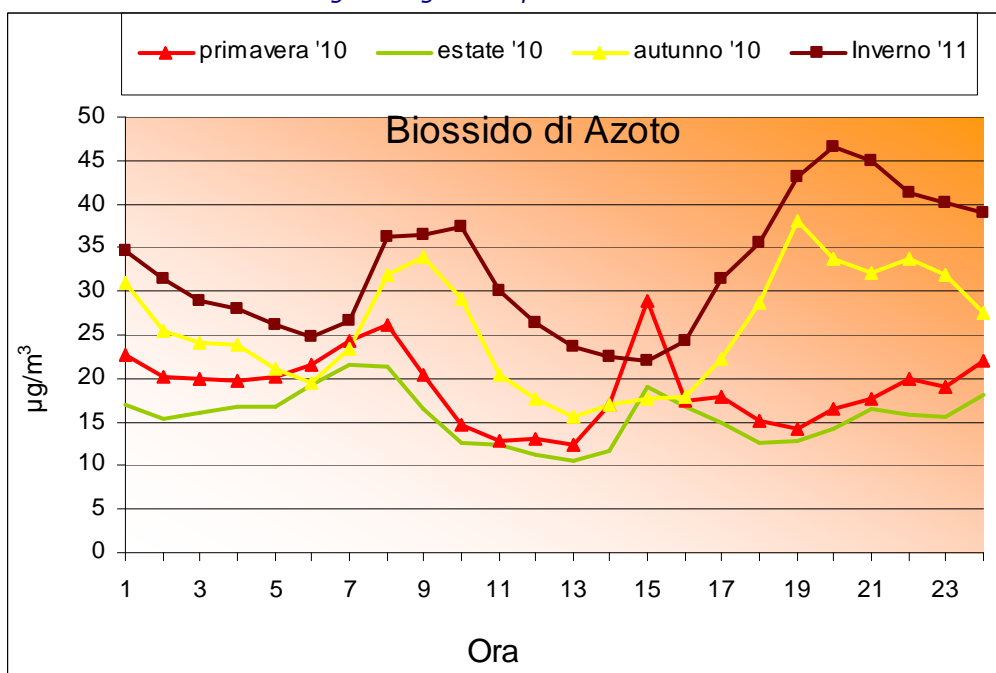
1.3 giorni tipo

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).

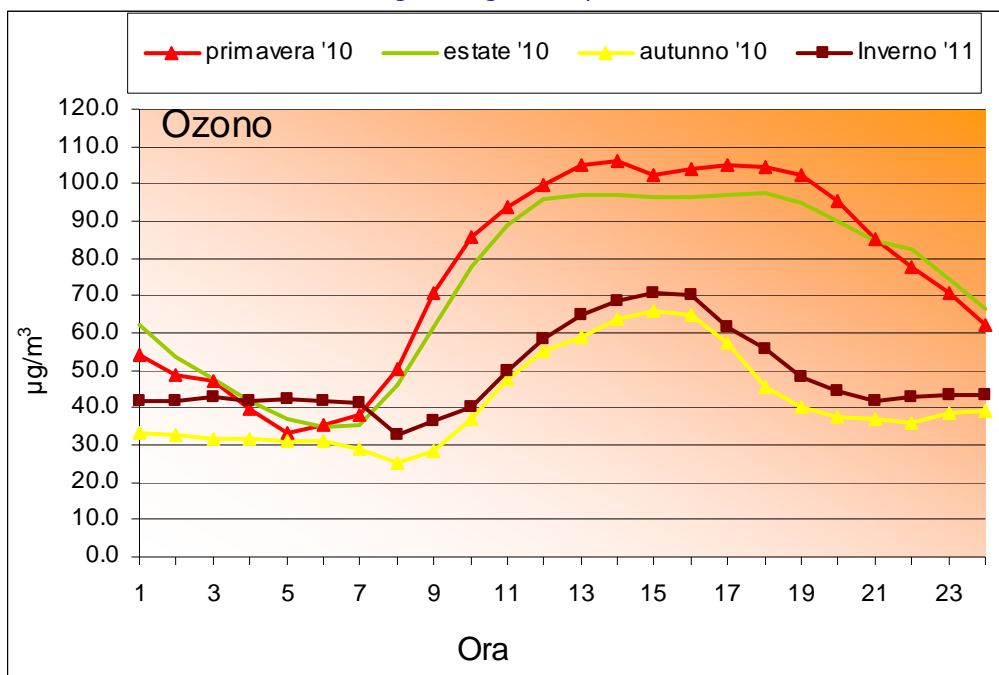
1.3.1 grafico giorno tipo monossido di carbonio



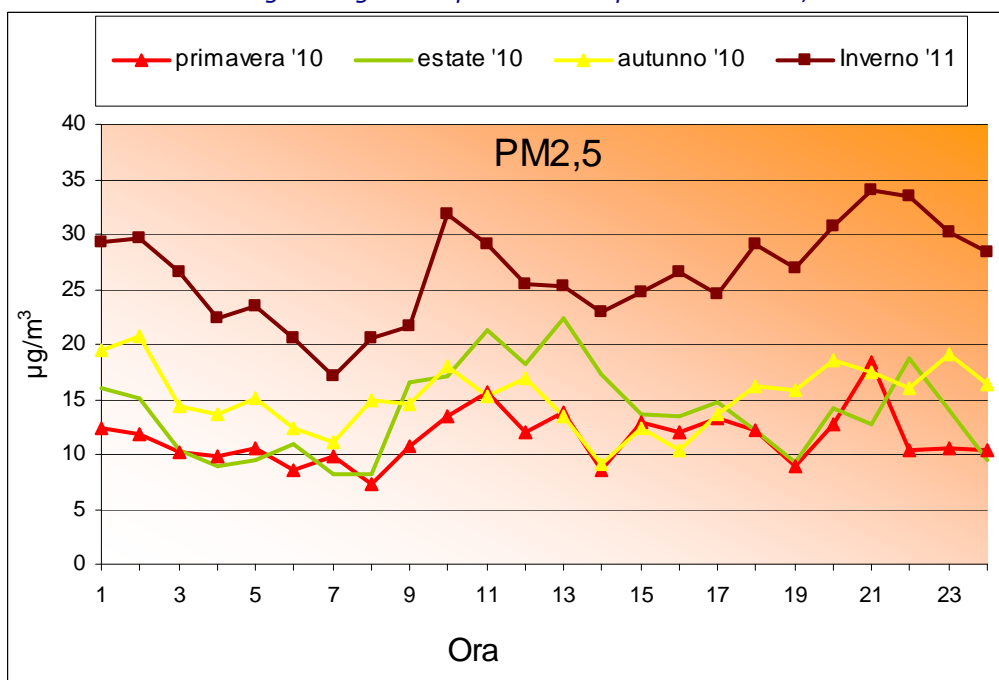
1.3.2 grafico giorno tipo biossido di azoto



