



Agenzia Regionale  
per la Protezione dell'Ambiente  
della Lombardia

**Laboratorio Mobile**  
**Campagna di Misura della Qualità dell'Aria**  
**COMUNE DI MANDELLO DEL LARIO**  
seconda parte

4/12/2009 - 11/01/2010

## **Campagna di Misura della Qualità dell'Aria**

COMUNE DI MANDELLO DEL LARIO  
seconda parte

### **Gestione e Manutenzione Tecnica della strumentazione**

P.I. Luca Vergani

**Relazione** *redatta da*

Dott.ssa Laura Carroccio

Dott.ssa Anna De Martini

*Approvata da*

Responsabile U.O. Monitoraggi e Sistemi Ambientali

Dott. Maurizio Maierna

## Premessa

Nella presente relazione, si discutono i risultati relativi alla seconda parte della campagna 2009 per il monitoraggio della qualità dell'aria nel Comune di Mandello del Lario.

La prima parte era stata svolta nei mesi di gennaio e febbraio 2008, secondo i criteri previsti dal DM 60/2002.

## Campagna di Misura della Qualità dell' Aria

COMUNE DI MANDELLO DEL LARIO  
seconda parte

<b><i>Introduzione</i></b>	pag. 4
<b>Laboratorio Mobile.....</b>	pag. 4
<b>I principali inquinanti atmosferici.....</b>	pag. 5
<b>Normativa.....</b>	pag.8
<b><i>Campagna di Misura</i></b>	pag. 10
<b>Sito di Misura.....</b>	pag.10
<b>Emissioni sul territorio.....</b>	pag. 12
<b>Situazione meteorologica nel periodo di misura.....</b>	pag. 17
<b>Andamento inquinanti nel periodo di misura e confronto con i dati rilevati da postazioni fisse.....</b>	pag. 20
<b>Conclusioni.....</b>	pag. 38
<b><i>Allegato Dati Orari</i></b>	

## Introduzione

La campagna di misura nel comune di Mandello del Lario è stata condotta dal Dipartimento Provinciale di Lecco dell'ARPA Lombardia. Lo scopo della campagna è il monitoraggio della qualità dell'aria nel territorio comunale. A tale fine, in accordo con il Comune, è stata scelta una postazione all'interno dell'area di pertinenza dell' I.C.S. "A. Volta" di Mandello, presso la sede della scuola primaria "S. Pertini", in via Nazario Sauro.

Il laboratorio mobile è attrezzato con strumentazione per il rilevamento di:

- Monossido di Carbonio (CO);
- Ossidi di Azoto (NO<sub>x</sub>);
- Ozono (O<sub>3</sub>);
- PM10
- PM2.5

Inoltre, il mezzo dispone della strumentazione necessaria alla misura dei parametri meteo quali: temperatura/umidità relativa, radiazione solare, pioggia, direzione e velocità del vento.

## Laboratorio Mobile

La strumentazione utilizzata nel laboratorio mobile è del tutto simile a quella presente nelle stazioni fisse della Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria (RRQA). Gli analizzatori automatici installati rispondono alle caratteristiche previste dalla legislazione (D.M. 60/02 e D.Lvo 183/04).

Anche per le altezze dei prelievi i criteri utilizzati sono quelli indicati dalle suddette norme, in particolare:

- il Monossido di Carbonio deve essere prelevato a 1.6 metri dal suolo (altezza uomo) e a non più di 5 metri dal ciglio della strada;
- la sonda per il prelievo di NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> e PM10 è posta tra 1.5 e 4 m sopra il livello del suolo;
- i sensori meteorologici sono posizionati all'altezza di circa 8 metri. (direzione e velocità del vento) e 4,5 metri di quota (temperatura, radiazione solare, pioggia, umidità relativa).

Il sito di misura prescelto rispetta i criteri di rappresentatività indicati per il posizionamento delle cabine fisse di rilevamento nell'Allegato VIII del D.M. 60 del 2 aprile 2002 e nell'Allegato IV del D.Lgs 183/04.

## I principali inquinanti atmosferici

I principali inquinanti che si trovano nell'aria possono essere divisi, schematicamente, in due gruppi: gli inquinanti primari e quelli secondari. I primi vengono emessi nell'atmosfera direttamente da sorgenti di emissione antropogeniche o naturali, mentre gli altri si formano in atmosfera in seguito a reazioni chimiche che coinvolgono altre specie, primarie o secondarie.

Si descrivono di seguito le caratteristiche degli inquinanti atmosferici misurati con il laboratorio mobile.

Il **monossido di carbonio (CO)** ha origine da processi di combustione incompleta di composti contenenti carbonio. È un gas la cui origine, soprattutto nelle aree urbane, è da ricondursi prevalentemente al traffico autoveicolare, soprattutto ai veicoli a benzina. Le emissioni di CO dai veicoli sono maggiori in fase di decelerazione e di traffico congestionato. Le sue concentrazioni sono strettamente legate ai flussi di traffico locali, e gli andamenti giornalieri rispecchiano quelli del traffico, raggiungendo i massimi valori in concomitanza delle ore di punta a inizio e fine giornata, soprattutto nei giorni feriali. Durante le ore centrali della giornata i valori tendono a calare, grazie anche ad una migliore capacità dispersiva dell'atmosfera. In Lombardia, a partire dall'inizio degli anni '90 le concentrazioni di CO sono in calo, soprattutto grazie all'introduzione delle marmitte catalitiche sui veicoli e al miglioramento della tecnologia dei motori a combustione interna (introduzione di veicoli Euro 4).

Gli **ossidi di azoto (NO e NO<sub>2</sub>)** vengono emessi direttamente in atmosfera a seguito di tutti i processi di combustione ad alta temperatura (impianti di riscaldamento, motori dei veicoli, combustioni industriali, centrali di potenza, ecc.), per ossidazione dell'azoto atmosferico e, solo in piccola parte, per l'ossidazione dei composti dell'azoto contenuti nei combustibili utilizzati.

Nel caso del traffico autoveicolare, le quantità più elevate di questi inquinanti si rilevano quando i veicoli sono a regime di marcia sostenuta e in fase di accelerazione, poiché la produzione di NO<sub>x</sub> aumenta all'aumentare del rapporto aria/combustibile, cioè quando è maggiore la disponibilità di ossigeno per la combustione.

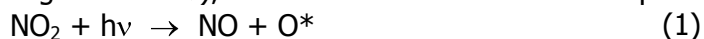
All'emissione, gran parte degli ossidi di azoto è in forma di NO, con un rapporto NO/NO<sub>2</sub> decisamente a favore del primo. Si stima che il contenuto di NO<sub>2</sub> nelle emissioni sia tra il 5 e il 10% del totale degli ossidi di azoto.

Il monossido di azoto non è soggetto a normativa, in quanto, alle concentrazioni tipiche misurate in aria ambiente, non provoca effetti dannosi sulla salute e sull'ambiente. Se ne misurano comunque i livelli in quanto, attraverso la sua ossidazione in NO<sub>2</sub> e la sua partecipazione ad altri processi fotochimici, contribuisce alla produzione di O<sub>3</sub> troposferico. Per il biossido di azoto sono invece previsti valori limite, riassunti in tabella 2.

L'**ozono (O<sub>3</sub>)** è un inquinante secondario, che non ha sorgenti emissive dirette di rilievo. La sua formazione avviene in seguito a reazioni chimiche in atmosfera tra i suoi precursori (soprattutto ossidi di azoto e composti organici volatili), che avvengono in presenza di alte temperature e forte irraggiamento solare e che causano la formazione di un insieme di diversi composti, tra i quali, oltre all'ozono, si trovano nitrati e solfati (costituenti del particolato fine), perossiacetilnitrato (PAN), acido nitrico e altro ancora. L'insieme di questi composti costituiscono il tipico inquinamento estivo detto smog fotochimico.

A differenza degli inquinanti primari, le cui concentrazioni dipendono direttamente dalle quantità dello stesso inquinante emesse dalle sorgenti presenti nell'area, la formazione di ozono è quindi più complessa.

La chimica dell'ozono ha come punto di partenza la presenza di ossidi di azoto, che vengono emessi in grandi quantità nelle aree urbane. Sotto l'effetto della radiazione solare (rappresentata di seguito con  $h\nu$ ), la formazione di ozono avviene per fotolisi del biossido di azoto:



L'ossigeno atomico, O\*, reagisce rapidamente con l'ossigeno molecolare dell'aria, in presenza di una terza molecola che non entra nella reazione vera e propria ma assorbe l'eccesso di energia vibrazionale e pertanto stabilizza la molecola di ozono che si è formata:



Una volta generato, l'ozono reagisce con l'NO, e rigenera NO<sub>2</sub>:



Le tre reazioni descritte formano un ciclo chiuso che, da solo, non sarebbe sufficiente a causare gli alti livelli di ozono che possono essere misurati in condizioni favorevoli alla formazione di smog fotochimico. La presenza di altri inquinanti, quali ad esempio gli idrocarburi, fornisce una diversa via di ossidazione del monossido di azoto, che provoca una produzione di NO<sub>2</sub> senza consumare ozono, di fatto spostando l'equilibrio del ciclo visto sopra e consentendo l'accumulo dell'O<sub>3</sub>.

Le concentrazioni di ozono raggiungono i valori più elevati nelle ore pomeridiane delle giornate estive soleggiate. Inoltre, dato che l'ozono si forma durante il trasporto delle masse d'aria contenenti i suoi precursori, emessi soprattutto nelle aree urbane, le concentrazioni più alte si osservano soprattutto nelle zone extraurbane sottovento rispetto ai centri urbani principali. Nelle città, inoltre, la presenza di NO tende a far calare le concentrazioni di ozono, soprattutto in vicinanza di strade con alti volumi di traffico.

