



**Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima**  
*ISAC-CNR*  
*UNITÀ OPERATIVA DI LECCE*



**Provincia di Lecce**  
*SERVIZIO AMBIENTE*

# **STUDIO DI QUALITÀ DELL'ARIA NELLA PROVINCIA DI LECCE**

**A cura di:       Dr. Daniele Contini (ISAC-CNR)**  
**Dr. Salvatore Francioso (Provincia di Lecce)**

Hanno contribuito alla stesura di questo documento:

Dr. D. Contini (ISAC-CNR)  
Dr. D. Cesari (ISAC-CNR)  
Dr. A. Donateo (ISAC-CNR)  
Ing. C. Elefante (ISAC-CNR)  
Ing. F. M. Grasso (ISAC-CNR)  
Dr. S. Francioso (Provincia di Lecce)  
Dr. F. Belosi (ISAC-CNR)

Si ringrazia l'Assessore Dr. Gianni Scognamillo (Settore Territorio ed Ambiente della Provincia di Lecce), l'Ing. Giovanni Refolo (Dirigente del Settore Territorio ed Ambiente della Provincia di Lecce), l'Ing. Dario Corsini (Dirigente Servizio Rifiuti, Scarichi, Emissioni e Controllo Impianti della Provincia di Lecce). Si ringrazia il personale delle strutture pubbliche e private che hanno ospitato il Laboratorio Mobile nel corso degli anni durante i rilevamenti di qualità dell'aria.

**MARZO 2009**



## PREFAZIONE

La Regione Puglia, com'è noto, con la Legge n° 17/2007, ha delegato alle Province le funzioni in materia ambientale, quali, ad esempio, le problematiche relative al controllo delle emissioni atmosferiche e, quindi, il monitoraggio sulla qualità dell'aria, le autorizzazioni alle emissioni in atmosfera degli insediamenti produttivi e i conseguenti controlli, eseguiti con estremo rigore, grazie all'impegno profuso dall'Ufficio Controlli Ambientali e dal Corpo di Polizia Provinciale.

Per rendere ancora più capillare tale monitoraggio e bloccare sul nascere eventuali emissioni inquinanti, la Provincia ha firmato specifiche convenzioni con Enti pubblici altamente specializzati, quali l'ARPA Puglia, il CNR-ISAC di Lecce e il Laboratorio dell'INCA presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Università del Salento.

Risale, infatti, al 2002 una convenzione triennale sulla ricerca e caratterizzazione degli agenti inquinanti presenti nell'atmosfera del territorio provinciale con l'Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima del CNR, conclusasi con relazioni scientifiche parziali; riconfermata nel gennaio 2006, è stata effettuata con l'ausilio di un laboratorio mobile, attrezzato con polverimetri, analizzatori di BTX, ossidi di azoto, ozono e parametri meteorologici ed è stata finalizzata anche alla determinazione della dispersione degli inquinanti tramite modelli matematici di trasporto.

Il primo rapporto, organico ed esaustivo, presentato nel marzo del 2008, tassello importante per la conoscenza della situazione ambientale e contributo estremamente utile per un'azione mirata di intervento sulle problematiche connesse ai processi produttivi nel territorio del Salento, vede ora un secondo aggiornamento conoscitivo, al fine di definire le principali criticità del territorio, relative alla qualità dell'aria, e di richiamare l'attenzione degli Amministratori e degli Enti preposti alla tutela della salute sulle problematiche ambientali.

Un grazie particolare, per l'elevato apporto scientifico e l'impegno operativo a:

Prof. Franco Prodi, Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima;

Dott. Daniele Contini, CNR-ISAC, responsabile del programma operativo di monitoraggio;

Dott. Umberto Rizza, responsabile dello studio revisionale e modellistica;

Dott.ssa Cristina Mangia, ricercatore del CNR-ISAC;

Ing. Giovanni Refolo, Dirigente del Settore Territorio e Ambiente della Provincia di Lecce;

Ing. Dario Corsini, dirigente del Servizio Rifiuti, Scarichi, Emissione e Politiche Energetiche della Provincia di Lecce;

Dott. Salvatore Francioso, responsabile dell'Ufficio Inquinamento Atmosferico della Provincia di Lecce;

Dott. Gianni Podo, responsabile delle Attività di divulgazione per il Settore Ambiente della Provincia di Lecce.

L'Assessore all'Ambiente  
Gianni Scognamillo

## INDICE

	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>RILEVAMENTI DI QUALITÀ DELL'ARIA DELLA RETE DI MONITORAGGIO DELLA PROVINCIA DI LECCE NELL'ANNO 2008</b>	<b>6</b>
	1.1 Descrizione della rete di monitoraggio della Provincia di Lecce	6
	1.2 Risultati dei rilevamenti dell'anno 2008 delle centraline fisse della rete di monitoraggio	7
<b>2</b>	<b>RILEVAMENTI DEL PARTICOLATO ATMOSFERICO NELLA PROVINCIA DI LECCE CON IL LABORATORIO MOBILE</b>	<b>12</b>
	2.1 Descrizione strumentazione e siti di campionamento	12
	2.2 Descrizione delle metodologie utilizzate nella misura e nella elaborazione dei dati	14
	2.3 Monitoraggio di inquinanti atmosferici a Lequile	16
	2.4 Monitoraggio di inquinanti atmosferici a Leverano	22
	2.5 Monitoraggio di inquinanti atmosferici a Maglie	28
	2.6 Monitoraggio di inquinanti atmosferici a Cutrofiano	43
	2.7 Monitoraggio di inquinanti atmosferici a Nardò	49
<b>3</b>	<b>ANALISI DELLE CONCENTRAZIONI DEL PARTICOLATO ATMOSFERICO E SUO CONTENUTO DI METALLI NEL SALENTO</b>	<b>57</b>
	3.1 Concentrazioni del particolato atmosferico	57
	3.2 Concentrazione di metalli nel particolato atmosferico	59
	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>62</b>
	<b>RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI</b>	<b>63</b>

## INTRODUZIONE

Il presente rapporto è un'analisi dei dati di qualità dell'aria per l'anno 2008 utilizzando i dati disponibili nella Provincia di Lecce sia dalle centraline fisse della rete di monitoraggio sia dal Laboratorio Mobile. I dati sono stati analizzati in relazione alle attività previste dalla Convenzione fra l'Ufficio Ambiente della Provincia di Lecce e l'Unità Operativa di Lecce dell'Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima (ISAC-CNR). La Convenzione ha come obiettivi la gestione del Laboratorio Mobile per rilevamenti ambientali e la simulazione della diffusione di inquinanti nel territorio della Provincia di Lecce.

Lo scopo è quello di fornire un quadro conoscitivo delle principali criticità relative alla qualità dell'aria sul territorio, soprattutto per quanto riguarda le concentrazioni del particolato atmosferico. Le analisi riportate in questo rapporto sono quindi state effettuate a scopo conoscitivo e non sono rivolte alla verifica del rispetto della normativa vigente né sono sostitutive dei controlli e delle verifiche ambientali degli Enti preposti.

Il documento è organizzato in quattro capitoli. Nel primo capitolo si riportano i risultati del monitoraggio della rete di centraline gestita dalla Provincia di Lecce nell'anno 2008 che sono stati validati da ISAC-CNR. Nel secondo capitolo si riportano i risultati ottenuti nelle cinque campagne di misura svolte con il Laboratorio Mobile nell'anno 2008. Queste campagne di misura sono state oggetto di uno studio dettagliato riportato in specifici rapporti di analisi ognuno dei quali tratta di una singola campagna di misura.

Nel terzo capitolo si riporta l'analisi dei dati riguardanti le concentrazioni di particolato atmosferico ed il suo contenuto di metalli ottenuti in diversi siti di misura con il Laboratorio Mobile nel corso di tutti i rilevamenti svolti nel periodo 2002-2008 integrando i risultati di questo rapporto con quelli riportati nel rapporto precedente e disponibili nella sezione "Laboratorio Mobile" del portale web [www.basesperimentale.le.isac.cnr.it](http://www.basesperimentale.le.isac.cnr.it). Seguono delle conclusioni a carattere generale.

## CAPITOLO 1

### RILEVAMENTI DI QUALITÀ DELL'ARIA DELLA RETE DI MONITORAGGIO DELLA PROVINCIA DI LECCE NELL'ANNO 2008

#### 1.1 DESCRIZIONE DELLA RETE DI MONITORAGGIO DELLA PROVINCIA DI LECCE

La rete di monitoraggio gestita dalla Provincia di Lecce è basata su quattro centraline fisse (ed un Laboratorio Mobile). Le caratteristiche principali delle centraline fisse sono riassunte nella Tabella 1.1.

Centralina	Posizione	Parametri Meteorologici rilevati	Inquinanti monitorati	Tipologia della strumentazione
Lecce	Piazza Palio presso la Scuola Media Superiore G. Galilei.	Vento (Direzione e velocità), Temperatura, Umidità, Precipitazioni, Pressione ed Irraggiamento solare	CO NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> O <sub>3</sub> BTX PTS, PM <sub>2.5</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•CO – Analizzatore Environnement CO11M</li> <li>•NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> – Analizzatore Environnement AC32M</li> <li>•O<sub>3</sub> – Analizzatore Environnement O341M</li> <li>•BTX – Analizzatore Orion BTX2000</li> <li>•Particolato – 2 Analizzatori Envirad SPM31</li> <li>•Stazione meteorologica Micros SDV4120</li> </ul>
Maglie	Via Don Sturzo presso la Scuola Media Superiore A. Cezzi De Castro.	Vento (Direzione e velocità), Temperatura, Umidità, Precipitazioni, Pressione ed Irraggiamento solare	CO NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> O <sub>3</sub> SO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•CO – Analizzatore Environnement CO11M</li> <li>•NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> – Analizzatore Environnement AC32M</li> <li>•O<sub>3</sub> – Analizzatore Environnement O341M</li> <li>•SO<sub>2</sub> – Analizzatore Environnement AF21M</li> <li>•Stazione meteorologica Micros SDV4120</li> </ul>
Galatina	Via Don Tonino Bello presso l'ITC "Laporta"	Vento (Direzione e velocità), Temperatura, Umidità, Precipitazioni	CO NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> O <sub>3</sub> SO <sub>2</sub> PM <sub>2.5</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•CO – Analizzatore API 300E</li> <li>•NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> – Analizzatore API 200E</li> <li>•O<sub>3</sub> – Analizzatore API 400E</li> <li>•SO<sub>2</sub> – Analizzatore API 100E</li> <li>•Stazione meteorologica LASTEM</li> <li>•Particolato – Analizzatore FAI SWAM 5A</li> </ul>
Campi Salentina	Via Napoli presso l'I.I.S.S. Istituto Tecnico Commerciale.	Vento (Direzione e velocità), Temperatura, Umidità, Precipitazioni, Pressione ed Irraggiamento solare	CO NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> O <sub>3</sub> BTX PTS, PM <sub>10</sub>	Come per la centralina di Lecce

Tabella 1.1) Caratteristiche delle centraline fisse di monitoraggio della rete della Provincia di Lecce.

## 1.2 RISULTATI DEI RILEVAMENTI DELL'ANNO 2008 DELLE CENTRALINE FISSE DELLA RETE DI MONITORAGGIO

In questo rapporto si riporta una analisi dei livelli di inquinamento atmosferico rilevati dalle centraline fisse della rete di monitoraggio della Provincia di Lecce nell'anno 2008. In particolare, in Tabella 1.2 si riporta l'analisi della disponibilità di dati della rete di monitoraggio dalla quale si evince che l'efficienza di misura è superiore a 80%, ad eccezione dell'O<sub>3</sub> per Galatina (69%) e del toluene e dell'ortoxilene per Campi Salentina (rispettivamente, 70 e 75%).

In Tabella 1.3 si riporta la concentrazione media dei diversi inquinanti monitorati dalle centraline fisse nel 2008. Nel calcolo sono stati inclusi solo i dati ritenuti validi. Non si osservano superamenti delle soglie normative riguardanti le medie annuali ad esclusione della soglia di protezione degli ecosistemi per NO<sub>x</sub> (30 µg/m<sup>3</sup> DM n. 60 del 02/04/2002) a Maglie.

Nella Tabella 1.4 si riporta il confronto fra i valori misurati di PM<sub>10</sub> nelle due centraline di rilevamento di Lecce e Campi Salentina ed i limiti imposti dalla normativa vigente. Si osserva che il valore limite è stato superato più di 35/anno nella centralina di Campi.

Nella Tabella 1.5 si riporta il confronto fra i valori misurati di CO nelle quattro centraline di rilevamento ed i limiti imposti dalla normativa vigente. Si osserva che il valore limite non è stato superato, sebbene sia presente una marcata differenza nel massimo annuale della media mobile fra le diverse centraline.

Nella Tabella 1.6 si riporta il confronto con le soglie normative relative al biossido di azoto. Non sono stati osservati superamenti del valore limite orario o della soglia imposta sul valore limite della media annuale. Si sottolinea che i risultati ottenuti mostrano che il valore limite di 30 µg/m<sup>3</sup> relativo alla concentrazione media annuale di NO<sub>x</sub> per la protezione degli ecosistemi (essenzialmente la somma di NO ed NO<sub>2</sub>) è stato superato nel sito di Maglie.

Dai risultati riportati nella Tabella 1.7 si osservano dei superamenti dei limiti normativi per l'ozono (che saranno in vigore dal 2010) diffusi sul territorio e limitati al periodo estivo in cui è presente una significativa attività fotochimica.

Nelle Tabelle 1.8 e 1.9 si riporta il confronto fra i valori misurati di SO<sub>2</sub> e benzene, rispettivamente, nelle quattro centraline di rilevamento ed i limiti imposti dalla normativa vigente. Per entrambi gli inquinanti non si osservano superamenti dei limiti normativi.

Nelle Tabelle 1.10, 1.11, 1.12 e 1.13 si riportano le medie mensili dei diversi inquinanti atmosferici rilevati dalle 4 centraline di monitoraggio. I risultati mostrano che gli inquinanti gassosi da combustione (prevalentemente ossidi di azoto) mostrano un ciclo con valori maggiori nel periodo invernale rispetto al periodo estivo e questo può essere dovuto alle maggiori emissioni delle attività urbane ed anche al contributo del riscaldamento domestico. Gli andamenti mensili delle concentrazioni del particolato atmosferico questo andamento stagionale è meno evidente e questo può, almeno in parte, essere dovuto alla stagionalità diversa del contributo delle intrusioni di polveri Africane che è maggiore nel periodo primaverile ed estivo.

Inquinante	Campi S.		Lecce		Maglie		Galatina	
	Efficienza (%)	Efficienza (%)	Efficienza (%)	Efficienza (%)	Efficienza (%)	Efficienza (%)	Efficienza (%)	Efficienza (%)
NO	93		85		94		94	
NO <sub>2</sub>	93		85		92		94	
NOx	93		85		92		94	
CO	85		89		94		94	
O <sub>3</sub>	94		94		92		<b>69</b>	
PM10	83		93		--		--	
PM2.5	93		--		90		89	
B	80		87		--		--	
T	<b>70</b>		88		--		--	
OX	<b>75</b>		86		--		--	
SO <sub>2</sub>	--		--		88		94	

Tabella 1.2: Efficienza del monitoraggio dei diversi inquinanti nelle stazioni fisse di Campi Salentina, Lecce, Maglie e Galatina (2008).  
In grassetto i casi inferiori o uguali al 75%.

Campi S.	Media	NO	NO <sub>2</sub>	NOx	CO	O <sub>3</sub>	PM10	PM2.5	B	T	OX	SO <sub>2</sub>
		(µg/m <sup>3</sup> )	(µg/m <sup>3</sup> )	(µg/m <sup>3</sup> )	(mg/m <sup>3</sup> )	(µg/m <sup>3</sup> )	(µg/m <sup>3</sup> )	(µg/m <sup>3</sup> )	(µg/m <sup>3</sup> )	(µg/m <sup>3</sup> )	(µg/m <sup>3</sup> )	(µg/m <sup>3</sup> )
Campi S.	Media	5.1	20.7	29.2	0.23	55.6	34.5	18.8	2.1	4.9	2.5	--
Lecce	Media	5.8	14.4	23.2	0.37	56.3	25.4	--	1.6	3.4	2.0	--
Maglie	Media	8.5	18.3	32.2	0.19	54.0	--	17.4	--	--	--	1.8
Galatina	Media	9.0	14.0	27.7	0.25	57.0	--	17.9	--	--	--	1.9

Tabella 1.3: Valori medi annuali sugli effettivi giorni di campionamento dei diversi inquinanti monitorati dalle centraline fisse nel 2008.



PM10	Media annuale ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Eventi di superamento del valore limite giornaliero 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (35/anno)
	2008	2008
Campi	34.5	44
Lecce	25.4	19

Tabella 1.4) Media annuale ed eventi di superamento del valore limite giornaliero.

CO	Media annuale ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	Massimo della media mobile su 8 ore ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	Eventi di superamento del Massimo della media mobile su 8 ore ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )
	2008	2008	2008
Campi	0.23	2.78	/
Galatina	0.25	1.11	/
Lecce	0.37	8.77	/
Maglie	0.19	1.44	/

Tabella 1.5) Media annuale e massimi della media mobile su 8 ore da confrontarsi con il valore limite imposto dalla normativa:  $10 \text{ mg}/\text{m}^3$  a partire dal 01/01/2005.

NO <sub>2</sub>	Media annuale ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Eventi di superamento del valore limite orario di 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superarsi più di 18 volte l'anno
	2008	2008
Campi	20.7	/
Galatina	14.0	/
Lecce	14.4	/
Maglie	18.3	/

Tabella 1.6) Confronto dei dati di NO<sub>2</sub> rilevati in Provincia di Lecce con le soglie imposte dalla normativa per gli anni 2008.

O <sub>3</sub>	Media annuale ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Massimo annuale dei massimi giornalieri della media mobile su 8 ore ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Eventi di superamento del valore massimo giornaliero della media mobile sulle 8 ore di 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superarsi più di 25 volte l'anno come media su 3 anni.
	2008	2008	2008
Campi	55.6	130.4	4
Galatina	57.0	131.1	4
Lecce	56.3	130.5	4
Maglie	54.0	133.9	1

Tabella 1.7) Confronto dei dati di ozono rilevati in Provincia di Lecce con le soglie imposte dalla normativa.

SO <sub>2</sub>	Media annuale ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Eventi di superamento del valore limite orario di 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24/anno)	Eventi di superamento del valore limite giornaliero di 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (3/anno)
	2008	2008	/
Campi	/	/	/
Galatina	1.93	/	/
Lecce	/	/	/
Maglie	1.83	/	/

Tabella 1.8) Confronto dei dati di SO<sub>2</sub> rilevati in Provincia di Lecce con le soglie imposte dalla normativa.

A cura del Dr. D.Contini (ISAC-CNR) e del Dr. S.Francioso (Provincia di Lecce)

<b>B</b>	<b>Media annuale (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>) 2008</b>	<b>Eventi di superamento per la media annuale del valore massimo pari a <math>7 \mu\text{g}/\text{m}^3</math> (2008)</b>
<b>Campi</b>	2.1	No
<b>Lecce</b>	1.6	No

Tabella 1.9) Confronto dei dati di benzene rilevati in Provincia di Lecce con le soglie imposte dalla normativa.

<b>Lecce</b>	<b>NO<sub>x</sub> (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>NO (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>NO<sub>2</sub> (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>CO (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>O<sub>3</sub> (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>B (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>T (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>OX (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>PM10 (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Sup. limite giornaliero (<math>50 \mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>
<b>Gennaio</b>	28.0	13.7	9.2	0.3	32.4	2.1	8.4	8.5	26.6	0
<b>Febbraio</b>	38.3	9.6	22.5	0.5	50.4	3.1	8.0	4.8	31.9	3
<b>Marzo</b>	24.3	4.4	17.5	0.3	64.4	1.8	3.4	1.4	22.5	1
<b>Aprile</b>	24.1	4.3	17.4	0.3	74.2	2.3	3.1	1.0	31.7	5
<b>Maggio</b>	18.0	2.6	13.8	0.4	79.8	2.6	2.8	1.0	24.7	1
<b>Giugno</b>	16.4	2.4	12.6	0.2	81.0	1.7	3.4	1.1	21.6	0
<b>Luglio</b>	15.8	2.1	12.6	0.3	78.6	2.1	2.1	1.0	24.0	1
<b>Agosto</b>	18.1	2.3	14.4	0.2	53.5	1.2	2.7	0.6	21.2	0
<b>Settembre</b>	33.1	6.4	23.5	0.2	41.7	0.5	1.2	0.6	19.7	0
<b>Ottobre</b>	22.1	5.3	14.1	0.7	40.9	0.5	1.7	0.6	31.8	4
<b>Novembre</b>	18.9	6.0	10.2	0.5	37.8	0.5	1.2	0.8	24.3	2
<b>Dicembre</b>	28.4	10.1	13.2	0.4	38.6	0.9	1.3	0.6	22.2	2

Tabella 1.10) Valori medi mensili dei diversi inquinanti nella stazione di monitoraggio di Lecce.

<b>Maglie</b>	<b>NO<sub>x</sub> (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>NO (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>NO<sub>2</sub> (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>CO (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>O<sub>3</sub> (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>SO<sub>2</sub> (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>PM2.5 (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>
<b>Gennaio</b>	49.2	15.7	20.2	0.2	44.4	3.8	26.6
<b>Febbraio</b>	59.7	18.5	27.4	0.2	46.8	1.0	30.7
<b>Marzo</b>	27.8	6.4	18.0	0.1	53.3	1.6	13.0
<b>Aprile</b>	28.8	6.5	18.8	0.1	61.8	1.4	13.3
<b>Maggio</b>	26.3	6.2	16.8	0.1	63.6	1.5	14.8
<b>Giugno</b>	20.9	4.5	13.9	0.3	65.5	1.7	13.4
<b>Luglio</b>	22.9	5.5	14.5	0.2	69.4	2.6	14.2
<b>Agosto</b>	18.4	2.9	13.9	0.1	71.0	1.6	15.7
<b>Settembre</b>	27.2	6.5	17.2	0.2	45.9	1.3	16.3
<b>Ottobre</b>	33.9	9.3	19.7	0.2	40.0	1.8	19.9
<b>Novembre</b>	32.2	8.8	18.7	0.2	36.3	2.0	14.5
<b>Dicembre</b>	36.2	10.8	18.8	0.3	33.5	2.6	17.6

Tabella 1.11) Valori medi mensili dei diversi inquinanti nella stazione di monitoraggio di Maglie.

Galatina	NO <sub>x</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM2.5 (µg/m <sup>3</sup> )	CO (mg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
Gennaio	44.7	17.2	18.4	23.8	0.4	32.1	2.8
Febbraio	36.8	10.8	20.2	25.4	0.4	36.8	2.1
Marzo	19.1	6.4	10.4	10.9	0.2	61.7	1.2
Aprile	22.9	5.6	14.3	14.7	0.2	72.6	0.8
Maggio	21.0	5.8	12.1	15.6	0.2	76.1	2.1
Giugno	15.9	3.9	9.9	15.9	0.2	83.9	3.9
Luglio	12.6	2.2	9.2	18.2	0.2	88.5	3.6
Agosto	13.5	2.1	10.3	20.0	0.2	---	1.9
Settembre	32.1	12.0	13.7	19.0	0.2	51.3	1.4
Ottobre	38.6	13.9	17.3	20.2	0.2	45.5	2.3
Novembre	41.0	15.0	18.0	16.5	0.2	42.2	0.5
Dicembre	42.0	15.8	17.8	16.8	0.3	37.8	0.8

Tabella 1.12) Valori medi mensili dei diversi inquinanti nella stazione di monitoraggio di Galatina.

Campi Salentina	NO <sub>x</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM2.5 (µg/m <sup>3</sup> )	CO (mg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	B (µg/m <sup>3</sup> )	T (µg/m <sup>3</sup> )	OX (µg/m <sup>3</sup> )	PM10 (µg/m <sup>3</sup> )	Sup. limite giornaliero (50 µg/m <sup>3</sup> )
Gennaio	53.0	15.0	23.9	27.1	0.4	42.4	0.3	1.0	3.9	44.2	8
Febbraio	51.4	10.2	33.6	30.1	0.7	51.1	1.9	5.9	2.1	44.1	10
Marzo	32.7	2.7	28.5	13.2	0.2	60.8	0.9	3.7	1.0	31.3	0
Aprile	20.7	1.4	18.6	15.2	0.2	67.4	1.9	4.6	1.5	36.2	5
Maggio	15.6	1.2	13.8	17.5	0.2	80.4	1.5	3.4	0.9	30.4	1
Giugno	18.3	0.9	16.9	16.1	0.2	71.2	3.0	2.7	0.7	27.6	0
Luglio	19.3	2.1	15.8	17.4	0.2	66.2	1.5	2.6	0.6	30.0	1
Agosto	23.5	2.9	19.2	17.1	0.1	68.2	0.7	1.4	0.2	29.7	1
Settembre	26.5	4.5	19.7	15.6	0.0	41.8	4.3	6.8	5.3	30.5	3
Ottobre	31.8	7.4	20.5	24.0	0.2	33.6	3.3	6.7	4.4	43.7	9
Novembre	26.9	6.2	17.4	14.5	0.3	38.5	3.4	9.0	4.9	29.8	3
Dicembre	30.2	7.5	18.7	16.3	0.3	38.3	4.4	10.9	5.1	33.2	3

Tabella 1.13) Valori medi mensili dei diversi inquinanti nella stazione di monitoraggio di Campi Salentina.

## CAPITOLO 2

### RILEVAMENTI DEL PARTICOLATO ATMOSFERICO NELLA PROVINCIA DI LECCE CON IL LABORATORIO MOBILE

#### 2.1 DESCRIZIONE STRUMENTAZIONE E SITI DI CAMPIONAMENTO

Il Laboratorio Mobile utilizzato nei rilevamenti ambientali è gestito dall'Istituto ISAC del CNR, in collaborazione con l'Ufficio Ambiente della Provincia di Lecce, ed è equipaggiato con la seguente strumentazione:

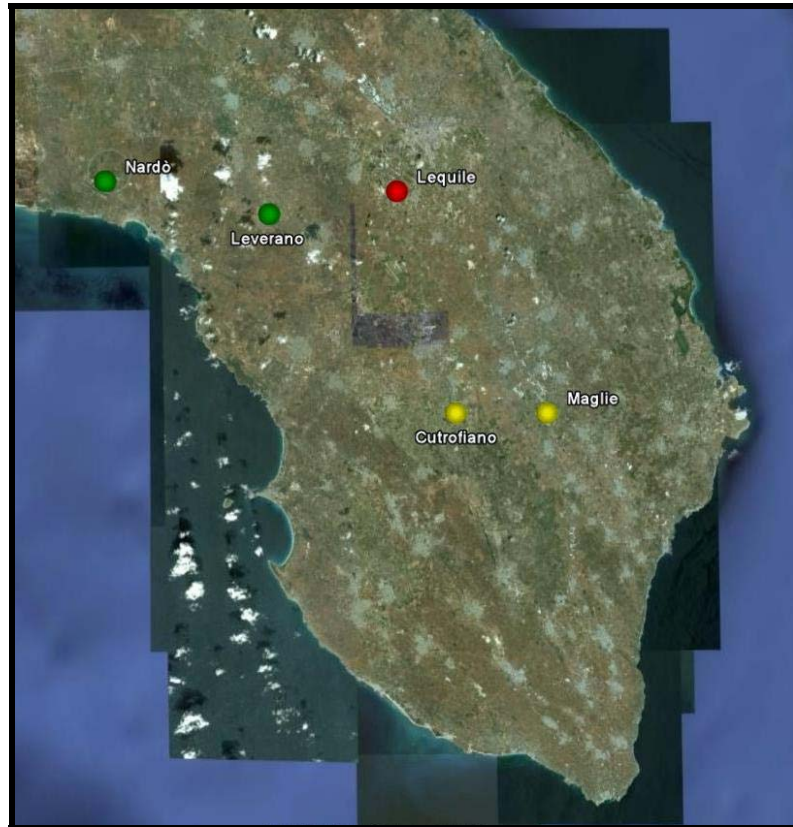
- campionatore automatico sequenziale di particolato PM10 (Thermo ESM Andersen FEQ95SEQ) con capacità di 16 giorni di analisi;
- analizzatore automatico di Benzene, Toluene e Xilene (Syntech Spectras GC855) in grado di fornire una misura ogni 15 minuti;
- linea manuale di campionamento di PM2.5 (TCR-Tecora Delta);
- una stazione meteorologica (basata su di un data-logger Campbell Scientific CR200) dotata di un sensore per la temperatura e per l'umidità dell'aria (Campbell Scientific CS215), un anemometro sonico bidimensionale (WindSonic) ed un pluviometro (Environmental Measurements ARG100). La stazione meteorologica è solitamente montata su di un palo telescopico che permette di eseguire i rilevamenti alla quota standard di 10m.
- analizzatore automatico di ossidi di azoto (Teledyne T-API 200E);
- analizzatore automatico di ozono (Teledyne T-API 400E).

Nel sito di misura di Maglie è stata inoltre utilizzata una strumentazione sperimentale da ricerca basata su di un anemometro ultrasonico 3D ed un rilevatore ottico veloce di PM2.5 (MIE pDR1200) che, con opportune elaborazioni, permette di valutare la concentrazione delle polveri fini con alta risoluzione temporale e quindi con un dettaglio maggiore rispetto alle medie giornaliere. La metodologia di analisi, sviluppata presso ISAC-CNR nel corso di progetti di ricerca a carattere Nazionale (Donateo et al, 2006) permette anche di valutare il flusso verticale turbolento di PM2.5 identificando i periodi in cui il sito in esame si comporta come una sorgente di particolato oppure come un pozzo (in cui il particolato emesso da altre sorgenti è depositato). I risultati di queste analisi sono complementari ai rilevamenti tradizionali ed hanno permesso di evidenziare alcune caratteristiche delle principali sorgenti locali nel sito di Maglie. Sempre nel sito di misura di Maglie è stato utilizzato anche un contatore di particelle a condensazione (CPC) in grado di rilevare il numero di particelle per  $\text{cm}^3$  presenti in atmosfera a partire da circa 10 nm di diametro (e fino a circa 1  $\mu\text{m}$ ) ed alla frequenza di una misura al secondo. Il sistema (Grimm CPC 5.403) è collegato in modo da analizzare campioni d'aria prelevati da un'apposita sonda, progettata da ISAC-CNR ed installata sul Laboratorio Mobile. In particolare, la misura della concentrazione numerica delle particelle. Tale concentrazione è generalmente dominata dalla particelle con diametro inferiore a 0.1-0.2  $\mu\text{m}$  che verranno genericamente chiamate nel resto di questo rapporto "particelle ultrafini". Questo tipo di misura può essere utile per individuare aerosol di nuova generazione ed emissioni cittadine (traffico autoveicolare e riscaldamento domestici). Si sottolinea inoltre che quelle riportate in questo rapporto sono le prime misure di concentrazione di particelle ultrafini disponibili nella Provincia di Lecce.

In Figura 2.1 si riporta la posizione geografica dei siti di monitoraggio investigati nell'anno 2008:

- Lequile (nei pressi della Strada Statale 101)
- Leverano (nel cortile della Scuola Elementare di Via della Libertà)
- Maglie (nel cortile dell'Istituto d'Istruzione Secondaria Superiore "Egidio Lanoce" - Indirizzo Agrario- sede di Via Circolone)
- Cutrofiano (Piazza Municipio)
- Santa Chiara di Nardò (Pista Prototipo N.T.C. srl, località Fattizze).

I siti di misura hanno diverse caratteristiche evidenziati dalla colorazione nella Figura 2.1: in verde sono evidenziati i siti di fondo urbano, in giallo i siti di fondo urbano in prossimità di zone industriali ed in rosso i siti urbani. In particolare, il sito di monitoraggio di Lequile è stato incluso nella tipologia “sito urbano” poiché il laboratorio mobile era posizionato a pochi metri (5-6 m) dalla Strada Statale 101.



*Fig. 2.1) Mappa del Salento con evidenziati i siti in cui sono stati fatti i rilevamenti con il Laboratorio Mobile. In verde i siti di fondo urbano, in giallo i siti di fondo urbano in prossimità di zone industriali ed in rosso i siti urbani (immagine tratta dal sito di Google Earth). Fotografia del Laboratorio Mobile a Cutrofiano.*

## 2.2 DESCRIZIONE DELLE METODOLOGIE UTILIZZATE NELLA MISURA E NELLA ELABORAZIONE DEI DATI

### Analisi Gravimetrica

I campionamenti di particolato atmosferico (PM10 e PM2.5) sono stati effettuati alla portata di 38.3 lpm (in accordo con la normativa vigente D.M.60/2002) per l'arco dell'intera giornata (dalle ore 00:00 alle ore 00:00 del giorno successivo), ottenendo quindi una concentrazione media rappresentativa delle 24 ore. Il volume di campionamento è stato normalizzato a 25 °C e 101.3 kPa. Il particolato atmosferico è stato raccolto su filtri in fibra di quarzo del diametro di 47 mm. Sui filtri sono state svolte le determinazioni gravimetriche mediante pesata (con bilancia analitica – sensibilità a 6 cifre decimali) prima e dopo il campionamento. La procedura di condizionamento, seguita per ridurre l'interferenza dell'umidità sul peso dei filtri, prevede il collocamento delle membrane per 48 ore, prima e dopo il prelievo, in essiccatore nel locale dove si trova la bilancia analitica. Sono state utilizzate tre pesate, consecutive ed indipendenti, per valutare il peso medio dei filtri sia prima sia dopo l'esposizione e per limitare l'incertezza di misura. L'incertezza sperimentale dovuta alla determinazione della massa depositata di PM10 e PM2.5 è stata stimata attraverso l'analisi di filtri bianchi utilizzati in campo durante ogni campagna di misura (Belosi et al, 2006). Tali filtri sono anche stati utilizzati per la correzione di eventuali errori sistematici. I risultati evidenziano che l'incertezza tipica è stimabile in circa 1-2.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (a livello di media giornaliera per il PM10 ed il PM2.5) considerando sia la variabilità dei bianchi sia l'incertezza sul volume effettivamente campionato. Nella tabella 2.1 si riportano i risultati dell'analisi del Limit Of Detection (LOD – calcolato come 3 standard deviations dei bianchi sul campo), del Limit Of Quantification (LOQ – calcolato come 10 standard deviations dei bianchi sul campo) e dell'incertezza sperimentale della determinazione gravimetrica della concentrazione di PM10 e PM2.5 delle campagne di monitoraggio condotte nell'anno 2008.

