

ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

Unità Operativa Prevenzione e Controlli Ambientali integrati

RAPPORTO ANNUALE SULLA QUALITÀ DELL'ARIA

Comune di Livorno
Anno 2006

Marzo 2007

ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

INDICE

PREMESSA	4
1. MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	5
1.1 Valutazione della qualità dell'aria rispetto alla normativa vigente.	5
1.2 Stazioni fisse di rilevamento della qualità dell'aria	8
1.2.1 Caratteristiche delle stazioni della rete pubblica	10
1.2.2 Caratteristiche delle stazioni della rete privata	10
1.2.3 Inquinanti monitorati.....	10
1.3 Progetto di modifica ed ampliamento della rete provinciale	11
1.4 Campagne di rilevamento con il mezzo mobile	13
2. DATI RACCOLTI – confronto standard qualità aria	13
2.1 Rendimenti degli analizzatori delle postazioni fisse della rete pubblica.....	13
2.2 Dati rilevati e confronto con i limiti della normativa	15
2.2.1 PM ₁₀	15
2.2.2 PM _{2,5}	17
2.2.3 PTS	18
2.2.4 SO ₂	18
2.2.5 CO.....	20
2.2.6 NO ₂	22
2.2.8 O ₃	28
2.2.9 Benzene	30
2.3 Casi di particolare rilevanza	32
2.3.1 Superamenti delle soglie di allarme (ai sensi del DM 2/4/2002 e della Direttiva 2002/3/CE) – Episodi acuti	32
3. AZIONI DI RISANAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA AMBIENTE NELLE AREE URBANE MESSE IN ATTO DAL COMUNE DI LIVORNO	33
4. ANDAMENTO DELLE CONCENTRAZIONI DEGLI INQUINANTI NEL PERIODO 2002-2006	35
4.1 PM ₁₀	36
4.2 PM _{2,5}	37
4.3 SO ₂	38
4.4 NO ₂	39
4.5 NO _x	40
4.6 CO	41
4.7 O ₃	42
4.8 Benzene.....	43
5. APPROFONDIMENTI PER STAZIONE ED INQUINANTE	44
5.0 Descrizione delle elaborazioni utilizzate	44
5.1 Piazza Cappelletto	46
5.1.1 NO ₂	46
5.1.2 SO ₂	52
5.1.3 Ozono	54
5.2 Viale Carducci	56
5.2.1 CO.....	56
5.2.2 NO ₂	57
5.2.3 NO _x	58
5.2.4 PM _{2,5}	59

ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

5.2.5 PM ₁₀	60
5.2.6 SO ₂	62
5.3 Gabbro	69
5.3.1 Ozono	69
5.4 Via Gobetti	70
5.4.1 Benzene	70
5.4.2 CO	71
5.4.3 NO ₂	71
5.4.3 NO ₂	72
5.4.4 NO _x	74
5.4.5 PM ₁₀	76
5.5 Villa Maurogordato	78
5.5.1 Benzene	78
5.5.2 CO	79
5.5.3 NO ₂	80
5.5.4 NO _x	81
5.5.5 Ozono	82
5.5.6 PM ₁₀	83
5.6 Piazza Mazzini	85
5.6.1 Benzene	85
5.6.2 CO	87
5.6.3 NO ₂	89
5.6.4 NO _x	91
6. ULTERIORI PARTICOLARI APPROFONDIMENTI	93
6.1 Confronto tra gli andamenti di Ozono al Gabbro, a Villa Maurogordato e P.za Cappelletto	93
6.2 Migrazioni di inquinanti dalla terraferma al mare e viceversa	95
6.3 Analisi degli aumenti improvvisi della concentrazione di SO ₂ rilevati	96
6.4 Analisi dei flussi di traffico in Viale Carducci (anni 2005 e 2006)	98
7. CONDIZIONI METEOROLOGICHE	107
INDICE DELLE TABELLE	112

PREMESSA

Presso il Dipartimento Provinciale ARPAT di Livorno è stato costituito un Gruppo di Lavoro per la redazione del “Rapporto annuale sulla qualità dell’aria del Comune di Livorno” come per gli anni precedenti anche per l’anno 2006. Il Gruppo, coordinato dal Dott. Guido Spinelli, Responsabile dell’Unità Operativa Prevenzione e Controlli Ambientali Integrati di questo Dipartimento, è composto dai seguenti funzionari e tecnici:

Ing. Francesca Andreis,
Dott. Massimo Lazzari,
T.L.B. Stefano Fortunato.

La stesura del Rapporto è basata principalmente sui dati provenienti dalle reti di monitoraggio presenti nel territorio Livornese. Esso tuttavia fornisce indicazioni complessive che non si limitano alla semplice esposizione dei dati rilevati.

Il lavoro è strutturato in otto capitoli. Nel capitolo 1 sono descritte le caratteristiche delle reti di monitoraggio presenti a Livorno mentre il secondo capitolo è dedicato alla presentazione dei risultati in relazione a limiti, parametri e indicatori definiti dalle norme di riferimento; le elaborazioni, in forma tabellare e grafica, sono corredate da considerazioni finalizzate alla comprensione delle relazioni tra pressioni e stato. Si è poi ritenuto utile inserire nel capitolo 3 il dettaglio degli incentivi resi disponibili dal Comune di Livorno per la conversione del parco veicolare e procedere quindi alla redazione di una sezione (Cap. 4, 5 e 6) dedicata all’analisi dei trend dei principali indicatori di qualità, analisi che può consentire valutazioni più complete circa l’adeguatezza delle risposte tramite le quali si intendono risolvere i problemi emersi in termini di impatti e di stato di qualità dell’ambiente, così come richiesto dall’approccio DPSIR. Nel settimo capitolo vengono illustrate le condizioni meteorologiche di riferimento dell’anno 2006 e nell’ultimo capitolo, infine, sono presentate le valutazioni e le indicazioni complessive sullo stato e sulle possibili risposte inquadrare in una logica di efficace gestione delle problematiche legate alla qualità dell’aria.

Ci si augura che il lavoro risponda in maniera adeguata alla necessità di avere una conoscenza di buon livello delle problematiche legate alla qualità dell’aria; va poi evidenziato, a nostro parere, che il documento non eccede in complessi tecnicismi, se non dove strettamente indispensabile, e si presenta quindi di agevole lettura, con ciò offrendo la possibilità di una sua divulgazione anche tra utenti non esperti.

Livorno, 28 febbraio 2007

Fabrizio Righini, Responsabile del Dipartimento Provinciale ARPAT

1. MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

1.1 Valutazione della qualità dell'aria rispetto alla normativa vigente.

La valutazione viene condotta monitorando le concentrazioni dei diversi inquinanti attraverso le rete di rilevamento, elaborando i dati ottenuti e calcolando, per ciascun inquinante, gli indicatori prefissati; i risultati vengono poi confrontati con i limiti di riferimento stabiliti dalla normativa europea e recepiti con il D.M. 60/02 (per l'ozono i limiti sono stabiliti dalla Direttiva 2002/3/CE, attualmente recepita dal D.Lgs. 183/04). E' importante sottolineare che tali limiti, oltre ad essere differenti per i vari inquinanti, sono stati fissati nell'ottica della protezione da tre diverse tipologie di danno: alla salute umana, agli ecosistemi ed alla vegetazione; non tutti gli inquinanti, naturalmente, concorrono alle tre tipologie di danno citate. Le norme in vigore prevedono inoltre una progressiva riduzione dei limiti di concentrazione nel tempo, come si può notare nella tabella seguente.

Tab. 1 Previsioni normative sui limiti di concentrazione degli inquinanti.

<i>Protezione della salute umana</i>	
Biossido di zolfo	1 gennaio 2005
Biossido di azoto	1 gennaio 2010
Polveri PM ₁₀ (2 ^a fase)	1 gennaio 2010
Benzene	1 gennaio 2010
Monossido di carbonio	1 gennaio 2005
Ozono	1 gennaio 2010
<i>Protezione degli ecosistemi</i>	
Biossido di zolfo	19 luglio 2001
<i>Protezione della vegetazione</i>	
Ossidi di azoto totali	19 luglio 2001
Ozono	1 gennaio 2010

In aggiunta alla progressiva riduzione dei limiti, la normativa europea prevede che per ciascun inquinante, con l'eccezione dell'ozono, i valori limite possano variare all'interno di specifici margini di tolleranza, anch'essi differenti tra loro, che vanno a ridursi progressivamente secondo i passaggi temporali fissati nella tabella 1 fino al conseguimento del pieno rispetto della norma. Va rilevato che la definizione dei margini di tolleranza è legata esclusivamente a questioni operative, quasi ad "incanalare" in modo sempre più costrittivo i trend di concentrazione verso il limite fissato dalla norma; il legame tra limite di concentrazione e tutela sanitaria o ambientale è quindi espresso unicamente dai valori fissati per le scadenze indicate.

La progressiva riduzione dei margini di tolleranza, peraltro, riflette la riduzione attesa e generalizzata dei livelli di inquinamento come risultante della risposta normativa basata sull'emanazione di provvedimenti di vasta scala, principalmente in recepimento di Direttive europee come nel caso degli atti normativi riguardanti il miglioramento della qualità dei combustibili e dei carburanti, la riduzione dei limiti di emissione per l'omologazione di veicoli a motore e il contenimento delle emissioni industriali.

ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

Nella presente relazione si è scelto di confrontare le concentrazioni rilevate (o, meglio, i parametri calcolati a seguito dell'elaborazione dei dati provenienti dalle reti di monitoraggio) con i limiti di legge propri del periodo, senza riguardo ai margini di tolleranza. Ciò consente di individuare e distinguere, con maggiore immediatezza, le sostanze per le quali, anche in prospettiva, si rende necessaria l'adozione di adeguate politiche di risposta, sia in termini preventivi che di risanamento, da quelle le cui concentrazioni sono state rilevate, in tutto o in parte, entro i limiti già entrati in vigore dal 2005 o che saranno pienamente vigenti a partire dall'anno 2010. Unica eccezione a quanto sopra scritto riguarda i limiti previsti dalla normativa per le PM₁₀. Per questo inquinante il valore limite calcolato per la seconda fase (rif. 2010), iniziata a partire dalla fine del 2005, è pari a 20 µg/m³. Il margine di tolleranza è paria al 50 % al 1° gennaio 2005 con riduzione ogni 12 mesi successivi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% il 1° gennaio 2010. Per il momento però si continua a riportare il valore di 40 µg/m³ (limite finale della fase 1) in quanto il D.M. 60/2002 stabilisce che i valori limite della fase 2 dovranno essere rivisti alla luce delle ulteriori informazioni relative agli effetti sulla salute e sull'ambiente, alla fattibilità tecnica e all'esperienza acquisita nell'applicazione dei valori limite della fase 1 negli Stati membri e tale rivisitazione non è ancora stata fatta. Analogamente quanto detto per il limite della concentrazione media annuale di PM₁₀ vale per il numero di superamenti (per questo inquinante il valore limite del numero dei superamenti calcolato per la seconda fase (rif. 2010) è pari 7 ma, per il momento si continua a considerare valido il valore di 35 superamenti in attesa delle valutazioni ministeriali di merito).

I valori limite di concentrazione in atmosfera fissati dalla normativa vigente per ciascuno degli inquinanti monitorati sono riportati nelle tabelle che seguono.

Tab. 2 – Valori limite per PM₁₀.

<i>Protezione della salute umana</i>	
<i>Parametro</i>	<i>Val. lim. (µg/m³)</i>
Concentrazione media giornaliera (in vigore dal 2005), non più di 35 superamenti/anno	50
Concentrazione media annuale (in vigore dal 2005)	40

Tab. 3 – Valori limite per PM_{2,5}.

<i>Valori limite indicativi (*)</i>	
<i>Parametro</i>	<i>Val. lim. (µg/m³)</i>
Concentrazione media annuale	25 (Europa) 15 (Stati Uniti)

(*) Per questo parametro non sono stabiliti dalla normativa italiana valori limite di riferimento. I valori riportati in tabella sono stati ripresi da: 1- una Direttiva del Parlamento Europeo (ancora in fase di approvazione) in cui è indicato come limite per la media annuale, da raggiungere entro il 2015, 25 µg/m³; 2- Agenzia per la Protezione ambientale degli Stati Uniti (US-EPA) che ha indicato il valore della media annuale di 15 µg/m³.

Tab. 4 – Valori limite per PTS.

<i>Valori limite indicativi (*)</i>	
<i>Parametro</i>	<i>Val. lim. (µg/m³)</i>
Concentrazione media annuale	150
95° percentile	300

(*) Per questo parametro non sono stabiliti valori limite a livello europeo e vengono presi come riferimento i limiti massimi di accettabilità previsti dalla tabella A del DPCM del 28 marzo 1983, anche se abrogato.

ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

Tab. 5 – Valori limite per SO₂.

<i>Protezione della salute umana (in vigore dal 2005)</i>	
<i>Parametro</i>	<i>Val. lim. (mg/m³)</i>
Concentrazione media oraria (non più di 24 superamenti/anno)	350
Concentrazione media giornaliera (non più di 3 superamenti/anno)	125
<i>Protezione degli ecosistemi (in vigore dal 2001)</i>	
<i>Parametro</i>	<i>Val. lim. (mg/m³)</i>
Concentrazione media annuale e media invernale (1/10-31/3)	20

Tab. 6 – Valori limite per CO.

<i>Protezione della salute umana (in vigore dal 2005)</i>	
<i>Parametro</i>	<i>Val. lim. (mg/m³)</i>
Concentrazione media mobile nell'arco delle 8 ore	10

Tab. 7 – Valori limite per NO₂.

<i>Protezione della salute umana (in vigore al 2010)</i>	
<i>Parametro</i>	<i>Val. lim. (mg/m³)</i>
Concentrazione media oraria (2010), non più di 18 superamenti/anno	200
Concentrazione media annuale (2010)	40

Tab. 8 – Valori limite per NO_x.

<i>Protezione della vegetazione (in vigore dal 2001)</i>	
<i>Parametro</i>	<i>Val. lim. (mg/m³)</i>
Concentrazione media annuale (NO _x)	30

Tab. 9 – Valori limite per O₃.

<i>Protezione della salute umana (valori bersaglio D.Lgs. 183/2004)</i>	
<i>Parametro</i>	<i>Val. lim. (mg/m³)</i>
Media mobile nell'arco delle 8 ore (in vigore al 2010), non più di 25 superamenti/anno come media su tre anni	120
<i>Protezione della vegetazione (valori bersaglio D.Lgs. 183/2004)</i>	
<i>Parametro</i>	<i>Val. lim. (mg/m³)</i>
AOT40 (2010), valore orario come media su 5 anni (in vigore al 2010)	18.000

E' da notare che, nel caso dell'ozono, il D.Lgs. 183/04 fissa i limiti definendoli come "valori bersaglio", ossia concentrazioni stabilite per evitare a lungo termine effetti nocivi sulla salute umana e sull'ambiente nel suo complesso, da ottenere entro un dato periodo di tempo (in questo caso, entro l'anno 2010). Per AOT40 (Accumulated exposure Over a Threshold of 40 ppb) si intende invece la somma della differenza tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ (= 40 parti per miliardo, ppb) e 80 µg/m³ in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori rilevati ogni giorno

ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

tra le 8 e le 20 (il periodo di tempo preso a riferimento dal citato decreto va dall'1 maggio al 31 luglio di ogni anno); espresso in questi termini, anche tale parametro si presenta come un indicatore di dose assorbita.

Tab. 10 – Valori limite per benzene.

<i>Protezione della salute umana</i>	
<i>Parametro</i>	<i>Val. lim. (mg/m³)</i>
Concentrazione media annuale (in vigore al 2010)	5

1.2 Stazioni fisse di rilevamento della qualità dell'aria

La qualità dell'aria nel Comune di Livorno viene controllata attraverso un sistema di monitoraggio costituito da due reti, una pubblica ed una privata. Entrambe sono costituite da centraline (stazioni) che rilevano le concentrazioni di sostanze inquinanti ed in alcuni casi anche i parametri meteorologici.

La gestione operativa della rete pubblica e la raccolta, la validazione, l'elaborazione e la restituzione dei dati sono affidate al Centro Operativo Provinciale (COP), gestito da ARPAT.

La rete privata ARIAL (Associazione per il Rilevamento di Inquinanti Atmosferici della zona di Livorno), gestita da alcune aziende ubicate nei comuni di Livorno e Collesalveti, conta centraline nell'area urbana e nelle aree considerate a maggior rischio di ricaduta dei principali inquinanti atmosferici di origine industriale.

Le due reti consentono dunque di monitorare, attraverso inquinanti specifici, le diverse sorgenti di emissione del territorio livornese, comprese quelle legate ai principali insediamenti industriali (centrale termoelettrica ENEL, raffineria ENI, depositi di gas ed idrocarburi) e al trasporto marittimo che, con il traffico veicolare, forniscono contributi non trascurabili ai fenomeni di inquinamento atmosferico

Nell'area di Livorno le due reti, tra loro integrate, contano complessivamente 15 stazioni fisse (14 nel comune di Livorno ed una nel comune di Collesalveti), una postazione mobile di rilevamento degli inquinanti. Nella tabella che segue è riportata la classificazione per le stazioni del comune di Livorno secondo quanto indicato dalla Decisione Europea 2001/752/CE per cui le stazioni della rete pubblica sono classificate in termini di localizzazione e tipologia di destinazione urbana.

Tab. 11 – Stazioni di monitoraggio fisse della rete provinciale nella zona di Livorno.

Stazione	Circ.	Rete	Tipo di zona	Tipo di stazione	
			Decisione 2001/752/CE	DM 20/5/91	Decisione 2001/752/CE
Villa Maurogordato	5	PUBBLICA.	periferica	D	fondo
Via Gobetti	1	PUBBLICA	urbana	B	industriale
Piazza Cappelletto	5	PUBBLICA	urbana	B	fondo
Piazza Mazzini	3	PUBBLICA	urbana	C	traffico
Viale Carducci	4	PUBBLICA	urbana	C	traffico
La Palazzina ^(*) (fraz. Gabbro)	5	PUBBLICA	rurale	D	fondo
La Rotonda Ardenza	5	PUBBLICA	periferica	D	meteo
Via La Pira	1	PRIVATA	urbana	B	industriale
Via Da Vinci	1	PRIVATA	urbana	B	industriale
Piazza XI Maggio	1	PRIVATA	urbana	C	traffico
Via Rossi	2	PRIVATA	urbana	C	traffico
Via Cattaneo	5	PRIVATA	urbana	C	traffico
Via Marx (Collesalveti)	1	PRIVATA	urbana	B	industriale
Via De Sanctis	4	PRIVATA	urbana	B	meteo
Labromare	1	PRIVATA	urbana	B	meteo

(*) di proprietà del Comune di Livorno.

ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

Le stazioni fisse di monitoraggio nei comuni di Livorno e Collesalveti sono localizzate come rappresentato nella cartina riportata di seguito. Nei paragrafi 1.2.1 e 1.2.2 vengono poi indicate le principali caratteristiche delle stazioni afferenti alle due reti di rilevamento.

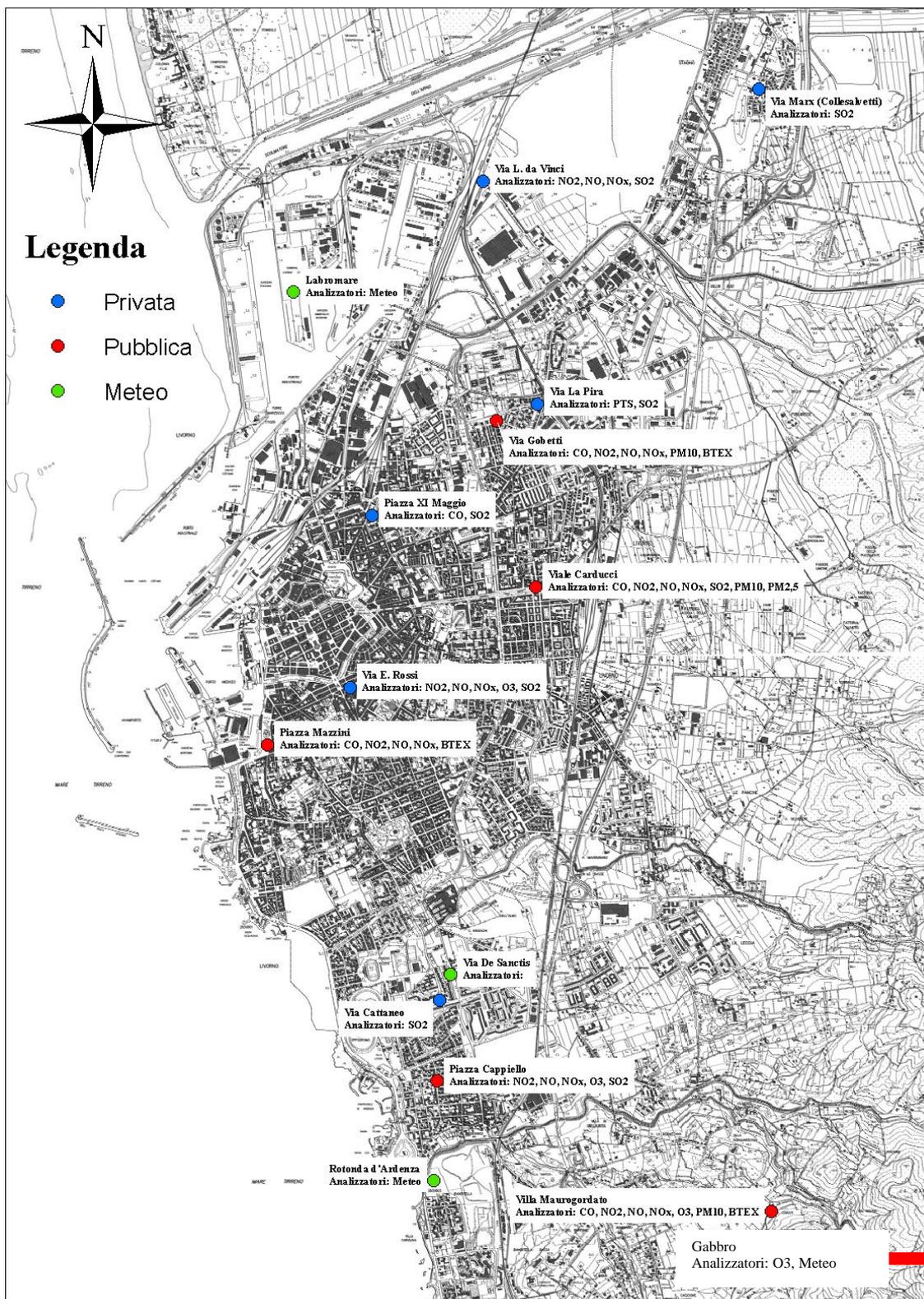


Fig. 1 – Ubicazione delle centraline di monitoraggio

1.2.1 Caratteristiche delle stazioni della rete pubblica

Viale Carducci	Urbana/Traffico	E' situata in una zona in cui sono presenti strade ad intenso traffico veicolare, nelle vicinanze della stazione centrale FF.SS. di Livorno.
Via Gobetti	Urbana/Industriale	E' ubicata in una zona abitativa non particolarmente interessata da alto traffico veicolare, a circa 2 km a sud-ovest della zona industriale.
Piazza Mazzini	Urbana/Traffico	Si trova in zona abitativa ed in prossimità del Cantiere Navale ed è inoltre interessata da strade ad intensità medio-alta di traffico veicolare.
Piazza Cappiello	Urbana/Fondo	Si trova nella zona sud di Livorno ed è inserita in un contesto di tipo prevalentemente residenziale, in cui l'intensità di traffico veicolare è costantemente medio-bassa.
Villa Maurogordato	Periferica/Fondo	E' all'estremo sud dell'area urbana di Livorno, in un parco relativamente lontano da emissioni antropiche dirette.
La Palazzina (fraz. Gabbro)	Rurale/Fondo	E' ubicata in una zona collinare, a circa 8 Km a sud di Livorno, lontana da emissioni in atmosfera dovute ad attività antropiche.
La Rotonda Ardenza	Periferica/Meteo	Si trova nella zona sud di Livorno

1.2.2 Caratteristiche delle stazioni della rete privata

Via La Pira	Urbana/Industriale	Si trova in una zona residenziale ad intensità di traffico veicolare medio-bassa, a circa 2 km a sud-ovest dalla zona industriale di Livorno.
Via Da Vinci	Urbana/Industriale	E' situata presso lo scalo merci ferroviario di Livorno Calabrone, in un punto interessato dalla ricaduta delle emissioni dalla raffineria ENI quando i venti provengono dal quadrante NE.
Piazza XI Maggio	Urbana/Traffico	E' ubicata in una zona abitativa caratterizzata dalla presenza di strade a medio-alta intensità di traffico veicolare, in prossimità della centrale termoelettrica ENEL.
Via Ernesto Rossi	Urbana/Traffico	E' localizzata in centro città, in una zona ad alta densità abitativa caratterizzata tuttavia da traffico veicolare ad intensità ridotta e ad accesso regolamentato.
Via Cattaneo	Urbana/Traffico	E' situata nella zona sud di Livorno, in una zona abitativa in cui non sono presenti strade ad elevata intensità di traffico veicolare.
Via Marx (Collesalveti)	Urbana/Industriale	Si trova nella frazione Stagno del Comune di Collesalveti, nella zona meglio conosciuta con il nome di Villaggio Emilio, a circa 500 metri dalla raffineria ENI, in una zona non direttamente interessata da alta intensità di traffico veicolare.
Via De Sanctis	Urbana/Meteo	Si trova nella zona sud di Livorno.
Labromare	Urbana/Meteo	Si trova all'interno dell'area portuale di Livorno.

1.2.3 Inquinanti monitorati

La rete pubblica è dotata di una strumentazione che oltre a rilevare e misurare gli inquinanti "tradizionali", può monitorare gli inquinanti verso i quali è cresciuto l'interesse negli ultimi anni (polveri sottili PM₁₀ e PM_{2,5}) e di quelli tipicamente associati al traffico urbano, come l'insieme di composti aromatici Benzene, Toluene, Etilbenzene e Xileni (indicati con l'acronimo BTX). La rete privata ARIAL è invece orientata al monitoraggio di SO₂, considerato il tracciante principale dell'inquinamento atmosferico di origine industriale.

ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

Tab. 12 – Inquinanti monitorati dalle stazioni fisse di rilevamento.

	Stazione	Inquinanti							
		CO	NO ₂ , NO, NO _x	O ₃	PTS	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	BTEX
Rete pubblica	Viale Carducci	X	X			X	X	X	
	Via Gobetti	X	X				X		X
	Piazza Mazzini	X	X						X
	Piazza Cappelletto		X	X		X			
	Villa Maurogordato	X	X	X			X		X
	La Palazzina (fraz. Gabbro)			X					
Rete privata	Via La Pira				X	X			
	Via Da Vinci		X			X			
	Piazza XI Maggio	X				X			
	Via Rossi		X	X		X			
	Via Cattaneo					X			
	Via Marx (Collesalveti)					X			

Le stazioni di Villa Maurogordato e di La Palazzina Gabbro sono state scelte ed inserite dal maggio 2005, nella Rete regionale virtuale per il monitoraggio in continuo dell'ozono troposferico, ai sensi del Dlgs. n.183/04, come stazioni suburbana e rurale rispettivamente; la stazione di Gabbro risulta essere attualmente l'unica centralina della rete regionale in grado di soddisfare tutti i requisiti previsti come stazione di tipo rurale.

Sempre in relazione all'ozono con la DGRT n.768 del 1 agosto 2005 la Regione Toscana ha inserito le centraline di Piazza Cappelletto, Gabbro e Villa Maurogordato nella Zona di risanamento Livornese, Pisana e del Cuoio per quanto riguarda le modalità di informazione del pubblico del superamento della soglia di informazione per l'ozono di cui al D.Lgs n.183/04.

E' infine stato approvato il progetto per la realizzazione della rete regionale virtuale per il monitoraggio in continuo delle PM₁₀; le centraline di Viale Carducci, Via Gobetti e Villa Maurogordato fanno parte di tale rete.

1.3 Progetto di modifica ed ampliamento della rete provinciale

Per l'anno 2007 e 2008 è previsto di modificare ed ampliare le tre reti (Livorno/Collesalveti, Rosignano M.mo, Piombino) che costituiscono il "Sistema Provinciale di rilevamento della qualità dell'aria". Tale progetto nasce dall'esigenza di adeguare le reti alle nuove necessità determinate, in primo luogo, dalla scelta operata dalla Regione Toscana di dotarsi di una rete "virtuale" per il monitoraggio dell'ozono, del PM₁₀, ed in un prossimo futuro di altri inquinanti, ma anche da quella di abbandonare il monitoraggio di zone ove i fenomeni sono ormai noti ed ove, di conseguenza, non ci si attendono variazioni significative, per andare, invece, ad indagare aree diverse, potenzialmente più interessanti. Per far fronte a quanto sopra si rende quindi necessario rilocalizzare alcune stazioni, spostare alcuni analizzatori, collocarne altri ex novo.

In questo contesto, per quanto riguarda specificatamente il territorio del Comune di Livorno e Collesalveti, è in fase di definizione un accordo con l'Associazione ARIAL che prevede lo smantellamento dell'attuale loro rete. Quattro delle cabine costituenti la suddetta rete, saranno cedute alla Provincia e continueranno a svolgere la loro funzione, perfettamente integrate nel sistema pubblico.

L'operazione non comporterà per la Provincia ulteriori spese. E' previsto, infatti, che il costo di manutenzione e di gestione delle suddette cabine, opportunamente ripartito, vada a determinare una canone che le Aziende pagheranno per la fornitura, da parte della Provincia, di tutti i dati misurati dell'intera rete, non appena validati.

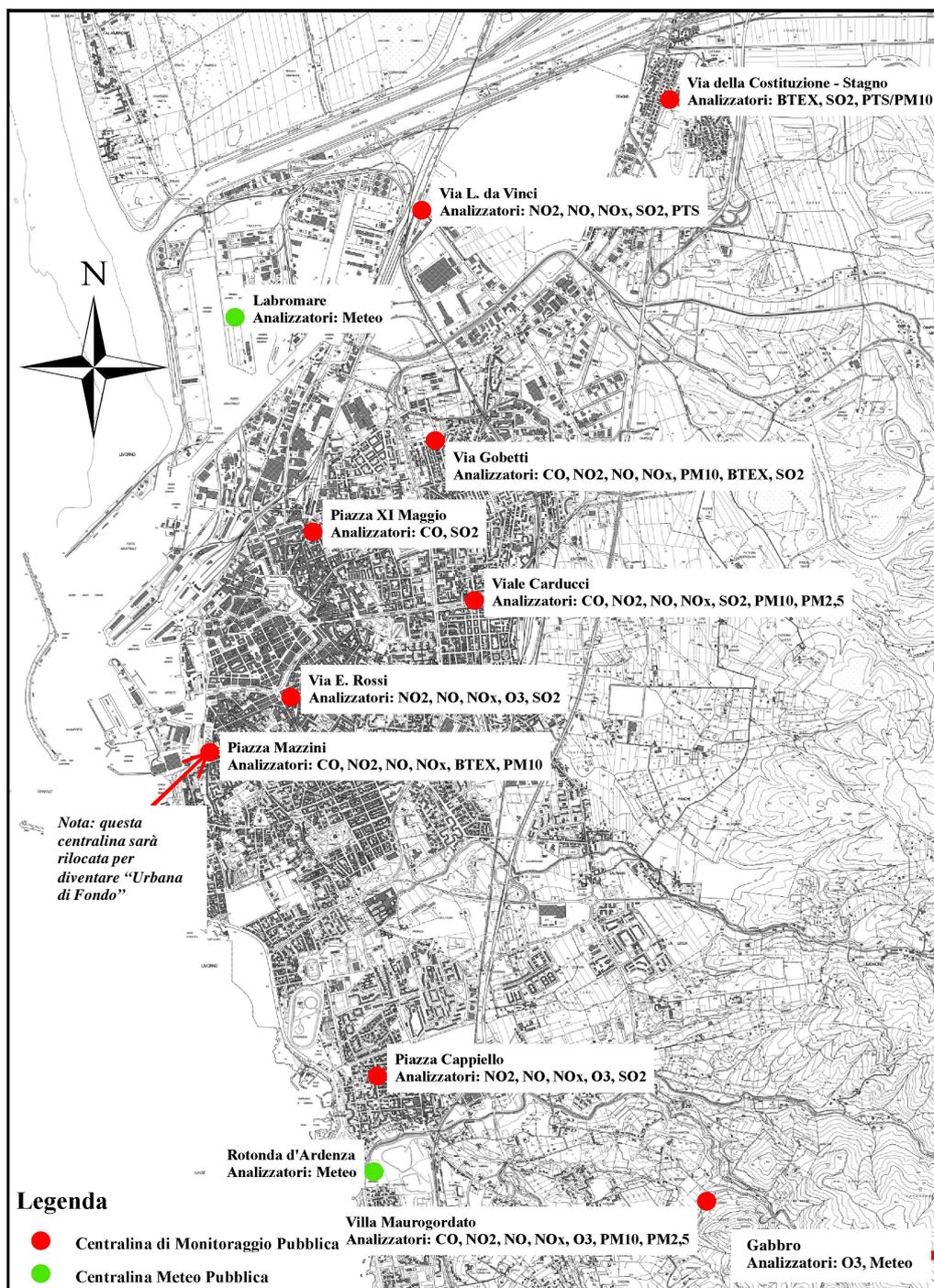
ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

Quanto sopra permetterà all'Amministrazione Provinciale di inserire, nelle suddette cabine, strumenti di sua proprietà e soprattutto consentirà di validare, tramite il Centro Operativo Provinciale (COP) gestito da ARPAT, i dati rilevati e di adottare protocolli operativi e di manutenzione già adottati dal sistema pubblico.

La configurazione della rete di rilevamento del Comune di Livorno secondo quanto previsto dal progetto suddetto è la seguente:

Comune di Livorno: Ubicazione delle centraline di monitoraggio – SITUAZIONE FUTURA



ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

1.4 Campagne di rilevamento con il mezzo mobile

Nel 2006 il mezzo mobile di ARPAT non è stato impiegato in campagne di rilevamento specifiche. Esso è però in funzione ed è posizionato all'interno del parcheggio del Dipartimento Arpat di Via Marradi; sono quindi disponibili tutti i dati relativi al PM_{10} per l'anno 2006.

2. DATI RACCOLTI – confronto standard qualità aria

2.1 Rendimenti degli analizzatori delle postazioni fisse della rete pubblica

L'Allegato X del DM 60/02 e il documento "Criteri di validazione ed elaborazione degli indicatori relativi agli inquinanti in aria ambiente", redatto dalla commissione ARIA di ARPAT, stabiliscono che per la valutazione della qualità dell'aria su base annua, per ogni stazione e per ciascun inquinante monitorato, l'insieme dei dati raccolti è significativo quando il rendimento strumentale è almeno del 90%.

Il rendimento strumentale è definito come il rapporto percentuale dei dati generati e validati rispetto al totale teorico diminuito dei dati non generati o non validati a causa di tarature, per attività di manutenzione ordinaria, per attività di check automatico giornaliero o per calibrazioni GPT. Cause di perdita di dati possono essere i guasti accidentali o le operazioni di manutenzione straordinaria.

E' importante aggiungere che strumenti diversi, particolarmente in relazione ai differenti inquinanti analizzati, non richiedono gli stessi tempi per le attività citate: a titolo di esempio, per le attività di calibrazione in condizioni ordinarie gli analizzatori di Ozono richiedono circa un'ora al giorno, mentre gli analizzatori di CO richiedono tempi molto inferiori.

Stante la difficoltà di definire questi parametri operativi per ciascuno strumento, il Sistema Informativo Regionale Ambientale (SIRA) ha ritenuto di considerare come base netta per il calcolo del rendimento strumentale il 95% dei dati teorici. Poiché su tale base è possibile che ad uno strumento sia associato un rendimento superiore al 100% (per la definizione data, ciò accade quando i dati validi sono più del 95% di quelli teorici), in questi casi, per evitare rappresentazioni che potrebbero risultare fuorvianti, il SIRA ha stabilito di assegnare un rendimento del 100%.

La tabella 13 mostra i rendimenti percentuali annuali delle stazioni di misura, per ciascun inquinante monitorato sulla base delle informazioni ufficiali fornite dal SIRA. Non è stato possibile esprimere la percentuale di dati validi sui valori rilevati per gli idrocarburi non metanici, dal momento che detti valori sono prossimi al limite di rilevabilità strumentale.

Tab. 13 – Rendimenti delle stazioni di misura relativi all'anno 2006.

	Stazione	Inquinanti									
		PM_{10}	$PM_{2,5}$	PTS	SO_2	CO	NO	NO_2	NO_x	O_3	Benzene
Rete pubblica	Viale Carducci	100	100	-	99,2	100	100	100	100	-	-
	Via Gobetti	100	-	-	-	100	98,9	98,9	98,9	-	100
	Piazza Mazzini	-	-	-	-	100	99,7	99,7	99,7	-	100
	Piazza Cappiello	-	-	-	94,7	-	96,3	96,3	96,3	96,8	-
	Villa Maurogordato	100	-	-	-	99,7	100	100	100	98,9	87,3
	La Palazzina (fraz. Gabbro)	-	-	-	-	-	-			97,1	-
Rete privata	La Pira			100	100						
	Via Da Vinci			0	87,8		0	0	0		
	Piazza XI Maggio				90,3	0					
	Via Rossi				100		100	100	100	100	
	Via Cattaneo				100						
	Via Marx (Collesalveti)				100						

ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

Come si può notare, il rendimento delle stazioni della rete pubblica è sempre superiore al 90%, eccezion fatta per il Benzene della centralina di Villa Maurogordato, mentre le stazioni della rete privata hanno avuto dei problemi per NO, NO₂ e NOx (strumento non funzionante) e SO₂ in Via Leonardo da Vinci e per lo strumento del CO in Piazza XI Maggio anch'esso fuori uso. I valori dei rendimenti di tutte le centraline sia della rete pubblica continuano ad essere sono in netto miglioramento rispetto agli anni precedenti (già nel 2004 i valori del rendimento delle centraline della rete pubblica risultavano comunque estremamente soddisfacenti). Il COP di Livorno continua a raggiungere gli ottimi risultati appena esposti grazie alla concorrenza di due fattori: il primo sta nel ruolo svolto dall'Amministrazione Provinciale, che si è fatta carico dell'onere della manutenzione della rete di rilevamento; il secondo, ma non ultimo per importanza, è stato ed è il costante e tempestivo presidio della rete garantito da ARPAT, nonostante l'impiego di un solo operatore full-time. Solo un'incessante attività di sorveglianza dell'andamento della rete può infatti consentire ai manutentori di intervenire in modo veloce e mirato, limitando così i periodi di inattività delle centraline e le conseguenti perdite di dati.

E' bene tuttavia sottolineare che, come previsto dal DM 60/02, l'elaborazione di indicatori attendibili su base annuale, nel caso di percentuale di dati validi inferiore al 90%, richiede di porre l'attenzione anche sulla distribuzione dei dati validi nel corso dell'anno; due serie annuali di dati con la stessa percentuale di dati validi hanno infatti rappresentatività diversa se lo stesso numero di dati non validi è distribuito uniformemente nell'arco dell'anno o è concentrato in un breve periodo. In particolare, lo studio della distribuzione dei dati sul periodo di osservazione annuale si basa sul calcolo della percentuale di dati elementari validi nel cosiddetto "mese mobile standard", prendendo cioè in esame i giorni dal primo al trentesimo, dal secondo al trentunesimo, dal terzo al trentaduesimo e così via. Per ogni mese mobile standard i dati validi possono essere al massimo 720, se si tratta di medie orarie, o 30 se si tratta di medie giornaliere. I valori di 0° percentile, 50° percentile e della distanza 30°-70° percentile relativi alla distribuzione dei dati validi definiscono quindi l'appartenenza delle aggregazioni annuali ai livelli di attendibilità I o II sulla base del contemporaneo verificarsi di tre condizioni proprie di ciascun livello.

Tab. 14 – Criteri di accettabilità

Indice	Condizioni per accettabilità I livello	Condizioni per Accettabilità II livello
0° percentile (<i>% del massimo teorico</i>)	> 50	> 22
50° percentile (<i>% del massimo teorico</i>)	> 85	> 22
Distanza tra 30° e 70° percentile (<i>% della mediana</i>)	< 15	< 15

Se la serie di dati ha un'attendibilità di I livello, essa è immediatamente disponibile per l'elaborazione degli indicatori (eccezion fatta per l'AOT40 dell'ozono, per il quale sono necessarie ulteriori operazioni statistiche); quando invece la serie di dati possiede attendibilità di II livello è necessario utilizzare tecniche statistiche di boot-strap (costruzione di serie random estratte dal set di dati validi) e di correzione dei valori medi ottenuti.

Applicando questi criteri nel caso dei dati raccolti dall'analizzatore del Benzene in Villa Maurogordato si evince che per essi, non risulta soddisfatto né il criterio di accettabilità di I livello né quello di II livello per cui non è possibile porre rimedio alla lacuna evidenziata.

Tab. 15 – Analisi delle stazioni della rete pubblica con rendimenti inferiori al 90%.

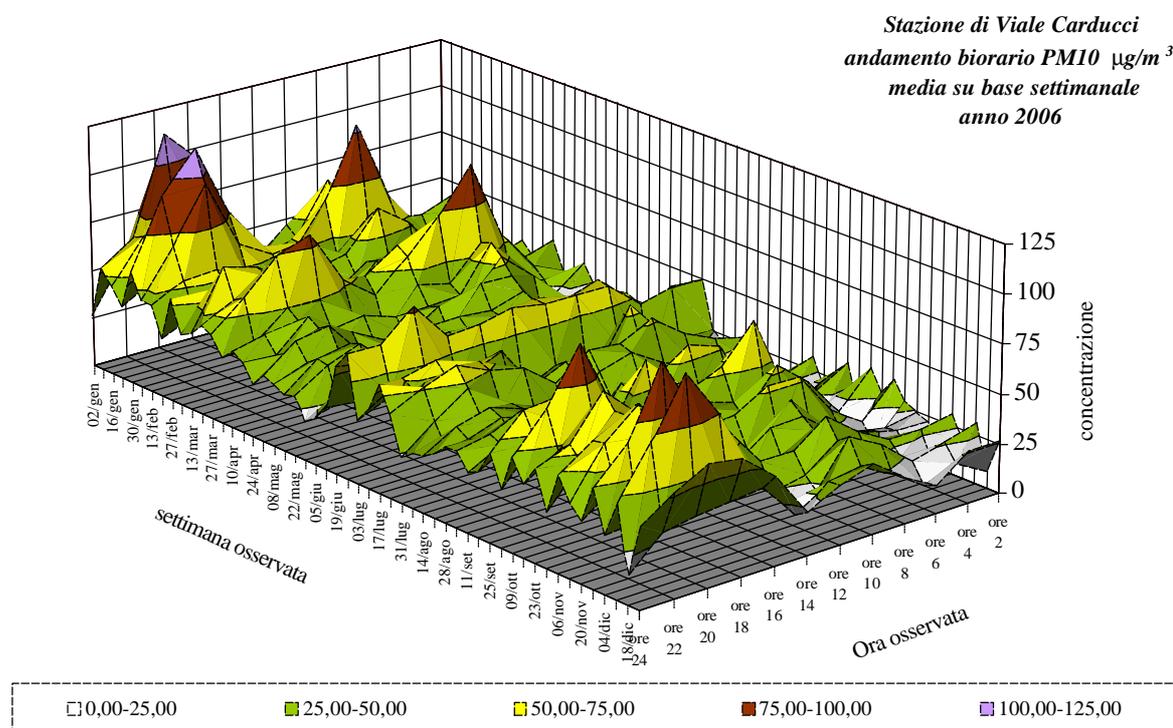
Stazione	Param.	I liv.	II liv.	Dati validi (n.)	Tot. dati (%)	Validi (%)
Villa Maurogordato	Benzene	NO	NO	7268	87,3	83,0

2.2 Dati rilevati e confronto con i limiti della normativa

2.2.1 PM₁₀

I dati provengono dalle centraline della rete pubblica di Viale Carducci, Via Gobetti e Villa Maurogordato. Dai dati si può notare un netto miglioramento dei parametri di qualità in tutte e tre le centraline. Unica nota negativa rimane il numero di superamenti registrati nella stazione di Viale Carducci che continuano ad essere superiori al limite previsto dalla normativa, anche se in netto calo (dato 2005 pari a 107). Si fa presente che la stazione di Villa Maurogordato può essere considerata indicativa del valore di fondo per la concentrazione di PM₁₀. Si riportano di seguito gli andamenti della concentrazione di PM₁₀ nell'arco dell'anno per le tre diverse centraline con alcune delle modalità grafiche descritte in precedenza.

Viale Carducci



Tab. 16 – PM₁₀: riepilogo dei dati rilevati dalle centraline.

	Limite di Rif (2005)	Viale Carducci	Via Gobetti	Villa Maurogordato
Dati validi (medie giornaliere)		362	361	359
Media annuale (µg/m ³)	40	38	30	18
Valori giornalieri > 50 µg/m ³	35	58	19	3

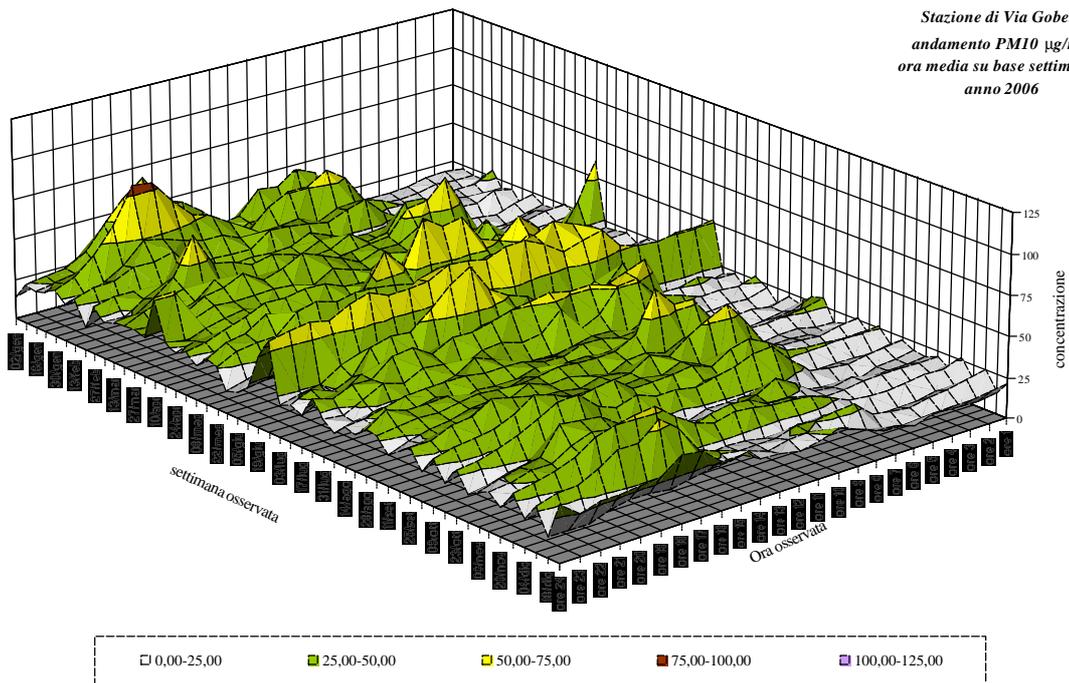
Come si può notare i valori più alti di concentrazione si sono verificati in occasione dei periodi invernali, e in corrispondenza delle fasce orarie in cui è presumibile si sia verificato un aumento del traffico veicolare (effetto antropico), per ulteriori commenti si rimanda al Capitolo 5.2.4.

ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

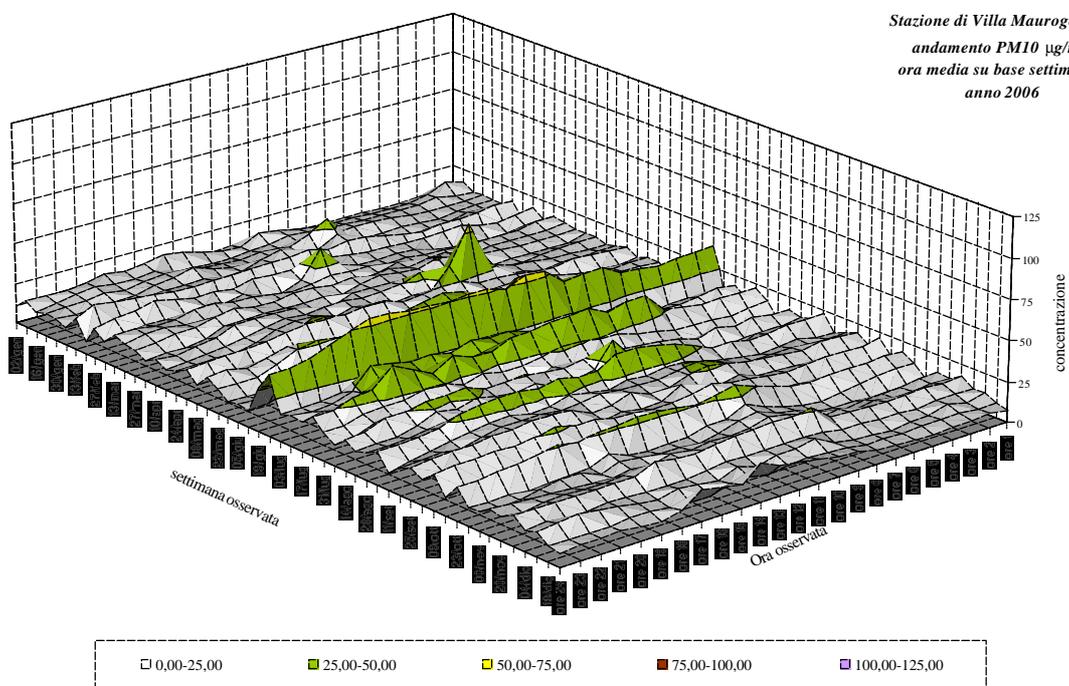
Via Gobetti

Stazione di Via Gobetti
andamento PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
ora media su base settimanale
anno 2006



Villa Maurogordato

Stazione di Villa Maurogordato
andamento PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
ora media su base settimanale
anno 2006



Per gli approfondimenti su ciascuna stazione dove si misurano le PM10 si rimanda al Capitolo 5.5.6

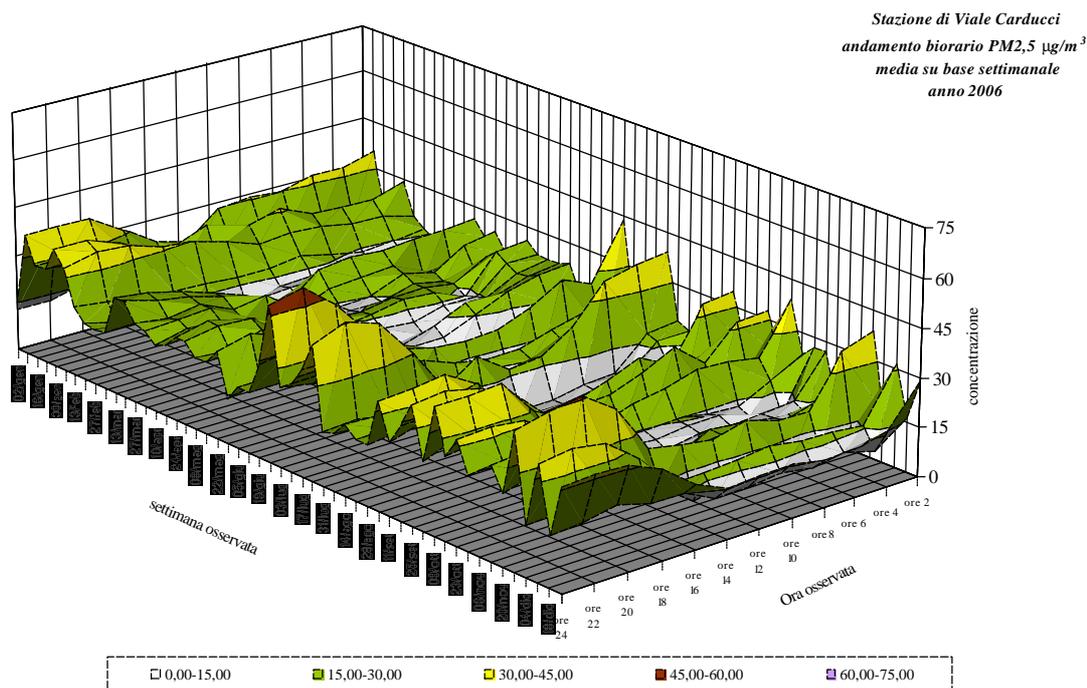
2.2.2 PM_{2,5}

L'unica centralina che rileva la concentrazione delle PM_{2,5} è quella di Viale Carducci. Per questo inquinante non sono ancora stati stabiliti valori limite di riferimento a livello europeo ma, per poter comunque esprimere un giudizio si è deciso di far riferimento al valore indicato nella Proposta di Direttiva del Parlamento Europeo SEC(2005)1133 che indica come valore limite per la media annuale il valore di 25 µg/m³. Si fa presente che nella versione relativa al 2004 di questo documento, mancando questa indicazione, si era preso come riferimento il valore della media annuale adottato dall'Agenzia per la Protezione ambientale degli Stati Uniti (US-EPA) pari a 15 µg/m³. Il valore della media annuale, in ogni caso, lascia intravedere una situazione di criticità anche se, come nel caso delle PM₁₀, il valore della media annuale è in miglioramento.

Tab. 17 – PM_{2,5}: riepilogo dei dati rilevati dalle centraline.

	Limite di Rif	Viale Carducci
Dati validi (medie giornaliere)	-	353
Media annuale (µg/m ³)	25/15	19

Viale Carducci



Per approfondimenti si rimanda al Capitolo 5.2.4.

2.2.3 PTS

L'unica stazione di rilevamento delle PTS è quella di Via La Pira, che fa parte della rete privata ARIAL. I dati non sono stati validati da ARPAT.

Tab. 18 – PTS: riepilogo dei dati rilevati dalle centraline.

	Limite di Rif	Via La Pira
Dati validi (medie giornaliere)		363
Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	150	34
95° percentile	300	59

2.2.4 SO₂

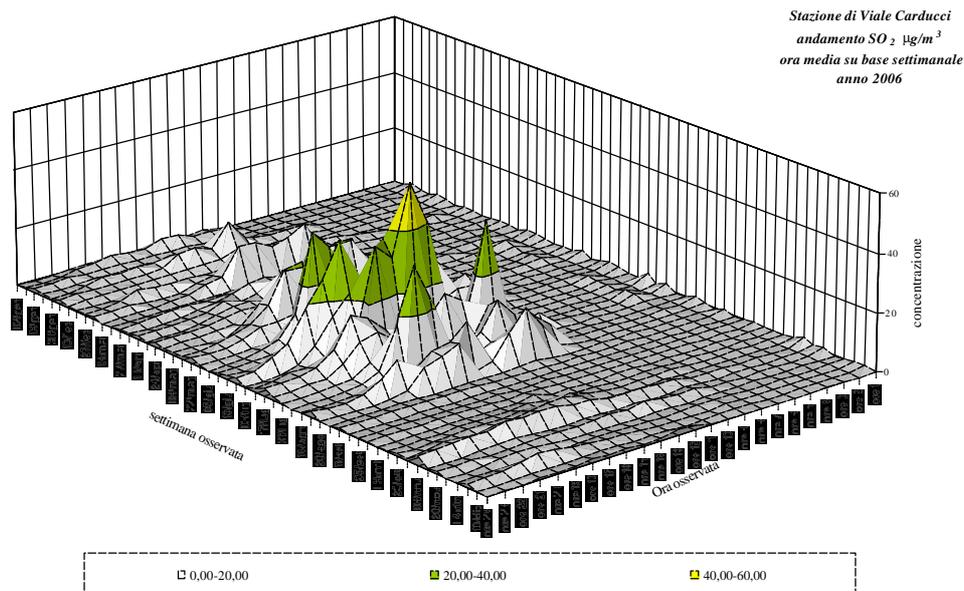
Rete pubblica

I risultati mostrano in generale una buona rispondenza ai criteri di qualità in termini di concentrazioni ma bisogna rilevare che anche nel 2006 si sono registrati dei picchi di concentrazione nella centralina di Viale Carducci. E' ragionevole supporre che tali picchi siano dovuti non già al contributo del traffico veicolare (cfr. il profilo del grafico del CO) ma ad altre sorgenti emissive di natura industriale o portuale e a fenomeni di accumulo determinati da particolari condizioni meteorologiche.

Tab. 19 – SO₂: riepilogo dei dati rilevati dalle centraline.