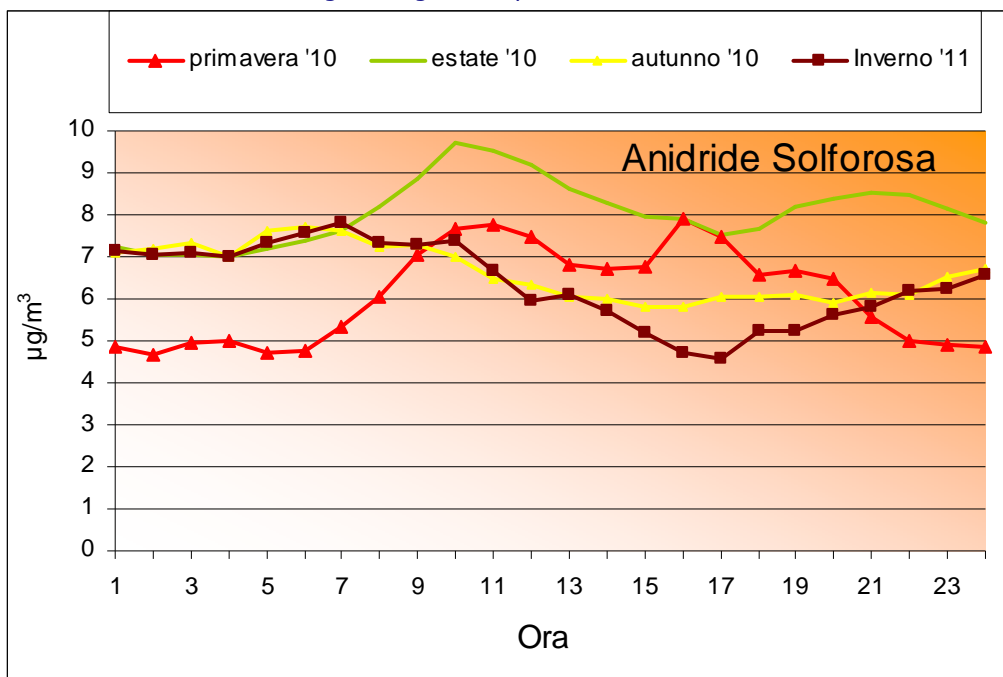
1.3.3 grafico giorno tipo ozono



1.3.4 grafico giorno tipo materiale particolato PM2,5



1.3.5 grafico giorno tipo anidride solforosa



1.4 andamenti stagionali 2010 - 2011

grafico 1.4.1. istogramma andamenti stagionali indicatori di NO₂, NO_x, O₃, SO₂, PM_{2,5}

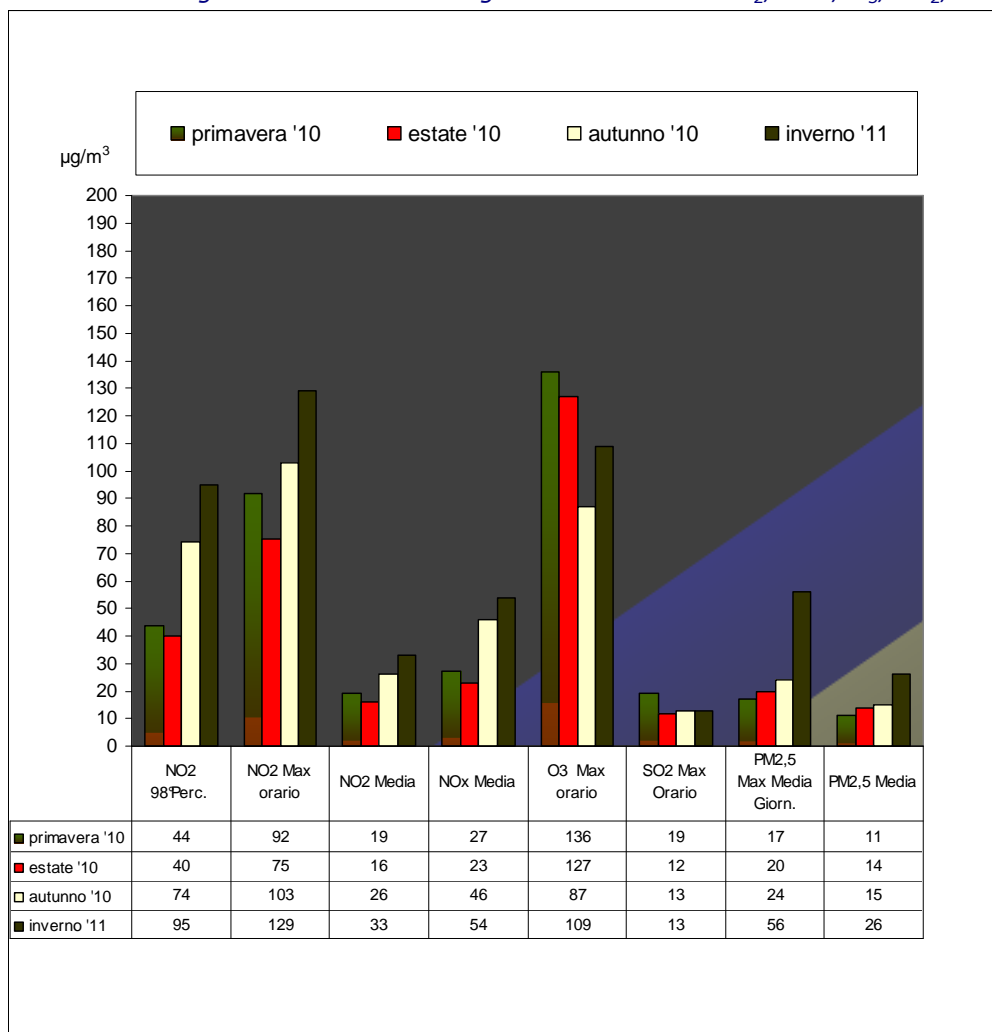
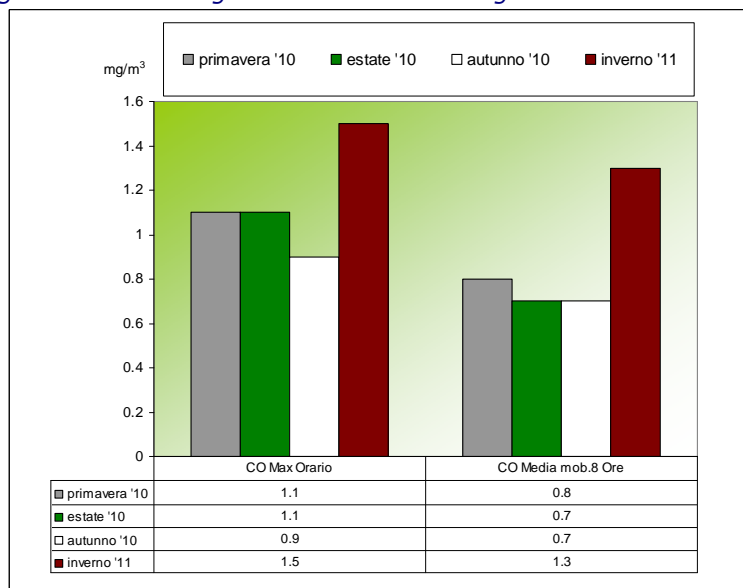
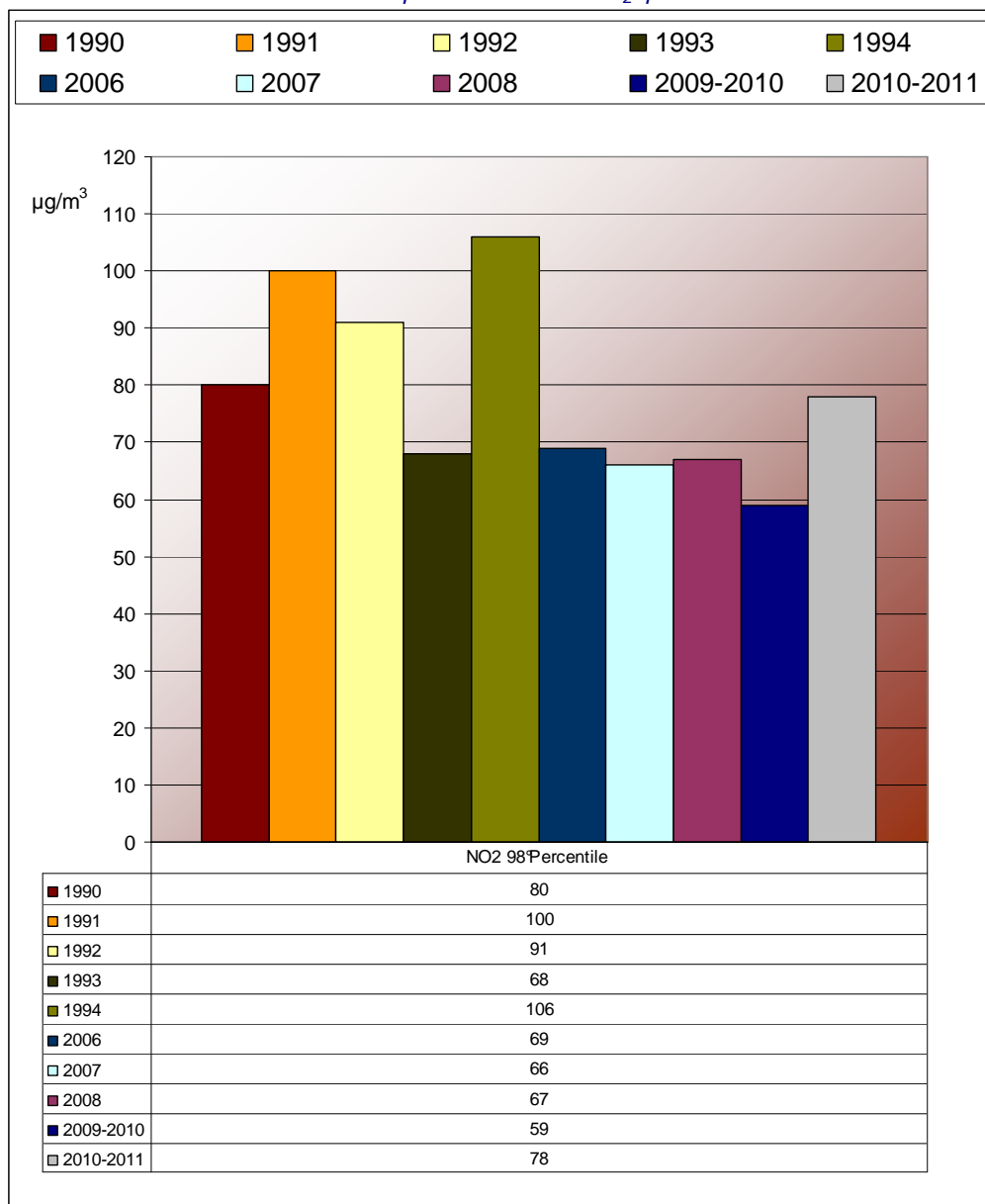