Il **particolato atmosferico** aerodisperso è costituito da una miscela di particelle solide e liquide, di diverse caratteristiche chimico-fisiche e diverse dimensioni. Esse possono essere di origine primaria, cioè emesse direttamente in atmosfera da processi naturali o antropici, o secondaria, cioè formate in atmosfera a seguito di reazioni chimiche e di origine prevalentemente umana. Le principali sorgenti naturali sono erosione e risollevarimento del suolo, incendi, pollini, spray marino, eruzioni vulcaniche; le sorgenti antropiche si riconducono principalmente a processi di combustione (traffico autoveicolare, uso di combustibili, emissioni industriali).

L'insieme delle particelle sospese in atmosfera è chiamato PTS (Polveri Totali Sospese). Al fine di valutare l'impatto del particolato sulla salute umana si possono distinguere una frazione in grado di penetrare nelle prime vie respiratorie (naso, faringe, laringe) e una frazione in grado di giungere fino alle parti inferiori dell'apparato respiratorio (trachea, bronchi, alveoli polmonari). La prima corrisponde a particelle con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm (PM<sub>10</sub>), la seconda a particelle con diametro aerodinamico inferiore a 2.5 µm (PM<sub>2.5</sub>).

Attualmente la legislazione nazionale ha definito valori limite sulle concentrazioni giornaliere e sulle medie annuali per il solo PM<sub>10</sub>. Per quanto concerne il PM<sub>2.5</sub>, la comunità europea con la Direttiva 2008/50/CE, ha stabilito il valore-obiettivo e il valore limite sulla media annuale (pari quest'ultimo a 25 µg/m<sup>3</sup> da raggiungere entro il 1/01/2015). Nonostante tale direttiva non sia ancora stata recepita a livello nazionale, il DM 60/02 prevede che venga comunque effettuata la misura di questo parametro.

In tabella sono riassunte, per ciascuno dei principali inquinanti atmosferici, le principali sorgenti di emissione.

Inquinanti	Principali sorgenti di emissione
Biossido di Zolfo* SO <sub>2</sub>	Impianti riscaldamento, centrali di potenza, combustione di prodotti organici di origine fossile contenenti zolfo (gasolio, carbone, oli combustibili)
Biossido di Azoto*/** NO <sub>2</sub>	Impianti di riscaldamento, traffico autoveicolare (in particolare quello pesante), centrali di potenza, attività industriali (processi di combustione per la sintesi dell'ossigeno e dell'azoto atmosferici)
Monossido di Carbonio* CO	Traffico autoveicolare (processi di combustione incompleta dei combustibili fossili)
Ozono** O <sub>3</sub>	Non ci sono significative sorgenti di emissione antropiche in atmosfera
Particolato Fine*/** PM <sub>10</sub>	Insieme di particelle con diametro aerodinamico inferiore ai 10 µm, provenienti principalmente da processi di combustione e risollevarimento

Tabella 1. Note: \* = Inquinante Primario, \*\* = Inquinante Secondario

## Normativa

Per i principali inquinanti atmosferici, al fine di salvaguardare la salute e l'ambiente, la normativa stabilisce limiti di concentrazione, a lungo e a breve termine, a cui attenersi. Per quanto riguarda i limiti a lungo termine viene fatto riferimento agli standard di qualità e ai valori limite di protezione della salute umana, della vegetazione e degli ecosistemi (D.P.C.M. 28/3/83 – D.P.R. 203/88 – D.M. 25/11/94 – D.M. 60/02 - D. L.vo 183/04) allo scopo di prevenire esposizioni croniche. Per gestire episodi d'inquinamento acuto vengono invece utilizzate le soglie di allarme (– D.M. 60/02 ; D.Lgs 183/04).

La tabella 2 riassume i limiti previsti dalla normativa per i diversi inquinanti considerati. Sono inclusi sia i limiti a lungo termine che i livelli di allarme. Si fa notare che il DM n. 60/02 ha introdotto, oltre ad una serie di valori limite per biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, PM10, piombo, benzene e monossido di carbonio, anche il termine temporale entro il quale tali valori limite devono essere raggiunti. Prevede inoltre un percorso nel tempo che porta ad un graduale raggiungimento dei limiti, stabilendo un margine di tolleranza che si riduce negli anni. Nella tabella i margini di tolleranza validi per l'anno 2009 sono indicati tra parentesi.

Tabella 2: Limiti di legge

<b>Biossido di Azoto</b>	<b>Valore Limite (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Periodo di mediazione</b>	<b>Legislazione</b>
	Standard di qualità (98° percentile rilevato durante l'anno civile) <b>200</b>	1 ora	D.P.R. 203/88
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 18 volte per anno civile) <b>200<sub>(+10)</sub></b>	1 ora	D.M. n.60 del 2/4/02
	Valore limite protezione salute umana <b>40<sub>(+2)</sub></b>	Anno civile	D.M. n.60 del 2/4/02
	Soglia di allarme <b>400</b>	1 ora (rilevati su 3 ore consecutive)	D.M. n.60 del 2/4/02
<b>Monossido di Carbonio</b>	<b>Valore Limite (<math>\text{mg}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Periodo di mediazione</b>	<b>Legislazione</b>
	Valore limite protezione salute umana <b>10</b>	8 ore	D.M. n.60 del 2/4/02
<b>Ozono</b>	<b>Valore Limite (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Periodo di mediazione</b>	<b>Legislazione</b>
	Valore bersaglio per la protezione della salute umana <b>120</b>	8 ore	D.L.vo n. 183 21/5/04
	Valore bersaglio per la protezione della vegetazione <b>18000</b>	AOT40 (mag-lug) su 5 anni	D.L.vo n. 183 21/5/04
	Soglia di informazione <b>180</b>	1 ora	D.L.vo n. 183 21/5/04
	Soglia di allarme <b>240</b>	1 ora	D.L.vo n.183 21/5/04
<b>Particolato Fine PM10</b>	<b>Valore Obiettivo (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Periodo di mediazione</b>	<b>Legislazione</b>
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 35 volte per anno civile) <b>50</b>	24 ore	D.M. n.60 del 2/4/02
	Valore limite protezione salute umana <b>40</b>	Anno civile	D.M. n.60 del 2/4/02



## Emissioni sul territorio

Per la stima delle principali sorgenti emissive sul territorio comunale di Mandello del Lario è stato utilizzato l'inventario regionale delle emissioni, INEMAR (Inventario Emissioni Aria), nella sua versione più recente, riferita all'anno 2007.

Nell'ambito di tale inventario la suddivisione delle sorgenti avviene per attività emissive: la classificazione utilizzata fa riferimento ai macrosettori relativi all'inventario delle emissioni in atmosfera dell'Agenzia Europea per l'Ambiente CORINAIR (Cordination Information Air).

- Combustione per produzione di energia e trasformazione dei combustibili
- Combustione non industriale
- Combustione nell'industria
- Processi produttivi
- Estrazione e distribuzione combustibili
- Uso di solventi
- Trasporto su strada
- Altre sorgenti mobili e macchinari
- Agricoltura
- Altre sorgenti e assorbimenti

Per ciascun macrosettore vengono presi in considerazione diversi inquinanti: sia quelli che fanno riferimento alla salute, sia quelli per i quali è posta particolare attenzione in quanto considerati gas ad effetto serra:

- Biossido di Zolfo (SO<sub>2</sub>)
- Ossidi di Azoto (NO<sub>x</sub>)
- Composti Organici Volatili non Metanici (NMCOV)
- Metano (CH<sub>4</sub>)
- Monossido di Carbonio (CO)
- Biossido di Carbonio (CO<sub>2</sub>)
- Ammoniaca (NH<sub>3</sub>)
- Protossido di Azoto (N<sub>2</sub>O)
- Polveri Totali Sospese (PTS) o polveri con diametro inferiore ai 10 µm (PM10)

Maggiori informazioni e una descrizione più dettagliata in merito all'inventario regionale sono disponibili sul sito web <http://www.ambiente.regione.lombardia.it/inemar/webdata/main.seam>.

I dati di INEMAR sono stati elaborati al fine di definire i contributi dei singoli macrosettori alle emissioni in atmosfera dei principali inquinanti nel Comune.

Le emissioni di **Biossido di Zolfo (SO<sub>2</sub>)** derivano, principalmente, dai processi legati alla combustione non industriale, cioè al riscaldamento domestico (1.6 t/anno circa il 62% del totale), ma anche dal trasporto su strada (0.6 t/anno) a altre sorgenti mobili e macchinari (0.3 t/anno).

Gli stessi macrosettori sono le sorgenti emissive principali di **Monossido di Carbonio (CO)**. Infatti, il trasporto su strada contribuisce con 128.7 t/anno su di un totale di 240.8 t/anno, pari al 53%. La combustione non industriale contribuisce con 98.3 t/anno e concorre pertanto per il 41 % .

Le emissioni di **Ossidi di Azoto (NO<sub>x</sub>)** sono in gran parte dovute al trasporto su strada. La quantità procurata da questo macrosettore nel Comune è pari a 76.4 t/anno, ovvero il 60% del

totale. Gli altri macrosettori che concorrono maggiormente alle emissioni degli NO<sub>x</sub> sono: le altre sorgenti mobili e macchinari con 23.5 t/anno (19%) e la combustione non industriale con 13.4 t/anno (11%).

Le principali sorgenti emmissive dei **Composti Organici Volatili (COV)** nel comune di Mandello sono: l'uso di solventi (146.1 t/anno, 48%), e le altre sorgenti ed assorbimenti, che con 85.3 t/anno, contribuiscono con il 28% alla produzione di questo inquinante. Ulteriori rilevanti contributi sono dovuti al trasporto su strada ad alla combustione non industriale.

