

Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria con laboratorio mobile



Sito di monitoraggio: **comune di Cassano Murge (BA)**

Periodo di osservazione: **15/03/07– 10/05/07**

***Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria con laboratorio mobile
P.za Aldo Moro - Cassano Murge (LE)***

<i>Richiedente</i>	Comune di Cassano Murge, nota prot. 11727 del 25/07/06
<i>Sito di monitoraggio</i>	Comune di Cassano Murge (BA) – Villa Comunale (P.za Dante Alighieri)
<i>Periodo di monitoraggio</i>	15/03/07 – 10/05/07
<i>Cronologia della campagna di monitoraggio</i>	Il laboratorio mobile (installato su veicolo FIAT DUCATO, targa CK 711 RT) per il monitoraggio della qualità dell'aria è stato posizionato nel sito di monitoraggio il 14/03/07. Il giorno successivo gli strumenti sono stati attivati e calibrati dai tecnici della Project Automation S.p.A. Il primo giorno valido per la raccolta dati è il 15/03/07, l'ultimo il 10/05/07, per complessivi 44 giorni di campionamento. L'alimentazione di corrente al mezzo è stata interrotta per circa due settimane durante la campagna di monitoraggio a causa della scadenza del contratto tra il Comune di Cassano e l'ENEL per la fornitura di energia elettrica.
<i>Gruppo di lavoro</i>	Il laboratorio mobile è in dotazione al Dipartimento Provinciale di Bari dell'ARPA Puglia. I dati sono stati gestiti, validati ed elaborati secondo il protocollo interno di ARPA Puglia, dal dott. Lorenzo ANGIULI e dalla dott.sa Alessandra NOCIONI, della Task Force del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, a supporto di ARPA Puglia, sotto il coordinamento del dott. Roberto GIUA.

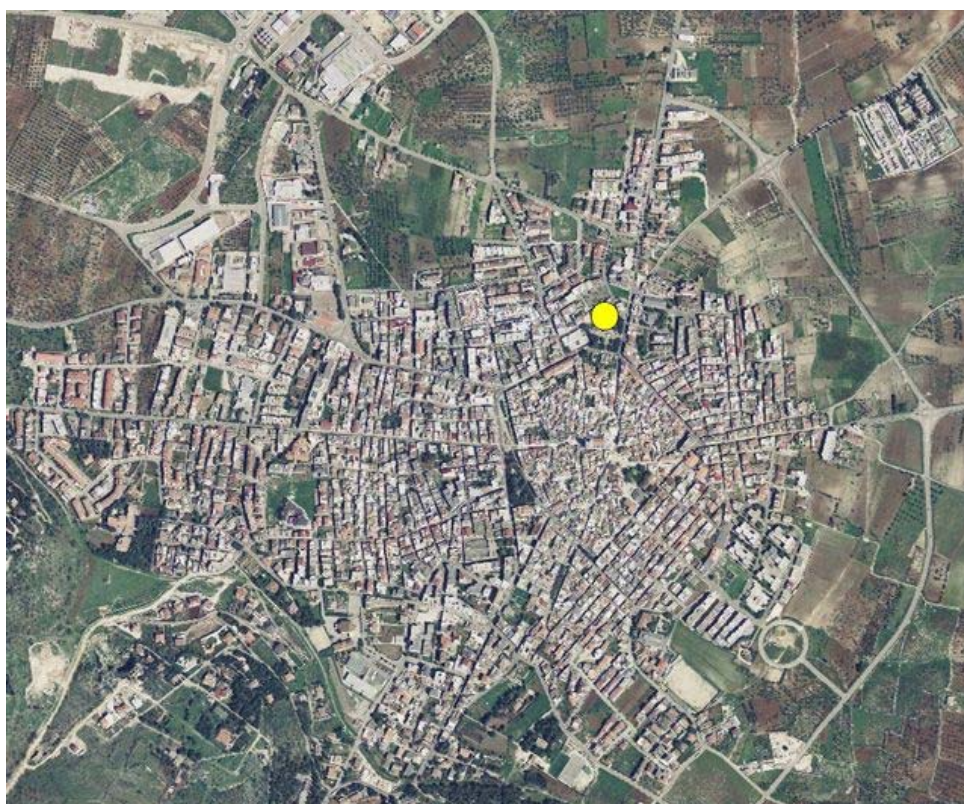
Indice

1. Introduzione alla Relazione Tecnica	pag. 4
1.1 Sito di monitoraggio	
1.2 Inquinanti monitorati	
1.3 Parametri meteorologici rilevati	
1.4 Riferimenti normativi	
1.5 Numero di superamenti dei valori limite e bersaglio rilevati	
2. Elementi in evidenza	pag. 6
2.1 Andamento del PM10	
2.2 Correlazione tra inquinanti	
2.5 Giorno tipo di PM10, NO2, Benzene, CO	
2.6 2.7 Considerazioni sull'Ozono	
2.8 Altri inquinanti	
Allegato I: Grafici riassuntivi delle concentrazioni di inquinanti registrate	pag. 12
Allegato II: Tabelle riassuntive delle concentrazioni di inquinanti registrate	pag. 15
Allegato III: Efficienza di campionamento	pag. 19
Allegato IV: Informazioni sulla strumentazione e sulle metodologie di analisi	pag. 19

1. Sintesi della Relazione Tecnica

1.1 Sito di monitoraggio

Il laboratorio mobile è stato posizionato all'interno della Villa Comunale, in Piazza Dante Alighieri. Il sito presenta caratteristiche analoghe a quelle di una stazione di monitoraggio urbana come evidenziato dall'ortofoto seguente.



1.2 Inquinanti monitorati

Il laboratorio mobile è dotato di analizzatori automatici per il campionamento e la misura in continuo degli inquinanti chimici individuati dalla normativa vigente in materia, ovvero: monossido di carbonio (CO), ossidi di azoto (NOx), biossido di zolfo (SO₂), ozono (O₃), benzene, toluene, o-xilene (BTX), PM₁₀.