PM10; PM2.5	LOD ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	LOQ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Incertezza Assoluta ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Incertezza Relativa (%)
<b>Lequile</b>	0.7	2.5	0.5-2.2	2.2-5.7
<b>Leverano</b>	1.3	4.4	0.9-2.6	3.0-8.4
<b>Maglie</b>	1.3	4.2	0.9 – 2.2	2.3 – 39.4
<b>Cutrofiano</b>	1.1	3.7	0.8 - 1.3	2.4 – 5.4
<b>Nardò</b>	1.8	6.0	1.2 – 2.1	2.5 – 14.8
<b>Complessivo Anno 2008</b>	<b>1.2</b>	<b>4.1</b>	<b>1.1</b>	<b>5.1</b>

Tabella 2.1 Risultati dell'analisi dell'incertezza sperimentale nella determinazione gravimetrica della concentrazione di PM10 e PM2.5 delle campagne di monitoraggio condotte nell'anno 2008.

### Analisi di inquinanti gassosi

In queste campagne di misure sono stati effettuati rilievi sui seguenti gas atmosferici: NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, Benzene, Toluene e Xileni (o-Xilene, m-Xilene e p-Xilene). I dati acquisiti sono stati preliminarmente sottoposti ad una validazione, basata sull'eliminazione di valori negativi (o pari a zero) registrati durante le operazioni di taratura e calibrazione degli strumenti (condotte in media ogni 2-3 giorni), sull'analisi della stabilità della calibrazione e dei tempi di ritenzione (per BTX). Successivamente i dati sono stati sottoposti ad una elaborazione statistica volta a determinare le medie giornaliere ed orarie, la media mobile su 8h (come richiesto dalla normativa per l'O<sub>3</sub>), nonché i massimi orari al fine di poter evidenziare la

presenza di superamenti delle soglie normative fissate per tali gas. Le concentrazioni degli inquinanti gassosi sono normalizzate a 20 °C come richiesto dalla normativa vigente.

Per quanto riguarda le soglie, si fa riferimento alla normativa in vigore (DM n. 60 del 02/04/2002 e DL n. 183 del 21/05/2004), che definisce:

Valori limite orario per la protezione della salute umana (esposizione acuta)

**Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>):** 220 µg/m<sup>3</sup> media oraria (comprensivo del margine di tolleranza per il 2008), da non superare più di 18 volte/anno

**Ozono (O<sub>3</sub>):** 120 µg/m<sup>3</sup> media mobile su 8h, da non superare più di 25 volte/anno come media sui 3 anni

Valori limite annuale per la protezione della salute umana (esposizione cronica)

**Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>):** 44 µg/m<sup>3</sup> media anno (comprensivo del margine di tolleranza per il 2008)

**Benzene :** 7 µg/m<sup>3</sup> media anno (comprensivo del margine di tolleranza per il 2008)

Valori limite per la protezione della vegetazione

**Ossidi di Azoto (NO<sub>x</sub>):** 30 µg/m<sup>3</sup> media anno

### **Determinazioni analitiche dei metalli nel particolato atmosferico**

Sul particolato raccolto sono state condotte le determinazioni analitiche dei metalli in tracce Cd, V, Ni, Fe, Cu, Mn, As, Zn e Pb come previsto dalla Convenzione fra ISAC-CNR e Provincia di Lecce con l'aggiunta di Al, Cr, Ti, Sb non previsti nella Convenzione. In particolare l'antimonio è generalmente di origine antropica (ad esempio contenuto nelle guarnizioni dei freni dei veicoli) ed è un componente di polveri emessi dai freni dei veicoli (break dust) e di polvere risospesa dal traffico stradale (road dust) (Sternbeck et al, 2002). Il titanio è un elemento generalmente di origine crostale che può essere utile nell'individuare casi di d'intrusione di polveri Africane, infatti in Querol et al (2001) e in Moreno et al (2006) si evidenzia come il Ti presenti significativi incrementi durante i suddetti fenomeni di intrusione. I metalli Mg e K sono stati aggiunti per verificare una loro possibile utilità nell'individuare sorgenti di combustione di biomasse. Le analisi sono state fatte utilizzando la tecnica ICP-AES per i metalli Fe, Al, Zn, Ti, Mg e K mentre per gli altri metalli è stata utilizzata la tecnica GF-AAS. Le determinazioni analitiche sono state svolte in parte presso il Laboratorio Multilab della camera di Commercio di Lecce ed in parte presso il laboratorio di Chimica dell'Ambiente del Dipartimento di Scienza dei Materiali dell'Università del Salento. Le concentrazioni di metalli sono state valutate in unità di massa per Nm<sup>3</sup> facendo quindi riferimento al volume di campionamento normalizzato. I risultati delle determinazioni analitiche, sono stati ottenuti mediante un'analisi statistica che prevede la sottrazione del livello medio di metalli presenti nel filtro bianco (fondo) alla massa effettiva di metalli contenuta nelle polveri. In particolare, si osserva che le masse di alcuni metalli sono inferiori al limite di rilevabilità della metodica utilizzata o confrontabili con il livello medio osservato nei bianchi. Nel caso in cui il valore della massa è inferiore al limite di rilevabilità della metodica analitica, è stata assunto come soglia di concentrazione (in via cautelativa) il limite di rilevabilità diviso per il volume di campionamento. Nel caso in cui la massa effettiva dei metalli presente nel particolato sia inferiore alla deviazione standard  $\sigma_B$  delle masse rilevate nei bianchi (od al limite di rilevabilità se non è possibile valutare la  $\sigma_B$ ) è stato assunto come massa effettiva di soglia il valore di  $\sigma_B$  (o il limite di rilevabilità) per il metallo in analisi. In pratica nei casi in cui la massa rilevata sul filtro esposto è simile a quella del valore di fondo non è possibile una quantificazione certa ed è quindi stata fatta una stima cautelativa considerando la massa almeno uguale al valore di  $\sigma_B$ .

In ciascuna campagna di monitoraggio è stata fatta un'analisi statistica sui metalli, rilevati nel particolato atmosferico, volta a determinare l'Enrichment Factor (EF), ossia il fattore di arricchimento crostale di ogni metallo pesante rispetto alla sua naturale concentrazione media presente nella crosta terrestre superficiale. In particolare i valori di EF sono stati determinati mediante la formula:

$$EF(X) = ([X]_{air}/[Ref]_{air}) / ([X]_{source}/[Ref]_{source})$$

dove "X" è il metallo pesante di interesse (espresso come concentrazione media in massa dei singoli valori) e "Ref" è il metallo di riferimento rispetto al quale si calcola l'Enrichment Factor. I calcoli sono fatti con il supporto di tabelle nelle quali si riportano le abbondanze medie dei vari elementi che costituiscono la crosta continentale (Wedepohl, 1995). Nel caso in esame, è stato scelto come metallo di riferimento il Ferro a cui è assegnato un valore unitario di EF. Il metallo di riferimento è generalmente l'Alluminio, tuttavia anche il Fe è spesso utilizzato nella letteratura scientifica come scusso in Contini et al (2008b). In particolare, valori di EF inferiori a 10 indicano che il metallo pesante in questione ha un'origine prevalentemente crostale e viene quindi definito "elemento non arricchito"; al contrario, valori maggiori di 20-30 sono indicativi di metalli di origine antropica e sono definiti "elementi arricchiti". Valori compresi tra le due soglie indicano invece un'origine mista dell'elemento in questione.

### 2.3 MONITORAGGIO DI INQUINANTI ATMOSFERICI A LEQUILE

Nel periodo compreso tra il giorno 27/02/08 ed il giorno 13/03/08 sono stati svolti a Lequile (LE) dei prelievi di particolato PM10 e PM2.5 e di alcuni gas atmosferici, misurando in particolare le concentrazioni di: Ossidi di Azoto (NO, NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>), Ozono (O<sub>3</sub>) e idrocarburi (BTX). Il monitoraggio è stato condotto in Via San Pietro in Lama nei pressi della Strada Statale 101, in una piazzetta circondata da case e palazzine abitate, a pochi metri (5-6) dalla superstrada che è piuttosto trafficata come si è potuto osservare durante i sopralluoghi. Il sito di misura è quindi classificabile come sito urbano influenzato dalle emissioni provenienti dal traffico automobilistico.

#### Risultati delle concentrazioni di aerosol atmosferico e meteorologia locale

Le condizioni meteorologiche medie durante il periodo di campionamento evidenziano una prevalenza della direzione del vento con provenienza dal settore SO-SE. I venti sono in genere deboli con alcuni picchi di intensità nei giorni 04 e 06/03/2008. Si è osservato che i venti provenienti dal settore SO-SE inducano sul sito di misura un aumento della temperatura media evidente a partire dal giorno 01/03/2008. Nel periodo in esame, infine, si osservano alcuni eventi di precipitazione con un massimo misurato il giorno 07/03/2008 (19.4 mm). Nella tabella 2.2 sono riportati i valori medi di concentrazione di PM10 e PM2.5 ottenuti durante il monitoraggio a Lequile. I risultati dei rilievi condotti sono riportati in forma grafica in Figura 2.2 insieme con il livello di precipitazione giornaliera.

SITO DI MISURA	PM10 µg/Nm <sup>3</sup>		PM2.5 µg/Nm <sup>3</sup>		Rapporto PM2.5/PM10	
	Lequile (Marzo 2008) (sito urbano)	Media	<b>31.9</b>	Media	<b>24.9</b>	Media
Dev. Standard		11.8	Dev. Standard	14.9	Dev. Standard	0.16
Minimo		17.8	Minimo	11.3		
Massimo		64.2	Massimo	55.2	Numero di dati	7
Numero di dati		14	Numero di dati	7	Numero di dati	7
Numero superamenti		<b>1</b>				

Tabella 2.2 – Valori medi di concentrazione rilevati a Lequile nel PM10 e nel PM2.5. In parentesi il numero di dati su cui è stata valutata la media e la deviazione standard.



Nel periodo dei rilevamenti, si osserva un unico superamento ( $64.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) della soglia giornaliera di concentrazione di PM10 ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , DM n° 60 del 2 Aprile 2002) nel giorno 28/02/2008. Tale giorno risulta l'ultimo di un periodo (fra il 23/2/2008 ed il 28/2/2008) in cui si registrano elevate concentrazioni di PM10 nella Provincia di Lecce. La situazione è illustrata in Figura 2.3 dove si confrontano i rilevamenti svolti a Lequile con il Laboratorio Mobile con le misure medie delle centraline del Comune di Lecce e della Regione Puglia (disponibili sul sito [www.arpa.puglia.it](http://www.arpa.puglia.it)) e con le misure della rete di monitoraggio della Provincia di Lecce. Una analisi relativa ai dati disponibili in provincia di Brindisi e di Taranto mostra che questo fenomeno è esteso anche a tali province interessando quindi tutto il Salento. Nel periodo indicato (23/2-29/2/2008) si hanno venti provenienti del settore N-NO con estesi periodi di calme di vento. Ne consegue che il superamento osservato a Lequile non è dovuto a sorgenti locali nell'area di Lequile ma ad una situazione sfavorevole alla dispersione di inquinanti che ha portato ad un periodo di significativo inquinamento da PM10 nel Salento.

I valori di PM2.5, rilevati in questa campagna, si attestano in circa il 66% (deviazione standard 0.16) di quelli di PM10. L'analisi del rapporto fra le concentrazioni di PM2.5 e PM10 ( $R = \text{PM2.5}/\text{PM10}$ ) nei giorni in cui tali misure sono simultanee indica che a Lequile R è confrontabile sia con il valore medio osservato con il Laboratorio Mobile (nella Provincia di Lecce) sia con quello solitamente indicato nella letteratura scientifica per altri siti di misura (intorno a 0.65-0.7) (Marcazzan et al 2002, Marcazzan et al 2004, Vecchi et al 2004). Si osserva che i primi due giorni di campionamento presentano un significativo contributo di polveri "fini" (PM2.5) al PM10 (maggiore della media). Questi giorni (in particolare il 28/02/2007) fanno parte del periodo (già descritto) con significativo inquinamento da polveri nel Salento. Questa presenza di polveri PM2.5 è compatibile con un trasporto di emissioni antropiche ed anche con la formazione di aerosol secondario (a partire dai precursori gassosi antropici).

L'analisi delle immagini satellitari (MODIS), dell'Aerosol Index del TOMS e le indicazioni ottenute dalle analisi del contenuto dei metalli crostali nel PM10 portano a concludere che nel periodo in esame non ci sono particolari eventi di trasporto di polveri Africane.

### **Risultati delle concentrazioni di inquinanti gassosi**

La tabella 2.3 riporta le medie delle concentrazioni per i gas monitorati nel periodo in esame e i valori massimi orari (con l'indicazione dell'ora e del giorno in cui tali massimi sono stati rilevati). Nel caso dell'ozono è riportato il valore massimo della media mobile su 8 ore. I risultati dei rilevamenti di gas inquinanti a Lequile evidenziano la presenza di diversi episodi di picchi di concentrazione atmosferica degli inquinanti associati a combustione (in particolare ossidi di azoto, benzene, toluene e xileni totali), osservati, in particolare, nei giorni 29/02/2008, 4-5-9-11-12/03/2008. In corrispondenza di tali picchi le concentrazioni di ozono sono minime. Si noti che la maggior parte degli episodi di picco sono visibili anche in altre centraline della provincia (soprattutto nella centralina di Campi Salentina e Lecce) ad eccezione del picco del 12/03/2008 il quale sembra maggiormente associato allo specifico sito di misura di Lequile ed avviene con direzioni del vento ed orari compatibili con un contributo di emissioni locali dalla superstrada.

In particolare per quanto riguarda il confronto delle concentrazioni osservate di gas inquinanti con i valori di soglia legislativi:

- per Biossido di Azoto non ci sono superamenti sia per l'esposizione acuta che cronica (nell'ipotesi che la media del periodo di misura possa essere rappresentativa della media annuale);
- per gli ossidi di azoto (NOx) il livello medio rilevato è superiore alla soglia di protezione degli ecosistemi; tuttavia, tale conclusione dovrà essere analizzata con un maggiore numero di dati poiché essa è solo di carattere indicativo in quanto i valori indicati nella Normativa fanno riferimento a medie annuali mentre il periodo analizzato è molto più breve.
- per l'Ozono non ci sono superamenti sia per l'esposizione acuta che cronica (nell'ipotesi che la media del periodo di misura possa essere rappresentativa della media annuale). Infatti sia il massimo delle medie mobili su 8h sia la concentrazione oraria massima sono inferiori al valore bersaglio;
- per il benzene non ci sono superamenti nell'ipotesi che la media del periodo di misura possa essere rappresentativa della media annuale.

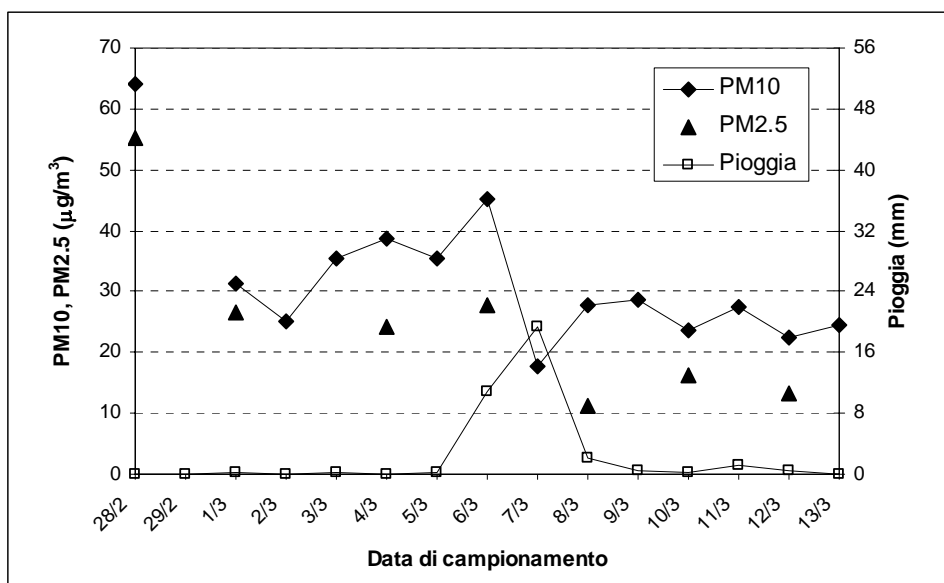


Fig. 2.2 – Andamento delle concentrazioni di PM10, PM2.5 e della precipitazione giornaliera in mm H<sub>2</sub>O a Lequile (LE).

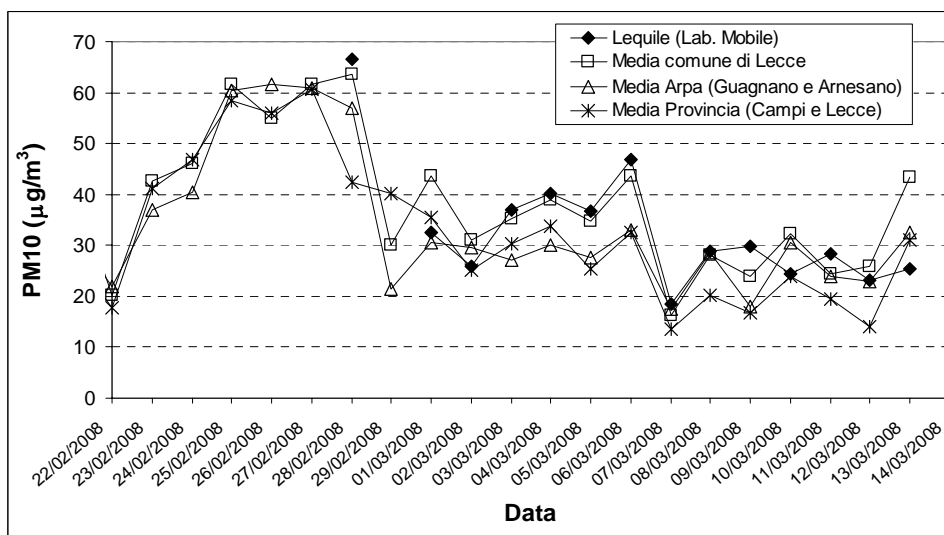


Fig. 2.3 – Confronto del PM10 a Lequile con la media delle centraline della Provincia di Lecce dell'ARPA Puglia (Guagnano ed Arnesano) e del Comune di Lecce (V. Grassi, P. De Santis, V. Garigliano e della Provincia di Lecce).

GAS	Media (µg/m <sup>3</sup> )	Max (µg/m <sup>3</sup> )
O <sub>3</sub>	58.0	92.3 (11/03/2008 h16)
NO <sub>x</sub>	55.9	209.1 (11/03/2008 h21)
NO <sub>2</sub>	39.0	120.6 (12/03/2008 h18)
NO	16.9	126.1 (11/03/2008 h21)
Benzene	0.8	2.9 (11/03/2008 h22)
Toluene	2.1	11.5 (29/02/2008 h18)
Xileni totali	1.8	10.4 (29/02/2008 h18)

*Tab. 2.3 – Concentrazioni medie (di tutto il periodo di misura) e massime orarie rilevate a Lequile. Nel caso dell'ozono è riportato il valore massimo della media mobile su 8 ore.*

E' di interesse osservare che esiste una correlazione delle polveri (specialmente il PM<sub>2.5</sub>) con NO e BTX. Questo suggerisce una possibile sorgente comune di gas di combustione e polveri fini che potrebbe essere il traffico veicolare (ed anche il riscaldamento domestico attivo nel periodo di misura). Si osserva una anticorrelazione dell'ozono sia con gli ossidi di azoto, con i BTX e con il PM<sub>2.5</sub>. Si osserva inoltre un'alta correlazione fra NO, NO<sub>2</sub> ed NO<sub>x</sub> ed un'alta correlazione fra benzene, toluene e xileni totali che ne indica verosimilmente una origine comune. Il rapporto medio fra Toluene e Benzene è 2.6 ed è in linea con quanto si osserva in letteratura in aree urbane dove le principali fonti di Benzene e Toluene sono le emissioni da traffico veicolare e da riscaldamento domestico (Barrefors 1996, Schneider et al 2001).

Alcuni picchi di concentrazione di gas sono stati rilevati ad orari compatibili con quelli relativi al massimo traffico veicolare sia a Lequile sia nella superstrada adiacente al sito di misura. L'analisi dell'andamento orario del "giorno tipico" per quanto riguarda i gas di combustione (NO, NO<sub>x</sub> e benzene) evidenzia la presenza di picchi di concentrazione la mattina presto e nel tardo pomeriggio/serata. Questo andamento è caratteristico di sorgenti antropiche localizzate in area urbana (traffico veicolare, riscaldamento domestico ecc.).

E' quindi ipotizzabile che nel sito di misura insistano sorgenti antropiche locali dovute alle attività nell'abitato ed alle emissioni da traffico della superstrada seppure il contributo complessivo è limitato e non porta significativi superamenti dei livelli normativi almeno per quanto riguarda gli inquinanti monitorati in questo rapporto.

### **Risultati delle concentrazioni di metalli nel particolato atmosferico**

Nella Tabella 2.4 sono riportati i valori medi dei metalli (sia in termini di ng/Nm<sup>3</sup> che in termini relativi: µg/g) rilevati nelle polveri di PM<sub>10</sub> e di PM<sub>2.5</sub> in questa campagna di misura. Si sottolinea che in tale campagna si è verificata una contaminazione di alcuni campioni di aerosol monitorato, probabilmente durante la fase di analisi chimica. Tale inconveniente ha reso necessario l'attuazione di una procedura di validazione dati che ha comportato l'eliminazione dei dati relativi al Ni e al Cr nella frazione PM<sub>10</sub>, nonché di alcuni dati sporadici relativi ad altri metalli sia della frazione PM<sub>2.5</sub> sia in quella PM<sub>10</sub>. Tuttavia, nonostante la procedura di validazione, i dati acquisiti nel corso della campagna di monitoraggio sono stati tali da permettere una ragionevole elaborazione statistica volta a determinare il livello medio dei metalli presenti in tracce nei campioni di aerosol raccolti.

I risultati delle analisi chimiche indicano che, nel PM<sub>10</sub>, Cd, As e Ti risultano essenzialmente non rilevabili in quanto presenti a livelli di concentrazione molto bassa. Il V presenta molti valori al di sotto del limite di rilevabilità. Anche nella frazione PM<sub>2.5</sub> si osservano diversi metalli non rilevabili, in particolare risultano sopra il limite di rilevabilità: Fe, Al, V, Mn e Pb.

Si vuole sottolineare che la somma delle masse dei diversi metalli rilevati costituisce in media lo 1.0% della massa di polveri depositata nel PM<sub>2.5</sub> e l'1.6% nel PM<sub>10</sub>. Gran parte di questa frazione è relativa al Ferro e all'Alluminio. Questa è una frazione piuttosto modesta e quindi le indicazioni che si cerca di ottenere riguardo alle possibili sorgenti sono essenzialmente di carattere qualitativo salvo l'eventuale individuazione di traccianti specifici di una sorgente nota.

Il valore massimo di Pb e di Cu è stato osservato il primo giorno di misura (28/02/2008) ed è anche il giorno di superamento della soglia giornaliera del PM<sub>10</sub> (massima concentrazione di PM<sub>10</sub> in tutta la campagna di misura). In tale giorno si hanno condizioni sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti ed è presente un fenomeno di rilevante inquinamento su tutto il Salento, per cui questo contributo non è associabile ad emissioni locali. Si nota, inoltre, che nel giorno 07/03/2008 si verifica il massimo di concentrazione dell'antimonio affiancato anche da alti valori di rame. Questi picchi dei metalli Sb e Cu sono presumibilmente associati al traffico autoveicolare che insiste sulla superstrada (direzioni del vento fra E e S con prevalenza da SE); ciò è confermato da quanto riportato in letteratura, in cui sia l'antimonio che il rame sono considerati traccianti del traffico veicolare: TRE, Traffic-Related-Elements (Da Silva et al, 2008). Si osserva che in tale giorno si hanno precipitazioni rilevanti e la concentrazione di PM<sub>10</sub> è la minima della campagna di misura.

In Tabella 2.5 si riportano i valori di concentrazione di metalli rilevati a Lequile: come si osserva, tali valori sono significativamente al di sotto sia dei valori obiettivo/limite sia delle soglie di valutazione superiori. Naturalmente il confronto con le medie ottenute durante le campagne di misura è solo indicativo in quanto i valori indicati nella normativa fanno riferimento a medie annuali.

<b>Lequile (Marzo 2008)</b>				
	<b>PM10 ng/Nm<sup>3</sup></b>	<b>PM2.5 ng/Nm<sup>3</sup></b>	<b>PM10 µg/g</b>	<b>PM2.5 µg/g</b>
<b>Fe</b>	<b>417.2</b> Min. 279.0 Max. 649.4	<b>144.7</b> Min. 3.9 Max. 346.9	<b>13546.7</b> Min. 8530.1 Max. 20561.6	<b>6555.9</b> Min. 148.4 Max. 14304.3
<b>Al</b>	<b>115.4</b> Min. 40.4 Max. 202.0	<b>51.0</b> Min. 4.5 Max. 157.3	<b>4101.5</b> Min. 949.7 Max. 8760.3	<b>2211.3</b> Min. 167.9 Max. 6487.7
<b>V</b>	<b>1.9</b> Min. 1.1 Max. 4.6	<b>2.4</b> Min. 1.1 Max. 5.0	<b>57.8</b> Min. 34.0 Max. 105.8	<b>102.2</b> Min. 59.8 Max. 207.7
<b>Ni</b>	<b>N.R.</b>	<b>&lt; 1.7</b>	<b>N.R.</b>	<b>&lt; 82.8</b>
<b>Cd</b>	<b>&lt; 0.4</b>	<b>&lt; 0.4</b>	<b>&lt; 14.5</b>	<b>&lt; 18.7</b>
<b>Cu</b>	<b>13.3</b> Min. 6.8 Max. 38.7	<b>&lt; 6.5</b>	<b>451.0</b> Min. 176.1 Max. 1567.3	<b>&lt; 332.5</b>
<b>Zn</b>	<b>16.0</b> Min. 10.4 Max. 28.6	<b>&lt; 12.6</b>	<b>529.5</b> Min. 276.4 Max. 971.2	<b>&lt; 582.1</b>
<b>Mn</b>	<b>5.5</b> Min. 1.1 Max. 8.0	<b>2.6</b> Min. 1.0 Max. 5.4	<b>179.2</b> Min. 45.8 Max. 259.6	<b>103.0</b> Min. 64.3 Max. 166.6
<b>As</b>	<b>&lt; 1.0</b>	<b>&lt; 0.9</b>	<b>&lt; 36.5</b>	<b>&lt; 46.8</b>
<b>Pb</b>	<b>6.2</b> Min. 0.9 Max. 29.4	<b>5.9</b> Min. 0.7 Max. 19.3	<b>175.4</b> Min. 47.3 Max. 457.5	<b>202.6</b> Min. 53.5 Max. 383.9
<b>Cr</b>	<b>N.R.</b>	<b>&lt; 1.3</b>	<b>N.R.</b>	<b>&lt; 64.7</b>
<b>Sb</b>	<b>3.1</b> Min. 0.9 Max. 16.1	<b>&lt; 1.0</b>	<b>123.8</b> Min. 21.2 Max. 903.8	<b>&lt; 49.6</b>
<b>Ti</b>	<b>&lt; 1.0</b>	<b>&lt; 0.9</b>	<b>&lt;36.3</b>	<b>&lt; 46.8</b>

Tabella 2.4 – Riassunto delle concentrazioni medie e delle composizioni medie in massa dei metalli in tracce nel PM10 e PM2.5 rilevati a Lequile. N.R. indica un metallo non rilevato a causa della procedura di validazione dei dati.

Elemento	Rilevamenti a Lequile (ng/m <sup>3</sup> )	Indicazioni WHO (ng/m <sup>3</sup> )		Indicazioni Normative (ng/m <sup>3</sup> )		
		Sito di fondo urbano influenzato da emissioni provenienti dal traffico automobilistico	Livello di background	Aree urbane	Valore obiettivo/ limite	SVI
As	< 1.0	1-3	20-30	6	2.4	3.6
Cd	< 0.4	0.1	1-10	5	2	3
Ni	<b>N.R. nel PM10 (&lt; 1.7 nel PM2.5)</b>	1	9-60	20	10	14
Pb	<b>6.2 (0.9 – 29.4)</b>	0.6	5-500	500	200	350

Tabella 2.5 – Tabella dei valori obiettivo e della soglia di valutazione superiore ed inferiore secondo il DL.vo n. 152 del 03 Agosto 2007 ed il DM n. 60 del 2 Aprile 2002 (limite per il piombo) per le concentrazioni di metalli nel PM10. Nella tabella sono incluse le indicazioni del WHO per le aree di background e le aree urbane ed i valori riscontrati a Lequile nel PM10. Le indicazioni normative sono riferite a medie annuali. I superamenti delle soglie di valutazione superiore ed inferiore vanno determinati sulla base delle concentrazioni del quinquennio precedente. Si considera superata una soglia se, nel quinquennio precedente, è stata superata per almeno tre anni non consecutivi. N.R. indica un metallo non rilevato a causa della procedura di validazione dei dati.

Nella Figura 2.4 si riportano i valori di Enrichment Factor ottenuti in questa campagna di misura. Si deve sottolineare che nel grafico si riportano i metalli che presentano un significativo numero di dati superiori al limite di rilevabilità della metodica di analisi utilizzata. I risultati indicano che, nella frazione PM10, i metalli aventi un fattore di arricchimento inferiore alla soglia 10 e quindi di origine prettamente crostale sono Al e Mn. Invece, i metalli Sb e Cu aventi un alto valore di EF sono da ritenersi elementi arricchiti e quindi di origine antropica. Infine, Zn e Pb sono da definirsi elementi di origine mista. Nella frazione PM2.5, i metalli di origine crostale sono Al, Mn e V, mentre il Pb risulta arricchito rispetto alla composizione media della crosta terrestre. E' interessante notare come il Pb risulta più arricchito nella frazione PM2.5. Essendo questo un elemento associato al traffico veicolare si ha una ulteriore conferma della presenza di questo contributo antropico alla concentrazione del PM2.5.

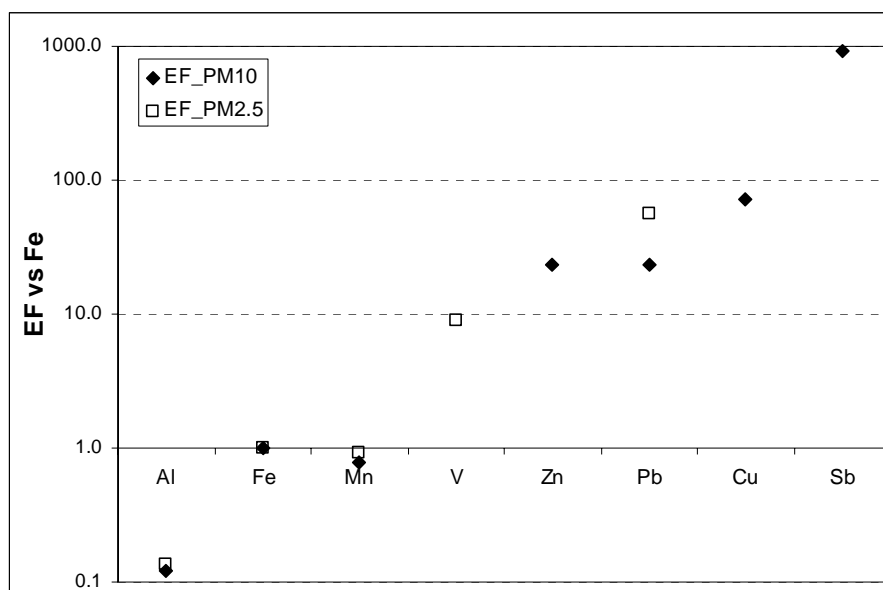


Fig. 2.4 – Fattore di arricchimento (EF) dei vari metalli rilevati nel PM10 e nel PM2.5 a Lequile (Marzo 2008).

## 2.4 MONITORAGGIO DI INQUINANTI ATMOSFERICI A LEVERANO

Nel periodo compreso tra il giorno 30/04/08 ed il giorno 19/05/08 sono stati svolti a Leverano (LE) dei prelievi di particolato PM10 e PM2.5 e di alcuni gas atmosferici, misurando in particolare le concentrazioni di: Ossidi di Azoto (NO, NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>), Ozono (O<sub>3</sub>) e idrocarburi (BTX). Il monitoraggio è stato realizzato nel cortile della Scuola Elementare di Via della Libertà. Si ringrazia il personale della scuola per l'ospitalità ricevuta ed il Comune di Leverano, in particolare l'Assessore Anna Fanuli, per il supporto logistico fornito. Le coordinate del sito di misura erano: LAT 40.28945N, LON 18.00184E. Il sito di misura è classificabile come sito di fondo urbano.