	Limite di Rif (2005)	Viale Carducci	Piazza Cappelletto
Dati orari validi		8254	7877
Medie orarie > 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24	0	0
Dati giornalieri validi		357	338
Medie giornaliere > 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3	0	0
Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	20	3	2
Media invernale dal 1/10/03 al 31/03/04 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	20	1	2

Viale Carducci

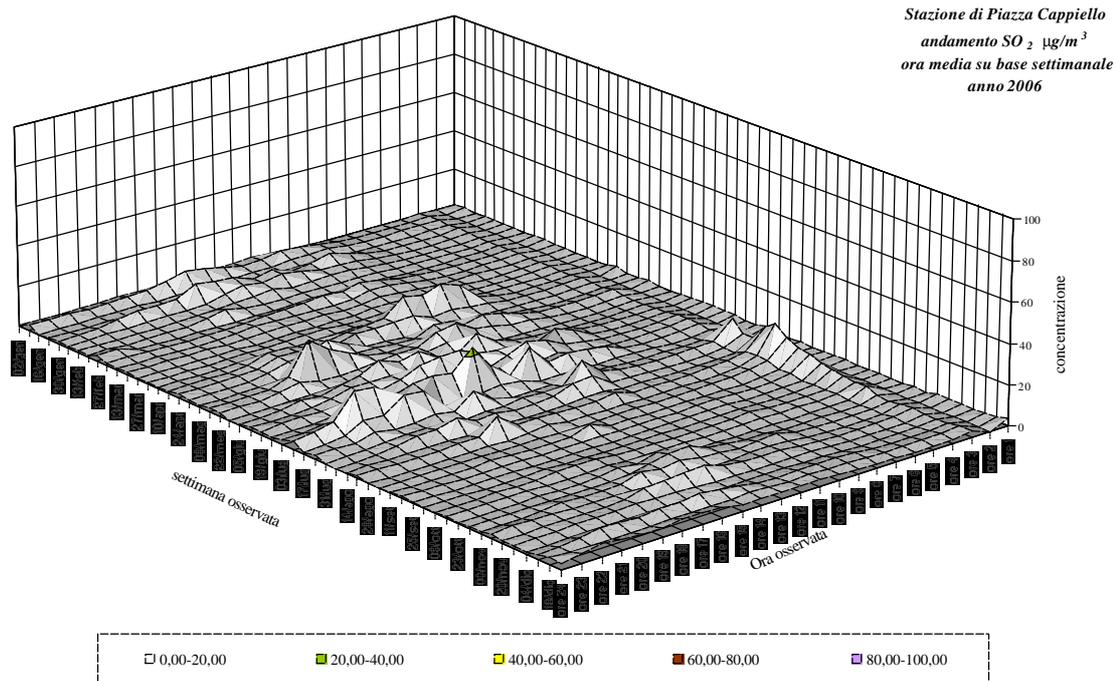


ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

I valori di massima concentrazione di SO₂ alla centralina di Viale Carducci si registrano generalmente nei mesi estivi e durante le ore centrali della giornata. Non si riscontrano quindi corrispondenze con le attività umane collegate al trasporto o alla mobilità. E' invece ipotizzabile un contributo da fonte industriale o portuale, congiunto ad alcune variabili meteorologiche tipiche dei mesi estivi (brezze dai quadranti occidentali da tarda mattinata a sera e brezze dai quadranti orientali nelle ore notturne). Alcuni approfondimenti relativi ai picchi di concentrazione di SO₂ sono riportati nel Capitolo 5.2.6.

Piazza Cappelio



Rete privata ARIAL

Si riportano di seguito i dati relativi ai dati acquisiti dalla rete privata ARIAL relativamente alla concentrazione di SO₂ facendo presente che tali dati non vengono validati da ARPAT.

Tab. 20 – SO₂: riepilogo dei dati rilevati dalle centraline della rete ARIAL.

	Limite di Rif. (2005)	Via Cattaneo	Via Marx	Via La Pira	Via Da Vinci	Piazza XI Maggio	Via Rossi
Dati orari validi		8705	8748	8355	7303	7516	8752
Medie orarie > 350 µg/m ³	24	0	0	0	0	0	0
Dati giornalieri validi		363	365	347	304	310	365
Medie giornalieri > 125 µg/m ³	3	0	0	0	0	0	0
Media annuale (µg/m ³)	20	5	4	4	12	6	3
Media invernale dal 1/10/03 al 31/03/04 (µg/m ³)	20	4	4	4	18	5	2

2.2.5 CO

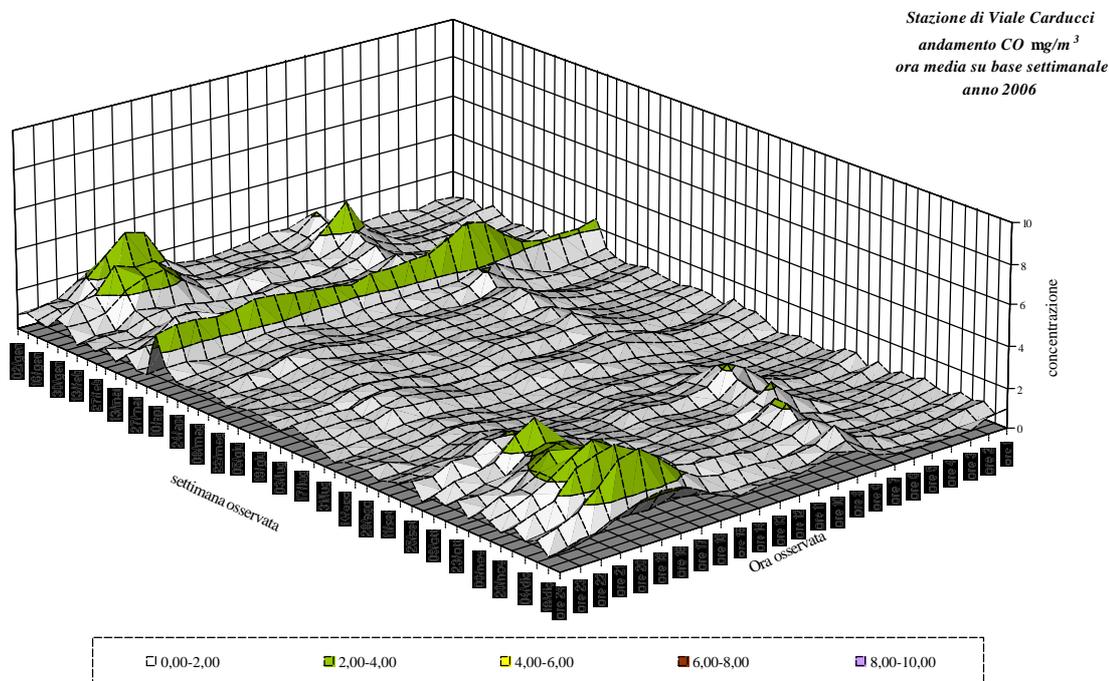
I dati provenienti dalla rete pubblica mostrano come non vi siano stati superamenti del valore limite e che la concentrazione di questo inquinante si mantiene costantemente in tutte le centraline ben al di sotto dei valori di riferimento. Anche in questo caso i risultati della stazione di Villa Maurogordato possono essere considerati rappresentativi dei valori di fondo di concentrazione di CO, quantificabile intorno a $0,2 \text{ mg/m}^3$ espresso come media mobile nelle 8 ore. Emerge, infine, che la concentrazione di CO è maggiore nelle zone urbane in cui più intenso è il traffico veicolare, essendo questo inquinante originato principalmente dai motori a combustione interna. Per quanto riguarda la stazione di Piazza Mazzini nel corso del 2006 sono state apportate delle modifiche sostanziali alla viabilità. Una valutazione sull'andamento degli ultimi 5 anni presso questa stazione è riportato nel Capitolo 5.

Tab. 21 – CO: riepilogo dei dati rilevati dalle centraline.

	Limite di Rif (2005)	Viale Carducci	Piazza Mazzini	Via Gobetti	Villa Maurogordato	Piazza XI Maggio *
Dati orari validi		8444	8517	8588	8296	-
Media annuale misurata (mg/m^3)		1,0	0,7	0,4	0,2	-
Medie mobili di 8 h > 10 (mg/m^3)	0	0	0	0	0	-
Max media mobile di 8 h (mg/m^3)	10	4,1	2,5	1,8	1,3	-

(*) Rete privata ARIAL, analizzatore non funzionante

Viale Carducci

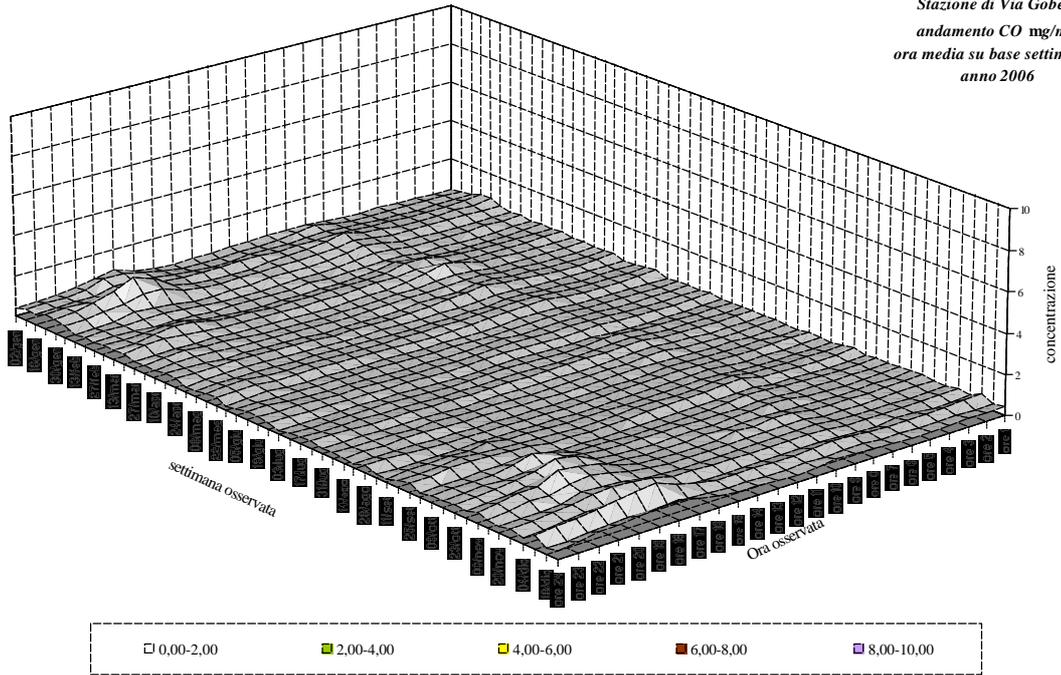


ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

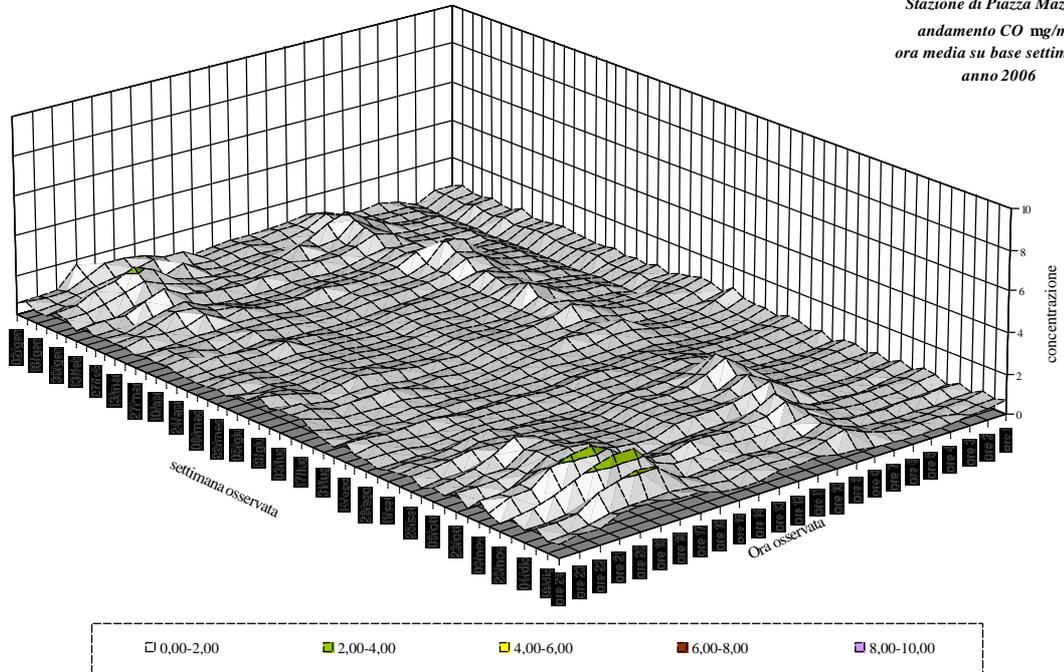
Piazza Mazzini

Stazione di Via Gobetti
andamento CO mg/m^3
ora media su base settimanale
anno 2006

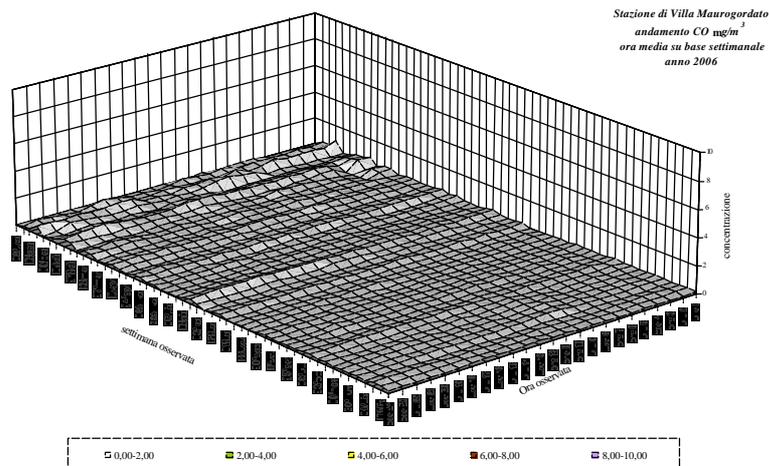


Via Gobetti

Stazione di Piazza Mazzini
andamento CO mg/m^3
ora media su base settimanale
anno 2006



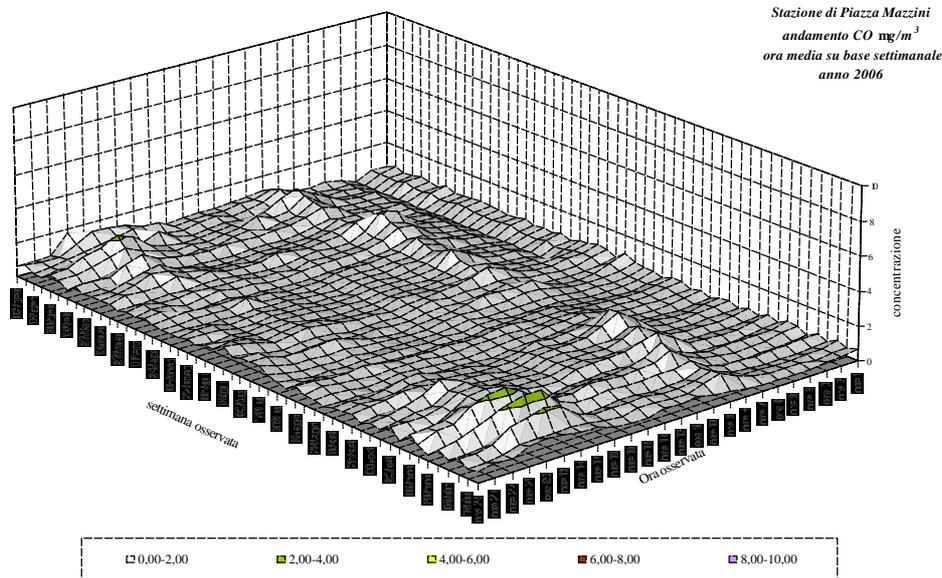
Villa Maurogordato



2.2.6 NO₂

Come per gli anni 2004 e 2005, anche nel corso del 2006 due centraline su cinque della rete pubblica (Viale Carducci e Piazza Mazzini) hanno registrato il superamento della media annuale ma si sono rilevati solo 2 superamenti (sui 18 consentiti) della soglia dei 200 µg/m³ nella stazione di viale Carducci.

Anche in questo caso le concentrazioni più alte si rilevano nelle zone urbane caratterizzate da intenso traffico veicolare (ricordiamo che il biossido d'azoto si forma principalmente per ossidazione del monossido, il quale viene originato in massima parte da processi di combustione). In merito a questo particolare aspetto si è rilevato un aumento delle concentrazioni di NO₂ normalmente rilevate in Piazza Mazzini. Un approfondimento in merito è riportato nel Capitolo 5.5.3.



Tab. 22 – NO₂: riepilogo dei dati rilevati dalle centraline.

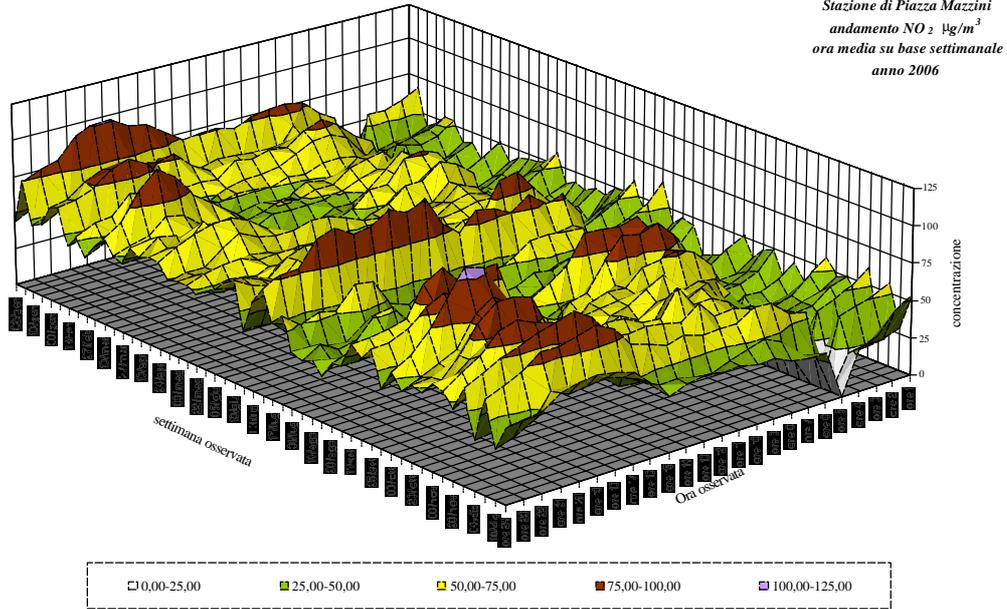
	Limite di Rif (2010)	Viale Carducci	Piazza Mazzini	Via Gobetti	Piazza Cappiello	Villa Maurogordato	Via Rossi*	Via Da Vinci*
Dati orari validi		8331	8297	8232	8012	8338	8438	-
Valori orari > 200 µg/m ³	18	2	0	0	0	0	1	-
Media annuale (µg/m ³)	40	46	51	24	25	6	32	-

(*) Rete privata ARIAL, analizzatore non funzionante

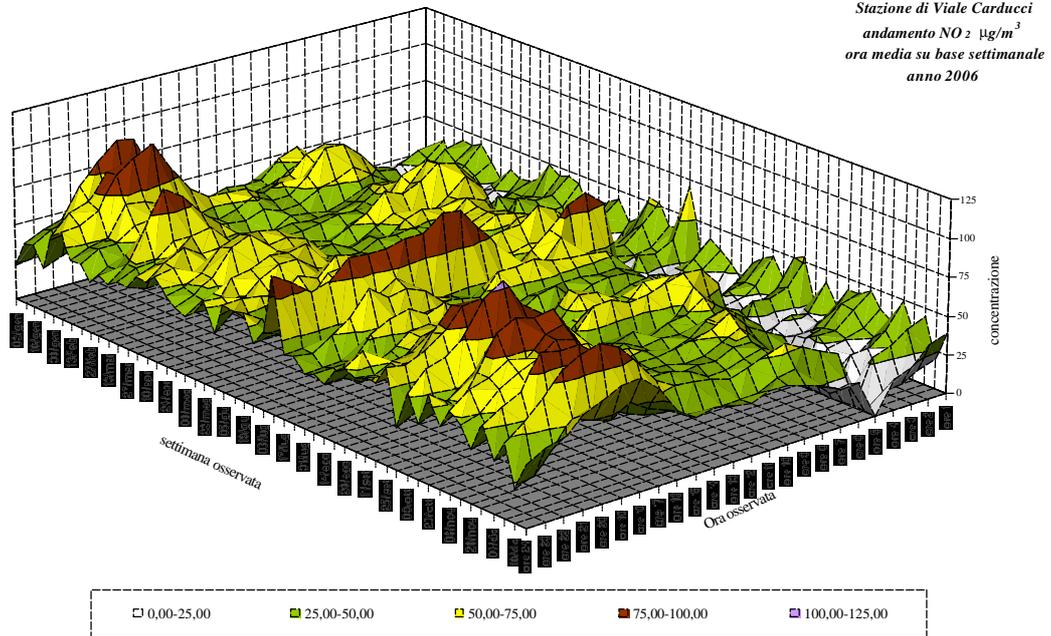
ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

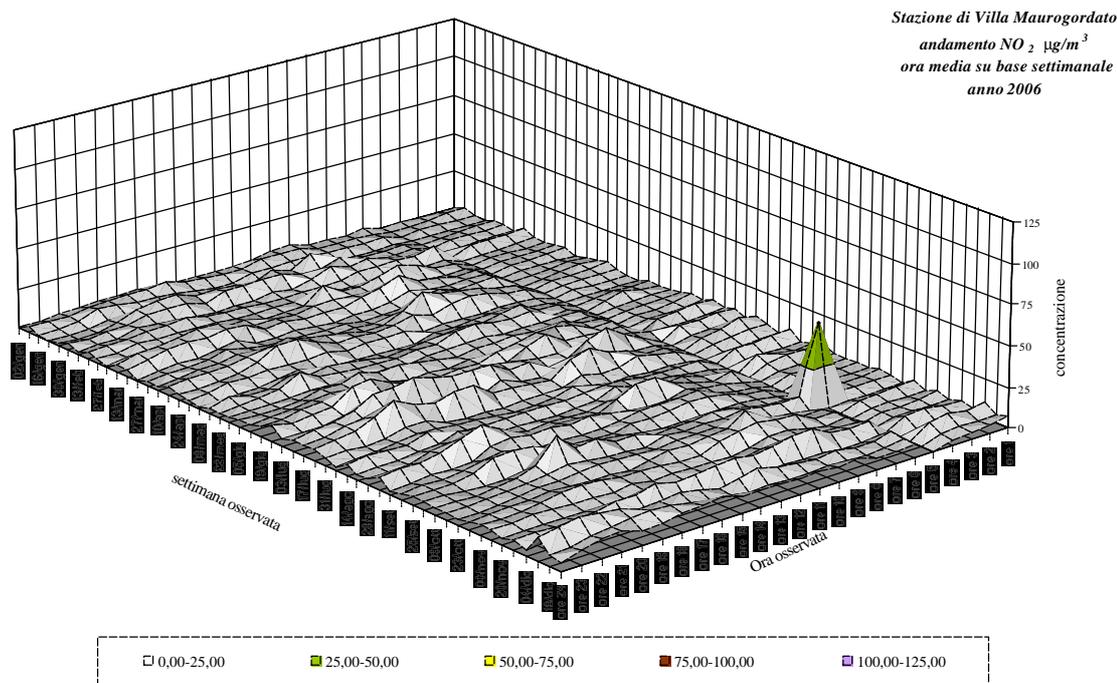
Viale Carducci



Piazza Mazzini



Villa Maurogordato



2.2.7 NO_x

Gli ossidi di azoto NO_x indicano la somma delle concentrazioni di monossido e biossido presenti nell'aria. I risultati continuano a presentare un quadro di negatività diffusa ed in alcuni casi molto marcata, con valori di concentrazioni fino a quasi il triplo del limite fissato dalla normativa. Dal confronto con i dati di concentrazione di NO₂ si può ipotizzare che alle elevate concentrazioni di NO_x contribuisca in modo determinante il monossido NO, che si forma nei processi di combustione alimentati con aria atmosferica ricca di azoto, compresi i motori a combustione interna. Ciò potrebbe anche spiegare le concentrazioni più alte registrate nelle aree ad intenso traffico veicolare.

Tab. 23 – NO_x: riepilogo dei dati rilevati dalle centraline.

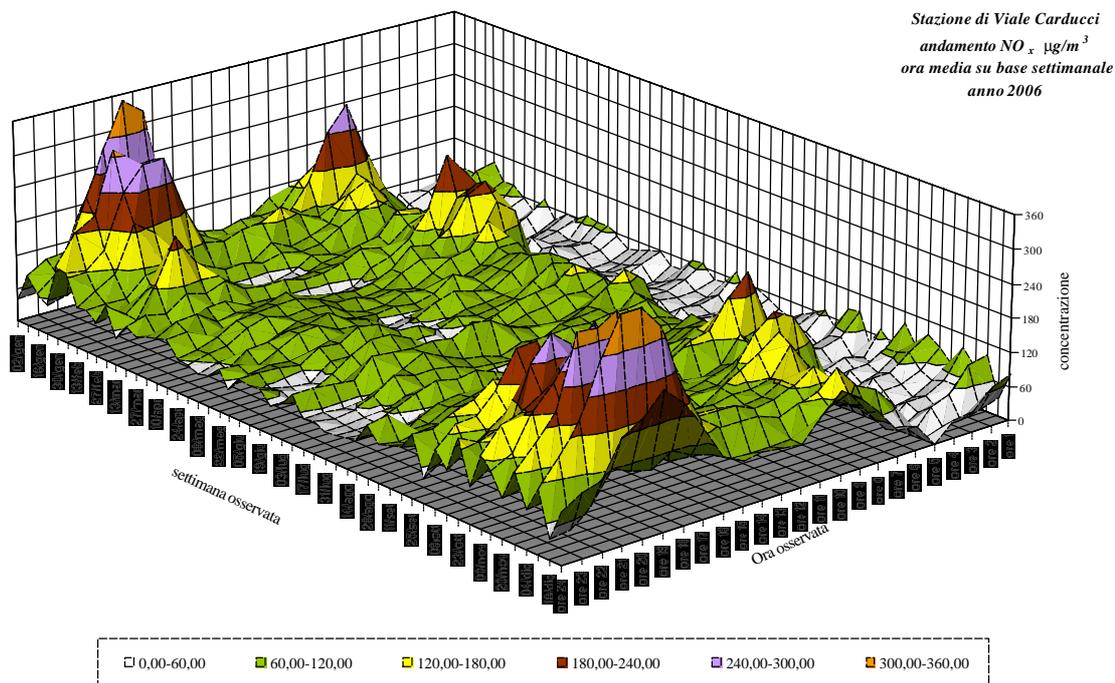
	Limite di Rif (2001)	Viale Carducci	Piazza Mazzini	Via Gobetti	Piazza Cappello	Villa Maurogordato	Via Da Vinci *	Via Rossi *
Dati orari validi		8332	8297	8232	8012	8338	-	8438
Media annuale (µg/m ³)	30	87	84	36	33	7	-	59

(*) Rete privata ARIAL

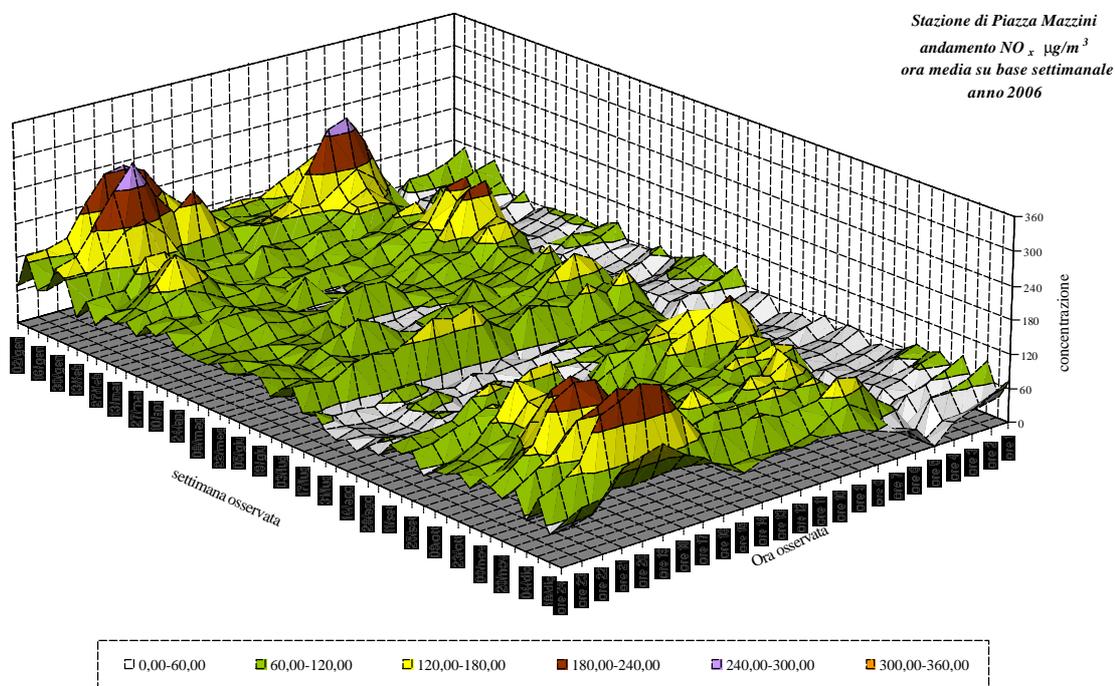
ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

Viale Carducci



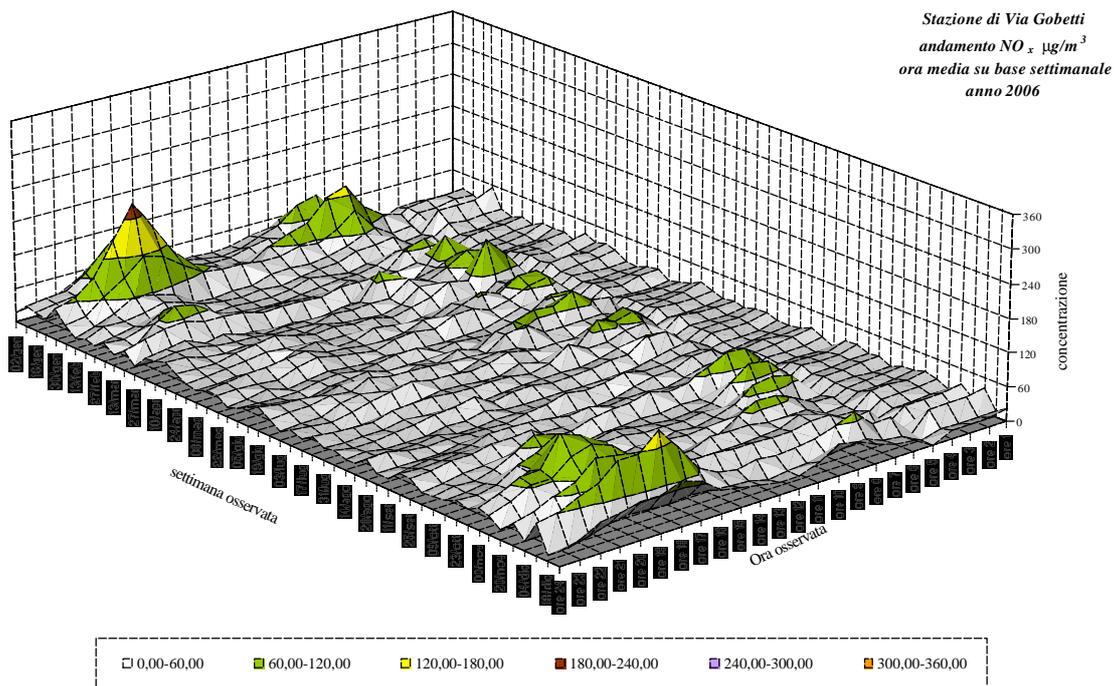
Piazza Mazzini



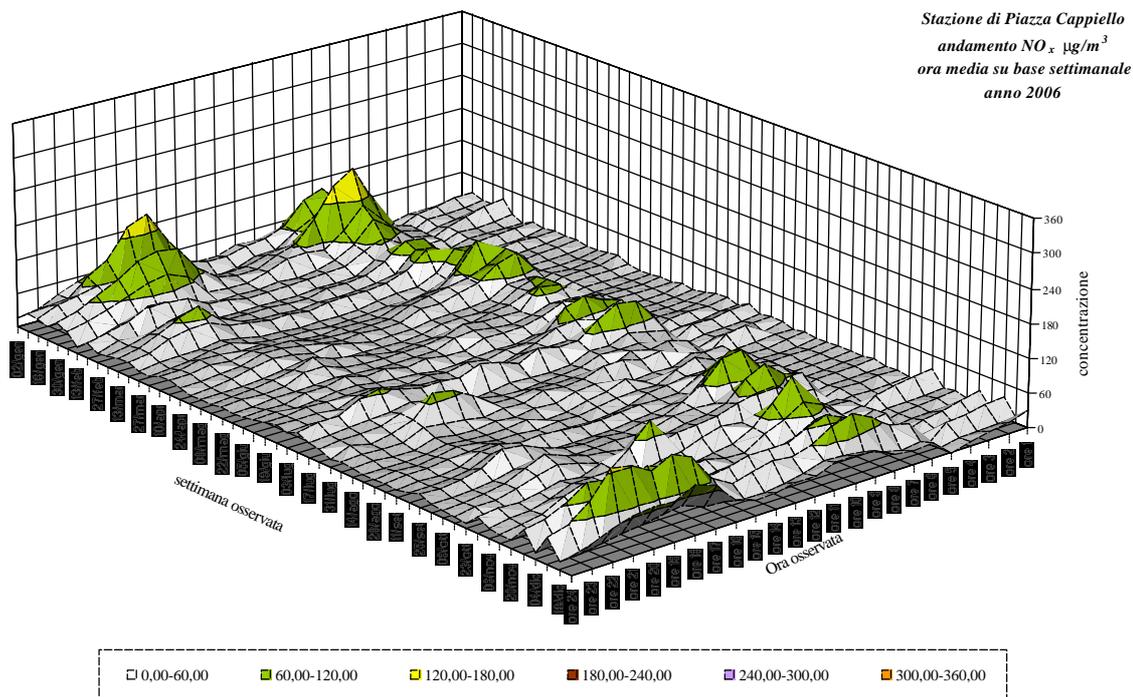
ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

Via Gobetti

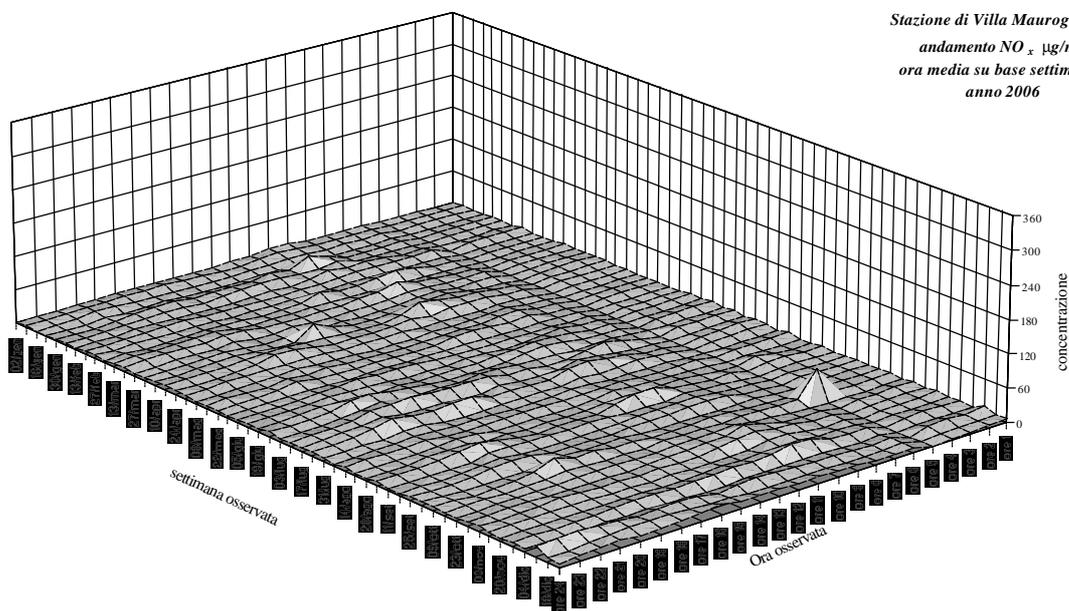


Piazza Cappello



Villa Maugordato

Stazione di Villa Maugordato
andamento NO_x $\mu g/m^3$
ora media su base settimanale
anno 2006



2.2.8 O₃

I dati presentano una situazione di forte e generalizzata negatività rispetto agli standard di qualità dell'aria. Tutte le centraline pubbliche ed in particolare la centralina del Gabbro, infatti, hanno rilevato superamenti dei limiti normativi.

La presenza di Ozono in atmosfera trae origine da molte e differenti reazioni di tipo fotochimico il cui avanzamento dipende da numerosi fattori; per questo motivo non è stato possibile trarre conclusioni circa le interrelazioni tra pressioni ambientali e informazioni provenienti dalle reti di monitoraggio. Più chiara appare, invece, la variabilità stagionale delle concentrazioni, che presentano normalmente i massimi nei periodi estivi ed i minimi in quelli invernali.

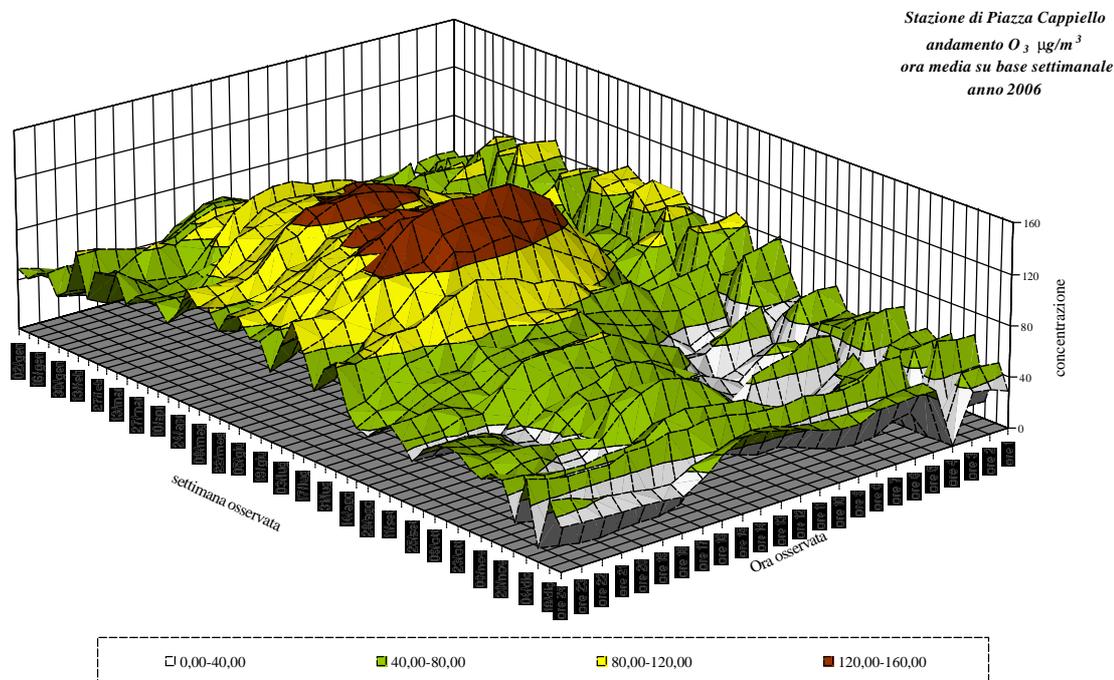
Tab. 24 – O₃: riepilogo dei dati rilevati dalle centraline.

	Limite di Rif (2005)	Piazza Capiello	Villa Maurogordato	Gabbro	Via Ernesto Rossi *
n° dati validi		8058	8234	8083	8726
n° giorni con medie mobili 8 h > 120 µg/m ³ (2006)		68	43	71	0
n° giorni con medie mobili 8 h > 120 µg/m ³ (tre anni)	25	43	32	91	
AOT40: n° dati validi		1090	1098	1093	1102
AOT40 (µg/m ³)* h ¹	18000	42351	33723	42560	623(**)

(*) Rete privata ARIAL

(**) su questo dato sono in corso degli approfondimenti

Piazza Capiello

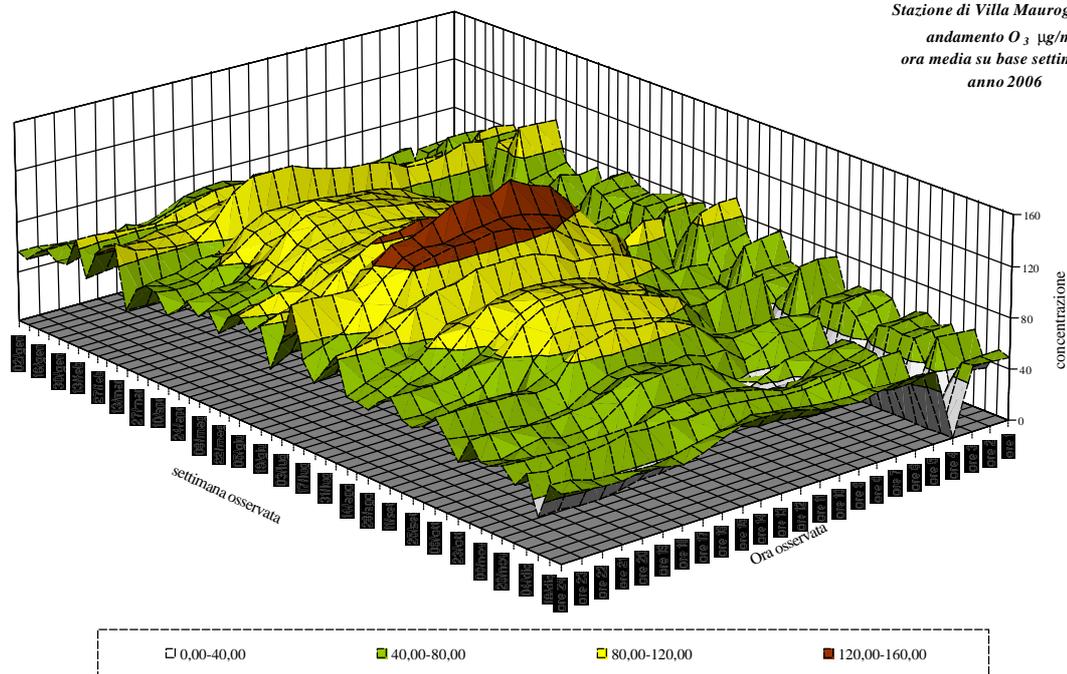


ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

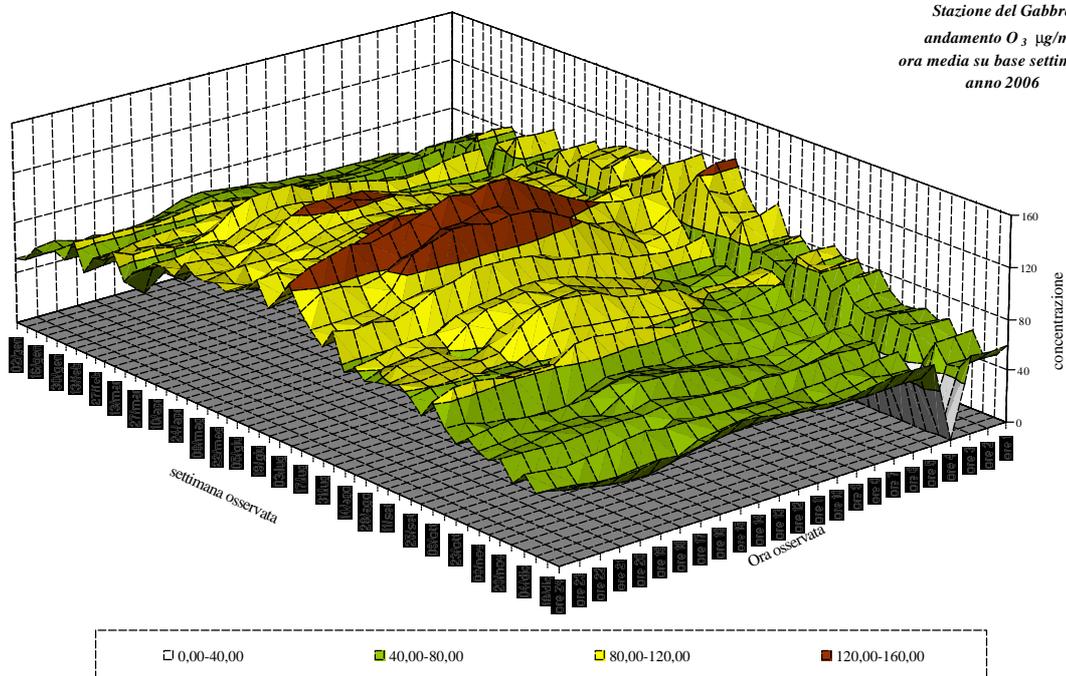
Villa Maurogordato

Stazione di Villa Maurogordato
andamento O_3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
ora media su base settimanale
anno 2006



Gabbro

Stazione del Gabbro
andamento O_3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
ora media su base settimanale
anno 2006



Per gli approfondimenti sul parametro ozono si rimanda al Capitolo 5.3.1 e 6.1

2.2.9 Benzene

Nel caso del Benzene i risultati sono presentati in due tabelle separate poiché la centralina di Villa Maurogordato ha avuto un rendimento inferiore al 90% e le distribuzioni dei dati non sono conformi a nessuno dei due livelli previsti dal DM 60/02. Nella stazione di Viale Carducci, inoltre, i valori sono stimati attraverso una correlazione. Tutti i dati mostrano una generale rispondenza ai criteri di qualità. L'andamento mostrato nei grafici delle centraline di Piazza Mazzini e Via Gobetti evidenzia valori massimi in corrispondenza delle ore di maggior traffico; tale fenomeno è amplificato nei mesi invernali.

Tab. 25 – Benzene: riepilogo dei dati rilevati dalle centraline con efficienza > 90%.

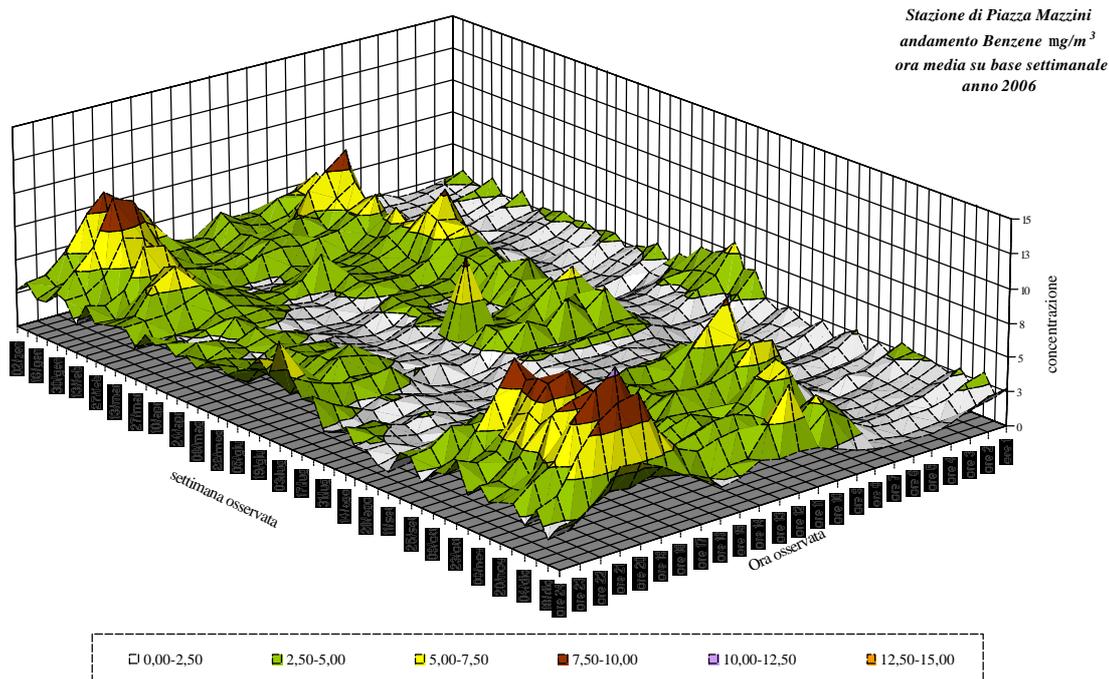
	Limite di Rif. (2010)	Piazza Mazzini	Via Gobetti
n° dati validi		8599	8532
medie annuale $\mu\text{g}/\text{m}^3$	5	2,9	1,4

Tab. 26 – Benzene: riepilogo dei dati rilevati dalle centraline con efficienza fra il 15% e il 90%.

	Limite di Rif. (2010)	Villa Maurogordato	Viale Carducci
n° dati validi		7268	-
medie annuale $\mu\text{g}/\text{m}^3$	5	0,7	4,3 (*)

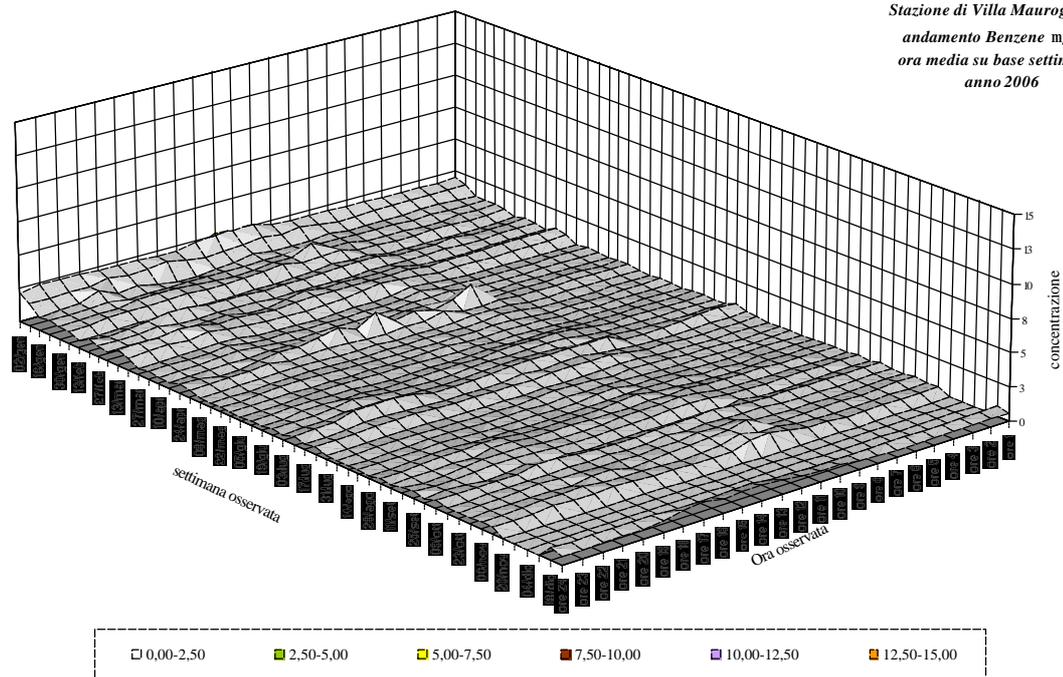
(*) valore stimato per correlazione con il CO misurato nell'anno dalla centralina di Via Gobetti secondo l'equazione $C_{\text{benz}}(\mu\text{g}/\text{m}^3) = F * C_{\text{CO}}(\text{mg}/\text{m}^3)$ dove $F=4,3$.

Piazza Mazzini



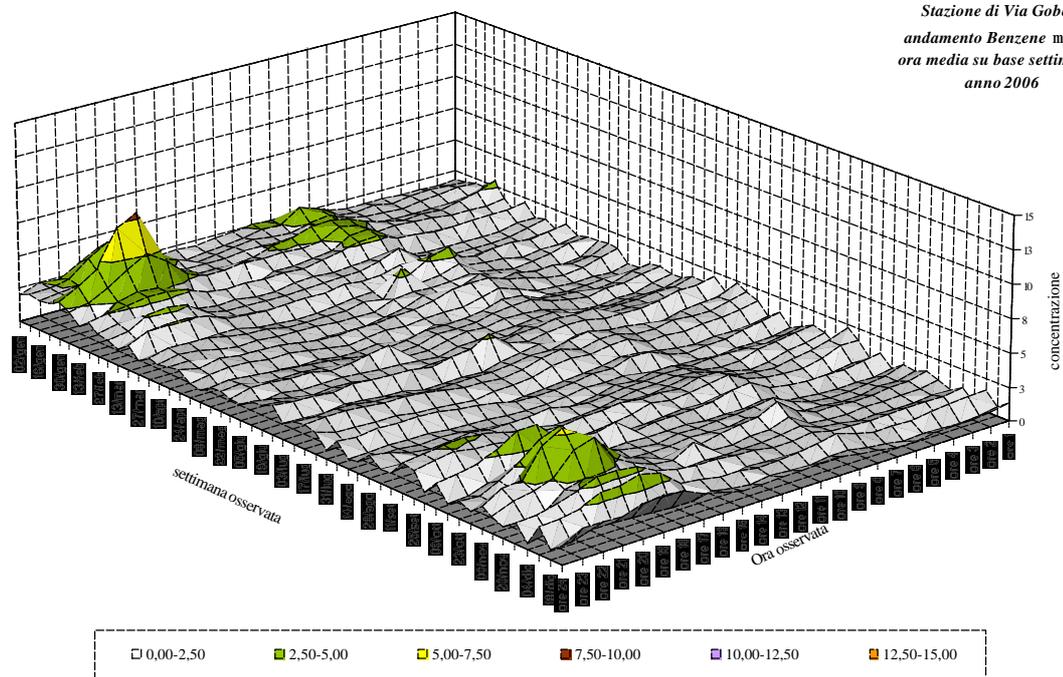
Villa Maurogordato

Stazione di Villa Maurogordato
andamento Benzene mg/m^3
ora media su base settimanale
anno 2006



Via Gobetti

Stazione di Via Gobetti
andamento Benzene mg/m^3
ora media su base settimanale
anno 2006



Ulteriori approfondimenti sull'andamento nel quinquennio 2002/2006 sono esposti al Capitolo 5.4.1.

2.3 Casi di particolare rilevanza

Tutti gli episodi rilevanti sono stati caratterizzati, nelle differenti tipologie al capitolo 5.

2.3.1 Superamenti delle soglie di allarme (ai sensi del DM 2/4/2002 e della Direttiva 2002/3/CE) – Episodi acuti

Oltre ai valori limite di riferimento, per gli inquinanti biossido di zolfo, biossido di azoto ed ozono la normativa fissa soglie di allarme sui valori delle concentrazioni orarie corrispondenti a valori di concentrazione tali da determinare effetti acuti sulla popolazione. Per l'ozono, in aggiunta, è prevista anche una soglia di informazione. Nelle tabella seguente si riportano i valori soglia ed il numero dei casi rilevati.

Tab. 27 – Numero di superamenti delle soglie di allarme e di informazione.

	SOGLIA DI ALLARME	Riferimento normativo	Casi rilevati	
SO ₂	Concentrazione oraria > 500 µg/m ³ per 3 ore consecutive	DM 2.4.2002 n.60	0	
NO ₂	Concentrazione oraria > 400 µg/m ³ per 3 ore consecutive	DM 2.4.2002 n.60	0	
O ₃	Concentrazione oraria > 240 µg/m ³	D.Lgs.183/2004	0	
	SOGLIA DI INFORMAZIONE	Riferimento normativo	Casi rilevati	
O ₃	Concentrazione oraria > 180 µg/m ³	D.Lgs.183/2004	Piazza Cappelletto	21
			Villa Maurogordato	4
			Gabbro	11

I superamenti della soglia di informazione per l'Ozono si sono verificati tutti nel mese di luglio eccezione fatta per un superamento riscontrato nella centralina del Gabbro il 24/06/2006.

**3. AZIONI DI RISANAMENTO DELLA QUALITA' DELL'ARIA AMBIENTE
NELLE AREE URBANE MESSE IN ATTO DAL COMUNE DI LIVORNO**

Dando seguito all'Accordo di Programma, firmato il 10 ottobre 2003, da Regione Toscana, URPT, ANCI, Province e Comuni interessati con il quale sono state individuate nuove ed importanti misure per il risanamento della qualità dell'aria ambiente nelle aree urbane, in particolare per la riduzione delle emissioni di PM₁₀ derivanti da veicoli e ciclomotori mediante il progressivo rinnovo dei segmenti più inquinanti del parco veicolare, anche promuovendo iniziative di incentivazione e finanziamento, il Comune di Livorno ha adottato i seguenti provvedimenti:

- 1- Emissione di un'ordinanza sindacale con la quale è stato imposto il divieto di circolazione, con orario 8.00-19.00 nei giorni di martedì, mercoledì e giovedì, nell'area ZTL compresa nel così detto "Pentagono del Buontalenti" per i seguenti veicoli:
 - autovetture alimentate a benzina e diesel, immatricolate prima del 1/1/93 ad eccezione di quelle conformi alla direttiva CEE 91/441;
 - ciclomotori non omologati in conformità alla direttiva CEE 97/24;
 - veicoli a benzina e diesel destinati al trasporto merci con massa a pieno carico non superiore a 3,5t, immatricolati prima del 1/10/94, ad eccezione di quelli conformi alle direttive CEE 91/441 e CEE 93/59 e successive modifiche.
- 2- Cofinanziamento degli incentivi messi a disposizione dalla Regione Toscana per il progressivo rinnovo dei segmenti più inquinanti del parco veicolare. In relazione a questo particolare aspetto si riporta di seguito il numero di veicoli incentivati per gli anni 2004 e 2005.

Tab. 28 – N. di veicoli incentivati

Tipologia incentivo 2004	N .veicoli incentivati
Biciclette elettriche	1077
Ciclomotori euro 2	407
Altri veicoli elettrici	2
Autovettura metano o GPL	8
Veicolo merci < 3,5 t	1

Tipologia incentivo 2005	n. veicoli incentivati
Biciclette elettriche	781
Ciclomotori/motocicli Euro 2	281
Altri veicoli elettrici	3
Autovettura metano o GPL	3
Trasformazione a gas di autovetture	129

Tipologia incentivo 2006	n. veicoli incentivati
Biciclette elettriche	220
Ciclomotori/motocicli Euro 2	407
Altri veicoli elettrici	0
Autovettura metano o GPL	96
Trasformazione a gas di autovetture	9

ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

- 3- Proseguimento della campagna di controllo dei gas di scarico per la riduzione dell'inquinamento atmosferico e interdizione della circolazione nell'aria cittadina denominata "zona blu" per i veicoli sprovvisti del bollino blu. In merito, si riportano di seguito i dati relativi ai bollini blu eseguiti dalle officine autorizzate di Livorno.

Tab. 29 –Bollini blu eseguiti dalle officine autorizzate

Anno	n. bollini blu
2003	62.624
2004	61.918
2005	66.484
2006	53.481

Gli effetti di tali azioni sono analizzati nel paragrafo 4.1 relativo all'andamento delle concentrazioni di PM₁₀ nel periodo 2002–2006.