1.3 Parametri meteorologici rilevati

Il laboratorio mobile permette inoltre la misurazione dei seguenti parametri meteorologici: temperatura (°C), Direzione Vento Prevalente (DVP), Velocità Vento prevalente (VV, m/s), Umidità relativa (%), Pressione atmosferica (mbar), Radiazione solare globale (W/m²), Pioggia (mm).

1.4 Riferimenti normativi

Si fa riferimento al D. M. 60/02 per PM₁₀, CO, NO₂ e Benzene e al D. Lgs. 183/04 per l'ozono.

1.5 Numero di superamenti dei valori limite e bersaglio rilevati

	SITO MEZZO MOBILE	NO ₂ Biossido di azoto (media oraria)		PM ₁₀ polveri sottili (media giornaliera)		O ₃ Ozono (media di 8 ore)	
		N. superamenti rilevati	Giorni di campionamento	N. superamenti rilevati	Giorni di campionamento	N. superamenti rilevati	Giorni di campionamento
		0	22	0	39	13	44
<i>N. superamenti ammessi nell'anno civile 2007 (D.M. 60/02 e D.Lgs. 183/04)</i>		18	-	35	-	25	-
<i>Valore limite (D.M. 60/02) [µg/m³] (1)</i>		230	-	50	-	-	-
<i>Valore bersaglio (D. Lgs. 183/04) [µg/m³]</i>		-	-	-	-	120	120

(1) Il *valore limite* è il livello che non deve essere superato nel periodo di osservazione. Nel caso di superamento del valore limite, nell'arco dell'anno civile, per un numero di volte maggiore rispetto a quello indicato in tabella, le Regioni inseriranno la zona interessata in una lista di aree per le quali verranno redatti specifici piani o programmi di risanamento.

2 Elementi in evidenza

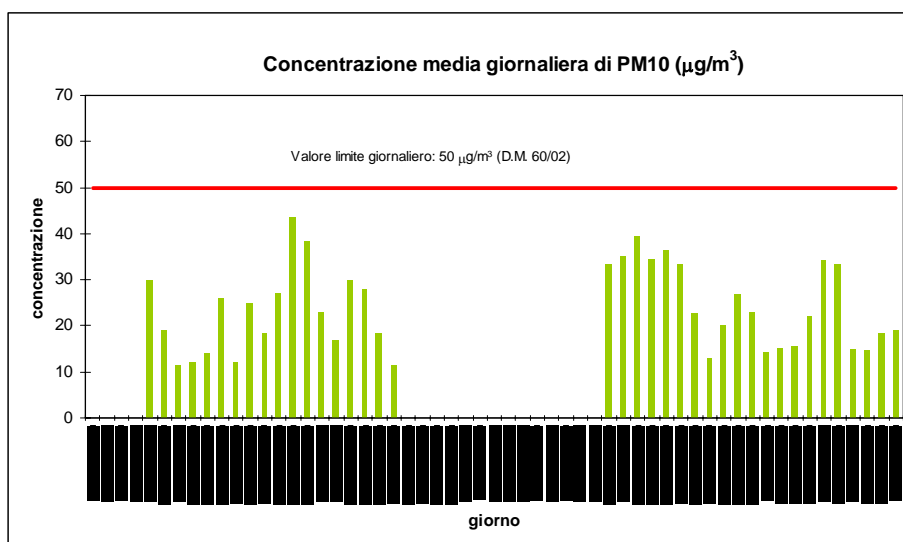
2.1 Andamento del PM10

Come è noto, il PM10 è l'insieme delle particelle con diametro inferiore a 10 μm , ovvero delle polveri inalabili, in grado di raggiungere l'area bronchiale dell'apparato respiratorio. Il PM10 presente in atmosfera è costituito da una frazione primaria, emessa tal quale dalle fonti di emissione, e da una frazione secondaria, che si genera in seguito a trasformazioni di precursori (principalmente ossidi di zolfo e di azoto, composti organici, ammoniaca). Nelle aree urbane il PM10 secondario rappresenta mediamente il 50% del totale, mentre nelle aree rurali arriva a pesare fino al 70-80%. Le politiche di riduzione del PM10 non sono di conseguenza di facile attuazione. Infatti, mentre per biossido di zolfo, piombo, benzene e monossido di carbonio la riduzione delle quantità immesse in atmosfera dalle varie fonti ha portato a nette diminuzioni di concentrazioni misurate, per abbattere i livelli di PM10, oltre alle emissioni dirette della componente primaria, è necessario ridurre anche quelle dei composti precursori della componente secondaria, ovvero una serie di composti molto diversi.

Le principali sorgenti di particolato sono: le centrali termoelettriche, le industrie metallurgiche, il traffico ed i processi naturali quali le eruzioni vulcaniche. Il particolato arrecava danni soprattutto al sistema respiratorio; tali danni sono dovuti, in maniera rilevante, alle specie assorbite o adsorbite sulle particelle inalate.

Il particolato rappresenta una criticità che si acutizza nei nuclei urbani caratterizzati da una qualità dell'aria scadente, a causa del contributo sostanziale alle emissioni da parte del traffico autoveicolare.

Il grafico seguente riporta le concentrazioni medie giornaliere registrate durante la campagna di monitoraggio. Nei 39 giorni di dati validi per il particolato sottile (PM10), non sono stati registrati superamenti del valore limite giornaliero di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ che nell'arco di un anno può essere superato 35 volte, come indicato nel D.M. 60/02.