### Risultati delle concentrazioni di aerosol atmosferico e meteorologia locale

I risultati indicano una prevalenza della direzione del vento con provenienza dal settore NE-NO nella prima parte del periodo di campionamento. Successivamente, i venti subiscono una rotazione della direzione con prevalenza di venti dal settore SE-SO. Le intensità del vento sono in genere deboli con alcuni picchi nei giorni 03-04/05 e 18/05/2008. La temperatura media non subisce evidenti variazioni durante l'intero periodo di monitoraggio a parte una riduzione nei giorni di pioggia. Nel periodo in esame, infine, si osservano alcuni eventi di precipitazione con un massimo misurato il giorno 06/05/2008 (19.1 mm).

Nella tabella 2.6 sono riportati i valori medi di concentrazione di PM10 e PM2.5 ottenuti durante il monitoraggio a Leverano. I risultati dei rilievi condotti sono riportati in forma grafica in Figura 2.5 insieme con il livello di precipitazione giornaliera.

SITO DI MISURA	PM10 µg/Nm <sup>3</sup>		PM2.5 µg/Nm <sup>3</sup>		Rapporto PM2.5/PM10	
	Leverano (Maggio 2008) (sito di fondo urbano)	Media	<b>26.8</b>	Media	<b>16.2</b>	Media
Dev. Standard		8.2	Dev. Standard	3.8	Dev. Standard	0.09
Minimo		14.1	Minimo	10.7		
Massimo		45.8	Massimo	22.4	Numero di dati	8
Numero di dati		18	Numero di dati	8	Numero di dati	8
Numero superamenti		-				

Tabella 2.6 – Valori medi di concentrazione rilevati a Leverano nel PM10 e nel PM2.5 nella campagna di misura di Maggio 2008.

I valori di PM2.5, rilevati in questa campagna, si attestano in circa il 62% (deviazione standard 9%) di quelli di PM10. L'andamento del rapporto fra le concentrazioni di PM2.5 e PM10 ( $R=PM2.5/PM10$ ), nei giorni in cui tali misure sono simultanee, indica che a Leverano R è leggermente inferiore al valore medio osservato con il Laboratorio Mobile (nella Provincia di Lecce: 0.69) sia con quello solitamente indicato nella letteratura scientifica per altri siti di misura (intorno a 0.65-0.7) (Marcazzan et al 2002, Marcazzan et al 2004, Vecchi et al 2004).

Nel periodo dei rilevamenti non si osservano superamenti della soglia giornaliera di concentrazione di PM10 (50 µg/m<sup>3</sup>, DM n° 60 del 2 Aprile 2002). Si fa notare che l'analisi delle mappe dell'Aerosol Index rilevate dal TOMS, delle simulazioni delle back-trajectories a 7 giorni centrate su Lecce, delle mappe MODIS Rapid Response Images e delle simulazioni DREAM-ICOD indica che nel periodo di campionamento sono presenti accumuli di aerosol dovuto a polveri Africane sul Salento ad alta quota. In questi giorni però la deposizione di polveri Africane al livello del suolo sembra non essere molto rilevante, infatti non si evidenziano particolari picchi di concentrazione di polveri o di metalli di origine crostale. Solo l'ultimo giorno di misura (19/5/2008 in realtà campionato per circa 8 ore e 40 minuti) può essere significativamente influenzato da un trasporto di polveri Africane e sembra infatti il primo giorno di un periodo di significative concentrazioni di PM10 sul Salento (come mostrato in Figura 2.6). In Figura 2.6 si riporta il confronto delle misure di PM10 svolte a Leverano con quelle della rete di monitoraggio del Comune di Lecce, della Provincia di Lecce e della Regione Puglia (disponibili sul sito [www.arpa.puglia.it](http://www.arpa.puglia.it)). Tale analisi evidenzia un andamento simile dei livelli atmosferici di polveri nelle diverse località considerate.

In tale figura si riporta anche il periodo fra il 20/05/2008 ed il 22/05/2008 in quanto, pur non essendo stati fatti rilevamenti a Leverano, risulta interessante perché probabilmente influenzato da una intrusione di polveri Africane che interessa tutto il Salento.

Non si osservano particolari andamenti con la direzione del vento se non il fatto che i valori del PM10 e del PM2.5 in direzione ESE-SE sono leggermente più alti della media nella frazione PM10. Inoltre, non è presente una correlazione tra i livelli di PM10 e la velocità del vento, osservata, invece, in precedenti campagne di monitoraggio e in letteratura (Marcazzan et al 2001). Le concentrazioni di PM2.5 sono essenzialmente stazionarie con la velocità del vento mentre quelle di PM10 mostrano una tendenza ad aumentare. Questo andamento può essere dovuto al limitato contributo delle sorgenti locali rispetto a quello delle sorgenti a media e grande distanza. Inoltre è possibile che ci sia anche un contributo dovuto alla risospensione di polveri depositate al suolo che aumenta con l'aumentare della velocità del vento. Questa tipologia di andamento è stata osservata anche in altre campagne di misura in siti di fondo urbano (Contini et al, 2006).

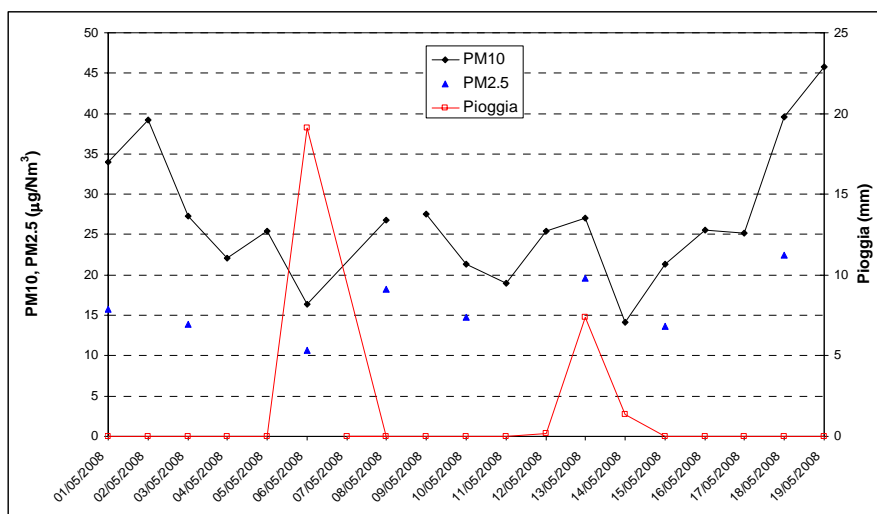


Fig. 2.5 – Andamento delle concentrazioni di PM10, PM2.5 e della precipitazione giornaliera in mm H<sub>2</sub>O a Leverano (LE).

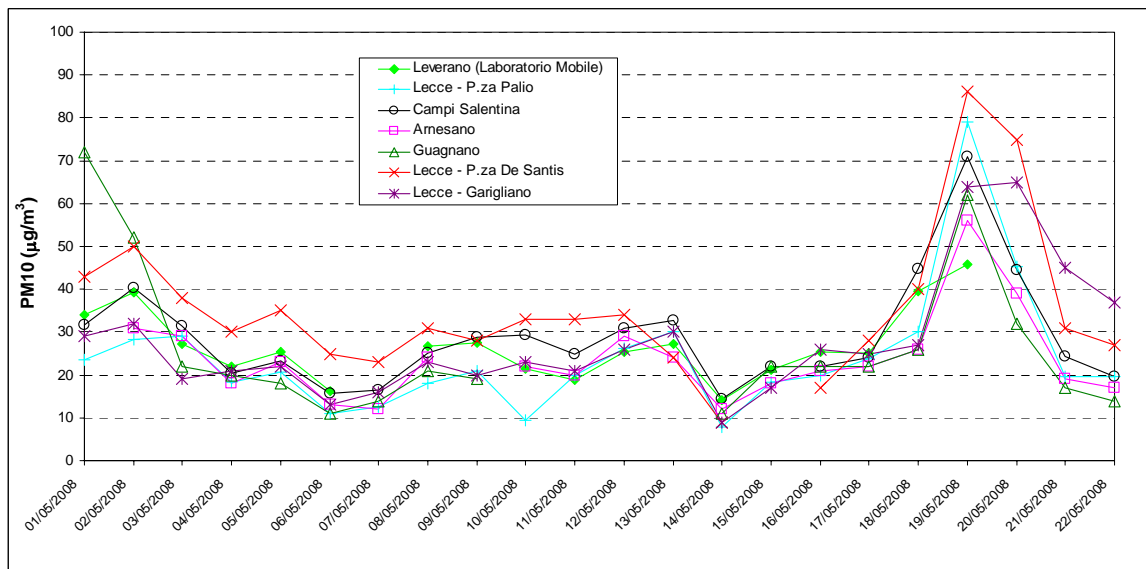


Fig. 2.6 – Confronto tra PM10 rilevato a Leverano e presso alcune centraline della Provincia di Lecce (Lecce: P. Palio e Campi Salentina), dell'ARPA Puglia (Guagnano ed Arnesano) e del Comune di Lecce (P. De Santis, V. Garigliano).

### Risultati concentrazioni di inquinanti gassosi

In questa campagna di misura sono stati effettuati rilievi sui seguenti gas atmosferici: NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, Benzene, Toluene e Xileni (o-Xilene, m-Xilene e p-Xilene). La tabella seguente (Tabella 2.7) riporta le medie delle concentrazioni per i gas monitorati nel periodo in esame e i valori massimi orari (con l'indicazione dell'ora e del giorno in cui tali massimi sono stati rilevati). Nel caso dell'ozono è indicato il valore massimo della media mobile su 8 ore.

<b>GAS</b>	<b>Media (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Max (µg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>O<sub>3</sub></b> <b>(media mobile 8h)</b>	78.3	115.7 (18/05/2008 h 19.00)
<b>NO<sub>x</sub></b>	13.5	57.2 (12/05/2008 h 7.00)
<b>NO<sub>2</sub></b>	11.9	48.2 (12/05/2008 h 7.00)
<b>NO</b>	1.7	10.8 (07/05/2008 h 7.00)
<b>Benzene</b>	0.44	1.73 (12/05/2008 h 7.00)
<b>Toluene</b>	1.56	7.6 (12/05/2008 h 7.00)
<b>Xileni totali</b>	0.88	6.7 (12/05/2008 h 7.00)

Tab. 2.7 – Concentrazioni medie (di tutto il periodo di misura) e massime orarie rilevate a Leverano (Maggio 2008). Per l'ozono si riporta il massimo della media mobile su 8h.

In particolare per quanto riguarda il confronto delle concentrazioni osservate di gas inquinanti con i valori di soglia legislativi:

- per Biossido di Azoto non ci sono superamenti sia per l'esposizione acuta che cronica (nell'ipotesi che la media del periodo di misura possa essere rappresentativa della media annuale);
- per gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) non ci sono superamenti della soglia di protezione degli ecosistemi (nell'ipotesi che la media del periodo di misura possa essere rappresentativa della media annuale);
- per l'Ozono non ci sono superamenti sia per l'esposizione acuta che cronica (nell'ipotesi che la media del periodo di misura possa essere rappresentativa della media annuale). Infatti sia il massimo delle medie mobili su 8h sia la concentrazione oraria massima sono inferiori al valore bersaglio;
- per il benzene non ci sono superamenti nell'ipotesi che la media del periodo di misura sia confrontabile con la media annuale.

L'analisi dell'andamento (per le medie orarie) di NO, NO<sub>2</sub>, benzene, toluene ed ozono in funzione della velocità del vento e della direzione del vento evidenzia che i massimi dei gas generalmente associabili a combustione antropica sono osservati alle basse velocità e prevalentemente dalle direzioni di vento fra NO e NE (specialmente per NO e toluene) ed hanno una probabile origine nelle emissioni antropiche dell'abitato. Invece l'ozono, inquinante gassoso secondario, ha un andamento opposto in quanto a bassa velocità del vento è favorita la sua eliminazione da parte dell'ossido di azoto in alte concentrazioni.

I risultati dei rilevamenti di gas inquinanti a Leverano evidenziano la presenza di diversi episodi di picchi di concentrazione atmosferica di modesta entità degli inquinanti associati a combustione (in particolare ossidi di azoto, benzene, toluene e xileni totali), osservati, in particolare, nel periodo compreso tra il 05/05/2008 ed il 15/05/2008. In corrispondenza di tali picchi le concentrazioni di ozono sono minime. Si noti che tali episodi di picco sono visibili anche in altre centraline della provincia (soprattutto nella centralina di Campi Salentina e Lecce) e non sono quindi riconducibili unicamente al sito di Leverano. Inoltre tali picchi di concentrazioni si osservano in orari particolari (verso le 7 del mattino e verso le 21) in cui si hanno



tipicamente emissioni dovute ad attività antropiche dei centri abitati quali il traffico autoveicolare. L'andamento orario del "giorno tipico" relativamente alle concentrazioni dei gas inquinanti monitorati indica che i gas antropici di combustione NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> e benzene sono molto correlati e presentano due massimi uno la mattina presto (centrato intorno alle ore 7) ed uno serale (centrato intorno alle ore 20-21). L'ossido di azoto (NO) è correlato nella mattinata e nel primo pomeriggio presentando essenzialmente un picco analogo la mattina presto, tuttavia è assente il picco serale. Questo andamento può essere spiegato dalla presenza nel tardo pomeriggio di significative concentrazioni di ozono che tendono a reagire dopo il tramonto con NO riducendone la concentrazione ed aumentando la concentrazione di NO<sub>2</sub>. Ciò indica la presenza di un contributo di inquinamento antropico dovuto alle attività urbane (in particolare il traffico autoveicolare) che però non è a livelli tali da provocare superamenti delle soglie di concentrazione della normativa.

Dall'analisi della matrice di correlazione (non riportata in questo rapporto) si osserva un'alta correlazione fra NO, NO<sub>2</sub> ed NO<sub>x</sub> ed un'alta correlazione fra benzene e xileni totali che ne indica verosimilmente una origine comune. Si osserva una anticorrelazione dell'ozono sia con gli ossidi di azoto e con i BTX evidenziata in blu grassetto. E' da notare, inoltre, la presenza di un'anticorrelazione tra il particolato atmosferico campionato (entrambe le frazioni fine e coarse) e i gas monitorati.

Il rapporto medio fra Toluene e Benzene, utilizzato comunemente come indicatore di emissioni da traffico veicolare, è 3.8 ed è più alto rispetto ai valori riscontrati nelle campagne di misura precedenti (in media circa 2.6). Si deve comunque osservare che i livelli di concentrazione di benzene sono piuttosto bassi (generalmente inferiori a 1 µg/m<sup>3</sup>) in molte ore i rilevamenti sono vicini al limite di quantificazione (pari a circa 0.3 µg/m<sup>3</sup>). I maggiori valori del rapporto T/B si hanno per basse concentrazioni di benzene, infatti quando le concentrazioni sono superiori a 0.5 µg/m<sup>3</sup> il rapporto medio diventa circa 3.2. E' quindi ipotizzabile che l'incertezza di misura alle basse concentrazioni di benzene possa avere un ruolo nell'aumento del rapporto T/B. Si noti anche che in letteratura è riportata una certa variabilità dell'indice T/B. Esso infatti può assumere valori pari a 2.0 per siti caratterizzati da alto traffico veicolare, mentre, per aree suburbane, varia nell'intervallo 1 - 6 (Elbir et al. 2006, Muezzinoglu et al. 2001). Tale variabilità è spesso associata a differenze dovute al tipo di veicoli, alla composizione dei combustibili ed alla presenza di attività industriali (Hoque et al. 2008; Khoder M.I. 2007).

### **Risultati delle concentrazioni di metalli nel particolato atmosferico**

Nella Tabella 2.8 sono riportati i valori medi dei metalli (sia in termini assoluti: ng/Nm<sup>3</sup> sia in termini relativi: µg/g) rilevati nelle polveri di PM10 e di PM2.5 in questa campagna di misura.

Si osserva che l'As risulta non rilevabile in quanto presente a livelli di concentrazione non quantificabili. Inoltre, si osserva che Sb ha valori confrontabili con i relativi livelli medi presenti nel filtro bianco (fondo) ad esclusione di un picco nel PM10 e nel PM2.5 il giorno 15/05/2008. Il Cr presenta molti valori confrontabili con i valori dei filtri bianchi soprattutto nel PM2.5 dove non risulta quantificabile.

Si vuole sottolineare che la somma delle masse dei diversi metalli rilevati costituisce in media lo 1.2% della massa di polveri depositata nel PM2.5 e l'1.9% nel PM10. Gran parte di questa frazione è relativa al Ferro e all'Alluminio. Questa è una frazione piuttosto modesta e quindi le indicazioni che si cerca di ottenere riguardo alle possibili sorgenti sono essenzialmente di carattere qualitativo salvo l'eventuale individuazione di traccianti specifici di una sorgente nota.

Si osserva un picco nel PM10 dei metalli antropici Zn, Pb e Cd il giorno 08/05/2008 probabilmente associato ad emissioni da traffico. Il Ni presenta invece un picco isolato il 12/05/2008 in un giorno di vento debole con estesi periodi di calma di vento.

In Tabella 2.9 si riportano i valori di concentrazione di metalli rilevati a Leverano confrontati con i valori massimi ed i valori obiettivo della normativa vigente. Si osserva che i livelli misurati sono significativamente al di sotto sia dei valori obiettivo/limite sia delle soglie di valutazione superiori. Naturalmente il confronto con le medie ottenute durante le campagne di misura è solo indicativo in quanto i valori indicati nella normativa fanno riferimento a medie annuali.

<b>Leverano (Maggio 2008)</b>				
	<b>PM10 ng/Nm<sup>3</sup></b>	<b>PM2.5 ng/Nm<sup>3</sup></b>	<b>PM10 µg/g</b>	<b>PM2.5 µg/g</b>
<b>Fe</b>	<b>210.6</b> Min. 120.3 Max. 327.7	<b>78.0</b> Min. 51.7 Max. 102.5	<b>8124.3</b> Min. 4899.7 Max. 11453.1	<b>4942.8</b> Min. 3399.8 Max. 7352.7
<b>Al</b>	<b>232.2</b> Min. 128.8 Max. 387.5	<b>81.1</b> Min. 43.6 Max. 144.9	<b>8858.2</b> Min. 6193.8 Max. 12925.6	<b>5090.0</b> Min. 2387.6 Max. 7050.0
<b>V</b>	<b>0.6</b> Min. 0.3 Max. 1.2	<b>0.5</b> Min. 0.1 Max. 1.0	<b>23.4</b> Min. 6.7 Max. 52.9	<b>29.3</b> Min. 4.9 Max. 66.9
<b>Ni</b>	<b>2.7</b> Min. 0.4 Max. 21.8	<b>0.8</b> Min. 0.3 Max. 2.4	<b>107.0</b> Min. 10.2 Max. 859.7	<b>49.7</b> Min. 18.1 Max. 151.3
<b>Cd</b>	<b>0.1</b> Min. 0.02 Max. 0.23	<b>0.07</b> Min. 0.02 Max. 0.17	<b>3.8</b> Min. 0.8 Max. 8.6	<b>4.3</b> Min. 1.7 Max. 9.3
<b>Cu</b>	<b>5.4</b> Min. 2.6 Max. 8.7	<b>2.5</b> Min. 1.2 Max. 6.3	<b>217.5</b> Min. 57.7 Max. 408.6	<b>164.2</b> Min. 76.2 Max. 454.0
<b>Zn</b>	<b>12.6</b> Min. 5.0 Max. 40.5	<b>7.4</b> Min. 5.0 Max. 15.9	<b>483.8</b> Min. 128.9 Max. 1514.9	<b>464.1</b> Min. 227.7 Max. 870.2
<b>Mn</b>	<b>7.8</b> Min. 3.2 Max. 12.8	<b>2.5</b> Min. 1.5 Max. 3.4	<b>307.1</b> Min. 100.3 Max. 467.1	<b>158.8</b> Min. 92.2 Max. 207.1
<b>As</b>	<b>&lt;1.0</b>	<b>&lt;0.9</b>	<b>&lt;39.1</b>	<b>&lt;59.4</b>
<b>Pb</b>	<b>4.8</b> Min. 2.7 Max. 10.7	<b>4.3</b> Min. 2.2 Max. 8.9	<b>189.6</b> Min. 74.0 Max. 401.1	<b>276.1</b> Min. 96.8 Max. 486.8
<b>Cr</b>	<b>1.8</b> Min. 0.9 Max. 10.8	<b>&lt;1.1</b>	<b>73.3</b> Min. 23.2 Max. 506.1	<b>&lt;68.0</b>
<b>Sb</b>	<b>&lt;1.9</b>	<b>&lt;2.1</b>	<b>&lt;77.7</b>	<b>&lt;138.8</b>
<b>Ti</b>	<b>16.9</b> Min. 8.8 Max. 31.2	<b>7.9</b> Min. 4.4 Max. 12.3	<b>638.1</b> Min. 407.2 Max. 893.2	<b>490.1</b> Min. 283.2 Max. 737.2

Tabella 2.8 – Riassunto delle concentrazioni medie e delle composizioni medie in massa (concentrazioni relative) dei metalli in tracce nel PM10 e PM2.5 rilevati a Leverano.

Elemento	Rilevamenti a Leverano (ng/m <sup>3</sup> )	Indicazioni WHO (ng/m <sup>3</sup> )		Indicazioni Normative (ng/m <sup>3</sup> )		
		Livello di background	Aree urbane	Valore obiettivo/ limite	SVI	SVS
As	<1.0	1-3	20-30	6	2.4	3.6
Cd	<b>0.1 (0.02 – 0.23)</b>	0.1	1-10	5	2	3
Ni	<b>2.7 (0.4 – 21.8)</b>	1	9-60	20	10	14
Pb	<b>4.8 (2.7 – 10.7)</b>	0.6	5-500	500	200	350

Tabella 2.9 – Tabella dei valori obiettivo e della soglia di valutazione superiore ed inferiore secondo il DL.vo n. 152 del 03 Agosto 2007 ed il DM n. 60 del 2 Aprile 2002 (limite per il piombo) per le concentrazioni di metalli nel PM10. Nella tabella sono incluse le indicazioni del WHO per le aree di background e le aree urbane ed i valori riscontrati a Leverano nel PM10. Le indicazioni normative sono riferite a medie annuali. I superamenti delle soglie di valutazione superiore ed inferiore vanno determinati sulla base delle concentrazioni del quinquennio precedente. Si considera superata una soglia se, nel quinquennio precedente, è stata superata per almeno tre anni non consecutivi.

L'analisi della matrice di correlazione (non riportata in questo rapporto) fra i vari elementi nel PM10 evidenzia la presenza di una correlazione tra i metalli di origine crostale Fe, Al, Ti ed il PM10 (ed in misura minore Mn) ed una correlazione che coinvolge metalli di origine più antropica Pb, Zn, Cd e nuovamente il Mn.

Nella Figura 2.7 si riportano i valori di EF ottenuti in questa campagna di misura. I risultati indicano che i metalli aventi un fattore di arricchimento inferiore alla soglia 10 e quindi di origine prettamente crostale sono Al, Mn, Ti e V. Invece, i metalli Pb, Cu, Cd e Zn hanno probabile origine antropica (soprattutto nella frazione PM2.5). Il Ni sembra avere una probabile origine mista.

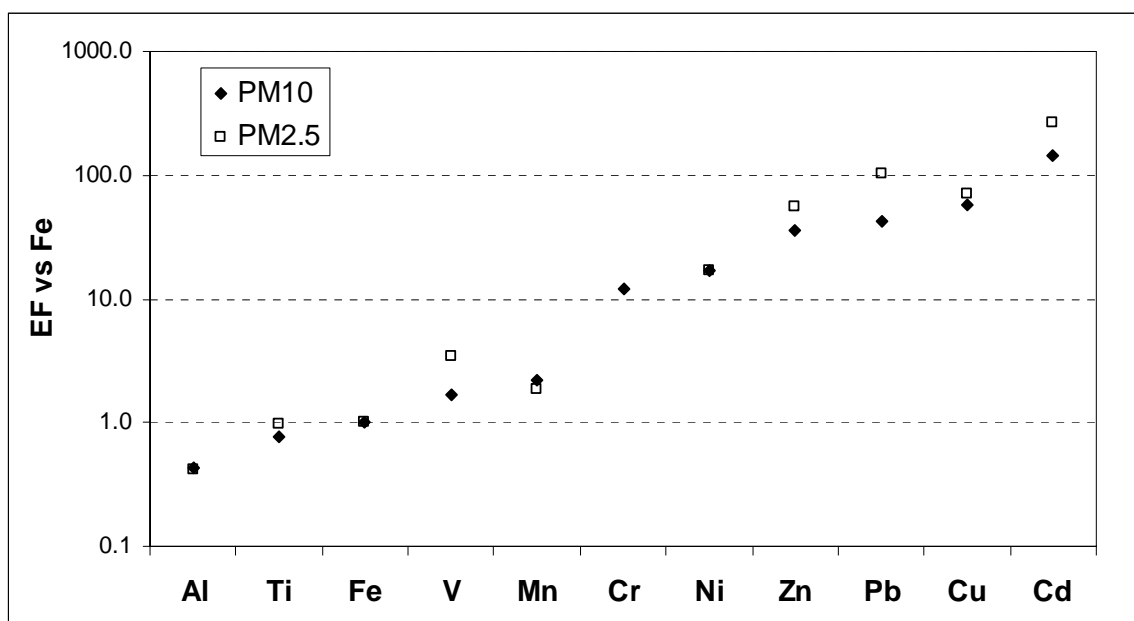


Fig. 2.7 – Fattore di arricchimento (EF) dei vari metalli rilevati nel PM10 e nel PM2.5 a Leverano (Maggio 2008).

## 2.5 MONITORAGGIO DI INQUINANTI ATMOSFERICI A MAGLIE

Nel periodo compreso tra il giorno 19/09/08 ed il giorno 13/11/08 sono stati svolti a Maglie (LE) dei prelievi di particolato PM10 e PM2.5 e di alcuni gas atmosferici, misurando in particolare le concentrazioni di: Ossidi di Azoto (NO, NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>), Ozono (O<sub>3</sub>) e idrocarburi (BTX). Il monitoraggio è stato realizzato nel cortile dell'Istituto d'Istruzione Secondaria Superiore "Egidio Lanocce" (Indirizzo Agrario) sede di Via Circolone. Il sito si trova a circa 1.0 Km di distanza dall'essiccatore e l'inceneritore della società Coopersalento. Le coordinate del sito di misura erano: LAT 40.12733N, LON 18.29991E. Il sito di misura è classificabile come sito di fondo urbano in prossimità di una zona industriale.

### Risultati delle concentrazioni di aerosol atmosferico e meteorologia locale

Le condizioni meteorologiche medie durante il periodo di campionamento sono caratterizzate da una rotazione della direzione prevalente del vento durante il periodo centrale di monitoraggio dal settore N-NO al settore SE. I venti sono in genere moderati. Tali venti provenienti dal settore SE hanno portato sul sito di misura correnti di aria più calda inducendo un aumento della temperatura media nella parte centrale del periodo del campionamento. Nel periodo in esame, infine, si osservano alcuni eventi di precipitazione con un massimo misurato il giorno 24/09/2007 (27.1 mm). Nella tabella 2.10 sono riportati i valori medi di concentrazione di PM10 e PM2.5 ottenuti durante l'ultimo monitoraggio condotto a Maglie confrontati con i dati ricavati delle precedenti campagne di monitoraggio condotte nel medesimo sito di misura (Ottobre 2003, Gennaio 2004, Dicembre 2004, Dicembre 2006, Dicembre 2007). Nella campagna di misura del 2008 si osserva un valore medio di concentrazione di PM2.5 maggiore di quello del PM10 a causa della non simultaneità dei periodi di prelievo. Il rapporto PM2.5/PM10 limitatamente ai dati simultanei è 0.78 come riportato in tabella. E' inoltre riportata l'analisi statistica complessiva di tutti i dati a disposizione. I risultati dei rilievi condotti nel periodo di Settembre 2008 sono riportati in forma grafica in Figura 2.8 insieme con il livello di precipitazione giornaliera.

SITO DI MISURA	PM10 µg/Nm <sup>3</sup>		PM2.5 µg/Nm <sup>3</sup>		Rapporto PM2.5/PM10	
	<b>Maglie</b> <b>(Settembre 2008)</b> (sito di fondo urbano in prossimità di una zona industriale)	Media	<b>23.8</b>	Media	<b>28.8</b>	Media
Dev. Standard		17.7	Dev. Standard	18.6		
Minimo		5.6	Minimo	10.8	Dev. Standard	0.08
Massimo		78.9	Massimo	18.6		
Numero di dati		18	Numero di dati	8	Numero di dati	6
<b>Numero superamenti</b>		<b>1</b>				
<b>Complessivo di tutti i            dati disponibili</b> (sito di fondo urbano in prossimità di un'area industriale)	Media	<b>30.0</b>	Media	<b>23.1</b>	Media	<b>0.75</b>
	Dev. Standard	17.5	Dev. Standard	12.9		
	Minimo	5.4	Minimo	8.1	Dev. Standard	0.15
	Massimo	100.2	Massimo	66.3		
	Numero di dati	80	Numero di dati	35	Numero di dati	30
	<b>Numero superamenti</b>	<b>9</b>				

Tabella 2.10 – Valori medi di concentrazione rilevati a Maglie nel PM10 e nel PM2.5 nella campagna di misura di Settembre 2008, valori medi complessivi delle campagne a partire dal 2003, Complessivo di tutti i dati a disposizione. In parentesi il numero di dati su cui è stata valutata la media e la deviazione standard.

I valori di PM<sub>2.5</sub>, rilevati in questa campagna, si attestano in circa il 78% (deviazione standard 0.08) di quelli di PM<sub>10</sub>. L'analisi di tutti i dati disponibili indica che a Maglie il rapporto medio è intorno a 0.75 ed è quindi leggermente più alto di quello solitamente indicato nella letteratura scientifica per altri siti di misura (intorno a 0.65-0.7) (Marcazzan et al 2002, Marcazzan et al 2004, Vecchi et al 2004). A titolo di esempio si riporta in letteratura, CAFE – Clean Air For Europe - (CAFE Working Group on Particulate Matter, dicembre 2004), un valore caratteristico (su medie annuali) di R pari a circa 0.66 anche se esistono variazioni dovute alle caratteristiche del sito di misura in cui sono posizionate le centraline di monitoraggio.

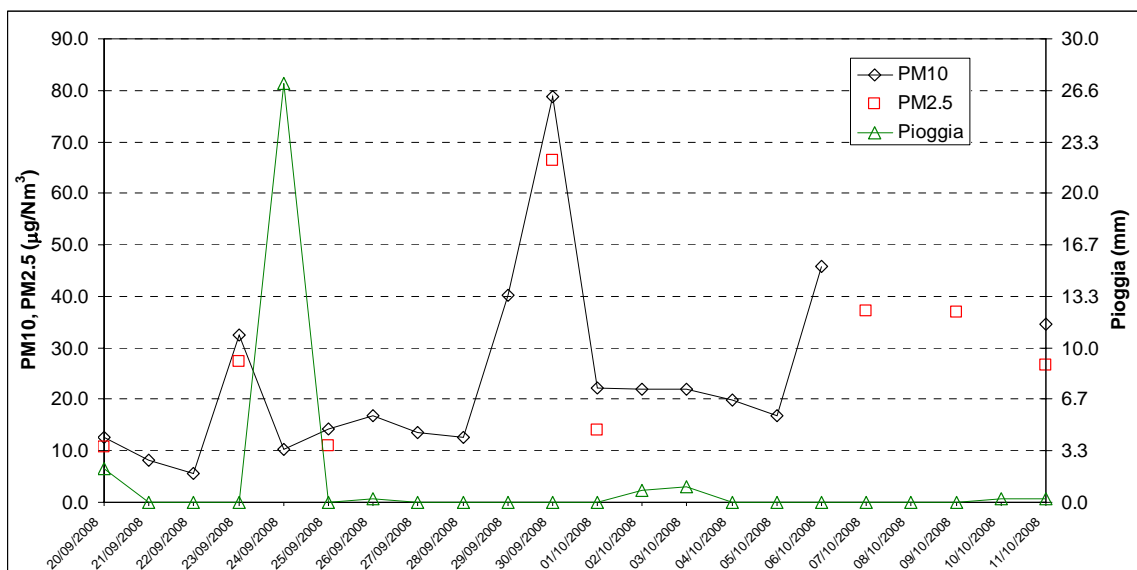


Fig. 2.8 – Andamento delle concentrazioni di PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> e della precipitazione giornaliera in mm H<sub>2</sub>O a Maglie (LE).

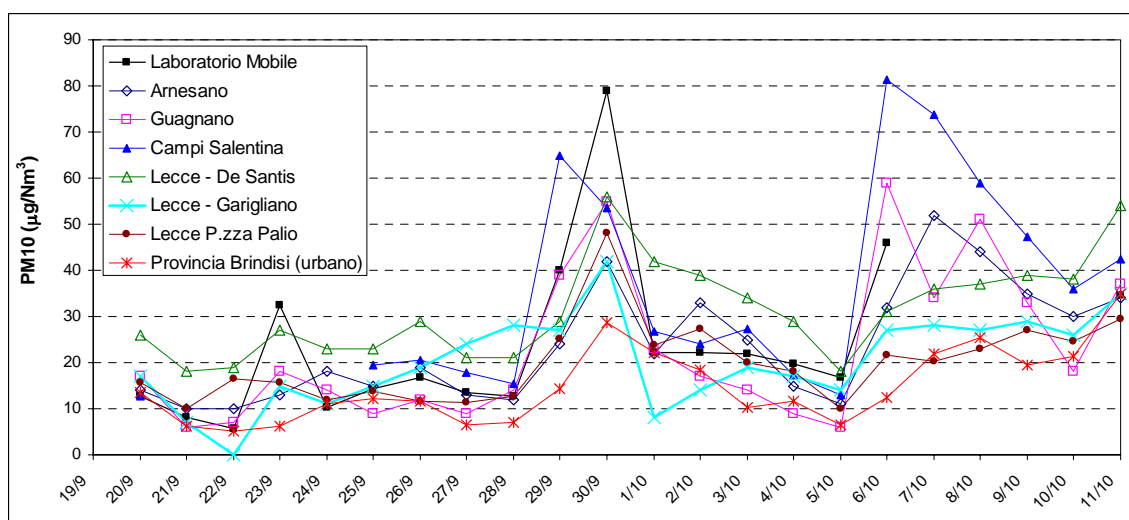


Fig. 2.9 – Andamento temporale del PM<sub>10</sub> rilevato dal Laboratorio Mobile e delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub> rilevate da alcune centraline della rete di monitoraggio della Provincia di Lecce e della Regione Puglia (queste ultime gestite da ARPA Puglia ottenute dal sito: [www.arpa.puglia.it](http://www.arpa.puglia.it)).