La principale sorgente di **Particolato Fine (PM<sub>10</sub>)** nel comune di Mandello è il trasporto su strada con 6.2 t/anno (42%) mentre la combustione non industriale influisce con 4.6 t/anno pari al 31% del totale dalle emissioni di questo inquinante, che nel 2007 è risultato di 14.7 t.

Si riportano in tabella i valori assoluti e percentuali delle stime relative ai principali inquinanti emessi dai diversi tipi di sorgente all'interno del comune di Mandello del Lario. Per un confronto si riportano anche le stime riferite all'intera Provincia di Lecco.

ARPA Lombardia - Regione Lombardia. Emissioni Mandello del Lario 2007 - public review

MACROSETTORE	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV	CH <sub>4</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	PM2.5	PM10	PTS	CO <sub>2</sub> eq	Precurs. O <sub>3</sub>	Tot. acidif. (H+)
	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	kt/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	kt/anno	t/anno	kt/anno
Produzione energia e trasform. combustibili														
Combustione non industriale	1.6	13.4	22.0	6.3	98.3	16.7	1.3	0.2	4.5	4.6	4.8	17.2	49.2	0.3
Combustione nell'industria	0.0	6.9	0.8	0.3	2.4	6.8	0.3	0.0	0.1	0.1	0.2	6.9	9.6	0.2
Processi produttivi	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.5	0.0	4.2	0.0
Estrazione e distribuzione combustibili	0.0	0.0	10.5	97.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	11.8	0.0
Uso di solventi	0.0	6.2	146.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	153.7	0.1
Trasporto su strada	0.6	76.4	31.7	1.9	128.7	19.3	0.6	2.5	5.0	6.2	7.6	19.5	139.1	1.8
Altre sorgenti mobili e macchinari	0.3	23.5	4.1	0.1	10.5	1.8	0.6	0.0	2.8	2.8	3.0	1.9	33.9	0.5
Trattamento e smaltimento rifiuti	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
Agricoltura	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.1	0.6	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
Altre sorgenti e assorbimenti	0.0	0.0	85.3	54.5	0.8	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.5	1.1	86.1	0.0
<b>Totale</b>	<b>2.6</b>	<b>126.5</b>	<b>304.7</b>	<b>161.1</b>	<b>240.8</b>	<b>44.5</b>	<b>2.9</b>	<b>3.3</b>	<b>13.0</b>	<b>14.7</b>	<b>16.7</b>	<b>50.0</b>	<b>487.7</b>	<b>3.0</b>

ARPA Lombardia - Regione Lombardia. Emissioni in provincia di Lecco nel 2007 - public review

MACROSETTORE	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV	CH <sub>4</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	PM2.5	PM10	PTS	CO <sub>2</sub> eq	Precurs. O <sub>3</sub>	Tot. acidif. (H+)
	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	kt/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	kt/anno	t/anno	kt/anno
Produzione energia e trasform. combustibili														
Combustione non industriale	106	569	1,299	358	5,452	662	64	10	266	275	286	689	2,598	16
Combustione nell'industria	230	580	66	19	368	458	20	0.7	14	27	117	464	814	20
Processi produttivi	1.6	70	236	1.2	63	177		0.0	6.1	20	23	177	329	1.6
Estrazione e distribuzione combustibili			304	3,299								69	350	
Uso di solventi	0.0	6.2	4,318				0.0	0.1	1.2	2.1	2.9	37	4,326	0.1
Trasporto su strada	21	2,634	1,049	66	4,262	656	21	78	171	215	265	664	4,732	63
Altre sorgenti mobili e macchinari	6.9	477	98	2.3	252	36	15	0.0	59	60	66	41	707	11
Trattamento e smaltimento rifiuti	1.4	48	2.3	0.1	2.5	4.8	4.2	0	0.8	0.9	1.0	6.1	61	1.1
Agricoltura	0.0	0.6	0.9	1,135	0.0		74	518	2.2	5.0	8.8	47	18	31
Altre sorgenti e assorbimenti	1.3	5.9	2,249	521	196			1.3	25	26	26	11	2,285	0.2
<b>Totale</b>	<b>367</b>	<b>4,391</b>	<b>9,622</b>	<b>5,402</b>	<b>10,595</b>	<b>1,994</b>	<b>198</b>	<b>609</b>	<b>546</b>	<b>631</b>	<b>796</b>	<b>2,206</b>	<b>16,219</b>	<b>143</b>

Tabella 3: Quantitativi delle emissioni annuali di inquinanti nel territorio di Mandello del Lario e nell'intera Provincia di Lecco.

Distribuzione percentuale delle emissioni nel comune di Mandello del Lario nel 2007 - public review

MACROSETTORE	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV	CH <sub>4</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	PM2.5	PM10	PTS	CO <sub>2</sub> eq	Precurs. O <sub>3</sub>	Tot. acidif. (H <sup>+</sup> )
Produzione energia e trasform. combustibili														
Combustione non industriale	62 %	11 %	7 %	4 %	41 %	38 %	45 %	5 %	34 %	31 %	29 %	35 %	10 %	12 %
Combustione nell'industria	2 %	5 %	0 %	0 %	1 %	15 %	11 %	0 %	1 %	1 %	1 %	14 %	2 %	5 %
Processi produttivi	0 %	0 %	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	1 %	3 %	3 %	0 %	1 %	0 %
Estrazione e distribuzione combustibili	0 %	0 %	3 %	60 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	4 %	2 %	0 %
Uso di solventi	0 %	5 %	48 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	2 %	32 %	4 %
Trasporto su strada	24 %	60 %	10 %	1 %	53 %	43 %	21 %	75 %	39 %	42 %	46 %	39 %	29 %	60 %
Altre sorgenti mobili e macchinari	13 %	19 %	1 %	0 %	4 %	4 %	20 %	0 %	21 %	19 %	18 %	4 %	7 %	17 %
Trattamento e smaltimento rifiuti	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Agricoltura	0 %	0 %	0 %	1 %	0 %	0 %	3 %	19 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	1 %
Altre sorgenti e assorbimenti	0 %	0 %	28 %	34 %	0 %	0 %	0 %	0 %	4 %	4 %	3 %	2 %	18 %	0 %
<b>Totale</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>

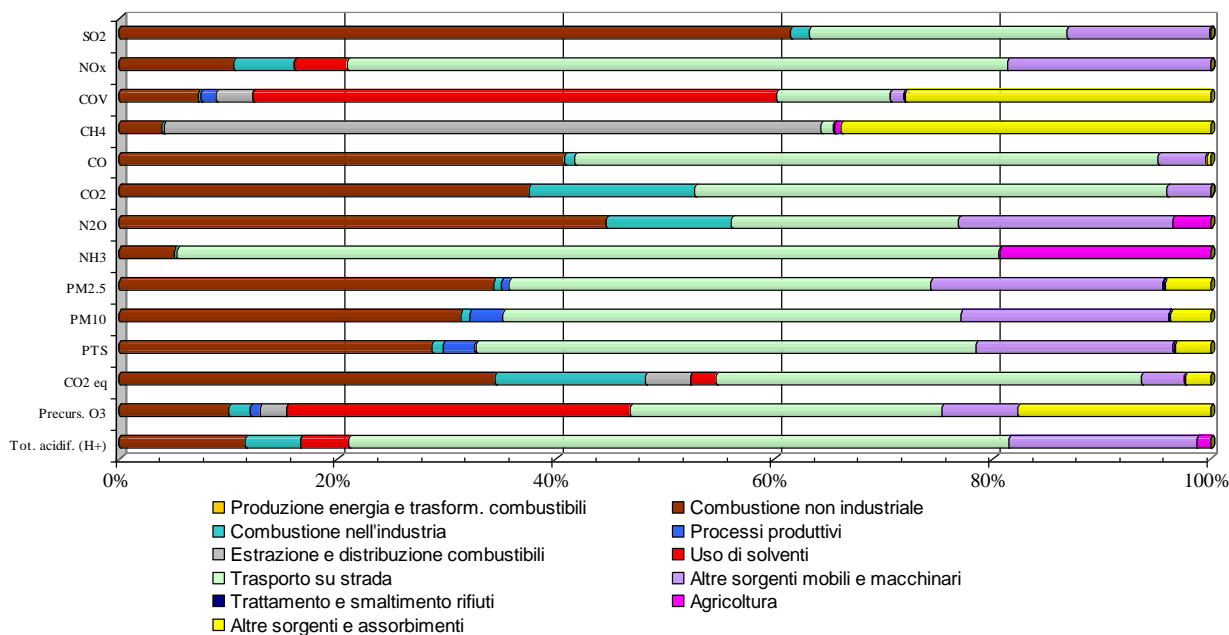
















Figura 1: Ripartizione delle emissioni nel territorio di Mandello del Lario

## Situazione meteorologica nel periodo di misura

I livelli di concentrazione degli inquinanti atmosferici in un sito dipendono, come è evidente, dalla quantità e dalle modalità di emissione degli inquinanti stessi nell'area, ma le condizioni meteorologiche influiscono sia sulle condizioni di dispersione e di accumulo degli inquinanti, sia sulla formazione di alcune sostanze nell'atmosfera stessa. È pertanto importante che i livelli di concentrazione osservati, soprattutto durante una campagna di breve durata, siano valutati alla luce delle condizioni meteorologiche verificatesi nel periodo del monitoraggio.

Si riporta di seguito una tabella con le principali indicazioni delle condizioni meteorologiche durante lo svolgimento della campagna campionamento.