grafico 1.4.2. istogramma andamenti stagionali indicatori di CO



1.5 andamenti dell'indicatore 98° percentile del biossido di azoto nel periodo 1990-2011

Grafico 1.5.1 indicatori qualità dell'aria NO₂ periodo 1990 – 2011



1.6 confronto con gli andamenti registrati nell'area urbana di Arezzo

Ossidi di azoto NOx – valori medi orari

grafico 1.6.1. andamenti orari primavera 2010

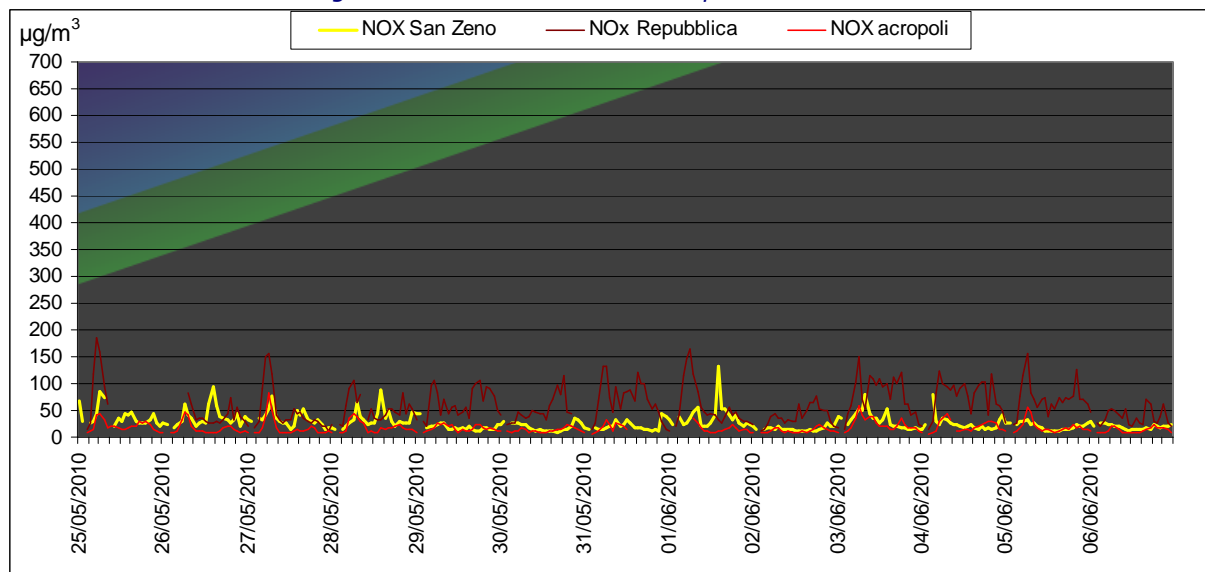