Nel periodo dei rilevamenti, si osserva un unico superamento (78.9 µg/m<sup>3</sup>) della soglia giornaliera di concentrazione di PM<sub>10</sub> nel giorno 30/09/2008 (50 µg/m<sup>3</sup>, DM n° 60 del 2 Aprile 2002). Si noti che l'analisi delle simulazioni DREAM-ICOD e delle back-trajectories a 7 giorni centrate su Maglie nel periodo di campionamento e lo studio delle mappe dell'Aerosol Index rilevate dal TOMS non evidenzia significativi trasporti di polveri Africane sul Salento nel periodo in analisi.

Si osserva un primo massimo di concentrazione il 30/09 ed un secondo periodo di concentrazione relativamente alte fra il 5 ed il 9 ottobre. Come sarà chiaro nei capitoli successivi in questi periodi (soprattutto nel secondo fra il 5 ed il 9 ottobre) si osserva anche un significativo aumento di concentrazione numerica di particelle ultrafini e di gas di combustione (ossidi di azoto, toluene e xileni). Entrambi i periodi sono caratterizzati dalla presenza di estesi periodi di calma di vento e vento con direzione variabile. Le calme di vento (vento inferiore a 1 m/s) raggiungono il 56% del tempo fra il 5 ed il 9 ottobre mentre sono il 10% in media negli altri giorni di misura. In Figura 2.9 si riporta il confronto dell'andamento giornaliero del PM10 rilevato con il Laboratorio Mobile con quello rilevato dalle centraline di monitoraggio sia quelle gestite dalla Provincia di Lecce sia quelle gestite da ARPA Puglia ([www.arpa.puglia.it](http://www.arpa.puglia.it)). Il confronto indica che in tali periodi si ha un aumento generalizzato delle concentrazioni delle polveri atmosferiche. Questo è compatibile con una situazione sfavorevole alla dispersione. Tuttavia si osserva come le concentrazioni nel Salento siano maggiori di quelle della Provincia di Brindisi. Inoltre le centraline di fondo (o fondo urbano) mostrano aumenti più rilevanti (nel periodo fra il 5 ed il 9 ottobre) rispetto a quelle urbane. E' possibile che tale aumento sia, almeno in parte, dovuto alla combustione di biomasse (fogliame) nelle campagne salentine a seguito delle procedure agricole. Questo è avvalorato da alcuni sopralluoghi svolti la sera tardi sia nella zona a Nord sia in quella a Sud di Lecce che hanno evidenziato la presenza di numerose sorgenti di combustione di origine agricola.

La correlazione fra i livelli di concentrazione di PM10, la direzione del vento e la velocità media del vento mostra che il massimo di concentrazione di PM10 avviene in un giorno con estesi periodi di calma di vento. Le elevate velocità del vento causano una migliore dispersione delle sorgenti locali distribuite (ad esempio emissioni da traffico veicolare e da riscaldamento domestico). Per quanto riguarda la correlazione con la direzione del vento non si osservano particolari correlazioni a livello di media giornaliera.

La Tabella riassuntiva dei dati a disposizione mostra che su 80 prelievi svolti in Via Circolone a Maglie sono stati osservati 9 superamenti della soglia giornaliera di concentrazione del PM10 ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  come da D.M. 60/2002). I dati di concentrazione sono spesso descrivibili con una distribuzione lognormale (Hadley & Toumi, 2003; Ott, 1990). Sono state provate sia la distribuzione normale sia quella lognormale sui dati a disposizione e quella lognormale si è dimostrata idonea (test del chi-quadrato) alla descrizione dei dati. Nella Figura 2.10 è riportato sull'asse delle ascisse la "normal score",  $Z(p)$ , calcolata dall'inverso della funzione di distribuzione cumulativa della distribuzione standard normale. Il test del chi-quadrato mostra che la distribuzione lognormale è idonea a descrivere i dati ottenuti con una media geometrica di 3.263 ed una deviazione standard geometrica di 0.528. Utilizzando tale distribuzione si può stimare il numero atteso di superamenti annui della soglia giornaliera del PM10 (pari a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Nell'ipotesi di distribuzione lognormale i superamenti attesi sono 40. Si deve comunque sottolineare che il calcolo è fatto sui dati a disposizione che sono prevalentemente riferiti al periodo autunno e inverno mentre mancano dati nel periodo estivo.

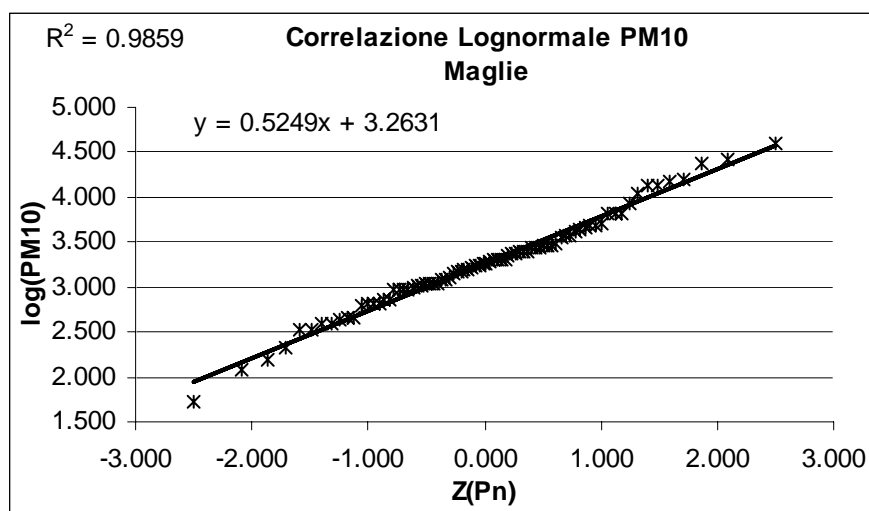


Fig. 2.10 – Fit dei dati di PM10 a Maglie con la distribuzione lognormale.

### Risultati delle concentrazioni numeriche di particelle ultrafini

Nella Figura 2.11 si riporta la media oraria delle concentrazioni di particelle ultrafini rilevate durante il periodo di misura. Si osserva un chiaro aumento di concentrazione di particelle ultrafini nel periodo fra il 5 ed il 9 ottobre che comprende, soprattutto in alcuni giorni anche le ore di tarda sera e notturne. Si osservano inoltre delle periodicità delle concentrazioni con massimi orari spesso associati alle prime ore del mattino o alla tarda sera.

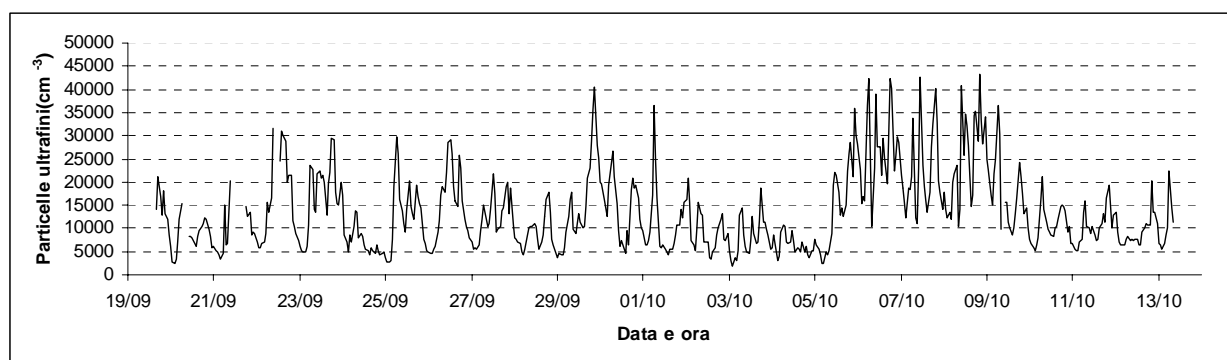


Fig. 2.11 – Andamento delle concentrazioni orarie di particelle ultrafini a Maglie nel 2008.

### Risultati delle concentrazioni di inquinanti gassosi

In questa campagna di misure sono stati effettuati rilievi sui seguenti gas atmosferici: NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, Toluene e Xileni (o-Xilene, m-Xilene e p-Xilene). La tabella seguente (Tabella 2.11) riporta le medie delle concentrazioni per i gas monitorati nel periodo in esame e i valori massimi orari (con l'indicazione dell'ora e del giorno in cui tali massimi sono stati rilevati). Nel caso dell'ozono è indicato il valore massimo della media mobile su 8 ore.

Anche per i gas di combustione (ossidi di azoto, toluene e xileni) risulta evidente un aumento evidente di concentrazione nei due periodi menzionati: 29-30 settembre e 5-9 ottobre. E' interessante osservare che in detti periodi si hanno concentrazioni significative di NO spesso superiori alle concentrazioni di NO<sub>2</sub>, cosa che non accade in termini medi negli altri giorni di misura.

Nella Figura 2.12 si riporta l'andamento delle concentrazioni medie giornaliere dei gas di combustione e della concentrazione di particelle ultrafini. Nei periodi indicati di aumento significativo di concentrazione si osserva come anche la media giornaliera di NO sia maggiore (in molti casi) di quella del NO<sub>2</sub>. Si osserva inoltre che esiste una significativa correlazione fra i diversi gas di combustione e fra questi e le particelle ultrafini.

GAS	Media ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )	Max ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )
O <sub>3</sub>	68.2	105.5 (12/10/2008 ore 19)
NO <sub>x</sub>	26.1	246.4 (06/10/2008 ore 07)
NO <sub>2</sub>	11.0	81.8 (06/10/2008 ore 18)
NO	9.9	135.5 (06/10/2008 ore 06)
Toluene	2.3	13.4 (06/10/2008 ore 07)
Xileni totali	1.3	9.0 (06/10/2008 ore 07)

Tabella 2.11 – Concentrazioni medie (di tutto il periodo di misura) e massime orarie rilevate a Maglie. Nel caso dell'ozono è indicato il valore massimo della media mobile su 8 ore.

In particolare per quanto riguarda il confronto delle concentrazioni osservate di gas inquinanti con i valori di soglia legislativi:

- per Biossido di Azoto non ci sono superamenti sia per l'esposizione acuta che cronica (nell'ipotesi che la media del periodo di misura possa essere rappresentativa della media annuale);
- per gli ossidi di azoto (NOx) non ci sono superamenti della soglia di protezione degli ecosistemi;
- per l'Ozono non ci sono superamenti sia per l'esposizione acuta che cronica (nell'ipotesi che la media del periodo di misura possa essere rappresentativa della media annuale). Infatti sia il massimo delle medie mobili su 8h sia la concentrazione oraria massima sono inferiori al valore bersaglio.

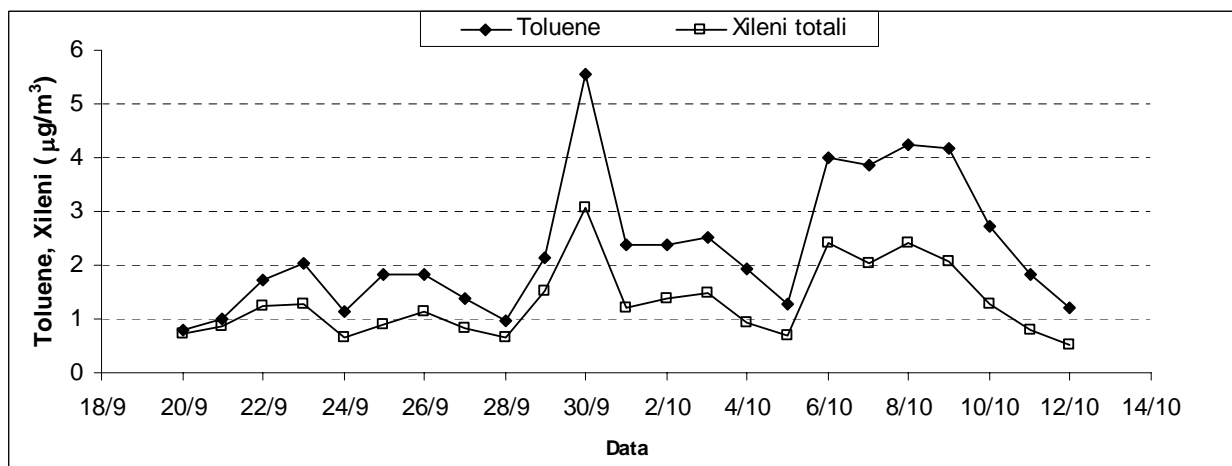
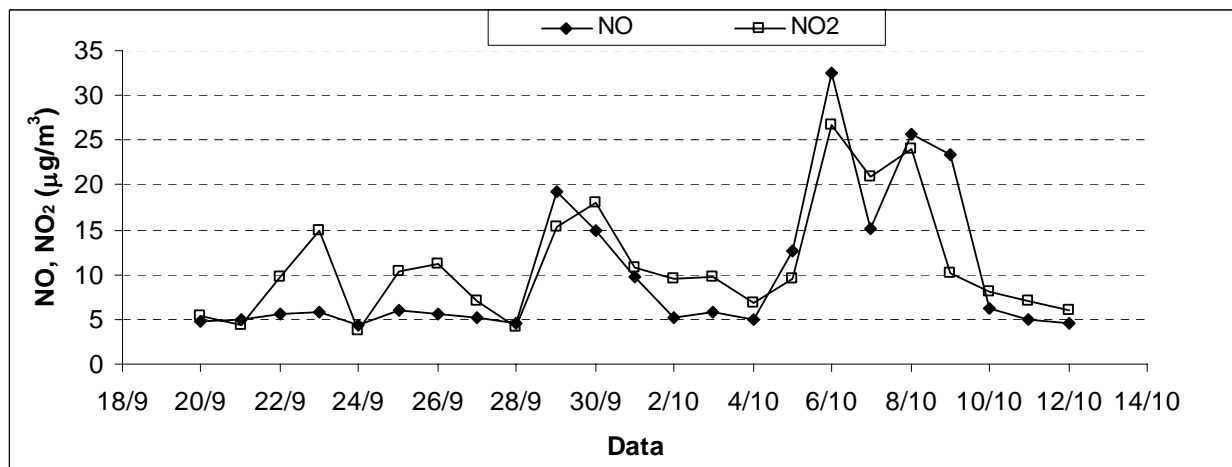
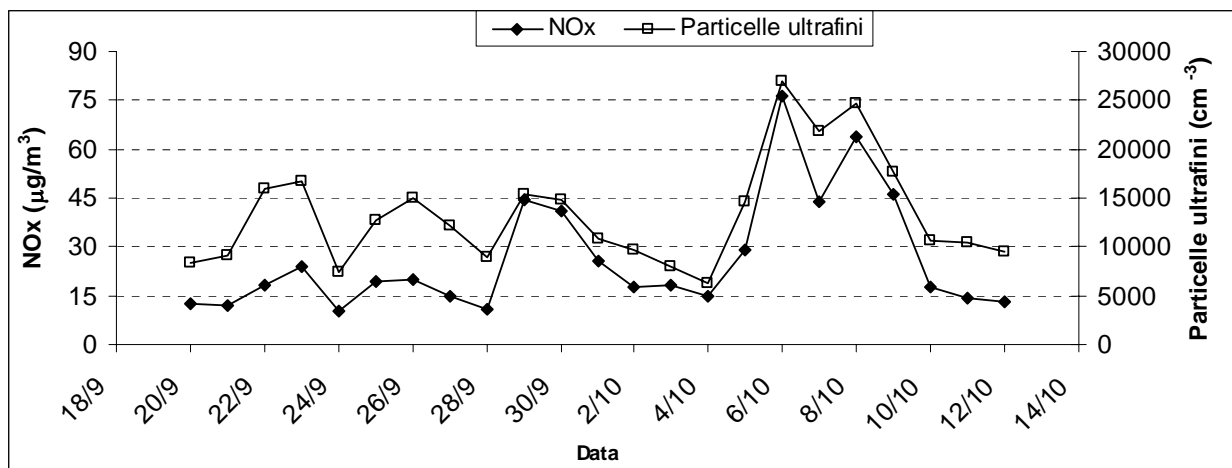




Fig. 2.12 – Valori medi giornalieri delle concentrazioni dei gas inquinanti e delle particelle ultrafini osservati a Maglie.

### **Interpretazione delle misure ed individuazione delle sorgenti di inquinamento**

Per approfondire l'interpretazione dei dati ed evidenziare, in maniera più chiara, il contributo delle sorgenti di inquinanti nel sito in esame è stata fatta una analisi statistica e di correlazione con la meteorologia locale. Nella Figura 2.13 si riporta l'andamento medio (calcolato a partire dalle concentrazioni medie giornaliere) dei diversi inquinanti scorrendo i giorni festivi dai giorni feriali. Nella Figura le barre indicano la variabilità delle medie giornaliere a livello di una deviazione standard. Si osserva chiaramente che sia i gas di combustione (ossidi di azoto, toluene e benzene) sia le particelle ultrafini mostrano una concentrazione media più bassa nei giorni festivi rispetto a quella rilevata nei giorni feriali. Tuttavia la variabilità fra un giorno e l'altro è significativa ed è quindi possibile avere dei giorni festivi con concentrazione maggiore di altri specifici giorni feriali anche se questo non avviene in termini medi. La differenza nelle concentrazioni medie mostra comunque la presenza di un significativo contributo delle attività urbane, in particolare il traffico veicolare che ha una ciclicità settimanale, alle concentrazioni degli inquinanti atmosferici.

Nelle Figure 2.14 e 2.15 si riporta l'andamento orario tipico dei alcuni inquinanti monitorati separando i giorni feriali da quelli festivi. Nelle Figure sono riportate le mediane ed il range interquartile per fornire una indicazione della variabilità dei dati. I risultati relativi ai gas di combustione nei giorni feriali indicano chiaramente la presenza di un picco alle prime ore del mattino e di un picco serale. E' evidente la differenza fra il pattern dei giorni feriali e dei giorni festivi in cui il picco delle prime ore del mattino tende a sparire mentre è evidente un aumento di concentrazione nelle ore serali e notturne anche nei giorni festivi. Questo può essere, almeno in parte, dovuto all'intrappolamento degli inquinanti nello strato limite stabile (relativamente basso) notturno. Questo fenomeno era stato evidenziato anche nella precedente campagna di misura a Maglie di Dicembre 2007 (Contini et al 2008a). Comunque l'andamento giornaliero conferma la presenza di un contributo di emissioni antropiche dovuto alle attività urbane (prevalentemente traffico veicolare). Si osserva una ampia variabilità delle concentrazioni soprattutto nel periodo della tarda serata (anche nei giorni festivi) che è dovuto prevalentemente alla domenica 5 ottobre in cui è probabilmente presente un contributo di emissioni di biomasse che si somma al contributo urbano già evidenziato.

L'andamento giornaliero della concentrazione di particelle ultrafini è correlato a quello dei gas di combustione e mostra un massimo la mattina presto e la sera tardi. Tuttavia la variabilità è più ampia, specialmente nelle ore centrali della giornata. Infatti si osserva spesso dei picchi di concentrazione ad orari centrali alla giornata non correlati con l'andamento dei gas di combustione. In Figura 2.16 si riporta l'andamento orario della concentrazione di particelle ultrafini ed ossidi di azoto per 4 giorni. In due di questi giorni si osserva il picco menzionato. Questi picchi potrebbero essere dovuti a fenomeni di generazione di nuove particelle o comunque di crescita di particelle non necessariamente legate ad una emissioni primaria di combustione. Nella letteratura scientifica è usuale osservare questi massimi centrali alla giornata. Ad esempio in Williams et al (2000) in misure svolte a Manchester si osserva che il modo di Aitken e quello di accumulazione hanno picchi (in termini medi) nella prima mattinata e nella tarda serata in correlazione con i gas di combustione, tuttavia il modo di nucleazione (le particelle di dimensioni più piccole) hanno un massimo intorno alle ore 12.

Nella Figura 2.17 si riporta l'andamento delle concentrazioni orarie misurate in funzione della velocità e della direzione del vento. Si osserva che le concentrazioni massime degli inquinanti da combustione (particelle ultrafini, ossidi di azoto, toluene) sono rilevate alle basse velocità del vento ed in condizioni di calma di vento che è una condizione sfavorevole alla dispersione degli inquinanti emessi localmente. Non si osservano particolari correlazioni fra le concentrazioni e la direzione del vento anche se si deve sottolineare che la direzione compresa fra NO e NE è stata statisticamente più frequente delle altre per cui alcuni settori hanno una statistica piuttosto limitata. Le concentrazioni di ozono mostrano un andamento con la velocità del vento opposto a quello dei gas di combustione. Infatti nelle ore diurne, a velocità del vento relativamente alte, è favorita la dispersione degli ossidi di azoto emessi localmente riducendo la distruzione dell'ozono. Inoltre si favorisce il trasporto di masse d'aria dalle zone di fondo più ricche in ozono rispetto alle aree urbane.

Durante la campagna di misura è stato osservato un periodo (fra il 30 settembre ed il 3 ottobre) in cui la direzione prevalente del vento è dal settore SE-SO, e quindi dal centro cittadino, con velocità del vento

modeste (soprattutto nelle ore serali e notturne). Nelle Figure 2.18 e 2.19 si riportano dei dettagli di questo periodo mostrando sia gli andamenti delle concentrazioni di particelle ultrafini, di PM<sub>2.5</sub>, di ossidi di azoto e di toluene sia la velocità e la direzione del vento. Nelle figure si riporta inoltre l'andamento del flusso verticale di PM<sub>2.5</sub>. Si osserva la presenza di picchi di emissione urbane associati a flussi di PM<sub>2.5</sub> positivi (e quindi una dispersione in media verso l'alto). I picchi della mattina sono più brevi e non particolarmente visibili nel PM<sub>2.5</sub>, in accordo a quanto già osservato nella campagna di misura di Dicembre 2007 (Contini et al 2008a). Si deve comunque sottolineare che ci sono state, in tali periodi, alcune saturazioni del sensore ottico di PM<sub>2.5</sub> in tempo reale a causa dell'alta umidità relativa che hanno portato all'esclusione di alcune ore di misura come risulta nelle Figure 2.18 e 2.19.

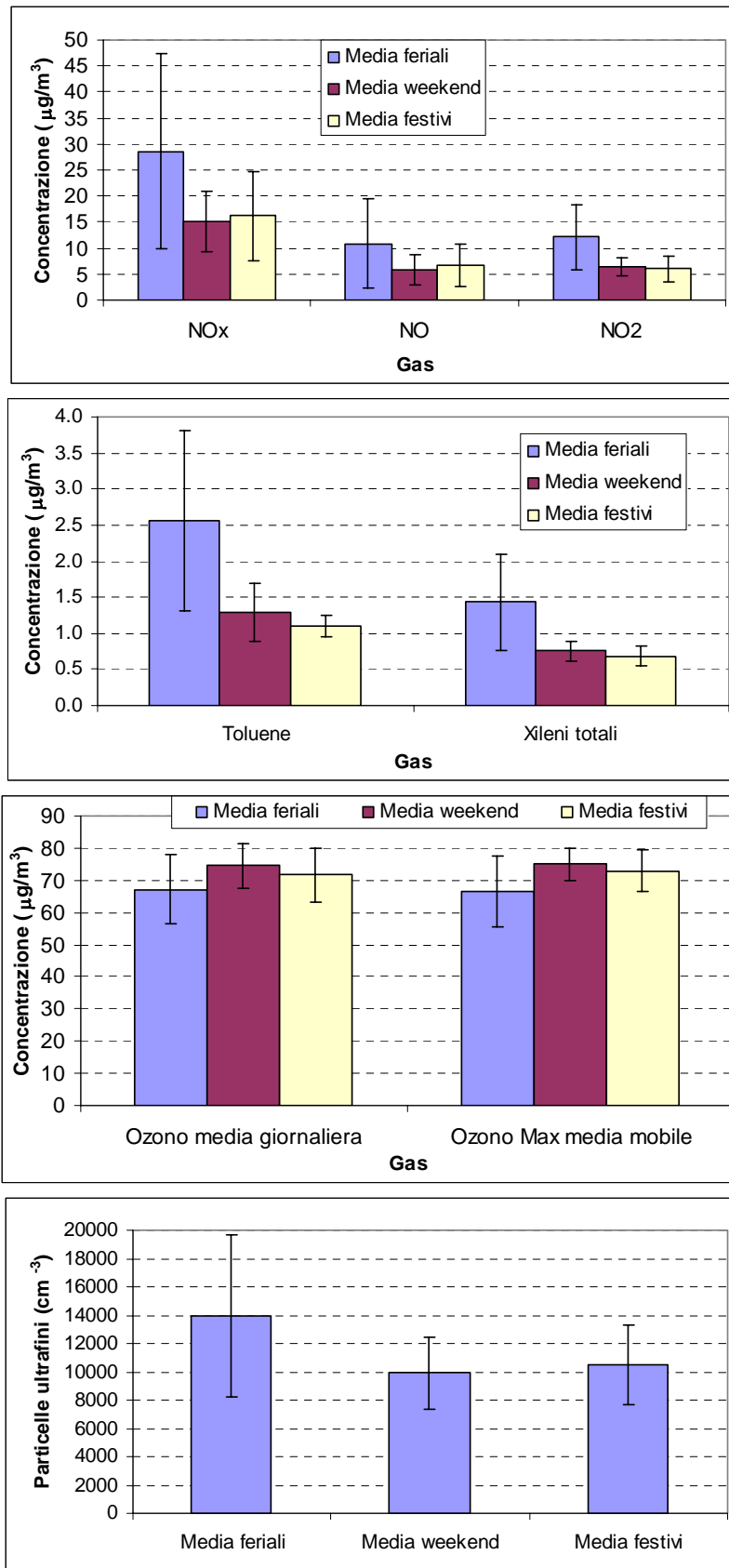


Fig. 2.13 – Medie feriali e festive di concentrazione di diversi inquinanti inclusa la variabilità a livello di una deviazione standard.

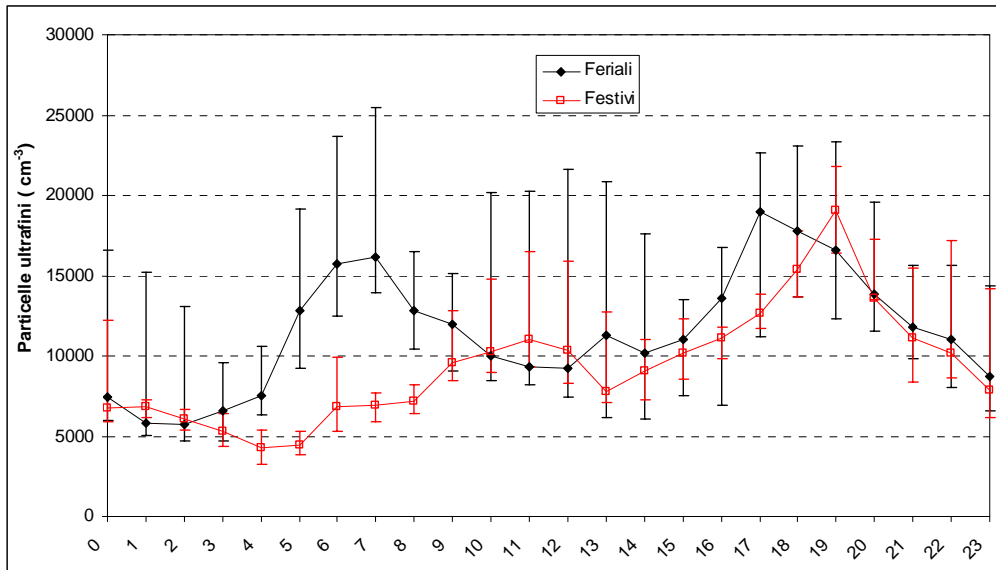


Fig. 2.14 – Andamento giornaliero (mediana e range interquartile) delle concentrazioni di particelle ultrafini.

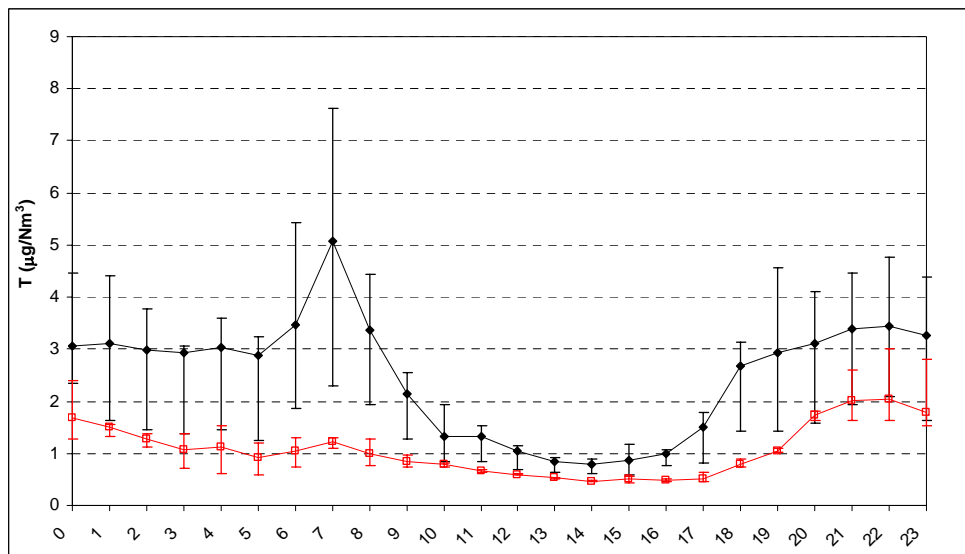
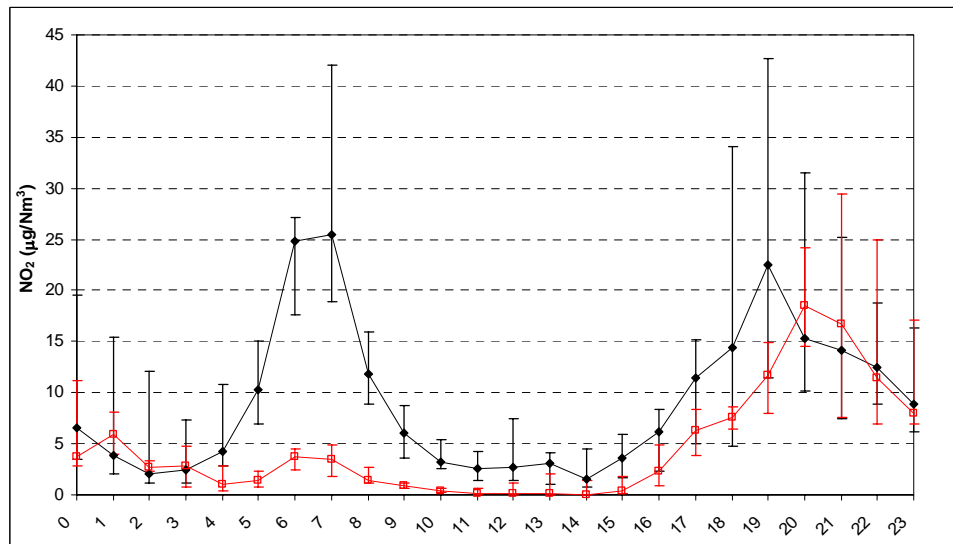


Fig. 2.15 – Andamento giornaliero (mediana e range interquartile) di NO<sub>2</sub> e Toluene.