I valori medi giornalieri di PM10 registrati sono riportati di seguito.

data	Concentrazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Livello di allarme
15/03/07	N.D.	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
16/03/07	N.D.	
17/03/07	N.D.	
18/03/07	N.D.	
19/03/07	30	
20/03/07	19	
21/03/07	11	
22/03/07	12	
23/03/07	14	
24/03/07	26	
25/03/07	12	
26/03/07	25	
27/03/07	18	
28/03/07	27	
29/03/07	44	
30/03/07	38	
31/03/07	23	
01/04/07	17	
02/04/07	30	
03/04/07	28	
04/04/07	19	
05/04/07	11	
06/04/07	N.D.	
07/04/07	N.D.	
08/04/07	N.D.	
09/04/07	N.D.	
10/04/07	N.D.	
11/04/07	N.D.	
12/04/07	N.D.	
13/04/07	N.D.	
14/04/07	N.D.	
15/04/07	N.D.	
16/04/07	N.D.	
17/04/07	N.D.	
18/04/07	N.D.	
19/04/07	N.D.	
20/04/07	33	
21/04/07	35	
22/04/07	39	
23/04/07	34	
24/04/07	36	
25/04/07	33	
26/04/07	23	
27/04/07	13	
28/04/07	20	
29/04/07	27	
30/04/07	23	
01/05/07	14	
02/05/07	15	
03/05/07	15	
04/05/07	22	
05/05/07	34	
06/05/07	33	
07/05/07	15	
08/05/07	15	
09/05/07	19	
10/05/07	19	

2.2 Correlazione tra inquinanti

Di sotto sono riportati i coefficienti di correlazione degli inquinanti PM₁₀, NO₂, SO₂, Benzene, CO e ozono.

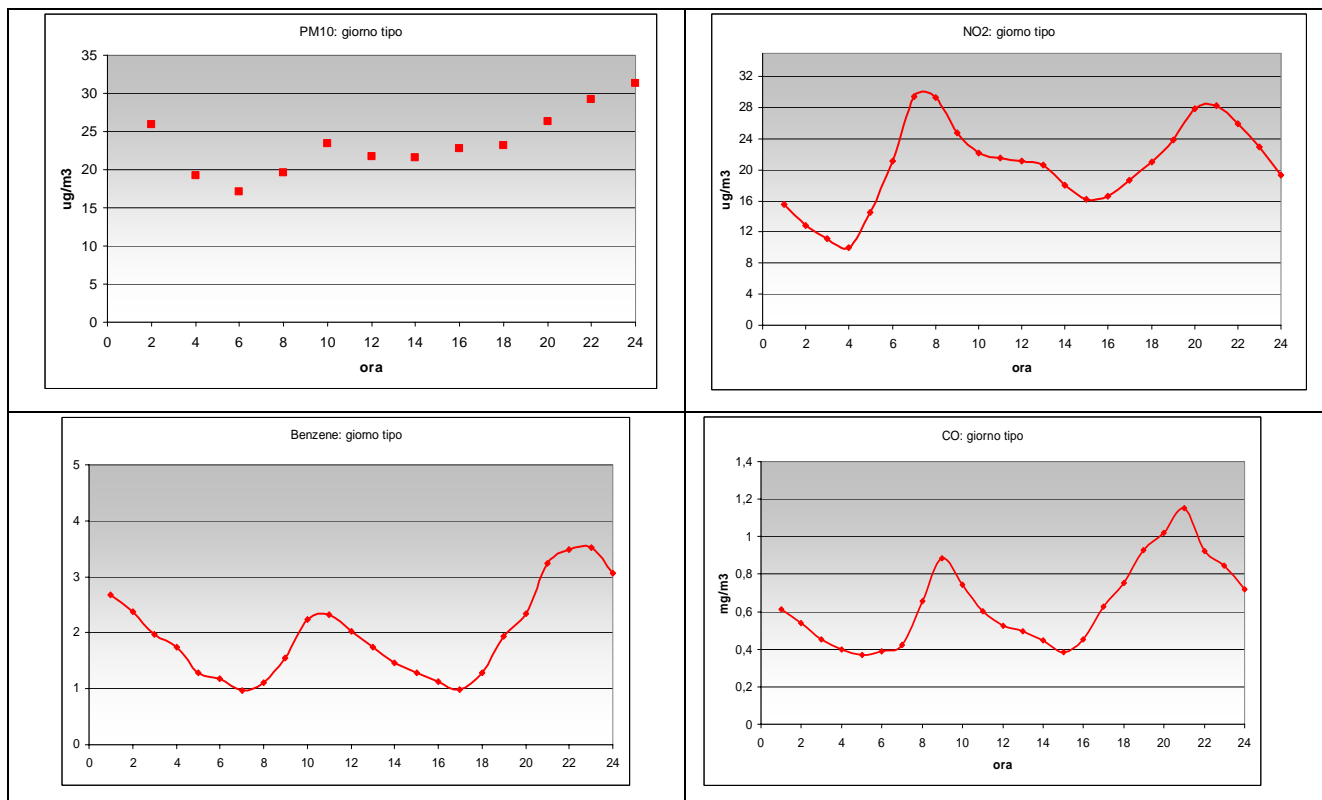
	so2	no2	co	o3	pm10	benzene
so2	1	-0,208681	0,192609	-0,14063	-0,242425	-0,393104
no2		1	0,69238	-0,245277	0,218946	0,673432
co			1	-0,601723	0,143983	0,495585
o3				1	0,04396	-0,131041
pm10					1	0,452012
benzene						1

Si rileva la correlazione elevata tra NO₂ e CO (0,69) e NO₂ e benzene (0,67); è discreta tra PM₁₀ e Benzene (0,45). Questo dato supporta l'ipotesi dell'esistenza di almeno una sorgente comune per questi tre inquinanti che, essendo il benzene un componente della benzina per autotrazione, può essere identificata con il traffico veicolare.