grafico 1.6.2. andamenti orari estate 2010

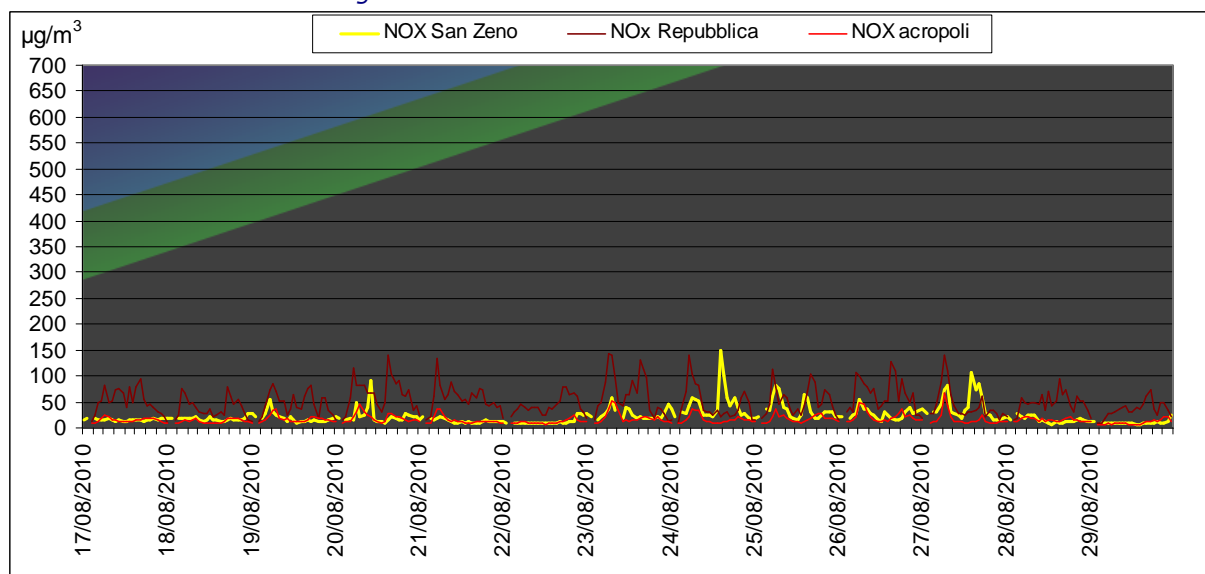


grafico 1.6.2. andamenti orari autunno 2010

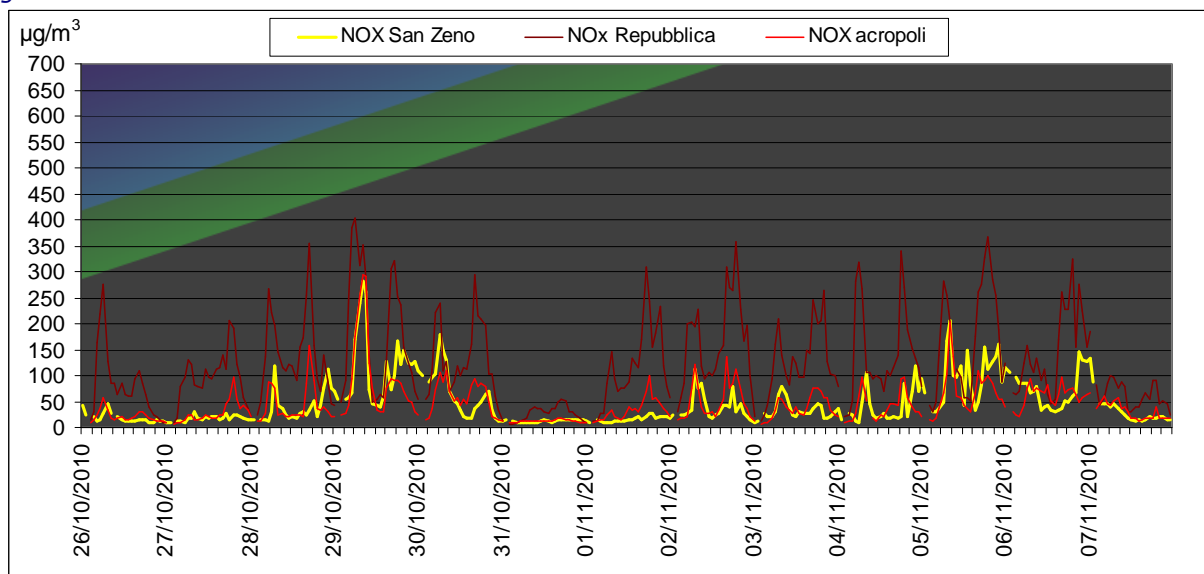
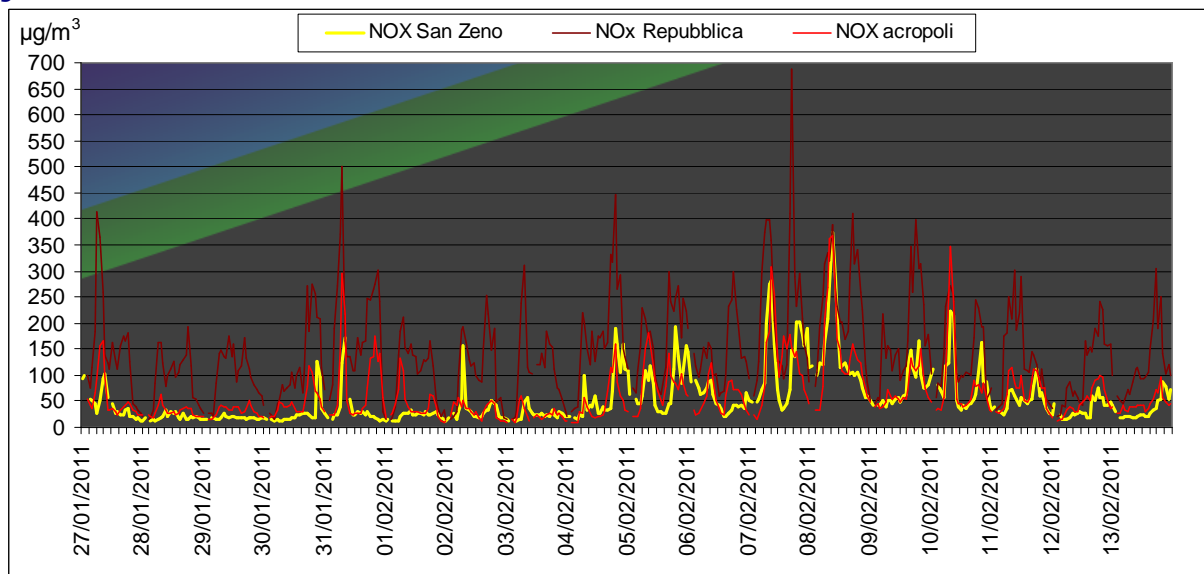
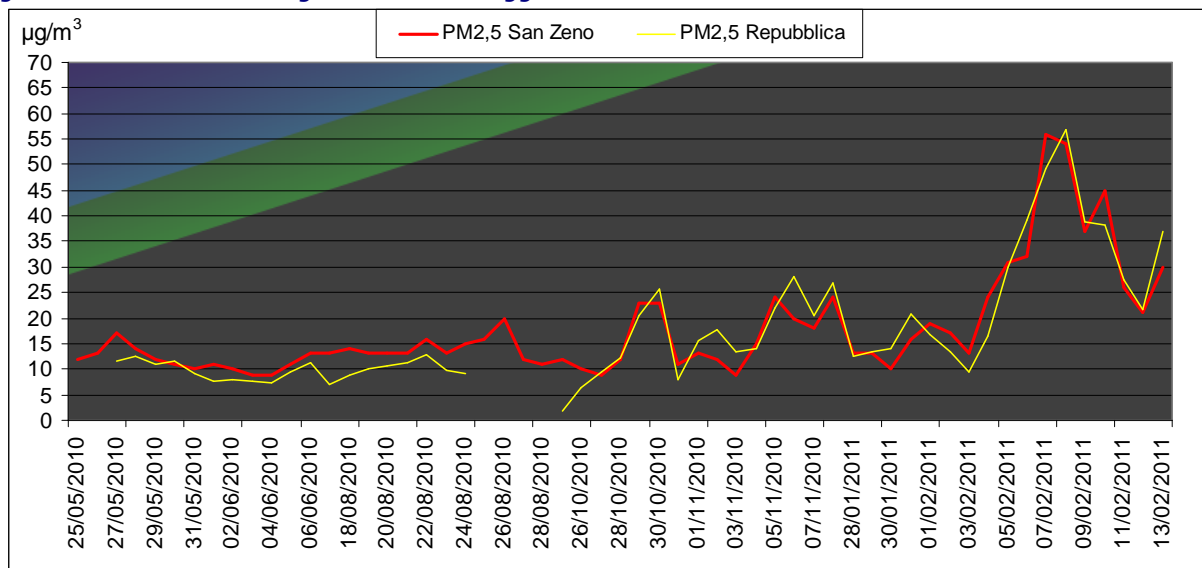


grafico 1.6.4. andamenti orari inverno 2011



Materiale particolato PM2,5 - valori medi giornalieri

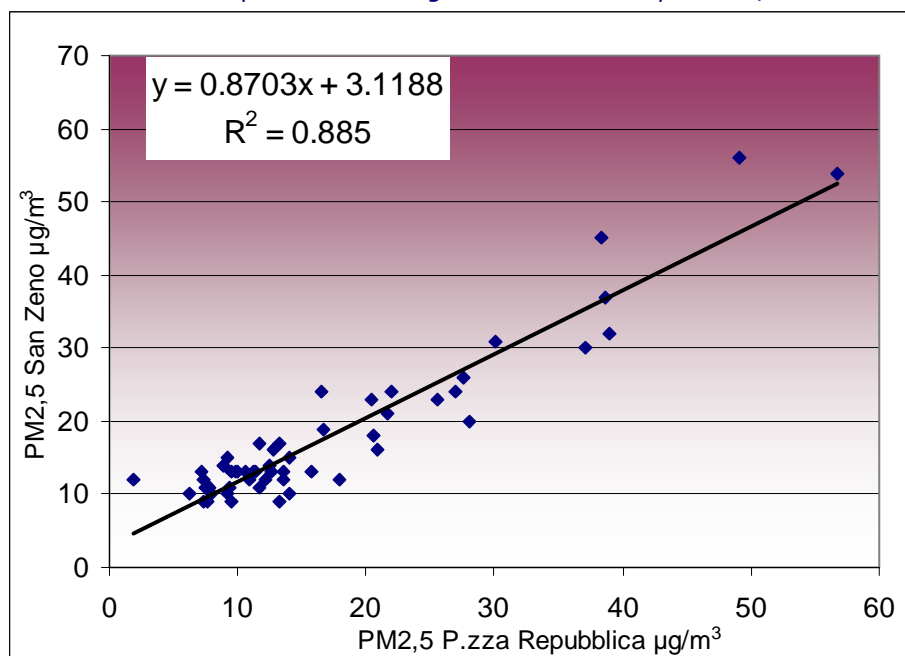
grafico 1.6.5 andamenti giornalieri 25 maggio 2010 – 13 febbraio 2011