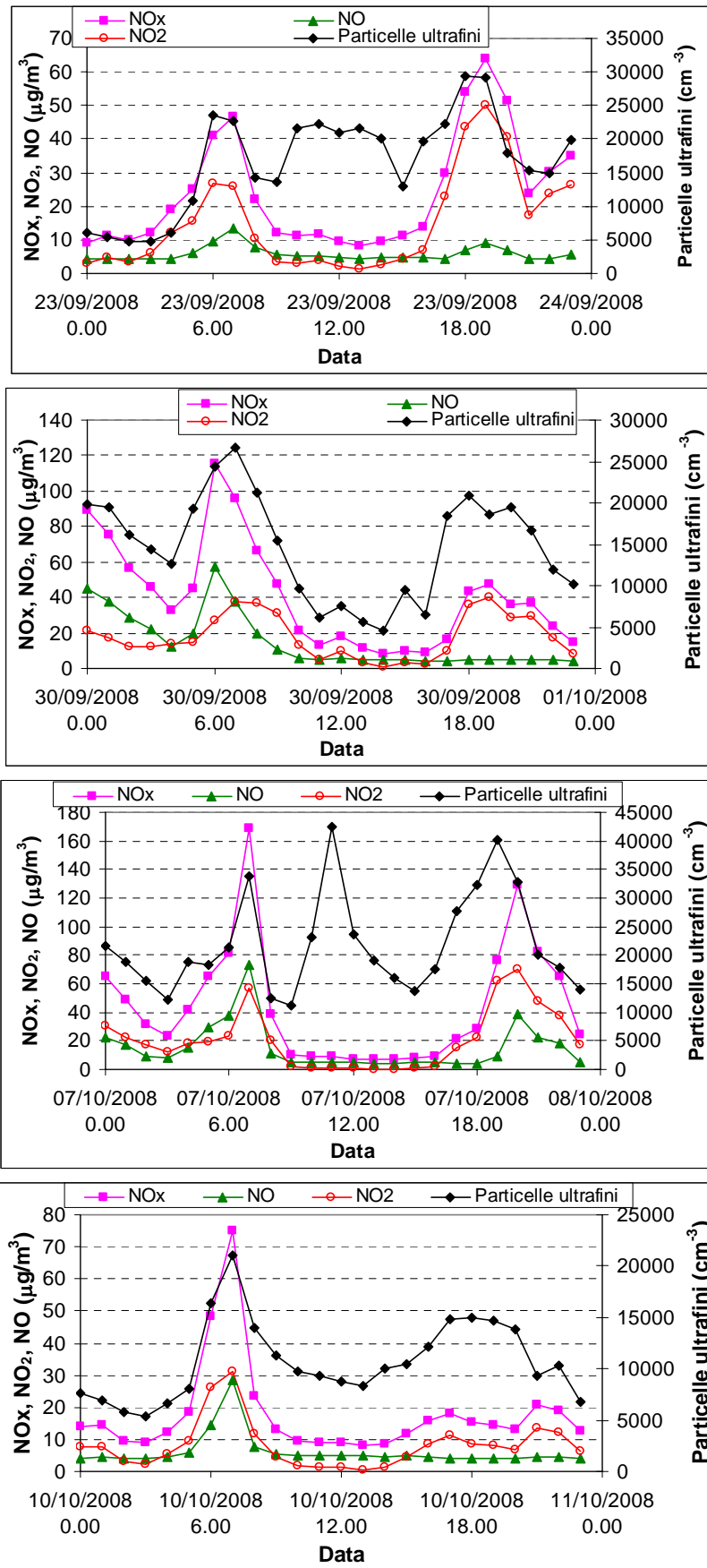


Fig. 2.16 – Andamento orario delle concentrazioni di alcuni gas e delle particelle ultrafini per 4 specifici giorni di misura.

A cura del Dr. D.Contini (ISAC-CNR) e del Dr. S.Francioso (Provincia di Lecce)

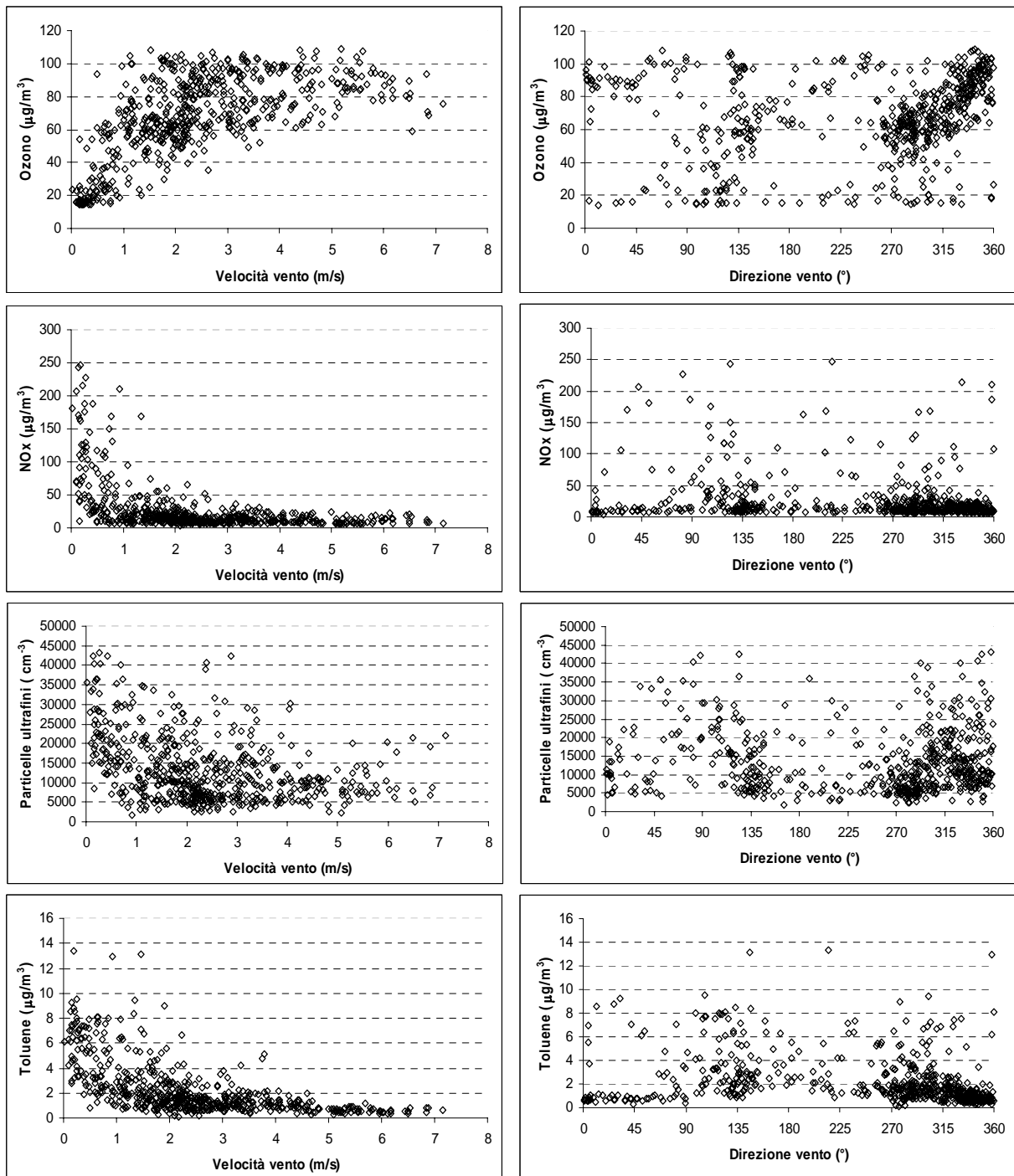


Fig. 2.17 – Andamento orario delle concentrazioni in funzione della direzione (a destra) e della velocità (a sinistra) del vento.

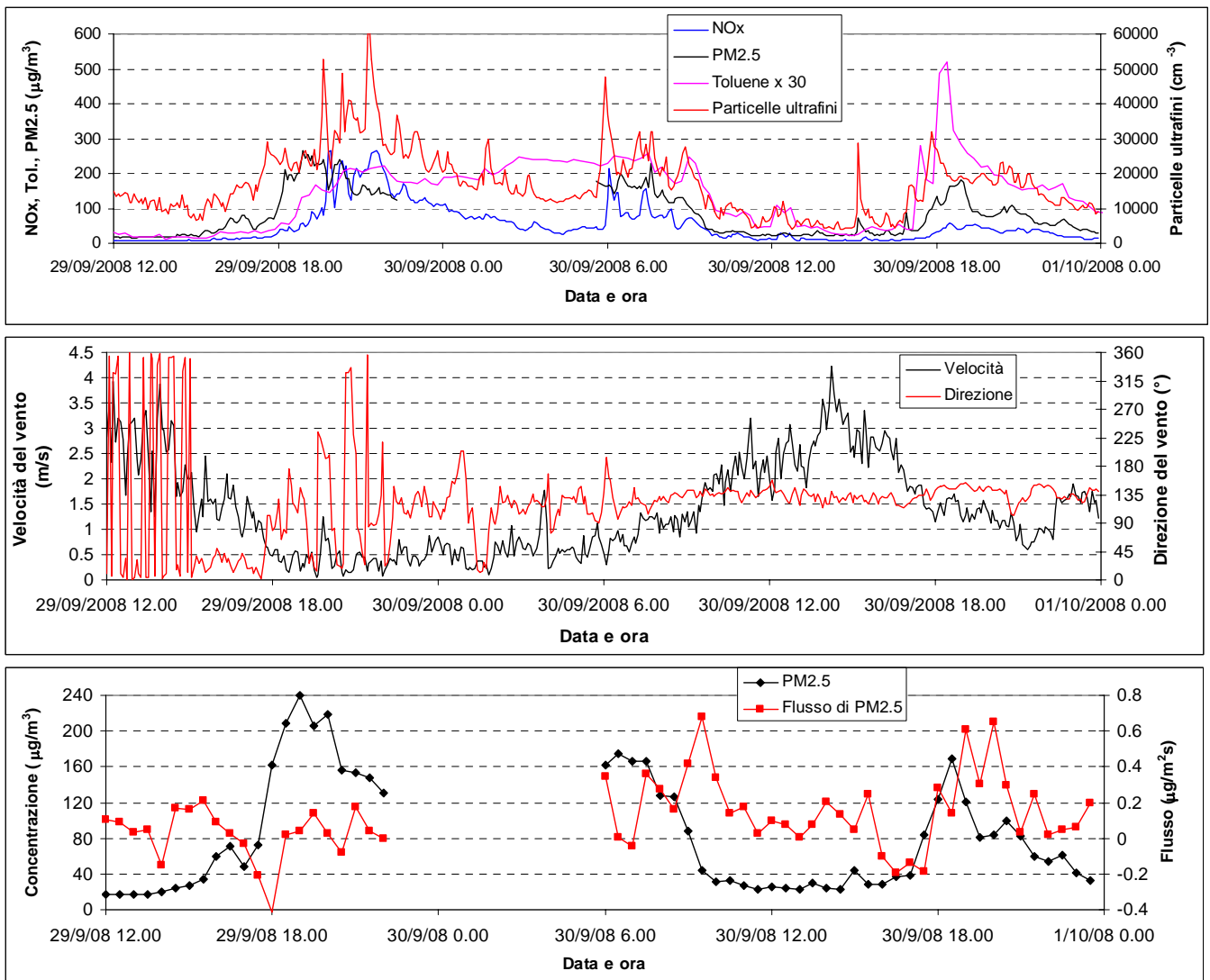


Fig. 2.18 – Andamento dettagliato di concentrazioni e flussi verticali turbolenti in un periodo con direzione del vento dal settore SE-SO (centro cittadino).

I picchi brevi di concentrazione di PM2.5 associati alla direzione N ed alle alte velocità del vento, osservati nelle campagne di misura precedenti (Contini et al 2008a; Contini et al 2008b) non sono stati rilevati in questa campagna di misura. Questo avvalora l'ipotesi che tali picchi siano associati alle emissioni del sansificio come accennato in Contini et al (2008b) che in questa campagna di misura era spento. Gli andamenti delle concentrazioni rilevate nel periodo fra il 5 ed il 9 ottobre che presentano livelli di gas di combustione e, soprattutto, di particelle ultrafini elevati, sono riportati nella Figura 2.20. Nella figura si riporta l'andamento della direzione e della velocità del vento. In questo periodo si osservano concentrazioni elevate sia delle polveri atmosferiche sia dei gas di combustione. Si sottolinea che ci sono periodi notturni con concentrazioni elevate (soprattutto fra il 7 ed il 9 ottobre). E' inoltre individuabile il pattern giornaliero già discusso in precedenza. Si nota inoltre che le concentrazioni delle particelle ultrafini mostrano una struttura fine più complessa di quelle del PM2.5. E' ipotizzabile che in questo periodo il contributo di emissioni urbane si aggiunga al contributo di un'altra sorgente antropica di combustione. Avendo svolto alcuni sopralluoghi sia a S sia a N di Lecce in alcuni giorni della settimana fra il 6 ed il 10 ottobre la sera tardi si è potuto constatare varie emissioni da combustione di biomasse agricole ed è quindi ipotizzabile che tale sorgente possa fornire un significativo contributo alle concentrazioni degli inquinanti nelle notti suddette. Infatti i fuochi in questione sono accesi prevalentemente la sera tardi in condizioni di calma di vento e quindi con una dispersione lenta all'interno dello strato limite stabile notturno in cui le emissioni possono rimanere intrappolate. Si sottolinea che in tali giorni ci sono spesso concentrazioni di NO superiori a quelle di NO<sub>2</sub> e livelli di concentrazione di PM10 maggiori nelle zone di fondo (e fondo urbano) rispetto alle

zone urbane. In tali giorni non si osservano particolari picchi delle concentrazioni relative dei metalli ad esclusione del Cu.

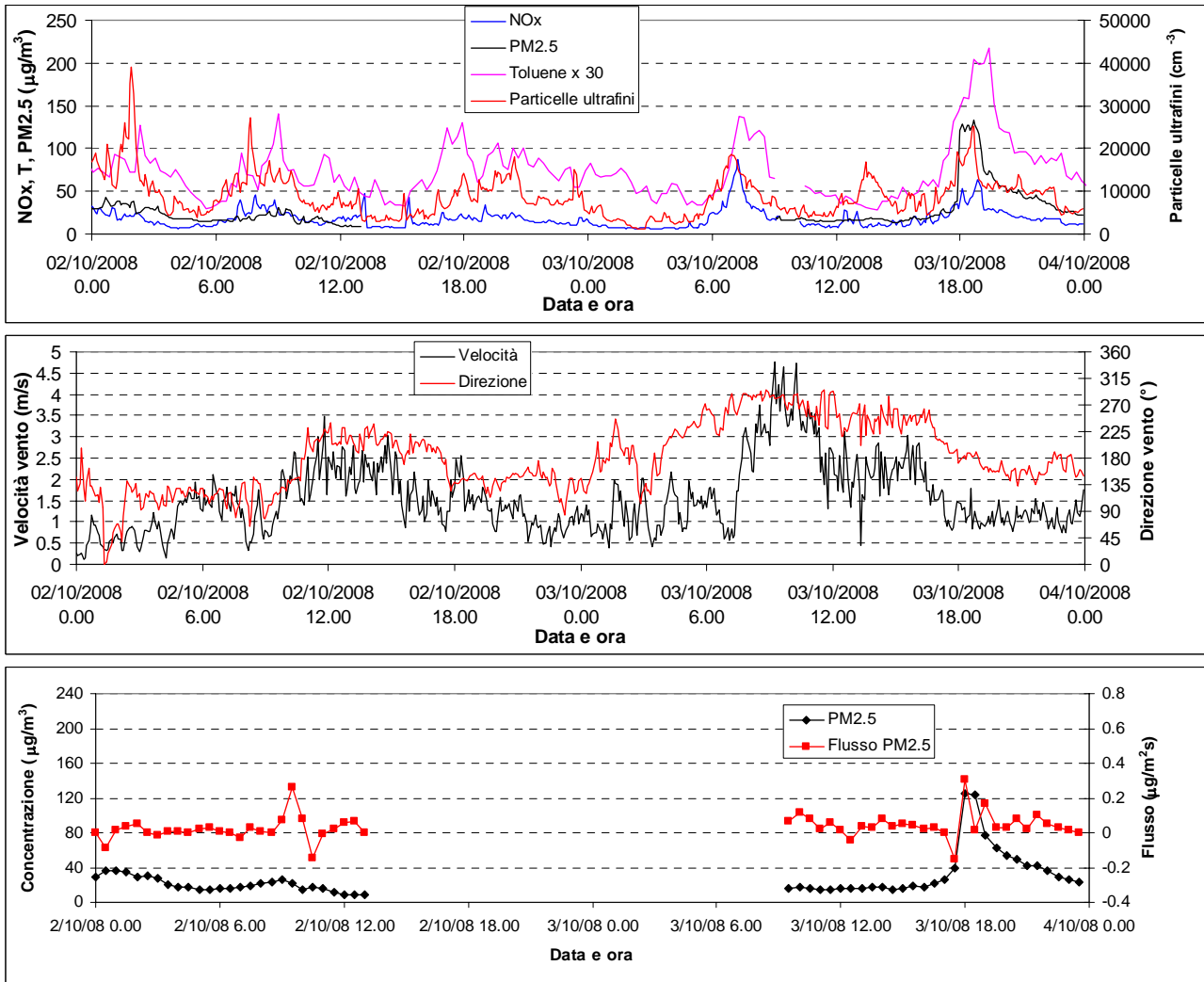
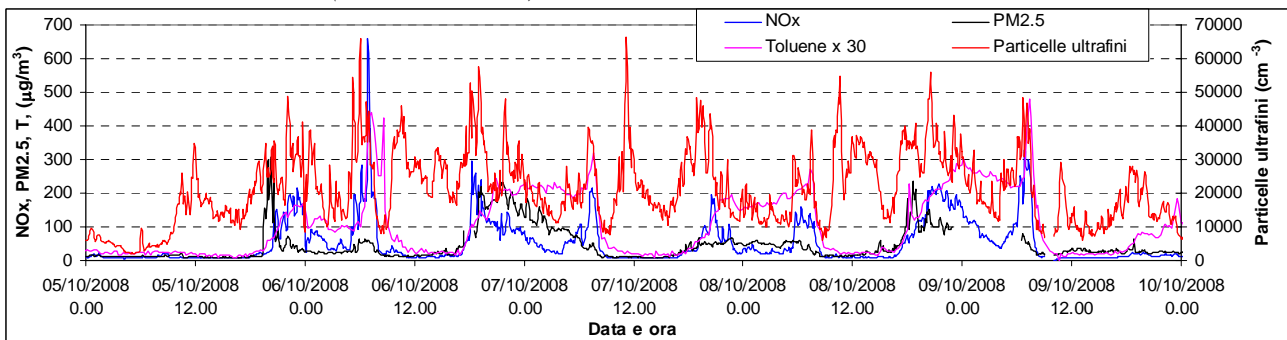


Fig. 2.19 – Andamento dettagliato di concentrazioni e flussi verticali turbolenti in un periodo con direzione del vento dal settore SE-SO (centro cittadino).





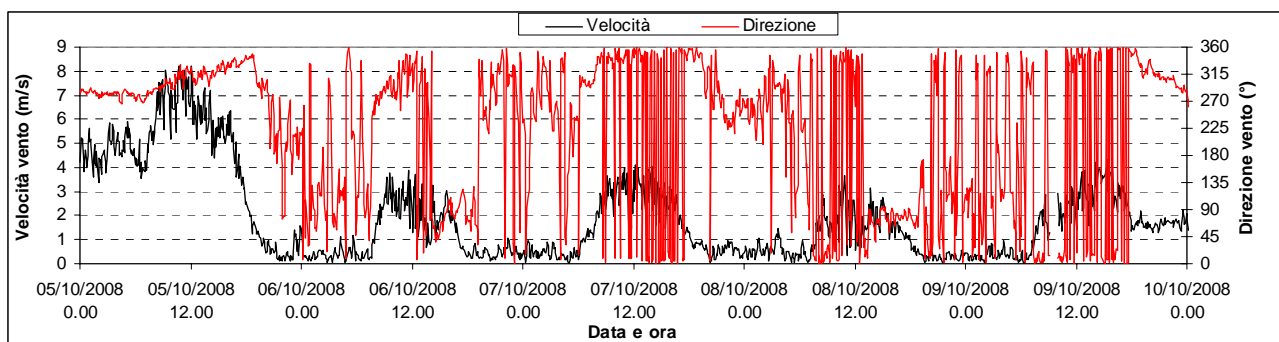


Fig. 2.20 – Andamento dettagliato di concentrazioni, direzione e velocità del vento nel periodo di alta concentrazione fra il 5 ed il 9 ottobre 2008.

### **Risultati delle concentrazioni di metalli nel particolato atmosferico**

Nella Tabella 2.12 sono riportati i valori medi dei metalli (sia in termini di  $\text{ng}/\text{Nm}^3$  che in termini di  $\mu\text{g}/\text{g}$ ) rilevati nelle polveri di PM10 e di PM2.5 monitorate in questa campagna condotta ed il valore medio ottenuto considerando complessivamente tutte le campagne condotte a Maglie nel sito di Via Circolone a partire dal 2003. In questa campagna di misura si osserva che sia nel PM10 che nel PM2.5 il metallo As risulta non rilevabile in quanto inferiore al limite di rilevabilità. Dall'analisi della tabella si osservano valori medi di concentrazione simili rispetto alle campagne di misura precedenti. Si vuole sottolineare che la somma delle masse dei diversi metalli rilevati costituisce in media il 1.6% della massa di polveri depositata nel PM2.5 ed il 3.6% nel PM10. Gran parte di questa frazione è relativa al solo Ferro e Alluminio. Inoltre una significativa frazione è associata al Mg ed al K non analizzati in precedenza. Questa è una percentuale piuttosto modesta e quindi le indicazioni che si cerca di ottenere riguardo alle possibili sorgenti sono essenzialmente di carattere qualitativo salvo l'eventuale individuazione di traccianti specifici di una sorgente nota. Nel periodo di elevate concentrazioni di polveri e gas (5-9 ottobre) non si osservano particolari picchi delle concentrazioni dei metalli (almeno in termini di abbondanza relativa) ad esclusione del Cu che presenta un significativo aumento. In Tabella 2.13 si riportano i valori di concentrazione di metalli rilevati a Maglie: come si osserva, tali valori sono significativamente al di sotto sia dei valori limite sia delle soglie di valutazione superiori. Naturalmente il confronto con le medie ottenute durante le campagne di misura è solo indicativo in quanto i valori indicati nella Direttiva Europea fanno riferimento a medie annuali. I valori di concentrazione di metalli rilevati nel PM10 a Maglie (sia nel settembre 2008 sia come media complessiva di tutti i dati disponibili per avvicinarsi alla media annuale) sono significativamente al di sotto sia dei valori limite sia delle soglie di valutazione superiori. Naturalmente il confronto con le medie ottenute durante le campagne di misura è solo indicativo in quanto i valori indicati nella Direttiva Europea fanno riferimento a medie annuali.

Si osserva una correlazione fra gli elementi cristallini Fe, Mn, Al e Ti che include anche Cu ed in misura minore Pb. Già nelle campagne di misura precedenti era stata ipotizzata una doppia origine del rame (antropica e minerale). Si osserva inoltre una correlazione fra i metalli antropici Ni, V e Cd. Nella Figura 2.21 si riportano i valori di EF ottenuti in questa campagna di misura (Settembre 2008) e quelli ottenuti considerando insieme tutti i dati disponibili.

Si deve sottolineare che in entrambi i grafici si riportano i metalli che presentano un significativo numero di concentrazioni superiori al limite di rilevabilità della metodica di analisi utilizzata. Inoltre, nella recente campagna di misura, oltre ai metalli già ricercati in quelle precedenti, sono stati monitorati i metalli K e Mg. I risultati indicano che, per quanto riguarda la campagna Settembre 2008, sia nella frazione coarse che fine, i metalli aventi un fattore di arricchimento inferiore alla soglia 10 e quindi di origine prettamente crostale sono Al, Ti, K, Mn, Mg. Invece, i metalli Zn, Pb, Cd, Sb e Cu aventi un alto valore di EF (vicino o superiore alla soglia 100), in entrambe le frazioni di particolato, sono da ritenersi elementi fortemente arricchiti e quindi di origine antropica. Infine, Cr, Ni e V sono da definirsi elementi di origine mista.

	SETTEMBRE 2008				COMPLESSIVO	
	PM10 ng/Nm <sup>3</sup>	PM2.5 ng/Nm <sup>3</sup>	PM10 µg/g	PM2.5 µg/g	PM10 ng/Nm <sup>3</sup>	PM2.5 ng/Nm <sup>3</sup>
<b>Fe</b>	<b>193.8</b> Min. 46.4 Max. 615.0	<b>100.1</b> Min. 37.2 Max. 139.6	<b>8830.4</b> Min. 4232.3 Max. 17089.3	<b>4152.7</b> Min. 2094.1 Max. 6782.0	<b>242.9</b> Min. 11.0 Max. 1750.8	<b>76.6</b> Min. 11.0 Max. 255.5
<b>Al</b>	<b>107.4</b> Min. 43.7 Max. 235.8	<b>65.1</b> Min. 40.9 Max. 111.7	<b>6215.4</b> Min. 884.2 Max. 22851.3	<b>2918.8</b> Min. 1155.1 Max. 5084.1	<b>107.4</b> Min. 43.7 Max. 235.8	<b>65.1</b> Min. 40.9 Max. 111.7
<b>V</b>	<b>0.8</b> Min. 0.1 Max. 3.9	<b>1.2</b> Min. 0.3 Max. 3.4	<b>36.2</b> Min. 6.9 Max. 114.1	<b>46.5</b> Min. 13.1 Max. 127.8	<b>2.1</b> Min. 0.1 Max. 12.3	<b>1.5</b> Min. 0.3 Max. 3.4
<b>Ni</b>	<b>1.2</b> Min. 0.5 Max. 2.6	<b>1.0</b> Min. 0.5 Max. 2.8	<b>64.2</b> Min. 24.2 Max. 232.9	<b>41.5</b> Min. 14.9 Max. 106.8	<b>6.7</b> Min. 0.1 Max. 174.0	<b>1.8</b> Min. 0.3 Max. 6.6
<b>Cd</b>	<b>0.05</b> Min. 0.01 Max. 0.18	<b>0.07</b> Min. 0.02 Max. 0.15	<b>2.9</b> Min. 0.7 Max. 16.5	<b>2.7</b> Min. 0.7 Max. 5.7	<b>0.21</b> Min. 0.01 Max. 1.0	<b>&lt; 0.2</b>
<b>Cu</b>	<b>9.7</b> Min. 1.6 Max. 80.6	<b>7.1</b> Min. 1.1 Max. 31.3	<b>341.3</b> Min. 158.3 Max. 1757.8	<b>218.2</b> Min. 97.0 Max. 841.9	<b>10.1</b> Min. 0.5 Max. 80.6	<b>5.2</b> Min. 0.9 Max. 31.3
<b>Zn</b>	<b>24.0</b> Min. 2.2 Max. 96.2	<b>13.3</b> Min. 2.1 Max. 28.0	<b>1871.9</b> Min. 131.2 Max. 17307.1	<b>541.3</b> Min. 75.4 Max. 1279.9	<b>32.4</b> Min. 1.0 Max. 280.4	<b>31.8</b> Min. 2.1 Max. 154.1
<b>Mn</b>	<b>4.3</b> Min. 1.0 Max. 9.8	<b>2.5</b> Min. 1.3 Max. 4.1	<b>207.1</b> Min. 94.6 Max. 441.0	<b>118.4</b> Min. 47.2 Max. 284.9	<b>4.0</b> Min. 0.1 Max. 32.6	<b>1.5</b> Min. 0.01 Max. 4.1
<b>As</b>	<b>&lt; 1.1</b>	<b>&lt; 0.9</b>	<b>&lt; 76.3</b>	<b>&lt; 46.1</b>	<b>&lt; 1.0</b>	<b>&lt; 0.9</b>
<b>Pb</b>	<b>9.5</b> Min. 1.5 Max. 32.4	<b>7.8</b> Min. 1.3 Max. 16.9	<b>570.5</b> Min. 49.5 Max. 5008.8	<b>299.8</b> Min. 47.8 Max. 607.9	<b>14.1</b> Min. 0.7 Max. 92.4	<b>11.0</b> Min. 1.3 Max. 39.8
<b>Cr</b>	<b>1.8</b> Min. 0.5 Max. 3.9	<b>2.0</b> Min. 0.5 Max. 6.1	<b>100.2</b> Min. 37.7 Max. 373.5	<b>102.0</b> Min. <b>16.7</b> Max. <b>435.3</b>	<b>17.2</b> Min. 0.1 Max. 406.7	<b>2.0</b> Min. 0.1 Max. 11.7
<b>Sb</b>	<b>1.5</b> Min. 0.7 Max. 3.8	<b>1.4</b> Min. 0.6 Max. 3.0	<b>74.2</b> Min. 29.1 Max. 298.3	<b>49.7</b> Min. 23.6 Max. 80.9	<b>1.6</b> Min. 0.7 Max. 9.8	<b>&lt; 1.2</b>
<b>Ti</b>	<b>6.7</b> Min. 0.9 Max. 16.2	<b>3.3</b> Min. 2.3 Max. 4.5	<b>338.3</b> Min. 110.0 Max. 871.9	<b>164.7</b> Min. 43.0 Max. 322.8	<b>3.9</b> Min. 0.9 Max. 16.2	<b>2.4</b> Min. 0.9 Max. 4.5
<b>Mg</b>	<b>130.5</b> Min. 45.7 Max. 220.5	<b>31.5</b> Min. 15.7 Max. 37.5	<b>7703.3</b> Min. 1392.7 Max. 19365.1	<b>1546.9</b> Min. 546.9 Max. 3186.1	<b>130.5</b> Min. 45.7 Max. 220.5	<b>31.5</b> Min. 15.7 Max. 37.5
<b>K</b>	<b>161.8</b> Min. 76.2 Max. 272.9	<b>138.4</b> Min. 70.3 Max. 271.8	<b>9641.7</b> Min. 1660.1 Max. 33023.4	<b>5721.2</b> Min. 1889.2 Max. 10229.3	<b>161.8</b> Min. 76.2 Max. 272.9	<b>138.4</b> Min. 70.3 Max. 271.8

Tabella 2.12 – Riassunto delle concentrazioni dei metalli in tracce nel PM10 e PM2.5 rilevati a Maglie. Sono anche riportate le statistiche complessive ottenute tenendo conto di tutti i dati a disposizione in questo sito di misura. Notare che per Mg, K e Al la statistica complessiva coincide con quella del Settembre 2008 in quanto è a partire da questa campagna di misura che tali metalli sono stati analizzati.

Elemento	Rilevamenti a Maglie (ng/Nm <sup>3</sup> )		Indicazioni WHO (ng/m <sup>3</sup> )		Indicazioni Normative (ng/m <sup>3</sup> )		
	Set. 2008	Tutti i dati	Livello di background	Aree urbane	Valore limite	SVI	SVS
As	< 1.1	< 1.0	1-3	20-30	6	2.4	3.6
Cd	0.05 (0.01-0.18)	0.2 (0.01 – 1.0)	0.1	1-10	5	2	3
Ni	1.2 (0.5 – 2.6)	6.7 (0.1 – 174)	1	9-60	20	10	14
Pb	9.5 (1.5 – 32.4)	14.1 (0.7 – 92.4)	0.6	5-500	500	200	350

Tabella 2.13 – Tabella dei valori limite e della soglia di valutazione superiore ed inferiore secondo il DL.vo n. 152 del 03 Agosto 2007 ed il DM n. 60 del 2 Aprile 2002 per le concentrazioni di metalli nel PM10. Sono incluse le indicazioni del WHO per le aree di background e le aree urbane ed i valori riscontrati a Maglie nel PM10. Le indicazioni normative sono riferite a medie annuali. Per le soglie di valutazione superiore ed inferiore, si considera superata una soglia se, nel quinquennio precedente, è stata superata per almeno tre anni non consecutivi.

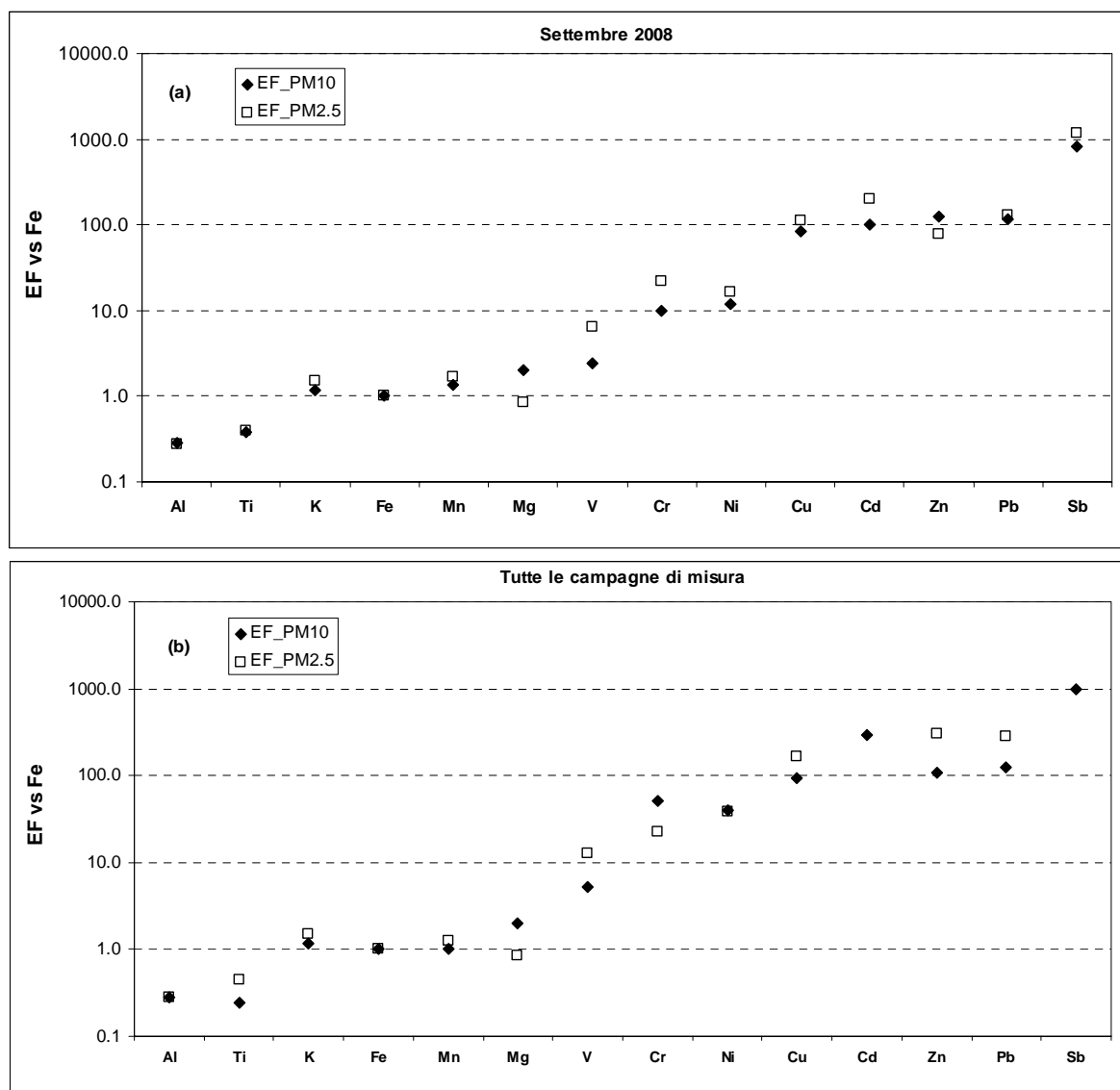


Fig. 2.21 – (a) Fattore di arricchimento (EF) dei vari metalli rilevati nel PM10 e nel PM2.5 a Maglie (Settembre 2008). (b): Fattore di arricchimento (EF) ottenuto considerando insieme tutti i dati disponibili nel sito di Maglie.