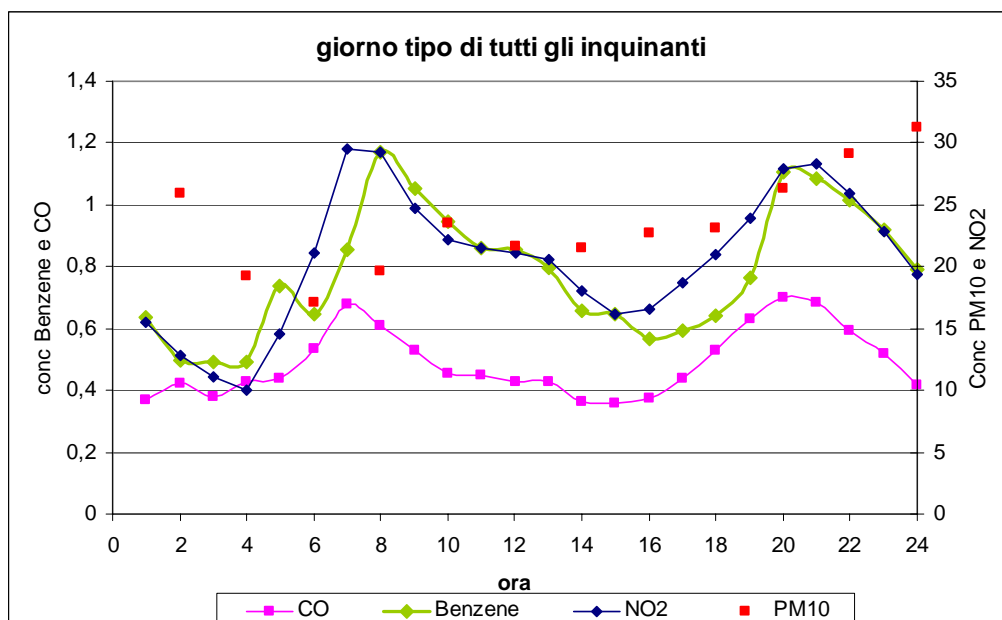
Per il PM₁₀ i coefficienti di correlazione con gli altri inquinanti sono molto bassi. Solo col benzene, come già detto (0,45) c'è parziale correlazione, a indicare un verosimile apporto del traffico alle concentrazioni misurate. Ricordiamo in ogni caso che le concentrazioni medie giornaliere rilevate sia per il benzene che per il PM₁₀ sono sempre al di sotto dei limiti normativi indicati nel DM 60/02.

2.3 Giorno tipo di PM₁₀, NO₂, Benzene, CO

I grafici seguenti mostrano il giorno tipo di PM₁₀, NO₂, benzene e CO.



Il grafico che segue riporta il confronto tra il giorno tipo dei 4 inquinanti



NO₂, CO e benzene hanno, nel corso della giornata, un andamento analogo caratterizzato da un picco nelle prime ore del mattino (intorno alle 8), un decremento nella parte centrale della giornata, un ulteriore picco in serata (dalle 20 alle 21) e infine un decremento notturno.

Per il PM10 l'andamento è leggermente differente. Esso si caratterizza per i massimi notturni (intorno alla mezzanotte), per un leggero incremento nelle ore centrali della giornata (intorno alle 10) e per l'assenza dei due marcati picchi della mattina e della sera che si hanno per gli altri inquinanti.

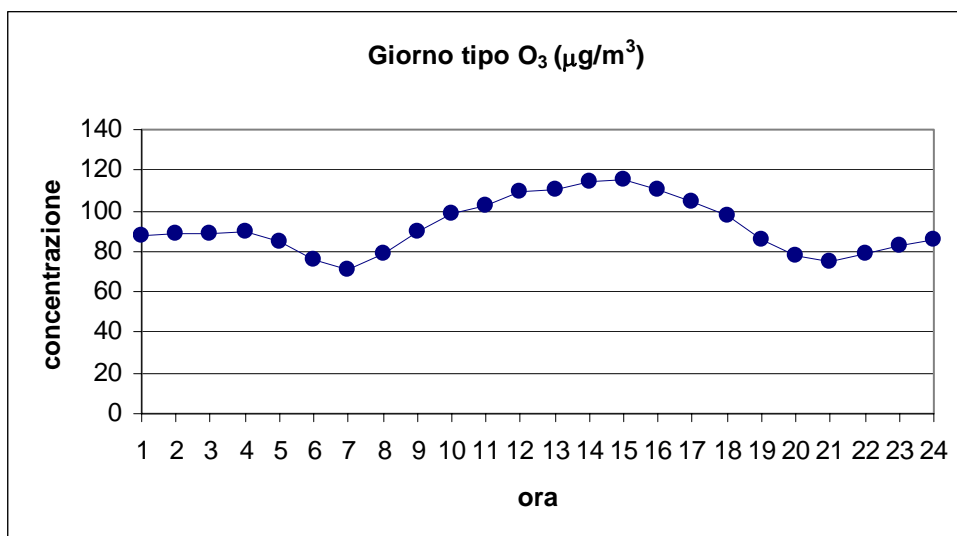
Pertanto, mentre l'andamento di NO₂, Benzene e CO (con i due massimi giornalieri nelle ore di maggior circolazione degli autoveicoli) ricalca il comportamento classico di tutti i siti di monitoraggio urbani in cui la fonte principale d'inquinanti è il traffico, il PM10 ha un comportamento difforme a quanto usualmente registrato in siti di tale specie.

2.4 Considerazioni sull'Ozono

La formazione dell'ozono (O₃) nella parte bassa dell'atmosfera è legata alla presenza di altri inquinanti (precursori) in concomitanza di fattori meteo-climatici favorevoli (elevata Radiazione solare e alte Temperature); le concentrazioni più elevate vengono generalmente riscontrate nella stagione calda (periodo primaverile ed estivo) a causa del forte irraggiamento solare.

I dati rilevati confermano quanto detto. Per questo inquinante sono stati registrati alcuni superamenti di un limite previsto dalla normativa attualmente in vigore, fissato dal D. Lgs. 183/04, che non è neanche il limite più stringente, e cioè del livello di protezione della salute umana di 120 µg/m³, calcolato sulla media mobile di 8 ore.

Si tratta di una situazione ricorrente nel periodo estivo in aree estese e in particolari condizioni climatiche.



Si registrano i valori massimi delle concentrazioni di ozono nelle ore centrali della giornata, quando le Temperature sono più elevate e la radiazione solare globale è elevata; in tali condizioni è catalizzata la formazione di questo inquinante a partire da inquinanti primari.