4. ANDAMENTO DELLE CONCENTRAZIONI DEGLI INQUINANTI NEL PERIODO 2002-2006

Le informazioni presentate nel capitolo precedente sono sufficienti a definire lo stato della qualità dell'aria nel territorio del Comune di Livorno per l'anno 2006 in relazione a limiti, parametri e indicatori così come sono definiti nelle norme di riferimento.

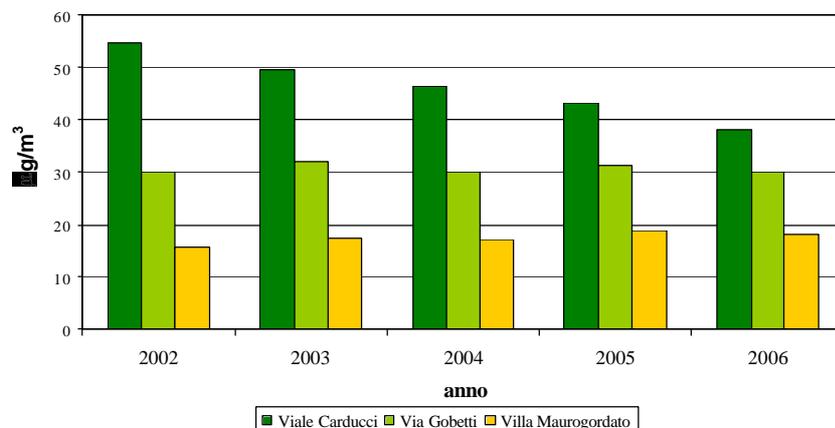
Appare opportuno, tuttavia, prendere in esame gli andamenti nel tempo dei principali indicatori di qualità per ottenere valutazioni più complete; in linea generale, infatti, l'analisi dei trend consente di seguire e verificare nel tempo l'adeguatezza delle risposte tramite le quali si intendono risolvere i problemi che emergono in termini di impatti e di stato di qualità dell'ambiente, così come richiesto dall'approccio DPSIR.

Va in aggiunta rilevato che proprio nel caso della qualità dell'aria ambiente lo stesso D.Lgs. 351/1999 definisce diversi principi che, in estrema sintesi, hanno come obiettivo il miglioramento dello stato di qualità dell'aria ambiente, il consolidamento dei risultati ed il mantenimento degli standard nei casi in cui la qualità stessa sia buona.

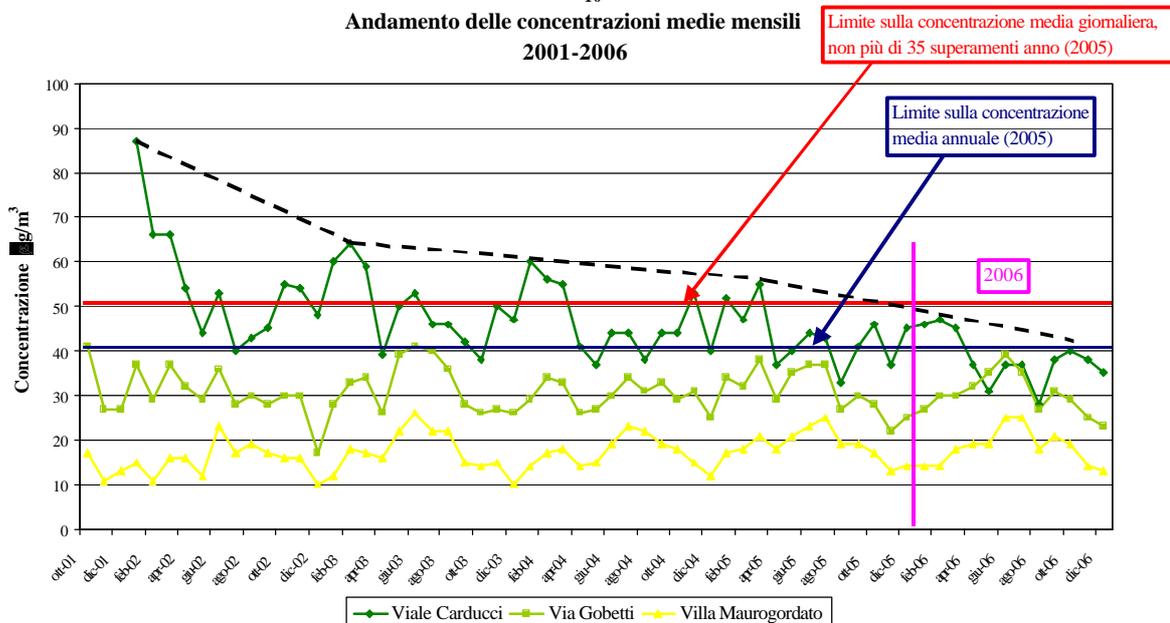
I trend presentati e commentati in questo capitolo sono relativi al periodo 2002-2006 e sono stati elaborati utilizzando come indicatore la concentrazione media annuale e mensile per ogni inquinante. Tali indicatori consentono di comprendere in modo immediato l'evoluzione della qualità dell'aria nelle porzioni di territorio che fanno riferimento a ciascuna stazione di rilevamento. E' opportuno ribadire che nel caso della media mensile, come nel caso dei grafici presentati nel capitolo precedente, la base temporale di elaborazione dei dati non è la stessa dei riferimenti normativi, quindi i dati non devono essere utilizzati per valutare la rispondenza a quanto stabilito nelle norme (per questa valutazione bisogna riferirsi alle tabelle del capitolo precedente). Le scale dei grafici sono comunque state dimensionate considerando valori significativi dal punto di vista normativo.

4.1 PM₁₀

Media annuale PM₁₀



PM₁₀
Andamento delle concentrazioni medie mensili
2001-2006

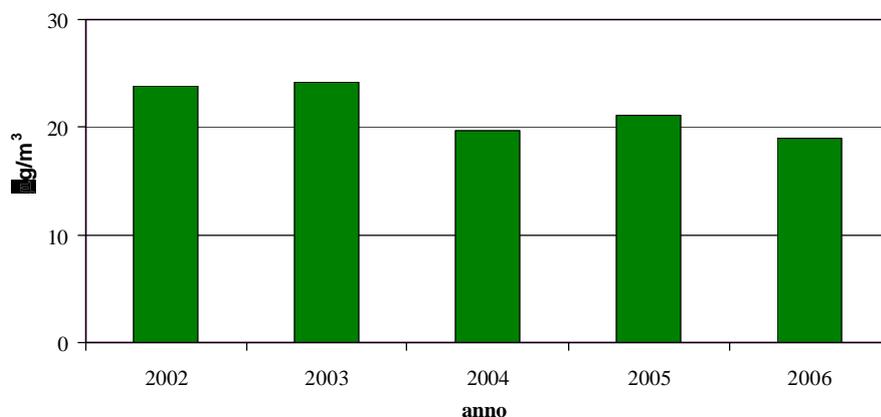


I grafici evidenziano una leggera tendenza alla diminuzione delle concentrazioni di PM₁₀ nella stazione di Viale Carducci; tale diminuzione, probabilmente legata alle azioni di limitazione alla circolazione dei veicoli EURO 0 e al miglioramento del parco dei veicoli circolanti, però, come precedentemente già affermato, non altera la condizione di sostanziale criticità legata alle concentrazioni rilevate in tale centralina. Nelle stazioni di Via Gobetti e di Villa Maurogordato i livelli di concentrazione media mensile si mantengono invece costantemente al di sotto dei 50 µg/m³ tuttavia, come peraltro testimoniato dai dati del capitolo 2, ciò non esclude che possano esservi dei superamenti rispetto alle medie giornaliere.

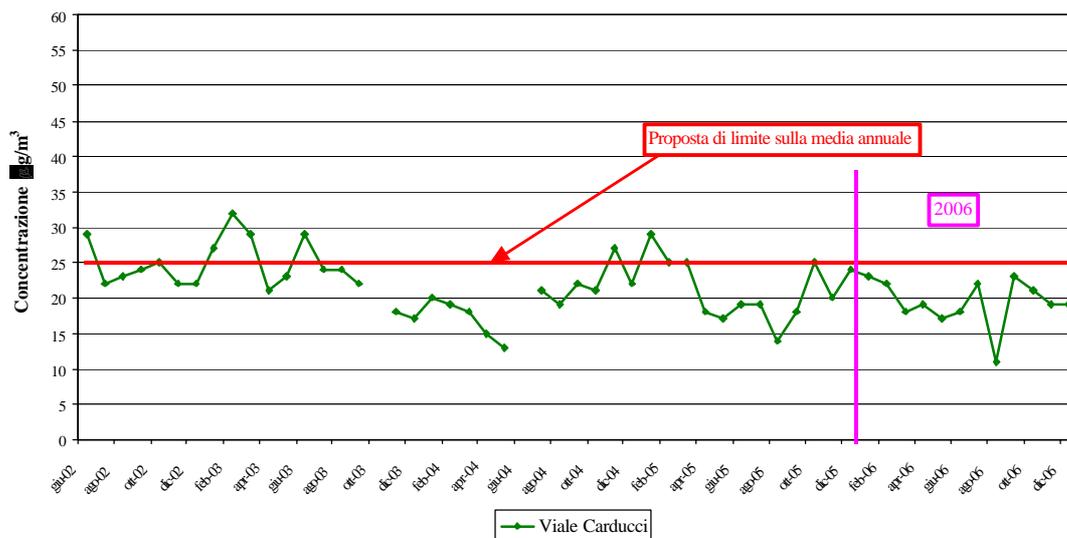
Si può notare che la stazione di Viale Carducci, ubicata nella zona a maggior traffico veicolare, presenta picchi di concentrazione nei mesi invernali mentre quella di Villa Maurogordato, che può essere considerata rappresentativa delle concentrazioni di fondo, registra valori di picco nei mesi estivi, maggiori approfondimenti sono riportati nel paragrafo 5 dove si analizza il periodo 2002/2006

4.2 PM_{2,5}

Media annuale PM_{2,5} - Centralina di Viale Carducci



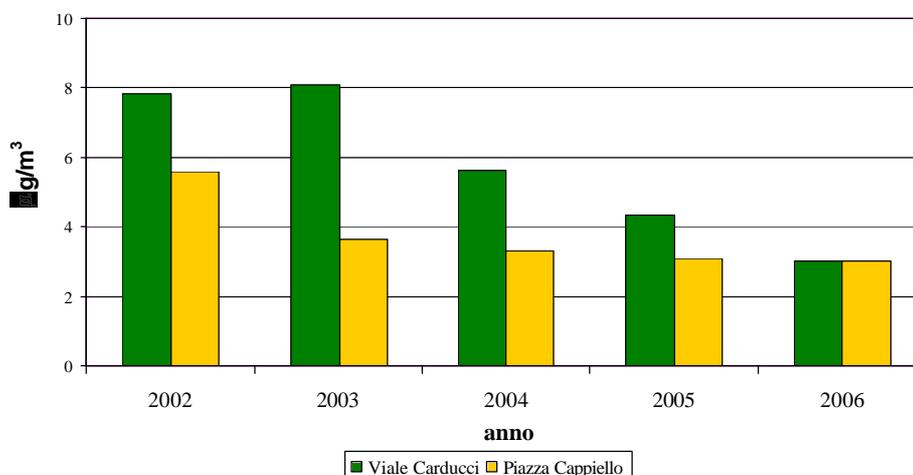
PM_{2,5}
Andamento dell'andamento delle concentrazioni medie mensili
2002-2006



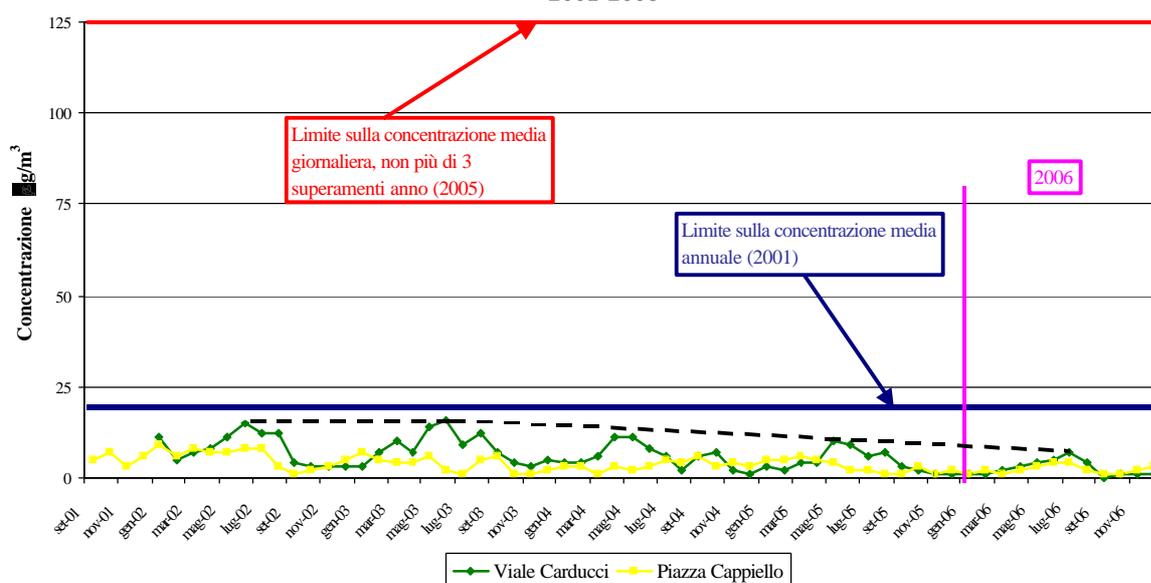
I livelli di concentrazione dell'inquinante si mostrano piuttosto fluttuanti e non presentano, nel quinquennio considerato, sensibili riduzioni anche se si può intravedere un trend in leggera diminuzione tra i valori registrati dal 2002 al 2003 e quelli del biennio 2004 - 2005.

4.3 SO₂

Media annuale SO₂



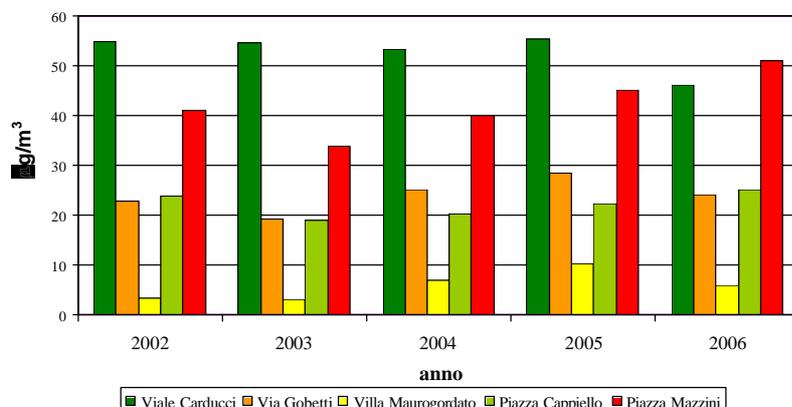
SO₂ Andamento delle concentrazioni medie mensili 2001-2006



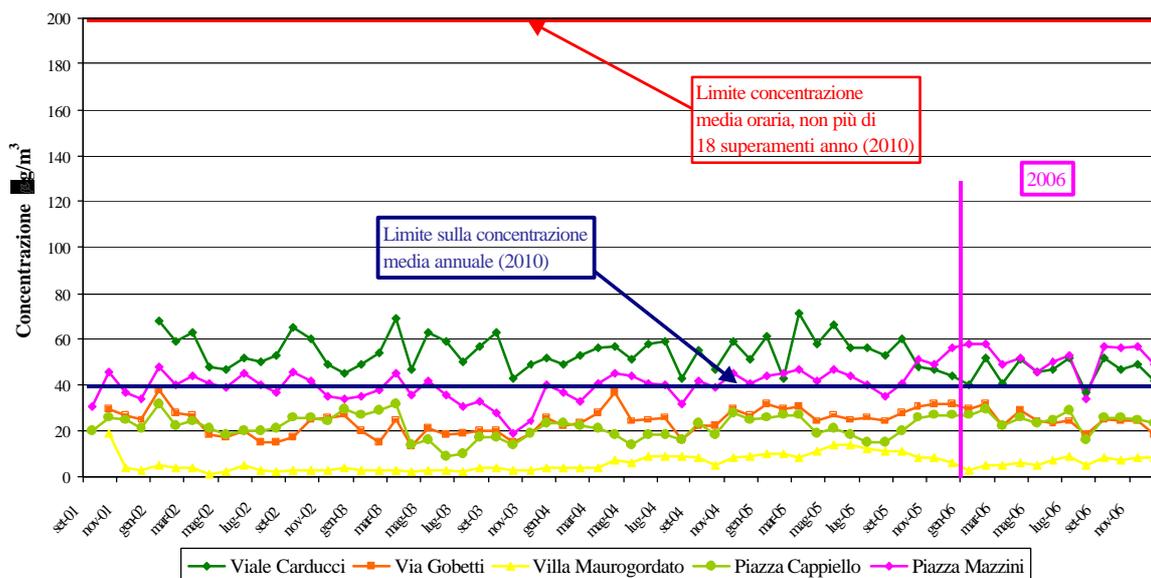
Dall'analisi del trend delle concentrazioni medie annue e medie mensili di SO₂, si osserva una lieve tendenza alla riduzione delle concentrazioni, più marcata per i picchi registrati nella stazione di Viale Carducci; detti valori, come già precedentemente osservato, sono raggiunti prevalentemente nei mesi estivi. A tale proposito è stato effettuato un approfondimento, al paragrafo 5, sugli eventi di anomala concentrazione estivi.

4.4 NO₂

Media annuale NO₂



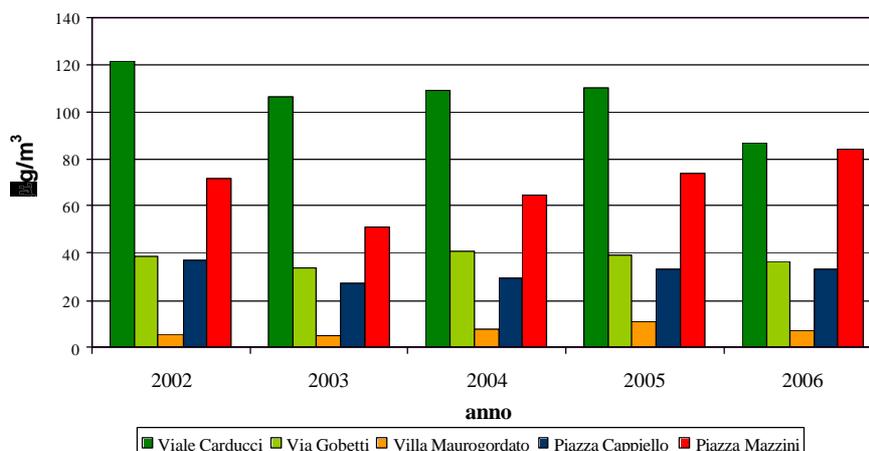
NO₂
Andamento delle concentrazioni medie mensili
2001-2006



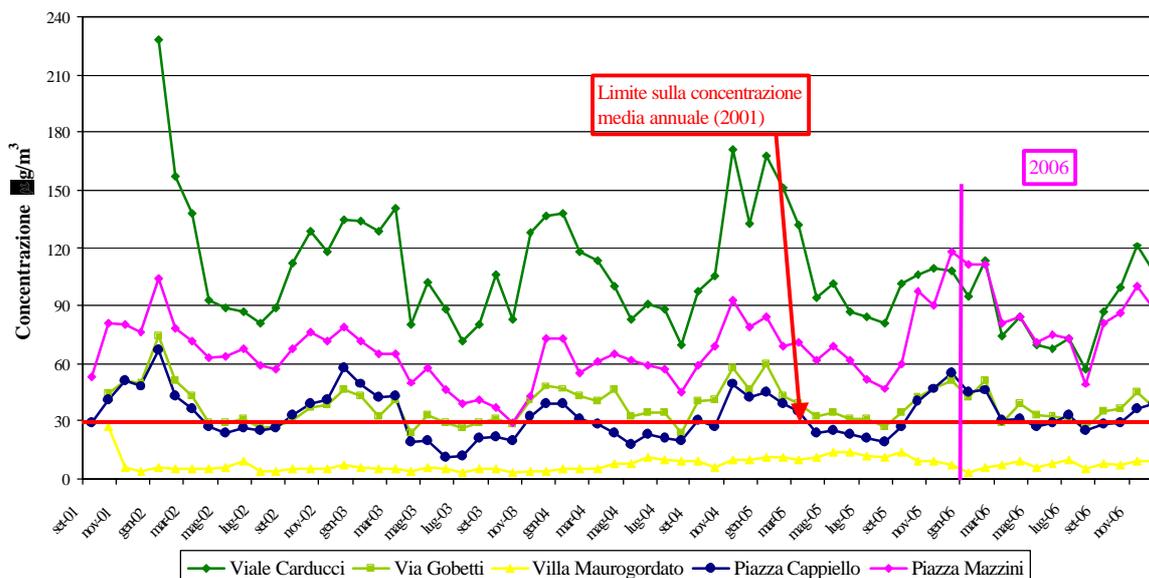
Con l'eccezione della stazione di Villa Maurogordato, anche i livelli di concentrazione di NO₂ si mostrano piuttosto fluttuanti. Appare inoltre evidente come si siano osservate, nel periodo considerato, leggeri aumenti delle concentrazioni. Come già anticipato nel capitolo 2, a partire dal 2010 il limite fissato per la concentrazione di NO₂ è di 40 µg/m³, pertanto è necessario agire sin da ora per imprimere una tendenza discendente alla concentrazione dell'inquinante. Alcuni approfondimenti sull'andamento negli anni 2002/2006 sono stati fatti per tutte le stazioni al capitolo 5.

4.5 NO_x

Media annuale NO_x



NO_x Andamento delle concentrazioni medie mensili 2001-2006

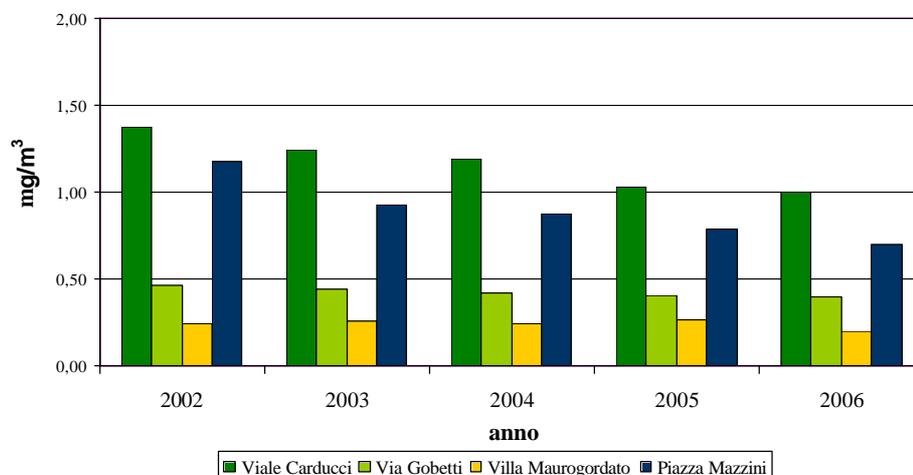


Come per il biossido d'azoto, anche le concentrazioni di NO_x oscillano periodicamente in funzione della stagione. Se da una parte la situazione rilevata a Viale Carducci appare in leggero miglioramento ciò non sembra confermato nella zona di Piazza Mazzini dove i valori presentano un trend in crescita e nelle altre centraline dove l'andamento risulta stazionario. Comunque anche queste elaborazioni confermano la situazione di forte e costante criticità rilevata soprattutto dalla stazione di Viale Carducci e da quella di Piazza Mazzini.

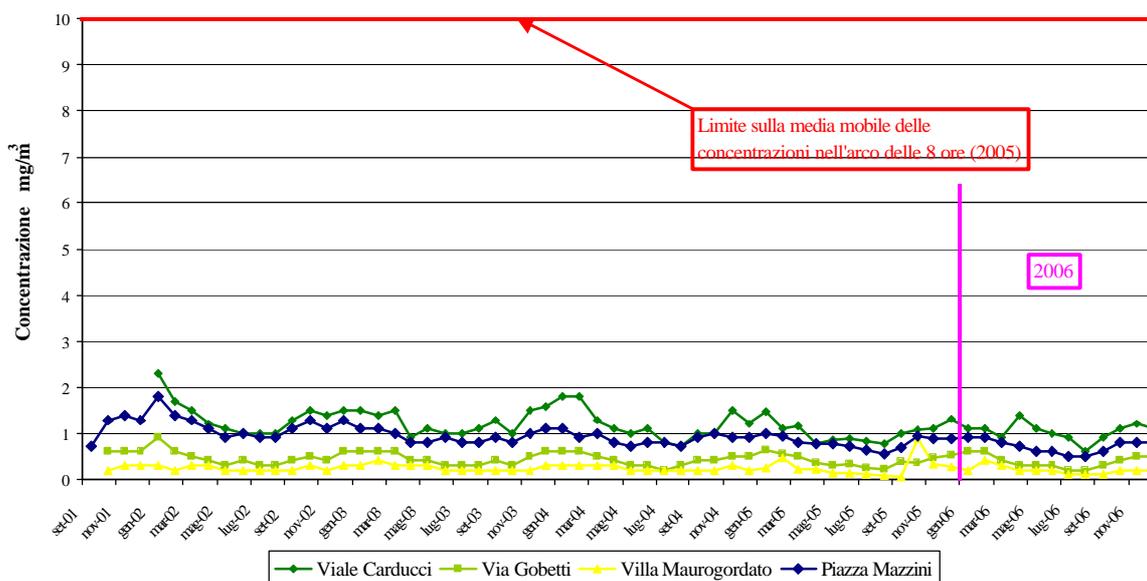
Al capitolo 5 si riporta una discussione approfondita sull'andamento degli ultimi 5 anni.

4.6 CO

Media annuale CO



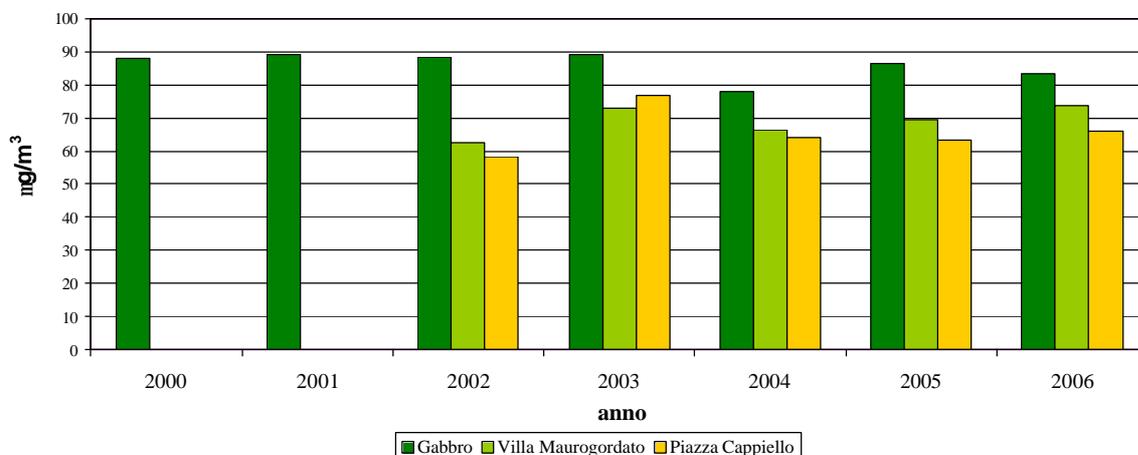
CO Andamento delle concentrazioni medie mensili 2001-2006



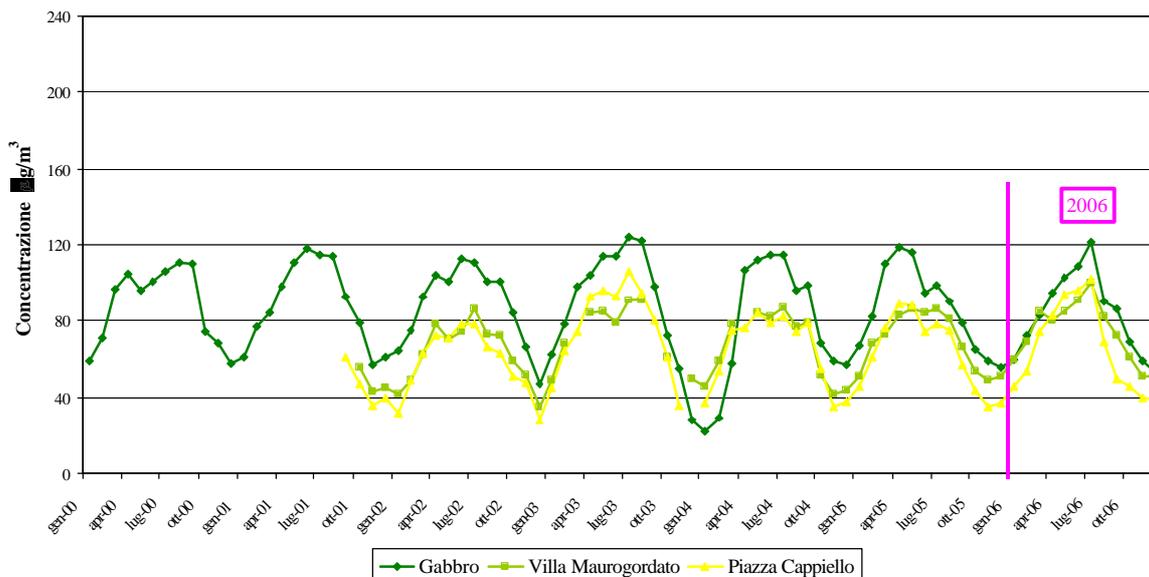
L'andamento delle concentrazioni di CO nel quinquennio considerato mostra che esistono le condizioni per mantenere, anche negli anni a venire, un buon livello di qualità.

4.7 O₃

Media annuale Ozono



OZONO Andamento delle concentrazioni medie mensili 2000-2006

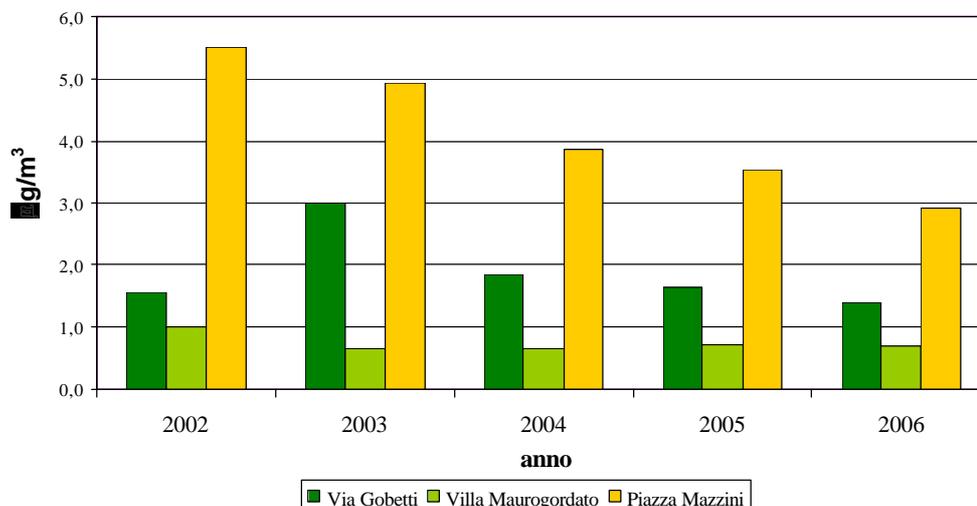


Il grafico relativo alla media mensile mette in chiara evidenza la regolare oscillazione dei valori di concentrazione tra il periodo invernale (concentrazioni più basse) e quello estivo (concentrazioni più alte). Anche in questo caso non si osserva un trend in diminuzione delle concentrazioni: una delle cause, certamente non l'unica, può essere individuata nella presenza, in concentrazioni che ugualmente non accennano a diminuire, di biossido d'azoto, che è uno dei precursori più importanti per la formazione dell'ozono troposferico. Continua ad apparire difficoltoso il conseguimento degli obiettivi di qualità fissati per il 2010.

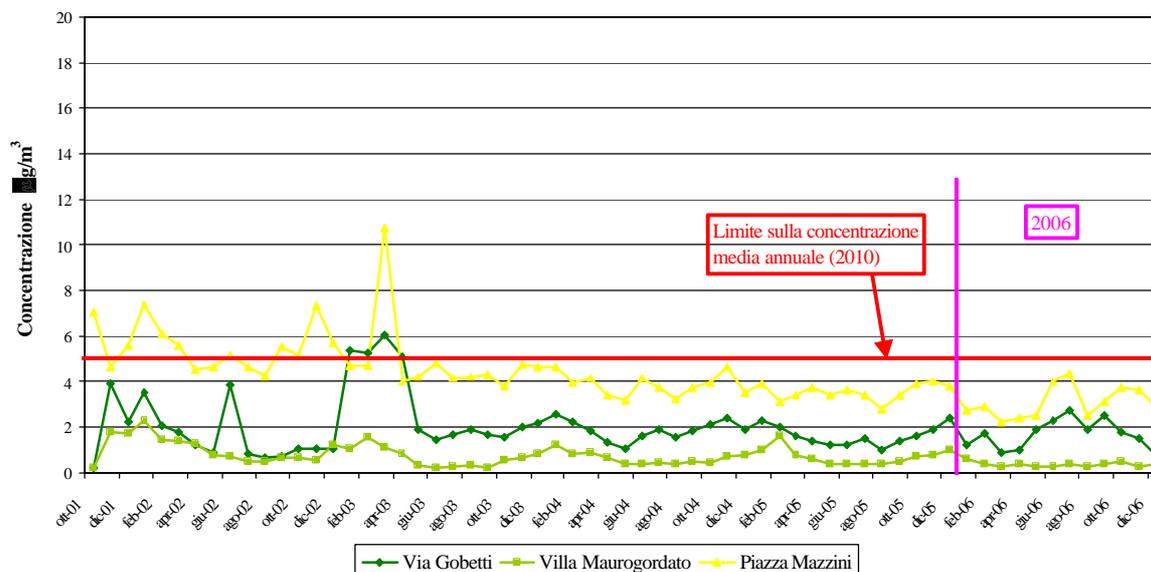
Una discussione più approfondita è riportata al capitolo n° 5:

4.8 Benzene

Media annuale Benzene



BENZENE Andamento delle concentrazioni medie mensili 2001-2006



Le concentrazioni degli ultimi 5 anni mostrano due andamenti differenti separati da un valore di picco registrato in tutte le centraline nel mese di marzo 2003, probabilmente sovrastimato. Nel periodo antecedente si osservano valori di media mensile piuttosto fluttuanti (particolarmente in Via Gobetti e Piazza Mazzini, mentre Villa Maugordato ha registrato oscillazioni meno ampie). Dalla metà del 2003 l'andamento è più regolare e, in tutte le centraline, le concentrazioni si attestano attorno a medie più basse. Gli andamenti complessivi sono tali da ritenere raggiungibile l'obiettivo di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale che, a partire dal 2010, rappresenterà il nuovo valore di soglia.

5. APPROFONDIMENTI PER STAZIONE ED INQUINANTE

5.0 Descrizione delle elaborazioni utilizzate

Per poter analizzare l'andamento nel corso degli anni della concentrazione degli inquinanti e contemporaneamente la distribuzioni del livello di esposizione della popolazione e in prossimità delle stazioni di monitoraggio durante le 24 ore, è stato elaborato un modello di calcolo sviluppato in excel che a partire dalla serie di dati (43824 valori orari medi corrispondenti al periodo 01/01/2002 al 31/12/2006) offre la seguente possibilità:

Analizza l'intero periodo osservato trasformando la serie di dati in colonna, esportata direttamente dal sistema di gestione dati del Centro Operativo, in una matrice avente come coordinate il giorno e l'ora; la trasformazione permette di ottenere una matrice di 1862 giorni per 24 ore o 12 a seconda che il dato memorizzato sia orario o biorario.

Dopo aver trasformato i dati è possibile calcolare rapidamente il giorno tipo con differenti livelli di aggregazione, multipli di una settimana, fino a 56 giorni consecutivi oppure il "giorno tipo" annuale.

La matrice così prodotta e le aggregazioni dei giorni tipo costituiscono la banca dati da cui sono stati elaborati i grafici di questo paragrafo che qui di seguito elenchiamo per tipologia.

- *Grafici del giorno tipo – annuale, bisettimanale, stagionale per l'ozono*
- *Grafici a superficie del giorno tipo bisettimanale*
- *Grafici tridimensionali del giorno tipo bisettimanali sull'intero periodo e settimanale del 2006*
- *Grafici tridimensionali delle concentrazioni orarie analizzate per semestre.*

La struttura delle rappresentazioni a tre dimensioni, elevando il piano di coordinate settimana/ora costituente la superficie temporale, ad una quota corrispondente alla concentrazione risultante nel periodo osservato, agevola la visione d'insieme e rende più immediata l'interpretazione di alcuni andamenti.

Ovviamente i valori in concentrazione esposti nei grafici sopra elencati, non possono essere confrontati direttamente con gli standard di riferimento nelle normative, perché questi ultimi hanno molto spesso tempi di mediazione differenti.

D'altro canto alcune valutazioni concernenti le relazioni tra gli inquinanti possono essere adeguatamente studiate solo grazie al confronto con differenti livelli di aggregazione e differenti periodi osservati.

Dalla matrice sopra citata sono state elaborate per tutti gli inquinanti monitorati, le tabelle recanti i contributi percentuali con cui ciascun singolo dato elementare (media oraria o bioraria archiviate) contribuisce all'inquinamento nell'arco delle 24 ore.

Questo approccio, permette di individuare un profilo caratteristico della stazione di monitoraggio per ciascun inquinante a prescindere dal valore assoluto della concentrazione misurata.

La procedura messa a punto, prevede di filtrare i giorni idonei a questo tipo di elaborazione sulla base di alcuni criteri; a tale scopo sono stati infatti selezionati solamente i giorni con tutte le misure valide, cioè 24, oppure 23 in caso di calibrazioni quotidiane che invalidano un ora, oppure 12 per i dati biorari; sono poste inoltre alcune condizioni sul numero massimo di valori pari a 0, che non devono ripetersi per più 4 volte, nell'arco di un giorno. Questo accorgimento riduce la dispersione delle misure molto prossime al limite minimo di rilevabilità per alcuni inquinanti come CO ed SO₂.

In tal modo le popolazioni dei dati, orari o biorari, appartenenti ad un singolo giorno sono costituite sempre dallo stesso numero di valori, corrispondente alla disponibilità teorica massima delle misure registrabili, al netto delle calibrazioni laddove necessarie.

ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

La percentuale si calcola mediante il rapporto tra la concentrazione rilevata nell'ora "x" (per $x=1,2,3...24$) e la sommatoria delle concentrazioni misurate in tutte le ore del giorno idoneo considerato.

In questo modo tutti i valori registrati in concentrazione sono normalizzati alla sommatoria dei valori misurati nelle 24 ore; pertanto a prescindere dal valore assoluto in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ o mg/m^3 diventa abbastanza semplice individuare in quali momenti si manifestano le concentrazioni "relativamente" più alte all'interno dei periodi osservati.

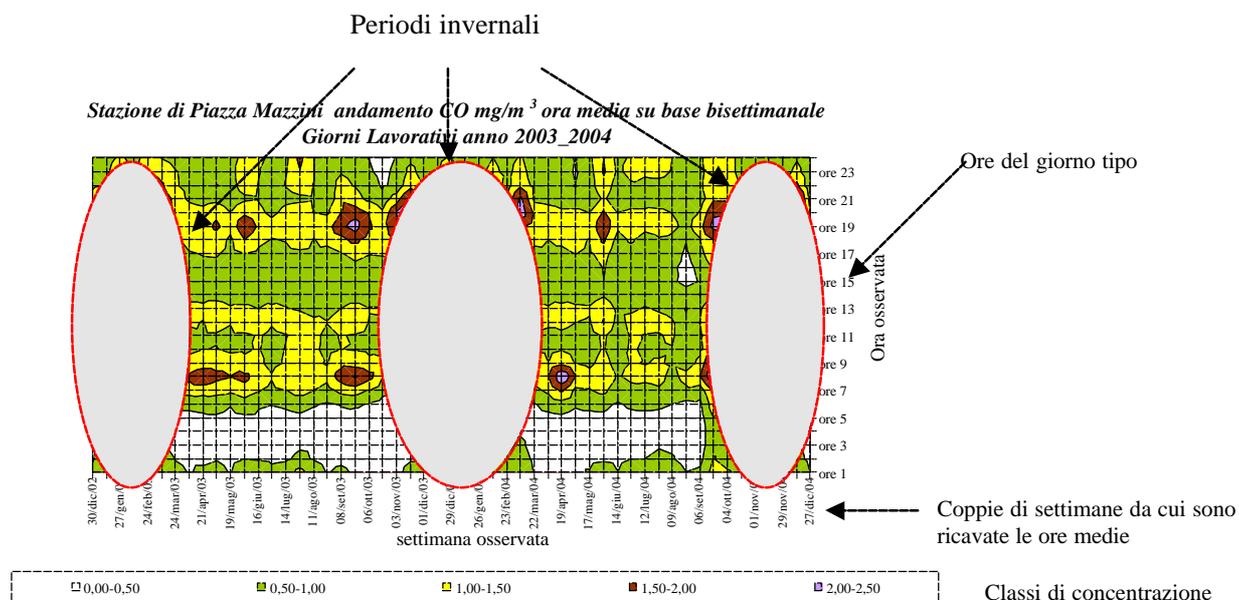
Oltre alle rappresentazioni grafiche dei "giorni tipo", e dei contributi in percentuale dei giorni tipo calcolate come detto, in alcuni paragrafi sono state inserite le "rose dell'inquinamento".

Mediante questi elaborati grafici è possibile risalire alla direzione del vento che rispetto alla stazione di monitoraggio, ha evidenziato le concentrazioni più elevate.

Mediante l'incrocio di più stazioni, laddove è possibile, si possono individuare potenziali sorgenti emissive di inquinanti.

Ai paragrafi successivi è descritto un approccio di questo tipo per l'inquinante SO_2 .

A solo scopo esemplificativo si riporta uno schema di grafico a superficie corredato di brevi note per agevolare l'interpretazione.



Quasi tutti i grafici evidenziano la mancanza di una, ed in alcuni rari casi due, ore di misura. Questo "buco" è fisiologico e corrisponde alle fasi di calibrazione eseguita quotidianamente in modo automatico, per garantire il buon funzionamento degli strumenti.

5.1 Piazza Cappelio

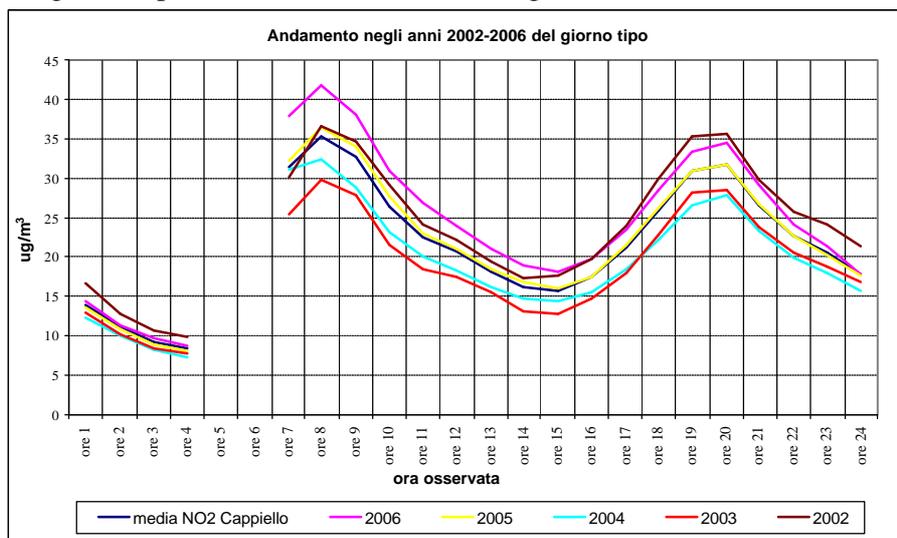
5.1.1 NO₂

L'analisi del giorno tipo in ciascuno dei 5 anni di osservazione evidenzia un trend giornaliero caratterizzato da due massimi uno in corrispondenza delle ore 8.00 ed uno in corrispondenza delle ore 20.00.

Questo inquinante, di origine secondaria, partecipa insieme allo ozono ad un insieme di reazioni mediate da fattori climatici come il rimescolamento dei bassi strati atmosferici, l'irraggiamento solare e la presenza di altri inquinanti di natura organica.

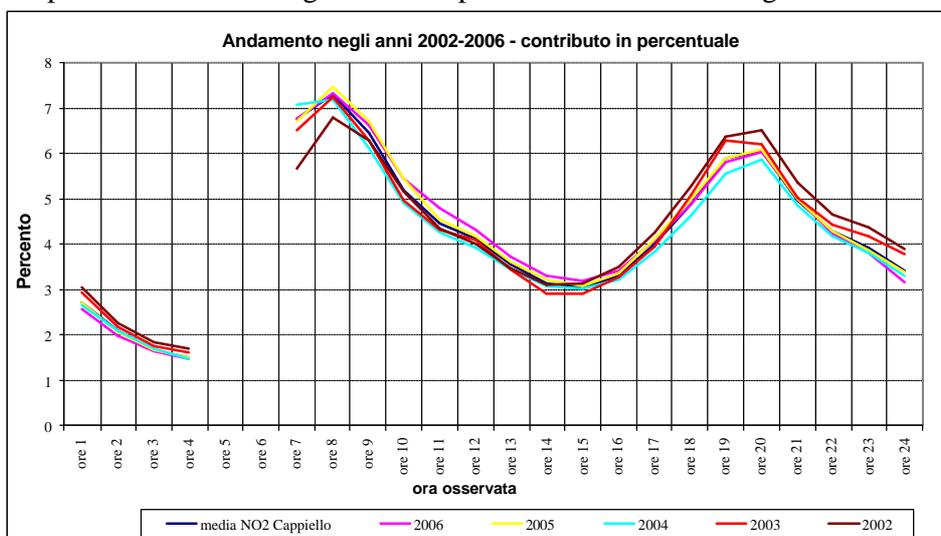
L'inquinante precursore fondamentale è costituito dall'NO e quest'ultimo nella zona esaminata deriva principalmente da 3 fonti, traffico, riscaldamento e industria; questa ultima è mediata da fattori meteo.

L'andamento del giorno tipo nei 5 anni esaminati è il seguente.



Da esso si evince una progressione non ottimale della qualità dell'aria; infatti dopo la diminuzione tra il 2002 ed il 2003, anno con temperature elevate ed intensa radiazione luminosa diurna, si è manifestato un incremento progressivo fino a raggiungere i massimi valori in concentrazione di NO₂ nel "giorno tipo" lo scorso anno 2006.

Il contributo in percentuale delle singole ore nel periodo osservato è il seguente.



ARPAT

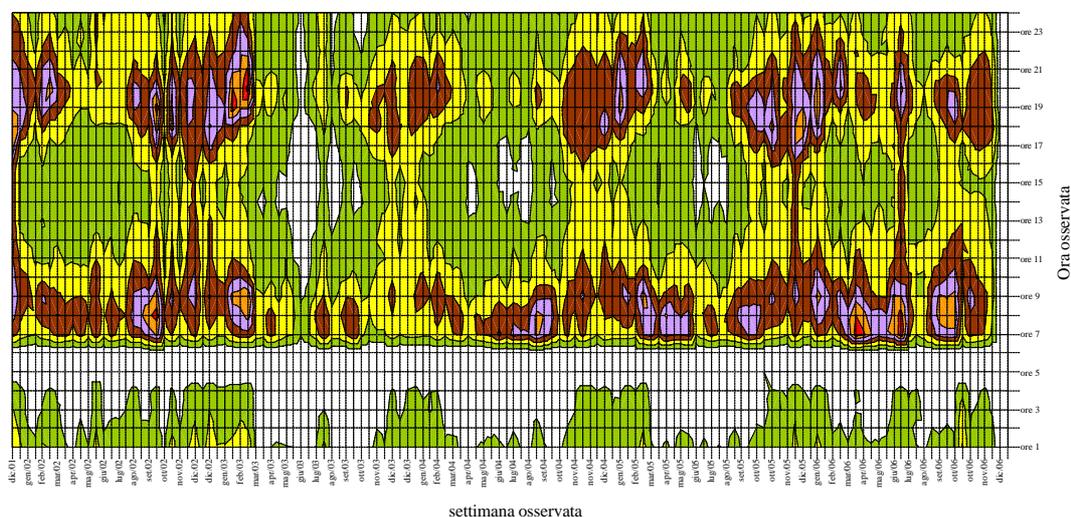
Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

Emerge chiaramente come i contributi percentuali, nell'arco delle 24 ore si siano mantenuti decisamente costanti in tutti e 5 gli anni a meno di trascurabili scarti; ciò vuol dire che non sono intervenuti cambiamenti significativi nel complesso sistema di eventi che partecipano quotidianamente alla genesi di questo inquinante, siano essi intesi come fattori antropici che meteorologici.

Il dato delle ore 6 è stato omesso dalla serie a causa di una sistematica contaminazione della cella di misura nell'ora successiva alla calibrazione che viene eseguita quotidianamente alle ore 5.

Un'analisi di dettaglio dell'andamento del giorno tipo è riassunta in questo grafico a superficie dove i periodi di aggregazione sono ridotti da 365 (giorno tipo annuale) a 14 (giorno tipo bisettimanale - vedi spiegazione nel paragrafo iniziale del capitolo)

Stazione di Piazza Cappelletto
andamento NO₂ µg/m³
ora media su base bisettimanale anno 2002-2006



Classi di concentrazione NO₂ µg/m³

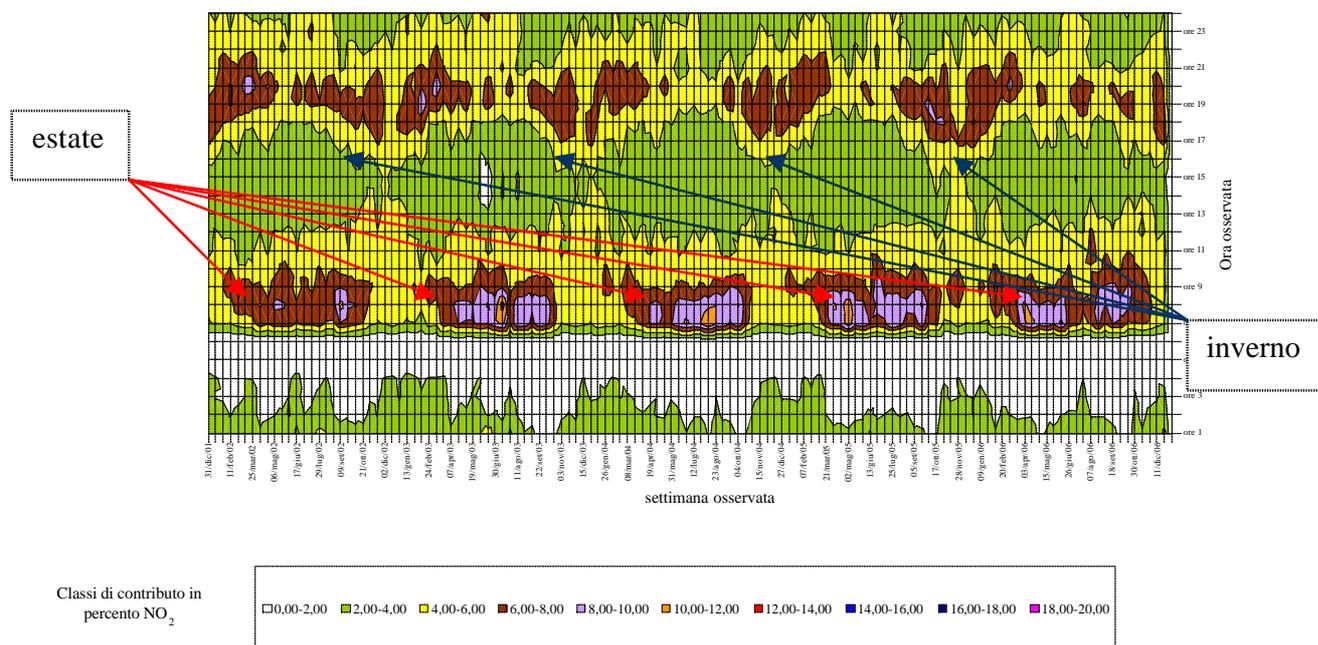
0,00-10,00	10,00-20,00	20,00-30,00	30,00-40,00	40,00-50,00	50,00-60,00	60,00-70,00	70,00-80,00	80,00-90,00	90,00-100,00
------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	--------------

Questa analisi di dettaglio evidenzia una concentrazione in valore assoluto sicuramente maggiore nel periodo invernale fino al 2006, avente i massimi in corrispondenza delle ore 8.00 e delle ore 20.00 (curva bimodale evidenziata dai giorni tipo annuali), rispetto ai valori in concentrazione misurati nel periodo estivo, che però proprio nello scorso anno, in marzo, e luglio hanno raggiunto per la prima volta la soglia dei 70 µg/m³ alle ore 7.00 del giorno tipo bisettimanale.

Si nota inoltre che in estate i valori più elevati in concentrazione, nelle 24 ore, si riscontrano in corrispondenza delle ore mattutine tra le 7.00 e le 9.00, si osserva poi una sensibile diminuzione durante le ore centrali del giorno ed infine un più contenuto aumento serale.

Questa caratteristica emerge ancora più chiaramente se si osserva il grafico a superficie dei contributi in percentuale appositamente elaborato e che è visibile a pagina seguente.

Stazione di Piazza Cappelletto
NO₂ contributo orario in percentuale
media su base bisettimanale anno 2002-2006



Come si vede in figura a prescindere dalla concentrazione in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ che assume questo inquinante, i valori massimi giornalieri si raggiungono, la mattina nel periodo estivo, e la sera intorno alle ore 20.00 nel periodo invernale. (si ricorda che il dato è espresso in percento sulla somma delle concentrazioni giornaliere misurate ed è indipendente dal valore assoluto).

Questo fenomeno si potrebbe ricondurre ai seguenti fattori:

- Particolari condizioni meteo-climatiche, come le brezze pomeridiane che soffiano dai quadranti occidentali nei pomeriggi estivi
- il livello di irraggiamento solare decisamente più elevato nelle parti centrali dell'anno
- fattori antropici come il deciso incremento di ossidi di azoto che deriva dal riscaldamento domestico in inverno; acceso per molte ore dal tardo pomeriggio in poi fino a sera inoltrata.
- un uso più esteso o con differente modalità dell'automobile e dei trasporti durante il periodo più freddo
- una mutua corrispondenza chimica tra il biossido di azoto, l'ozono e il monossido di azoto che partecipano alla formazione dello smog fotochimico.

Relazione tra ossidi di azoto e ozono

Nei due grafici alla pagina seguente, sono riportati A) gli andamenti del "giorno tipo" utilizzando 5 anni di osservazioni dal 2002 al 2006 del nostro centro operativo; le curve ricavate sono costituite da circa 43000 medie orarie per ciascuno dei 3 parametri Ozono, Biossido e Monossido di Azoto. B) Lo stesso giorno tipo espresso come contributo percentuale di ogni singola ora.

Alla pagina dopo sono mostrate due grafici analoghi al primo del solo "giorno tipo", costruiti osservando due periodi caratteristici del 2006, in estate ed in inverno;

Si evidenzia come ad un massimo del valore di NO corrisponda un picco di NO₂ ed un valore di minimo relativo all'Ozono. Inoltre si individua chiaramente la deviazione sul profilo di NO delle ore 12.00, corrispondente alle immissioni dovute al traffico di primo rientro a fine mattina ed il corrispondente flesso dell'NO₂.

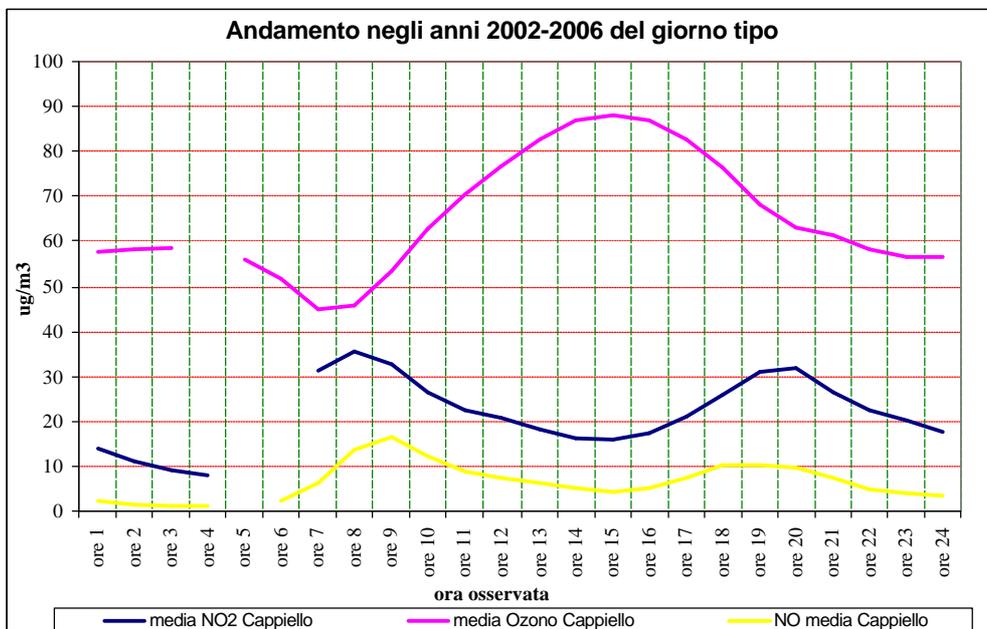
La descrizione delle curve è riferita al grafico "B)" delle percentuali perché di facile lettura, ma i trend corrispondono perfettamente anche ai due periodi osservati nei grafici stagionali; si veda la spiegazione per comprendere la differenza di questi, nell'ampiezza delle escursioni circadiane.