## 2.6 MONITORAGGIO DI INQUINANTI ATMOSFERICI A CUTROFIANO

Nel periodo compreso tra il 10/11/08 ed il 25/11/08 sono stati svolti dei prelievi di PM10 e PM2.5 a Cutrofiانو (LE). Il monitoraggio è stato realizzato in Piazza Municipio in prossimità di un incrocio. Le coordinate erano: LAT 40.12657N, LON 18.20147E. Il sito è classificabile come sito di fondo urbano posto in prossimità di un'area industriale (impianto della ditta Colacem a circa 6 km in direzione N).

### **Risultati delle concentrazioni di aerosol atmosferico e meteorologia locale**

Le condizioni meteorologiche medie durante il periodo di campionamento si caratterizzano da una prevalenza delle direzioni del vento dal settore NO-NNE con venti in genere deboli. I valori medi di umidità relativa e la temperatura non subiscono importanti variazioni sistematiche durante il periodo di monitoraggio. Nel periodo in esame, si osservano alcuni eventi di precipitazione con un picco nel giorno 15/11/2008 (17.7mm). I risultati dei rilievi condotti nel periodo Novembre 2008 sono riportati in forma grafica in Fig. 2.22 insieme con il livello di precipitazione giornaliera. I valori di PM2.5, rilevati in questa campagna di misura, si attestano in circa il 74% (deviazione standard 0.07) di quelli di PM10. In particolare, l'analisi di tutti i dati disponibili indica che il rapporto medio è simile sia alla media osservata con il Laboratorio Mobile ( $R=0.70$ ,  $\sigma_R=0.14$ ) e leggermente maggiore di quello solitamente indicato nella letteratura scientifica (intorno a 0.65-0.7: Marcazzan et al 2002, Marcazzan et al 2004, Vecchi et al 2004, CAFE – Clean Air For Europe - Working Group on Particulate Matter, dicembre 2004, pag 11).

Nella Figura 2.23 si riporta il confronto fra i dati rilevati a Cutrofiانو e quelli rilevati dalle centraline della rete di Monitoraggio della Provincia di Lecce per il PM10 (a) e presso alcune centraline gestite dall'ARPA Puglia (b). In tabella 2.14 si riporta un confronto tra i livelli medi di PM10 e PM2.5 rilevati a Cutrofiانو, nella campagna del 2008 ed un'analisi complessiva di tutti i dati disponibili.

Nel periodo dei rilevamenti, si osservano due superamenti della soglia giornaliera di concentrazione di PM10 ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , DM n° 60 del 2 Aprile 2002) nei giorni 12/11/2008 e 20/11/2008. Si deve sottolineare però che, negli stessi giorni, sono stati osservati picchi di concentrazione di particolato nelle altre centraline di monitoraggio della Provincia di Lecce (localizzate a Campi Salentina, a Lecce, a Galatina e a Maglie) e presso alcune centraline dell'Arpa Puglia (localizzate a Lecce, a San Pancrazio Salentino e a Brindisi, <http://www.arpa.puglia.it/ReteRilevamento/>). Nei giorni dei superamenti si osservano concentrazioni maggiori a Cutrofiانو rispetto alle altre centraline ed è quindi possibile una influenza di sorgenti locali. È interessante osservare che il primo superamento è concomitante ad un giorno in cui erano presenti lavori edili di restauro con frequenti passaggi di camion di sabbia proprio davanti al Laboratorio Mobile. Le immagini satellitari (TOMS e MODIS) non evidenziano particolari accumuli di polveri Africane nel periodo di misura, lo stesso dicasi per le simulazioni DREAM ad esclusione di un possibile modesto contributo nei giorni 14 e 15 novembre che risultano comunque dei giorni con precipitazioni significative che hanno abbassato il livello di concentrazione del particolato atmosferico. In conclusione nel periodo di misura il contributo di polveri Africane è trascurabile come mostrano anche le analisi chimiche dei metalli di origine minerale.

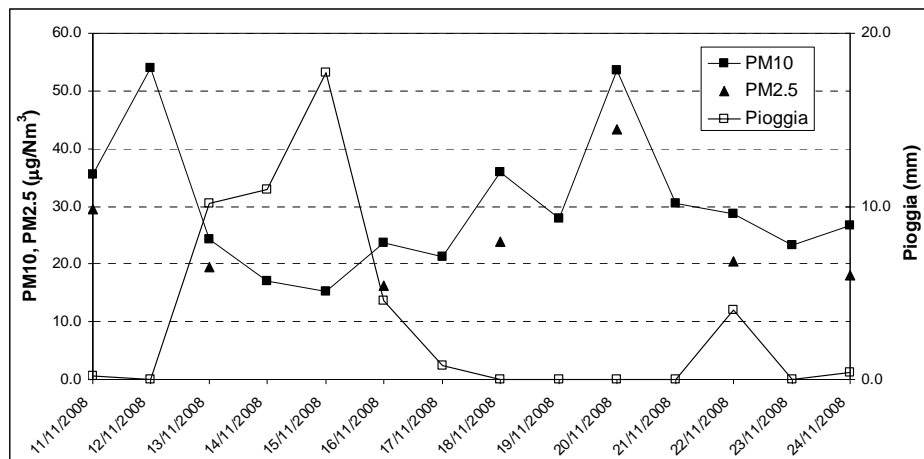


Fig. 2.22 – Andamento delle concentrazioni di PM10, PM2.5 e della precipitazione giornaliera in mm H<sub>2</sub>O a Cutrofiano (LE).

Si osservano evidenti correlazioni tra i livelli di particolato atmosferico e la direzione prevalente del vento con i valori massimi osservati in relazione a direzioni del vento dal settore SSO-N. Osservando l'andamento delle concentrazioni di PM10 e PM2.5 con la velocità del vento si nota una correlazione per la quale ad alte velocità i livelli di aerosol si abbassano, indicando una maggiore diffusione, e quindi una diluizione, delle polveri nell'atmosfera. Si osserva che i due superamenti sono associati a giorni con ampi periodi di calma di vento che sono chiaramente giorni sfavorevoli al trasporto ed alla diffusione degli inquinanti.

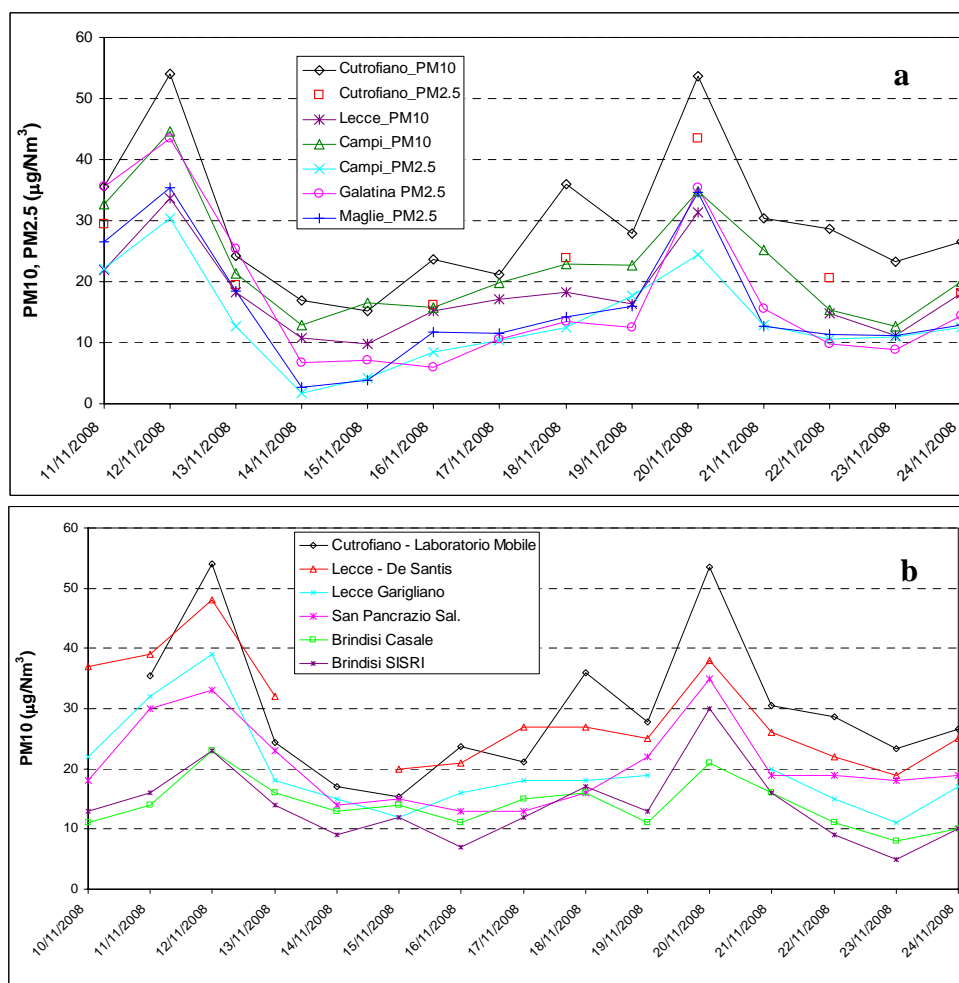


Fig. 2.23 – (a): Confronto tra le concentrazioni di PM10 e PM2.5 rilevate presso il Laboratorio Mobile sito a Cutrofiano e presso le centraline della rete di Monitoraggio della Provincia di Lecce site a Lecce, Campi Salentina, Galatina e Maglie; (b): Confronto tra PM10 rilevato a Cutrofiano e presso alcune centraline dell'ARPA Puglia (P. De Santis, V. Garigliano, San Pancrazio Sal. e Brindisi).

### Risultati delle concentrazioni di inquinanti gassosi

In questa campagna di misure sono stati effettuati rilievi sui seguenti gas atmosferici: NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, Benzene, Toluene e Xileni (o-Xilene, m-Xilene e p-Xilene). La tabella seguente (Tabella 2.15) riporta le medie delle concentrazioni per i gas monitorati nel periodo in esame e i valori massimi orari (con l'indicazione dell'ora e del giorno in cui tali massimi sono stati rilevati). Nel caso dell'ozono è indicato il valore massimo della media mobile su 8 ore. Si osserva la presenza di una anticorrelazione fra ozono e gli altri gas (non solo ossidi di azoto ma anche Benzene, Toluene e Xileni totali). La ragione è che l'ozono è l'unico inquinante di origine secondaria fortemente correlato con la meteorologia e presenta massimi di concentrazione nelle ore centrali della giornata dove gli altri inquinanti presentano, in termini medi dei livelli di bassa concentrazione. Gli altri inquinanti gassosi risultano correlati fra loro a diversi livelli di correlazione. Questo porta a concludere la presenza di contributi di inquinamento antropico da sorgenti comuni quali il traffico veicolare e le attività urbane in genere.

SITO DI MISURA	PM10 µg/Nm <sup>3</sup>		PM2.5 µg/Nm <sup>3</sup>		Rapporto PM2.5/PM10	
<b>Cutrofiano (Novembre 2008)</b> (sito di fondo urbano in prossimità di un'area industriale)	Media	<b>29.8</b>	Media	<b>24.4</b>	Media	<b>0.74</b>
	Dev. Standard	11.7	Dev. Standard	9.5	Dev. Standard	0.07
	Minimo	15.3	Minimo	16.2		
	Massimo	54.0	Massimo	43.4	Numero di dati	7
	Numero di dati	14	Numero di dati	7	Numero di dati	7
	<b>Numero superamenti</b>	<b>2</b>				
<b>Complessivo di tutti i dati disponibili</b> (sito di fondo urbano in prossimità di un'area industriale)	Media	<b>35.6</b>	Media	<b>27.8</b>	Media	<b>0.71</b>
	Dev. Standard	15.0	Dev. Standard	10.6	Dev. Standard	0.09
	Minimo	15.3	Minimo	16.2		
	Massimo	77.3	Massimo	46.8	Numero di dati	14
	Numero di dati	40	Numero di dati	14	Numero di dati	14
	<b>Numero superamenti</b>	<b>7</b>				

Tabella 2.14 – Valori medi, minimi e massimi di concentrazione di PM10 e PM2.5 e superamenti della soglia del PM10 rilevati nel sito di Cutrofiano.

GAS	Media (µg/Nm <sup>3</sup> )	Max (µg/Nm <sup>3</sup> )
O <sub>3</sub>	48.8	74.3 (21/11/2008 ore 17)
NO <sub>x</sub>	45.4	216.8 (12/11/2008 ore 08)
NO <sub>2</sub>	25.5	86.1 (11/11/2008 ore 19)
NO	12.9	95.4 (12/11/2008 ore 08)
Benzene	1.9	7.2 (12/11/2008 ore 08)
Toluene	8.4	70.3 (12/11/2008 ore 08)
Xileni totali	6.1	57.3 (12/11/2008 ore 08)

*Tabella 2.15 – Concentrazioni medie (di tutto il periodo di misura) e massime orarie rilevate a Cutrofiano. Nel caso dell'ozono è indicato il valore massimo della media mobile su 8 ore.*

In particolare per quanto riguarda il confronto delle concentrazioni osservate di gas inquinanti con i valori di soglia legislativi:

- per il Benzene non ci sono superamenti per l'esposizione cronica (nell'ipotesi che la media del periodo di misura possa essere rappresentativa della media annuale);
- per Biossido di Azoto non ci sono superamenti sia per l'esposizione acuta che cronica (nell'ipotesi che la media del periodo di misura possa essere rappresentativa della media annuale);
- per gli ossidi di azoto (NOx) c'è un superamento della soglia di protezione degli ecosistemi, tuttavia il periodo di misura è molto limitato e quindi il valore medio è essenzialmente indicativo;
- per l'Ozono non ci sono superamenti sia per l'esposizione acuta che cronica (nell'ipotesi che la media del periodo di misura possa essere rappresentativa della media annuale). Infatti sia il massimo delle medie mobili su 8h sia la concentrazione oraria massima sono inferiori al valore bersaglio.

### **Risultati delle concentrazioni di metalli nel particolato atmosferico**

Nella Tabella 2.16 sono riportati i valori medi dei metalli (espressi in termini di ng/Nm<sup>3</sup>) rilevati nelle polveri di PM10 e di PM2.5 nelle campagne di misura condotte a Cutrofiano. In particolare si riportano i risultati medi di questa campagna di misura ed i risultati complessivi ottenuti dalla media di questa campagna di misura con le due campagne precedenti (2007 e 2004 limitata al PM10). In questa campagna di misura, nella frazione PM10, si osserva che il Ni, Sb, Cr e As risultano non rilevabili, o confrontabili con i bianchi, nella maggioranza dei casi. Mentre, per la frazione PM2.5, risultano non rilevabili, o confrontabili con i bianchi, nella maggioranza dei casi i metalli: Ni, Sb, Cr, As e V.

Si osserva che alcuni metalli presentano dei valori più alti all'inizio della campagna di misura (11-12 Novembre e poi al centro in particolare il 17-18 Novembre). Il picco del 17 Novembre è generalmente maggiormente significativo. In particolare questo avviene per Fe, Zn, Al, Ti, Mg, Mn, Pb e Cd. Quindi sia per metalli di carattere minerale (Fe, Mn, Ti, Al) sia per metalli antropici (Cd, Pb, Zn). Si sottolinea che in tali giorni possono essere presenti contributi antropici maggiori in quanto il primo periodo era caratterizzato dai lavori edili di ristrutturazione al palazzo posto in vicinanza del Laboratorio Mobile mentre tra il 17 ed il 18 Novembre c'è stato un lavoro di rifacimento all'asfalto in prossimità della piazza. Per cui risulta possibile avere anche contributi misti (antropici e minerali) da questo tipo di attività.

Si deve sottolineare che la somma delle masse dei diversi metalli rilevati costituisce in media lo 1.9% della massa di polveri depositata nel PM2.5 e lo 3.3% nel PM10. In particolare, sia nel PM10 che nel PM2.5, la frazione è quasi totalmente relativa ai metalli Ferro, Alluminio, Magnesio e Potassio. Quindi la frazione di metalli che costituisce il particolato atmosferico è piuttosto modesta e le indicazioni che si cerca di ottenere riguardo alle possibili sorgenti sono essenzialmente di carattere qualitativo salvo l'eventuale individuazione di traccianti specifici di una sorgente nota.

In Tabella 2.17 si riportano i valori di concentrazione dei metalli normati rilevati a Cutrofiano in confronto con i valori limite ed i valori obiettivo della normativa vigente. Come si osserva, tali valori sono significativamente al di sotto sia dei valori limite sia delle soglie di valutazione superiori (DL.vo n. 152 del 03 Agosto 2007 e DM n. 60 del 2 Aprile 2002). Naturalmente il confronto con le medie ottenute durante le campagne di misura è solo indicativo in quanto i valori indicati nella Direttiva Europea fanno riferimento a medie annuali. Tuttavia si osserva come anche i massimi giornalieri siano significativamente al di sotto di tali limiti, ad eccezione del Ni che presenta un picco isolato nel giorno 18/11/2008, visibile unicamente nella frazione PM10 e che andrebbe ulteriormente approfondito con future misure. Si riporta infine un confronto con i valori guida indicati da World Health Organization (WHO) (WHO, Air Quality Guidelines for Europe, Regional Publications, European Series n. 91, 2000) che sono tipici di aree urbane e aree di background.

Si osserva una correlazione fra i metalli cristallini Fe, Mn e Ti estesa anche a Cu e Cd. Esiste poi una correlazione fra i metalli antropici Pb e Zn ed in misura minore Pb e Cu. I gruppi di metalli di correlazione appena considerati sono caratterizzati dalla presenza di metalli di origine prettamente cristallina (Fe, Ti, Mn) e metalli di origine antropica (Cu, Pb e Cd e Zn). Queste correlazioni sono influenzate dalla presenza di picchi di concentrazione di ciascun metallo osservabile nei periodi 11-12/11/2008 e 17-18-19-20/11/2008. Ciò ci

porta a concludere che l'alta correlazione tra metalli crostali ed antropici possa essere dovuta al contributo integrato tra il materiale da costruzione (sabbie in particolare), traffico veicolare e polvere risolleata in seguito al passaggio degli autoveicoli (road dust).

Nella Figura 2.24 si riportano i valori di EF ottenuti nel sito di Cutrofiano per la campagna di monitoraggio Novembre 2008 (a) e considerando il complessivo risultante da tutte le campagne condotte nel medesimo sito (b). Si deve sottolineare che nel grafico si riportano solamente i metalli che presentano concentrazioni superiori al limite di rilevabilità della metodica di analisi o confrontabili con il livello medio osservato nei filtri bianchi (fondo). Dall'analisi della Figura 2.24a si evince che, sia nella frazione fine che coarse, i metalli: Al, Ti, V, Mn, K e Mg presentano valori di EF molto bassi (inferiori a 10) e quindi sono di origine comune e prettamente crostale. Invece, i metalli Pb, Cu, Zn e Cd sono di origine antropica poiché presentano valori di EF superiori alla soglia 40, sia nel PM10 che nel PM2.5. Dall'analisi della Figura 2.24b si osserva un andamento analogo a quello appena descritto anche per i risultati medi complessivi di tutte le campagne di misura.



	<b>Cutrofiano (Novembre 2008)</b>				<b>Complessivo</b>	
	<b>PM10 ng/Nm<sup>3</sup></b>	<b>PM2.5 ng/Nm<sup>3</sup></b>	<b>PM10 µg/g</b>	<b>PM2.5 µg/g</b>	<b>PM10 ng/Nm<sup>3</sup></b>	<b>PM2.5 ng/Nm<sup>3</sup></b>
<b>Fe</b>	<b>186.2</b> Min. 108.1 Max. 383.2	<b>57.3</b> Min. 29.9 Max. 91.1	<b>6414.4</b> Min. 3781.0 Max. 10653.4	<b>2358.6</b> Min. 1456.7 Max. 3811.5	<b>254.4</b> Min. 31.9 Max. 802.8	<b>118.4</b> Min. 29.9 Max. 333.8
<b>Ti</b>	<b>8.9</b> Min. 4.2 Max. 16.2	<b>3.3</b> Min. 1.6 Max. 6.4	<b>311.8</b> Min. 178.7 Max. 516.3	<b>132.7</b> Min. 96.4 Max. 159.6	<b>8.9</b> Min. 4.2 Max. 16.2	<b>3.3</b> Min. 1.6 Max. 6.4
<b>Mg</b>	<b>244.5</b> Min. 104.5 Max. 478.0	<b>63.2</b> Min. 29.4 Max. 119.0	<b>8809.8</b> Min. 3683.6 Max. 13725.2	<b>2677.7</b> Min. 1470.8 Max. 4975.5	<b>244.5</b> Min. 104.5 Max. 478.0	<b>63.2</b> Min. 29.4 Max. 119.0
<b>K</b>	<b>276.0</b> Min. 162.1 Max. 465.3	<b>220.8</b> Min. 70.8 Max. 473.6	<b>9680.6</b> Min. 5531.7 Max. 14408.2	<b>8793.2</b> Min. 2962.8 Max. 12634.1	<b>276.0</b> Min. 162.1 Max. 465.3	<b>220.8</b> Min. 70.8 Max. 473.6
<b>Cu</b>	<b>5.4</b> Min. 2.2 Max. 10.1	<b>2.0</b> Min. 1.2 Max. 3.1	<b>182.6</b> Min. 85.9 Max. 283.1	<b>83.0</b> Min. 62.9 Max. 106.1	<b>3.9</b> Min. 0.6 Max. 10.1	<b>3.3</b> Min. 1.2 Max. 10.7
<b>Ni</b>	<b>3.1</b> Min. < 1.1 Max. 27.0	<b>&lt;1.1</b>	<b>96.1</b> Min. < 20.2 Max. 751.4	<b>&lt;48.0</b>	<b>&lt; 4.2</b>	<b>&lt; 2.9</b>
<b>Mn</b>	<b>4.6</b> Min. 2.0 Max. 10.4	<b>2.0</b> Min. 0.4 Max. 4.9	<b>152.0</b> Min. 82.3 Max. 290.4	<b>75.5</b> Min. 26.0 Max. 166.8	<b>4.4</b> Min. 0.04 Max. 17.4	<b>3.3</b> Min. 0.4 Max. 8.4
<b>Pb</b>	<b>5.6</b> Min. 1.4 Max. 13.7	<b>4.8</b> Min. 2.2 Max. 10.4	<b>199.2</b> Min. 92.6 Max. 648.3	<b>196.9</b> Min. 109.6 Max. 351.2	<b>4.5</b> Min. 1.4 Max. 13.7	<b>3.8</b> Min. 2.2 Max. 10.4
<b>Cd</b>	<b>0.07</b> Min. 0.01 Max. 0.2	<b>0.05</b> Min. 0.01 Max. 0.1	<b>2.4</b> Min. 0.5 Max. 8.3	<b>2.0</b> Min. 0.7 Max. 4.3	<b>&lt; 0.2</b>	<b>&lt;0.2</b>
<b>Zn</b>	<b>18.9</b> Min. 2.3 Max. 106.9	<b>14.6</b> Min. 8.0 Max. 22.1	<b>716.0</b> Min. 140.8 Max. 5040.5	<b>621.8</b> Min. 355.4 Max. 908.6	<b>24.0</b> Min. 2.3 Max. 173.8	<b>14.6</b> Min. 8.0 Max. 22.1
<b>As</b>	<b>&lt;0.9</b>	<b>&lt;0.9</b>	<b>&lt;35.3</b>	<b>&lt;41.1</b>	<b>&lt; 0.8</b>	<b>&lt; 0.7</b>
<b>V</b>	<b>0.4</b> Min. < 0.1 Max. 1.2	<b>0.3</b> Min. < 0.1 Max. 0.9	<b>12.5</b> Min. < 3.7 Max. 32.5	<b>10.7</b> Min. < 4.6 Max. 30.1	<b>1.3</b> Min. < 0.1 Max. 4.1	<b>&lt;1.2</b>
<b>Cr</b>	<b>&lt;5.9</b>	<b>&lt;3.7</b>	<b>&lt;201.8</b>	<b>&lt;166.4</b>	<b>&lt; 6.8</b>	<b>&lt; 4.6</b>
<b>Al</b>	<b>158.4</b> Min. 77.0 Max. 270.9	<b>77.7</b> Min. < 25.8 Max. 161.2	<b>5852.1</b> Min. 3170.1 Max. 12774.6	<b>3414.0</b> Min. < 875.6 Max. 6742.2	<b>176.6</b> Min. 5.2 Max. 521.1	<b>100.0</b> Min. 25.8 Max. 206.9
<b>Sb</b>	<b>&lt;1.4</b>	<b>&lt;1.4</b>	<b>&lt;53.0</b>	<b>&lt;61.7</b>	<b>&lt; 1.0</b>	<b>&lt; 1.1</b>

Tabella 2.16 – Concentrazioni dei metalli in tracce nel PM10 e PM2.5 rilevati nel sito di Cutrofiano nel 2008 e medie complessive di tutte le campagne di misura. Si osserva che alcuni elementi (Ti, Mg e K sono stati misurati solo a partire dal 2008) ed altri (Pb, Cr, Al e Sb solo a partire dal 2007).

Elemento	Rilevamenti a Cutrofiano (ng/m <sup>3</sup> )		Indicazioni WHO (ng/m <sup>3</sup> )		Indicazioni Normative (ng/m <sup>3</sup> )		
	Novembre 2008	Complessivo	Livello di background	Aree urbane	Valore limite	SVI	SVS
<b>As</b>	<b>&lt;0.9</b>	<b>&lt;0.8</b>	1-3	20-30	6	2.4	3.6
<b>Cd</b>	<b>0.07 (0.01 – 0.2)</b>	<b>&lt;0.2</b>	0.1	1-10	5	2	3
<b>Ni</b>	<b>3.1 (&lt; 1.1 – 27)</b>	<b>&lt;4.2</b>	1	9-60	20	10	14
<b>Pb</b>	<b>5.6 (1.4 – 13.7)</b>	<b>4.5 (1.4 – 13.7)</b>	0.6	5-500	500	200	350

Tabella 2.17 – Tabella dei valori limite e della soglia di valutazione superiore ed inferiore secondo il DL.vo n. 152 del 03 Agosto 2007 ed il DM n. 60 del 2 Aprile 2002 (relativamente al piombo) per le concentrazioni di metalli nel PM10. Nella tabella sono incluse le indicazioni del WHO per le aree di background e le aree urbane ed i valori riscontrati a Cutrofiano nel PM10. Le indicazioni normative sono riferite a medie annuali. I superamenti delle soglie di valutazione superiore ed inferiore vanno determinati sulla base delle concentrazioni del quinquennio precedente. Si considera superata una soglia se, nel quinquennio precedente, è stata superata per almeno tre anni non consecutivi.

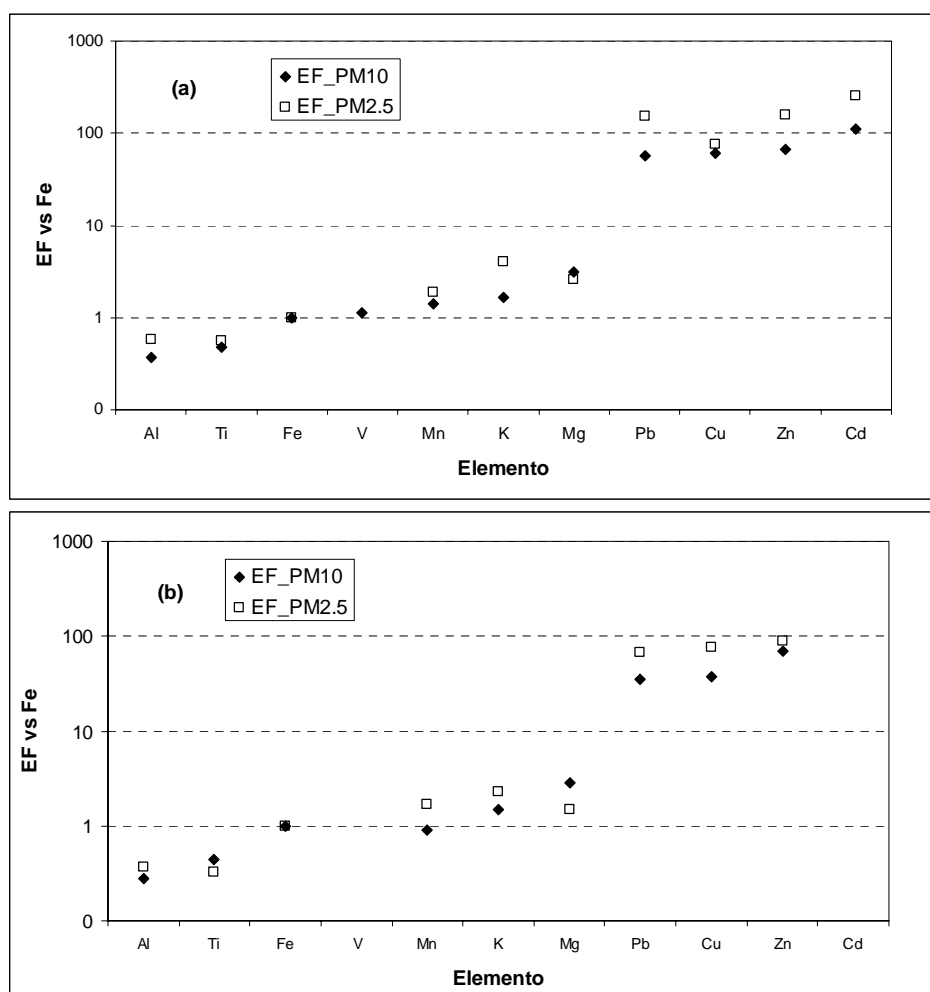


Fig. 2.24 – (a): Fattore di arricchimento (EF) dei vari metalli rilevati nel PM10 e nel PM2.5 a Cutrofiano (Novembre 2008); (b): Fattore di arricchimento (EF) ottenuto considerando insieme tutti i dati disponibili nel sito di Cutrofiano.

## 2.7 MONITORAGGIO DI INQUINANTI ATMOSFERICI ALLA PISTA DI NARDÒ

Nel periodo compreso tra il giorno 05/01/09 ed il giorno 15/01/09 sono stati svolti a Santa Chiara di Nardò, (località Fattizze, LE) dei prelievi di particolato PM10 e di alcuni gas atmosferici, misurando in particolare le concentrazioni di: Ossidi di Azoto (NO, NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>), Ozono (O<sub>3</sub>) e idrocarburi (BTX). In particolare il monitoraggio è stato realizzato nell'area della pista di Nardò presso il Technical Center s.r.l. Prototipo Group. Le coordinate del sito di misura erano: LAT 40° 19' 17.58''N, LON 17° 50' 00.43''E. Il sito di misura è classificabile come sito di fondo.

### Risultati delle concentrazioni di aerosol atmosferico e meteorologia locale

Le condizioni meteorologiche medie durante il periodo di campionamento sono caratterizzate da una rotazione della direzione prevalente del vento durante il periodo finale di monitoraggio dal settore NO-NE al settore SSE-OSO. I venti sono in genere moderati con un picco di intensità nel giorno 14/01/2009 associato alla direzione SSE. Si osserva come i venti provenienti dal settore SSE-OSO portino sul sito di misura correnti di aria più calda inducendo un aumento della temperatura media nella parte finale del periodo del campionamento. Nel periodo in esame, infine, si osservano alcuni eventi di precipitazione con un massimo misurato il giorno 13/01/2009 (44.6 mm). I risultati dei rilievi condotti nel periodo Gennaio 2009 sono riportati in forma grafica in Figura 2.25 insieme con il livello di precipitazione giornaliera. In tabella 2.18 si riporta un'analisi dei dati di PM10 (valori medi, minimi, massimi ed eventuali superamenti della soglia normativa di PM10) rilevati in questa campagna di monitoraggio alla pista di Nardò. Nella Figura 2.26 si riporta l'andamento della concentrazione giornaliera di PM10 rilevata dalle diverse centraline operative nel Salento (sia quelle gestite dalla Regione – [www.arpa.puglia.it](http://www.arpa.puglia.it) sia quelle gestite dalla Provincia di Lecce). Nella Figura 2.27 si riporta l'andamento della concentrazione di PM2.5 osservata nelle centraline del Salento nello stesso periodo.

Nel periodo dei rilevamenti presso la pista di Nardò, si osserva un unico superamento (78.9 µg/m<sup>3</sup>) della soglia giornaliera di concentrazione di PM10 fissata dal DM 60/2002 (50 µg/m<sup>3</sup>, DM n° 60 del 2 Aprile 2002). Tale superamento avviene nel giorno 14/01/2009. Si osserva che tale picco di concentrazione di PM10 è evidente su tutte le centraline ed è quindi dovuto ad un fenomeno a larga scala che non è assolutamente visibile nelle concentrazioni di PM2.5. In tale giorno, è presente un contributo al particolato atmosferico prevalentemente nella frazione PM10 (particelle di grandi dimensioni) associato ad un evento di trasporto long-range di polveri Africane. In Figura 2.28 si riporta il rapporto fra PM2.5 e PM10 rilevato dalla centralina di Campi Salentina (della rete di monitoraggio della Provincia di Lecce) che mostra chiaramente come tale rapporto sia significativamente più basso il 14/01/2009 rispetto agli altri giorni. In realtà il contributo di polveri Africane a quote elevate era presente anche il giorno precedente, tuttavia la pioggia intensa può avere avuto un significativo effetto di rimozione.