Per tutti gli altri inquinanti monitorati, i valori registrati sono al di sotto dei limiti di legge. Il confronto tra le concentrazioni rilevate durante la campagna di monitoraggio ed i valori limite imposti dalla normativa sono riportati nell'**allegato I** (Grafici 1 - 5) e nell'**allegato II** (Tabelle A - D).

Le determinazioni sperimentali, compatibilmente con la durata limitata della campagna di monitoraggio, possono venire confrontate con i valori limite previsti dalla normativa.

Bari, settembre 2007

Il Dirigente Unità Operativa **ARIA**

Dott. Roberto **GIUA**

Dott. Lorenzo **ANGIULI**

(Task Force MATTM)

Dott.ssa Alessandra **NOCIONI**

(Task Force MATTM)

I dati contenuti nella presente relazione sono messi a disposizione del Comune di Andria da parte di ARPA Puglia che ne detiene la proprietà. I due Enti potranno utilizzarli per i rispettivi fini istituzionali.

Allegato I - Grafici riassuntivi delle concentrazioni di inquinanti

Grafico 1 – Concentrazione oraria massima giornaliera di SO₂ (µg/m³)

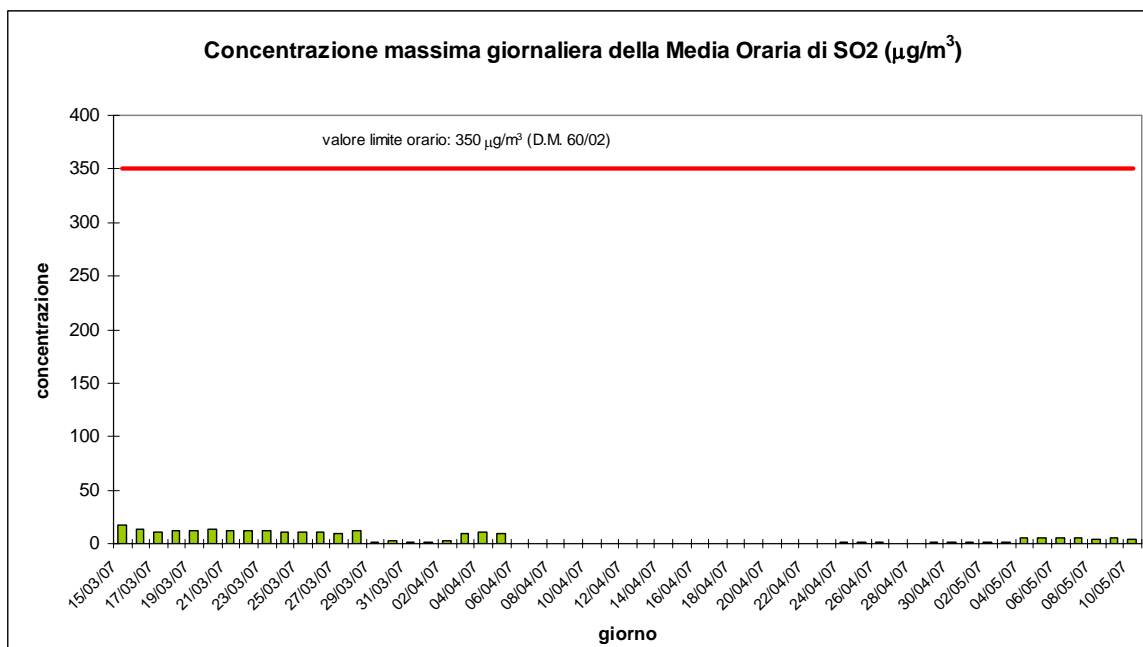
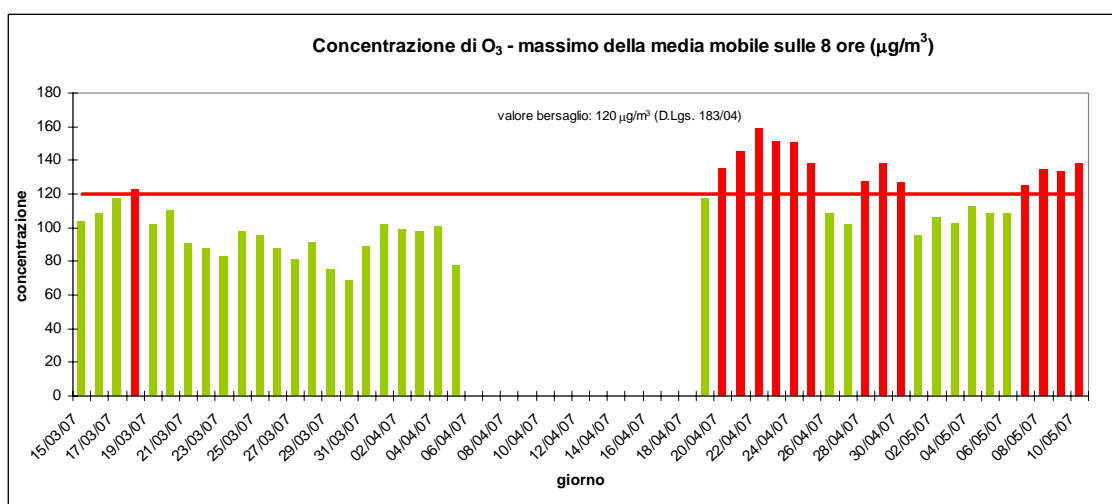


Grafico 2 - Concentrazione massima della media mobile sulle 8 ore di O₃ (valore bersaglio) (µg/m³)



NOTA: la media mobile di 8 ore è la media di ogni periodo di 8 ore consecutive. In pratica, il primo periodo di 8 ore di ogni singolo giorno è quello compreso tra le ore 17:00 del giorno prima e le ore 01:00 del giorno stesso; l'ultimo periodo di 8 ore per ogni giorno sarà quello compreso tra le ore 16:00 e le ore 24:00 del giorno stesso.