ARPAT

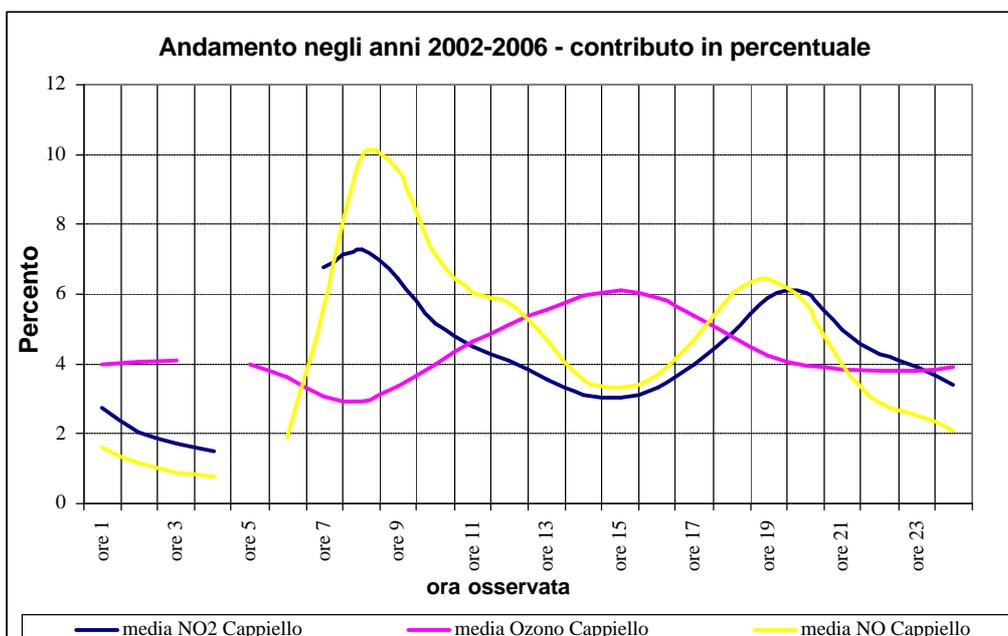
Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

Il traffico veicolare e le altre sorgenti di inquinanti primari intorno alle ore 7 iniziano le emissioni di NO, come si vede dal grafico l'Ozono, che si è stabilizzato alla concentrazione di fondo notturna, viene ulteriormente "consumato" dal Monossido di azoto, inquinante primario, contribuendo alla rapida formazione di NO₂ che si accumula fino a che l'aumento della radiazione solare e la cessata produzione di NO non ne limita la crescita; in questa fase avviene l'accumulo di Ozono, a partire dalla degradazione di NO₂ mediante la luce solare.

A)



B)



Alle reazioni partecipano anche altre sostanze organiche che a loro volta generano una seconda categoria di inquinanti secondari che vanno a costituire lo smog fotochimico (tali sostanze non sono misurate e sono costituite da PAN ovvero perossiacetilnitrati, da aldeidi ed altri inquinanti).

Nella parte centrale del giorno e specialmente in estate l'NO va quasi a zero consumato interamente dall'abbondante presenza di O₃, che lo trasforma in NO₂ disponibile per altre ragioni cicliche, fino al pomeriggio inoltrato, quando la ripresa del traffico immette nuovo monossido in atmosfera.

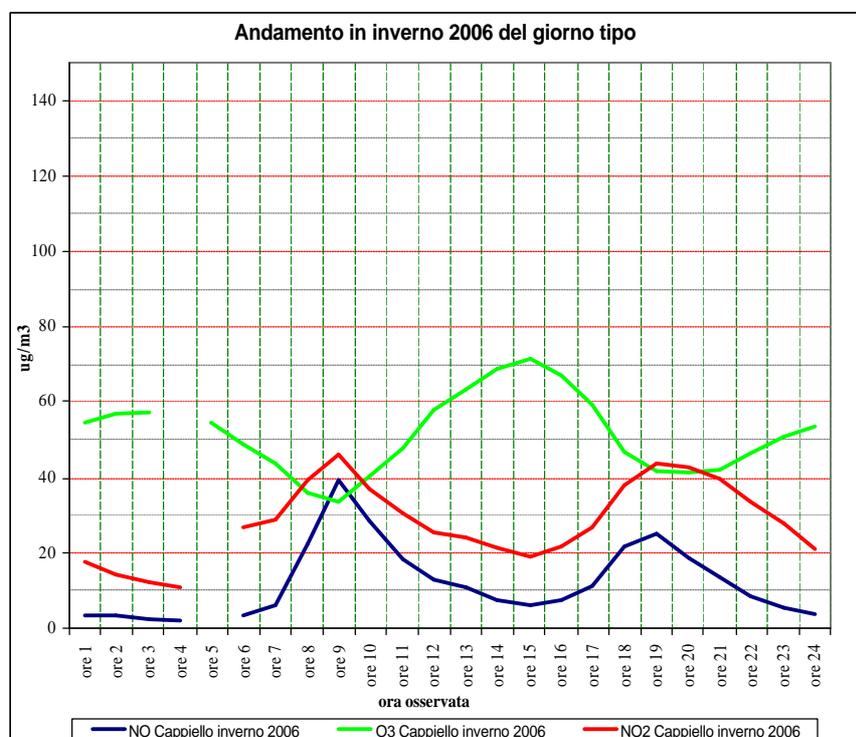
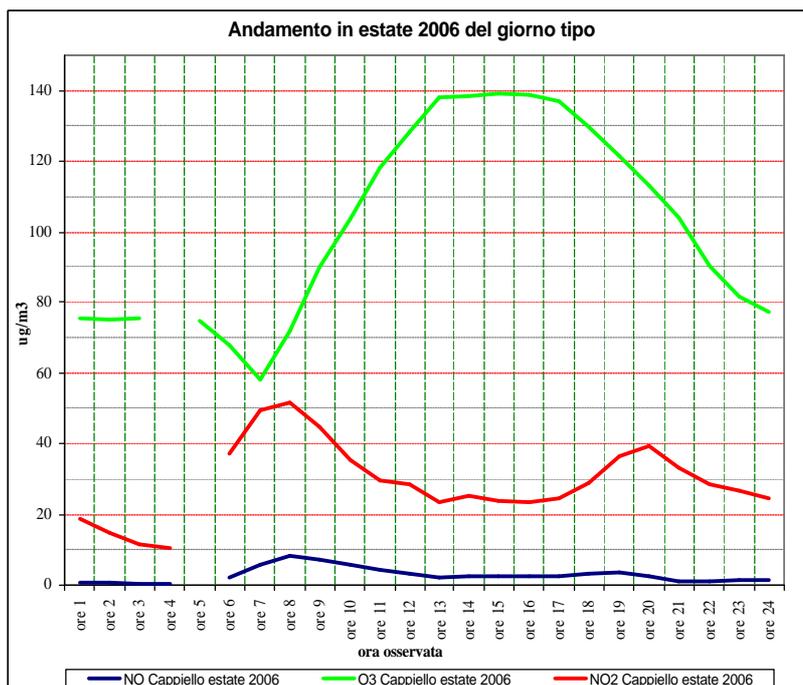
Il neo Monossido serale, viene rapidamente trasformato in

Biossido dall'eccesso di Ozono che a sua volta comincia a calare mentre nel frattempo si accumula nuovamente l'NO₂, anche in virtù della ridotta radiazione solare.

Mano a mano che si riduce l'immissione del monossido del traffico o del riscaldamento tutte le reazioni rallentano, gli inquinanti cominciano a diminuire proporzionalmente fino alla concentrazione di fondo stabilita da una serie di parametri, tra cui velocità e direzione del vento, la stabilità atmosferica o la quota di rimescolamento.

I valori di minima concentrazione di inquinanti si raggiungono generalmente intorno alle ore 5.00 /

6.00 del mattino. La mattina intorno alle ore 7 il ciclo ricomincia alimentato da nuovi inquinanti primari. L'ampiezza delle escursioni in concentrazione di ogni singola sostanza sono governate da molti fattori, come appunto il periodo dell'anno, come si vede dai due grafici in questa pagina, ed in particolare il rimescolamento atmosferico, l'irraggiamento solare, la temperatura, ma anche le modalità di immissione in atmosfera degli inquinanti primari (quota, flussi di massa e temperatura dei gas emessi, trasporto da sorgenti remote ecc.).



Le curve mostrate sopra sono corrispondenti a 2 periodi tipici, estivo ed invernale del 2006.

ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

Ricapitolando quanto detto in precedenza alla base delle complesse reazioni da cui si originano ozono e biossido di azoto si trova la trasformazione del monossido di azoto in biossido, la partecipazione del NO₂ alla formazione di ozono in un processo mediato dalla luce e l'interferenza di altri inquinanti di natura organica. Questi eventi contribuiscono alla formazione di nuove sostanze indesiderabili (PAN e altri), e all'accumulo di O₃ in particolari periodi del giorno e dell'anno sulla base della disponibilità di inquinanti primari e luce solare; a questo proposito non si deve trascurare inoltre il trasporto su lunga distanza degli inquinanti che partecipano alle reazioni sopra menzionate.

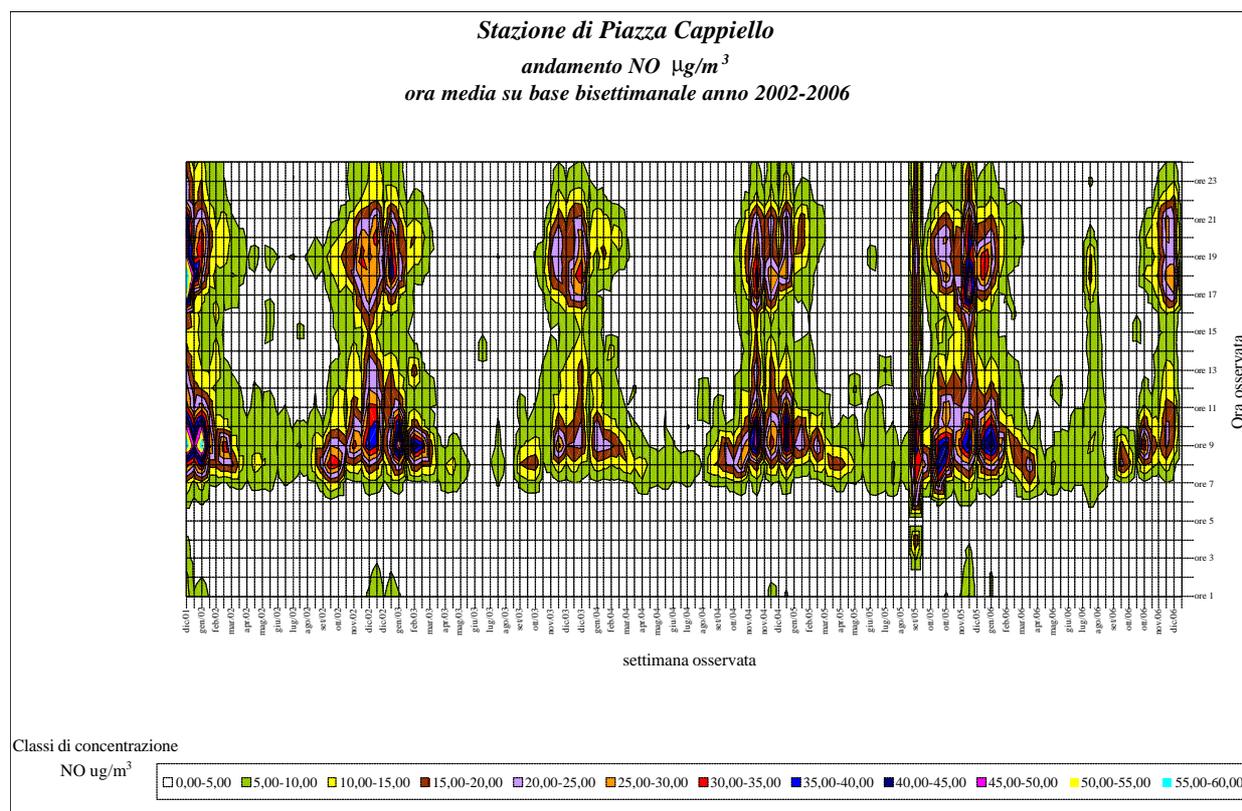
Per concludere è ormai largamente condiviso il fatto che non sarà possibile risolvere il problema dell'inquinamento atmosferico da ozono nelle aree esaminate, senza prevedere cambiamenti su vasta scala che interessino tutte le sorgenti emissive, anche in zone più remote rispetto alle postazioni di monitoraggio.

Questo approccio è l'unico possibile non potendo, per ovvi motivi, intervenire in modo diretto sui fattori meteorologici, come il trasporto degli inquinanti su lunga distanza o l'irraggiamento solare.

Si sottolinea che presso la stazione di Piazza Cappelio, non sono stati superati gli standard di qualità dell'aria per NO₂, quanto piuttosto per l'ozono a causa delle immissioni di inquinanti primari emessi anche da altre sorgenti in zone più remote.

Al solo scopo informativo si riporta il grafico a superficie del NO per evidenziare i momenti di massima emissione locale; dal grafico si evidenzia il livello di emissione particolarmente elevato nell'inverno del 2005 a causa del perdurare di temperature molto basse.

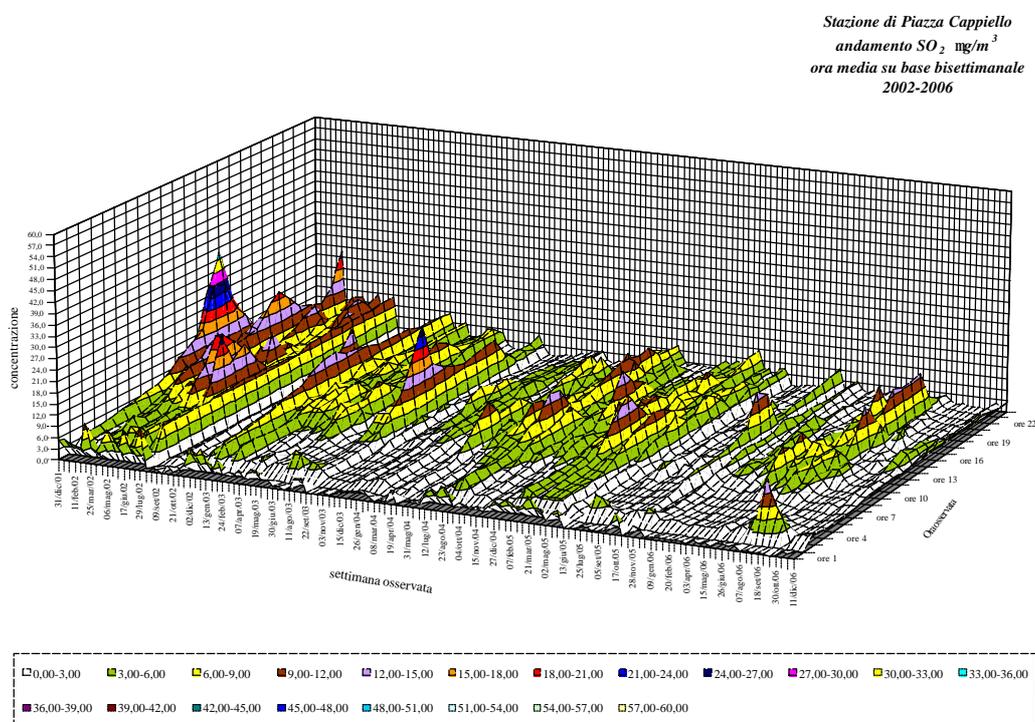
Si può inoltre osservare come nei pomeriggi estivi l'NO non sia affatto presente, infatti in quelle condizioni è consumato rapidamente dall'Ozono ed avviato verso il ciclo dello smog fotochimico.



5.1.2 SO₂

Per quanto riguarda questo inquinante, le misure effettuate nei 5 anni sono riportate nel grafico a 3D qui di seguito.

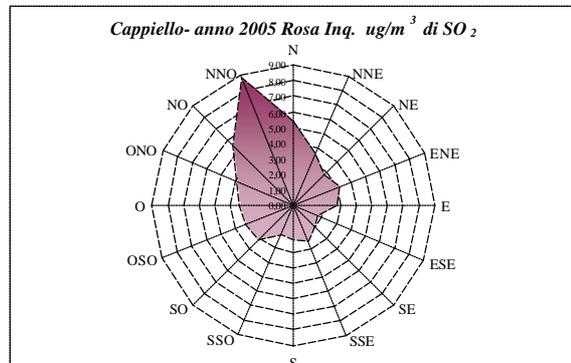
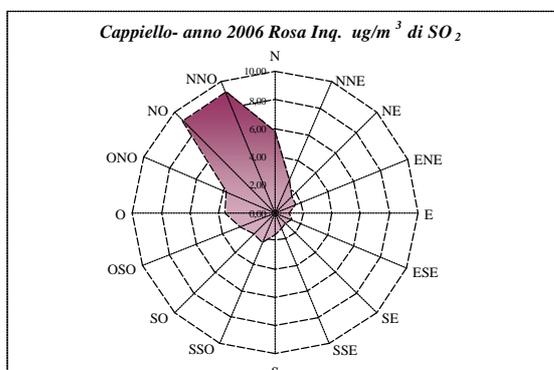
Per una descrizione del grafico si rimanda al paragrafo iniziale; i dati sono costituiti dal valore assunto come la media di 14 giorni consecutivi di ciascuna delle 24 ore del giorno, "Giorno tipo" bisettimanale.



Non sussistono particolari criticità da evidenziare per quanto riguarda il rispetto degli standard di qualità dell'aria, d'altro canto però, si deve segnalare un andamento delle concentrazioni piuttosto singolare e che peraltro trova una buona corrispondenza con l'andamento che si evince per questo inquinante alla Stazione di Carducci, successivamente meglio descritto.

A tal proposito, si riporta la rosa dell'inquinamento dell'SO₂ per gli anni 2006 e 2005; queste, figure analizzate in modo congiunto alle rose dell'inquinamento per la Stazione di Carducci e Leonardo da Vinci, hanno permesso di individuare che una importante sorgente emissiva a Livorno, peraltro responsabile di significativi aumenti nella concentrazione di SO₂, è da individuarsi nella zona portuale (si veda il paragrafo di SO₂ a Carducci per maggiori dettagli).

Nel corso di 5 anni di analisi, gli eventi più significativi si sono verificati quasi sempre durante le



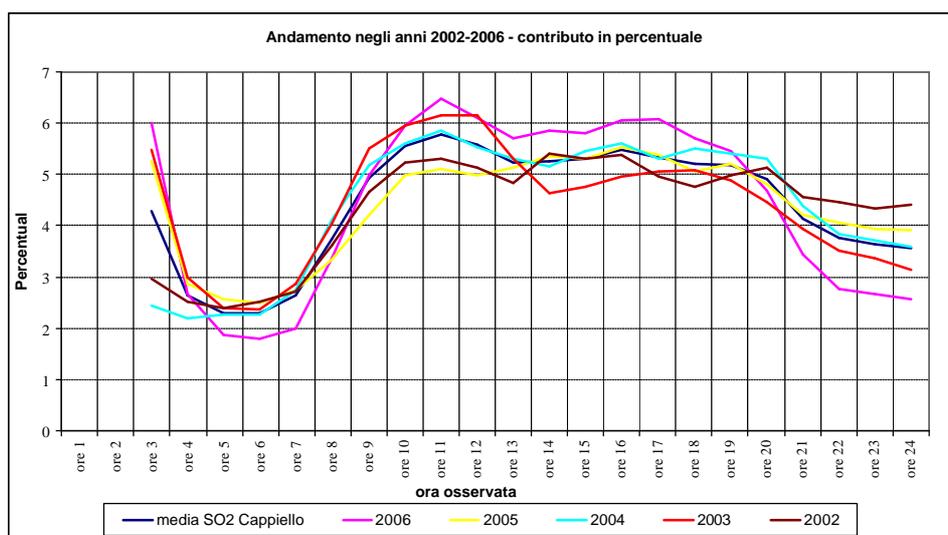
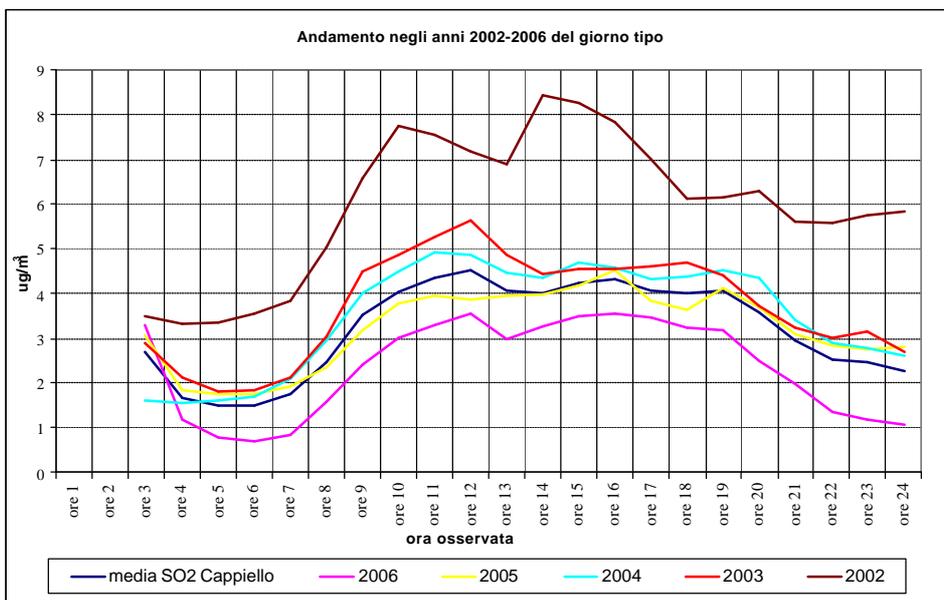
ore pomeridiane e principalmente nei mesi estivi.

La provenienza dell'SO₂ è circoscritta ad un settore di circa 22° di ampiezza, in direzione NO, si confronti questo dato con quello di Carducci e Leonardo da Vinci (stazione privata).

ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

L'andamento del giorno tipo evidenzia un profilo completamente differente rispetto all'NO₂ e dell'NO così come la percentuale della distribuzione dell'inquinante nelle 24 ore; si vedano i grafici sotto riportati.

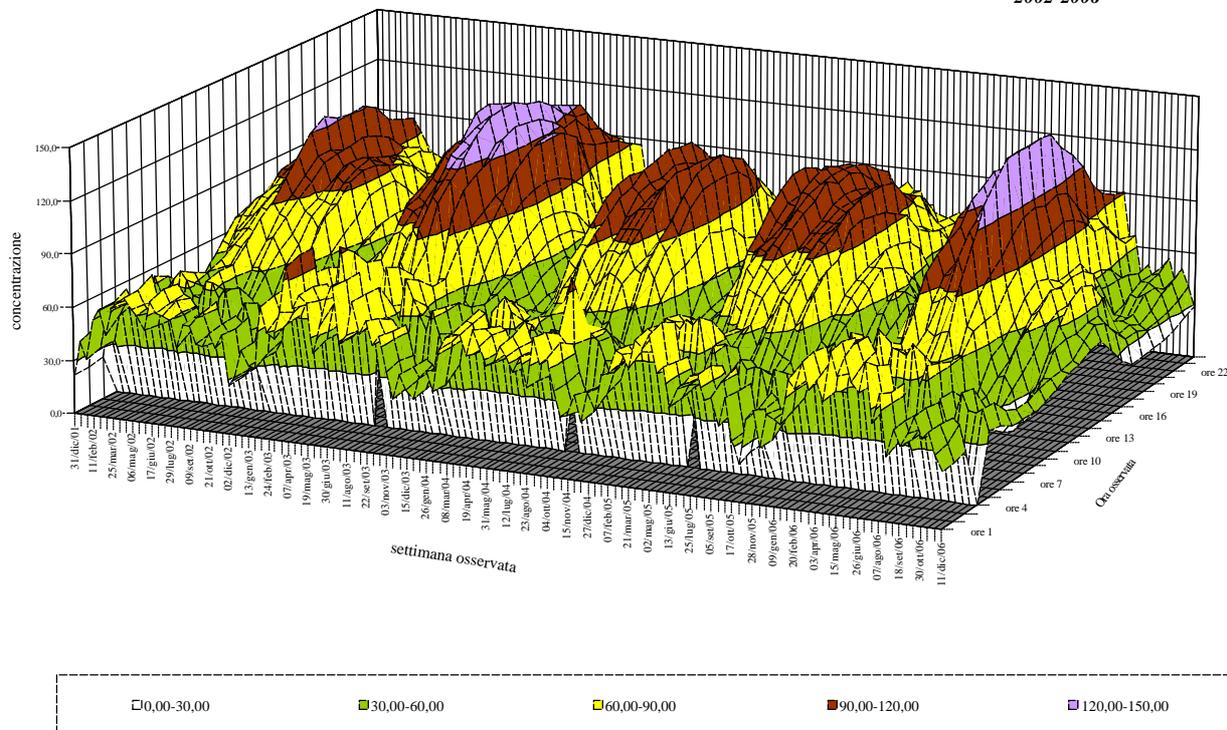


Per ragioni espone in seguito, si ritiene che la causa di questo particolare andamento giornaliero possa essere non solo circoscritta ad un limitato numero di emissioni puntiformi, ma piuttosto vada individuata in una serie di fenomeni di trasporto dell'inquinante, in modo diffuso da sorgenti industriali, portuali o di attività circoscritte a questo, e soltanto in particolari condizioni anemologiche.

Tale argomento sarà meglio sviluppato nel paragrafo SO₂ misurato presso la stazione di Carducci.

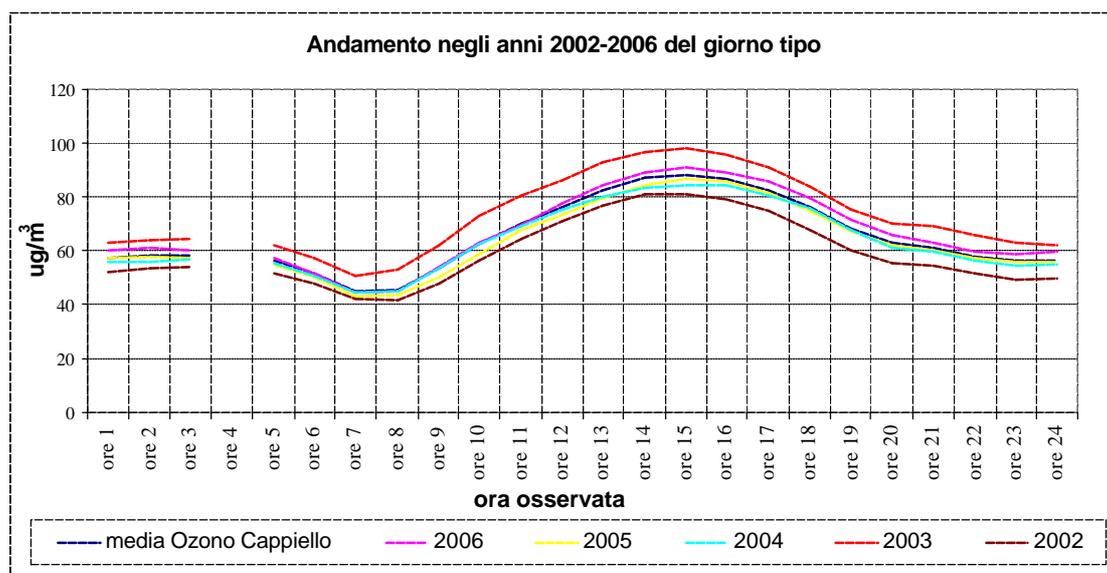
5.1.3 Ozono

Stazione di Piazza Cappelio
andamento O_3 mg/m^3
ora media su base bisettimanale
2002-2006



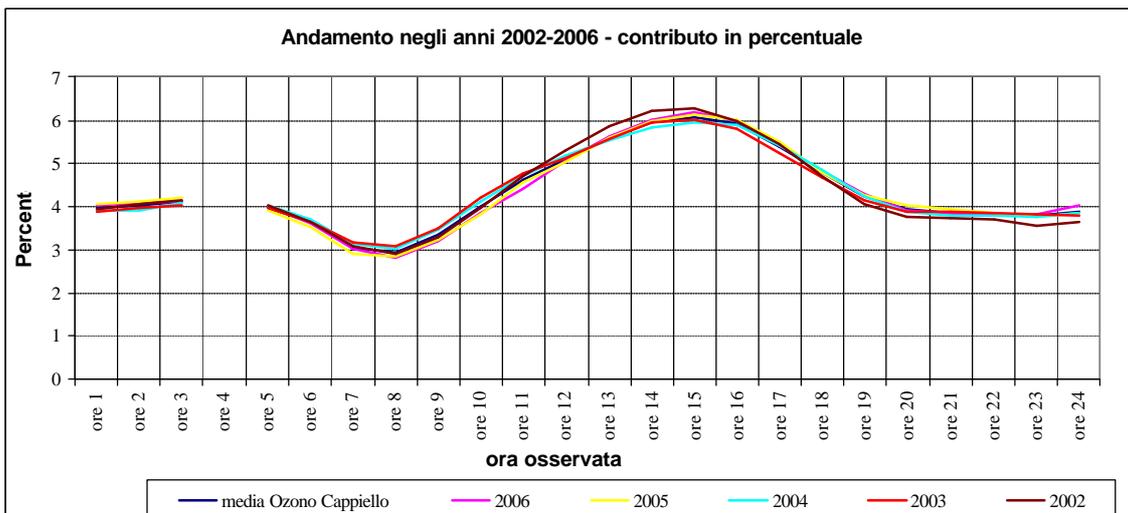
Gli standard di qualità per l'Ozono sono stati superati ed in particolare si nota per l'anno 2006 un peggioramento della qualità dell'aria nelle ore pomeridiane dei mesi estivi rispetto ai due anni precedenti.

Si riporta l'andamento del "giorno tipo" annuale e del contributo in percentuale al giorno tipo.



ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO



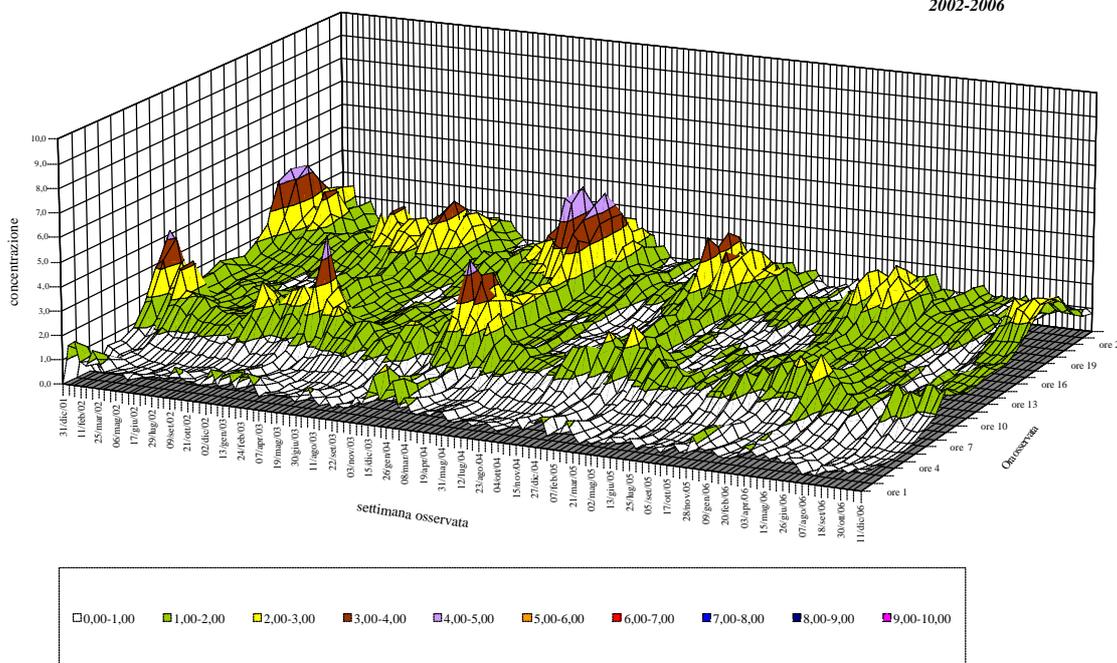
Non si riportano ulteriori commenti a quanto già esposto per l'NO₂, essendo questi due inquinanti correlati da numerosi fattori.

Pertanto, si rimanda al paragrafo relativo allo studio dell'ozono nel territorio livornese, paragrafo 6, che passa in rassegna, simultaneamente, i dati delle tre centraline pubbliche ed altre informazioni sulla migrazioni degli inquinanti.

5.2 Viale Carducci

5.2.1 CO

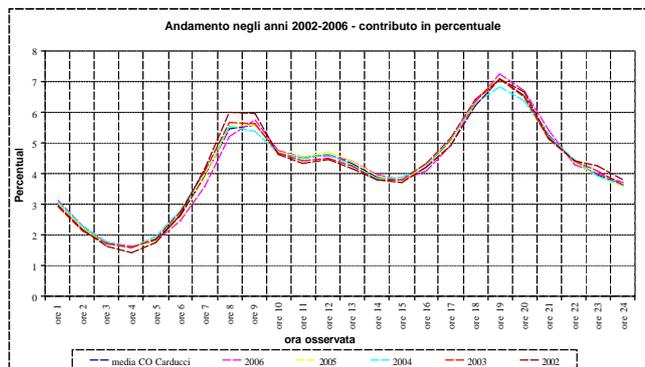
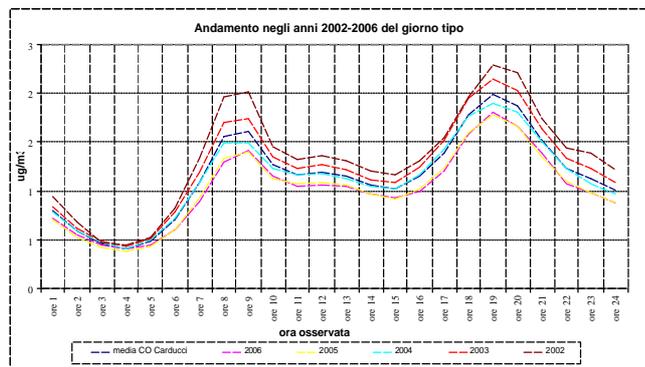
Stazione di Viale Carducci
andamento CO mg/m^3
ora media su base bisettimanale
2002-2006



Come si vede l'andamento degli ultimi 5 anni è stato diretto verso un progressivo miglioramento della qualità dell'aria in riferimento al Monossido di Carbonio.

Si suppone che il miglioramento della efficienza dei motori a scoppio utilizzati nel trasporto e la diminuzione del traffico veicolare possano essere due tra i fattori che hanno contribuito maggiormente al trend positivo per questo inquinante; peraltro lo stato di buona qualità dell'aria per il monossido di carbonio si può considerare un obiettivo raggiunto e mantenuto stabilmente già da qualche anno, come si evince dalle relazioni degli anni precedenti.

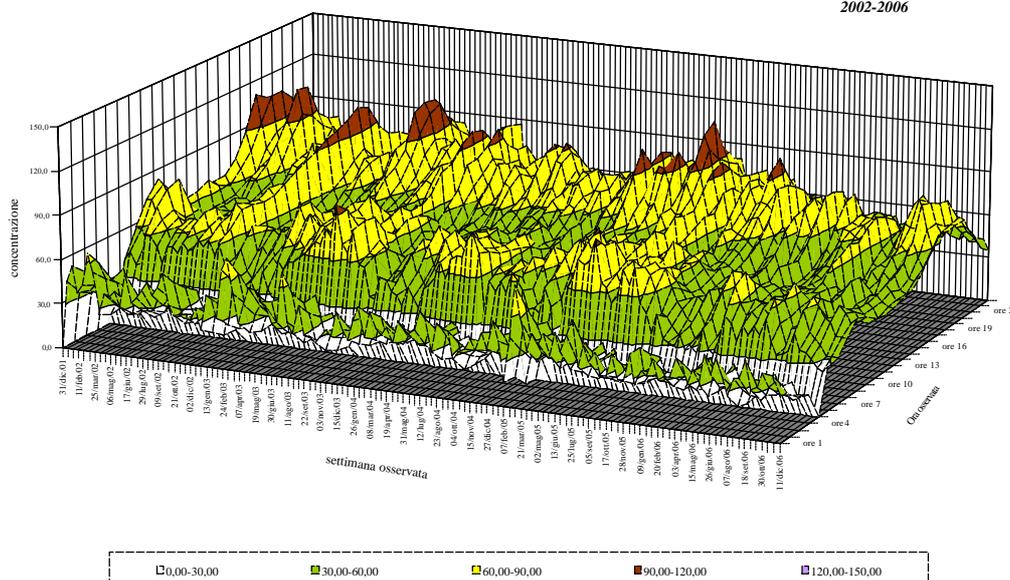
I grafici sopra riportati dei "giorni tipo" annuale nel quinquennio 02/06 e del contributo in



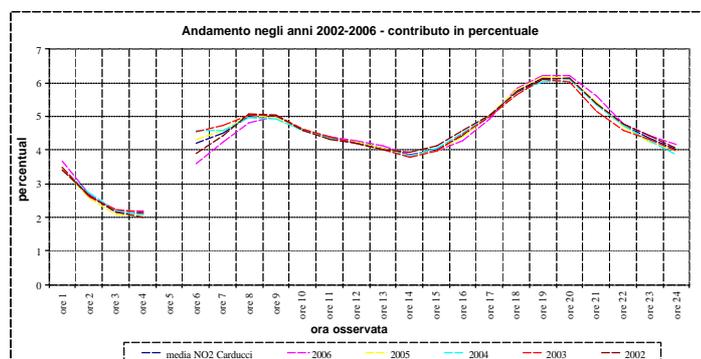
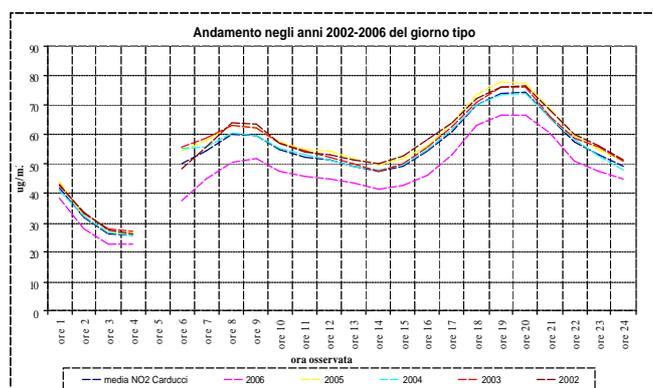
percentuale dei medesimi non fanno emergere alcuna criticità per questo inquinante e confermano il trend in diminuzione.

5.2.2 NO₂

Stazione di Viale Carducci
andamento NO₂ µg/m³
ora media su base settimanale
2002-2006



Per il Biossido di Azoto in questa stazione la tendenza è opposta rispetto a Piazza Cappiello; infatti pur evidenziandosi un profilo identico per quanto riguarda la distribuzione nell'arco dell'anno e delle 24 ore del "giorno tipo", dalle curve bimodali sotto riportate, si evince una condizione



nettamente migliore per l'anno 2006.

Tuttavia così come evidenziato nel riepilogo degli indici di qualità di riferimento, si evince che lo stato di qualità dell'aria è superato anche nell'anno 2006.

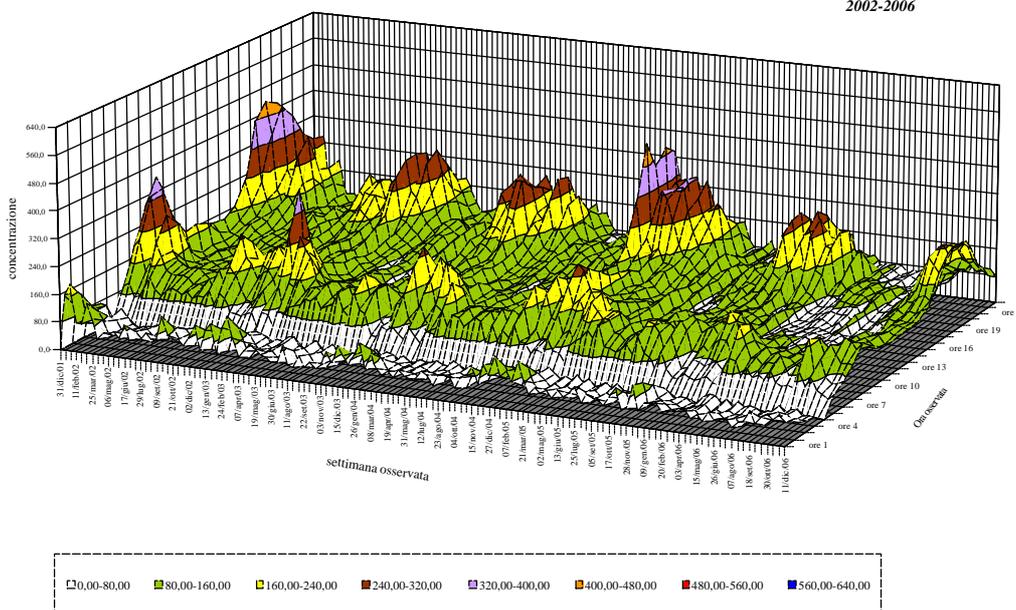
Il valore limite è rispettato, nel "giorno tipo", solamente per un brevissimo lasso di tempo in occasione del raggiungimento della porzione inferiore della curva del grafico di sinistra dalle ore 1.00 alle ore 6.00.

Per la stazione di Carducci valgono le indicazioni riportate al paragrafo di Piazza Cappiello e cioè che i miglioramenti per questo inquinante potranno essere conseguiti adottando adeguate politiche di regolamentazione nell'uso del mezzo privato su scala locale e non solo.

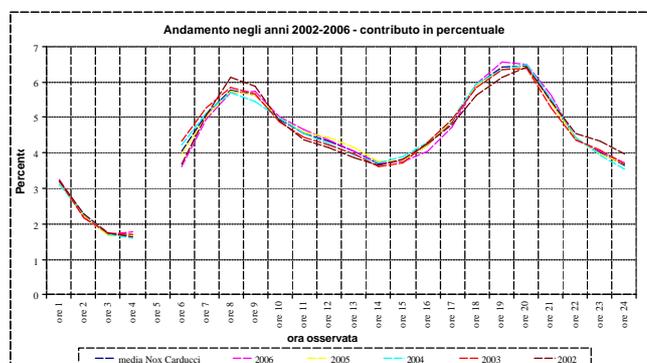
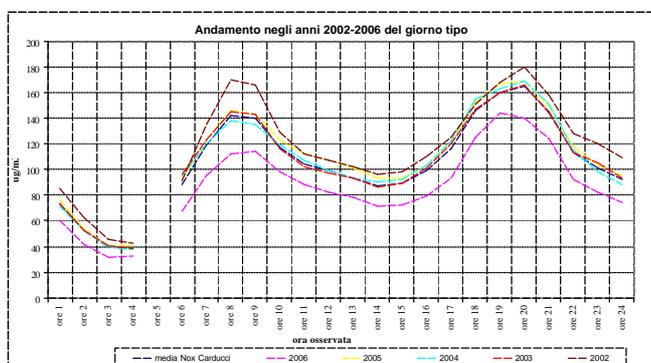
I dati sui flussi veicolari paragrafo 6.4, sembrerebbero indicare una diminuzione dei transiti nel 2006; questo potrebbe essere messo in relazione con la riduzione degli inquinanti primari riconducibili a quella sorgente. Il contributo in percentuale risulta essere molto simile in tutti e 5 gli anni a dimostrazioni che l'assortimento delle sorgenti è rimasto praticamente lo stesso, pur essendo diminuito in valore assoluto.

5.2.3 NOx

Stazione di Viale Carducci
andamento NO_x ng/m³
ora media su base bisettimanale
2002-2006



Così come era emerso dal quadro riassuntivo degli indicatori riferiti alla normativa, anche da questo grafico si evince una sostanziale stabilità delle condizioni, peraltro non buone della qualità dell'aria presso questa stazione, per quanto riguarda l'inquinamento da NO_x. Come già detto, gli ossidi di azoto NO_x pur avendo un limite di legge per la protezione della vegetazione, costituiscono un indicatore della disponibilità di prodotti per alimentare la formazione dello smog sia fotochimico



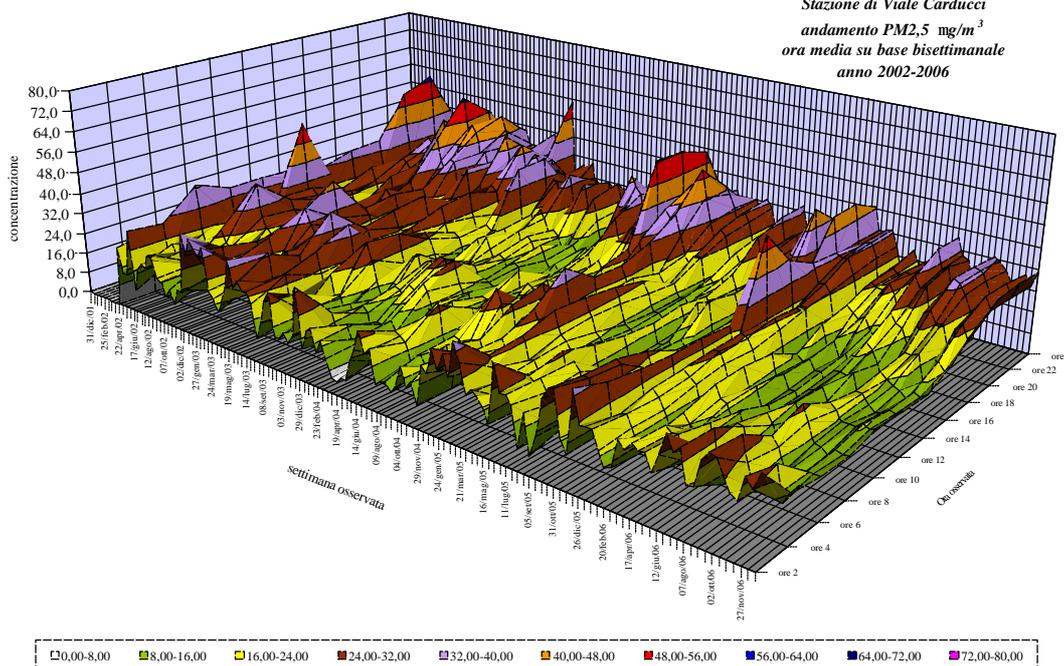
che invernale.

Un segno positivo in quest'ottica, si può ricavare dall'andamento del giorno tipo osservato nel quinquennio di 2002/2006 da cui si evince una tendenza al miglioramento nelle 24 ore ed in particolare per l'anno 2006. L'andamento percentuale è rimasto sostanzialmente stabile, ad indicare che la diminuzione della emissione di NO_x si è verificata per tutte le sorgenti in modo proporzionale.

Gli NO_x sono una miscela di inquinati primari e secondari di origine antropica; per questa stazione il contributo del traffico veicolare è sicuramente preponderante, anche se come vedremo nel paragrafo dell'SO₂ che in alcuni casi sono state individuate altre fonti di emissione collocate a nord ovest della centralina in prossimità dell'area portuale; a causa di queste emissioni, gli ossidi di azoto evidenziano alcuni picchi in corrispondenza di eventi di inquinamento relativamente importanti di SO₂.

5.2.4 PM_{2,5}

Stazione di Viale Carducci
andamento PM_{2,5} mg/m³
ora media su base bisettimanale
anno 2002-2006

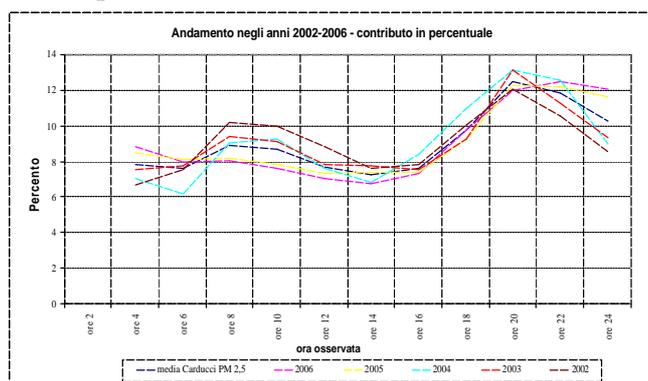
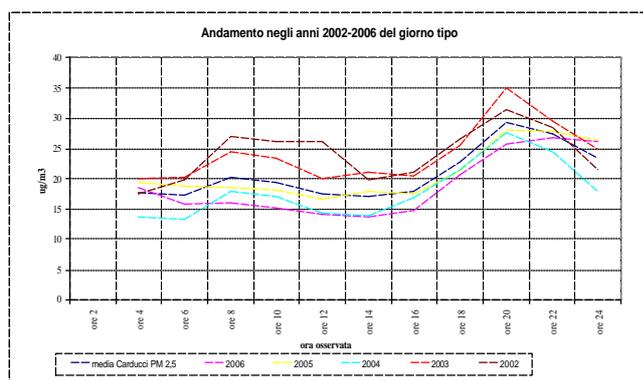


Dal grafico sopra riportato e dell'analisi degli indici calcolati a sensi della normativa di riferimento si evince un sostanziale mantenimento della qualità dell'aria per questo inquinante ad un livello accettabile e inferiore al valore limite minimo che si suppone potrebbe essere adottato in un prossimo futuro pari a 25 µg/m³.

Si deve inoltre aggiungere che sia l'andamento del "giorno tipo" annuale, che il contributo in percentuale delle ore nel giorno tipo evidenziano una condizione più instabile e meno riproducibile da un anno all'altro, rispetto agli inquinanti finora considerati.

Il contributo alle PM_{2,5} sembra essere un insieme di fattori non costante nel periodo di 5 anni di osservazione.

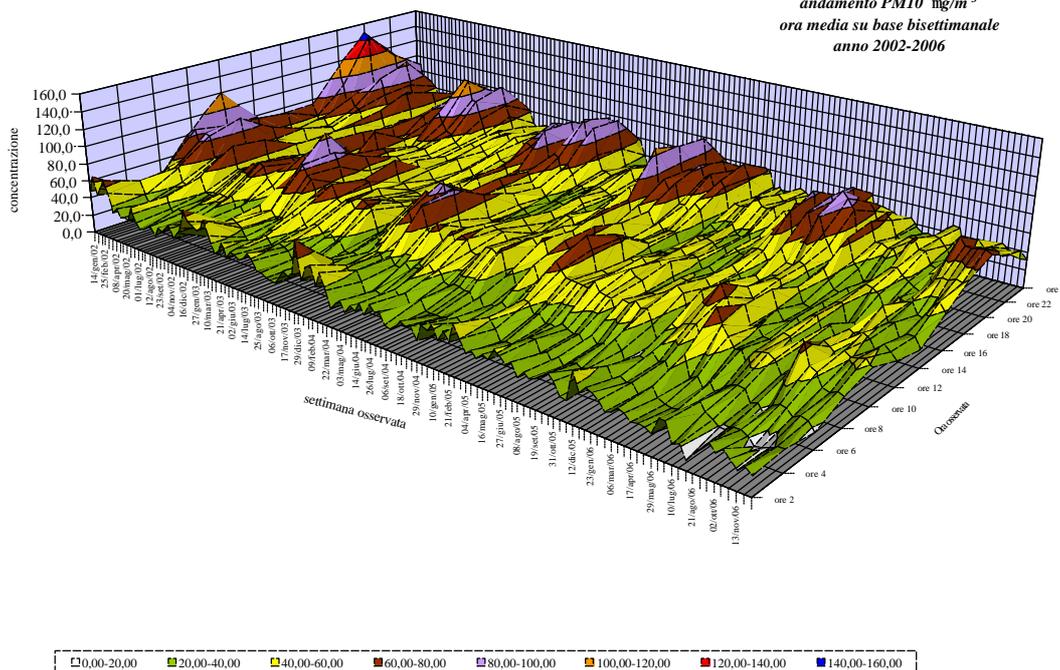
Le curve sono riportate qui sotto. Per questo inquinante, il profilo bimodale da traffico è diventato



sempre meno evidente, pur essendo misurato in prossimità di una importante via di transito; si può supporre o un cambiamento nei volumi di traffico effettivamente occorso nel 2006, oppure una modifica sostanziale nel contributo di altri sorgenti; infatti dalle curve del "giorno tipo", dell'anno 2006, si evince un calo abbastanza significativo nell'arco delle prime 12 ore rispetto agli anni precedenti. Il valore delle ore 2 non è attendibile per una problematica intrinseca al dispositivo di misura ed è stato eliminato dalla serie.

5.2.5 PM₁₀

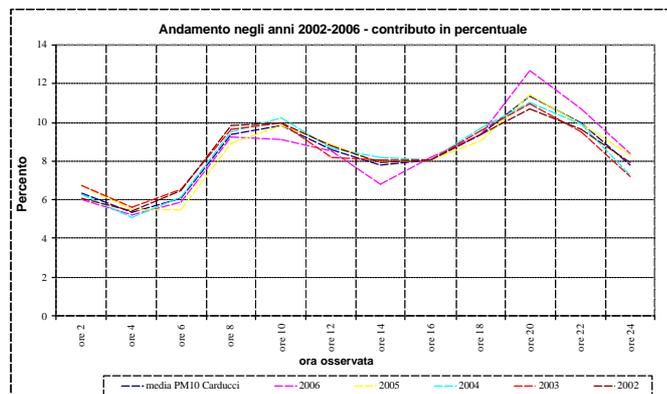
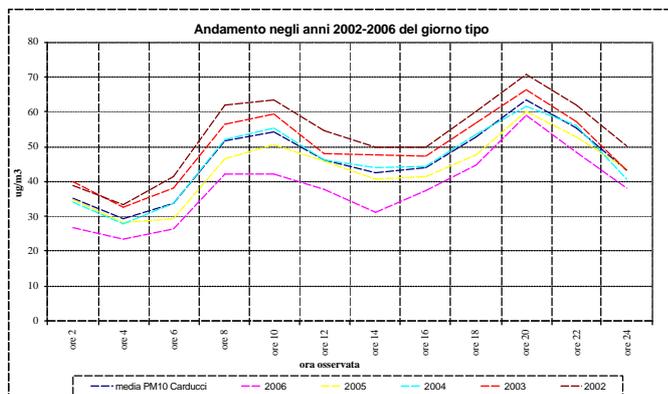
Stazione di Viale Carducci
andamento PM₁₀ ng/m³
ora media su base bisettimanale
anno 2002-2006



Dalla figura sopra riportata si evince che l'andamento del giorno tipo nel corso dei 5 anni ha avuto un calo significativo, in special modo per le prime ore del giorno; come per le PM_{2,5}.

Nei grafici dei "giorni tipo" annuali e del contributo in percentuale emerge la stessa tendenza.

In particolar modo nel grafico del contributo in percentuale delle singolo dato biorario del giorno, si evince una diminuzione nell'anno 2006 di circa l'1 % alle ore 10.00 ed un aumento relativo per le



ore 20.00 di circa il 2%, questo fatto è

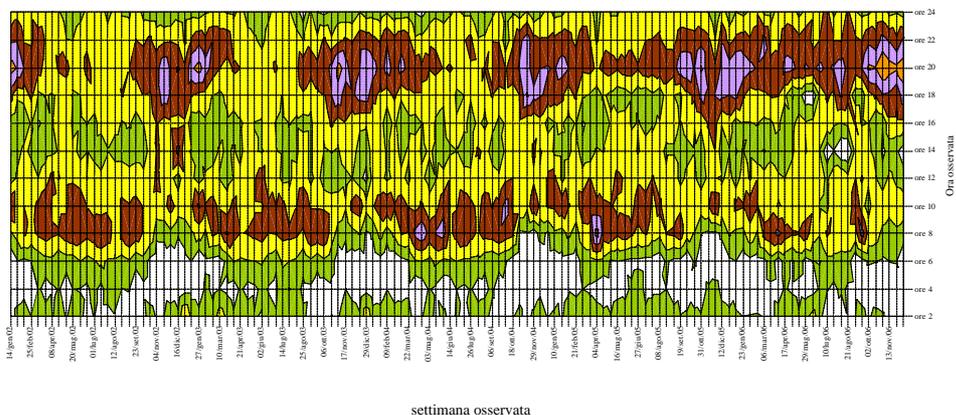
abbastanza insolito e concorderebbe anche in questo caso con un significativo cambiamento nei flussi di traffico.

Risulta in ogni caso evidente dal grafico di sinistra la netta diminuzione della concentrazione di PM₁₀ nel giorno tipo annuale 2006 che risulta essere la più bassa del periodo osservato di 5 anni.

Per meglio investigare la variazione nel contributo in percentuale, si riporta un grafico a superficie analogo a quelli mostrati per l'analisi dell'NO₂ di Piazza Cappelletto; nella figura sono riportate le 136 medie di 14 giorni consecutivi, "giorno tipo" bisettimanale, dei dati biorari nel periodo 2002/2006.

Si ricorda che la scala delle classi di contributo è in espressa in percento ed è quindi normalizzata alla sommatoria delle 12 concentrazioni biorarie misurate nell'arco delle 24 ore; pertanto i valori particolarmente elevati di dicembre 2006 sono da intendersi in modo relativo e non assoluto.