SITO DI MISURA	PM10 µg/Nm <sup>3</sup>	
	Pista di Nardò (sito di fondo urbano)	Media
Dev. Standard		19.4
Minimo		14.4
Massimo		78.9
Numero di dati		10
<b>Numero superamenti</b>		<b>1</b>

Tabella 2.18 – Valori medi, minimi e massimi di concentrazione di PM10 e superamenti della soglia del PM10 rilevati nel sito della Pista di Nardò nel Gennaio 2009.

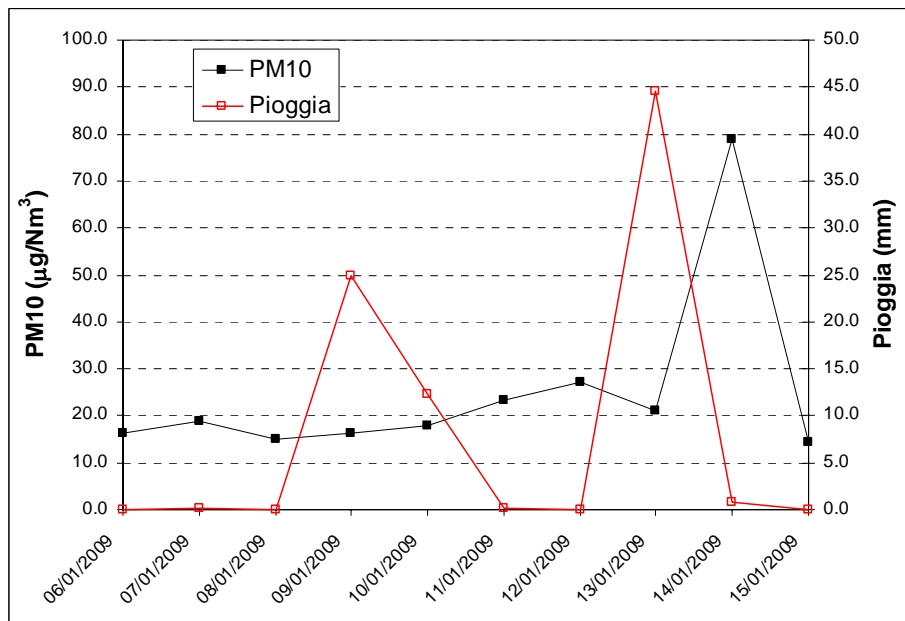


Fig. 2.25 – Andamento delle concentrazioni di PM10 e della precipitazione giornaliera in mm H<sub>2</sub>O alla pista di Nardò (LE).

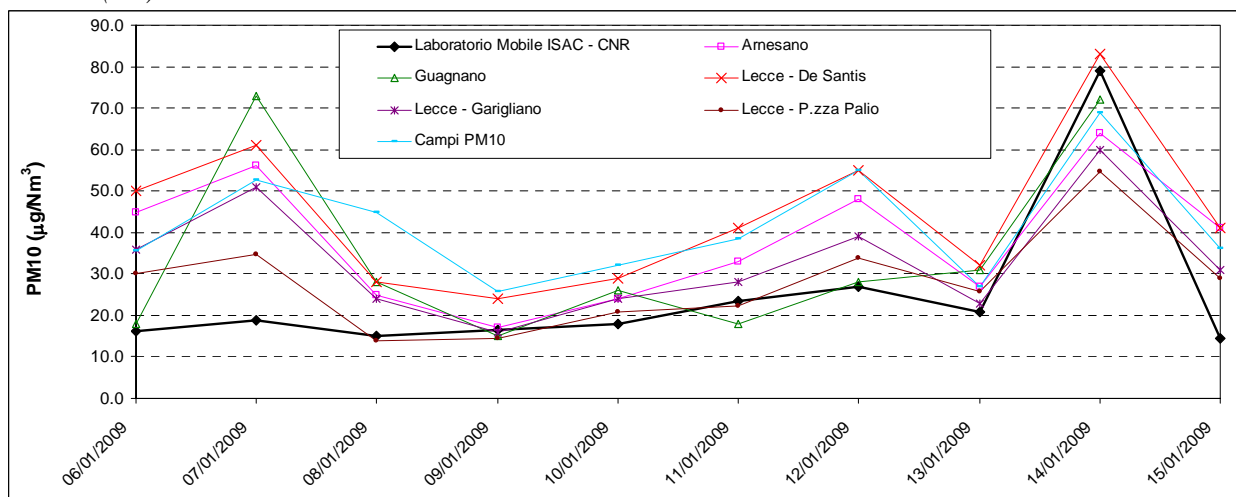


Fig. 2.26 – Andamento temporale del PM10 rilevato dal Laboratorio Mobile e delle concentrazioni di PM10 rilevate da alcune centraline della rete di monitoraggio della Provincia di Lecce e della Regione Puglia ([www.arpa.puglia.it](http://www.arpa.puglia.it)).

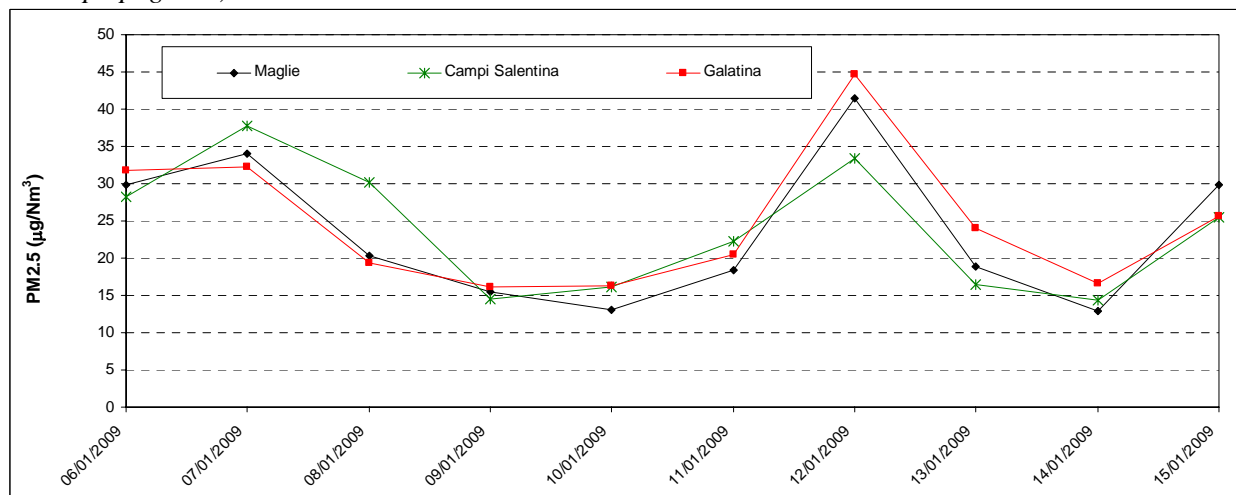


Fig. 2.27 – Andamento temporale del PM10 rilevato dal Laboratorio Mobile e delle concentrazioni di PM2.5 rilevate da alcune centraline della rete di monitoraggio della Provincia di Lecce.

Si noti che l'analisi delle simulazioni DREAM-ICOD (di cui un esempio è riportato nelle Figure 2.29 e 2.30) e delle back-trajectories a 7 giorni centrate su Lecce nel periodo di campionamento (non riportate in questo rapporto) e lo studio delle mappe dell'Aerosol Index rilevate dal TOMS mostrano, in tale giorno un trasporto di polveri Africane sul Salento. Nella Figura 2.29 si riportano delle foto di alcuni filtri campionati durante questa campagna di misura. Il giorno del superamento corrisponde al filtro N9 e risulta evidente, dalla colorazione del filtro, che in tale giorno agiscono sorgenti completamente diverse dagli altri giorni di misura. L'influenza del "Saharan Dust" è infatti compatibile con la colorazione giallo-rossiccia del filtro a causa della presenza di significative concentrazioni di elementi minerali cristallini (come verrà discusso nel paragrafo dedicato al contenuto di metalli). E' inoltre compatibile con la presenza di polveri nella frazione grossolana.

### Risultati delle concentrazioni di inquinanti gassosi

In questa campagna di misure sono stati effettuati rilievi sui seguenti gas atmosferici: NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, Benzene, Toluene e Xileni (o-Xilene, m-Xilene e p-Xilene). La tabella seguente (Tabella 2.19) riporta le medie delle concentrazioni per i gas monitorati nel periodo in esame e i valori massimi orari (con l'indicazione dell'ora e del giorno in cui tali massimi sono stati rilevati). Nel caso dell'ozono si riporta il valore massimo della media mobile su 8 ore.

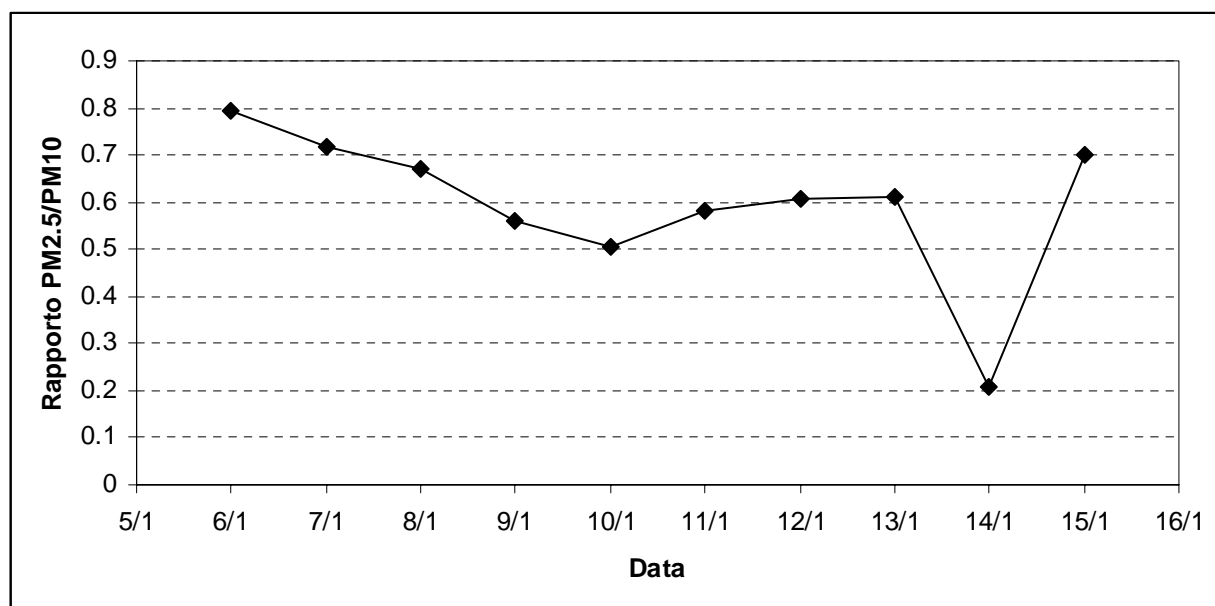


Fig. 2.28 – Andamento temporale del rapporto PM2.5/PM10 rilevato dalla centralina di Campi Salentina.

In particolare per quanto riguarda il confronto delle concentrazioni osservate di gas inquinanti con i valori di soglia legislativi:

- per Biossido di Azoto non ci sono superamenti sia per l'esposizione acuta che cronica (nell'ipotesi che la media del periodo di misura possa essere rappresentativa della media annuale);
- per gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) non ci sono superamenti della soglia di protezione degli ecosistemi;
- per l'Ozono non ci sono superamenti sia per l'esposizione acuta che cronica (nell'ipotesi che la media del periodo di misura possa essere rappresentativa della media annuale). Infatti sia il massimo delle medie mobili su 8h sia la concentrazione oraria massima sono inferiori al valore bersaglio;
- per il Benzene non ci sono superamenti per l'esposizione cronica (nell'ipotesi che la media del periodo di misura possa essere rappresentativa della media annuale). Si osserva comunque che anche il valore massimo orario è inferiore al limite normativo annuale.

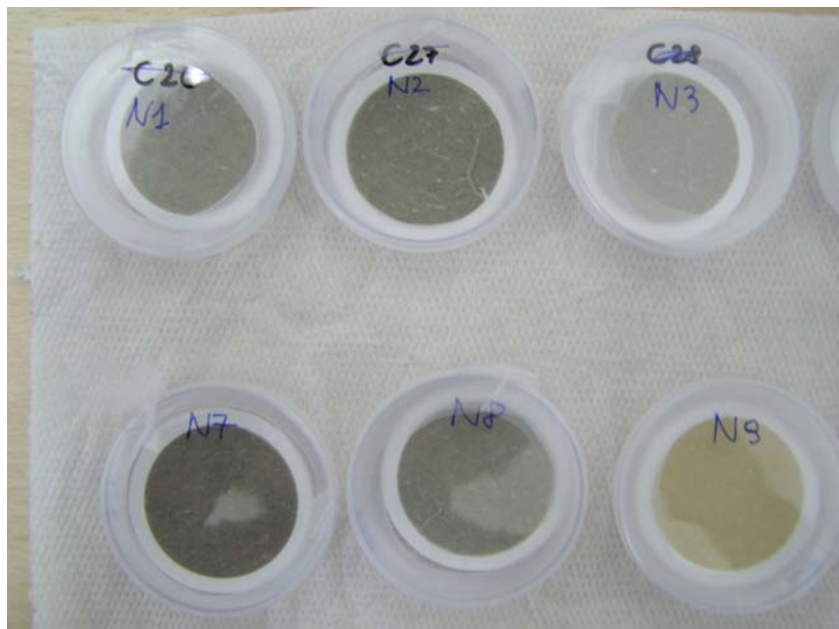
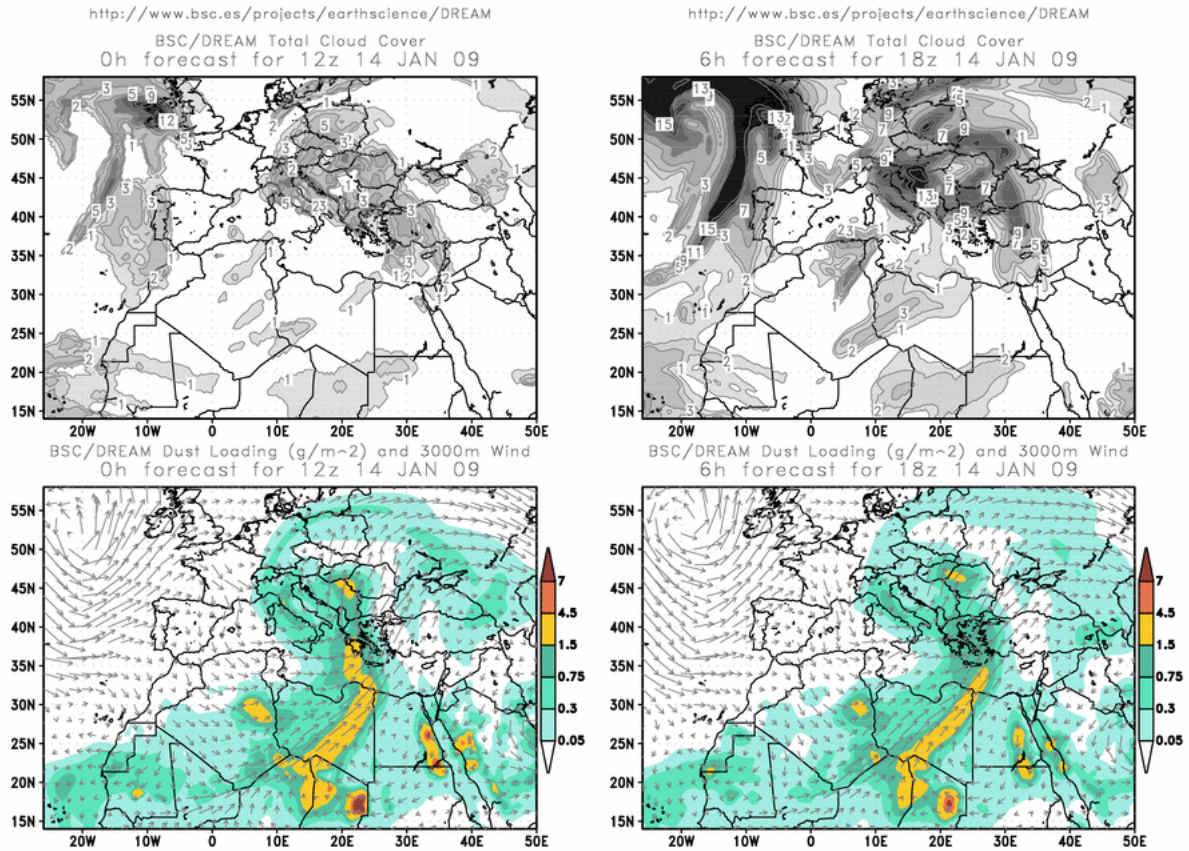


Fig. 2.29 – Simulazioni DREAM-ICOD per il giorno 14/01/2009 alle ore 12 e 18: a, b) simulazione della copertura nuvolosa (in alto) e della deposizione di sabbie (in basso) (<http://www.bsc.es/projects/earthscience/DREAM/>). Fotografie di alcuni filtri campionati durante questa campagna di misura. Il giorno del superamento corrisponde al filtro N9.

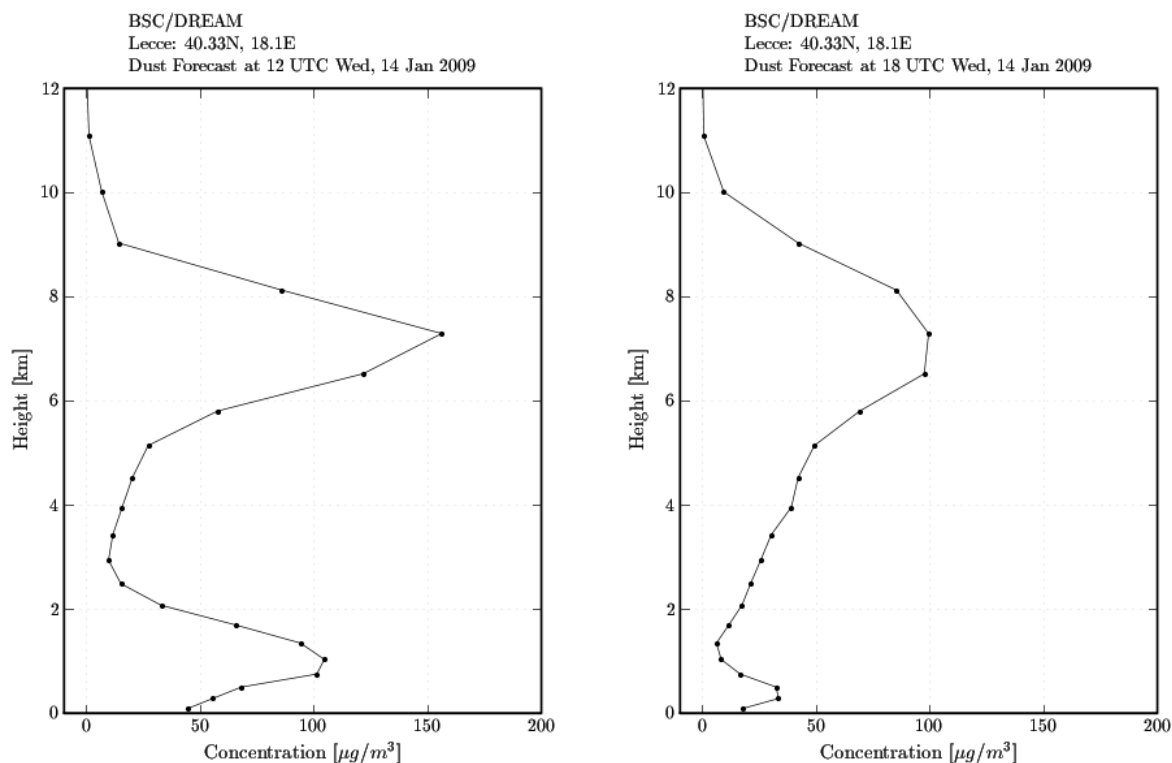


Fig. 2.30 – profili verticali di concentrazione del particolato atmosferico (<http://www.bsc.es/projects/earthscience/DREAM/>).

Gas	Media ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )	Max ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )
O <sub>3</sub>	59.7	77.1 (14/01/2009 ore 5)
NO <sub>x</sub>	7.0	26.5 (07/01/2009 ore 5)
NO <sub>2</sub>	6.1	26.2 (07/01/2009 ore 5)
NO	0.6	4.4 (09/01/2009 ore 10)
Benzene	1.0	2.3 (12/01/2009 ore 22)
Toluene	1.3	3.5 (12/01/2009 ore 19)
Xileni totali	0.6	1.8 (12/01/2009 ore 19)

Tab. 2.19 – Concentrazioni medie (di tutto il periodo di misura) e massime orarie rilevate alla pista di Nardò. Per l'ozono è riportato il valore massimo della media mobile su 8 ore.

Nella Figura 2.31 si riporta l'andamento orario del giorno tipico relativo alle concentrazioni dei diversi gas misurati in questa campagna di misura alla pista di Nardò. Si osserva che gli ossidi di azoto presentano un massimo evidente nelle prime ore del mattino e un altro massimo visibile nella prima parte della serata. Le concentrazioni di BTX mostrano chiaramente l'aumento serale mentre il picco nella mattinata è più modesto. Tali picchi sono associati ad orari compatibili con le attività presenti nella pista (in particolare il traffico veicolare). L'ozono è un gas di origine secondaria che presenta invece un massimo di concentrazione nelle ore centrali della giornata associato alla massima radiazione solare incidente e non necessariamente correlato con specifiche sorgenti. Si osserva inoltre che per i gas di combustione i valori

massimi sono associati a periodi di bassa velocità del vento con concentrazioni maggiori nel settore di direzioni compreso fra NNE ed E.

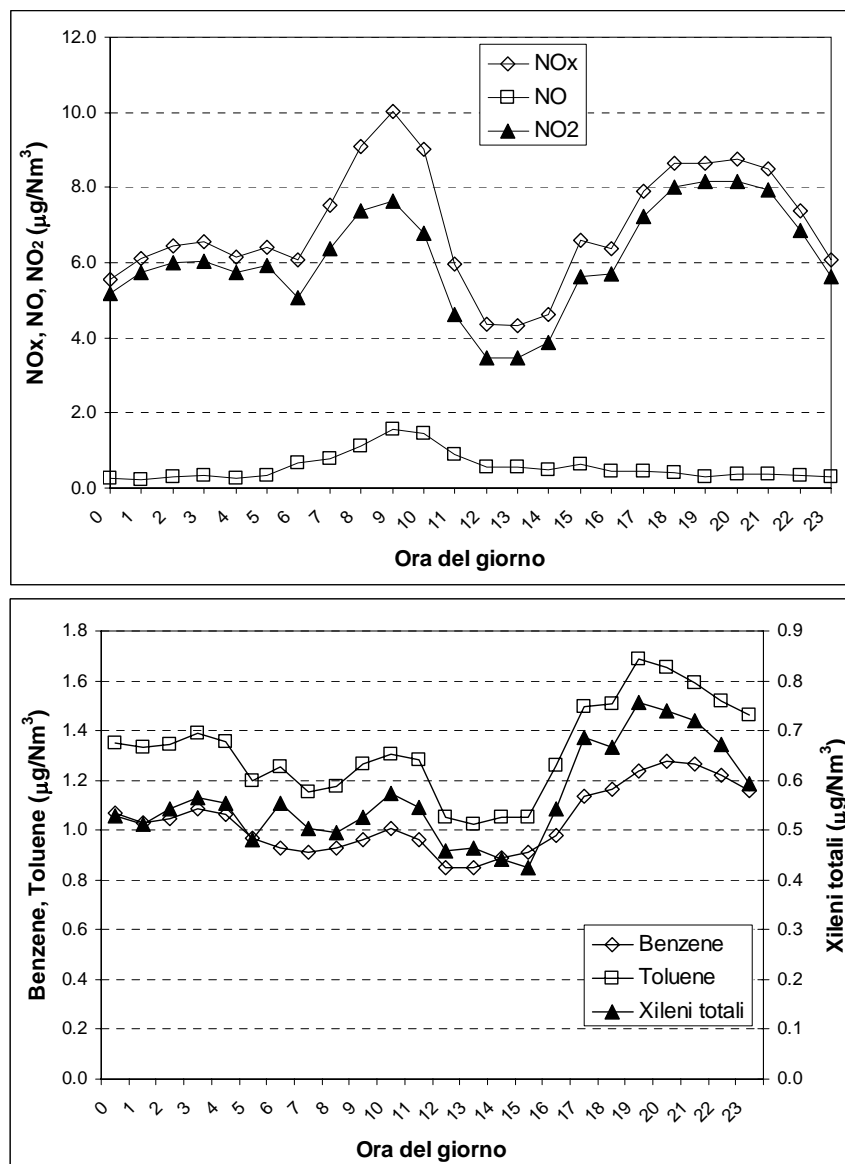


Fig. 2.31 – Andamento orario tipico dei diversi gas rilevati alla Pista di Nardò nel 2009.

### **Risultati delle concentrazioni dei metalli nel particolato atmosferico**

Nella Tabella 2.20 sono riportati i valori medi dei metalli (sia in termini di  $\text{ng}/\text{Nm}^3$  che in termini di  $\mu\text{g}/\text{g}$ ) rilevati nelle polveri di PM10 monitorate in questa campagna. In questa campagna di misura si osserva che nel PM10 i metalli As e Sb risultano non rilevabili in quanto inferiori al limite di rilevabilità (As) o confrontabili con i bianchi (Sb), nella maggioranza dei casi. Si osserva che i metalli Fe, Al, Ti, Mg, K, Mn, Ni e Cr presentano un picco di concentrazione nel giorno di superamento 14/01/2009. Infine, si osservano altri picchi relativi allo Zn (09/01/2009) e alla coppia Pb-Cu (12/01/2009).

Si sottolinea che la somma delle masse dei diversi metalli rilevati costituisce in media il 4.1% della massa di polveri depositata nel PM10. Gran parte di questa frazione è relativa ai metalli Ferro, Alluminio, Magnesio e Potassio. Questa è una frazione piuttosto modesta e quindi le indicazioni che si cerca di ottenere riguardo alle possibili sorgenti sono essenzialmente di carattere qualitativo salvo l'eventuale individuazione di traccianti specifici di una sorgente nota. In particolare, l'analisi della percentuale in massa dei metalli indica che per il giorno di superamento di PM10 (14/01/2009) la somma delle masse dei metalli cristallini Fe, Al, Ti, K, Mg è pari a 11.3% e costituisce il 99.0% della massa totale dei metalli rilevati. Questo dato



avvalora l'ipotesi che tale superamento sia provocato dall'attività di una sorgente crostale riconducibile proprio dal trasporto long-range di polveri Sahariane. La matrice di correlazione fra i vari elementi nel PM10 (incluso solo i metalli che sono più facilmente rilevabili al di sopra dei valori di fondo) evidenzia la presenza di una forte correlazione tra i metalli Fe, Mn, Al, Ti, Mg, K, Ni e Cr e tra questi e la frazione PM10.

	<b>PISTA DI NARDO'</b> <b>(Gennaio 2009)</b>	
	<b>PM10</b> <b>ng/Nm<sup>3</sup></b>	<b>PM10</b> <b>µg/g</b>
<b>Fe</b>	<b>297.1</b> Min. 40.8 Max. 2242.0	<b>6604.7</b> Min. 2506.1 Max. 28423.3
<b>Al</b>	<b>529.3</b> Min. 18.0 Max. 3993.6	<b>12004.3</b> Min. 1107.5 Max. 50631.0
<b>V</b>	<b>0.8</b> Min. 0.2 Max. 1.7	<b>36.5</b> Min. 13.4 Max. 66.8
<b>Ni</b>	<b>1.3</b> Min. 0.4 Max. 4.0	<b>53.9</b> Min. 26.4 Max. 88.5
<b>Cd</b>	<b>0.04</b> Min. 0.01 Max. 0.1	<b>1.8</b> Min. 0.2 Max. 2.9
<b>Cu</b>	<b>1.8</b> Min. 1.1 Max. 3.3	<b>90.8</b> Min. 19.1 Max. 152.7
<b>Zn</b>	<b>13.1</b> Min. 4.7 Max. 64.2	<b>743.8</b> Min. 60.2 Max. 3902.5
<b>Mn</b>	<b>6.2</b> Min. 0.8 Max. 39.9	<b>160.2</b> Min. 53.3 Max. 505.3
<b>As</b>	<b>&lt;1.0</b>	<b>&lt;51.0</b>
<b>Pb</b>	<b>5.5</b> Min. 0.4 Max. 22.3	<b>243.6</b> Min. 27.6 Max. 824.0
<b>Cr</b>	<b>3.6</b> Min. 0.1 Max. 28.8	<b>70.4</b> Min. 7.6 Max. 365.4
<b>Sb</b>	<b>&lt;1.5</b>	<b>&lt;76.5</b>
<b>Ti</b>	<b>28.3</b> Min. 1.3 Max. 229.7	<b>565.5</b> Min. 81.9 Max. 2911.8
<b>Mg</b>	<b>260.6</b> Min. 63.7 Max. 1394.6	<b>8456.5</b> Min. 3878.8 Max. 20743.8
<b>K</b>	<b>307.4</b> Min. 150.6 Max. 1035.0	<b>12301.1</b> Min. 9024.5 Max. 19844.3

Tabella 2.20 – Riassunto delle concentrazioni medie e delle composizioni medie in massa dei metalli in tracce nel PM10 rilevati alla pista di Nardò.

Quanto osservato fa ipotizzare una componente crostale comune per questi metalli. Si deve tuttavia sottolineare che la correlazione è fortemente trainata dal picco di metalli osservato nel giorno 14/01/2009: eliminando questo giorno dalla trattazione statistica, infatti, si ottiene un'unica correlazione tra i metalli crostali Fe, Al e Ti. Nella Figura 2.32 si riportano i valori di EF ottenuti in questa campagna di misura. Si deve sottolineare che nel grafico si riportano i metalli che presentano un significativo numero di concentrazioni superiori al limite di rilevabilità della metodica di analisi utilizzata. I risultati indicano che i metalli aventi un fattore di arricchimento inferiore alla soglia 10 e quindi di origine prettamente crostale sono Al, Ti, Mn, K, Mg, V e Cr. Invece, i metalli Zn, Pb e Cd sono da ritenersi elementi arricchiti e quindi di origine antropica. Infine, Ni e Cu sono da definirsi elementi di origine mista.

Infine, è stata eseguita un'analisi dell'EF per il giorno di superamento di PM10 e di probabile Saharan Dust (14/01/2009), in seguito alla quale si osserva che tutti i metalli presentano un valore di EF inferiore a 10 e sono pertanto da considerarsi, per tale giorno, prettamente di origine crostale. Ciò è in accordo con l'ipotesi di un evento di Saharan Dust per tale giorno di superamento. Unica eccezione è rappresentata dal Cr (EF = 11.3) il cui fattore di arricchimento tuttavia è prossimo alla soglia 10, per cui si può affermare che, per il giorno 14/01/2009, il contributo antropico a tale metallo è di modesta entità.

In tabella 2.21 si riportano i valori di concentrazione di metalli rilevati a Nardò: come si osserva, tali valori sono significativamente al di sotto sia dei valori limite sia delle soglie di valutazione superiori. Naturalmente il confronto con le medie ottenute durante le campagne di misura è solo indicativo in quanto i valori indicati nella Direttiva Europea fanno riferimento a medie annuali.

Elemento	Rilevamenti alla Pista di Nardò (ng/Nm <sup>3</sup> )	Indicazioni WHO (ng/m <sup>3</sup> )		Indicazioni Normative (ng/m <sup>3</sup> )		
		Livello di background	Aree urbane	Valore limite	SVI	SVS
	Gennaio 2009					
<b>As</b>	<b>&lt;1.0</b>	1-3	20-30	6	2.4	3.6
<b>Cd</b>	<b>0.04 (0.01 – 0.1)</b>	0.1	1-10	5	2	3
<b>Ni</b>	<b>1.3 (0.4 – 4.0)</b>	1	9-60	20	10	14
<b>Pb</b>	<b>5.5 (0.4 – 22.3)</b>	0.6	5-500	500	200	350

*Tabella 2.21 – Tabella dei valori limite e della soglia di valutazione superiore ed inferiore secondo il DL.vo n. 152 del 03 Agosto 2007 ed il DM n. 60 del 2 Aprile 2002 (relativamente al piombo) per le concentrazioni di metalli nel PM10. Nella tabella sono incluse le indicazioni del WHO per le aree di background e le aree urbane ed i valori riscontrati alla Pista di Nardò nel PM10. Le indicazioni normative sono riferite a medie annuali. I superamenti delle soglie di valutazione superiore ed inferiore vanno determinati sulla base delle concentrazioni del quinquennio precedente. Si considera superata una soglia se, nel quinquennio precedente, è stata superata per almeno tre anni non consecutivi.*

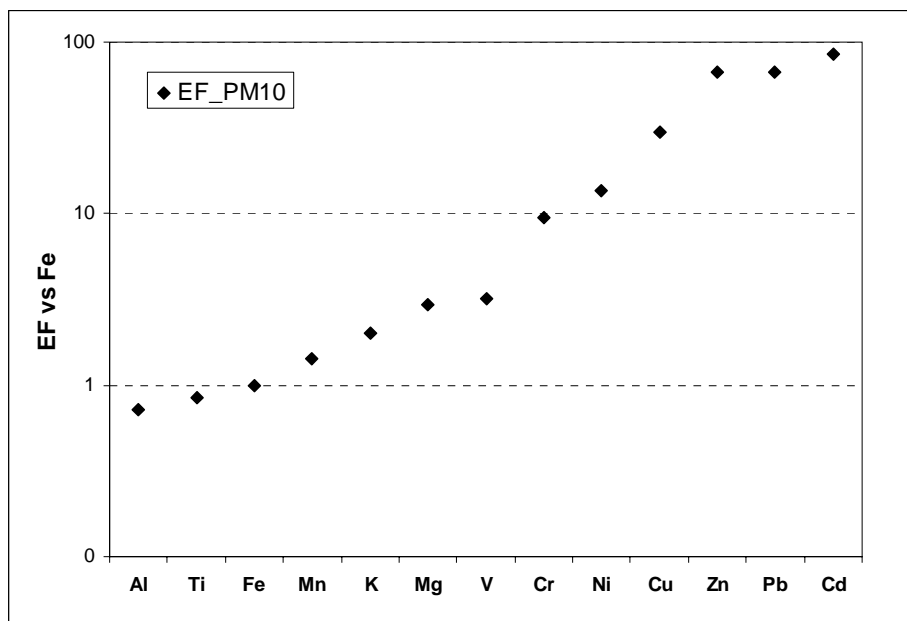


Fig. 2.32 – Fattore di arricchimento (*EF*) dei vari metalli rilevati nel *PM10* alla pista di Nardò (Gennaio 2009).