1.7 Grafici a dispersione San Zeno/Area Urbana di Arezzo

Materiale Particolato PM2,5

Grafico 1.7.1 dispersione valori giornalieri P.zza Repubblica/San Zeno



Ossidi di Azoto

Grafico 1.7.2 dispersione valori orari P.za Repubblica/San Zeno

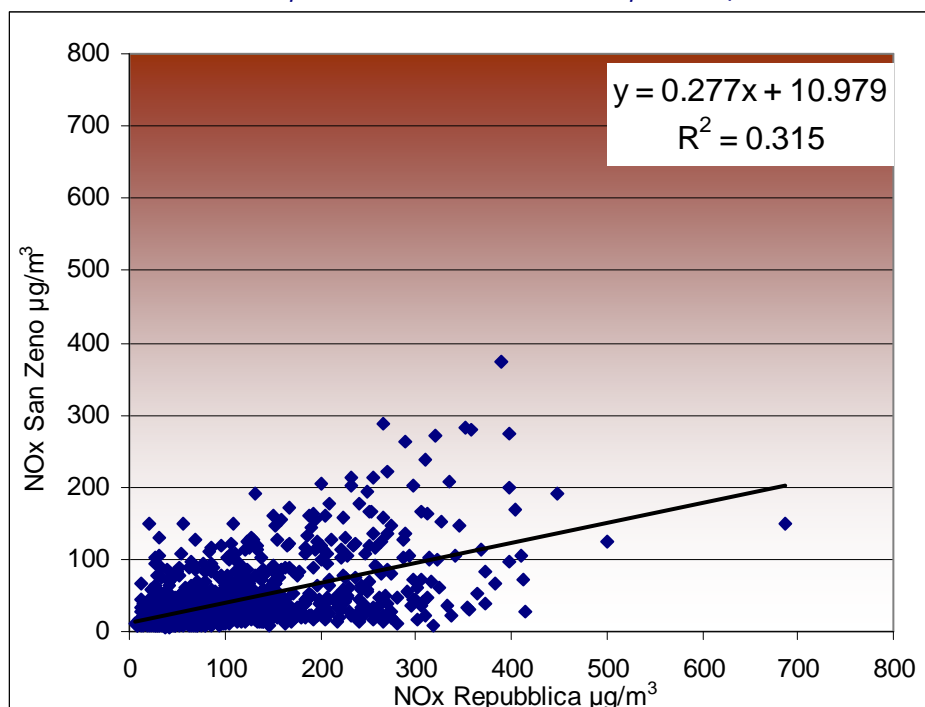
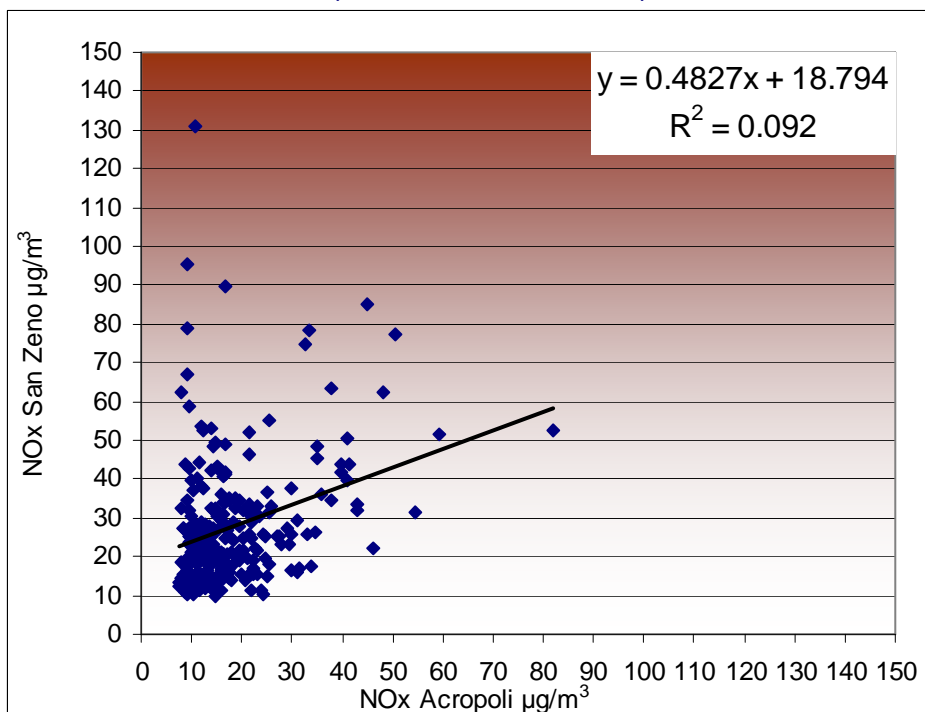
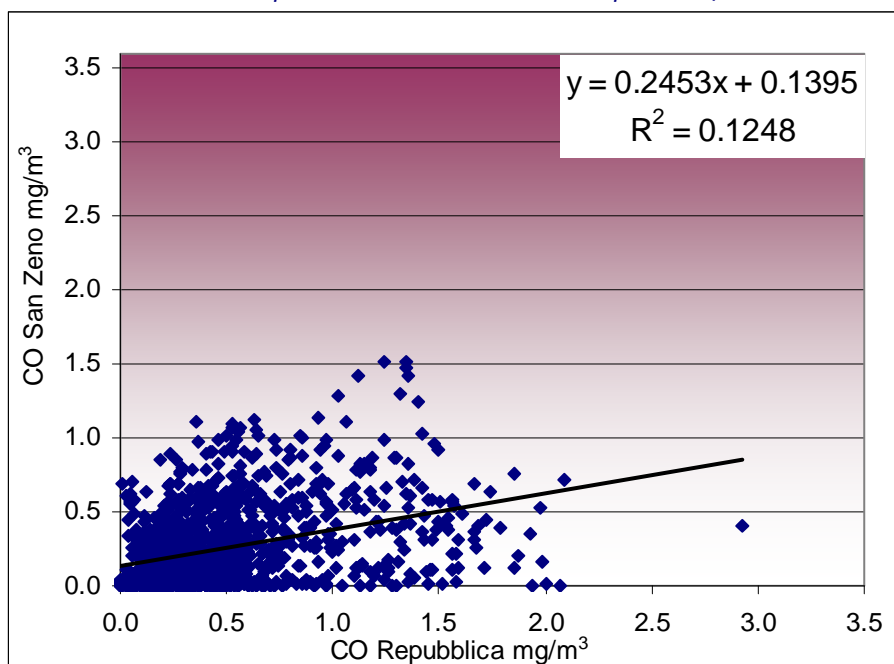