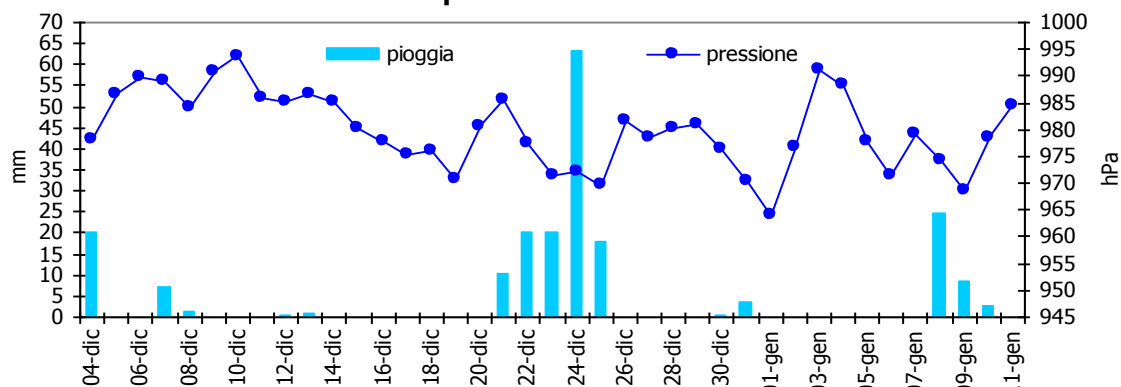
Periodo	Situazione generale	Precipitazioni Cumulata [mm]	Temperatura	Venti
4-13 dicembre 2009	 Lieve instabilità	Deboli	30 Max= 13 °C Med= 6 °C Min= 1 °C	 deboli  moderati g. 8 e 11
14-18 dicembre 2009	 Stabilità atmosferica	Assenti	0 Max= 4 °C Med= 0 °C Min= -3 °C	 Deboli
19-23 dicembre 2009	 Perturbato	Precipitazioni nevose	51 Max = 4 °C Med= -1 °C Min= - 6 °C	 deboli
24 dicembre 1 gennaio 2010	 Debolmente perturbato	Deboli o moderate	86 Max = 9 °C Med= 4°C Min= 0 °C	 deboli
2 – 7 gennaio 2010	 Lieve instabilità	Assenti	0 Max = 9 °C Med= 2 °C Min= -2 °C	 deboli  moderati g.2
8-11 gennaio 2010	 Perturbato	Deboli o Moderate	36 Max = 6 °C Med= 3 °C Min= 1 °C	 deboli

Durante la campagna di monitoraggio, la temperatura media del periodo, rilevata con la strumentazione meteo del mezzo mobile, è stata di 3 °C. Il giorno più soleggiato è stato il 2 gennaio, in cui la radiazione media nelle ore tra le 9 e 17 è stata di 131 W/m<sup>2</sup>. L'umidità relativa media su tutto il periodo è stata del 73%, mentre la pressione è stata di 980 hPa.

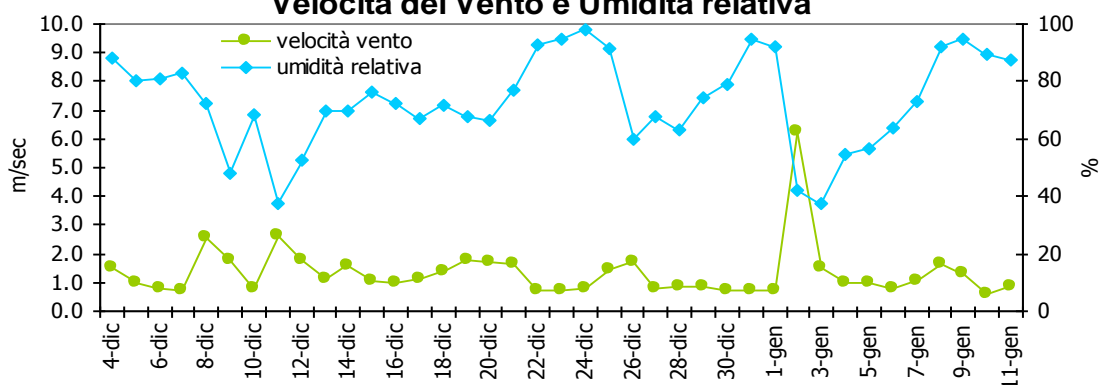
In totale, nel periodo della campagna, sono caduti 203 mm di pioggia.

Si riportano gli andamenti relativi ai principali parametri meteorologici rilevati nel periodo di misura presso Mandello. I dati di pressione sono quelli rilevati a Valmadrera.

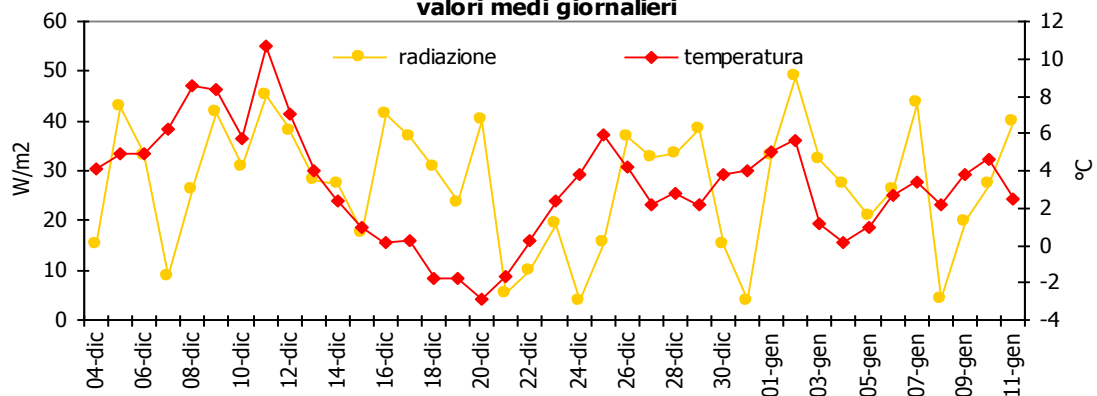
### Precipitazioni e Pressione



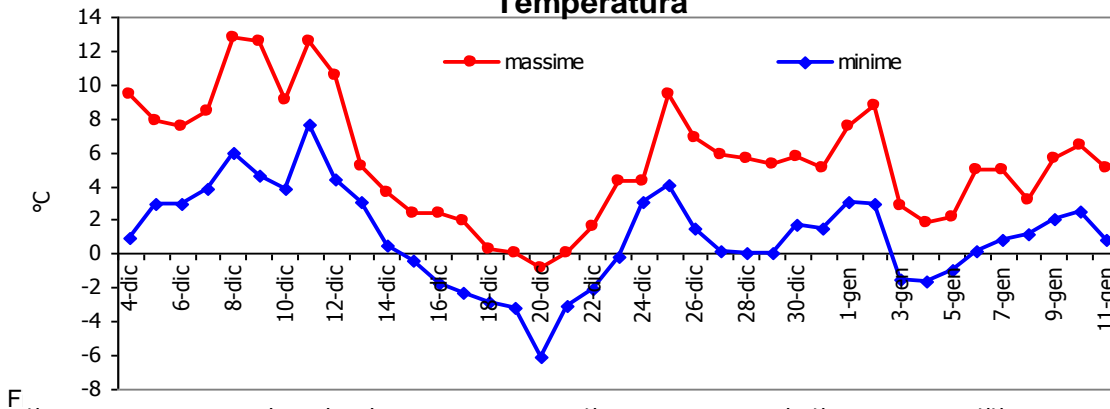
### Velocità del Vento e Umidità relativa