## CAPITOLO 3

### ANALISI DELLE CONCENTRAZIONI DEL PARTICOLATO ATMOSFERICO E SUO CONTENUTO DI METALLI NEL SALENTO

#### 3.1 CONCENTRAZIONI DEL PARTICOLATO ATMOSFERICO

In questo Capitolo si analizzano brevemente i risultati dei rilevamenti del particolato atmosferico svolti in tutto il periodo di analisi fra il 2002 ed il 2008 includendo quindi sia i risultati riportati in questo rapporto sia quelli del rapporto precedente (Contini et al, 2008b) disponibile sul portale web [www.basesperimentale.le.isac.cnr.it](http://www.basesperimentale.le.isac.cnr.it) nella sezione “Laboratorio Mobile”. Durante le attività di prelievo svolte a partire dal 2002 sono stati raccolti 572 campioni di cui 99 di PTS, 332 di PM10 ed 141 di PM2.5. I rilievi di PTS sono stati fatti sistematicamente fino alla prima metà del 2004. A partire dalla seconda metà del 2004 i rilievi di PTS sono stati sostituiti con i rilievi di PM2.5. I campioni sono stati raccolti in 17 siti di misura che hanno diverse caratteristiche e sono stati classificati in:

- siti di fondo urbano (in verde nella Tabella 3.1): Lecce – Campus Universitario Ecotekne, Spongano, Seclì viale S. Paolo, Campi Salentina, Galatone via XX Settembre, Trepuzzi via Galilei), Leverano (Via della Libertà), Pista di Nardò (Località Fattizze);
- siti di fondo urbano in prossimità di zone industriali (in giallo nella Tabella 3.1): Maglie via Circolone, Collemeto in Piazza Italia e Cutrofiano in piazza Municipio);
- siti urbani (in rosso nella Tabella 3.1): Copertino in piazza Largo Giuseppe Mazzini, Nardò in via XX Settembre e Tricase in piazza G. Galilei, Maglie (Corso Cavour) e Lequile (Via San Pietro in Lama).

Le misure sono state oggetto di analisi in specifici rapporti a cui si rimanda per ulteriori dettagli. Le misure svolte presso Italfrutta a Cutrofiano sulla via per Sogliano sono state considerate insieme a quelle svolte in Piazza Municipio a Cutrofiano. Inoltre il sito di misura di Lequile è stato considerato urbano in quanto il Laboratorio Mobile era posizionato nei pressi della Strada Statale 101, in una piazzetta circondata da case e palazzine abitate, a pochi metri (5-6 m) dalla superstrada. I risultati dei rilievi di concentrazione del particolato atmosferico sono riportati nella Tabella 3.1 con l'indicazione della deviazione standard (SD) e del numero di dati disponibili in parentesi. Si sottolinea che alcuni siti sono stati monitorati più volte (Maglie, Lecce, Cutrofiano) ed hanno quindi una statistica maggiore di altri siti. I risultati indicano che nei siti di fondo urbano le concentrazioni di PM10 sono variabili fra 25 e 30  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  e sono significativamente maggiori nei siti in prossimità di aree industriali e nei siti di tipo urbano. Nel caso dei rilevamenti a Tricase il livello medio di concentrazione è stato influenzato da sorgenti locali di polveri da combustione probabilmente legate anche al riscaldamento domestico. In termini medi il rapporto R fra le concentrazioni di PM2.5 e di PM10 è di 0.68 che è in linea con quanto riportato come media Europea: 0.66 (CAFE, 2004). Nella letteratura scientifica si riportano, per siti di misura di tipo urbano (Milano), rapporti medi di PM2.5/PM10 variabili fra 0.63 (estate) e 0.73 (inverno) (Marcazzan et al 2003). A Barcellona è stato valutato un rapporto medio R di circa 0.7 (Querol et al, 2001). In sei siti di campionamento a Mexico City sono stati osservati dei rapporti R variabili fra 0.45 e 0.61 (Vega et al, 2002). I risultati della Tabella 3.1 indicano che questo rapporto è piuttosto variabile nei diversi siti di misura. Il rapporto fra le concentrazioni di PM10 e di polveri totali è in media 0.68 e questo permette di calcolare il rapporto fra PM2.5 e PTS che risulta pari a 0.48. Durante i rilevamenti fatti con il laboratorio mobile sono stati osservati 46 superamenti della soglia normativa della concentrazione giornaliera di PM10 che sono elencati nella Tabella 3.2. Si osserva che la maggiore parte dei superamenti sono avvenuti nei siti urbani o in quelli posti in vicinanza di zone industriali (ad esempio Maglie). Tuttavia alcuni superamenti sono stati osservati anche nei siti di fondo urbano. Nella Tabella 3.3 si analizza la correlazione fra i superamenti della soglia normativa ed i casi di intrusione di polveri Africane. Analizzando tutte le tipologie di sito si ha che il 26% dei superamenti osservati è concomitante ad eventi di Saharan Dust e quindi può essere influenzato direttamente dal trasporto di polveri

A cura del Dr. D.Contini (ISAC-CNR) e del Dr. S.Francioso (Provincia di Lecce)

Africane. Limitando l'analisi ai soli siti di fondo urbano, o in vicinanza di sorgenti industriali, la percentuale dei superamenti cresce fino al 38% e raggiunge il 75% se si considerano soltanto i siti di fondo urbano.

Sito di misura	PTS		PM10		PM2.5		Rapporto PM2.5/PM10		Rapporto PM10/PTS	
	Conc.	SD	Conc.	SD	Conc.	SD	PM2.5/PM10	SD	PM10/PTS	SD
<b>Lecce (fondo urbano)</b>	<b>49.1</b>	22.2 (52)	<b>25.2</b>	14.9 (55)	<b>16.8</b>	6.4 (24)	/	/	<b>0.64</b>	<b>0.21 (31)</b>
<b>Spongano (fondo urbano)</b>	<b>39.8</b>	7.9 (4)	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>Seclì (fondo urbano)</b>	<b>34.2</b>	7.6 (7)	<b>27.8</b>	5.0 (14)	<b>20.3</b>	5.2 (8)	<b>0.74</b>	0.08 (8)	<b>0.82</b>	<b>0.05 (7)</b>
<b>Campi Sal. (fondo urbano)</b>	<b>42.1</b>	16.9 (11)	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>Galatone (fondo urbano)</b>	/	/	<b>26.2</b>	11.6 (16)	<b>13.4</b>	4.0 (4)	<b>0.45</b>	0.11 (3)	/	/
<b>Trepuzzi (fondo urbano)</b>	/	/	<b>30.1</b>	12.5 (15)	<b>20.4</b>	11.4 (7)	<b>0.64</b>	0.1 (7)	/	/
<b>Leverano (fondo urbano)</b>	/	/	<b>26.8</b>	8.2 (18)	<b>16.2</b>	3.8 (8)	<b>0.62</b>	0.09 (8)	/	/
<b>Pista di Nardò (fondo urbano)</b>	/	/	<b>24.9</b>	19.4 (10)	/	/	/	/	/	/
<b>Maglie (fondo + industriale)</b>	<b>40.6</b>	15.9 (25)	<b>30.0</b>	17.3 (80)	<b>23.1</b>	12.9 (35)	<b>0.75</b>	0.15 (30)	<b>0.72</b>	<b>0.27 (11)</b>
<b>Collemeto (fondo + industriale)</b>	/	/	<b>38.2</b>	8.8 (19)	<b>21.4</b>	5.4 (7)	<b>0.55</b>	0.07 (6)	/	/
<b>Cutrofiano (fondo + industriale)</b>	/	/	<b>35.6</b>	15.0 (40)	<b>27.8</b>	10.6 (14)	<b>0.71</b>	0.09 (14)	/	/
<b>Tricase (urbano)</b>	/	/	<b>57.7</b>	32.2 (10)	<b>40.1</b>	30.1 (5)	<b>0.64</b>	0.06 (5)	/	/
<b>Copertino (urbano)</b>	/	/	<b>41.5</b>	15.7 (14)	<b>36.2</b>	16.7 (5)	<b>0.77</b>	0.12 (5)	/	/
<b>Nardò (urbano)</b>	/	/	<b>49.9</b>	19.3 (15)	<b>36.8</b>	17.3 (7)	<b>0.66</b>	0.1 (7)	/	/
<b>Maglie (urbano)</b>	/	/	<b>41.9</b>	15.9 (12)	<b>32.7</b>	17.3 (10)	<b>0.72</b>	0.12 (10)	/	/
<b>Lequile (urbano)</b>	/	/	<b>31.9</b>	11.8 (14)	<b>24.9</b>	14.9 (7)	<b>0.66</b>	0.16 (7)	/	/
<b>TOTALE</b>	<b>44.7</b>	19.4 (99)	<b>32.5</b>	17.1 (332)	<b>24.0</b>	13.7 (141)	<b>0.69</b>	0.14 (110)	<b>0.68</b>	<b>0.22 (49)</b>

Tabella 3.1) Riepilogo concentrazione del particolato atmosferico misurato con il Laboratorio Mobile.

Sito di misura	PM10 - Numero di superamenti osservati	PM10 - Numero di rilievi svolti	Periodo delle misure
<b>Lecce</b>	<b>4</b>	<b>55</b>	Periodo estivo ed invernale (2002 e 2003)
<b>Seclì</b>	<b>0</b>	<b>14</b>	Luglio 2006
<b>Galatone</b>	<b>1</b>	<b>16</b>	Maggio 2005
<b>Trepuzzi</b>	<b>2</b>	<b>15</b>	Ottobre-Novembre 2007
<b>Leverano</b>	<b>0</b>	<b>18</b>	Maggio 2008
<b>Pista di Nardò</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	Gennaio 2009
<b>Maglie</b>	<b>9</b>	<b>80</b>	Ottobre 2003, Gennaio 2004, Dicembre 2004 e Dicembre 2006, Dicembre 2007, Settembre 2008
<b>Collemeto</b>	<b>2</b>	<b>19</b>	Ottobre 2005
<b>Cutrofiano</b>	<b>7</b>	<b>40</b>	Aprile 2004, Giugno 2007, Novembre 2008
<b>Tricase</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	Dicembre 2005
<b>Copertino</b>	<b>4</b>	<b>14</b>	Marzo 2006

<b>Nardò</b>	<b>7</b>	<b>15</b>	Ottobre-Novembre 2006
<b>Maglie urbano</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	Gennaio 2007
<b>Lequile</b>	<b>1</b>	<b>14</b>	Marzo 2008
<b>Totale</b>	<b>46</b>	<b>332</b>	<b>Periodi invernali ed estivi dal 2002 al 2008</b>

Tabella 3.2) Superamenti osservati della soglia normativa riguardante il PM10.

### 3.2 CONCENTRAZIONE DI METALLI NEL PARTICOLATO ATMOSFERICO

Molti dei campioni raccolti su filtro sono stati sottoposti ad analisi chimica per determinare la concentrazione di alcuni metalli (Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Cd, V, Pb, As, Cr, Al, Ti e Sb) presenti nel particolato atmosferico. I metalli analizzati comprendono sia quelli normati dal DL.vo n. 152/2007 e dal DM n. 60/2002 sia altri che risultano talvolta utili per ottenere informazioni sulle principali sorgenti di aerosol che contribuiscono alle concentrazioni rilevate in uno specifico sito di misura. Le analisi chimiche sono state fatte in parte presso il Dipartimento di Scienza dei Materiali dell'Università di Lecce, ed in parte presso laboratori esterni (Laboratorio Chimico Merceologico della Camera di Commercio di Lecce).

Tabella 3.2) Superamenti osservati della soglia normativa riguardante il PM10. In verde i siti di fondo urbano, in giallo i siti di fondo urbano in prossimità di sorgenti industriali ed in rosso i siti urbani.

<b>Superamenti della soglia giornaliera del PM10</b>	<b>Tutte le tipologie di sito</b>	<b>Solo siti di fondo urbano o siti in vicinanza di zone industriali</b>	<b>Solo siti di fondo urbano</b>
Tutti i superamenti rilevati	46	26	8
Superamenti coincidenti con casi di Sharan Dust	12 (26% del totale)	10 (38% del totale)	6 (75% del totale)

Tabella 3.3) Correlazione fra eventi di Saharan Dust e superamenti della soglia normativa del PM10.

Le tecniche utilizzate sono state sia l'Assorbimento Atomico con fornetto in grafite (GF-AAS) sia la tecnica della spettrometria di emissione atomica con sorgente al plasma accoppiato induttivamente (ICP-AES). Nelle tabelle 3.4 e 3.5 sono riportati i valori medi dei metalli (in termini di ng/Nm<sup>3</sup>) rilevati nelle polveri di PM10 e di PM2.5 per le diverse campagne di misura condotte fra il 2002 ed il 2008. In parentesi è riportata la deviazione standard dei valori di concentrazione giornaliera per indicare la variabilità delle concentrazioni. Nell'ultima colonna delle tabelle si riporta il numero di campioni disponibili su cui è stata fatta l'analisi. I risultati della Tabella 3.4 per il PM10 mostrano che le concentrazioni medie rilevate sono entro i limiti dei valori obiettivo della normativa. Il confronto con la normativa è comunque solo indicativo in quanto i valori indicati nella normativa fanno riferimento a medie annuali mentre le campagne di misura con il Laboratorio Mobile sono rappresentative di periodi più limitati. I risultati indicano che alcuni metalli sono difficili da rilevare nei campionamenti a 24 ore a basso volume. In particolare per l'As è generalmente indicabile solo un livello di soglia e, in alcune campagne di misura, sono state osservate delle difficoltà analoghe anche per il Cd, il V ed il Ni. Il confronto fra le concentrazioni nel PM10 e nel PM2.5 (che non sono necessariamente misurati in maniera simultanea) mostra che le concentrazioni dei metalli di origine crostale (Fe e Mn) sono significativamente più basse nel PM2.5 rispetto a quelle del PM10 mentre per i metalli di origine prevalentemente antropica (Cd, V, Ni, Pb, Zn) le concentrazioni nel PM2.5 sono spesso molto vicine a quelle rilevate nel PM10. Questo è legato al fatto che il particolato primario di origine antropica, spesso legato a fenomeni di combustione ed a processi industriali, è costituito da particelle di piccole dimensioni.

SITO (PM10)	Cd (ng/Nm <sup>3</sup> )	V (ng/Nm <sup>3</sup> )	Fe (ng/Nm <sup>3</sup> )	Al (ng/Nm <sup>3</sup> )	Cu (ng/Nm <sup>3</sup> )	Ni (ng/Nm <sup>3</sup> )	Mn (ng/Nm <sup>3</sup> )	Zn (ng/Nm <sup>3</sup> )	Pb (ng/Nm <sup>3</sup> )	As (ng/Nm <sup>3</sup> )	Cr (ng/Nm <sup>3</sup> )	Sb (ng/Nm <sup>3</sup> )	Ti (ng/Nm <sup>3</sup> )	Giorno di misura
Galatone (fondo urbano)	< 0.02	< 1.2	200.9 (156.6)	/	4.2 (2.3)	< 0.9	0.3 (0.1)	19.7 (14.9)	/	< 0.9	/	/	/	16
Secchi (fondo urbano)	0.3 0.2	< 1.9	233 (73.8)	/	7.7 (8.6)	1.2 (2.7)	7.1 (4.5)	31.3 (22.1)	4.5 (5.9)	< 0.9	1.8 (2.9)	/	/	12
Trepuzzi (fondo urbano)	< 0.4	2.4 (1.0)	141.6 (69.1)	/	4.7 (3.5)	4.9 (6.7)	3.8 (3.0)	10.0 (7.8)	11.6 (27.5)	< 1	5.7 (8.8)	/	/	14
Leverano (fondo urbano)	0.10 (0.06)	0.6 (0.3)	210.6 (57.2)	232.2 (68.7)	5.4 (1.5)	2.7 (4.8)	7.8 (3.0)	12.6 (8.5)	4.8 (2.1)	< 1.0	1.8 (2.3)	< 1.9	16.9 (6.0)	18
Comeneto (fondo + industrial)	< 0.6	1.6 (1.6)	105.1 (74.5)	/	10.9 (6.9)	1.5 (3.6)	< 0.4	58.2 (62.9)	/	< 0.1	/	/	/	19
Maglie (fondo + industrial)	0.2 (0.2)	2.1 (1.9)	242.9 (290.9)	107.4 (59.7)	10.1 (14.0)	6.7 (25.6)	4.0 (5.2)	32.4 (41.7)	14.1 (15.3)	< 1.0	17.2 (70.5)	1.6 (1.8)	3.9 (3.9)	79
Curonara (fondo + industrial)	< 0.2	1.3 (1.0)	254.4 (191.7)	176.6 (122.1)	3.9 (2.4)	< 4.2	4.4 (4.6)	24.0 (31.6)	4.5 (3.2)	< 0.8	< 6.8	< 1.0	8.9 (3.2)	339
Tricase (urbano)	0.2 (0.2)	< 0.3	116.2 (61.3)	/	10.1 (3.1)	< 2.0	< 0.4	38.6 (15.5)	/	0.2 (0.4)	/	/	/	10
Copertino (urbano)	1.7 (2.0)	< 1.8	310.7 (172.5)	/	13.6 (9.2)	< 1.9	5.4 (3.1)	19.2 (16.0)	19.4 (20.8)	< 0.9	0.7 0.7	/	/	14
Nardò (urbano)	< 0.5	2.6 (1.9)	230.7 (88.4)	/	15.4 (8.4)	2.3 (4.4)	5.5 (1.6)	26.9 (14.5)	8.7 (6.6)	< 0.9	3.3 (9.0)	/	/	15
Maglie (urbano)	< 0.4	< 1.8	149.5 (104.9)	/	6.7 (5.1)	3.7 (3.7)	2.8 (1.5)	34.8 (19.3)	10.9 (12.2)	< 0.9	5.4 (6.1)	/	/	11
Lequile (urbano)	< 0.4	1.9 (1.0)	417.2 (120.2)	115.4 (53.8)	13.3 (9.1)	N.R.	5.5 (2.0)	16.0 (6.4)	6.2 (7.3)	< 1.0	N.R.	3.1 (4.4)	< 1.0	14

Tabella 3.4) Riassunto delle concentrazioni medie (ng/Nm<sup>3</sup>) dei metalli in tracce nel PM10 rilevati nei diversi periodi di campionamento. In parentesi la deviazione standard dei valori rilevati.

SITO (PM2.5)	Cd (ng/Nm <sup>3</sup> )	V (ng/Nm <sup>3</sup> )	Fe (ng/Nm <sup>3</sup> )	Al (ng/Nm <sup>3</sup> )	Cu (ng/Nm <sup>3</sup> )	Ni (ng/Nm <sup>3</sup> )	Mn (ng/Nm <sup>3</sup> )	Zn (ng/Nm <sup>3</sup> )	Pb (ng/Nm <sup>3</sup> )	As (ng/Nm <sup>3</sup> )	Cr (ng/Nm <sup>3</sup> )	Sb (ng/Nm <sup>3</sup> )	Ti (ng/Nm <sup>3</sup> )	Giorno di misura
Galatone (fondo urbano)	< 0.02	< 0.9	58.6 (61.5)	/	< 0.2	< 0.9	< 0.2	< 9.7	/	< 0.9	/	/	/	5
Secchi (fondo urbano)	0.2 0.1	< 1.9	49.5 (43.1)	/	4.7 (7.7)	2.1 (3.2)	2.8 (1.3)	32.5 (22.4)	12.6 (22.4)	< 1.2	2.5 (4.4)	/	/	8
Trepuzzi (fondo urbano)	< 0.4	< 1.8	75.4 (56.5)	/	2.5 (1.2)	7.3 (12.9)	2.2 (0.8)	6.0 (2.9)	10.3 (18.1)	< 0.9	2.7 (4.3)	/	/	6
Leverano (fondo urbano)	0.07 (0.05)	0.5 (0.3)	78.0 (18.6)	81.1 (31.4)	2.5 (1.7)	0.8 (0.7)	2.5 (0.7)	7.4 (3.7)	4.3 (2.1)	< 0.9	< 1.1	< 2.1	7.9 (2.9)	8
Collemeto (fondo + industriale)	< 0.4	1.6 (1)	67.4 (24.7)	/	7.4 (4.6)	0.7 (1.0)	< 0.3	42.5 (18.6)	/	< 0.1	/	/	/	7
Maglie (fondo + industriale)	< 0.2	1.5 (0.9)	76.6 (53.8)	65.1 (27.0)	5.2 (6.6)	1.8 (1.8)	1.5 (1.2)	31.8 (34.4)	11.0 (10.1)	< 0.9	2.0 (2.8)	< 1.2	2.4 (1.2)	33
Cutroffiano (fondo + industriale)	< 0.2	< 1.2	118.4 (110.5)	100.0 (63.2)	3.3 (2.6)	< 2.9	3.3 (2.5)	14.6 (5.5)	3.8 (2.4)	< 0.7	< 4.6	< 1.1	3.3 (1.6)	12
Tricase (urbano)	0.5 1.0	< 0.2	28.4 (11.3)	/	10.0 (3.4)	< 1.8 0.5	< 0.2	25.2 (3.7)	/	< 0.02	/	/	/	5
Copertino (urbano)	1.7 1.1	< 1.8	199.9 (156.7)	/	5.0 (3.9)	< 1.8	3.0 (1.4)	14.4 (8.2)	11.8 (6.4)	< 0.9	1.3 (1.1)	/	/	5
Nardò (urbano)	< 0.4	2.1 (0.5)	88.5 (26.0)	/	5.5 (4.0)	1.2 (0.8)	2.8 (0.7)	25.5 (12.4)	7.0 (4.5)	< 0.9	0.5 (0.4)	/	/	7
Maglie (urbano)	< 0.4	< 1.8	51.1 (23)	/	3.1 (1.8)	1.9 (1.3)	1.6 (0.8)	33.9 (36.6)	11.3 (9.2)	< 0.9	2.2 (0.8)	/	/	10
Lequile (urbano)	< 0.4	2.4 (1.6)	144.7 (111.0)	51.0 (57.0)	< 6.5	< 1.7	2.6 (1.9)	< 12.6	5.9 (6.7)	< 0.9	< 1.3	< 1.0	< 0.9	7

Tabella 3.5 Riassunto delle concentrazioni medie (ng/Nm<sup>3</sup>) dei metalli in tracce nel PM2.5 rilevati nei diversi periodi di campionamento. In parentesi la deviazione standard dei valori rilevati.



## CONCLUSIONI



Lo studio presentato in questo rapporto fornisce indicazioni sulla qualità dell'aria nella Provincia di Lecce nell'anno 2008 sia per quanto riguarda gli inquinanti gassosi sia per il particolato atmosferico. I rilevamenti degli inquinanti gassosi della rete di monitoraggio della Provincia di Lecce indicano una criticità sulle concentrazioni di ozono mentre le concentrazioni degli altri gas analizzati (NO<sub>2</sub>, NO, SO<sub>2</sub>, Benzene, CO) sono entro i limiti normativi in tutti i siti monitorati. Una prima criticità osservata riguarda le concentrazioni di ozono che possono essere elevate prevalentemente nel periodo estivo essendo l'ozono un inquinante secondario la cui produzione aumenta in condizioni di forte irraggiamento solare. Una seconda criticità osservata riguarda le concentrazioni del particolato atmosferico nella frazione PM10. In diversi siti di misura sono stati osservati superamenti della soglia normativa (D.M. 60/2002) relativa alla concentrazione media giornaliera (50 µg/m<sup>3</sup>). In alcuni casi (Maglie, Nardò e Tricase) i superamenti hanno interessato più giorni successivi.

Le principali sorgenti di polveri che insistono sul territorio provinciale sono sia le sorgenti locali sia il trasporto a media e lunga distanza. Le sorgenti locali sono il traffico veicolare ed il riscaldamento domestico ed in alcuni casi (Maglie, Cutrofiano) anche le sorgenti industriali. Le intrusioni di polveri Africane sono invece un esempio di trasporto a lunga distanza che influenza soprattutto i siti di fondo urbano ed è più frequente nel Salento nel periodo primaverile ed estivo. E' utile osservare che nella campagna di misura di Maglie dell'ottobre 2008 sono stati osservati dei picchi di concentrazione di polveri, particelle ultrafini e gas di combustione nelle ore serali e, in alcuni casi, in quelle notturne che sono associabili ad emissioni di combustione di biomasse nelle zone di fondo dovute alle pratiche agricole.

E' interessante sottolineare che durante alcune campagne di misura a Maglie (Dicembre 2007 e Ottobre 2008) sono state svolte rilevazioni della concentrazione di particelle ultrafini atmosferiche (o particelle ultrafini) che non solo sono utili ad interpretare i dati e ad evidenziare le sorgenti antropiche cittadine (traffico veicolare) ma sono anche le uniche misure di concentrazione di particelle ultrafini attualmente disponibili nell'area salentina.

Le concentrazioni medie dei metalli nel particolato atmosferico sono generalmente inferiori ai valori obiettivo indicati dal DL.vo n. 152/2007 e dal DM n. 60/2002. Si deve comunque sottolineare che il confronto è indicativo in quanto sarebbe necessario utilizzare un anno di dati nello stesso sito di misura. Sono state osservate correlazioni fra ferro e manganese e alluminio in diversi siti di misura che indicano la presenza di minerali cristallini nelle polveri atmosferiche sia dovuti a sorgenti naturali (ad esempio erosione del suolo, sollevamento eolico) sia a sorgenti antropiche (sollevamento di polveri da parte del traffico veicolare). Nelle campagne di misura svolte a Maglie è stata osservata una correlazione fra nickel e cromo che indica un probabile contributo da sorgente industriale. Inoltre, durante la campagna di misura di Dicembre 2007 è stata osservata una stretta correlazione fra le concentrazioni dei metalli antropici (Pb, Zn e Cu) e la direzione del vento con picchi nella direzione compatibile con le emissioni della zona industriale. L'analisi del fattore di arricchimento crostale nei diversi siti di misura ha evidenziato che i metalli più arricchiti e quindi di probabile origine antropica sono Pb, Zn, Cd e Cu.

Nella Tabella successiva si riporta un riassunto della situazione relativa alla qualità dell'aria nella Provincia di Lecce.

Inquinante	Giudizio	Inquinante	Giudizio
Biossido di zolfo - SO <sub>2</sub>		Ozono - O <sub>3</sub>	
Ossido di carbonio - CO		Benzene - B	
Biossido di azoto - NO <sub>2</sub>		Polveri - PM10	
Ossidi di azoto - NO <sub>x</sub>		Metalli nel particolato (PM10 e PM2.5)	

*Tabella riassuntiva della qualità dell'aria in Provincia di Lecce.*

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Barrefors G., “Monitoring of benzene, toluene and p-xilene in urban air with differential optical absorption spectroscopy technique”, *The Science of the Total Environment*, 189/190, (1996), 287-292.

Belosi F., Contini D., Donateo A., Prodi F., “Measurements of atmospheric aerosol in the Salentum Peninsula and its correlation with local meteorology”, *Il Nuovo Cimento C* 29, N. 4, pp. 473-486, 2006.

CAFE Working Group on Particulate Matter, dicembre 2004

Contini D., Cesari D., Donateo A., Belosi F., Marzo 2006. “Monitoraggio di aerosol a Seclì”, relazione tecnica per l’ufficio Ambiente della Provincia di Lecce.

Contini D., Cesari D., Donateo A., Belosi F., 2008a. “Monitoraggio di aerosol a Maglie”, relazione tecnica per l’ufficio Ambiente della Provincia di Lecce.

Contini D., C. Mangia, F. Belosi, D. Cesari, D. Conte, A. Donateo, S. Francioso, G. Gioia, G.P. Marra, M. Miglietta, U. Rizza, I. Schipa, A. Tanzarella, 2008b. Studio di qualità dell’aria nella Provincia di Lecce. A cura di D. Contini & S. Francioso, Casa Editrice Salentina.

Da Silva L. I. D., De Sarkis S. J. E., Zotin Z. F. M., Carneiro M. C., Neto A. A., Da Silva A., Cardoso M. J. B., Monteiro M. I. C., 2008. “Traffic and catalytic converter – Related atmospheric contamination in the metropolitan region of the city of Rio de Janeiro, Brazil”, *Chemosphere* 71, pp. 677-684.

Donateo A., Contini D., Belosi F., 2006. “Real time measurements of PM<sub>2.5</sub> concentrations and vertical turbulent fluxes using an optical detector”, *Atm. Env.* 40, pp.1346-1360.

Elbir T., Cetin B., Cetin E., Bayram A., Odabasi M., 2006. “Characterization of Volatile Organic Compounds (VOCs) and their sources in the air of Izmir, Turkey”, *Environ. Monit. Assess.* 133, pp. 149-160.

Hadley A., Toumi R., “Assessing changes to the probability distribution of sulphur dioxide in the UK using a lognormal model”, *Atmos. Env.*, 37, 1461-1474, 2003

Hoque R. R., Khillare P.S., Agarwall T., Shridhar V., Balachandran S., 2008. “Spatial and temporal variation of BTEX in the urban atmosphere of Delhi, India”, *Sci. Total. Environ.* 392, pp. 30-40.

Khoder M. I., 2007. “Ambient levels of volatile organic compounds in the atmosphere of Greater Cairo”, *Atm. Env.* 41, pp. 554-566.

Marcazzan G. M., Vaccaro S., Valli G., Vecchi R., 2001. “Characterisation of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> particulate matter in the ambient air of Milan (Italy)”, *Atm. Env.* 35, pp. 4639-4650.

Marcazzan G.M., Valli G., Vecchi R., 2002. “Factors influencing mass concentration and chemical composition of fine aerosols during a PM high pollution episode”, *The Science of the Total Environm.* 298, pp. 65-79.

Marcazzan G.M., Ceriani M., Valli G., Vecchi R., 2003. “Source apportionment of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> in Milan (Italy) using receptor modelling”, *The Science of the Total Environment*, 317, pp. 137-147.

Marcazzan G.M., Ceriani M., Valli G., Vecchi R., 2004. “Composition, components and sources of fine aerosol fractions using multielemental EDXRF analysis”, *X-Ray Spectrom.* 33, pp. 267-272.

- Muezzinoglu A., Odabasi M., Onat L., 2001. "Volatile organic compounds in the air of Izmir, Turkey", *Atm. Env.* 35, 753-760.
- Moreno T., Querol X., Alastuey A., Viana M., Salvador P., Sánchez de la Campa A., Artiñano B., de la Rosa J., Gibbons W., 2006. "Variations in atmospheric PM trace metal content in Spanish towns: Illustrating the chemical complexity of the inorganic urban aerosol cocktail", *Atm. Env.* 40, pp. 6791-6803.
- Ott W.R., "A physical explanation of the lognormality of pollutant concentrations", *J. Air Waste Manage. Assoc.*, 40, 1378-1383, 1990
- Querol X., Alastuey A., Rodriguez S., Plana F., Ruiz C. R., Cots N., Massagué G., Puig O., 2001. "PM10 and PM2.5 source apportionment in the Barcelona metropolitan area, Catalonia, Spain", *Atm. Env.* 35, pp. 6407-6419.
- Schneider P., Gebefügi i., Richter K., Wölke G., Schnelle J., Wichmann H. E., Heinrich J., INGA Study Group, "Indoor and outdoor BTX levels in German cities", *The Science of the Total Environment*, 267, (2001), 41-51.
- Sternbeck J., Sjodin A., Andreasson K., 2002. "Metal emissions from road traffic and the influence of resuspension – results from two tunnel studies", *Atmospheric Environments* 36, pp. 4735-4744.
- Vecchi R., Marcazzan G., Valli G., Ceriani M., Antoniazzi C., 2004. "The role of atmospheric dispersion in the seasonal variation of PM1 and PM2.5 concentration and composition in the urban area of Milan (Italy)". *Atm. Env.* 38, pp. 4437-4446.
- Vega E., Reyes E., Sánchez G., Ortis E., Ruiz M., Chow J., Watson J., Edgerton S., 2002. "Basic statistics of PM2.5 and PM10 in the atmosphere of Mexico City", *The Science of the Total Environment* 287, pp. 167-176.
- Wedepohl K.H., 1995. "The composition of the continental crust", *Geoch. Et Cosmoch. Acta* 59, pp. 1217-1232.
- Williams P. I., Gallagher M. W., Choularton T. W., Coe H., Bower K. N., McFiggans G., 2000. "Aerosol development and interaction in an urban plume", *Aerosol Science and Technology* 32, pp. 120-126.
- World Health Organization, 2000. "Air quality guidelines for Europe". 2nd ed. Copenhagen: Regional Office for Europe. WHO Regional Publications, European Series, no. 91.