Grafico 3 - Concentrazione massima giornaliera della Media Oraria di NO₂ (µg/m³)

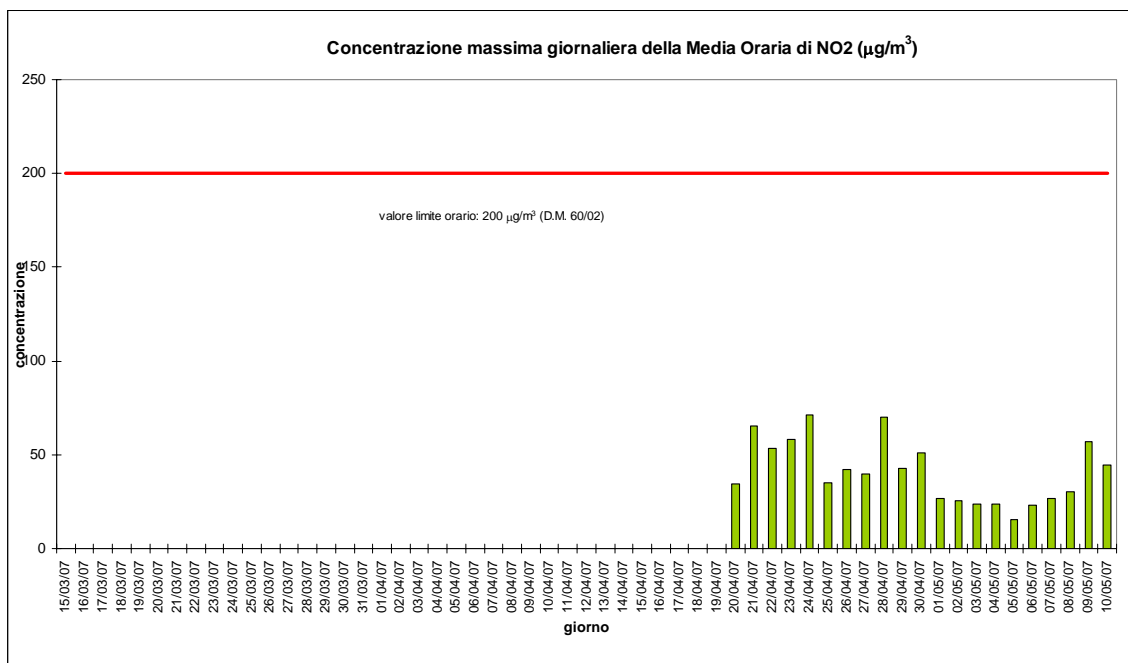


Grafico 4 - Concentrazione giornaliera di Benzene (µg/m³)

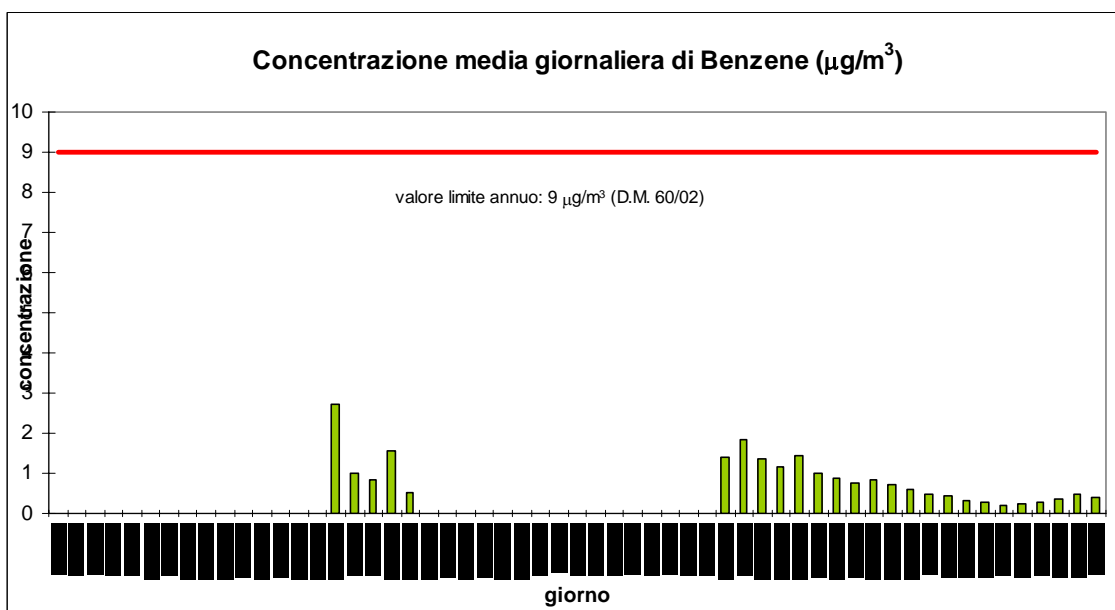
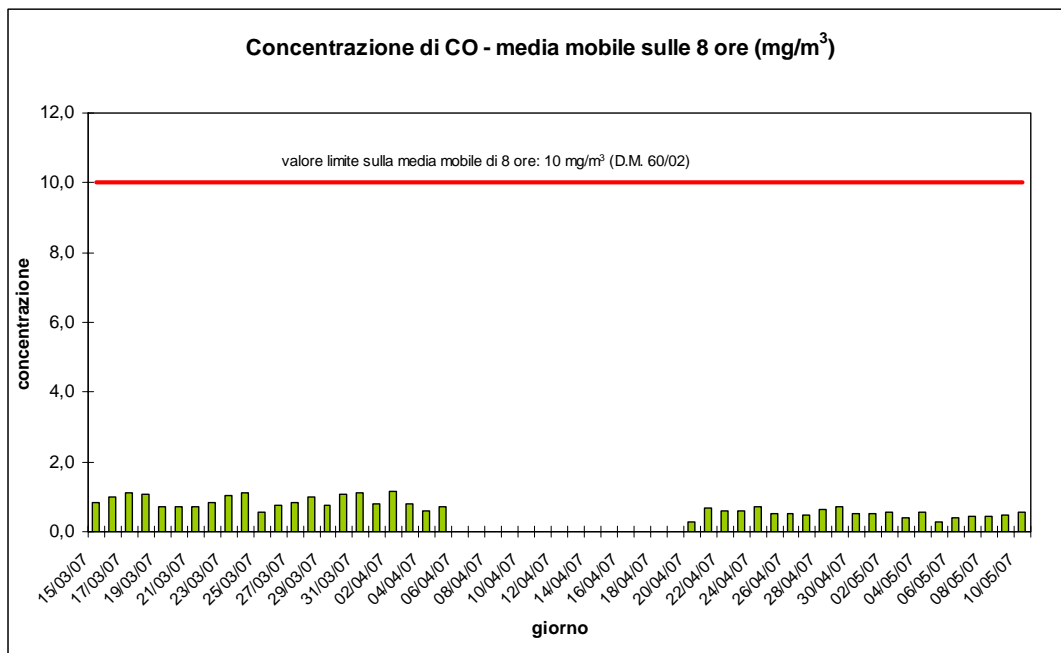