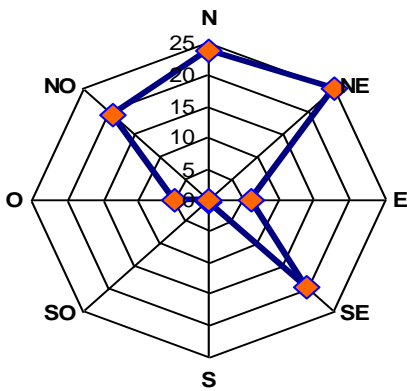


### Radiazione Solare e Temperatura valori medi giornalieri



### Temperatura

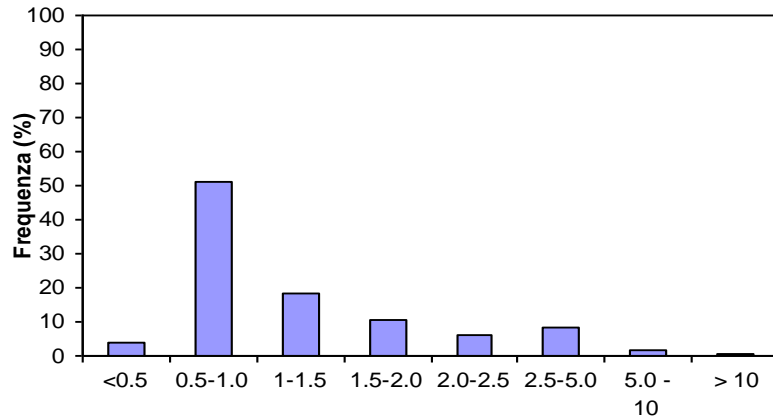




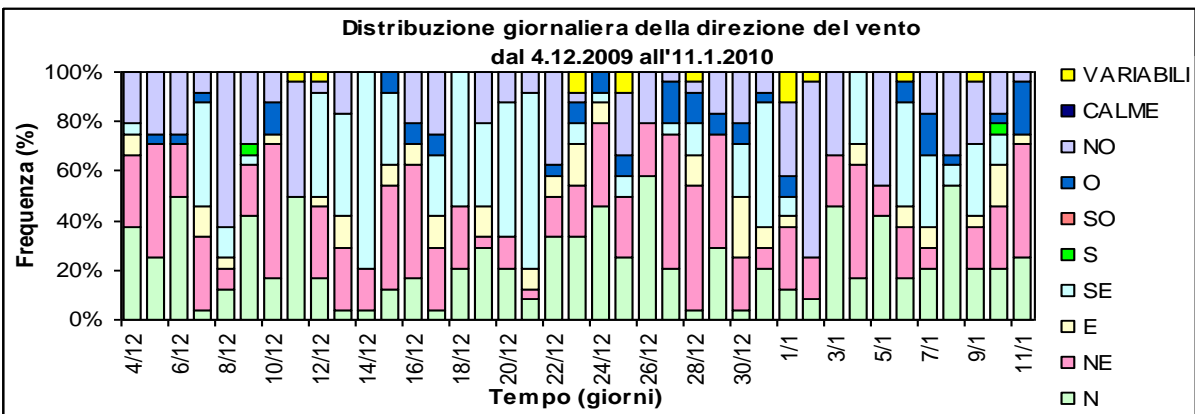
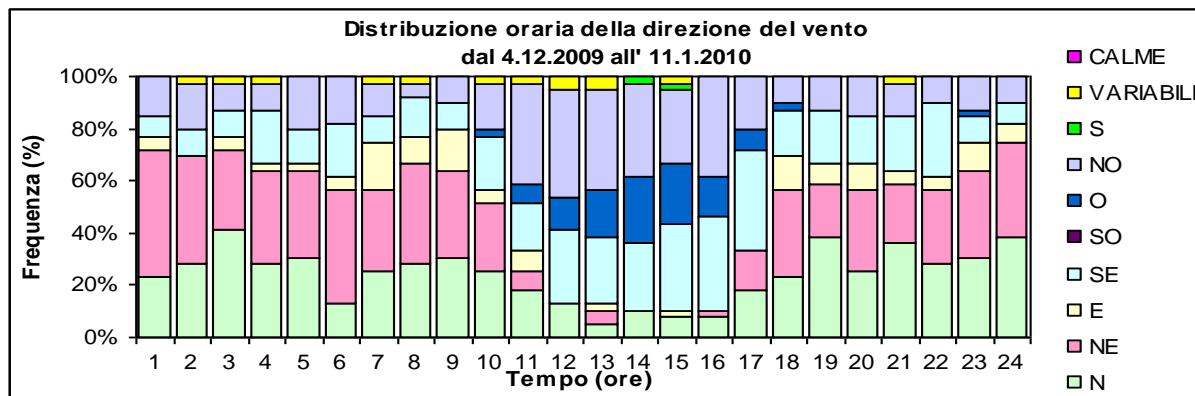
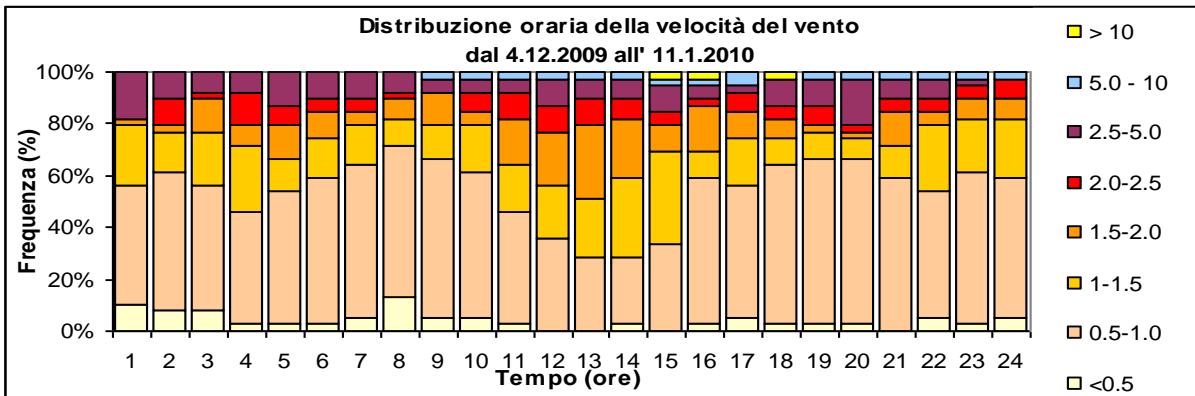
Casi di vento variabile = 1%

**Rosa del vento**

**Distribuzione di frequenza velocità del vento dal 4.12.2009 all' 11.1.2010**



**Classi di velocità (m/s)**



## Andamento inquinanti nel periodo di misura e confronto con i dati rilevati da postazioni fisse

La strumentazione presente sul laboratorio mobile ha permesso il monitoraggio a cadenza oraria degli inquinanti gassosi, quali ossidi di azoto (NO ed NO<sub>2</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), monossido di carbonio (CO), oltre alla misura giornaliera del particolato fine ed ultrafine (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>). Come descritto nel capitolo **Normativa**, il D.M. 60 del 02.04.02 stabilisce, per NO<sub>2</sub>, CO e PM<sub>10</sub>, i valori limite per la protezione della salute umana e i margini di tolleranza che si riducono progressivamente negli anni, fino ad annullarsi. I livelli di concentrazione degli inquinanti elencati saranno però di seguito confrontati con i rispettivi limiti "a regime", cioè con margini di tolleranza zero.

Poiché i livelli di concentrazione degli inquinanti aerodispersi dipendono fortemente dalle condizioni meteorologiche osservate durante il periodo di misura e dalle differenti sorgenti emmissive, è importante confrontare i dati rilevati nel corso di una campagna limitata nel tempo con quelli misurati, nello stesso periodo, in alcune stazioni fisse della Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria (RRQA). I livelli di concentrazione misurati a Mandello sono stati pertanto confrontati con quelli registrati nel medesimo periodo, dalla strumentazione presente in alcune centraline appartenenti alla rete fissa della qualità dell'aria della Provincia di Lecco.

	rete	Tipo zona Dec. 2001/752/CE	Tipo stazione Decisione 2001/752/CE	Quota s.l.m. (metri)	Periodo di misura
<b>Mandello del Lario</b>	PUB	URBANA	MEDIA URBANA	200	4/12/09-11/1/10
<b>Lecco Sora</b>	PUB	SUBURBANA	FONDO	214	Stazione Fissa
<b>Lecco Amendola</b>	PUB	URBANA	TRAFFICO	214	Stazione Fissa
<b>Valmadrera</b>	PRIV	SUBURBANA	MEDIA URBANA	237	Stazione Fissa

Tabella 4: Caratteristiche del sito di campionamento e delle centraline fisse di confronto.

**rete:** PUB = pubblica, PRIV = privata

**tipo zona Decisione 2001/752/CE:**

- **URBANA:** centro urbano di consistenza rilevante per le emissioni atmosferiche, con più di 5000 abitanti
- **SUBURBANA:** periferia di una città o area urbanizzata residenziale posta fuori dall'area urbana principale
- **RURALE:** all'esterno di una città, ad una distanza di almeno 3 km; un piccolo centro urbano con meno di 3000-5000 abitanti è da ritenersi tale

**tipo stazione Decisione 2001/752/CE:**

- **TRAFFICO:** se la fonte principale di inquinamento è costituita dal traffico (se si trova all'interno di Zone a Traffico Limitato, è indicato tra parentesi ZTL)
- **INDUSTRIALE:** se la fonte principale di inquinamento è costituita dall'industria
- **FONDO:** misura il livello di inquinamento determinato dall'insieme delle sorgenti di emissione non localizzate nelle immediate vicinanze della stazione; può essere localizzata indifferentemente in area urbana, suburbana o rurale

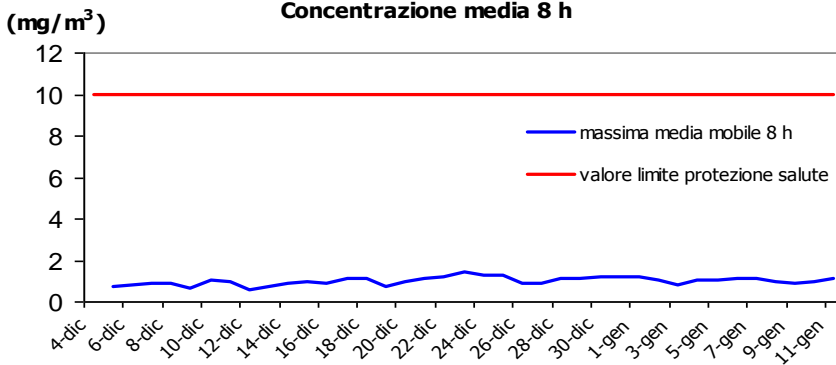
L'evoluzione temporale dell'inquinante monitorato è rappresentata nelle figure con l'utilizzo di grafici relativi a:

- concentrazioni medie orarie: evoluzione oraria dell'inquinante nel periodo di misura;
- concentrazioni medie 8 h: ogni valore è ottenuto come media tra l'ora *h* e le 7 ore precedenti l'ora *h*.
- concentrazioni medie giornaliere: evoluzione giornaliera dell'inquinante ottenuta mediando i valori delle concentrazioni dalle ore 0.00 alle ore 23.00 dello stesso giorno;
- giorno tipo: evoluzione media delle concentrazioni medie orarie nell'arco delle 24 ore.

Per "giorno tipo" o "giorno medio" si intende l'andamento delle concentrazioni medie orarie mediato su tutti i giorni feriali (o su tutti i giorni pre-festivi ovvero festivi) del periodo in questione.