Stazione di Viale Carducci
PM10 contributo biorario in percentuale
media su base bisettimanale anno 2002-2006



Classi di contributo in percentuale

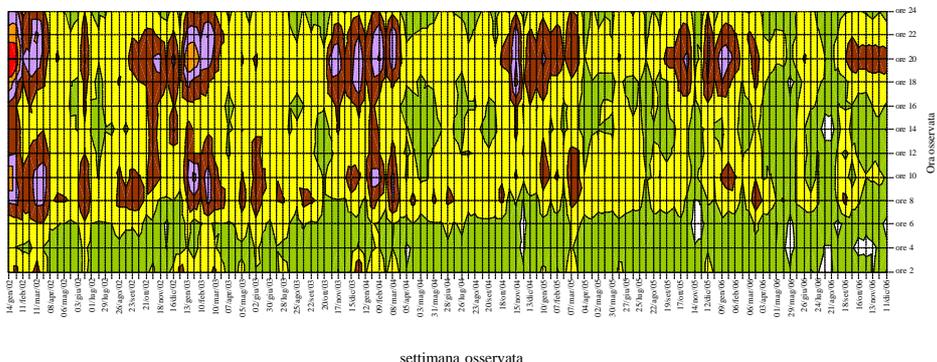


Come si vede dal grafico nella porzione all'estrema destra in alto sono evidenti i contributi delle ore 20.00 delle "bisettimane" di fine anno 2006 che superano il valore di 14% per la prima volta in 5 anni per oltre un mese

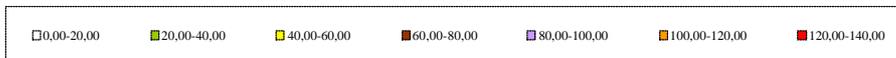
A questo evento corrisponde una diminuzione del contributo dell'inquinamento delle ore 10.00 piuttosto evidente, sia nel periodo estivo che nel periodo invernale dello stesso anno.

In conclusione così come evidenziato dall'analisi degli indicatori di stato di qualità dell'aria riferita al PM10 si osserva un deciso calo per questo inquinante nel corso dell'anno 2006; la diminuzione è stata particolarmente evidente nel periodo estivo e nelle prime ore del giorno rispetto ai 4 anni precedenti, come ben evidenziato dal grafico a superficie qui sotto. Si vede come le 14 biore consecutive, del giorno tipo, superiori a 80 siano diventate sempre più rare.

Stazione di Viale Carducci
andamento biorario PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
media su base bisettimanale anno 2002-2006

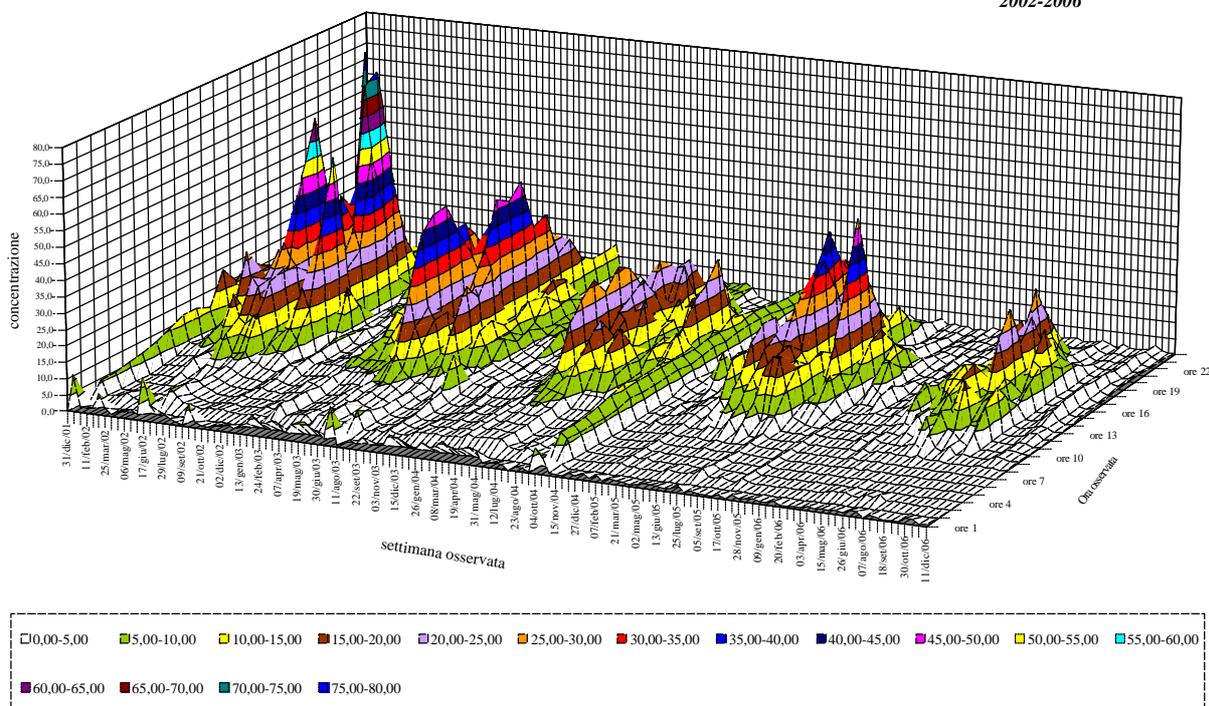


Classi di concentrazione PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

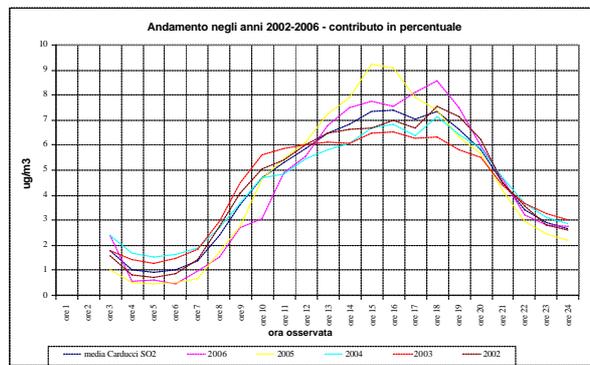
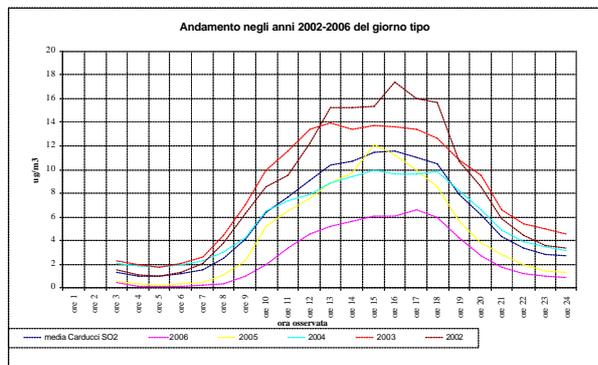


5.2.6 SO₂

Stazione di Viale Carducci
andamento SO₂ mg/m³
ora media su base bisettimanale
2002-2006



Anche questo anno si è ripetuto il fenomeno dell'incremento della concentrazione di SO₂ durante le ore centrali di alcuni giorni dell'anno, con particolari frequenze nei mesi estivi. Tuttavia, si evidenzia fortunatamente, un progressivo abbassamento della concentrazione di fondo



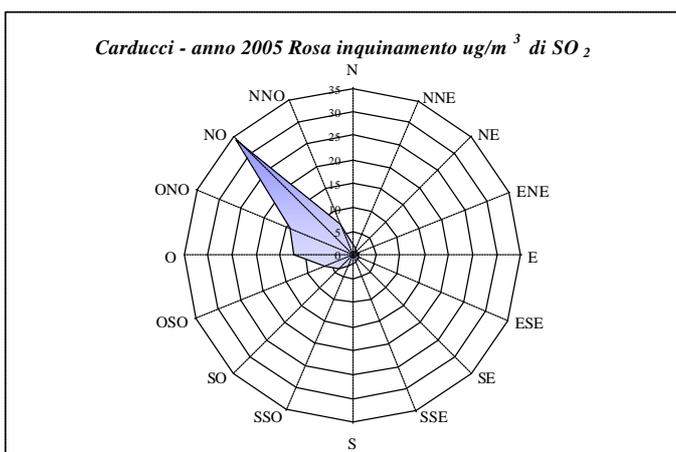
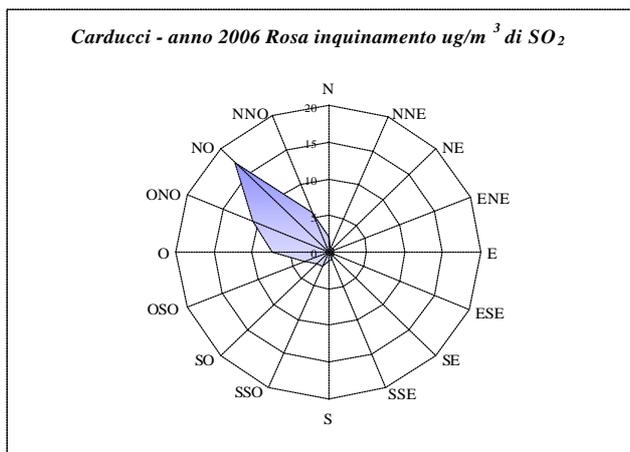
notturna di SO₂, accompagnata da una diminuzione anche delle concentrazioni massime nelle ore in cui si manifesta l'evento, soprattutto nel 2006 vedi il grafico a 3D.

Si riportano i grafici dei "giorni tipo" annuali e dei contributi in percentuale che sono concordi con quanto registrato in Piazza Capiello, ma con scale differenti.

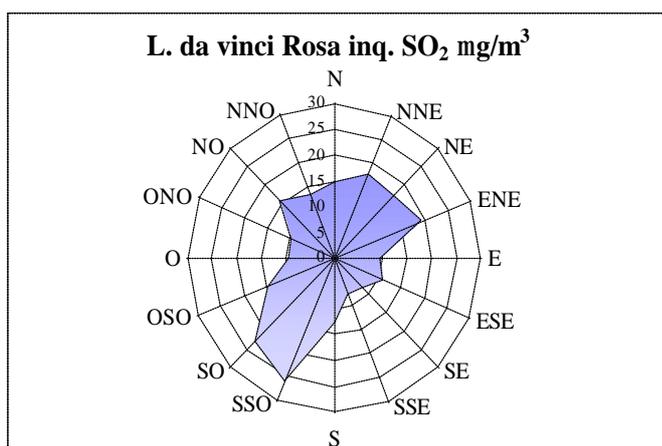
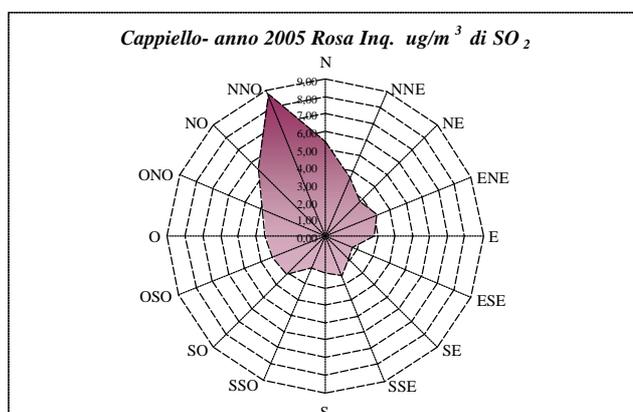
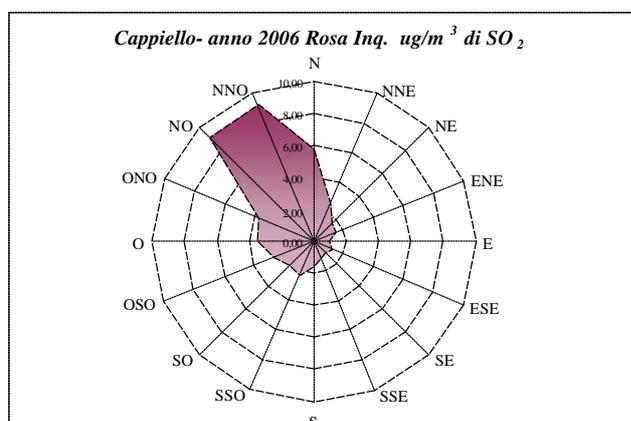
Si registrano i valori massimi nelle ore centrali della giornata ed i valori più bassi durante la notte e le prime ore del mattino.

Si riportano a seguire le rose dell'inquinamento di Viale Carducci, Piazza Capiello, e per un anno anche quella di Leonardo da Vinci, per meglio inquadrare sul territorio la zona di provenienza dell'inquinante.

Viale Carducci 2005-2006



Piazza Cappelio 2005-2006



Si noti la differenza nella scala delle concentrazioni indice della maggiore distanza di Piazza Cappelio dalla sorgente dell'inquinante.

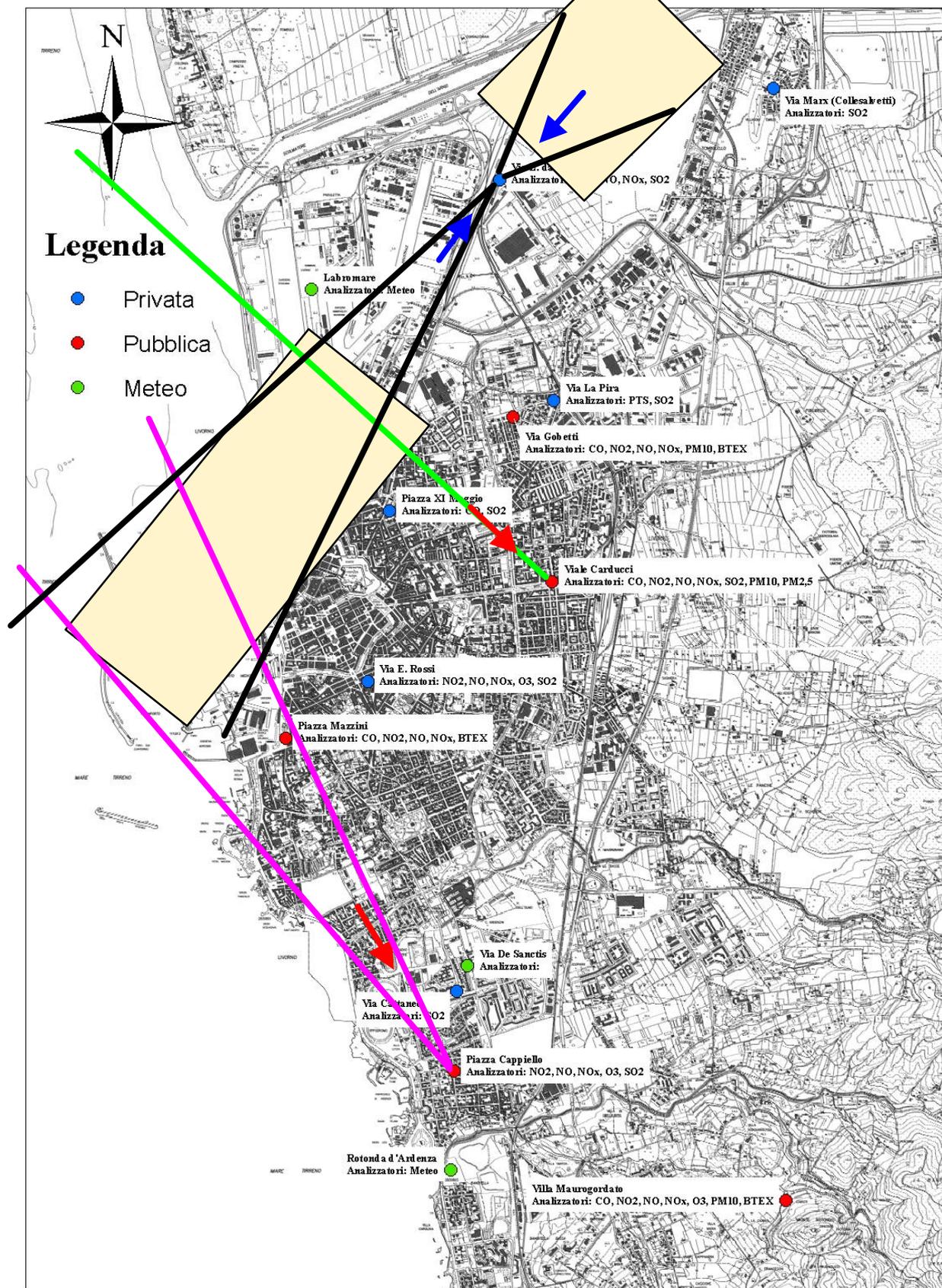
Nella cartina a pagina seguente si riporta la zona di Livorno dove sono tracciate le direzioni di massima concentrazione individuate con le rose dell'inquinamento. La porzione di territorio, da cui probabilmente si origina il fenomeno dell'inquinamento è quella compresa tra le linee continue tracciate sopravvento alle stazioni.

Si evince inoltre che la stazione di Leonardo da Vinci, sulla base della particolare rosa

dell'inquinamento sembra essere collocata sottovento anche a una sorgente ubicata a NE della centralina, avente intensità appena inferiore a quella posizionata nel III quadrante, ma una ampiezza in gradi maggiore; pertanto si suppone essere molto vicina al dispositivo di misura ma apparentemente meno intensa (dati stazione privata).

ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO



ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

Come evidenziato nella cartina alla pagina precedente gli episodi di massimo inquinamento di SO₂, misurati sporadicamente a Carducci durante le ore centrali del giorno, sembrano provenire da una zona situata in prossimità del porto.

Osservando la stazione di Leonardo da Vinci si evidenzia un'altra sorgente collocata in posizione NE ed esattamente presso un importante sito industriale del Comune di Collesalvetti.

Questo fattore, analizzato in modo congiunto al particolare andamento della direzione del vento durante i regimi di brezza, ci induce a pensare che la sorgente della SO₂, misurate a Carducci, non sia una sola o meglio ancora che non necessariamente sia da individuarsi esclusivamente nelle attività marittime.

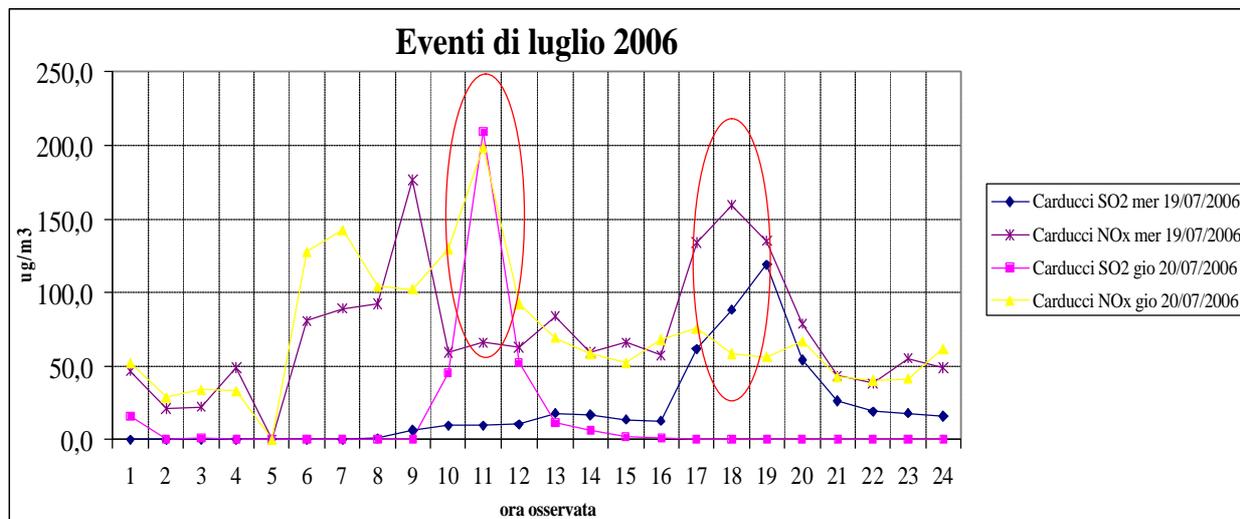
Piuttosto ci troviamo di fronte ad una serie di concause che mediate dalla direzione del vento a regime di brezza, contribuiscono in varia misura alla formazione sia degli eventi di picco registrati in alcuni mesi, sia alla determinazione di un fondo di SO₂, peraltro come già detto prima in continua diminuzione.

L'incremento sistematico di altri inquinanti riconducibili ad attività antropiche di combustione, come l'NO_x, esclude la possibilità che l'SO₂ misurata possa derivare da altre sorgenti.

Infatti nella serie di grafici seguenti si riportano alcuni eventi analizzati in dettaglio; in tutti gli episodi al raggiungimento della massima concentrazione di SO₂, è associato un incremento della concentrazione degli NO_x.

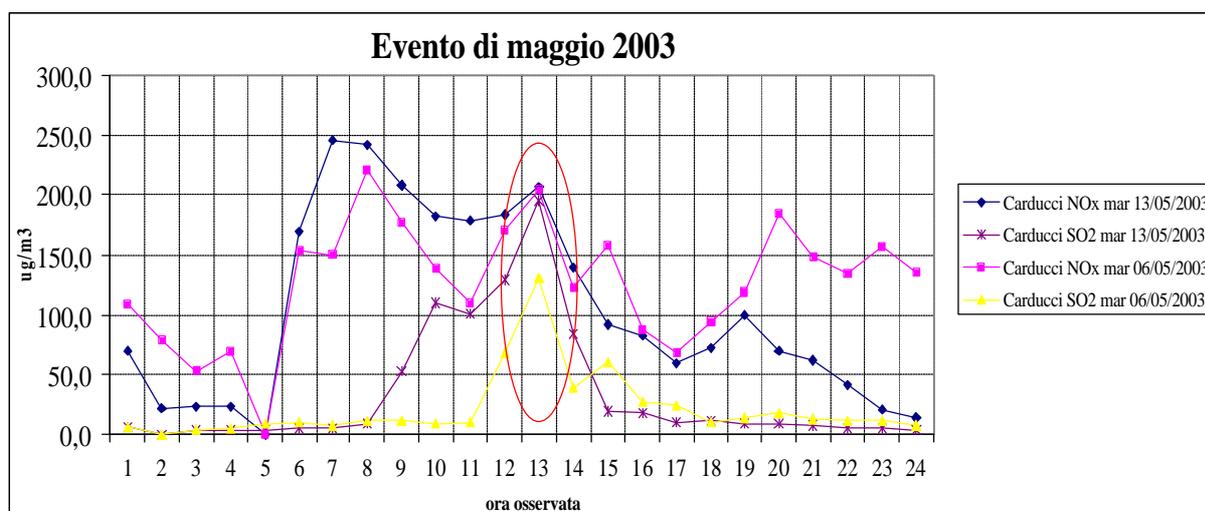
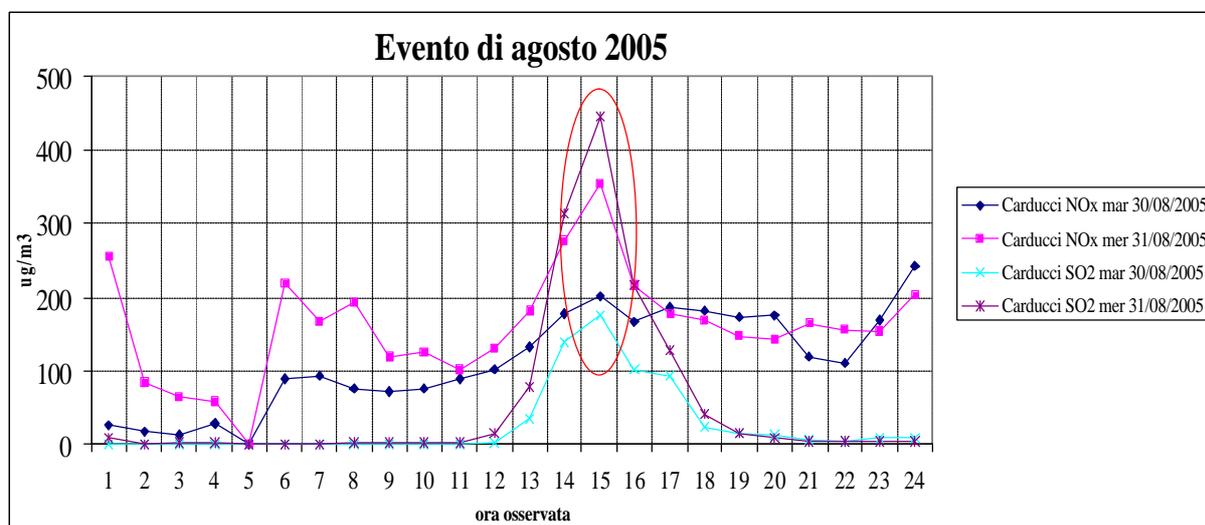
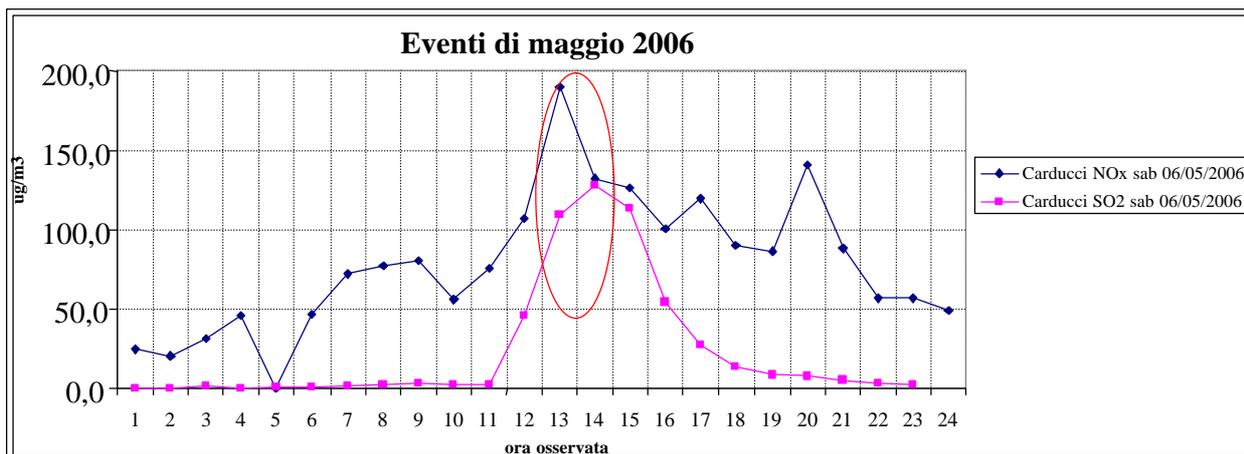
Non esiste proporzionalità tra gli incrementi osservati a causa del notevole contributo agli Ossidi di azoto dovuto al traffico, che costituisce una emissione molto prossima all'analizzatore della centralina e quindi in grado di provocare ampie oscillazioni delle misure.

In tutti gli episodi raffigurati, le massime concentrazioni per la SO₂ venivano raggiunte quando il vento soffiava da Nord-Nord-Ovest o Nord-Ovest, vedi rose dell'inquinamento.



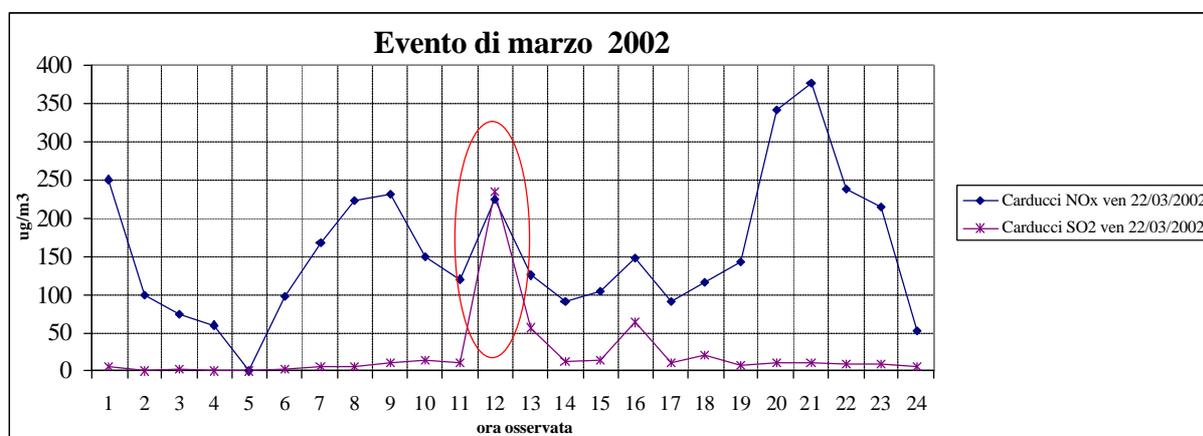
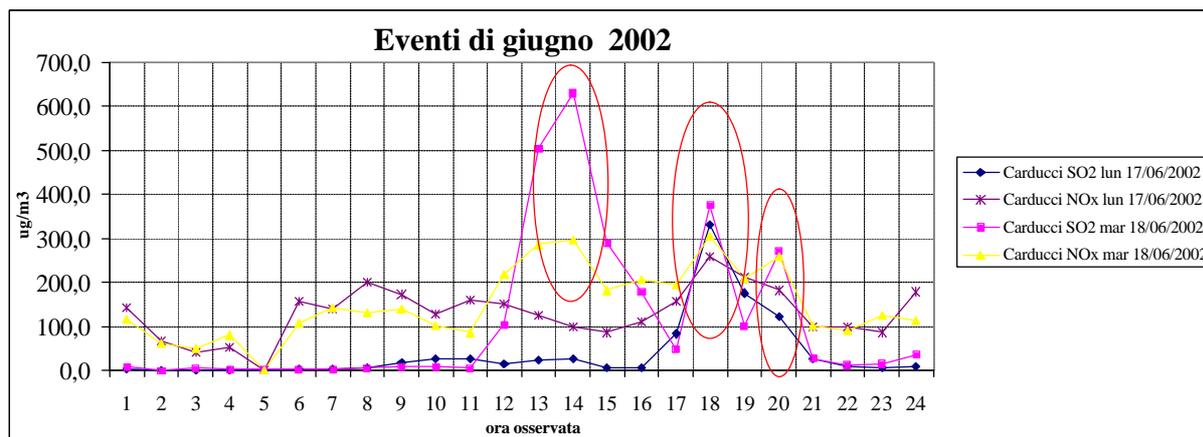
ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO



ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO



In realtà per tutti gli episodi di incremento di SO_2 , si registra sistematicamente un visibile aumento degli ossidi di azoto rispetto alla concentrazione misurata nell'intorno temporale, non è stato possibile riportarli tutti, ma si considerino molto simili alla selezione sopra esposta che ben rappresenta i 5 anni di osservazione.

Fortunatamente l'ampiezza delle escursioni, nel corso del tempo, mostra una sensibile riduzione progressiva, se si esclude l'evento di una certa importanza occorso ad agosto 2005 vedi relazione ARPAT dello scorso anno.

Infatti attualmente nel solo 2006 sono stati contati ancora 5 episodi orari, con escursioni massime superiore a $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$; tutti gli episodi sono occorsi in giorni differenti, uno nel primo semestre e 4 nel secondo; a questi si devono aggiungere un discreto numero di eventi minori.

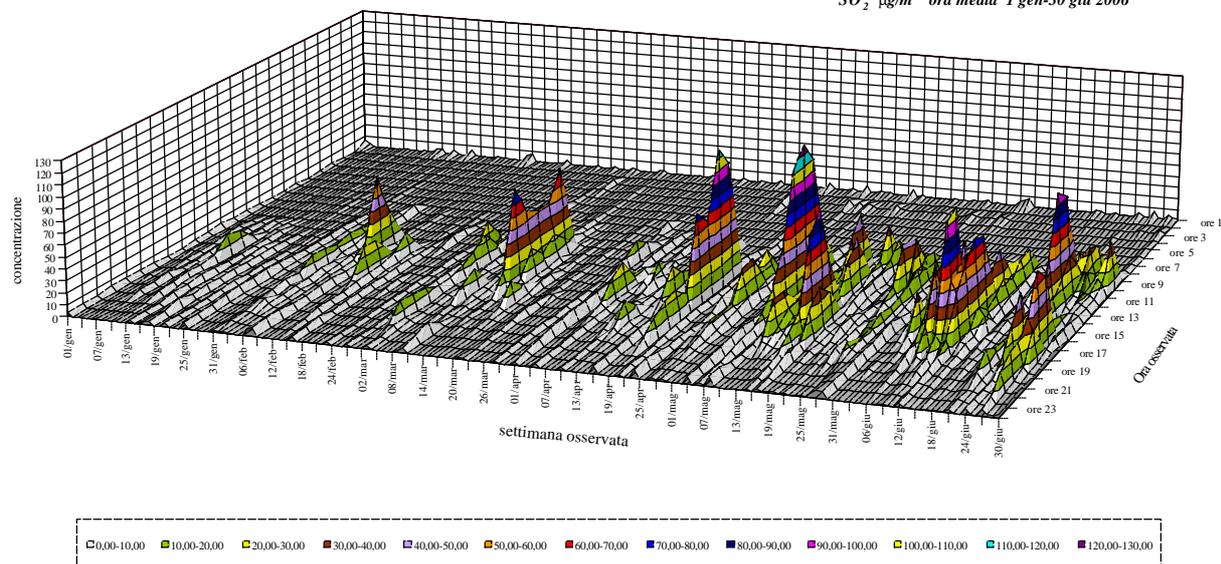
Si ribadisce che tutti gli standard di qualità di riferimento sono rispettati, e che ulteriori approfondimenti sono tuttora in corso per stabilire le cause di questi improvvisi aumenti di concentrazione.

ARPAT

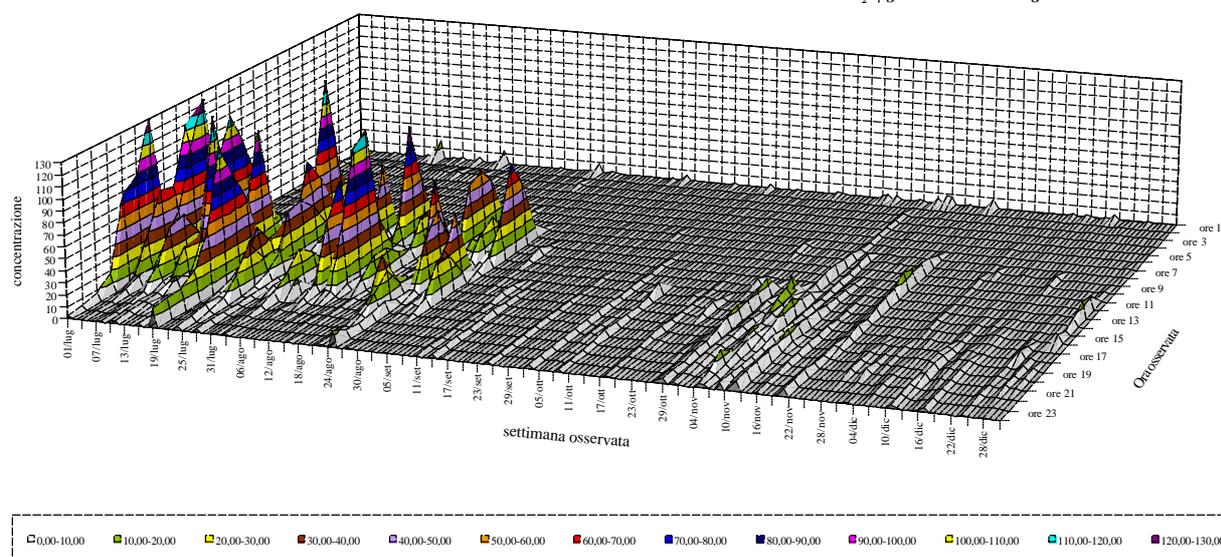
Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

Qui sotto si riporta l'andamento del valore in concentrazione media oraria dell'intero anno suddiviso in due semestri.

Stazione di Viale Carducci andamento
 SO_2 $\mu g/m^3$ ora media 1 gen-30 giu 2006



Stazione di Viale Carducci andamento
 SO_2 $\mu g/m^3$ ora media 1 lug-31 dic 2006



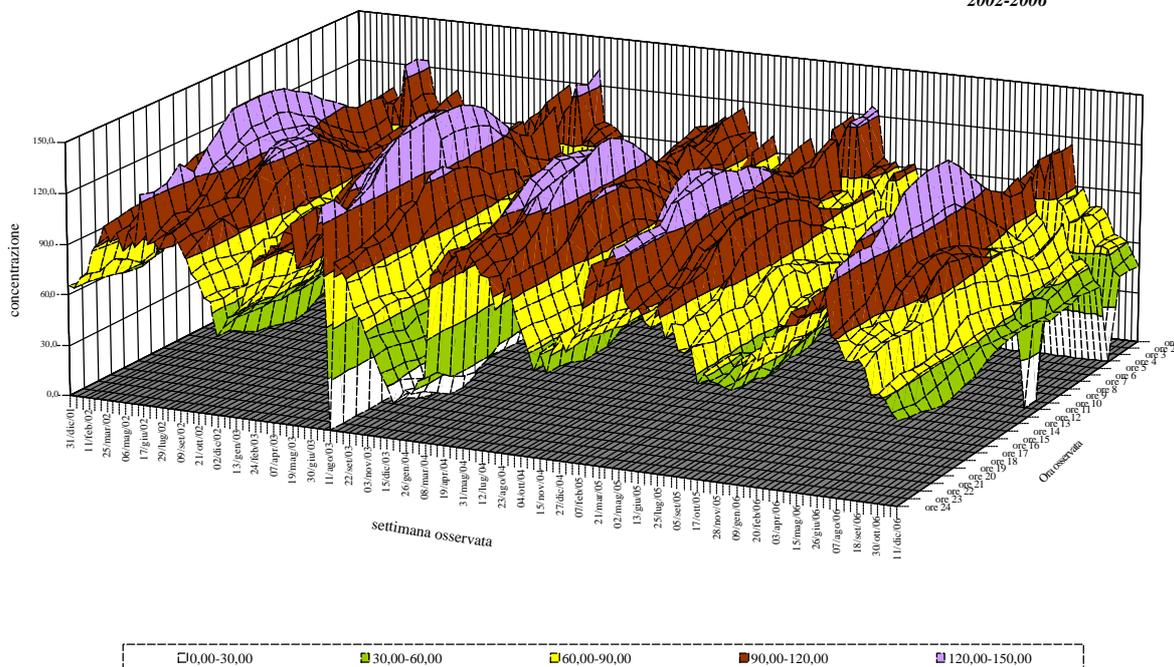
Tutti gli episodi dell'anno 2006 si sono verificati con il vento che soffiava dal IV quadrante e prevalentemente nei mesi estivi; infatti proprio in questi mesi, quando le condizioni a regime di brezza, alternativamente proveniente da terra durante la notte e la mattina, e proveniente dal mare nel primo pomeriggio, si ripetono con regolare frequenza.

Per una valutazione sul possibile contributo di altre sorgenti sulla terraferma, mediate dai venti a regime di brezza, si veda il paragrafo che descrive in dettaglio l'andamento dell'inquinante ozono e a proposito delle "nubi di inquinanti" che si formano a largo delle coste livornesi.

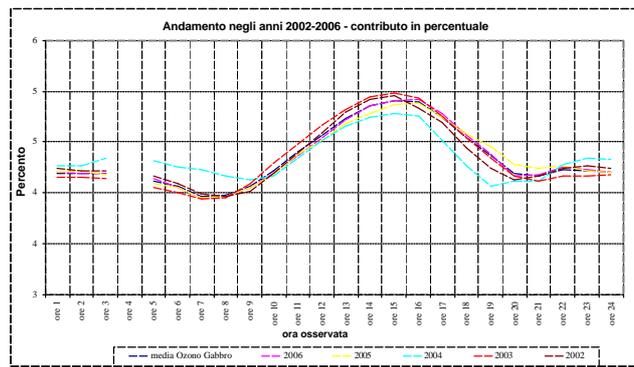
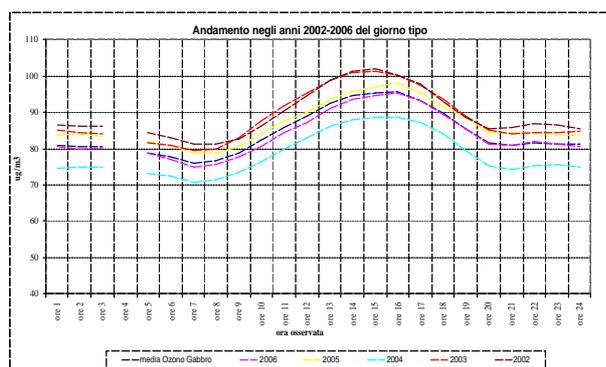
5.3 Gabbro

5.3.1 Ozono

Stazione del Gabbro
andamento O_3 ng/m^3
ora media su base bisettimanale
2002-2006



Il profilo degli ultimi 5 anni mostra un andamento abbastanza riproducibile negli anni della concentrazione di ozono; si evidenzia un mantenimento della concentrazione di fondo nel periodo estivo piuttosto elevata; questa condizione non è ben osservabile con i grafici del “giorno tipo”. Maggiori dettagli per quanto riguarda la distribuzione spaziale e temporale di questo inquinante sul territorio livornese saranno discussi in un paragrafo esclusivamente dedicato a questo inquinante e dove verranno effettuati i confronti delle tre centraline presenti nel territorio comunale al capitolo 5. Gli andamenti del “giorno tipo” e del contributo in percentuale sono di seguito riportati.



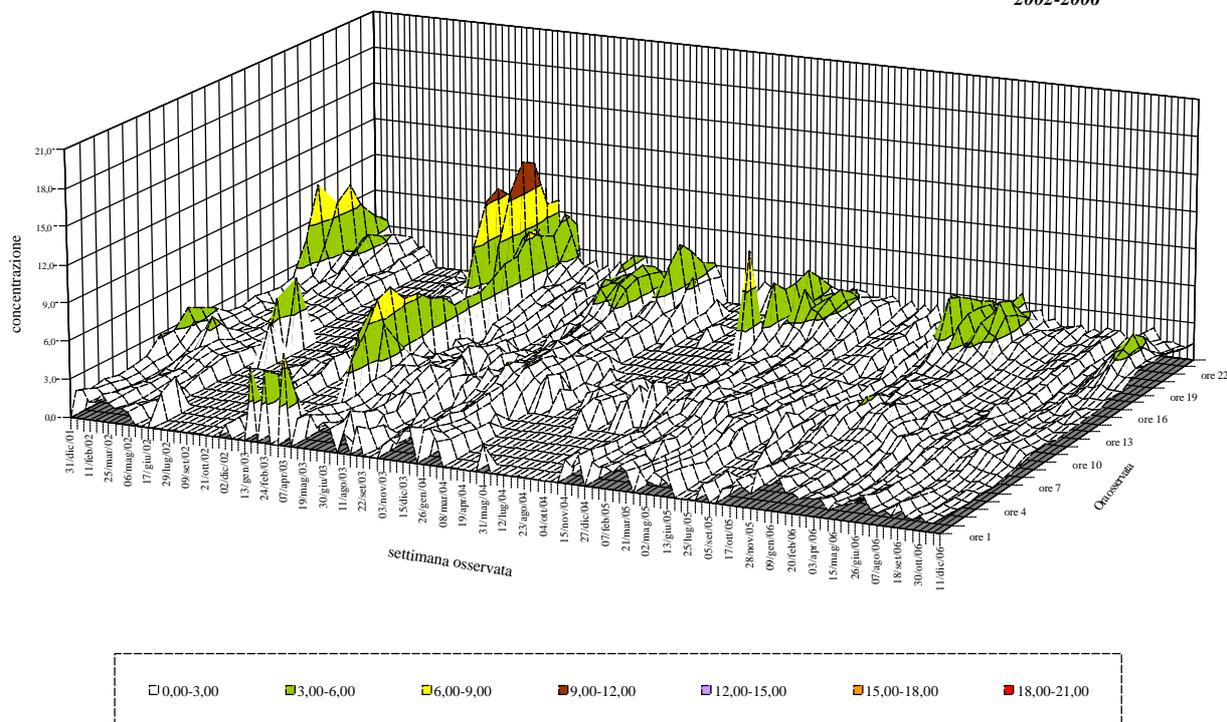
Si evidenzia solo una lieve riduzione della concentrazione di Ozono del giorno tipo nell’anno 2004. Il 2005 ed il 2006 sono pressoché pari alla media del quinquennio e i valori massimi si registrano negli anni 2002 e 2003.

L’unico profilo che si discosta significativamente dagli altri per quanto riguarda il contributo delle singole ore è il 2004.

5.4 Via Gobetti

5.4.1 Benzene

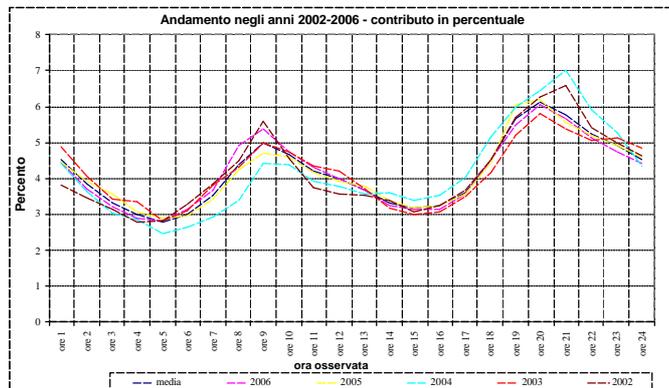
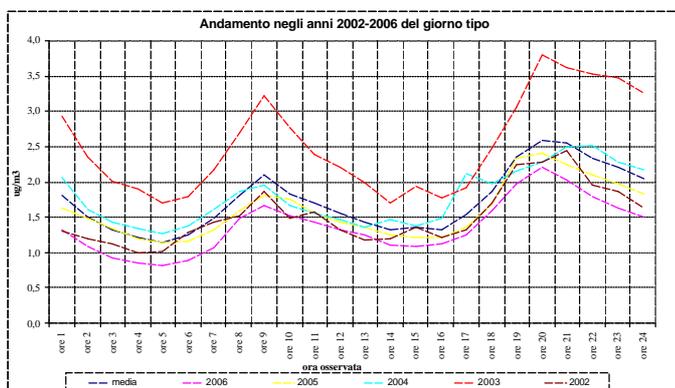
Stazione di Via Gobetti
andamento Benzene mg/m^3
ora media su base bisettimanale
2002-2006



L'efficienza strumentale è risultata superiore al 90% solo nel 2006, negli anni precedenti sono state eseguite misure i cui esiti devono essere interpretati con una certa criticità.

In linea generale, come per le altre stazioni, l'andamento del Benzene evidenzia un miglioramento progressivo in virtù delle sempre migliori qualità ecologiche dei combustibili utilizzati e della efficienza del parco veicolare nel suo complesso.

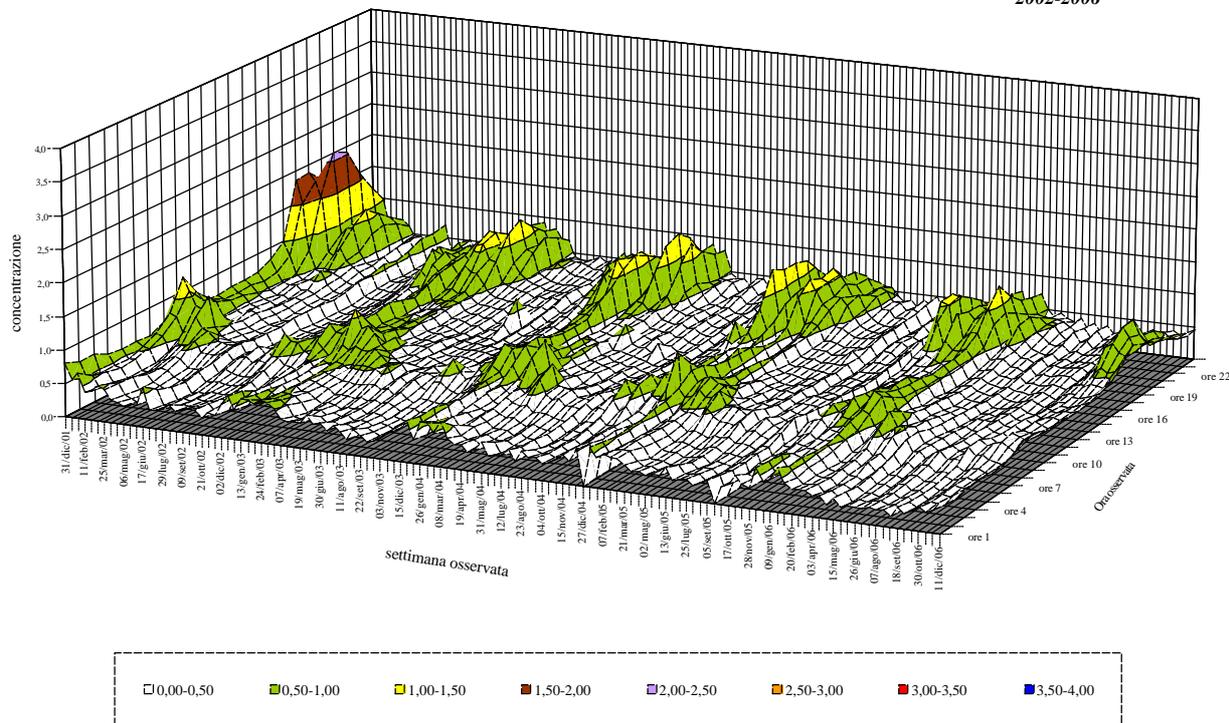
I dati relativi ai giorni tipo del 2003 potrebbero essere sovrastimati a causa del basso rendimento strumentale.



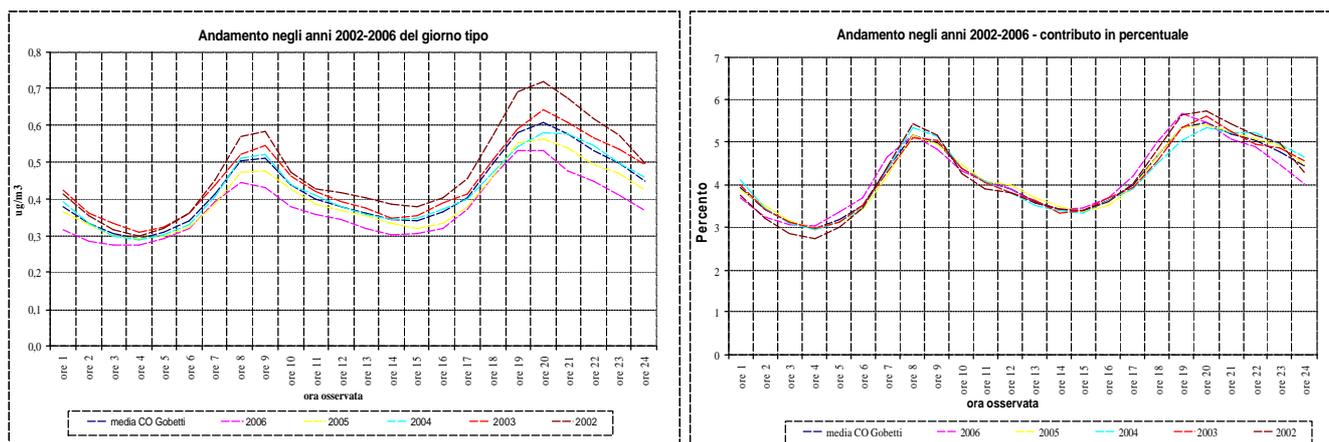
Si deve segnalare solamente la conferma del profilo da traffico determinato dalle attività di trasporto tipiche dei centri urbani.

5.4.2 CO

Stazione di Via Gobetti
andamento CO mg/m^3
ora media su base settimanale
2002-2006

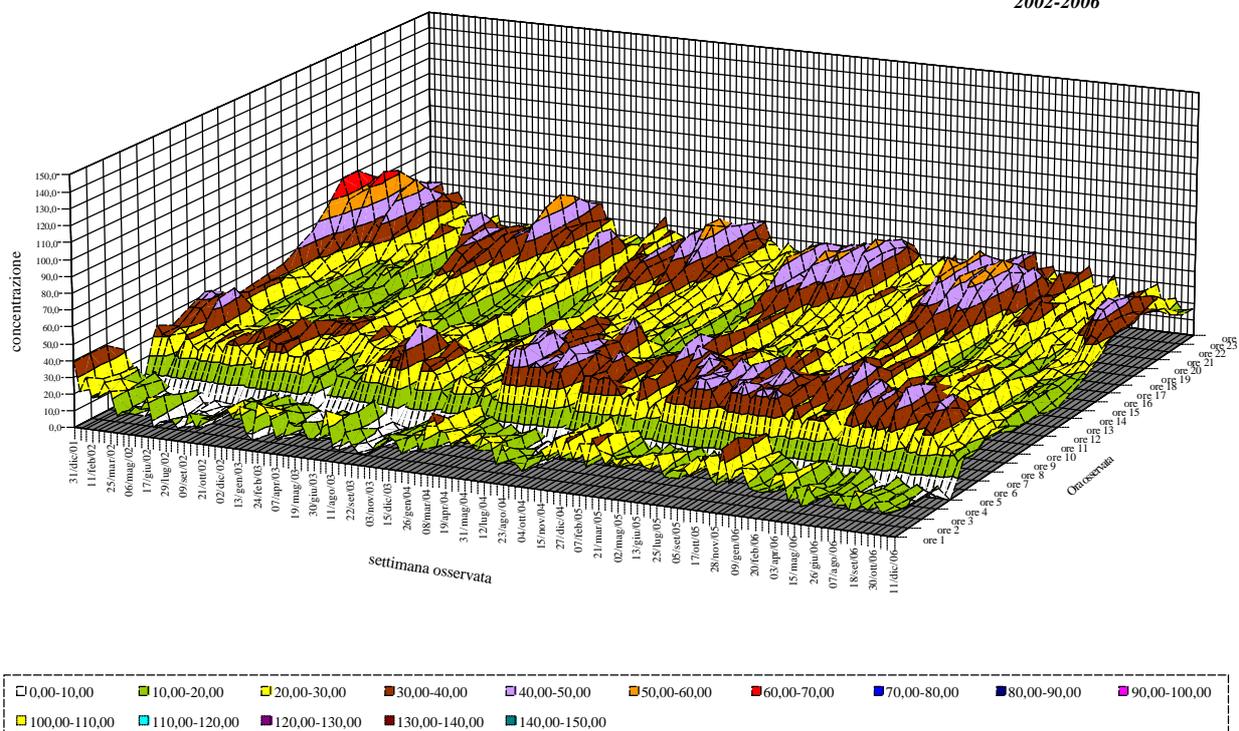


Si evidenzia molto bene il trend positivo di questo inquinante che non presenta al momento alcun tipo di criticità. Nei grafici del “giorno tipo” si evince chiaramente una progressiva diminuzione della concentrazione di CO in tutte le ore.

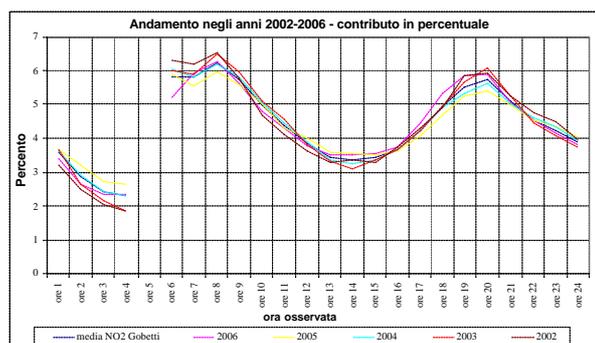
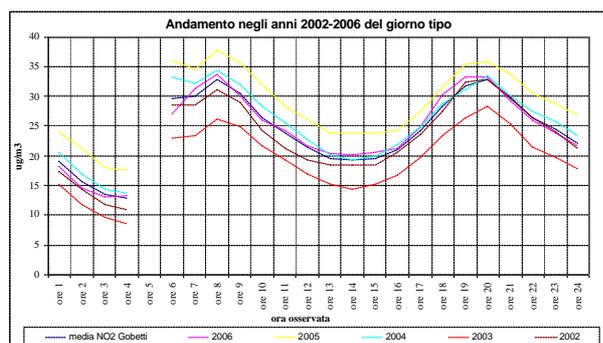


5.4.3 NO₂

Stazione di Via Gobetti
andamento NO₂ mg/m³
ora media su base bisettimanale
2002-2006



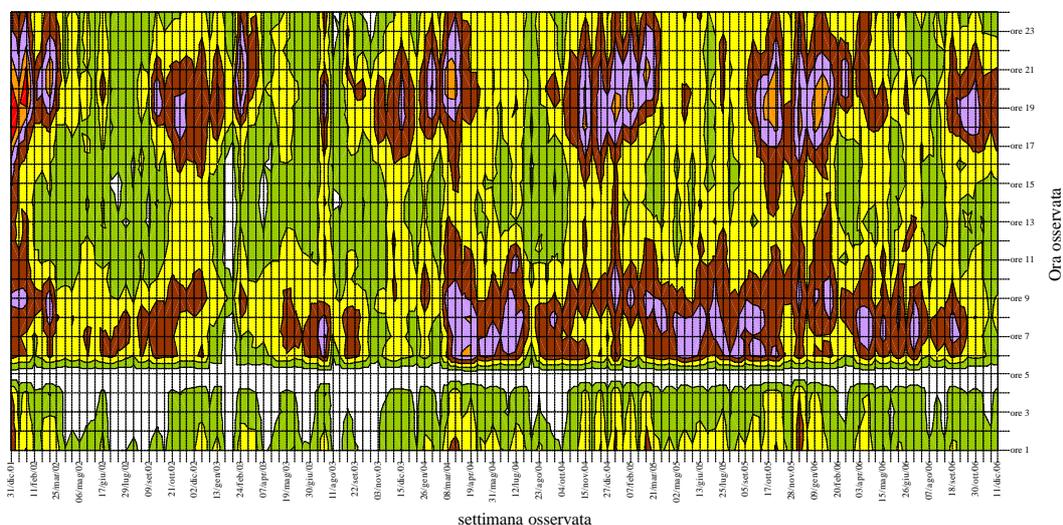
In questa stazione l'NO₂ non ha superato i valori limite indicati come standard di qualità dell'aria ma la situazione è molto simile a quella di Piazza Cappelletto. Dall'analisi dei "giorni tipo" annuali e del relativo contributo in percentuale delle singole ore si evince un profilo da traffico.



L'andamento sembra indicare uno stato stazionario o al limite un lieve peggioramento; questo inquinante partecipando alla complessa catena di reazioni che costituiscono lo smog fotochimico deve essere attentamente seguito in special modo durante i mesi estivi che sembra siano quelli più interessati al fenomeno dell'aumento delle concentrazione in special modo nel 2005 e nel 2006. I grafici a superficie dei giorni tipo bisettimanali e dei relativi andamenti in percentuale fanno evidenziare, anche in questo caso come i contributi estivi delle prime ore del giorno superino quelli invernali e viceversa, le figure sono riportate alla pagina successiva.