Grafico 5 - Concentrazione di CO - media mobile sulle 8 ore (mg/m³)



Allegato II - Tabelle riassuntive delle concentrazioni di inquinanti

Tabella A – Valore massimo giornaliero della media mobile sulle 8 ore di O₃ (µg/m³) e Temperatura (°C)

data	Concentrazione	Valore limite	Temperatura (°C)
15/03/07	104	120 µg/m ³	13
16/03/07	108		13
17/03/07	117		13
18/03/07	123		14
19/03/07	102		12
20/03/07	110		8
21/03/07	91		6
22/03/07	88		7
23/03/07	83		7
24/03/07	98		8
25/03/07	96		10
26/03/07	88		9
27/03/07	81		8
28/03/07	91		10
29/03/07	75		11
30/03/07	68		10
31/03/07	88		11
01/04/07	102		12
02/04/07	99		12
03/04/07	98		11
04/04/07	101		9
05/04/07	78		9
06/04/07	N.D.		N.D.
07/04/07	N.D.		N.D.
08/04/07	N.D.		N.D.
09/04/07	N.D.		N.D.
10/04/07	N.D.		N.D.
11/04/07	N.D.		N.D.
12/04/07	N.D.		N.D.
13/04/07	N.D.		N.D.
14/04/07	N.D.		N.D.
15/04/07	N.D.		N.D.
16/04/07	N.D.		N.D.
17/04/07	N.D.		N.D.
18/04/07	N.D.		N.D.
19/04/07	117		19
20/04/07	135		17
21/04/07	145		18
22/04/07	159		18
23/04/07	151		20
24/04/07	150		21
25/04/07	138		16
26/04/07	108		13
27/04/07	102		13
28/04/07	128		15
29/04/07	138		17
30/04/07	127		16
01/05/07	96		13
02/05/07	106		15
03/05/07	103		16
04/05/07	113	16	
05/05/07	108	17	
06/05/07	108	17	
07/05/07	125	17	
08/05/07	135	18	
09/05/07	133	21	
10/05/07	138	22	

NOTA: la media mobile di 8 ore è la media di ogni periodo di 8 ore consecutive. In pratica, il primo periodo di 8 ore di ogni singolo giorno è quello compreso tra le ore 17:00 del giorno prima e le ore 01:00 del giorno stesso; l'ultimo periodo di 8 ore per ogni giorno sarà quello compreso tra le ore 16:00 e le ore 24:00 del giorno stesso.

Tabella B – Valore orario massimo giornaliero di NO₂ (µg/m³)

data	Concentrazione	Valore limite
15/03/07	N.D.	200 µg/m ³
16/03/07	N.D.	
17/03/07	N.D.	
18/03/07	N.D.	
19/03/07	N.D.	
20/03/07	N.D.	
21/03/07	N.D.	
22/03/07	N.D.	
23/03/07	N.D.	
24/03/07	N.D.	
25/03/07	N.D.	
26/03/07	N.D.	
27/03/07	N.D.	
28/03/07	N.D.	
29/03/07	N.D.	
30/03/07	N.D.	
31/03/07	N.D.	
01/04/07	N.D.	
02/04/07	N.D.	
03/04/07	N.D.	
04/04/07	N.D.	
05/04/07	N.D.	
06/04/07	N.D.	
07/04/07	N.D.	
08/04/07	N.D.	
09/04/07	N.D.	
10/04/07	N.D.	
11/04/07	N.D.	
12/04/07	N.D.	
13/04/07	N.D.	
14/04/07	N.D.	
15/04/07	N.D.	
16/04/07	N.D.	
17/04/07	N.D.	
18/04/07	N.D.	
19/04/07	N.D.	
20/04/07	34	
21/04/07	65	
22/04/07	53	
23/04/07	58	
24/04/07	71	
25/04/07	35	
26/04/07	42	
27/04/07	40	
28/04/07	70	
29/04/07	43	
30/04/07	51	
01/05/07	27	
02/05/07	25	
03/05/07	24	
04/05/07	24	
05/05/07	16	
06/05/07	23	
07/05/07	27	
08/05/07	30	
09/05/07	57	
10/05/07	45	