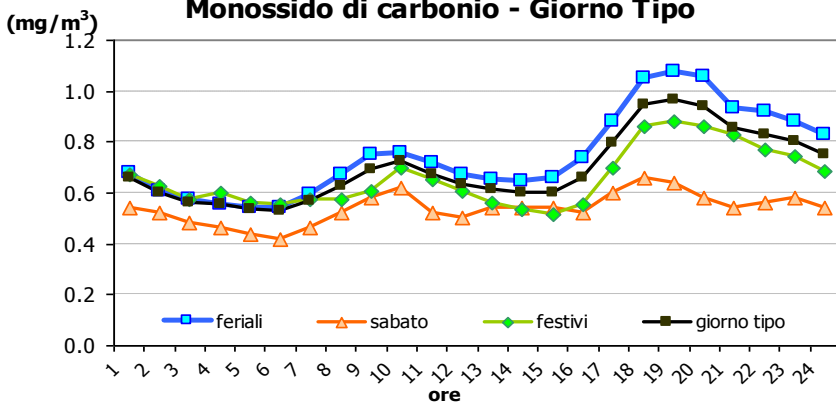


### Monossido di carbonio Concentrazione media 8 h



Date le bassissime concentrazioni, il limite di 10 mg/m<sup>3</sup> come media mobile su 8 ore non è stato mai raggiunto.

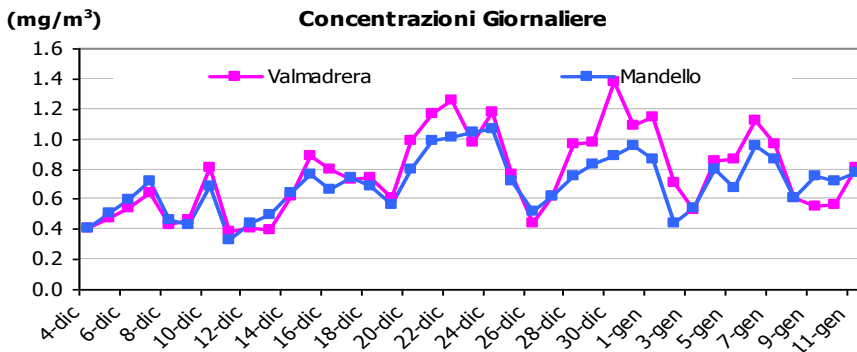
### Monossido di carbonio - Giorno Tipo



Nel grafico del giorno tipo si osserva un andamento bimodale, con valori lievemente più bassi nei week-end.

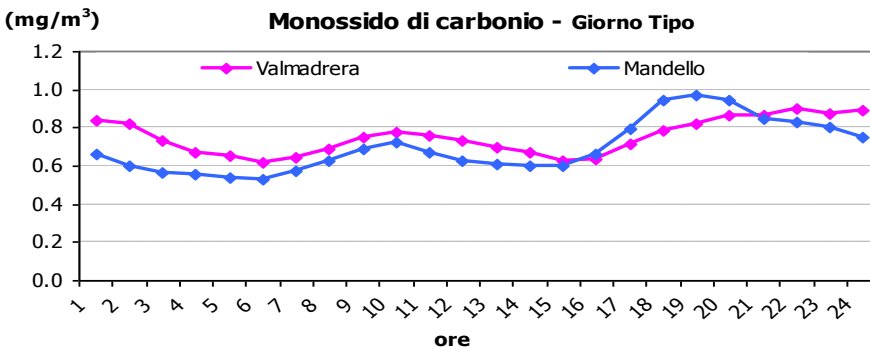
CO	% Rend.	Media (mg/m <sup>3</sup> )	Max Media 1 h (mg/m <sup>3</sup> )	Max Media 8 h (mg/m <sup>3</sup> )	Nr. giorni sup. Liv.Attenzione	Periodo
Mandello	100	0.7	1.5	1.5	0	4/12/09 – 11/1/10
Valmadrera	100	0.8	1.9	1.7	0	

### Monossido di carbonio Concentrazioni Giornaliere



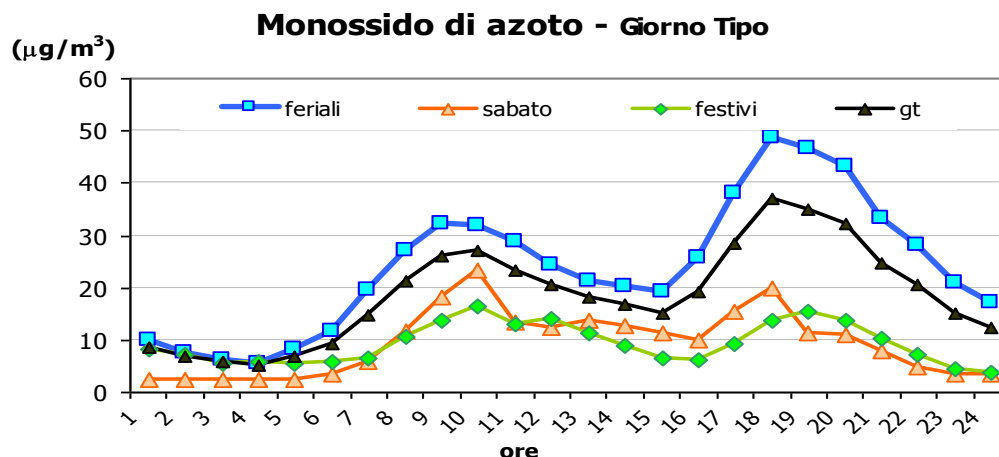
Dalla tabella e dai grafici si nota che i valori di concentrazione di CO registrati a Mandello sono confrontabili con quelli della stazione di Valmadrera di uguale tipologia. Ma, mentre a Valmadrera le concentrazioni sono piuttosto costanti lungo l'arco delle 24 ore, a Mandello è più evidente il divario dovuto alle ore di punta.

### Monossido di carbonio - Giorno Tipo



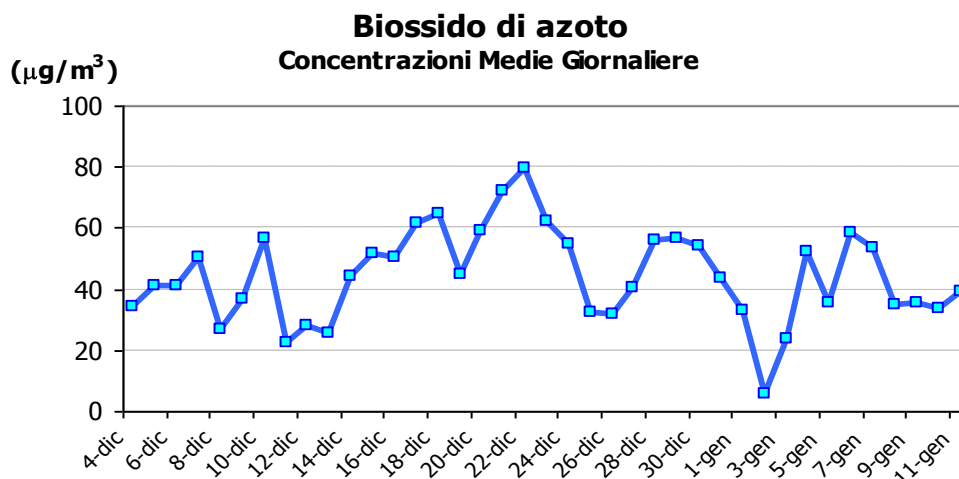
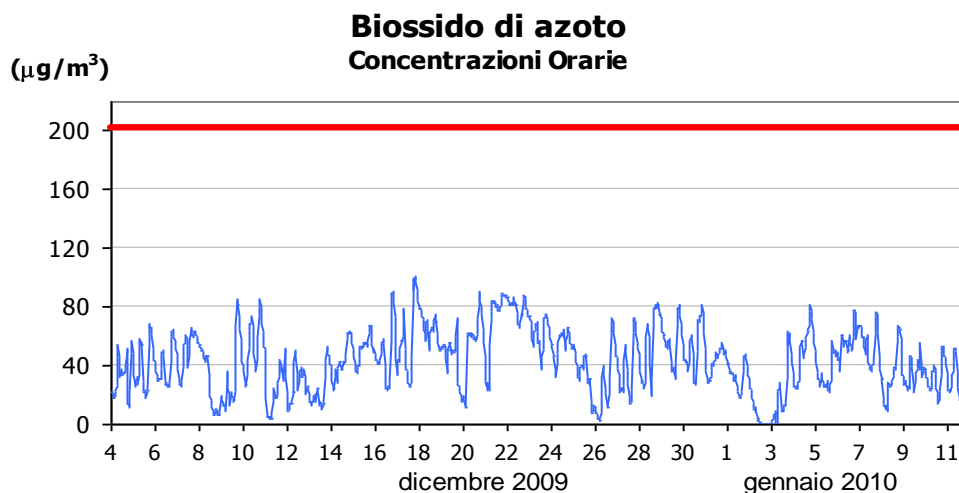
## NO

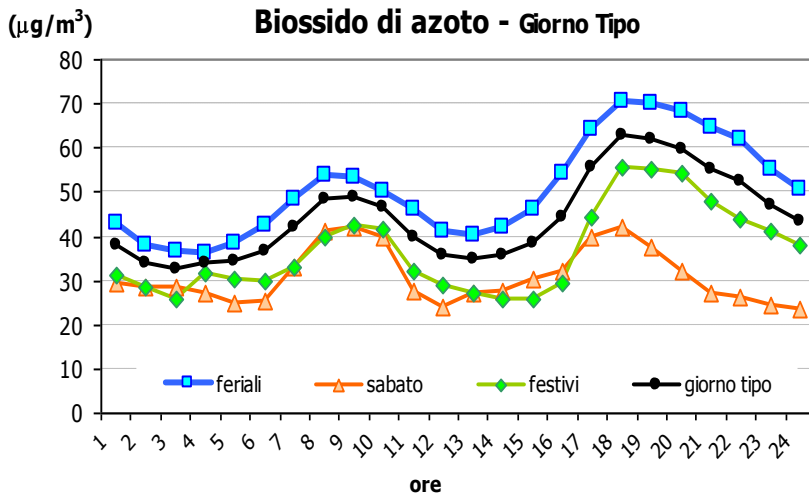
Per quanto riguarda il monossido di azoto, durante la campagna si è osservato un valore massimo di concentrazione oraria di  $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , e una concentrazione media sul periodo di  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Analogamente a quanto riscontrato per il CO, esistono delle differenze significative tra gli andamenti dei vari giorni tipo. Le concentrazioni risultano più basse durante il fine settimana, e più levate e con dei picchi tra le 9 -10 e tra le 18-19 durante i feriali.