Andamento delle concentrazioni di NO₂ mediate a 14 giorni, “giorno tipo” bisettimanale

Stazione di Via Gobetti
andamento NO₂ µg/m³
ora media su base bisettimanale anno 2002-2006



Classi di concentrazione
NO₂ µg/m³

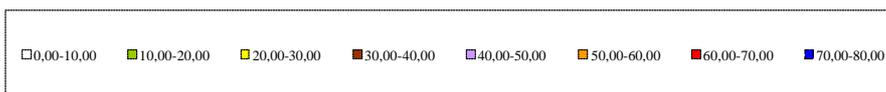
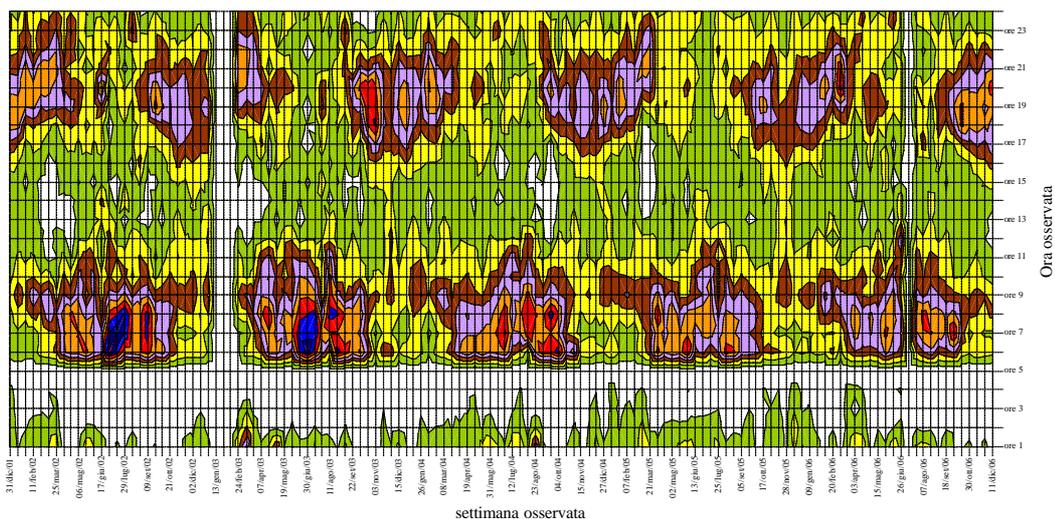
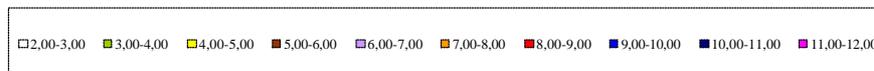


Grafico a superficie dello stesso periodo dove si riporta il contributo, che nel medesimo “giorno tipo”, ciascuna ora ha fornito alla somma della concentrazione delle 24 ore (contributo espresso in percentuale)

Stazione di Via Gobetti
NO₂ contributo orario in percentuale
media su base bisettimanale anno 2002-2006

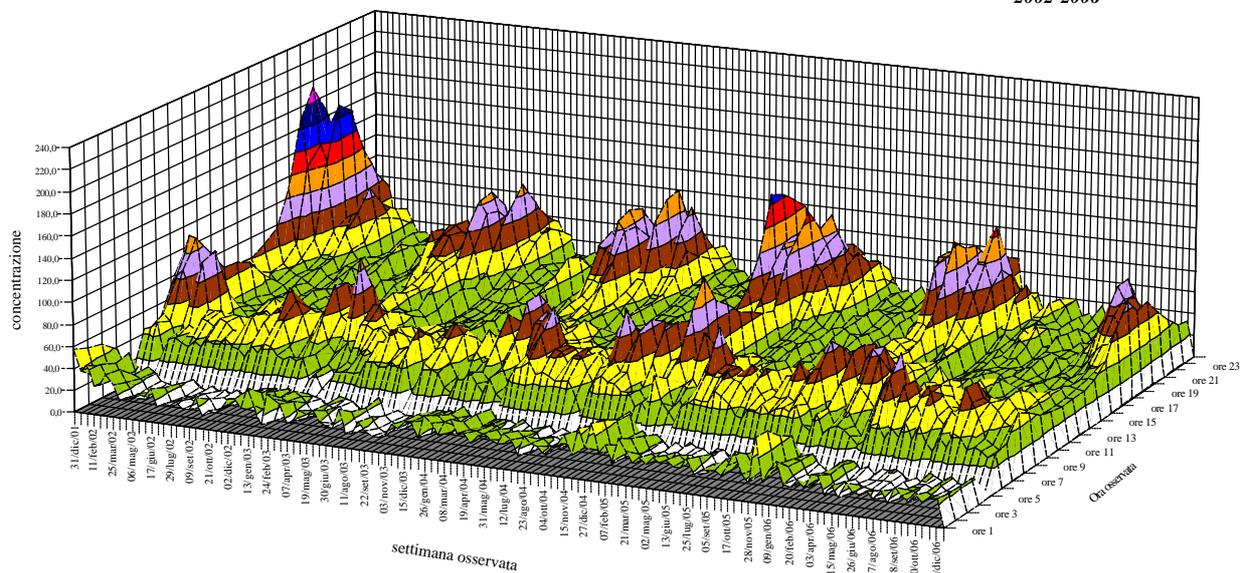


Classi di contributo in
per cento NO₂

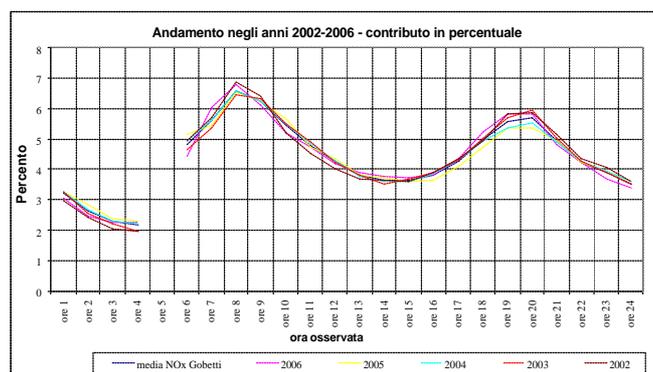
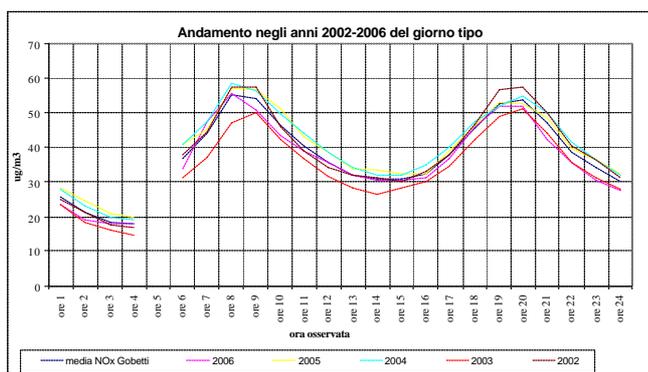


5.4.4 NO_x

Stazione di Via Gobetti
andamento NO_x mg/m³
ora media su base bisettimanale
2002-2006



Lo standard di qualità aria riferito alla protezione della vegetazione per il 2006 è stato superato di poco. L'andamento nel corso dei cinque anni di osservazione dei "giorni tipo annuali" evidenzia una sostanziale stabilità dei valori, leggermente più bassi per il solo anno 2003, come si evince dal grafico di sinistra qui sotto. Anche i contributi in percentuale sono praticamente immutati.

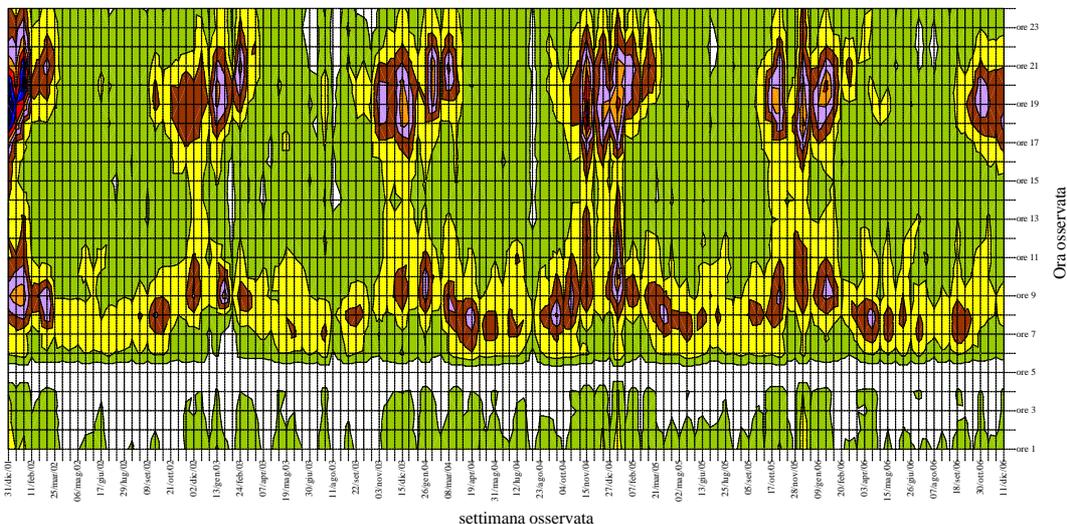


Anche per questo inquinante si evidenzia una alternanza dei contributi in percentuale delle singole ore del giorno tra estate ed inverno come si può verificare nei grafici a superficie del periodo osservato 2002/2006, con le aggregazione delle ore a 14 giorni; "giorno tipo bisettimanale".
Le figure sono riportate a pagina seguente.

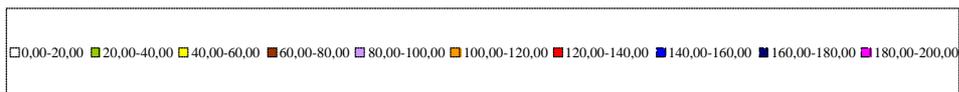
ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

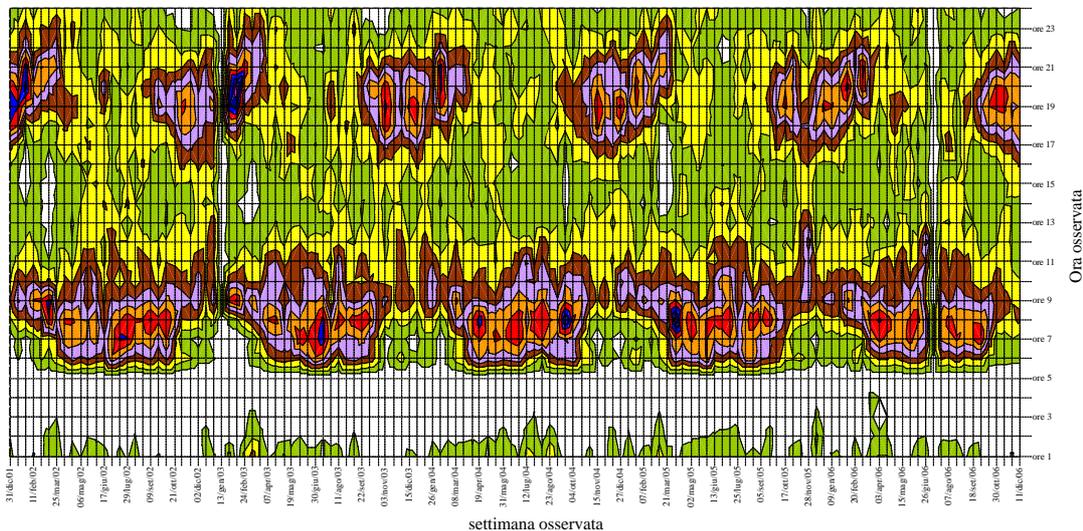
Stazione di Via Gobetti andamento NO_x $\mu g/m^3$ ora media su base bisettimanale anno 2002-2006



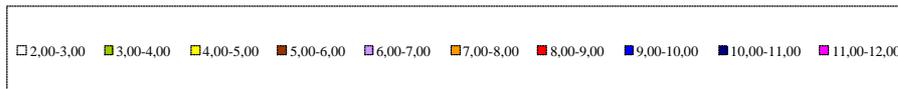
Classi di concentrazione
 NO_x $\mu g/m^3$



Stazione di Via Gobetti NO_x contributo orario in percentuale media su base bisettimanale anno 2002-2006

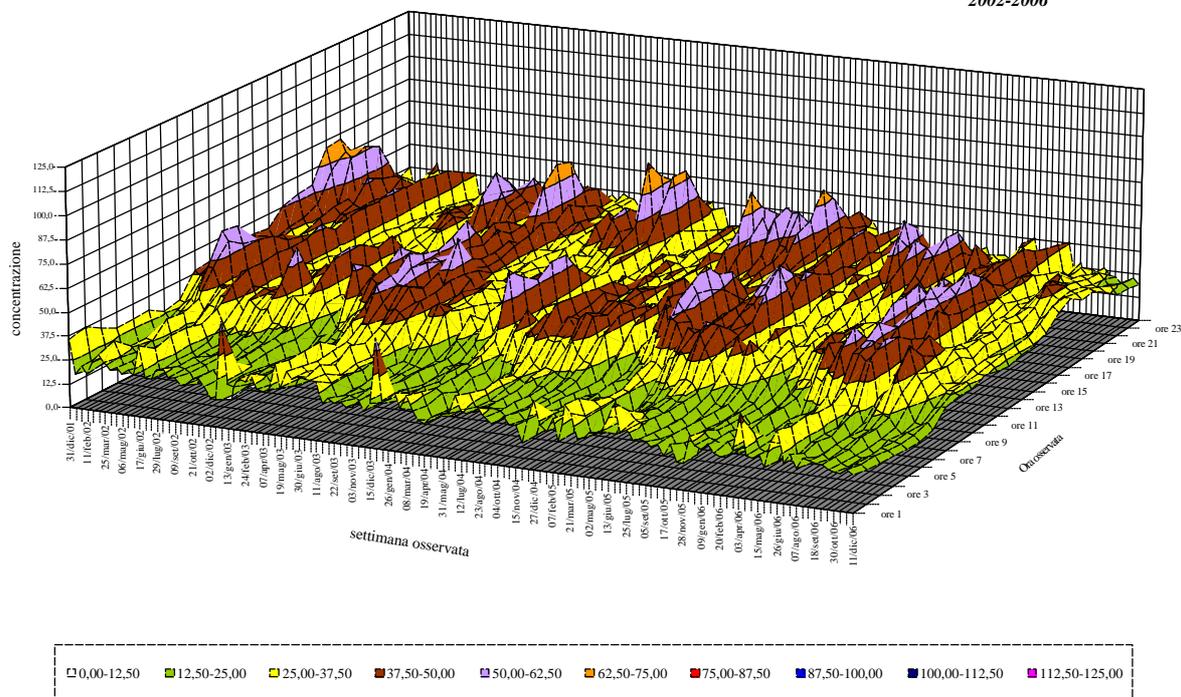


Classi di contributo in
per cento NO_x

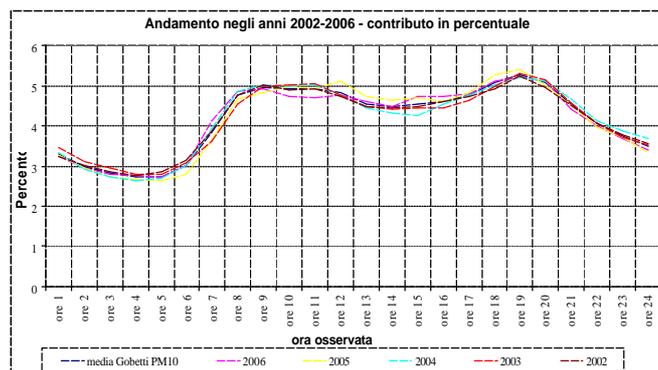
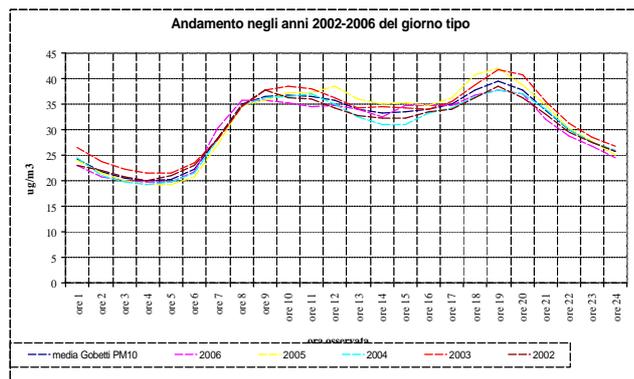


5.4.5 PM₁₀

Stazione di Via Gobetti
andamento PM₁₀ mg/m³
ora media su base bisettimanale
2002-2006

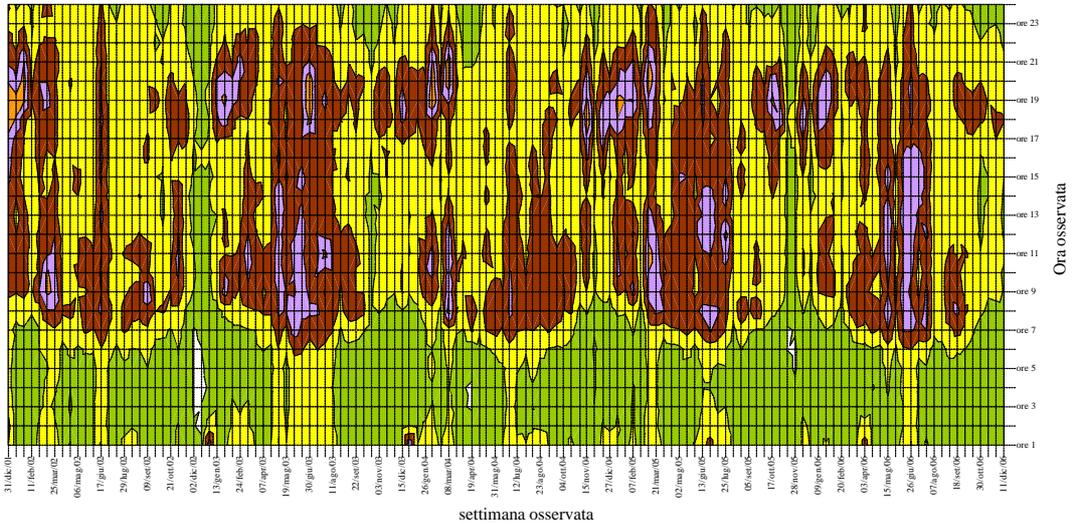


Anche per questo parametro a Gobetti gli standard sono rispettati per il 2006, si può notare come l'andamento nel corso dei 5 anni passati sia rimasto praticamente immutato. Si nota che il profilo bimodale da traffico è quasi indistinguibile, si presume che le misure effettuate siano molto vicine alla concentrazione di fondo urbano; si deve considerare però che la stazione è collocata alla periferia di Livorno leggermente sopravento dell'agglomerato urbano, rispetto venti dominanti, e sottovento dei venti minoritari rispetto al polo industriale.



Per questo parametro si osserva analogamente a quanto si era visto per gli ossidi di azoto una alternanza nella distribuzione percentuale del inquinamento tra estate ed inverno a seconda che si osservi la prima parte del giorno o la seconda; Nel corso degli ultimi anni sembra incrementare, nei mesi estivi, il contributo delle ore centrali del giorno rispetto al 2002 e al 2003. I grafici a superficie sono riportati alla pagina seguente.

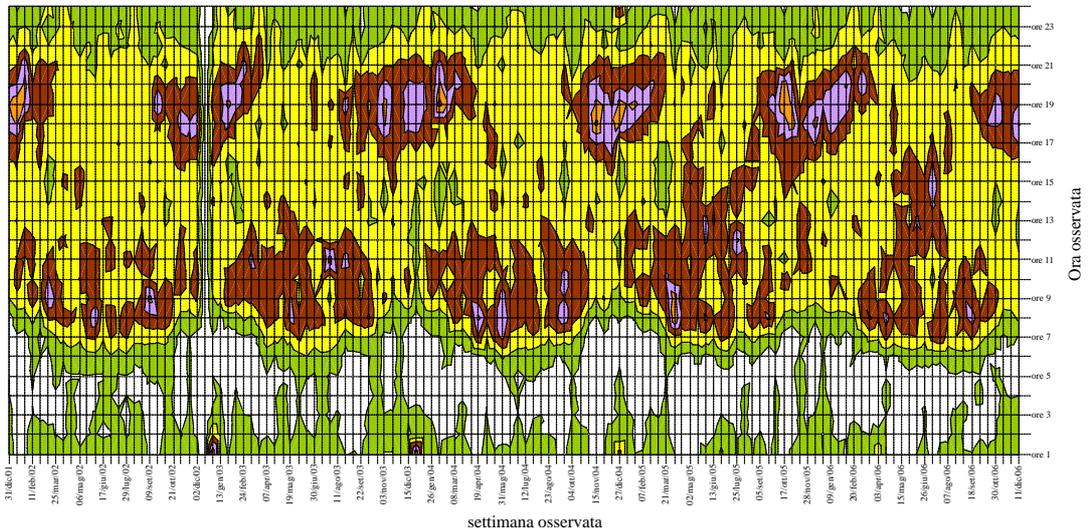
Stazione di Via Gobetti
andamento PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
ora media su base bisettimanale anno 2002-2006



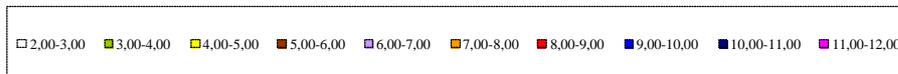
Classi di concentrazione
PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Stazione di Via Gobetti
PM10 contribuito orario in percentuale
media su base bisettimanale anno 2002-2006



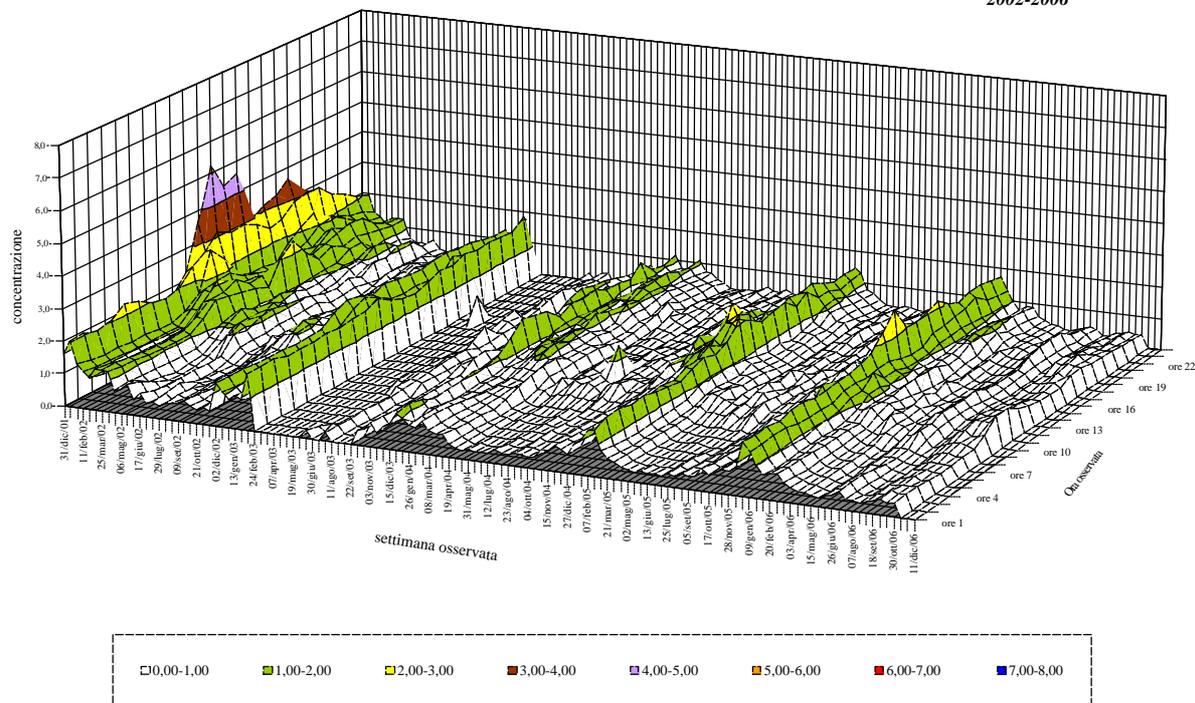
Classi di contributo in
per cento PM10



5.5 Villa Maurogordato

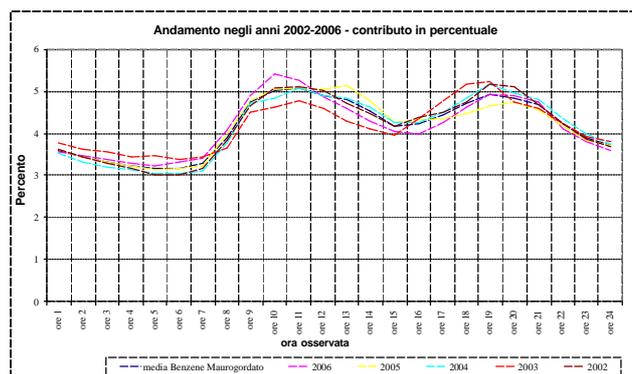
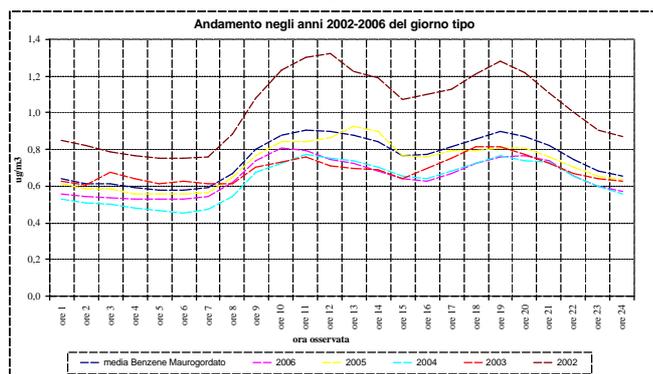
5.5.1 Benzene

Stazione di Villa Maurogordato
andamento Benzene $\mu\text{g}/\text{m}^3$
ora media su base bisettimanale
2002-2006



Non si evidenziano particolari criticità, tutti gli indicatori calcolati per l'anno 2006 e l'andamento nei 5 anni osservati evidenziano un sostanziale rispetto del valore limite.

L'andamento del giorno tipo e del contributo in percentuale molto prossimo al 4% per tutte le ore del giorno confermano sostanzialmente che la stazione costituisce una buona rappresentazione della zona periferica e la concentrazione dell'inquinante seppur prossima al valore di fondo periferico, non raggiunge una completa diluizione; pertanto sono evidenziabili nella serie di dati elaborati, due



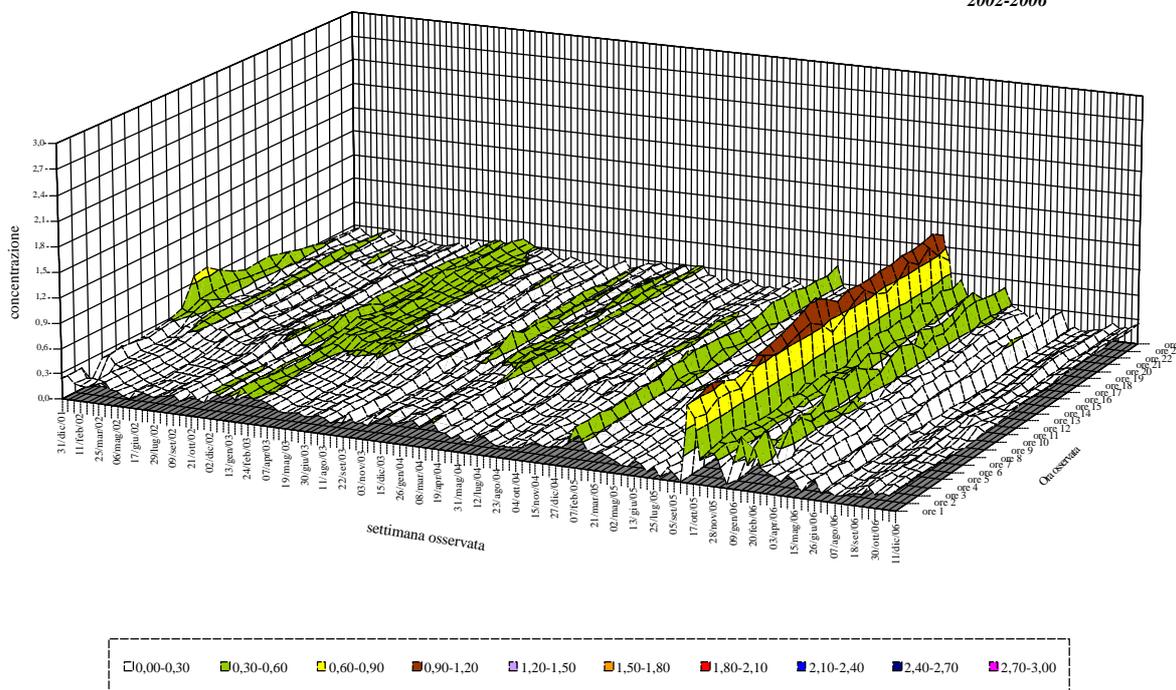
massimi in corrispondenza della massima

intensità di traffico veicolare.

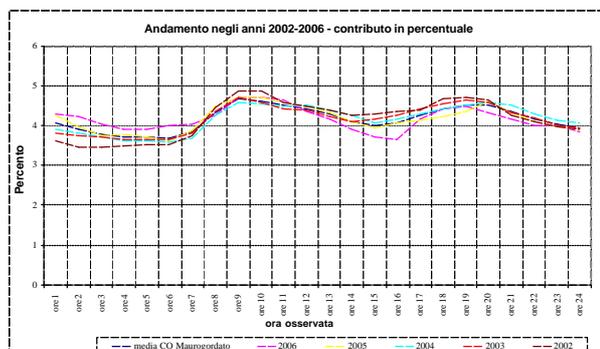
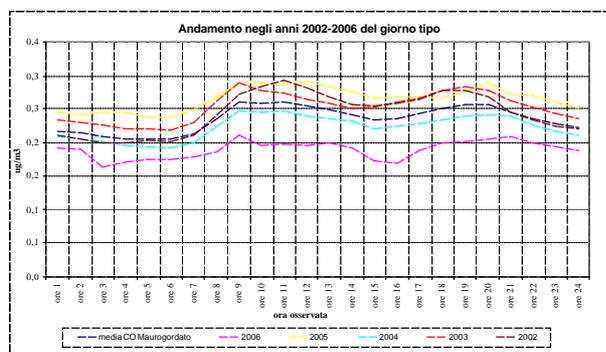
Si deve peraltro sottolineare che in valore assoluto la concentrazione di questo inquinante nella stazione di Maurogordato si mantiene a livelli molto contenuti in virtù del fatto che le sorgenti inquinanti sono sicuramente collocata a notevole distanza dalla centralina di monitoraggio.

5.5.2 CO

Stazione di Villa Maurogordato
andamento CO mg/m³
ora media su base bisettimanale
2002-2006



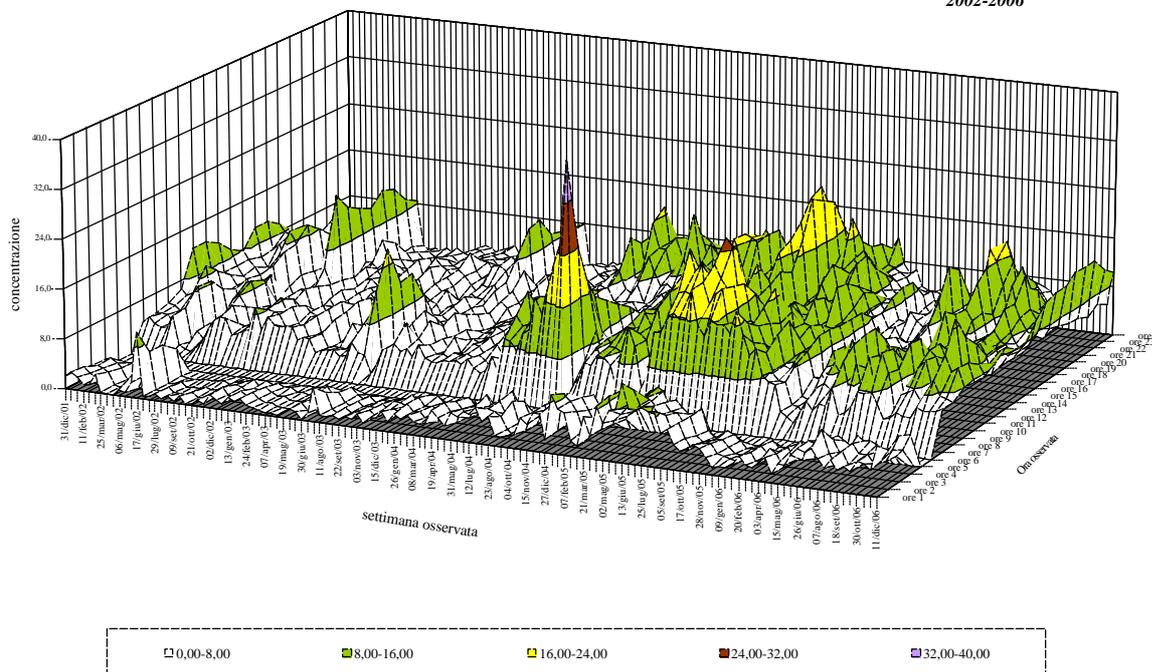
Per questa stazione non emerge alcuna criticità, ad eccezione di qualche sporadico episodio di aumento delle concentrazione di Monossido di Carbonio riconducibile all'accensione di focolai in prossimità della cabina di monitoraggio.



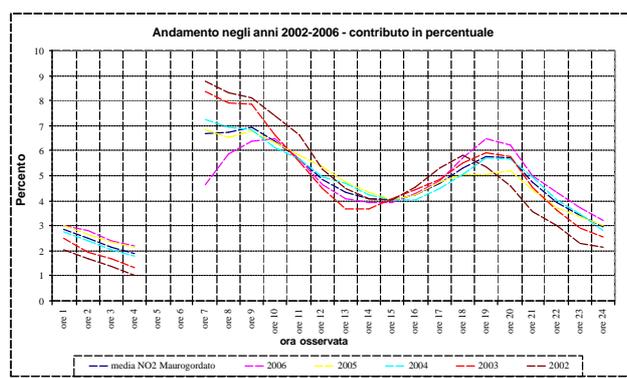
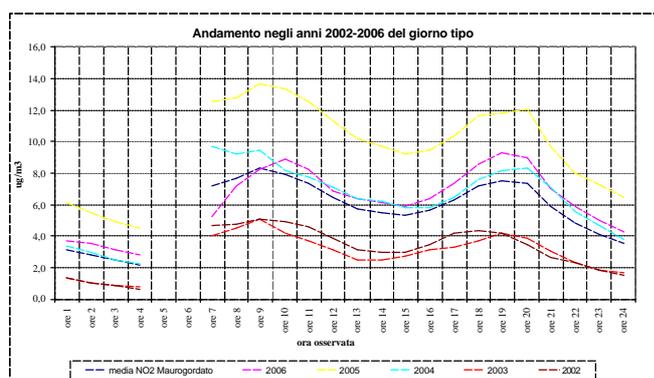
Vale lo stesso discorso fatto sul benzene: il contributo in percentuale di ogni singola ora del "giorno tipo" è ancora più vicino al valore teorico di una distribuzione uniforme nelle 24 ore e che corrisponde a circa il 4% per ciascuna ora osservata. Curve come quelle sopra riportate, prive del tutto o in parte di valori massimi, stanno a significare la completa diluizione delle sostanze inquinanti liberate nell'atmosfera da sorgenti sufficientemente remote, tali da compensare le escursioni tra i minimi ed i massimi livelli emissivi generati. Tuttavia il profilo bimodale tipico dell'inquinata primario da traffico si individua agevolmente nei grafici qui sopra; dimostrando come i picchi di concentrazione massima, seppur presenti, interessano le zone periferiche della città in modo marginale o del tutto trascurabile. Peraltro l'andamento del "giorno tipo" nel quinquennio evidenzia per l'anno 2006 una netta diminuzione del valore di fondo per il Monossido di Carbonio; curva in rosa praticamente piatta.

5.5.3 NO₂

Stazione di Villa Maurogordato
andamento NO₂ µg/m³
ora media su base bisettimanale
2002-2006



Per questo inquinante nella stazione di Maurogordato, si deve considerare che il livello della concentrazione da misurare è decisamente basso; questo provoca una discreta dispersione dei dati da un lato e d'altro canto conforta l'ampio margine di rispetto degli standard di qualità dell'aria. Come si vede dai grafici del "giorno tipo" e del contributo in percentuale, la ora 6.00 è stata rimossa perché interferiva significativamente sulle altre misure e la ora 7.00 dal grafico in percentuale

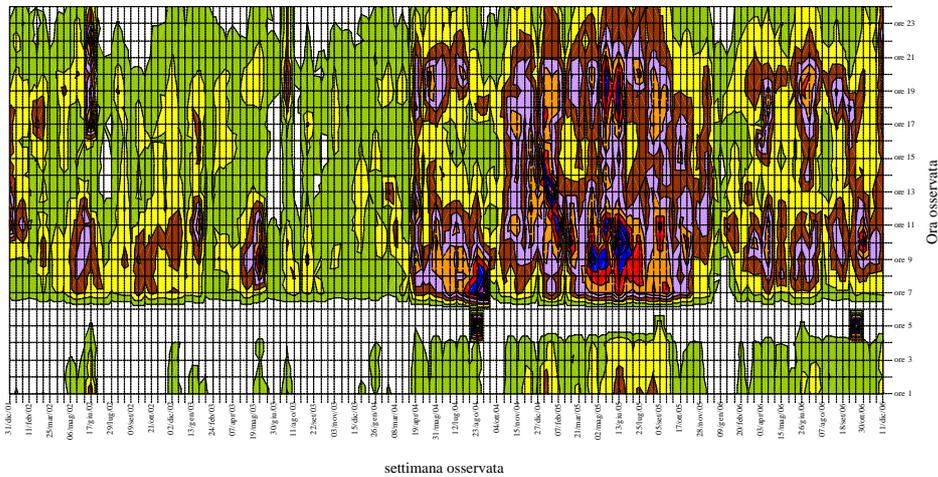


ancora evidenzia un notevole disturbo.

L'andamento dell'inquinante nei 5 anni di riferimento, seppur partendo da uno stato di qualità buono negli anni 2002, 2003, evidenzia un leggero peggioramento; e questo concorda pienamente con la situazione di Piazza Cappelletto e Piazza Mazzini ovviamente su scale differenti. Anche se lo standard di qualità dell'aria è ampiamente rispettato, il campanello di allarme non deve essere del tutto ignorato e ci segnala, al pari di altri contesti aventi maggiore criticità, l'esigenza di precisi interventi finalizzati al contenimento degli ossidi di azoto per mantenere il buono stato di qualità dell'aria laddove gli standard, come in questo caso, sono ampiamente rispettati.

5.5.4 NO_x

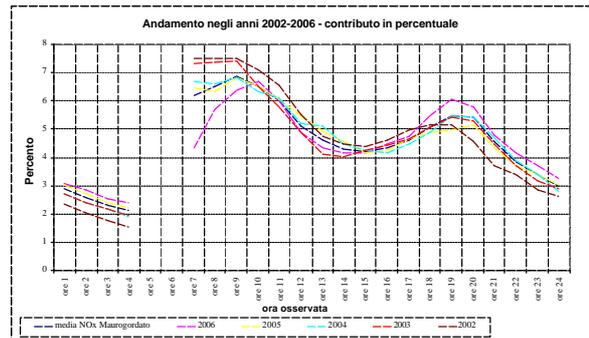
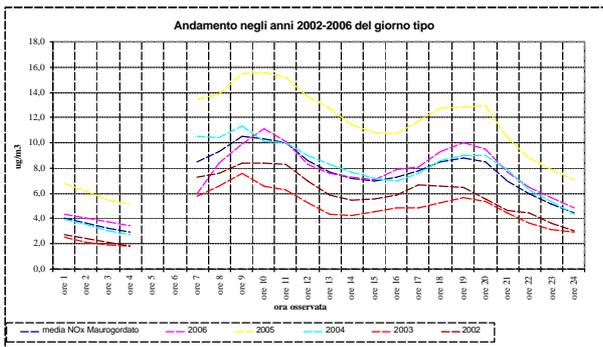
*Stazione di Villa Maurogordato
andamento NO_x ug/m³
ora media su base bisettimanale anno 2002-2006*



Classi di concentrazione
NO_x ug/m³



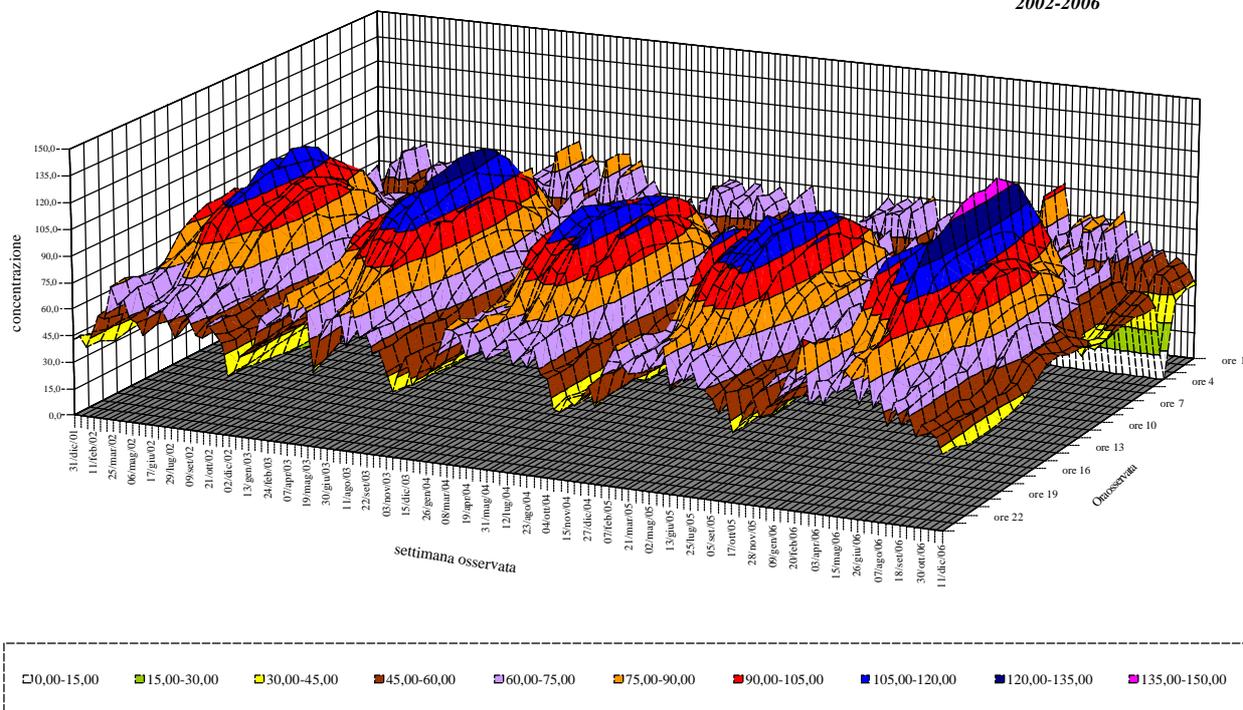
L'andamento del quinquennio osservato evidenzia un sensibile incremento della concentrazione di NO_x, nell'anno 2005 ed una condizione leggermente migliore per l'anno 2006; tuttavia dal confronto con i tre anni precedenti si evince una progressiva riduzione della qualità dell'aria per questo inquinante, seppur di modesta entità e ancora lontana dal valore limite. Questo scenario, lascerebbe supporre che le sorgenti di ossidi di azoto in qualche modo hanno aumentato le loro emissioni in prossimità della stazione di monitoraggio. Anche il grafico del "giorno tipo" mette in luce questo aspetto. Il trend del contributo in percentuale, seppur perturbato dalla calibrazione, evidenzia il classico profilo da traffico. Ciononostante i valori limite per la protezione della vegetazione sono ampiamente rispettati e



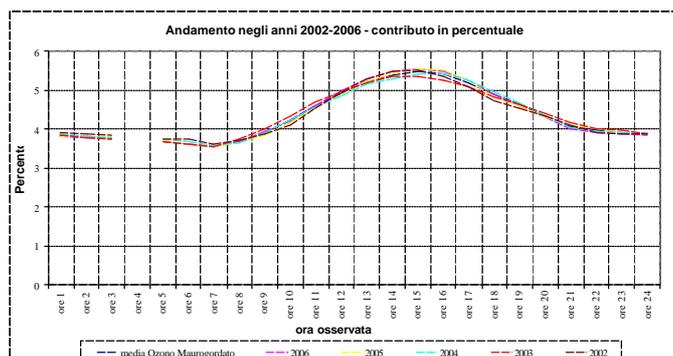
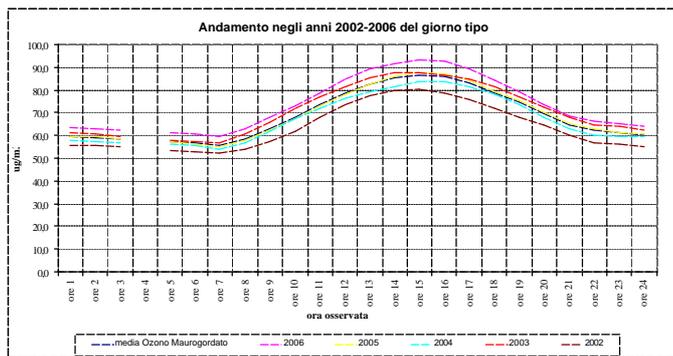
l'andamento peggiorativo del 2005 ed in misura più contenuta per il 2006, deve essere interpretato come segnale di allarme da seguire attentamente per gli anni futuri. Le complesse reazioni chimiche che avvengono in atmosfera tra gli ossidi di azoto, l'ozono e le sostanze organiche volatili mediate dai fattori meteorologici (irraggiamento solare e dispersione inquinanti sui quali ovviamente sono nulli i margini di intervento umano) ci obbligano a non sottovalutare anche i piccoli segnali di peggioramento, affinché siano intraprese, laddove ritenute necessarie, tutte le azioni finalizzate al contenimento degli ossidi di azoto. In questo ambito le stazioni che forniscono valori in concentrazione prossimi al livello di fondo posizionate in periferia, costituiscono una valida indicazione sulla tendenza degli inquinanti monitorati.

5.5.5 Ozono

Stazione di Villa Maurogordato
andamento Ozono $\mu\text{g}/\text{m}^3$
ora media su base bisettimanale
2002-2006



Dalla figura sopra esposta si evince un quadro piuttosto negativo, infatti oltre ad essere stati superati tutti gli standard di qualità per questo inquinante, si denota in modo piuttosto marcato una stabilità a suddetti livelli se non addirittura un lieve peggioramento; la stessa cosa emerge dall'analisi delle curve del "giorno tipo". Le curve del contributo in percentuale evidenziano una stabilità piuttosto marcata in tutti e cinque gli anni del periodo osservato.



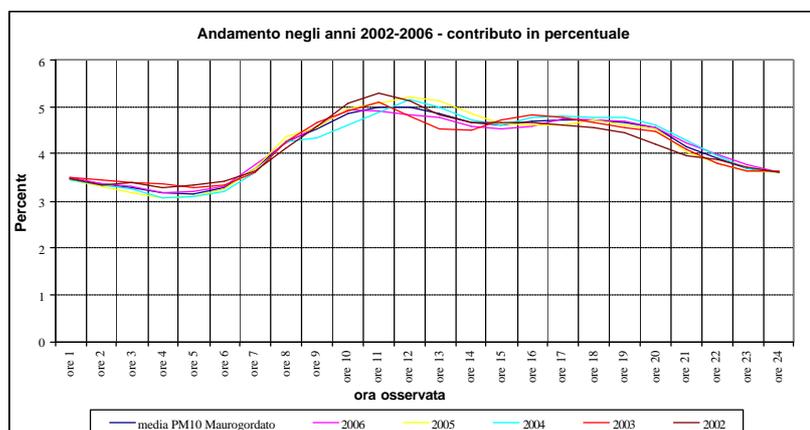
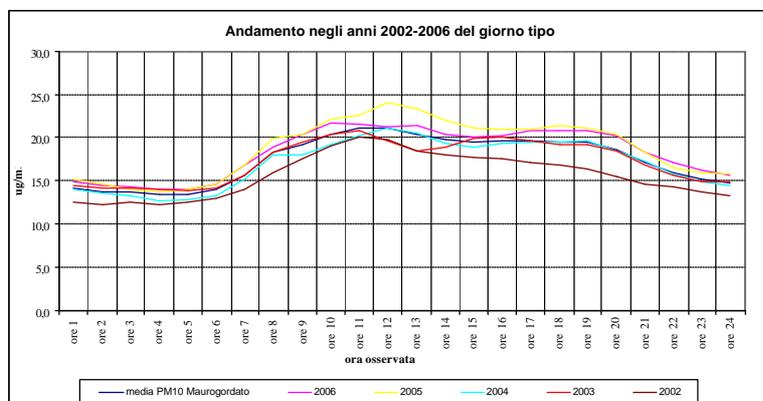
Una valutazione relativa delle tre centrali dove viene misurato l'Ozono con ulteriori commenti è stata prodotta in un paragrafo apposito al capitolo 6.1.

5.5.6 PM₁₀

Fermo restando che gli indicatori degli standard di qualità dell'aria sono ampiamente rispettati per tutti gli anni esaminati, dal grafico degli andamenti delle media bisettimanali del giorno tipo, si evince un peggioramento in special modo degli ultimi due anni.

Considerando che è necessario mantenere buona la qualità dell'aria laddove già lo è, questa tendenza progressiva al peggioramento negli ultimi 5 anni, deve fornire i necessari stimoli al fine di interrompere o al meglio invertire tale condizione.

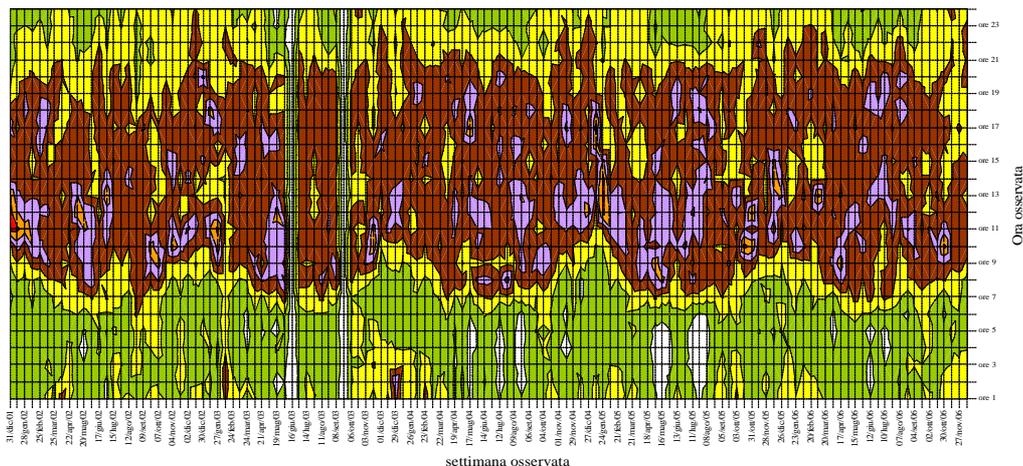
Dalle curve sotto riportate si evince come non sia quasi possibile individuare un andamento bimodale del "giorno tipo" o delle curve del contributo in percentuale. Sembra piuttosto che i massimi valori delle PM₁₀ si propongano dalle ore 11.00 per mantenersi fino a sera, se si esclude qualche modesta escursione nelle ore centrali del giorno; si deve inoltre aggiungere che tale condizione di concentrazione elevata si enfatizza nel periodo estivo. Questo fatto è chiaramente evidenziato nel grafico a superficie esposto alla pagina seguente in cui si riporta l'andamento percentuale del giorno tipo bisettimanale dell'intero periodo 2002/2006.



ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

Stazione di Villa Maurogordato PM10 contributo orario in percentuale media su base bisettimanale anno 2002-2006



Classi di contributo
in percento

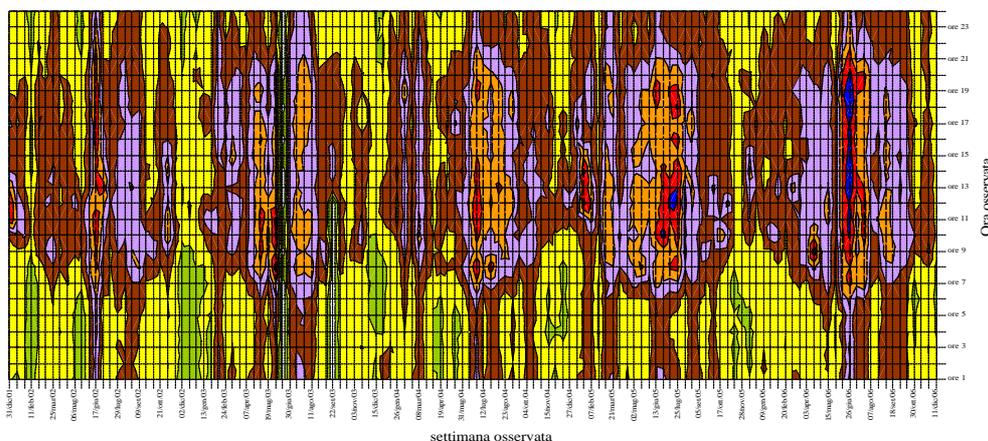


Si vede chiaramente come sono proprio le ore centrali del giorno 7-21 a permanere stabilmente sopra il 4,4 % di contributo.

Un simile profilo individuato presso una stazione periferica è pienamente giustificabile, infatti non si manifestano le escursioni dovute alle attività umane, principalmente dovute al traffico; al tempo stesso però nel grafico qui sotto è ben visibile un costante e progressivo incremento dalla concentrazione di fondo dell'inquinante PM10; infatti in alcuni "giorni tipo" bisettimanali del maggio 2006 sono state raggiunte e mantenute stabilmente concentrazioni appartenenti alla classe 35-40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Informazioni, sicuramente utili, concernenti la composizione del particolato PM10 in questa stazione, caratterizzata da un profilo di "fondo periferico", così differente da quello che si osserva in ambiente urbano, potranno scaturire dalle indagini condotte nell'ambito del progetto PATOS di prossima pubblicazione.

Stazione di Villa Maurogordato andamento PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ora media su base bisettimanale anno 2002-2006



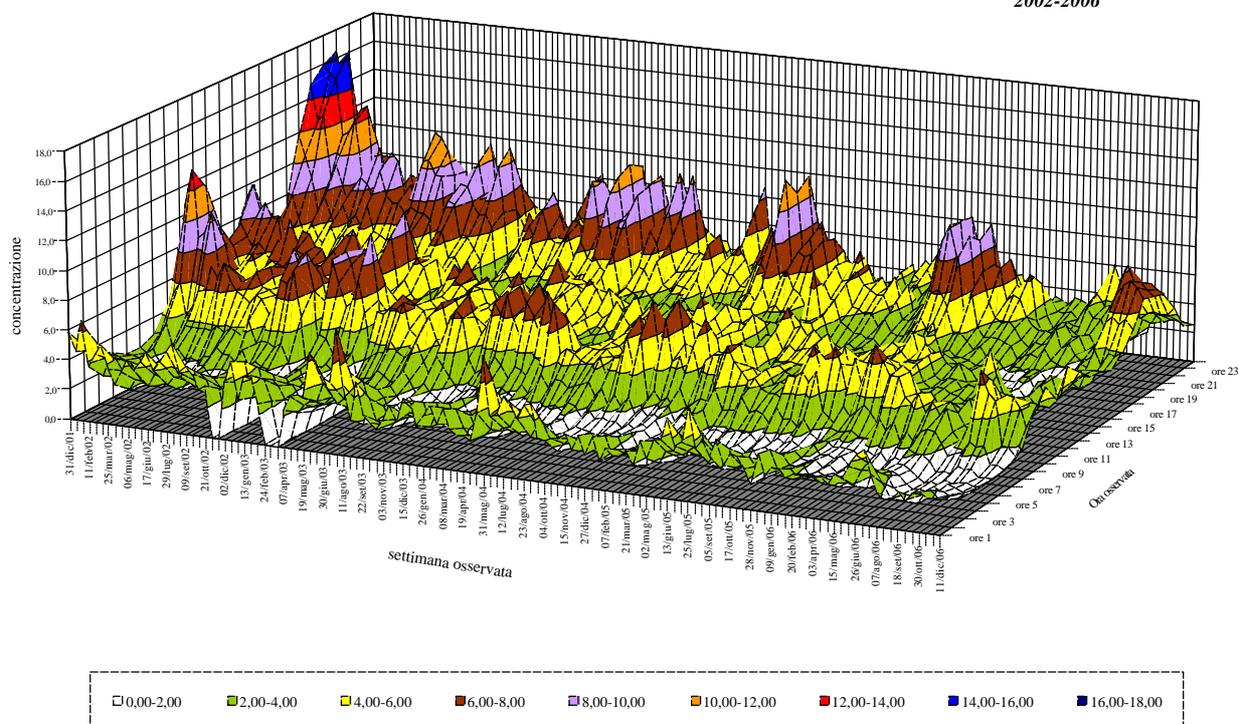
Classi di concentrazione
PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



5.6 Piazza Mazzini

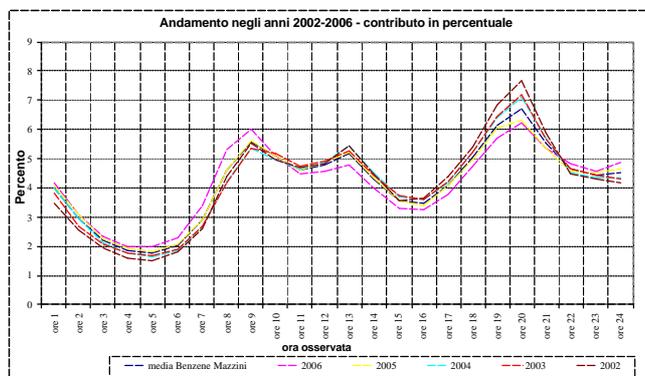
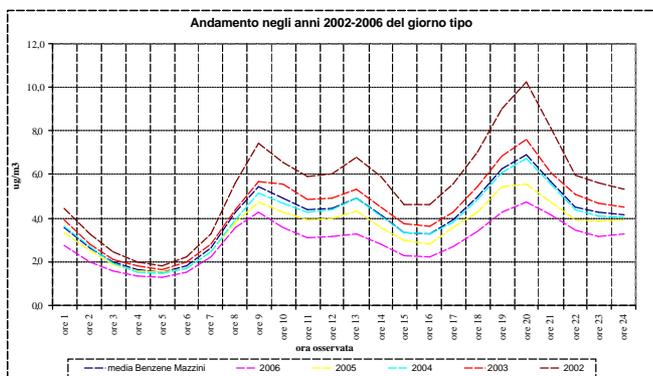
5.6.1 Benzene

Stazione di Piazza Mazzini
andamento Benzene mg/m^3
ora media su base bisettimanale
2002-2006



Nell'arco dei 5 anni si evidenzia una progressiva riduzione della concentrazione di benzene; i valori massimi sono stati registrati durante le ore serali del 2002 ed erano pari a circa $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media bisettimanale.