Grafico 1.7.3 dispersione valori orari Acropoli/San Zeno



Monossido di Carbonio

Grafico 1.7.4 dispersione valori orari P.za Repubblica/San Zeno



Allegato 2. Caratteristiche tecniche analizzatori

tabella 2.1 caratteristiche tecniche analizzatori

Inquinante	Marca Modello	Inventario	Principio Misura	Limite Rilevabilità	Precisione
O₃	Monitor Labs ML 8810	4691	Assorbimento UV-354	4 µg/m ³	dal 20 al 80 % del campo di misura +/- 4 µg/m ³
NO_x	Monitor Labs ML 8841	4686	Chemiluminescenza	0,5 ppb	1,0 ppb
SO₂	Monitor Labs ML 8850S	4685	Fluorescenza UV	1,0 ppb	1,0 ppb
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_{2,5}	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 3 elaborazione dei dati meteorologici

Velocità del vento

Grafico 3.1 giorno tipo

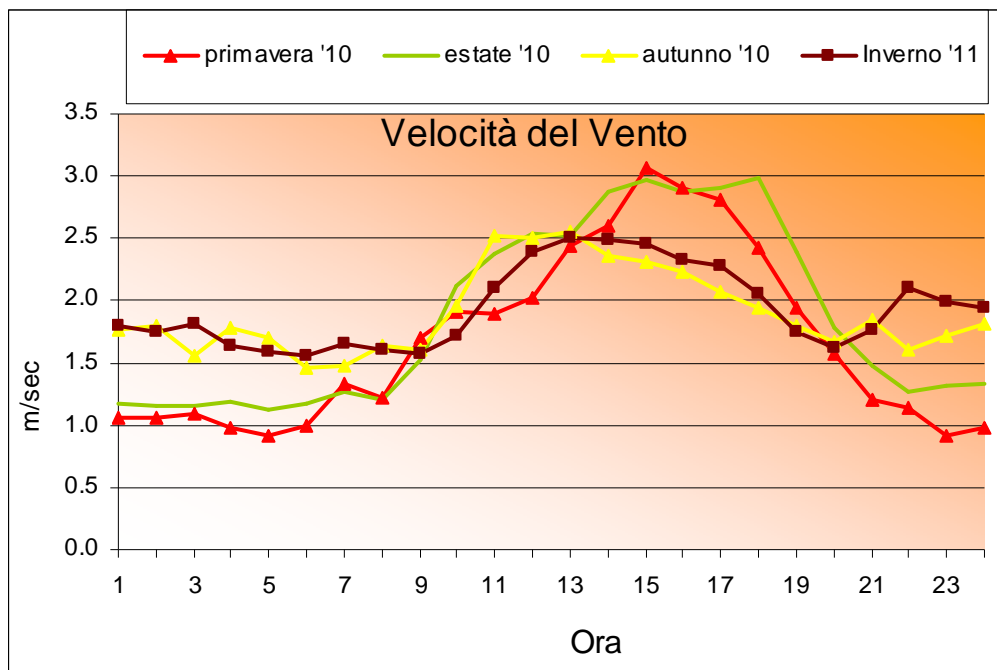
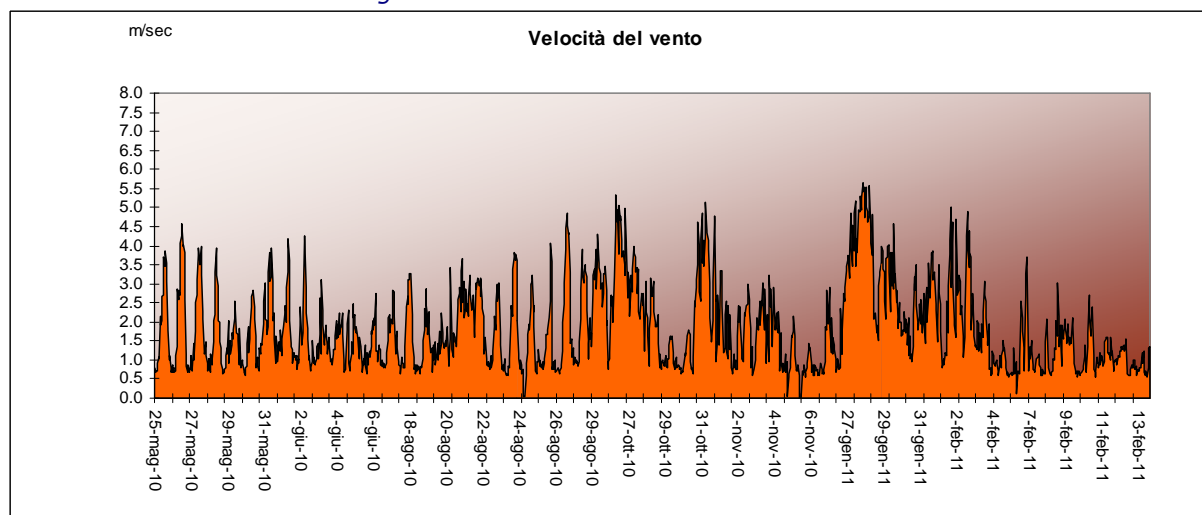
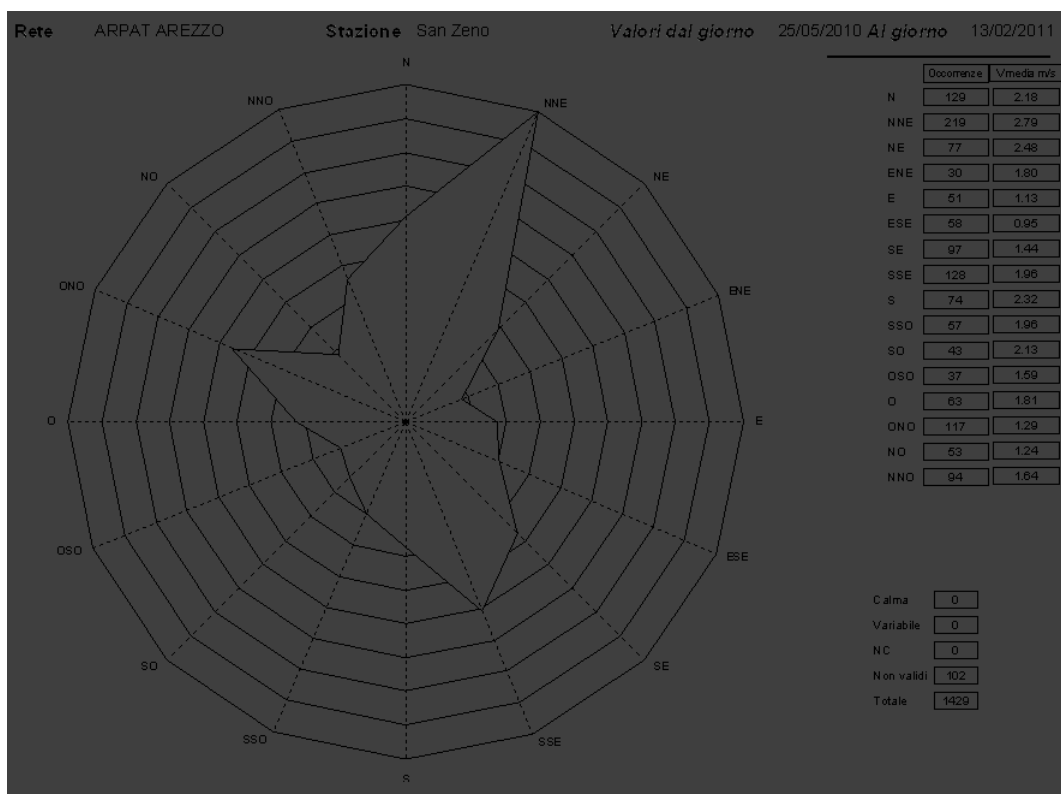


grafico 3.2 andamenti valori medi orari



Il valore massimo della velocità del vento è stato raggiunto il giorno 28 gennaio 2011 alle ore 14 con 5,7 m/sec.

grafico 3.3 rosa dei venti campagna di misurazione 2010-2011



Le elaborazioni relative alla rosa dei venti relative all'anno esaminato mettono in evidenza, come peraltro già evidenziato nella precedente campagna, venti prevalenti provenienti dalle direzioni Nord-Nord-Est, Sud-Sud-Est, e Ovest-Nord-Ovest.