Tabella C - Concentrazione media giornaliera di Benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

data	Concentrazione	Valore limite + Margine di tolleranza
15/03/07	N.D.	$9 \mu\text{g}/\text{m}^3$
16/03/07	N.D.	
17/03/07	N.D.	
18/03/07	N.D.	
19/03/07	N.D.	
20/03/07	N.D.	
21/03/07	N.D.	
22/03/07	N.D.	
23/03/07	N.D.	
24/03/07	N.D.	
25/03/07	N.D.	
26/03/07	N.D.	
27/03/07	N.D.	
28/03/07	N.D.	
29/03/07	N.D.	
30/03/07	2,7	
31/03/07	1,0	
01/04/07	0,8	
02/04/07	1,6	
03/04/07	0,5	
04/04/07	N.D.	
05/04/07	N.D.	
06/04/07	N.D.	
07/04/07	N.D.	
08/04/07	N.D.	
09/04/07	N.D.	
10/04/07	N.D.	
11/04/07	N.D.	
12/04/07	N.D.	
13/04/07	N.D.	
14/04/07	N.D.	
15/04/07	N.D.	
16/04/07	N.D.	
17/04/07	N.D.	
18/04/07	N.D.	
19/04/07	N.D.	
20/04/07	1,4	
21/04/07	1,8	
22/04/07	1,3	
23/04/07	1,1	
24/04/07	1,4	
25/04/07	1,0	
26/04/07	0,9	
27/04/07	0,8	
28/04/07	0,8	
29/04/07	0,7	
30/04/07	0,6	
01/05/07	0,5	
02/05/07	0,5	
03/05/07	0,3	
04/05/07	0,3	
05/05/07	0,2	
06/05/07	0,2	
07/05/07	0,3	
08/05/07	0,4	
09/05/07	0,5	
10/05/07	0,4	

Tabella D- Valore massimo giornaliero della media mobile sulle 8 ore di CO (mg/m³)

data	Concentrazione	Valore limite + Margine di tolleranza
15/03/07	0,8	10 mg/m ³
16/03/07	1,0	
17/03/07	1,1	
18/03/07	1,1	
19/03/07	0,7	
20/03/07	0,7	
21/03/07	0,7	
22/03/07	0,8	
23/03/07	1,1	
24/03/07	1,1	
25/03/07	0,6	
26/03/07	0,8	
27/03/07	0,8	
28/03/07	1,0	
29/03/07	0,8	
30/03/07	1,1	
31/03/07	1,1	
01/04/07	0,8	
02/04/07	1,1	
03/04/07	0,8	
04/04/07	0,6	
05/04/07	0,7	
06/04/07	N.D.	
07/04/07	N.D.	
08/04/07	N.D.	
09/04/07	N.D.	
10/04/07	N.D.	
11/04/07	N.D.	
12/04/07	N.D.	
13/04/07	N.D.	
14/04/07	N.D.	
15/04/07	N.D.	
16/04/07	N.D.	
17/04/07	N.D.	
18/04/07	N.D.	
19/04/07	N.D.	
20/04/07	0,3	
21/04/07	0,7	
22/04/07	0,6	
23/04/07	0,6	
24/04/07	0,7	
25/04/07	0,5	
26/04/07	0,5	
27/04/07	0,5	
28/04/07	0,6	
29/04/07	0,7	
30/04/07	0,5	
01/05/07	0,5	
02/05/07	0,6	
03/05/07	0,4	
04/05/07	0,5	
05/05/07	0,3	
06/05/07	0,4	
07/05/07	0,4	
08/05/07	0,4	
09/05/07	0,5	
10/05/07	0,5	

Allegato III - Efficienza di campionamento

Il D.M. 60/02 (allegato X) stabilisce che la raccolta minima di dati di SO₂, NO_x, PM₁₀, benzene e CO necessaria per raggiungere gli obiettivi per la valutazione della qualità dell'aria, per misurazioni in continuo, debba essere del 90% del periodo di tempo di riferimento (ora, giorno, anno), escludendo le perdite di dati dovute alla calibrazione o alla normale manutenzione degli strumenti.

Il D. Lgs. 183/04 (allegato VII) stabilisce che, per l'ozono, la raccolta minima di dati necessaria debba essere almeno del 75%.

La tabella che segue riporta la percentuale di dati orari validi registrati dagli analizzatori del laboratorio mobile. Si evidenzia che si tratta di un'informazione indicativa del livello di efficienza della strumentazione, non essendo questo dato raffrontabile con alcun parametro normativo. Infatti, l'efficienza di funzionamento di un analizzatore, in termini di percentuale relativa alla raccolta minima di dati, è un parametro che deve essere calcolato nell'arco di un anno, ai sensi del D.M. 60/02.

ANALIZZATORE	PERCENTUALE DI DATI VALIDI (%)
SO ₂	65
NO ₂	35
CO	72
O ₃	72
Benzene	65
PM ₁₀	32

Si fa presente, per l'analizzatore di ossidi di azoto, che si è avuta una notevole perdita di dati validi a causa di malfunzionamenti strumentali; per le percentuali di efficienza strumentale di tutti i monitor presenti sul mezzo mobile si rammenta che, nel corso della campagna, si è verificata l'interruzione dell'alimentazione elettrica a seguito della scadenza del contratto di fornitura di energia elettrica al mezzo tra l'ENEL e il Comune di Cassano.

Allegato IV - Informazioni sulla strumentazione e sulle metodologie di analisi

Gli analizzatori presenti sul laboratorio realizzano l'acquisizione, la misura e la registrazione dei risultati in modo automatico (gli orari indicati si riferiscono all'ora solare). Le concentrazioni rilevate sono normalizzate ad una temperatura di 20 °C ed una pressione di 101,3 kPa ai sensi del DM 60/02.

I principi di funzionamento degli analizzatori di cui lo stesso è equipaggiato:

- SO₂ : fluorescenza (Modello 101 A, Teledyne API);
- NO_x: chemiluminescenza con generatore di ozono (Teledyne API);
- CO: assorbimento raggi IR con detector al Silicio (modello 300 E, Teledyne API);
- O₃: assorbimento raggi UV con lampada UV come sorgente luminosa (Teledyne API);
- PM₁₀: assorbimento di raggi β con sorgente emettitrice radioattiva al ¹⁴C e rivelatore Geiger con cicli di prelievo di 12 ore su filtri in fibra di vetro (Environment);
- BTX: Gascromatografia con colonna impaccata Tenax e Rilevatore FID (SRI-ORION Mod. 2000).