Il miglioramento per questo inquinante è stato consistente superando per alcune ore del giorno tipo anche il 50%. Proprio dalle curve del "giorno tipo" e del contributo in percentuale, si pone in evidenza come, le emissioni derivanti dal traffico, siano gradualmente mutate nel corso dei 5 anni di osservazione, facendo aumentare, in termini relativi, l'inquinamento delle prime ore del giorno rispetto a quelle serali.

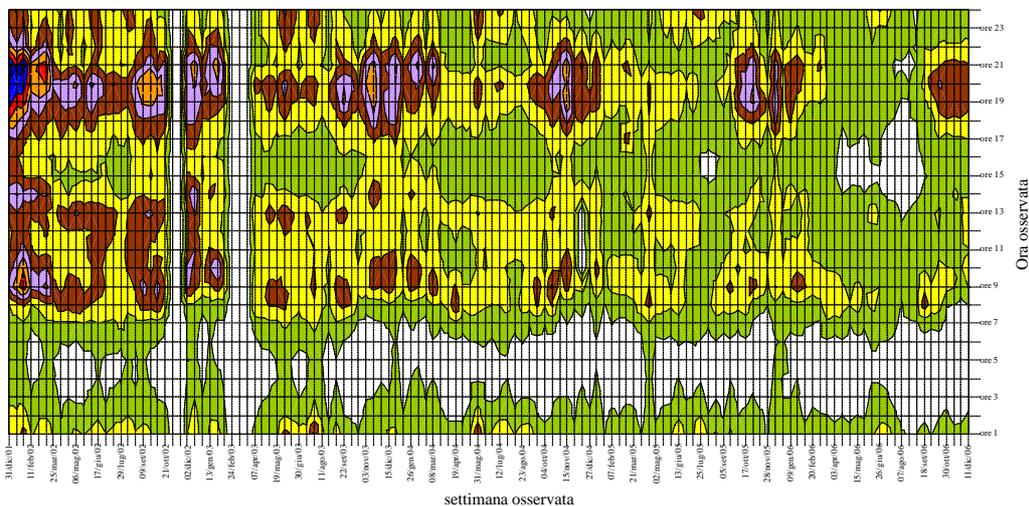


ARPAT

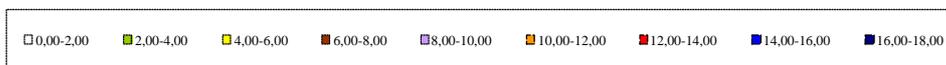
Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

Andamento dei giorni tipo mediati su base bisettimanale (14 giorni) nel quinquennio 2002/2006; si segnala che gran parte delle misure effettuate a marzo 2003 erano sovrastimate e sono state eliminate dalla serie

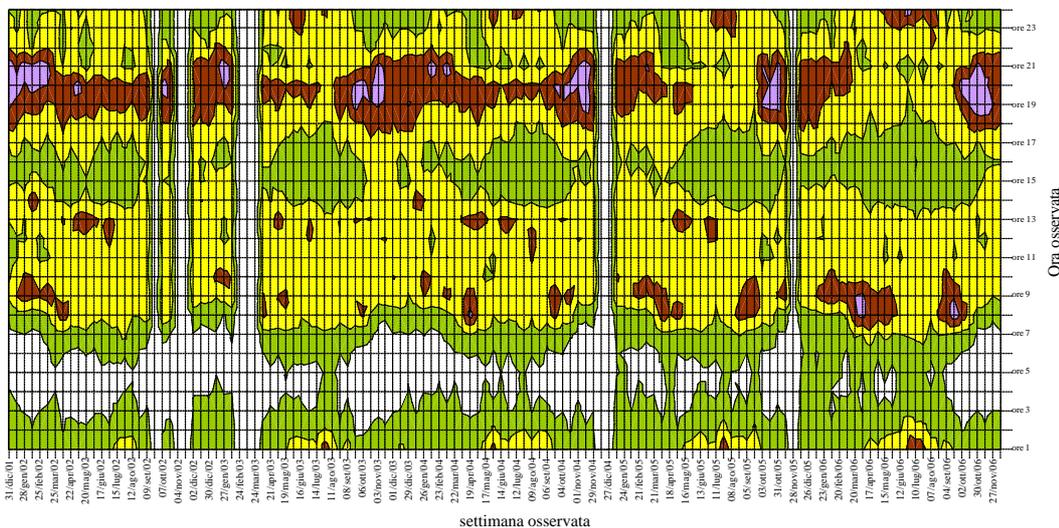
Stazione di Piazza Mazzini
andamento benzene ug/m³
ora media su base bisettimanale anno 2002-2006



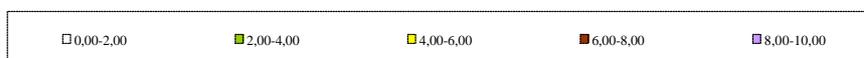
Classi di concentrazione
Benzene ug/m³



Stazione di Piazza Mazzini
Benzene contributo orario in percentuale
media su base bisettimanale anno 2002-2006



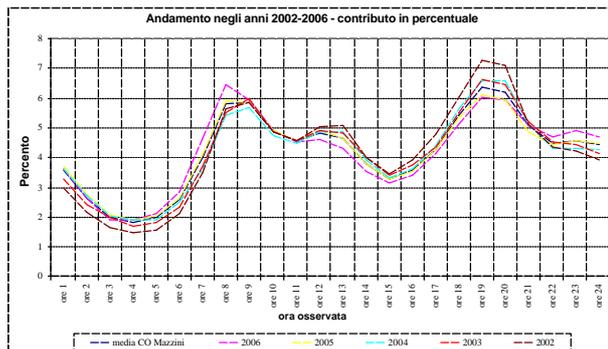
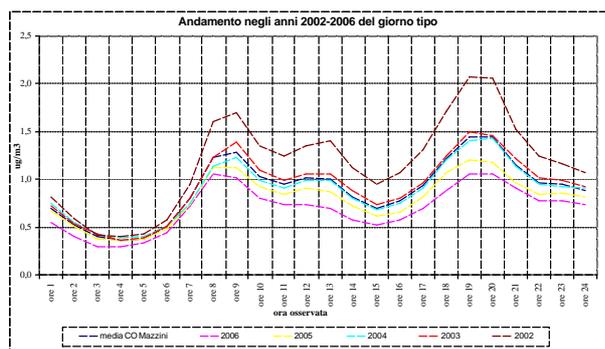
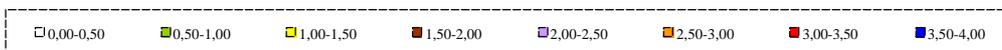
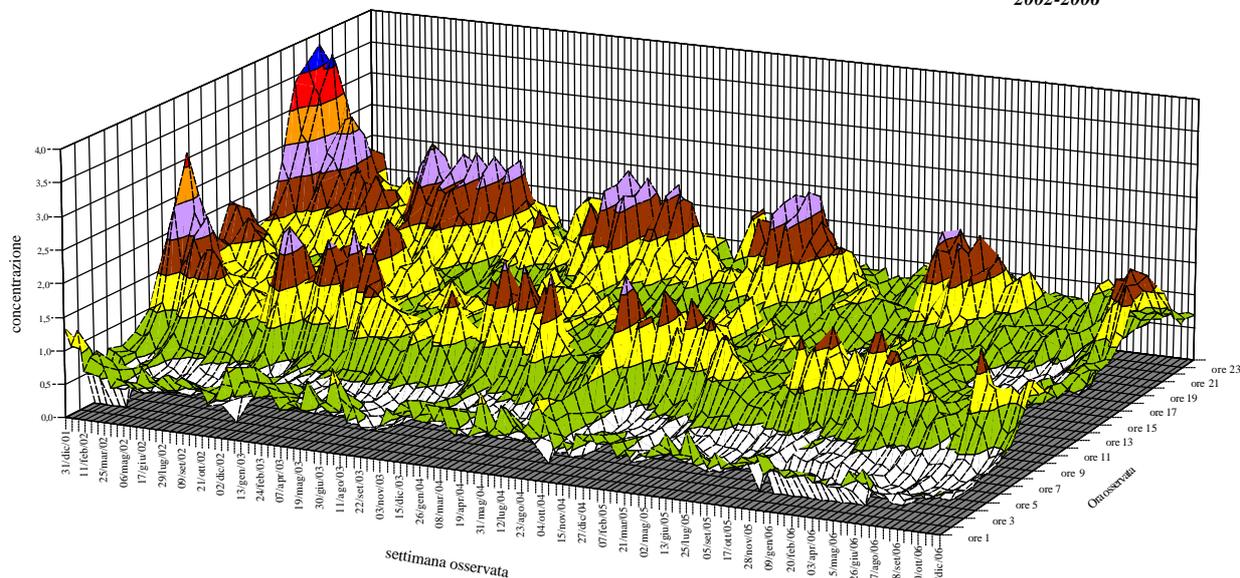
Classi di contributo
in percento



I valori in concentrazione sono diminuiti progressivamente nel tempo con maggiore enfasi per le ore serali ed in special modo d'estate.

5.6.2 CO

Stazione di Piazza Mazzini
andamento CO mg/m³
ora media su base bisettimanale
2002-2006



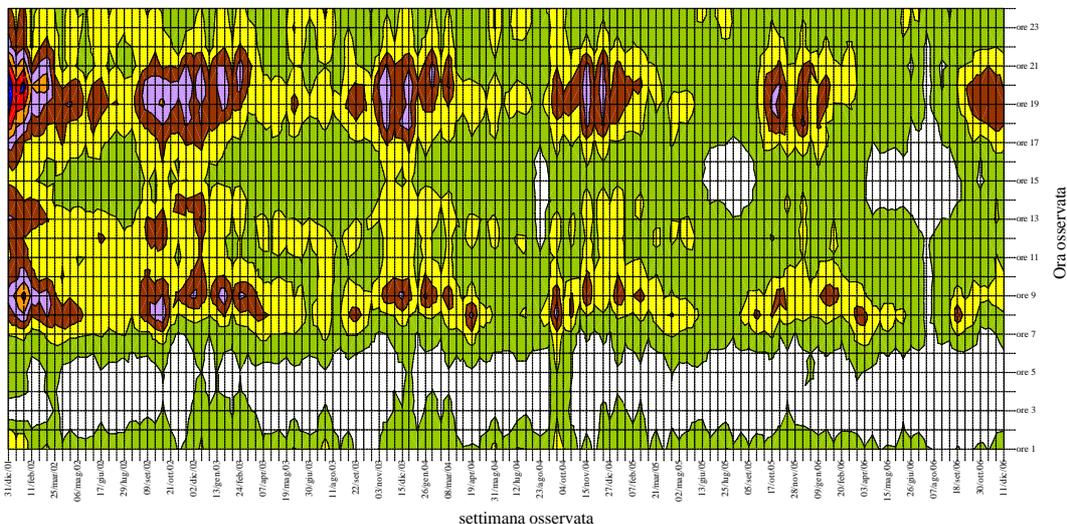
Il Monossido di Carbonio è un inquinante primario derivato principalmente dal traffico e come tale evidenzia un profilo nei 5 anni osservati perfettamente sovrapponibile al benzene. Tutti gli argomenti menzionati nel paragrafo sul benzene valgono anche per questo inquinante.

A questo proposito si aggiunge che il cambiamento del profilo delle percentuali, potrebbe essere una conseguenza degli interventi di ammodernamento della viabilità.

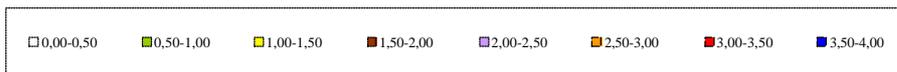
ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

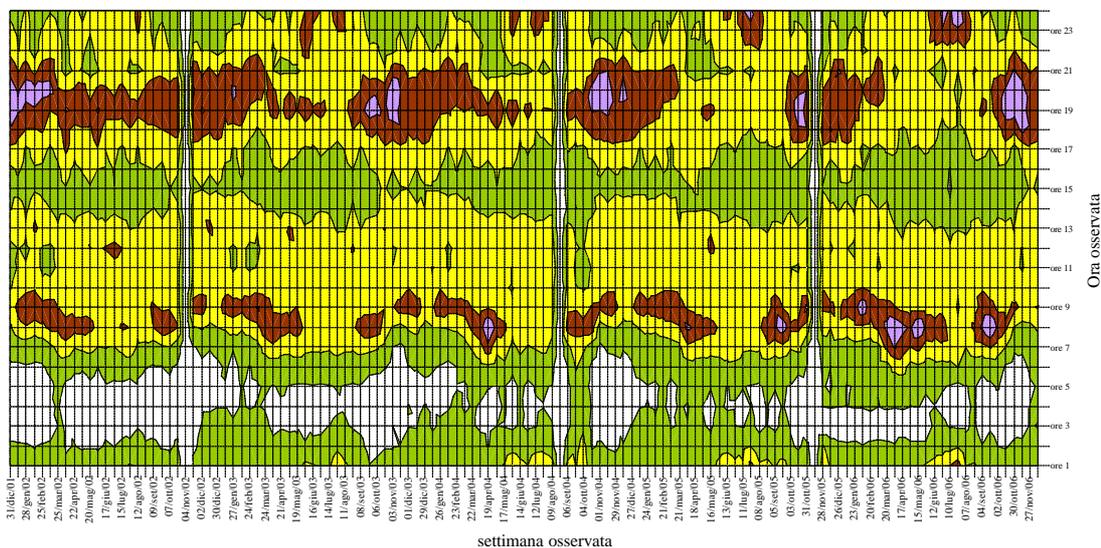
Stazione di Piazza Mazzini andamento CO mg/m³ ora media su base bisettimanale anno 2002-2006



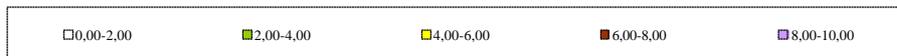
Classi di concentrazione
CO mg/m³



Stazione di Piazza Mazzini CO contribuito orario in percentuale media su base bisettimanale anno 2002-2006

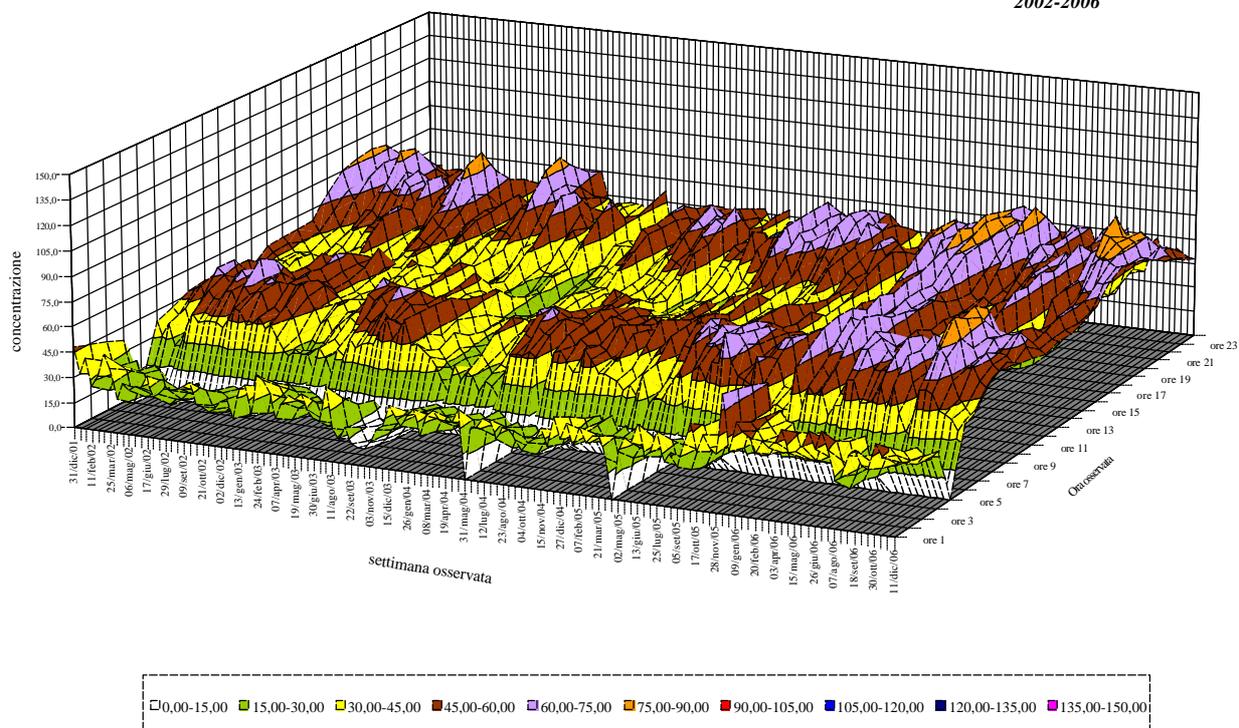


Classi di contributo
in percento

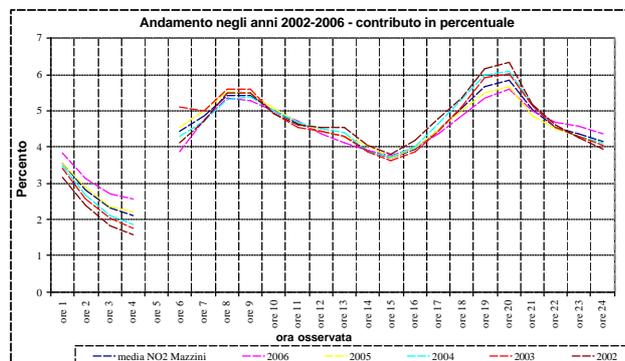
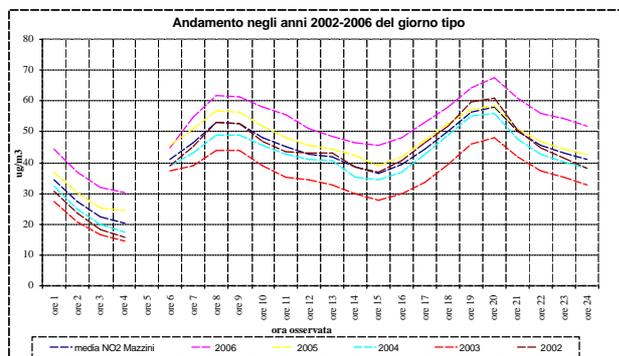


5.6.3 NO₂

Stazione di Piazza Mazzini
andamento NO₂ mg/m³
ora media su base bisettimanale
2002-2006

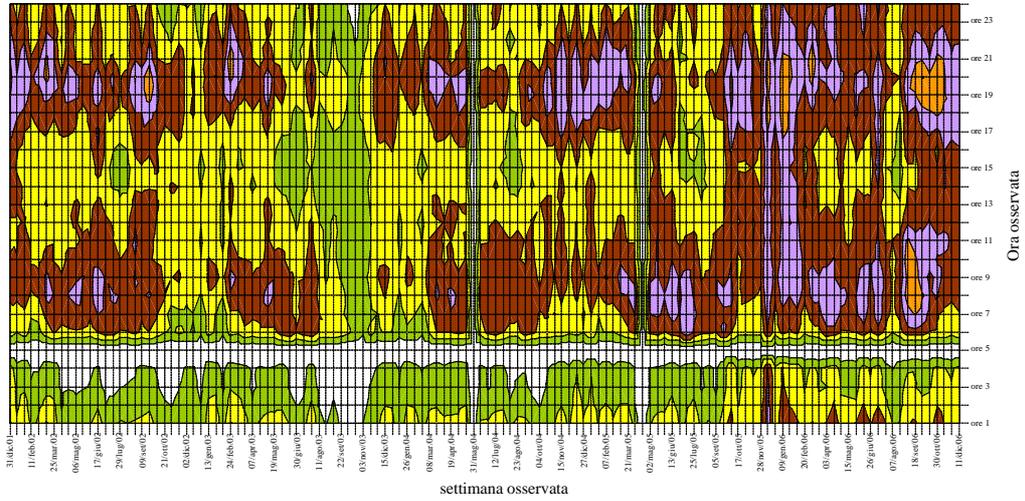


Il biossido di azoto a piazza Mazzini nel 2006 ha fatto registrare il peggior dato nei 5 anni di osservazione per quanto concerne lo standard di riferimento per la qualità dell'aria. L'andamento evidenzia un peggioramento in atto fin dal 2003, e riguarda in modo proporzionale tutte le medie orarie giornaliere. Le curve dei contributi percentuali sono molto simili tra loro e si può segnalare solamente una leggera contrazione del carico di inquinamento delle ore serali rispetto a quelle della mattina, confermato in modo progressivo per tutti e 5 gli anni; come peraltro era per il benzene. Le importanti modifiche alla viabilità, probabilmente sono la causa di queste ridistribuzioni delle curve di contributi di inquinamento nell'arco delle 24 ore.



Si deve inoltre segnalare che le concentrazioni sono caratterizzate da variazioni alternate periodiche tra estate ed inverno, mattina e sera, del contributo di inquinamento, come si evince dai grafici a pagina seguente; queste variazioni sono state segnalate anche per altri inquinanti ed altre stazioni.

Stazione di Piazza Mazzini
andamento NO₂ µg/m³
ora media su base bisettimanale anno 2002-2006

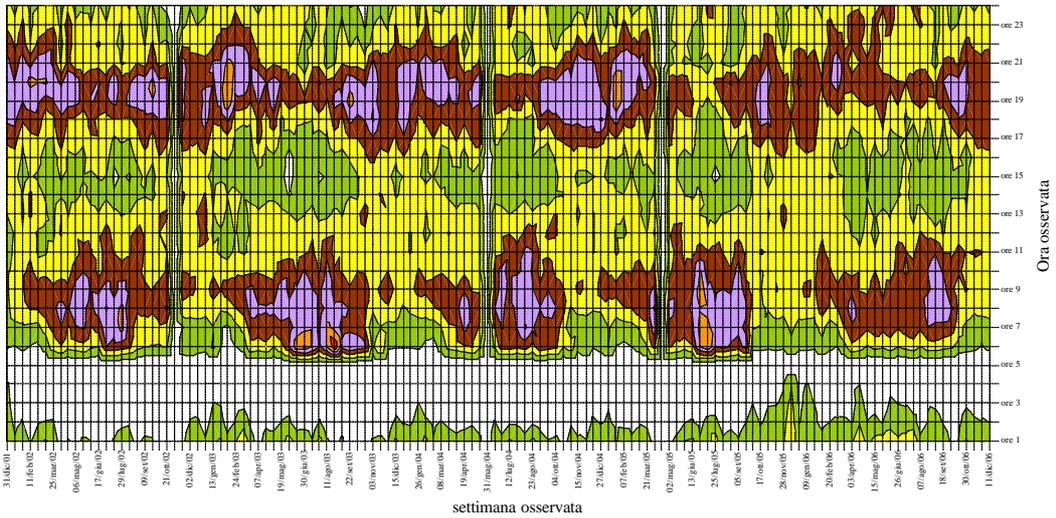


Classi di concentrazione
NO₂ µg/m³

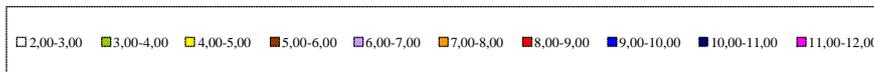


Nel grafico di sotto si nota il ridotto contributo delle ore serali appannaggio del solo anno 2006

Stazione di Piazza Mazzini
NO₂ contributo orario in percentuale
media su base bisettimanale anno 2002-2006

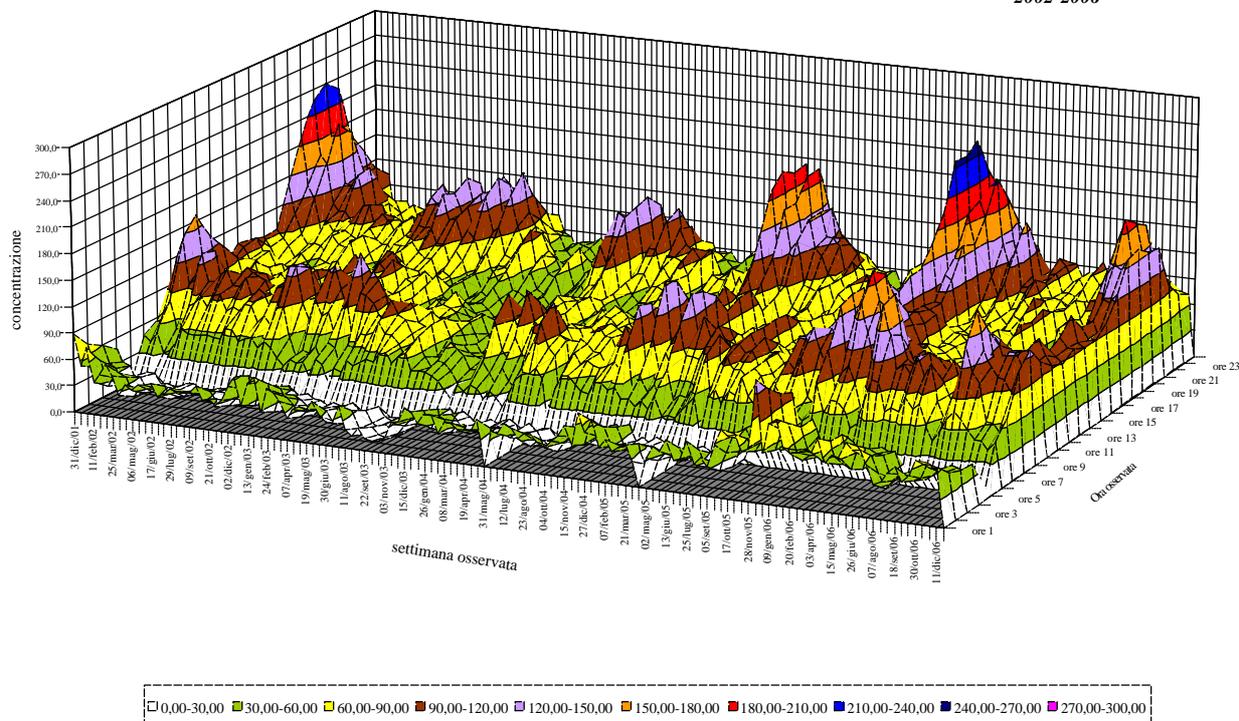


Classi di contributo in
per cento NO₂

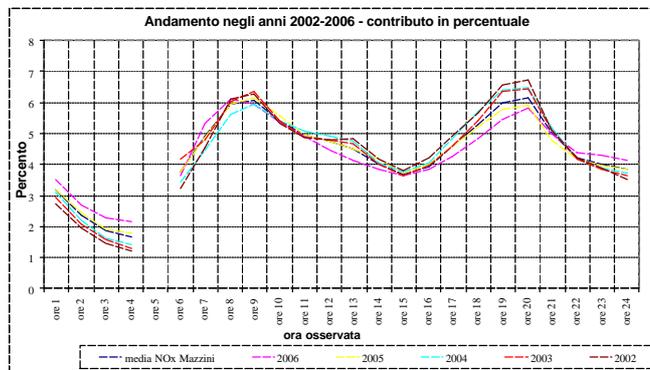
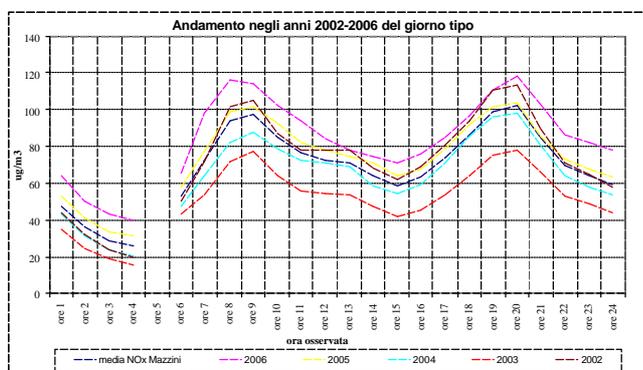


5.6.4 NO_x

Stazione di Piazza Mazzini
andamento NO_x mg/m³
ora media su base bisettimanale
2002-2006



Pur essendo un parametro il cui limite è da considerarsi solo per la protezione della vegetazione, gli standard di qualità dell'aria per questo inquinante non sono rispettati e peraltro l'andamento nel quinquennio considerato non è confortante. Si osserva infatti un progressivo aumento della concentrazione di NO_x ad eccezione del 2003, che è risultato molto più basso degli altri. Probabilmente questa diminuzione si è verificata o per cause di riciclaggio nelle modifiche alla circolazione contingenti o per le condizioni meteo-climatiche di quel periodo, si veda a tal proposito le curve di piazza Cappelletto che mostra profili simili.



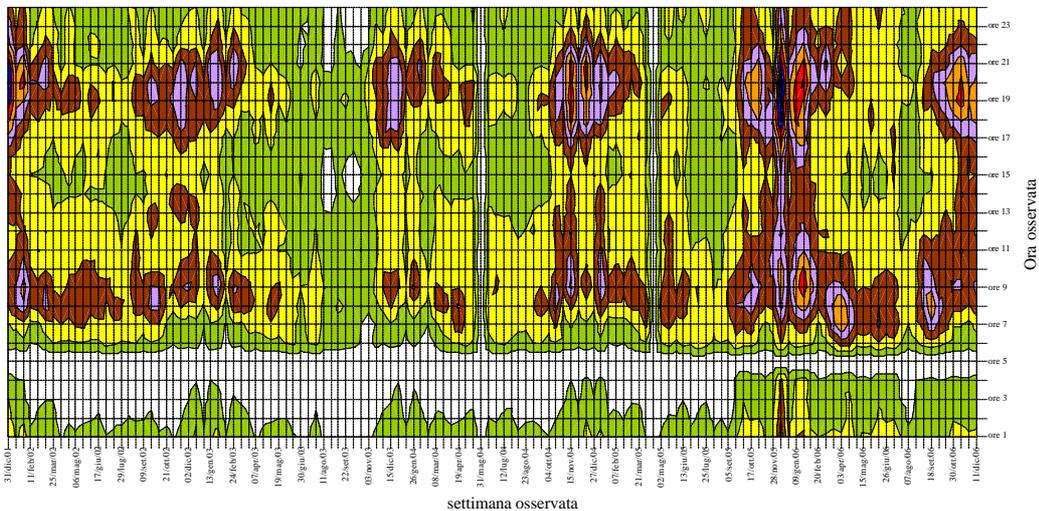
Alla pagina seguente si riportano i grafici a superficie del "giorno tipo" a media bisettimanale e il rispettivo contributo delle singole ore in percento; si evince anche in questo caso l'aumento, nel 2006, del contributo della prima metà del giorno rispetto alla seconda specie nei mesi estivi; questa

ARPAT

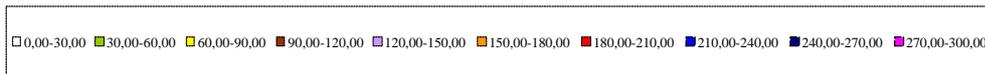
Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

evidenza si potrebbe giustificare con il significativo cambiamento occorso alla circolazione nella zona per consentire i lavori di ammodernamento della viabilità.

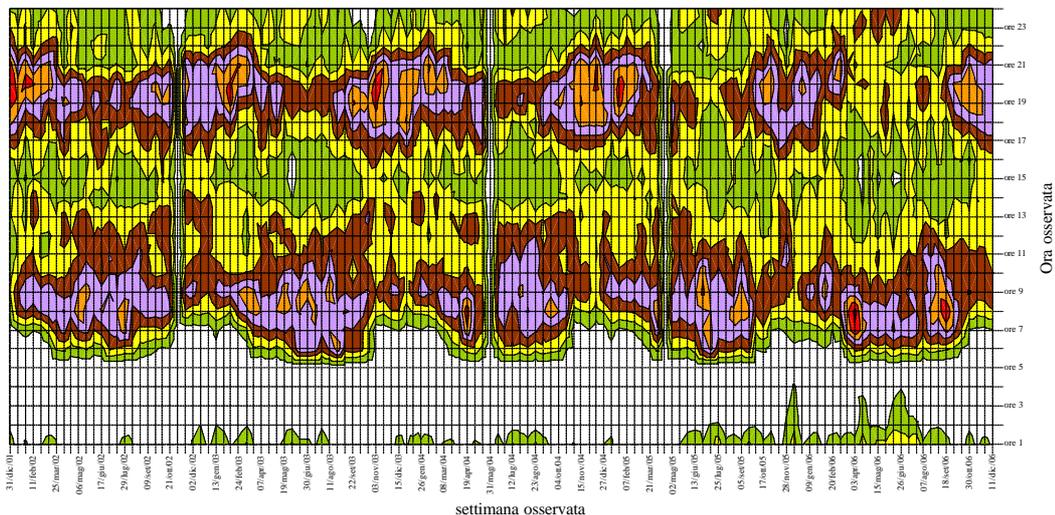
Stazione di Piazza Mazzini
andamento NO_x $\mu g/m^3$
ora media su base bisettimanale anno 2002-2006



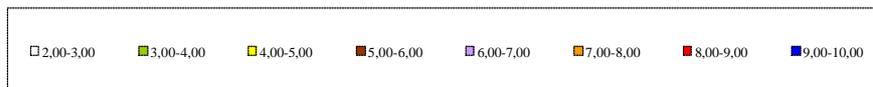
Classi di concentrazione
 NO_x $\mu g/m^3$



Stazione di Piazza Mazzini
 NO_x contribuito orario in percentuale
media su base bisettimanale anno 2002-2006



Classi di contributo in
per cento NO_x

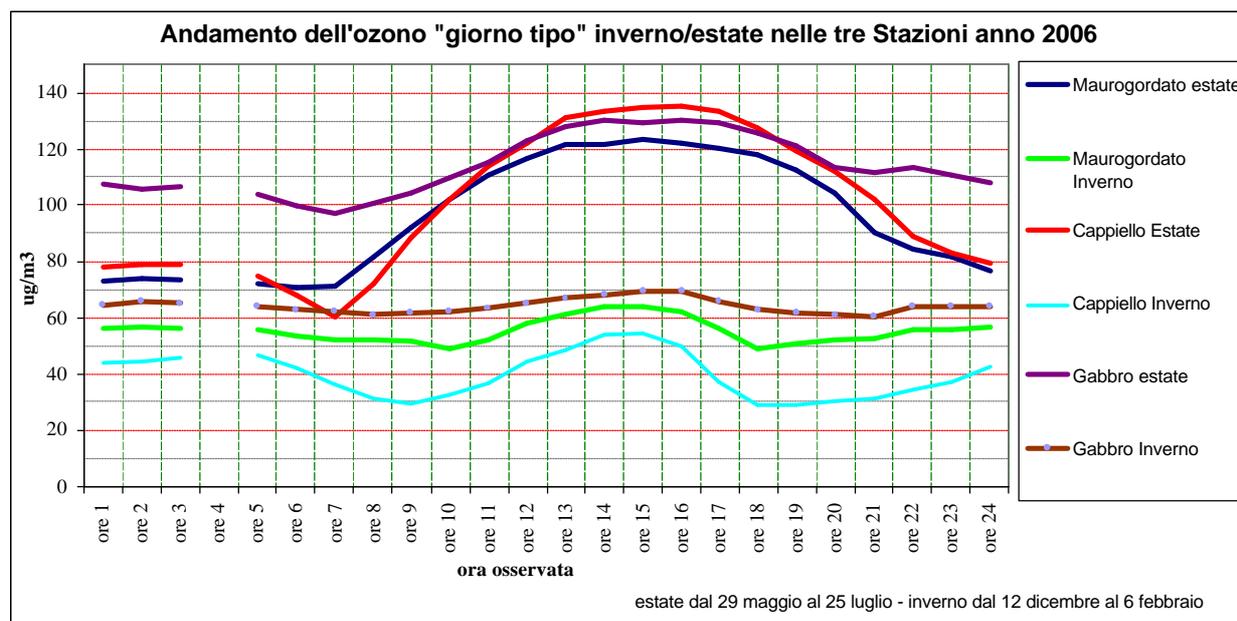


6. ULTERIORI PARTICOLARI APPROFONDIMENTI

6.1 Confronto tra gli andamenti di Ozono al Gabbro, a Villa Maurogordato e P.za Cappelio

I livelli di concentrazione in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di ozono, monitorato dalla rete pubblica della Provincia di Livorno nelle tre stazioni, Gabbro, Piazza Cappelio, Villa Maurogordato, hanno evidenziato complessivamente un andamento per l'anno 2006 non soddisfacente per tutti gli standard di qualità dell'aria.

Si riporta un grafico in cui sono mostrati gli andamenti medi "giorno tipo" di due periodi di riferimento "estate" dal 29 maggio al 15 luglio e "inverno" dal 12 dicembre al 6 febbraio.



Sono curve del giorno tipo di quasi due mesi e quindi ciascun punto delle curve è costituito dalla media di 56 valori orari, corrispondenti al totale dei giorni osservati per entrambi i periodi.

Tutte le curve del periodo estivo raggiungono il massimo, che in alcuni casi supera i $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nelle ore centrali del giorno, inoltre i profili, almeno per una stazione, appaiono significativamente differenti; qui di seguito sono descritti ed interpretati.

Come si vede dalle curve, la stazione che nel periodo osservato mostra i livelli superiori a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in modo persistente è quella rurale di Gabbro in estate e che peraltro è situata circa 200 metri slm.

La concentrazione di Ozono rimane piuttosto elevata anche durante le ore notturne a causa di una serie di complessi eventi che facilitano l'accumulo di questa sostanza in zone remote dalle sorgenti di inquinanti primari.

Nel paragrafo della Stazione Cappelio è possibile leggere una breve descrizione sulle dinamiche che mettono in relazione gli inquinanti primari come l'NO e gli idrocarburi (HC) con quelli secondari come NO₂ e Ozono ed altre sostanze, pertanto si rimanda a quel paragrafo per un approfondimento.

La stazione di tipo periferico Villa Maurogordato, durante il periodo estivo osservato raggiunge il suo massimo oltre i $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ anch'essa in corrispondenza delle ore 15.00; in questo caso però la

ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

vicinanza con altre sorgenti di inquinanti primari, permette di “ridurre” nelle ore notturne in modo significativo la concentrazione di Ozono fino ad un livello inferiore agli $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La stazione di Piazza Cappelio è quella che ha il profilo più *mosso*. In questo caso si nota la caduta di concentrazione delle ore 7 alla ripresa del traffico, in quei momenti infatti l’NO e gli idrocarburi emessi, “consumano” l’Ozono residuo della notte riducendo ulteriormente la concentrazione di questo ultimo.

Le complesse reazioni che si susseguono, mediate dalla radiazione solare, generano una serie di eventi a catena che fanno innalzare rapidamente la concentrazione del “giorno tipo” nel bimestre estivo a livelli addirittura superiori a $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

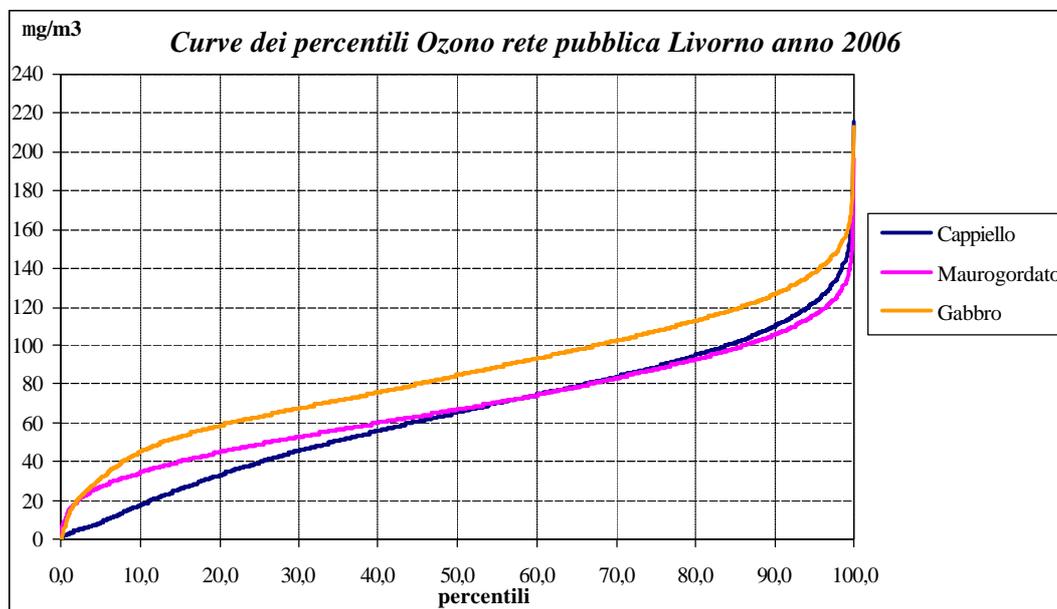
Il ciclo NO-NO₂-O₃, HC e i prodotti indesiderati delle loro combinazioni, prosegue nell’arco del giorno fino alla diminuzione di ozono serale ore 18.00, dovuta a tre fattori principali, a) la riduzione della luce solare ; b) il consumo da parte dell’NO generato dalla ripresa del traffico; c) la diffusione atmosferica.

Durante la notte i fenomeni di trasporto e rimescolamento delle masse d’aria, tendono a uniformare le concentrazioni che raggiungono in questo modo il valori di fondo propri per ciascuna zona, per poi ricominciare il ciclo la mattina seguente.

Questo andamento è concorde a quanto evidenziato nel 2006 dai Tecnici dell’ARPAT di Arezzo in due stazioni collocate in zone analoghe a Cappelio e Gabbro.

Infatti le analisi dei percentili effettuata tra le stazioni di Casa Stabbi (rurale) e Acropoli (f. urbano) mostrano un valore di fondo per la stazione rurale più elevato rispetto a quello urbano, ma al contempo si osserva una sovrapposizione delle curve in prossimità dei massimi livelli di concentrazione (98° - 100°).

Qui sotto si possono osservare le curve dell’Ozono in percentili della rete pubblica presso il Comune di Livorno; la stazione di Maurogordato collocata alla periferia della Città, evidenzia un comportamento intermedio tra quella rurale di Gabbro e quella di fondo urbano di Cappelio.



In altre parole presso le stazioni rurali sono persistenti le concentrazioni medio alte di ozono nelle 24 ore e per tutta la durata dei mesi ad elevato irraggiamento solare; d’altra parte, nelle stazioni di fondo urbano, si raggiungono livelli di concentrazione massimi diurni paragonabili, o superiori

come nel 2006 e 2005 ad Arezzo e nel 2006 a Livorno, seguiti da ampie escursioni notturne a valori molto più bassi, proprio a causa della vicinanza delle grandi sorgenti di inquinamento primario.

A questo non corrisponde il fatto che di notte l'aria in città sia sistematicamente migliore, infatti deve essere assolutamente focalizzata l'attenzione verso tutte quelle sostanze indesiderabili non misurate, che si originano dalle reazioni notturne tra ozono ed altri inquinanti primari, almeno per i quali la presenza è certa, perché monitorati nelle stazioni delle rete pubblica.

I prodotti che derivano da queste reazioni, nel loro insieme, costituiscono ed in parte sono una conseguenza dello smog fotochimico e sfortunatamente proprio queste sostanze, in occasione di stabilità atmosferica notturna, vanno ad interessare le zone ad elevata urbanizzazione e quindi densamente abitate.

E' proprio in virtù di questo complesso scenario che le tendenze al peggioramento, seppur lieve, che si osserva in stazioni come Piazza Cappelletto, attualmente rispettose degli standard di qualità dell'aria per gli inquinanti primari, devono essere attentamente seguite.

I periodi invernali sono caratterizzati da oscillazioni meno ampie che riproducono in scala gli eventi osservati nel periodo estivo.

In questo caso la ridotta luce solare non garantisce il necessario apporto di energia per sostenere la gran parte delle reazioni che costituiscono lo smog fotochimico, questo fattore è alla base di una minor concentrazione di Ozono nel periodo invernale.

Tuttavia se si considera l'abbondanza di inquinanti primari in due momenti precisi dei giorni invernali le 9.00 e le 18.00, e si integrano le escursioni di concentrazione del livello di ozono, proprio in corrispondenza di questi momenti, è ragionevole ipotizzare una produzione significativa di inquinanti secondari.

L'NO₂ nel periodo invernale, raggiunge le maggiori concentrazioni e seppur sotto il valore limite nelle tre stazioni oggetto del presente paragrafo, proprio nel 2006 ha evidenziato un ulteriore e progressivo aumento in tutta la rete di monitoraggio, esclusa la sola stazione di Carducci; stazione dove peraltro, insieme a Piazza Mazzini, la media annuale è stata invece abbondantemente superata in tutti gli anni di osservazione.

Le tre curve invernali si distribuiscono lungo un gradiente che apparentemente, vede penalizzata la stazione di Gabbro; tenendo presente quanto detto per il periodo estivo, la diminuzione di ozono, in presenza di NO e HC, è sempre associata alla formazione di NO₂ ed altre sostanze precedentemente menzionate sicuramente indesiderabili come i PAN o i precursori delle frazioni più sottili di particolato, la cui tossicità nei confronti dell'uomo è oramai largamente condivisa nell'ambito della comunità scientifica.

6.2 Migrazioni di inquinanti dalla terraferma al mare e viceversa

Per la sua collocazione geografica Livorno dovrebbe essere collocata in una posizione particolarmente favorevole ai fini della dispersione degli inquinanti, infatti affacciandosi sul mare, è esposta regolarmente a venti con regime di brezza terra-mare e viceversa, i quali garantiscono un soddisfacente e periodico rimescolamento, anche in occasione di stabilità atmosferica, seppur con benefici più modesti.

Effettivamente le concentrazioni di alcuni inquinanti, non raggiungono mai per lunghi periodi di tempo, livelli paragonabili ad altri distretti geografici a maggiore criticità, come le grandi Città delle pianure o delle vallate nell'entroterra.

Si deve anche aggiungere che il vento spirava in media a velocità maggiori ai 2 metri al secondo; questo fattore conferisce una turbolenza atmosferica significativa e quindi tendente a favorire la dispersione o almeno il trasferimento degli inquinanti, penalizzando altre località piuttosto che il territorio urbano.

ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

D'altro canto però è anche vero che, le massime concentrazioni di ozono rilevate ovunque, coincidono perfettamente con il sopraggiungere dei venti che spirano, nei pomeriggi estivi dai quadranti occidentali e quindi dal mare, dove si suppone non sussistano sorgenti emissive importanti, se si escludono le navi, in grado di alimentare i cicli dello smog fotochimico.

Questo lascia intuire che nell'arco del giorno, fin quando il vento soffia dai quadranti orientali, si costituiscono ampie masse d'aria sulla superficie marina, contenenti inquinanti di origine sia industriale che da traffico che portuale. Queste miscele di gas, irradiate dalla luce solare fin dalla mattina e nei giorni estivi specialmente, costituiscono una specie di area di maturazione e trasformazione, all'interno della quale le sostanze reagiscono tra loro per molte ore.

Al mutare delle condizioni di vento, tipicamente tra le 12 e le 14 della grande maggioranza dei giorni estivi, una vera e propria "nube" di inquinanti "smog fotochimico", giunge nel tessuto urbano.

Non a caso i rari episodi di maleodoranze percepite direttamente dalla cittadinanza si sono verificati in condizioni meteo caratteristiche e riproducibili e cioè proprio in occasione dei cambiamenti di vento a regime di brezza, prima da NE-ENE e poi NO-ONO-O.

Le sostanze in grado di arrecare molestie olfattive, emesse sporadicamente dagli impianti industriali, assolvono una funzione di tracciante dell'inquinamento altrimenti non percepibile dall'olfatto umano e sono la conferma dei complessi trasferimenti di inquinanti dalle sorgenti antropiche alle zone marine e nuovamente sulla terraferma al cambio delle condizioni meteo. Nell'attimo in cui si ha la percezione dell'evento, sia esso un fenomeno odorigeno piuttosto che una risposta strumentale ad un inquinante "ordinario", i siti interessati si trovano sottovento a nessuna emissione reale fisicamente individuabile.

Si potrebbe definire questo fenomeno come la genesi di una emissione virtuale composta di tipo diffuso e non solo, che si manifesta grossomodo in tre tipologia differenti, spesso sovrapponibili:

- ✓ *Aumenti con frequenza giornaliera di inquinanti come l'ozono ed altri più insidiosi (PAN); questi incrementi assumono forte intensità soprattutto nei mesi estivi, e costituiscono lo smog fotochimico -*
- ✓ *Impennate sporadiche e di breve durata nell'arco del giorno di inquinanti l'come SO₂ Tali episodi dal 2002 in poi non hanno mai compromesso gli standard di qualità dell'aria;*
- ✓ *Rari episodi di superamento della soglia di percezione di sostanze, riconducibili a composti organici contenenti idrocarburi solforati in grado di arrecare molestie olfattive; 5 segnalazioni all'ARPAT nel 2005, nessuna nel 2006.*

Lo scenario della migrazione degli inquinanti, è stato ben descritto in alcune pubblicazioni del LAMMA (laboratorio di meteorologia e modellistica ambientale - cfr il sito http://www.lamma.rete.toscana.it/ita/aria/scenari_li.html) che pur esponendo un modello matematico di diffusione teorica, ben descrive le dinamiche degli spostamenti reali degli inquinanti, confermate anche dai rilevamenti della rete pubblica di monitoraggio della qualità dell'aria.

L'ozono e come si è visto per Viale Carducci, anche l'SO₂, sono essi stessi traccianti delle nubi di sostanze inquinanti, monitorabili in alcune stazioni pubbliche e confermano queste dinamiche

6.3 Analisi degli aumenti improvvisi della concentrazione di SO₂ rilevati

Per l'SO₂ bisogna fare un discorso a parte essendo questo un inquinante primario e non fotoprodotto come descritto in precedenza.

Infatti, le sorgenti a terra (il polo industriale ed energetico a nord di Livorno) partecipano sicuramente alla formazione della miscela di inquinanti in transito verso il mare, alimentate dalle brezze orientali, ma al mutare della direzione del vento, queste sorgenti, divengono responsabili di una concentrazione di fondo dell'SO₂ piuttosto che di un evento acuto. Si veda peraltro che la SO₂

ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

di fondo, era mediamente più alta negli anni 2002 (vedi grafico a superficie qui sotto), rispetto a oggi.

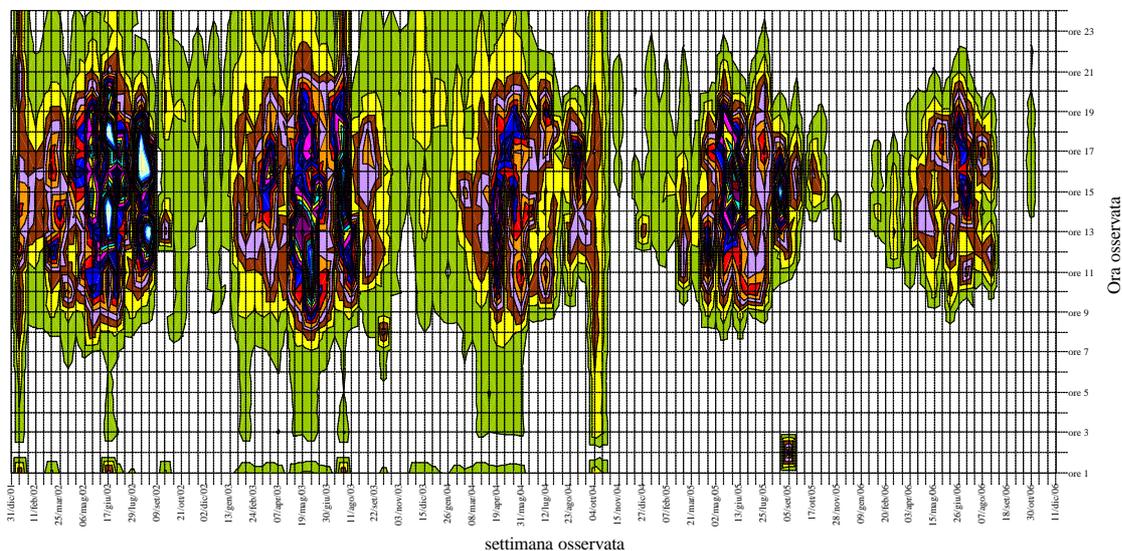
Gli episodi di concentrazione improvvisamente elevata, si sovrappongono a quella basale tipica del periodo in cui avviene l'evento e si suppone che abbiano una origine differente. Infatti si ritiene che un contributo significativo alla formazione del picco di SO₂ derivi da attività, sia industriali che non, realizzate esclusivamente all'interno dell'area portuale; tuttavia come già detto in precedenza, questi eventi appaiono essere in marcata diminuzione soprattutto, nel 2006; Nonostante il trend in diminuzione sono comunque in corso, ulteriori indagini al fine di meglio caratterizzare questi particolari fenomeni.

Questo particolare aspetto sull' SO₂ è stato spiegato in dettaglio nel paragrafo di Viale Carducci.

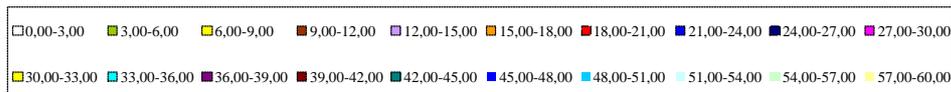
Si riporta in questa sede il grafico a superficie della SO₂ con un incremento di classe molto ridotto (paria a 3 µg/m³); dalla figura si evince chiaramente la progressiva diminuzione della concentrazione del "fondo" di questo inquinante. Pur non essendo ben interpretabile l'andamento della SO₂ ai valori massimi per una eccessiva densità di colori (ore centrali dei mesi estivi descritte nel capitolo precedente), le porzioni di grafico corrispondenti alla notte e alle prime ore del giorno di tutto l'anno, riducono progressivamente la colorazione verde della classe 3-6 µg/m³ per passare alla classe minima 0-3, caratteristica degli ultimi 2 anni.

In effetti questa evidenza, concorda perfettamente con i dati delle emissioni forniti da alcuni grandi impianti ubicati a nord di Livorno che dalla fine del 2002 in poi hanno progressivamente ridotto le loro emissioni di anidride solforosa, fino a raggiungere i più bassi livelli nell'anno 2006.

*Stazione di Viale Carducci
andamento SO₂ µg/m³
ora media su base bisettimanale anno 2002-2006*



Classi di concentrazione
SO₂ µg/m³



6.4 Analisi dei flussi di traffico in Viale Carducci (anni 2005 e 2006)

La metodologia per il conteggio degli autoveicoli in transito su viale Carducci, consiste in una lettura elettronica delle immagini riprese da una telecamera mediante un dispositivo di conteggio ottico; i veicoli che transitano, coprono secondo particolari modalità alcuni traguardi virtuali nello schermo e sulla base della loro lunghezza, vengono attribuiti a tre classi differenti

Veicoli classe 1 denominati C1 aventi lunghezza inferiore a tre metri

Veicoli classe 2 denominati C3 aventi lunghezza compresa tra 3 e 6 metri

Veicoli classe 3 denominati C2 aventi lunghezza superiore a 6 metri

Inoltre, le due corsie di Viale Carducci sono denominate:

Linea 1 denominata L1 costituita dalla corsia in ingresso alla Città

Linea 2 denominata L2 costituita dalla corsia in uscita dalla Città

La combinazione di queste variabili genera le $3 \times 6 = 6$ classi di grandezze monitorate alla stregua di un qualsiasi inquinante come dato orario; in questo caso la variabile è però estensiva, perché si sommano, tutti i veicoli che fisicamente passano in un'ora.

Nel presente paragrafo verranno illustrate le differenze nei volumi di traffico, nei 5 anni 2002 - 2006, riscontrate lungo le due direttrici di marcia di Viale Carducci

Utilizzando le stesse metodologie per effettuare le valutazioni degli inquinanti, nelle figure riportate si illustrano gli andamenti dei volumi di traffico, inteso come media oraria del volume di traffico che in intervalli bisettimanali transita davanti alla postazione di viale Carducci nell'arco delle 24 ore "giorno tipo bisettimanale". In questo caso ciascun dato delle 24 ore del "giorno tipo" è costituito dalla media dei 14 valori di flussi orari misurati nelle bisettimane.

Il dispositivo di misura non è esente da difetti e queste particolari valutazioni, sono inserite nella relazione allo scopo di descrivere, alcune correlazioni, che sembrano evidenziarsi con gli andamenti degli inquinanti.

Resta fermo il fatto che tutti i dati concernenti il flusso di veicoli monitorati con il dispositivo descritto in questa sede, devono essere interpretati con adeguata criticità.

Tuttavia si deve riferire che nel corso degli anni, alcuni parametri di misura, sono stati perfezionati, adattandosi alla realtà locale sempre meglio, grazie alle opportune modifiche dei tecnici che hanno seguito le prestazioni del sistema e che pertanto ne hanno aumentato l'affidabilità; A causa di queste anomalie progressivamente compensate, le misure precedenti il 2004 dovrebbero essere escluse dalle valutazioni, e si riportano al solo scopo informativo e per il motivo esposto nel paragrafo seguente.