Rosa dei venti stagionale

grafico 3.4 rosa dei venti primavera 2010

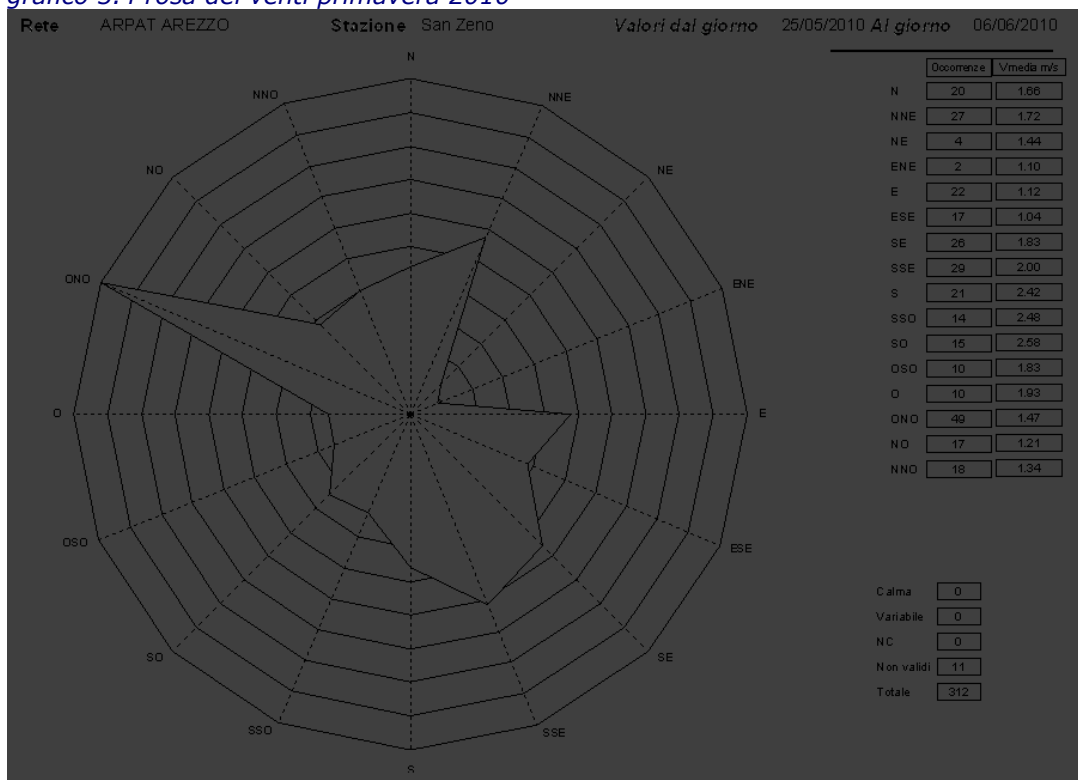


grafico 3.5 rosa dei venti estate 2010

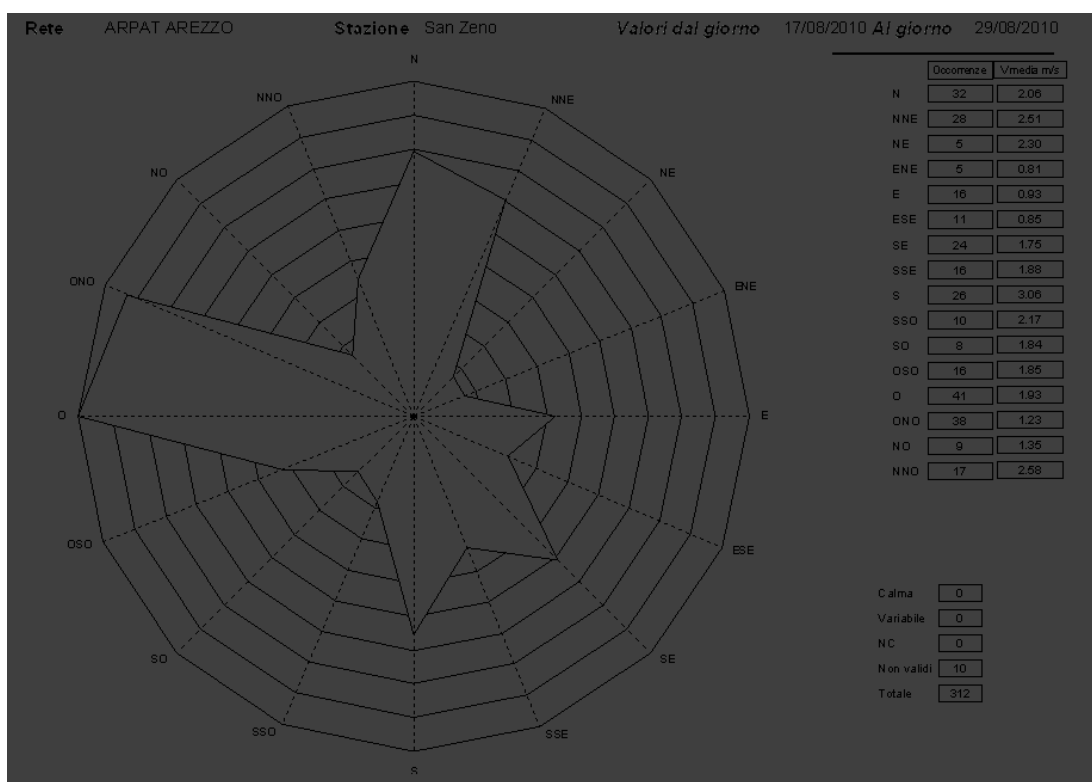


grafico 3.6 rosa dei venti autunno 2010

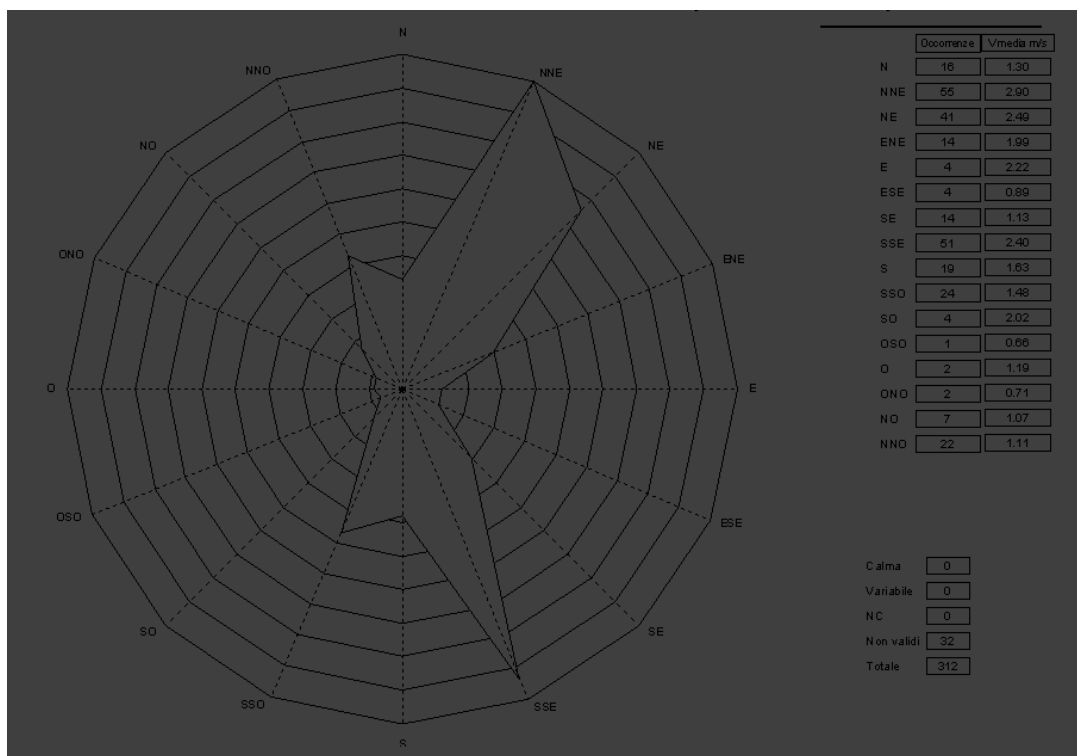
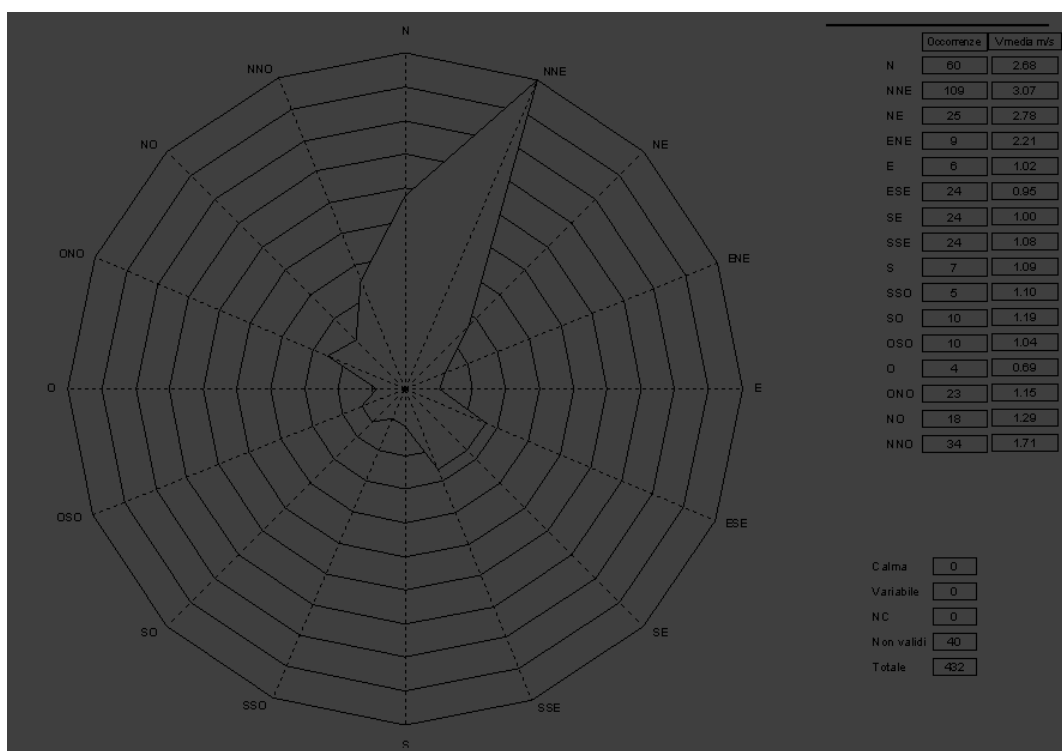


grafico 3.7 rosa dei venti inverno 2011



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.

MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)

E' un gas incolore ed inodore che si forma dai processi di combustione in carenza di ossigeno, situazione che si verifica in vario grado nei motori degli autoveicoli soprattutto a bassi regimi ed in decelerazione, negli impianti di riscaldamento e negli impianti industriali. Un'altra fonte estremamente significativa è rappresentata dal fumo di sigaretta.

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.

OZONO (O₃)

E' un gas fortemente ossidante che si forma nella bassa atmosfera per reazioni fotochimiche attivate dalla luce solare, che danno origine allo smog fotochimico. La formazione di elevate concentrazioni di ozono è un fenomeno prettamente estivo, legato alla potenzialità della radiazione solare, alle alte temperature e alla presenza di sostanze chimiche (idrocarburi e biossido di azoto) dette precursori, che attivano e alimentano le reazioni fotochimiche producendo ozono, radicali liberi, perossidi ed altre sostanze organiche fortemente ossidanti. Il problema dell'ozono ha la sua origine nell'ambiente urbano.

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.

Allegato 5. Limiti normativi

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

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 all4. OSSIDI DI AZOTO – normativa e limiti (D.Lgs. 155/2010)

NO₂.NO_x	Periodo di Mediazione	Valore limite	Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto
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.	1.01.2010
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m ³ NO ₂	1.01.2010
Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	Anno civile	30 µg/m ³ NO _x	1.01.2010
Soglia di allarme	Anno civile Superamento di 3 ore consecutive	400 µg/m ³ NO ₂	1.01.2010

Tabella 2 all4. MONOSSIDO DI CARBONIO – normativa e limiti (D.Lgs. 155/2010)

CO	Periodo di mediazione	Valore limite	Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto
Valore limite orario per la protezione della salute umana.	Media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m ³	1.01.2005

Tabella 3 all. 4 OZONO – normativa e limiti (D.Lgs. 155/2010)

O ₃	Periodo di mediazione	Valori di riferimento
Soglia di informazione.	Media massima oraria	180 µg/m ³