## NO<sub>2</sub>

La concentrazione media sul periodo di biossido di azoto si è attestata su  $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mentre la concentrazione massima oraria è stata di  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Durante il periodo del monitoraggio pertanto non è mai stato superato il valore limite normativo di  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

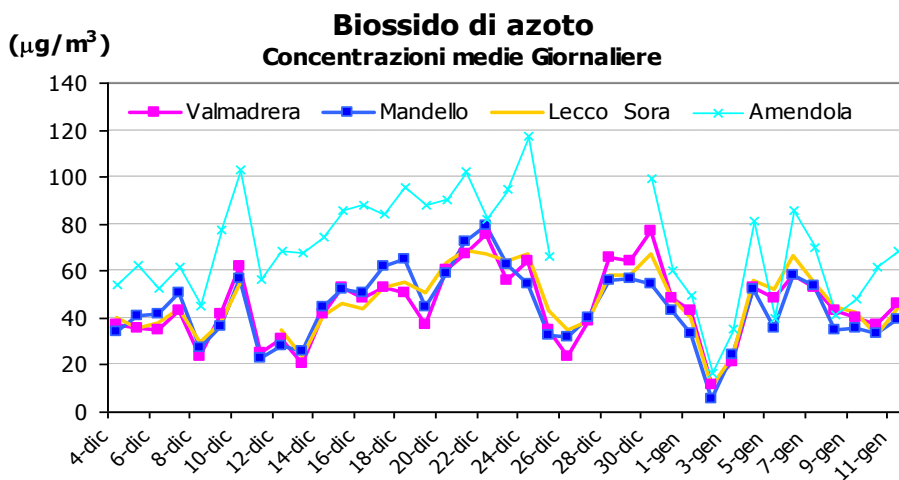




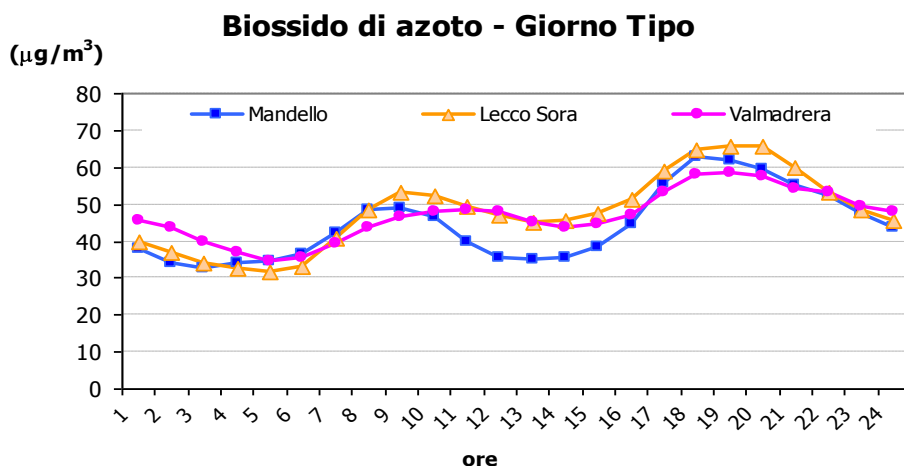
Dal grafico del Giorno tipo, si osserva un andamento bimodale con un picco più elevato nelle ore serali, che risulta essere non significativo durante i sabato.

La tabella mostra come le concentrazioni di NO<sub>2</sub> misurate a Mandello siano confrontabili con quelle di Valmadrera e di Lecco Sora. Nella stazione da traffico di Lecco i valori sono nettamente maggiori.

<b>NO<sub>2</sub></b>	% Rend.	Media (µg/m <sup>3</sup> )	Max Media 1 h (µg/m <sup>3</sup> )	Nr. giorni superamento Liv. Attenzione	Periodo
<b>Mandello del Lario</b>	100	44	100	<b>0</b>	4/12/09 – 11/1/10
Valmadrera	100	45	97	<b>0</b>	
Lecco Sora	99	46	99	<b>0</b>	
Lecco Amendola	91	71	196	<b>0</b>	



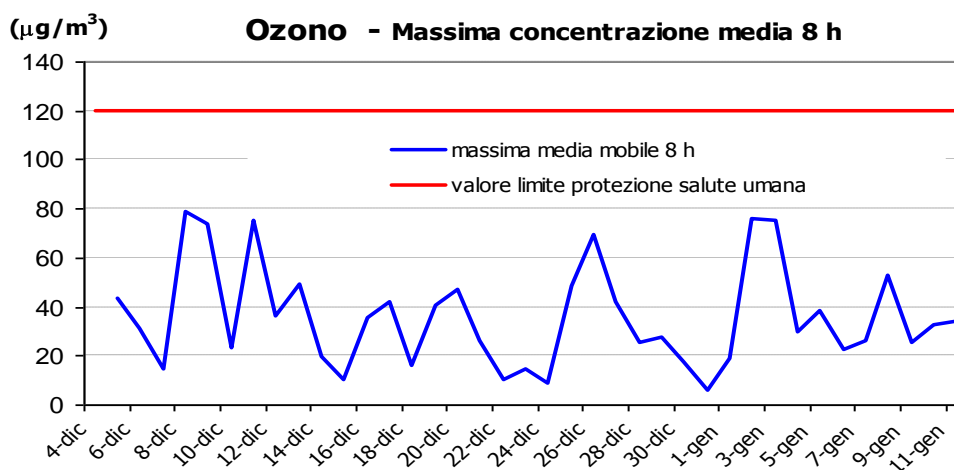
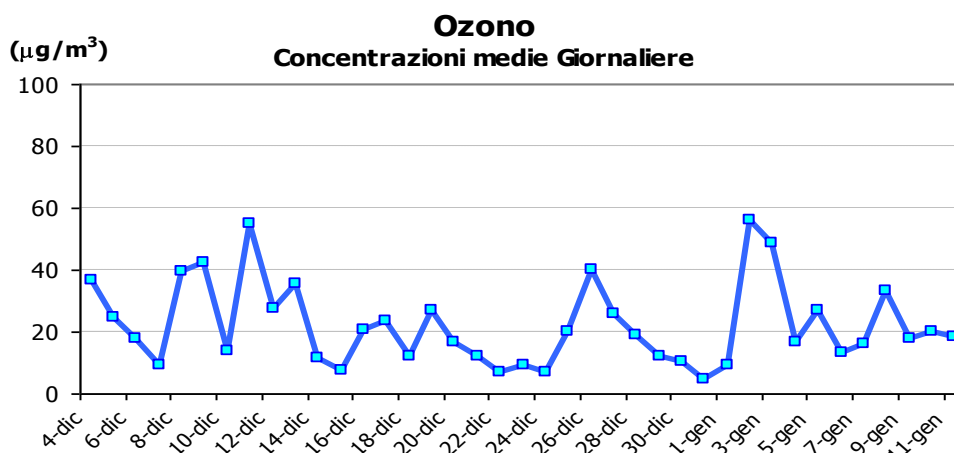
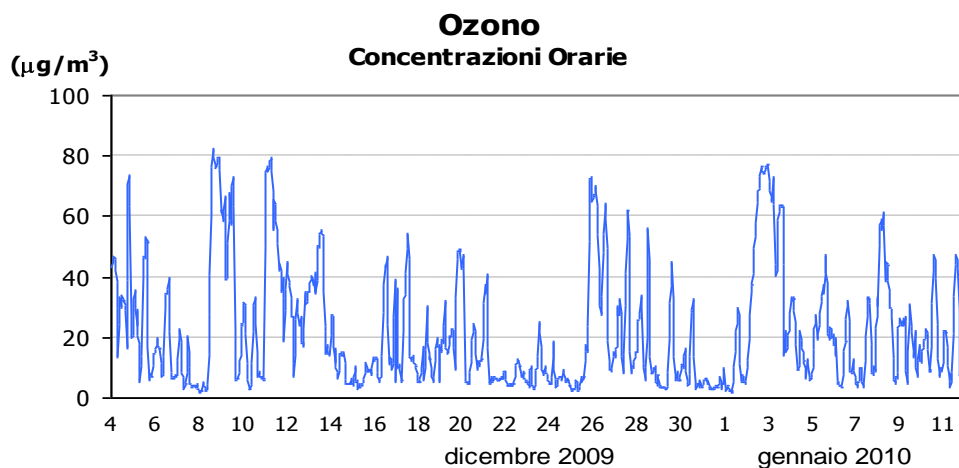
La stazione di Lecco Amendola è stata considerata per evidenziare la differenza con la postazione di monitoraggio.