I veicoli della classe 3 evidenziano un contributo in percentuale di flusso, rispetto all'intero giorno osservato, che ben si sovrappone con i profili di molti inquinanti e questo vale anche prima del 2004.

In altre parole i flussi di veicoli della classe più lunga, sono maggiori nei mesi invernali la sera intorno alle ore 20 e viceversa gli stessi veicoli sembrano che passino con maggiore frequenza durante la prima parte del giorno nei mesi estivi. La conferma di questo profilo anche prima del 2004, farebbe supporre che il dispositivo di misura abbia contato meno veicoli proporzionalmente in tutte le 24 ore del giorno prima del 2004 essendo quindi affetto da un errore sistematico di sottostima.

Le porzioni di grafico dubbie sono state opacizzate ad esclusione dei grafici a percentuale dei C3L2. Questi particolari andamenti saranno oggetto di studio nel corso dell'anno 2007

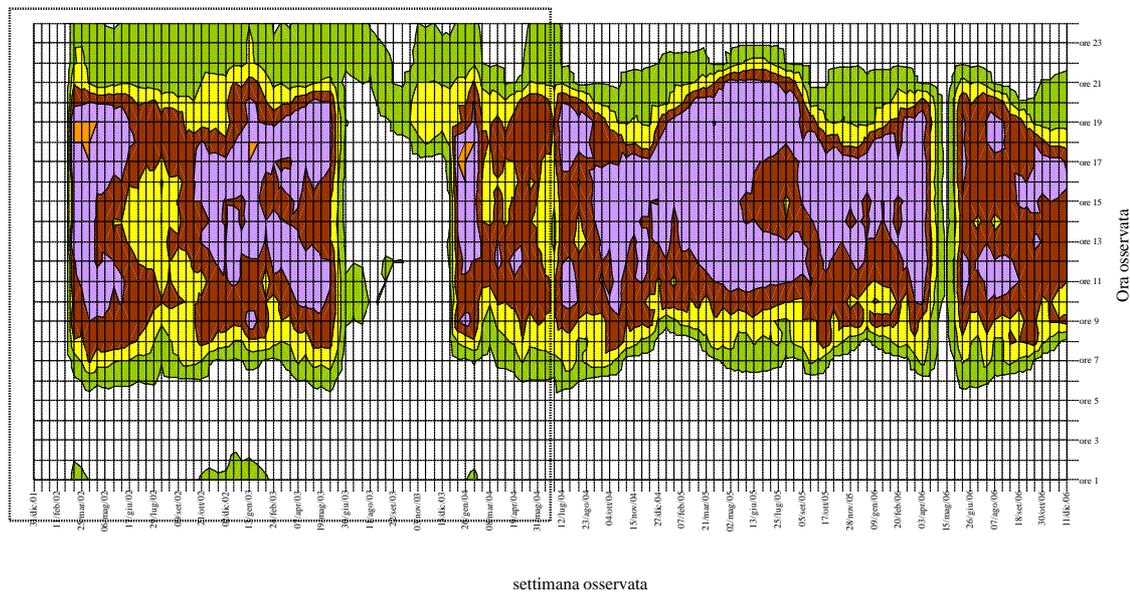
Ad ulteriore conferma della sottostima dei veicoli C3 si segnala una inverosimile sovrastima dei veicoli C1 ante 2004 (dati non mostrati).

ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

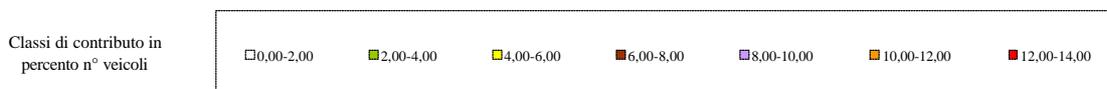
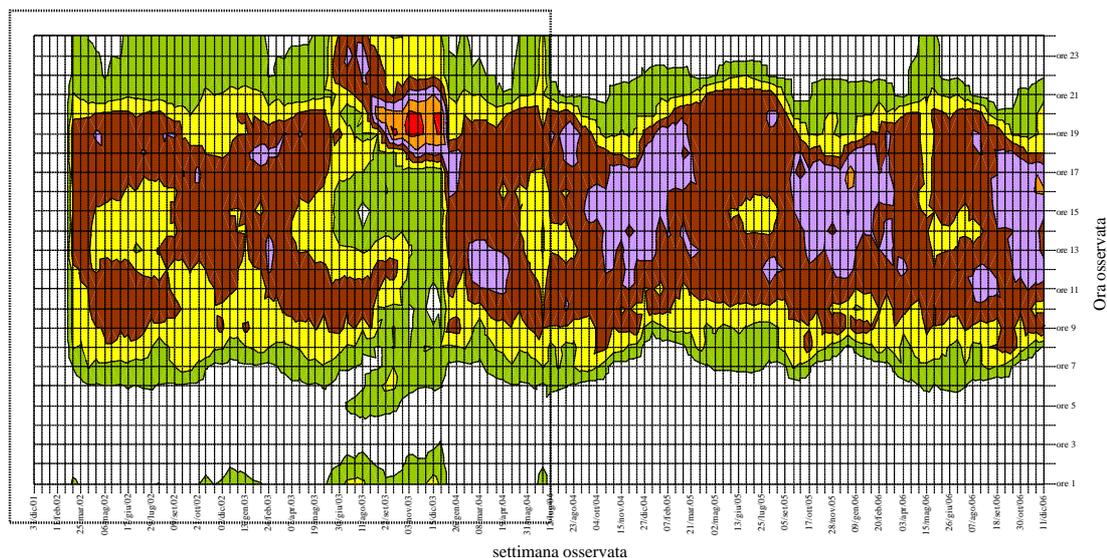
Nella figura seguente sono riportati i volumi di traffico dei veicoli Classe 2 Linea 1 raggruppati come giorno tipo bisettimanale nei 5 anni 2002/2006.

*Stazione di Viale Carducci
andamento n° veicoli C2L1 orari
media su base bisettimanale anno 2002-2006*



Lo stesso grafico dei contributi in percentuale.

*Stazione di Viale Carducci
n° veicoli C2L1 orari in percentuale
media su base bisettimanale anno 2002-2006*

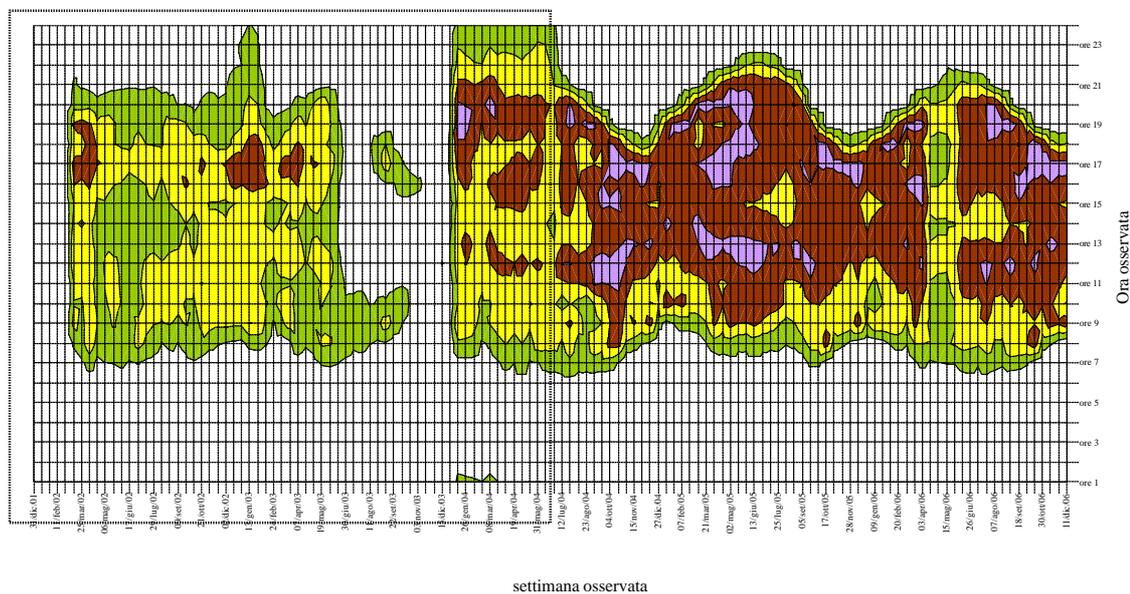


ARPAT

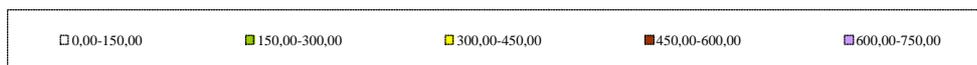
Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

Nella figura seguente sono riportati i volumi di traffico dei veicoli Classe 2 Linea 2 raggruppati come giorno tipo bisettimanale nei 5 anni 2002/2006.

Stazione di Viale Carducci
andamento n° veicoli C2L2 orari
media su base bisettimanale anno 2002-2006

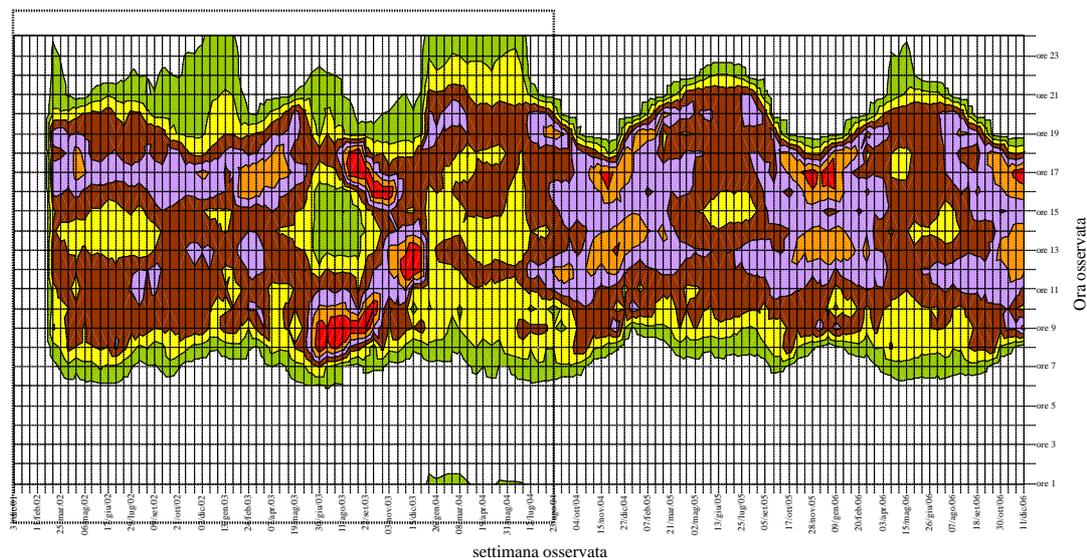


Classi di n° veicoli

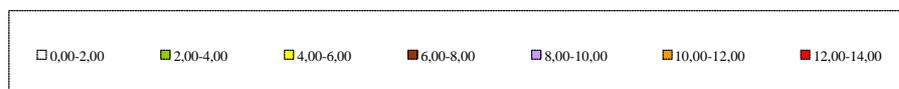


Lo stesso grafico dei contributi in percentuale.

Stazione di Viale Carducci
n° veicoli C2L2 orari in percentuale
media su base bisettimanale anno 2002-2006



Classi di contributo in
percento n° veicoli

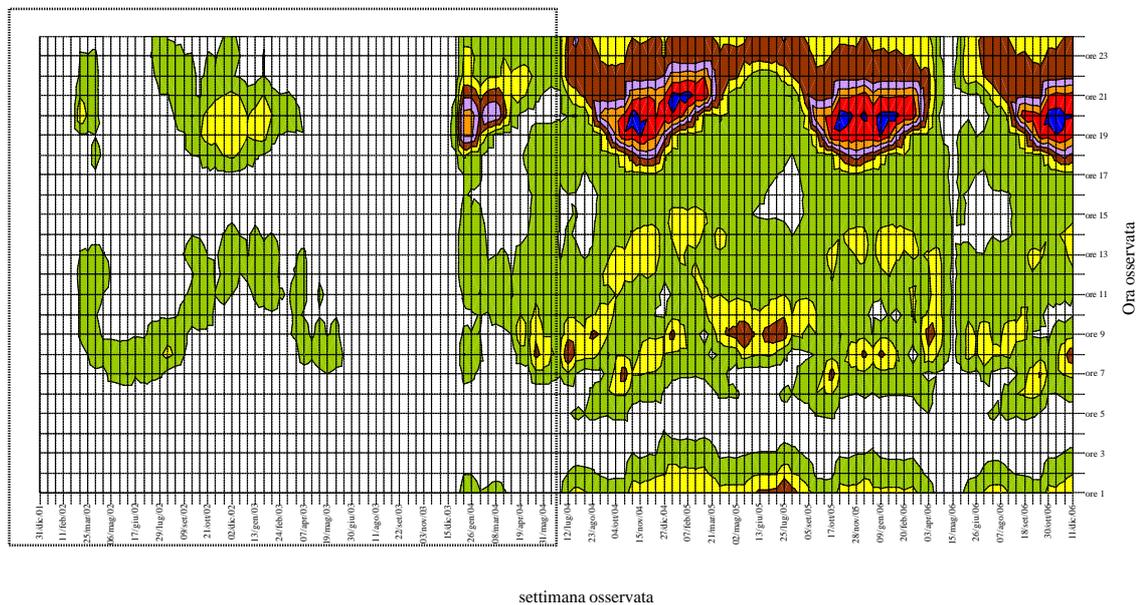


ARPAT

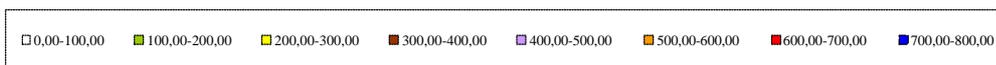
Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

Nella figura seguente sono riportati i volumi di traffico dei veicoli Classe 3 Linea 1 raggruppati come giorno tipo bisettimanale nei 5 anni 2002/2006.

**Stazione di Viale Carducci
andamento n° veicoli C3L1 orari
media su base bisettimanale anno 2002-2006**

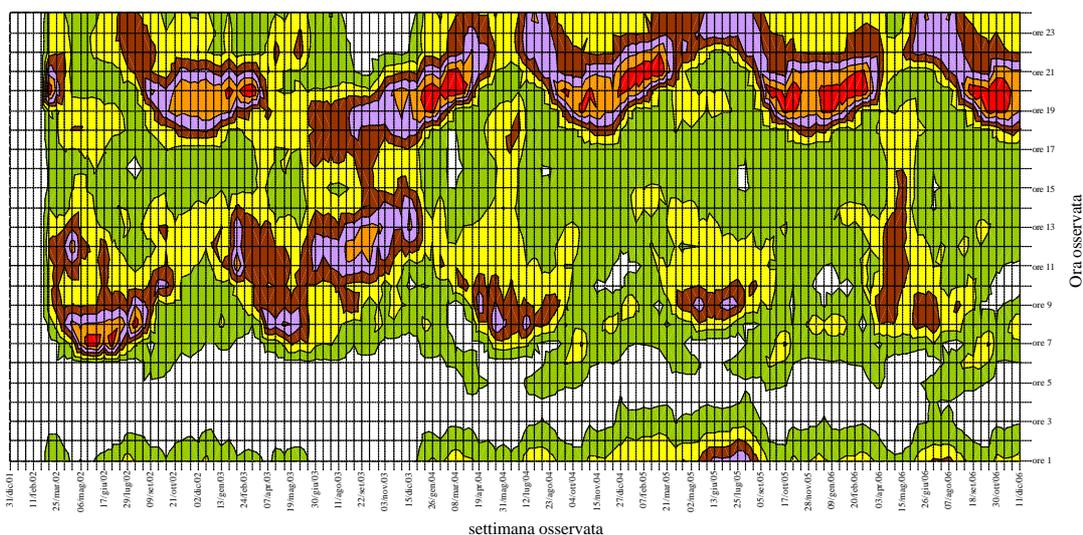


Classi di n° veicoli

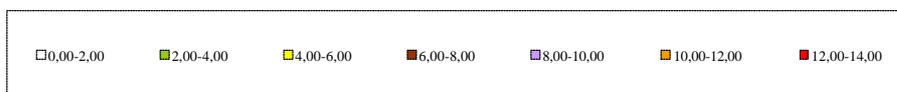


Lo stesso grafico dei contributi in percentuale.

**Stazione di Viale Carducci
n° veicoli C3L1 orari in percentuale
media su base bisettimanale anno 2002-2006**



Classi di contributo in
percento n° veicoli

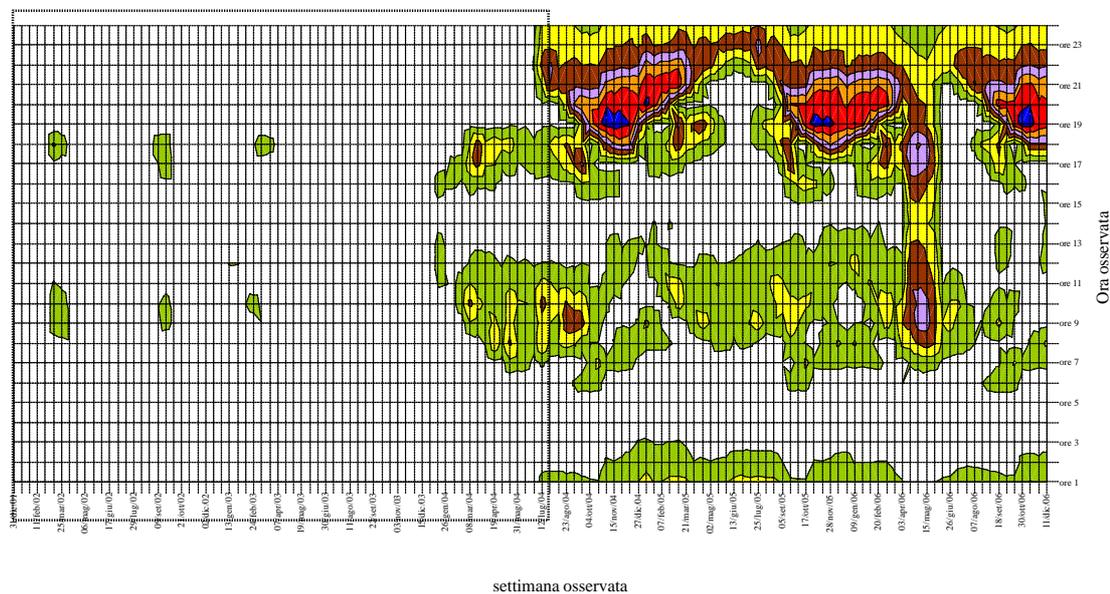


ARPAT

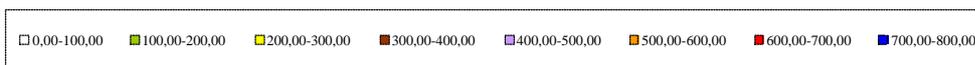
Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

Nella figura seguente sono riportati i volumi di traffico dei veicoli Classe 3 Linea 2 raggruppati come giorno tipo bisettimanale nei 5 anni 2002/2006.

Stazione di Viale Carducci
andamento n° veicoli C3L2 orari
media su base bisettimanale anno 2002-2006

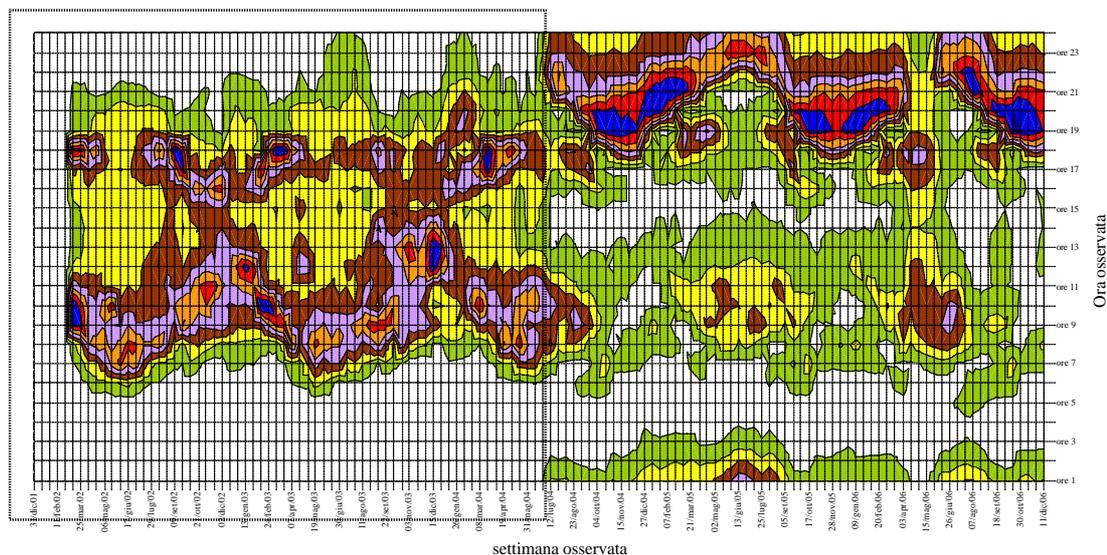


Classi di n° veicoli

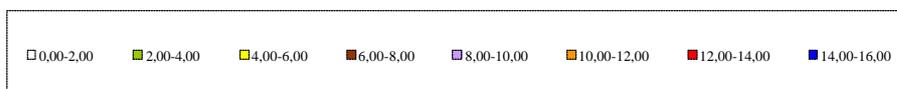


Lo stesso grafico dei contributi in percentuale.

Stazione di Viale Carducci
n° veicoli C3L2 orari in percentuale
media su base bisettimanale anno 2002-2006



Classi di contributo in
percento n° veicoli



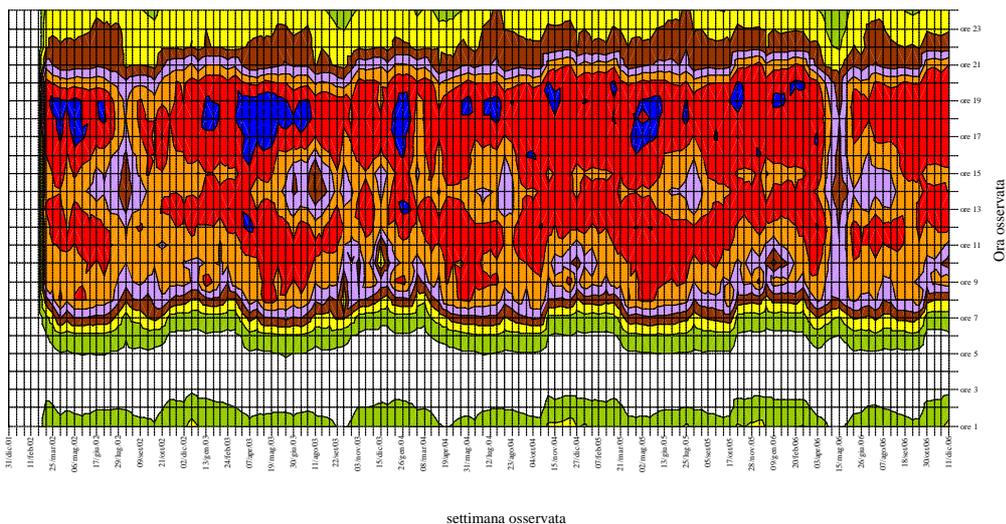
ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

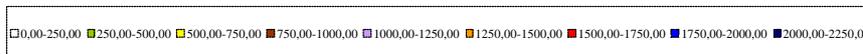
Come già detto per quanto riguarda l'affidabilità del dispositivo di attribuzione dei veicoli alle tre classi di lunghezza, il sistema evidenzia alcune criticità, in special modo fino alla metà del 2004. Pertanto tali andamenti non devono essere presi in considerazione.

Ciononostante il valore somma del flusso veicolare, risulta essere compatibile con i valori che ci si aspetterebbe per una strada di transito dalle caratteristiche di Viale Carducci. A tale scopo si riporta per intero il grafico a superficie dell'andamento del flusso ottenuto dalla somma di tutte le classi su entrambe le linee ed il corrispondente grafico dei contributi percentuali orari.

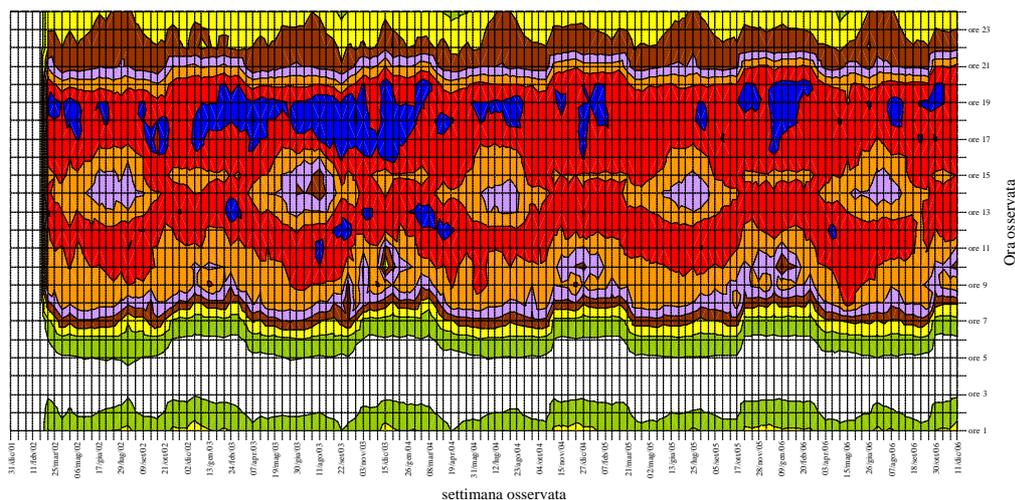
*Stazione di Viale Carducci
andamento n° veicoli somma C1,2,3xL1,2 orari
media su base bisettimanale anno 2002-2006*



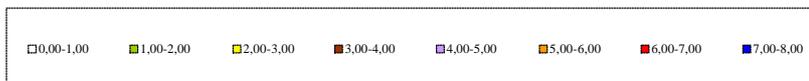
Classi di n° veicoli



*Stazione di Viale Carducci
n° veicoli somma C1,2,3xL1,2 orari in percentuale
media su base bisettimanale anno 2002-2006*



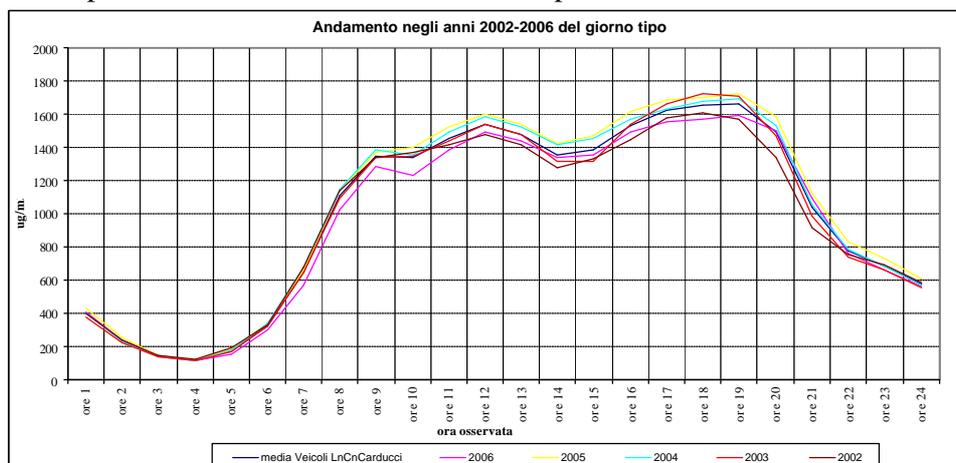
Classi di contributo in
per cento n° veicoli



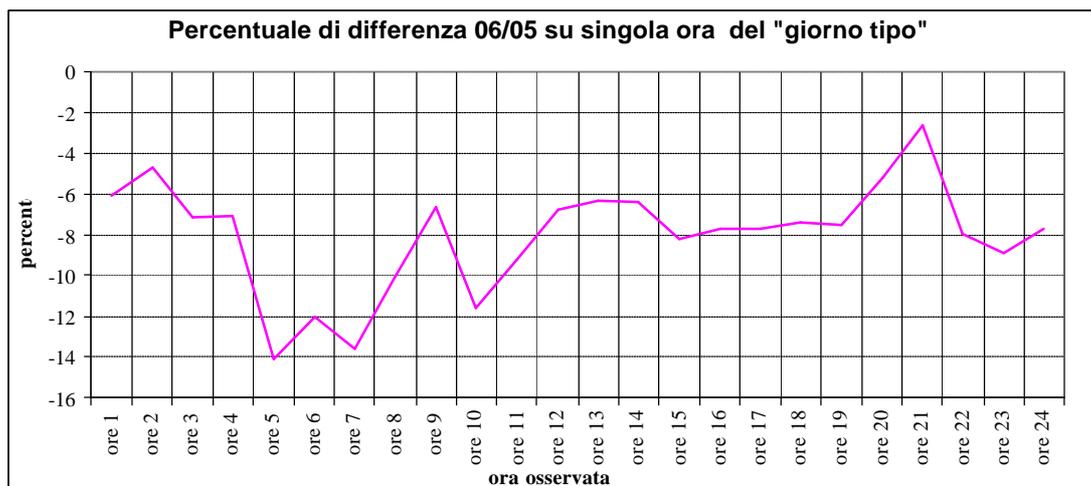
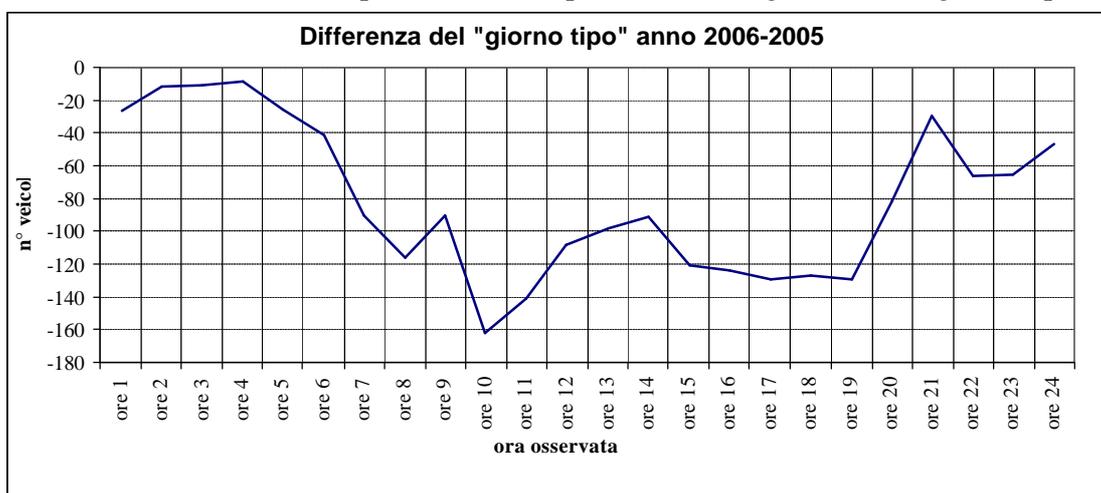
ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

Dalle curve del "giorno tipo" annuale è possibile individuare una leggera diminuzione del traffico o nell'anno 2006 rispetto al 2005 e alla media dell'intero periodo osservato.



Meglio ancora si osserva nei due grafici qui sotto che riportano l'andamento delle differenze sia in valore assoluto (n° veicoli) che in percentuale (%) per ciascuna singola ora del "giorno tipo"

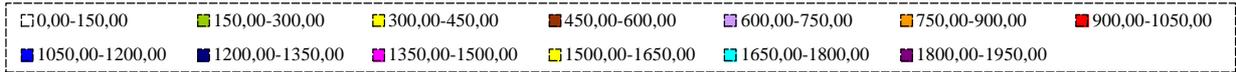
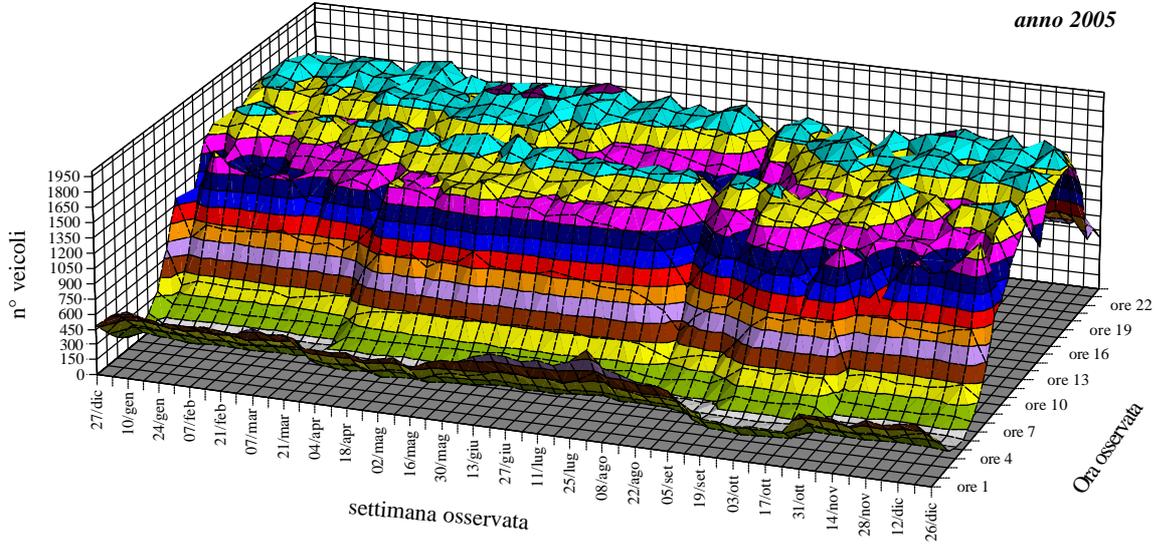


ARPAT

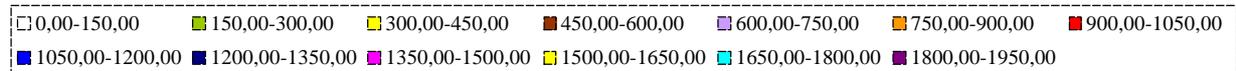
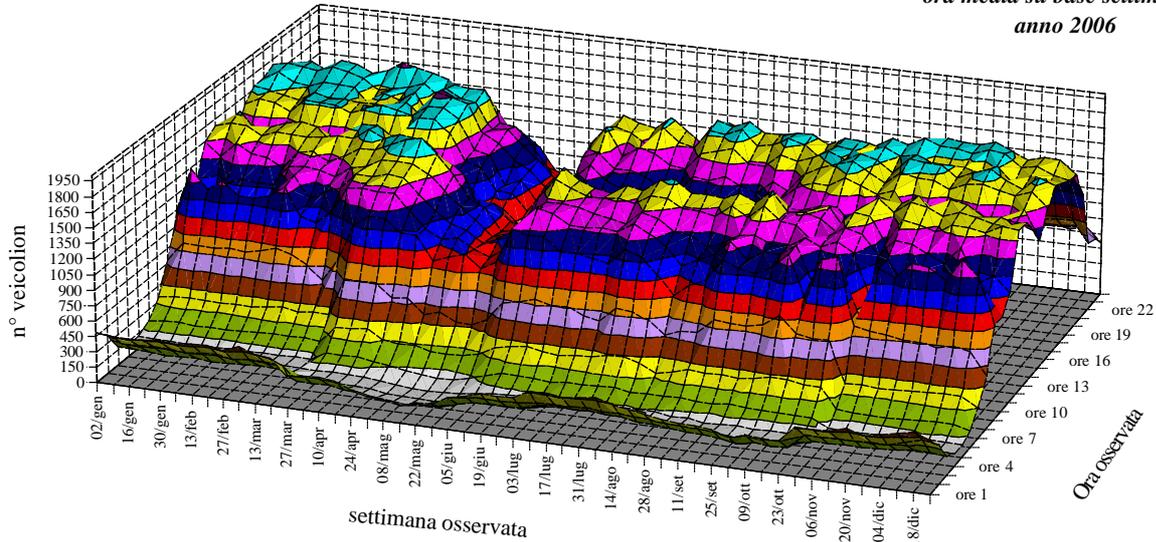
Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

Si riportano gli andamenti annuali in 3D degli anni 2005 e 2006 dal quale si evince l'improvvisa diminuzione dei flussi veicolari nel mese di maggio dello scorso anno.

*Stazione di Viale Carducci
andamento n° veicoli CnLn orari
ora media su base settimanale
anno 2005*



*Stazione di Viale Carducci
andamento n° veicoli CnLn orari
ora media su base settimanale
anno 2006*



ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

Dai conteggi effettuati tra gli anni 2005 e 2006 emergono i seguenti dati
Numero totale di veicoli anno 2006 rispetto al 2005 Raggruppati per Linea
“meno” vuol dire che sono transitati meno veicoli nel 2006 e viceversa con il più.

Linea 1 Uscita Città più 13,44% di Classe 1 meno 15,93% di Classe 2 meno 8,06% di Classe 3
--

Linea 2 entrata Città più 0,45 % di Classe 1 meno 9,42% di Classe 2 più 6,11% di Classe 3

Risulta evidente che le auto appartenenti alla categoria 2 sono quelle che mostrano la riduzione più consistente; questa diminuzione potrebbe in parte essere dovuta al minor flusso di auto occorso nel mese di maggio; i veicoli della classe 3 sono rimasti praticamente costanti se si considerano le due linee di transito.

Si potrebbe ipotizzare, l'esistenza di un nesso tra la diminuzione del traffico a Viale Carducci ed il miglioramento di alcuni standard ambientali come il numero di superamenti delle PM10, o la riduzione della media annuale di alcuni inquinanti.

Ma è altrettanto vero che l'entità dei miglioramenti appare in prima analisi eccessiva, specie per le polveri PM10, rispetto alla riduzione della pressione dovuta al traffico; pertanto, in considerazione dei limiti di affidabilità del dispositivo conta-veicoli, prima di un'interpretazione conclusiva, questo aspetto deve essere investigato ulteriormente.

Come detto in precedenza, si evince dai grafici della classe 3 L1 a pagina 101, che il contributo percentuale dei veicoli più grandi, è abbastanza simile alla modalità con cui si distribuivano nell'arco del “giorno tipo” le percentuali dei contributi orari di alcuni inquinanti come NO₂, NO_x e CO.

Questo parallelismo lascerebbe supporre che i maggiori contribuenti alla emissioni degli inquinanti primari, lungo le strade urbane siano proprio i veicoli lunghi oltre 6 metri e quindi di cilindrata maggiore.

Ci sembra opportuno, per le ragioni sopra esposte, che anche questa particolare valutazione, debba essere suffragata da ulteriori conferme; pertanto, è intenzione della scrivente Agenzia, programmare un'attività di elaborazione dati, analoga a quella svolta questo anno, al fine di raffinare il più possibile i dati in possesso e utilizzare gli stessi per individuare con sempre maggior accuratezza le potenziali sorgenti di inquinamento.

7. CONDIZIONI METEOROLOGICHE

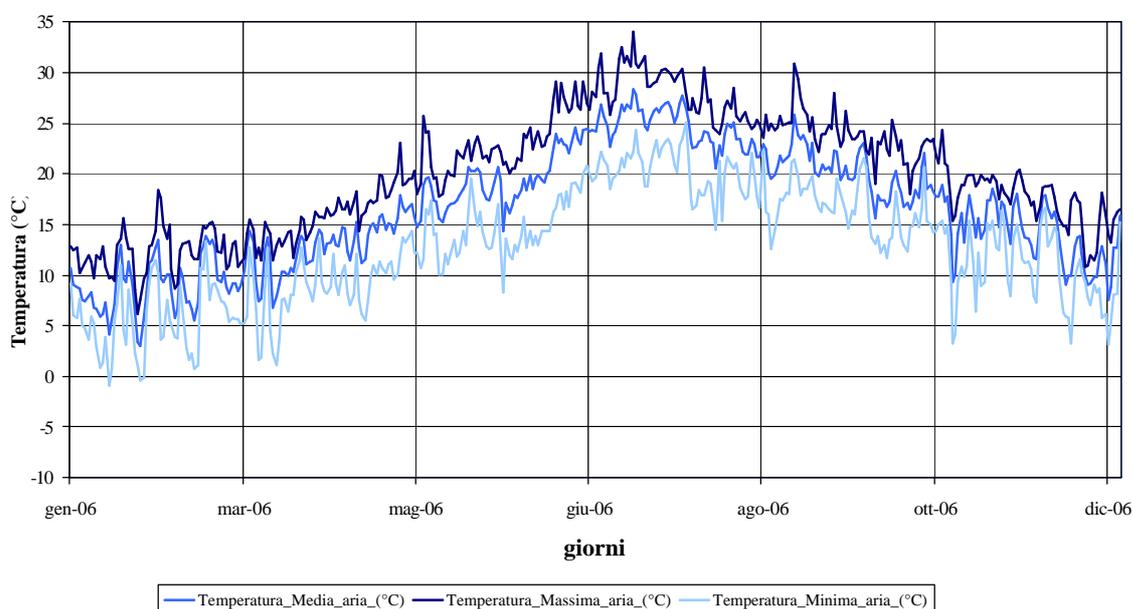
Nei grafici seguenti sono riportati gli andamenti delle principali variabili meteorologiche rilevate presso la stazione di Ardenza la Rosa di Livorno.

7.1 Analisi dell'andamento meteorologico nell'anno 2006

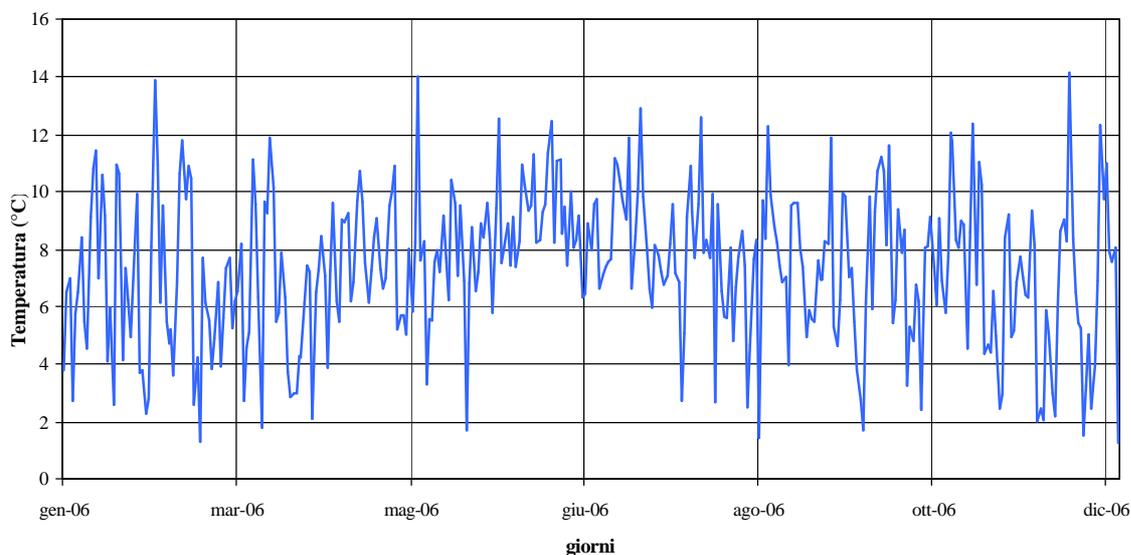
L'andamento delle temperature dell'anno 2006 si può considerare tipico della zona livornese. Le temperature massime si sono rilevate tra la fine di giugno e l'inizio di agosto con un picco pari a 34°C il 15 luglio e una temperatura minima pari a -0,8 °C rilevata il 14 gennaio.

Anche l'escursione termica giornaliera (pari alla differenza tra la temperatura massima e la minima rilevate ogni giorno) non assume valori di particolare rilevanza andando da un minimo di 1,2 °C a un massimo di 14 °C.

Andamento delle temperature medie, minime e massime giornaliere (medie orarie) anno 2006



Andamento dell'escursione termica giornaliera anno 2006



ARPAT

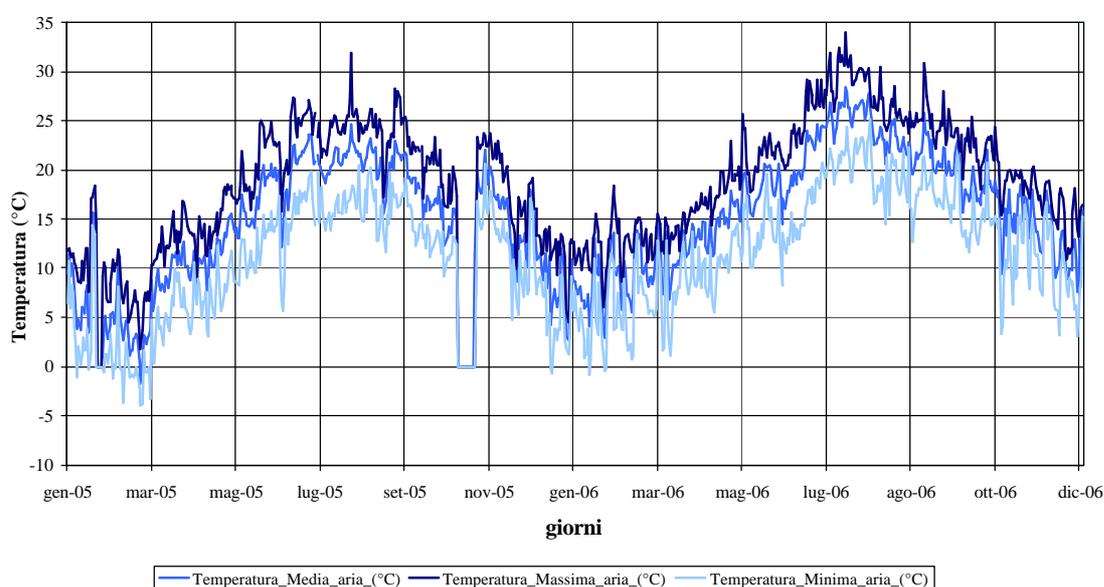
Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

E' importante però sottolineare come, rispetto agli anni precedenti ed in particolare rispetto all'anno 2005, si sia riscontrato un innalzamento generale delle temperature sia che si consideri la media annuale che la temperatura massima e minima e che tale innalzamento ha superato generalmente i 3 °C. L'escursione termica media invece si è mantenuta costante.

Quanto indicato è evidenziato nella tabella e nel grafico riportati di seguito.

Anno	Media annuale (°C)	Media delle temp. minime registrate (°C)	Media delle temp. massime registrate (°C)	Media dell'escursione termica (°C)
2005	13,38	9,48	16,63	7,13
2006	16,64	12,73	20,08	7,35
Differenza 2006-2005	3,36	3,46	3,25	0,22

Andamento delle temperature medie, minime e massime giornaliere (medie orarie) anno 2005 -2006

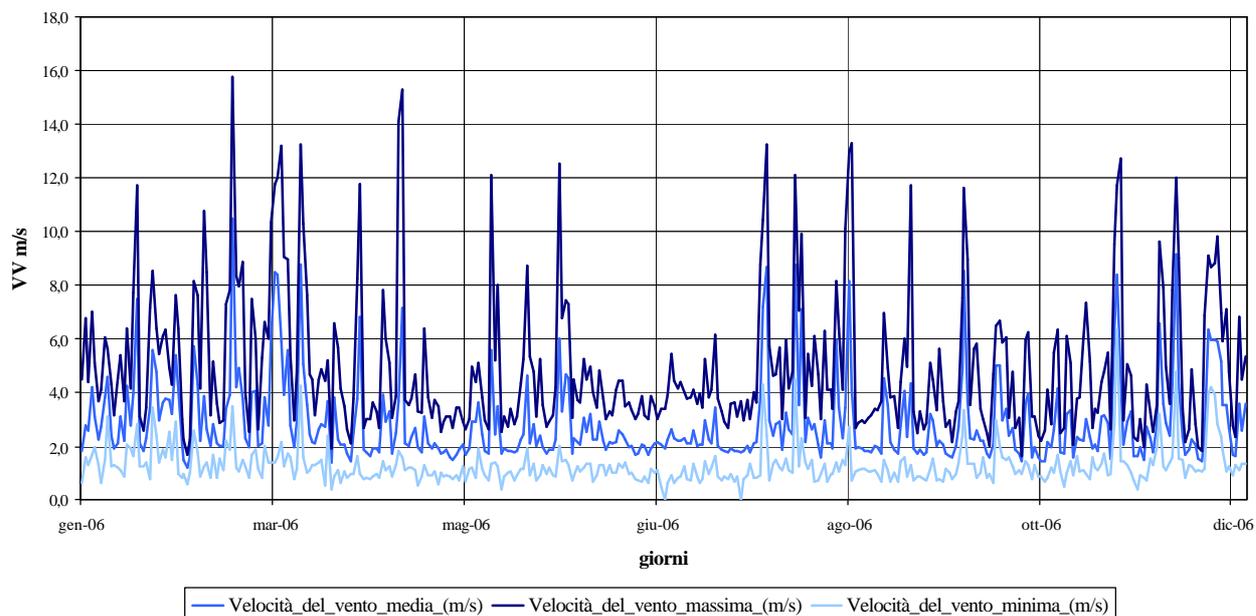


Dal punto di vista anemologico, l'area di Livorno è normalmente caratterizzata da frequenti episodi di vento sostenuto, con una punta della media oraria della velocità rilevata di circa 15,8 m/s. Valori leggermente inferiori (compresi tra 12 e 13 m/s) si sono comunque verificati con cadenza pressoché costante durante tutto l'arco dell'anno. Nel 2006 le direzioni prevalenti del vento si sono dimostrate essere NE, ENE.

ARPAT

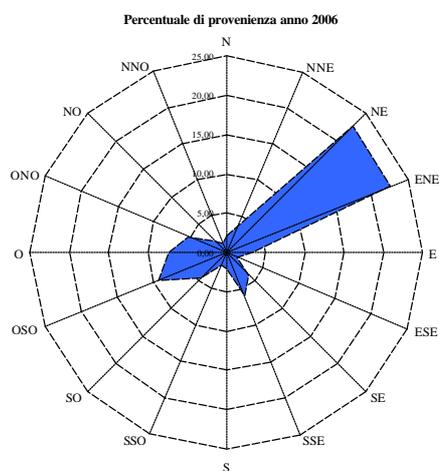
Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

Andamento delle velocità del vento medie e massime giornaliere (medie orarie) - anno 2006



Tab. 30 – Direzioni prevalenti del vento.

Direzione della provenienza	Frequenza n° di ore	Percentuale di provenienza
N	187	2,13
NNE	331	3,78
NE	2008	22,92
ENE	1975	22,55
E	293	3,34
ESE	124	1,42
SE	357	4,08
SSE	521	5,95
S	182	2,08
SSO	151	1,72
SO	401	4,58
OSO	810	9,25
O	652	7,44
ONO	468	5,34
NO	190	2,17
NNO	110	1,26



ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

Gli effetti delle condizioni meteorologiche sull'andamento delle concentrazioni degli inquinanti atmosferici sono in genere difficilmente valutabili, in quanto nell'arco di un intero anno si susseguono in maniera casuale situazioni favorevoli all'accumulo o alla formazione degli inquinanti e situazioni favorevoli alla loro dispersione. Inoltre per correlare le concentrazioni ad un particolare andamento meteorologico sarebbe necessario quantificarne l'effetto mediante l'uso di modellistica specifica la cui definizione è al momento ancora un problema aperta. I dati raccolti dalla centralina di Ardenza sono comunque stati utilizzati per alcuni degli approfondimenti riportati nei paragrafi precedenti.

8. CONSIDERAZIONI FINALI

I dati del 2006 continuano a presentare situazioni di forte criticità per PM_{10} e NO_2 nella stazione di viale Carducci e per NO_x ed Ozono in tutte le stazioni di monitoraggio. Il livello di qualità può essere invece considerato buono relativamente a CO, Benzene e SO_2 .

Tali conclusioni sono presentate in forma grafica nella tabella seguente, in cui ci si è riferiti ai soli parametri di interesse normativo.

Stazione	Inquinanti							
	PM_{10}	$PM_{2,5}$	SO_2	CO	NO_2	NO_x	O_3	Benzene
Viale Carducci	☹	☹	☺	☺	☹	☹		☹
Via Gobetti	☹			☺	☺	☹		☺
Piazza Mazzini				☺	☹	☹		☺
Piazza Cappelletto			☺		☺	☹	☹	
Villa Maurogordato	☺			☺	☺	☺	☹	☺
La Palazzina (fraz. Gabbro)							☹	

- ☺ Concentrazione inferiore ai 2/3 del limite
☹ Concentrazione compresa tra i 2/3 del limite e il limite
☹ Concentrazione superiore al limite

Le indicazioni del 2006 sulle concentrazioni degli inquinanti, già solo parzialmente incoraggianti, continuano purtroppo a non essere supportate da valutazioni positive in merito alle tendenze delle concentrazioni medesime.

Stazione	TREND Inquinanti							
	PM_{10}	$PM_{2,5}$	SO_2	CO	NO_2	NO_x	O_3	Benzene
Viale Carducci	☺	☺	☺	☺	☺	☺		
Via Gobetti	☹			☹	☺	☺		☺
Piazza Mazzini				☺	☹	☹		☺
Piazza Cappelletto			☹		☹	☹	☹	
Villa Maurogordato	☹			☹	☹	☹	☹	☹
La Palazzina (fraz. Gabbro)							☺	

- ☺ Trend in miglioramento
☹ Trend stazionario
☹ Trend in peggioramento

ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LIVORNO

Pertanto, in estrema sintesi, allo stato attuale dei fatti, appare molto difficile il raggiungimento degli standard di qualità fissati dalla normativa vigente per NO₂, NO_x e conseguentemente per l'Ozono. Per quanto riguarda invece il PM₁₀ il trend in leggera diminuzione della concentrazione media annuale lascia intravedere la possibilità del rispetto dei limiti di soglia relativamente a tale parametro in Viale Carducci (stazione di rilevamento più critica) anche se il numero dei superamenti annui si è assestato anche questo anno su valori tali da non far prevedere il rispetto dei limiti in tal senso per gli anni a venire.

Per poter invece esprimere un giudizio definitivo relativamente al PM_{2,5}, è necessario attendere la definizione a livello europeo dei limiti di concentrazione per questo inquinante che allo stato attuale sono solo a livello di proposta.

La redazione del documento è stata curata da:

Ing. Francesca Andreis
Dott. Massimo Lazzari
T.L.B. Stefano Fortunato

L'attività di monitoraggio e gestione dati C.O.P. è stata svolta da:

T.L.B. Stefano Fortunato

Il responsabile della U.O.
Prevenzione e Controlli Ambientali Integrati
Dott. Guido Spinelli

INDICE DELLE TABELLE

TAB. 1 PREVISIONI NORMATIVE SUI LIMITI DI CONCENTRAZIONE DEGLI INQUINANTI.	5
TAB. 2 – VALORI LIMITE PER PM_{10}	6
TAB. 3 – VALORI LIMITE PER $PM_{2,5}$	6
TAB. 4 – VALORI LIMITE PER PTS.	6
TAB. 5 – VALORI LIMITE PER SO_2	7
TAB. 6 – VALORI LIMITE PER CO.	7
TAB. 7 – VALORI LIMITE PER NO_2	7
TAB. 8 – VALORI LIMITE PER NO_x	7
TAB. 9 – VALORI LIMITE PER O_3	7
TAB. 10 – VALORI LIMITE PER BENZENE.	8
TAB. 11 – STAZIONI DI MONITORAGGIO FISSE DELLA RETE PROVINCIALE NELLA ZONA DI LIVORNO. ...	8
TAB. 12 – INQUINANTI MONITORATI DALLE STAZIONI FISSE DI RILEVAMENTO.	11
TAB. 13 – RENDIMENTI DELLE STAZIONI DI MISURA RELATIVI ALL' ANNO 2006.	13
TAB. 14 – CRITERI DI ACCETTABILITÀ.	14
TAB. 15 – ANALISI DELLE STAZIONI DELLA RETE PUBBLICA CON RENDIMENTI INFERIORI AL 90%.	14
TAB. 16 – PM_{10} : RIEPILOGO DEI DATI RILEVATI DALLE CENTRALINE.	15
TAB. 17 – $PM_{2,5}$: RIEPILOGO DEI DATI RILEVATI DALLE CENTRALINE.	17
TAB. 18 – PTS: RIEPILOGO DEI DATI RILEVATI DALLE CENTRALINE.	18
TAB. 19 – SO_2 : RIEPILOGO DEI DATI RILEVATI DALLE CENTRALINE.	18
TAB. 20 – SO_2 : RIEPILOGO DEI DATI RILEVATI DALLE CENTRALINE DELLA RETE ARIAL.	19
TAB. 21 – CO: RIEPILOGO DEI DATI RILEVATI DALLE CENTRALINE.	20
TAB. 22 – NO_2 : RIEPILOGO DEI DATI RILEVATI DALLE CENTRALINE.	22
TAB. 23 – NO_x : RIEPILOGO DEI DATI RILEVATI DALLE CENTRALINE.	24
TAB. 24 – O_3 : RIEPILOGO DEI DATI RILEVATI DALLE CENTRALINE.	28
TAB. 25 – BENZENE: RIEPILOGO DEI DATI RILEVATI DALLE CENTRALINE CON EFFICIENZA > 90%.	30
TAB. 26 – BENZENE: RIEPILOGO DEI DATI RILEVATI DALLE CENTRALINE CON EFFICIENZA FRA IL 15% E IL 90%.	30
TAB. 27 – NUMERO DI SUPERAMENTI DELLE SOGLIE DI ALLARME E DI INFORMAZIONE.	32
TAB. 28 – N. DI VEICOLI INCENTIVATI.	33
TAB. 29 – BOLLINI BLU ESEGUITI DALLE OFFICINE AUTORIZZATE.	34
TAB. 30 – DIREZIONI PREVALENTI DEL VENTO.	109