Soglia di allarme.	Media massima oraria.	240 µg/m ³
Valore bersaglio per la protezione della salute umana.	Media su 8 ore massima giornaliera.	120 µg/m ³ da non superare più di 25 giorni per anno civile come media su tre anni
Valore bersaglio per la protezione della vegetazione	AOT40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18.000 µg/m ³ come media su 5 anni
Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana.	Media su 8 ore massima giornaliera.	120 µg/m ³
Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione.	AOT40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	6.000 µg/m ³
Beni materiali	Media Annuale	40 µg/m ³

Tabella 4.4 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

Allegato 6. Livello di Attendibilità dei dati forniti

I controlli di attendibilità dei dati forniti dagli analizzatori installati nell'autolaboratorio, come del resto quelli appartenenti alla rete di Arezzo, sono effettuati mediante test statistici i quali permettono di calcolare il grado di dispersione relativo ai valori stimati per la pendenza e l'intercetta della retta di calibrazione ottenuta nel corso di verifiche di zero e span strumentale (campione a concentrazione nota). Il test confronta i valori dei coefficienti della curva di calibrazione ottenuti nella prova con i relativi limiti di accettabilità prefissati, esprimendo un giudizio di valore. Qualora il test non sia superato, sono attivati i controlli previsti da appropriate procedure finalizzate al ripristino dell'ottimale funzionalità strumentale. Queste verifiche sono effettuate per i parametri del monossido di carbonio e di azoto mediante standard secondari verificati dal Centro Regionale Tutela Qualità dell'Aria di ARPAT.

La pendenza della curva di taratura rappresenta l'inclinazione della retta stessa (relazione tra segnale e concentrazione) mentre l'intercetta esprime il valore letto dallo strumento in assenza di inquinante (concentrazione nulla).

La tabella di sottostante, riporta i valori di riferimento per l'intercetta e la pendenza nell'ambito del controllo di attendibilità del dato per gli analizzatori di monossido di carbonio e di azoto.

Tabella 1 All. 3 valori di riferimento per l'intercetta e la pendenza nell'ambito del controllo di attendibilità del dato per gli analizzatori di monossido di carbonio e di azoto.

Verifica dell'efficienza del convertitore* (GPT) > 96 %.		
Inquinante	Pendenza	Intercetta
CO	1+/- 0,1	0 +/- 0,1
NO	1+/- 0,1	0 +/- 5
NO ₂	Verifica dell'efficienza del convertitore* (GPT) > 96 %.	
(*) L'efficienza del convertitore (GPT) è stata considerata sufficiente per valori > 96 %.		