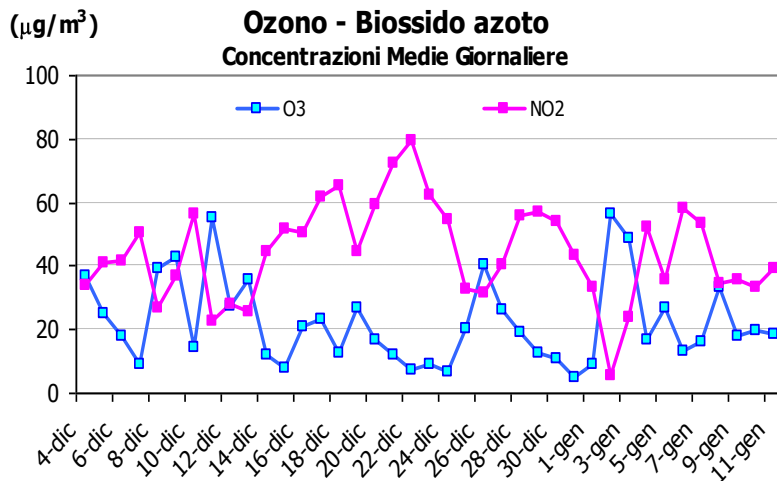


Anche i giorni tipo delle stazioni di tipologia simile, sono del tutto analoghi.

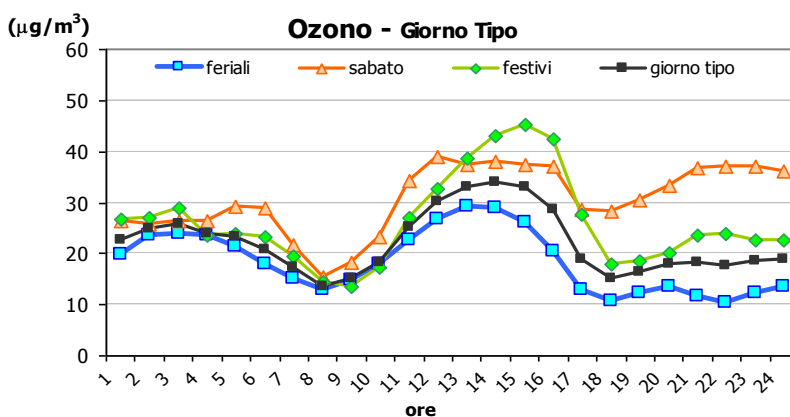
## O<sub>3</sub>

Il periodo critico per l'ozono è la stagione estiva, in quanto la radiazione solare e l'alta temperatura favoriscono la formazione di questo inquinante secondario che viene prodotto attraverso reazioni fotochimiche che coinvolgono gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) e i composti organici volatili (COV). Generalmente le concentrazioni dell'ozono sono più elevate nelle aree rurali rispetto a quelle urbanizzate, valori maggiori si registrano sottovento alle grandi città, anche a decine di Km di distanza. Pertanto nel periodo in cui è stata effettuata la campagna non si sono registrati valori elevati di O<sub>3</sub>: il valore medio è risultato uguale a 22 µg/m<sup>3</sup>, mentre il valore massimo orario e il valore massimo mediato sulle 8 ore sono risultati rispettivamente uguali a 83 µg/m<sup>3</sup> e 79 µg/m<sup>3</sup>.

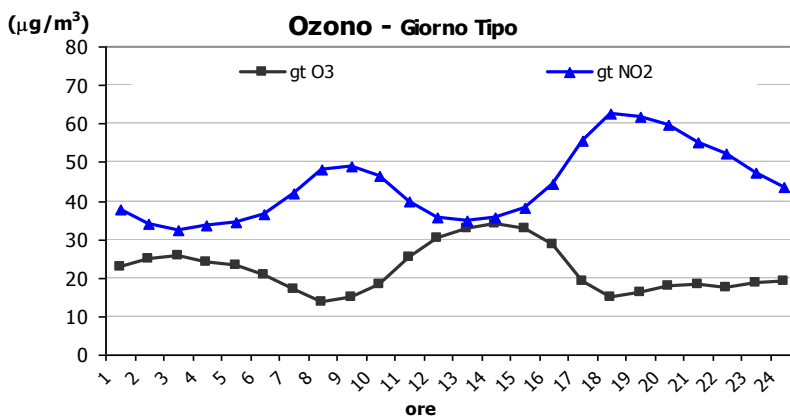




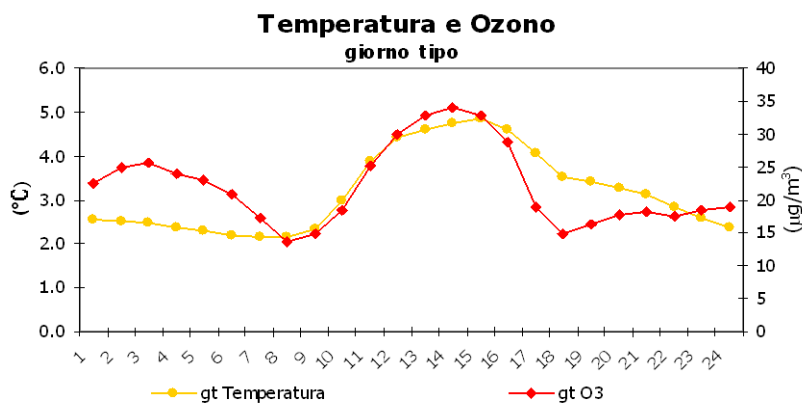
Come da letteratura, le concentrazioni di O<sub>3</sub> sono risultate "complementari" rispetto a quelle di NO<sub>2</sub>.



Il grafico del giorno tipo mostra il tipico andamento a campana, con concentrazioni nettamente più elevate durante i giorni festivi, in concomitanza di valori più bassi di NO<sub>2</sub>.



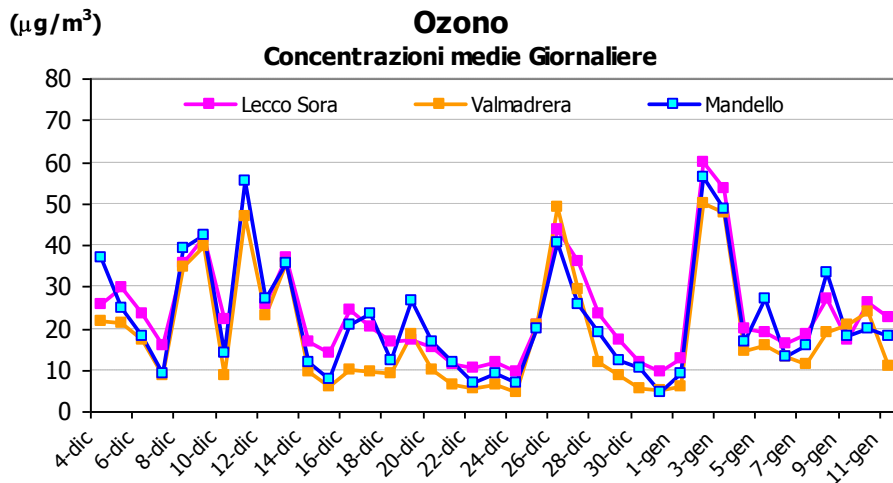
Il giorno tipo relativo ai due inquinanti ne mostra chiaramente la relazione.



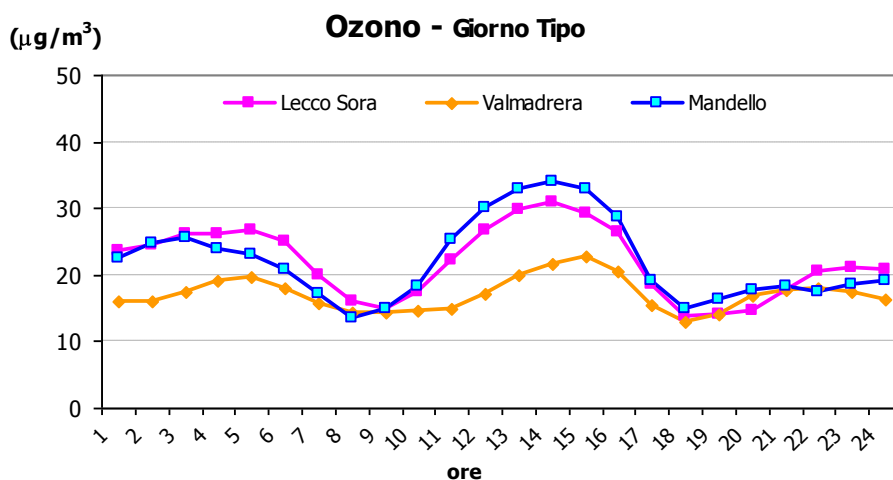
Come previsto, le concentrazioni maggiori sono state registrate in corrispondenza delle ore più calde della giornata. Tuttavia, non avendo svolto la campagna in periodo estivo, non sono stati registrati superamenti della soglia di informazione e del valore bersaglio per la protezione della salute umana.

Si riportano in tabella i dati delle stazioni prese a confronto.

<b>O<sub>3</sub></b>	% Rend.	Media (µg/m <sup>3</sup> )	Max Media 1 h (µg/m <sup>3</sup> )	Max Media 8 h (µg/m <sup>3</sup> )	Nr. giorni sup. Liv. Informazione	Periodo
<b>Mandello</b>	100	22	83	79	<b>0</b>	4/12/09 – 11/1/10
Valmadrera	100	18	79	77	<b>0</b>	
Lecco Sora	99	23	83	80	<b>0</b>	



Anche il grafico delle concentrazioni medie giornaliere mostra come le stazioni presentino dati pressoché analoghi.

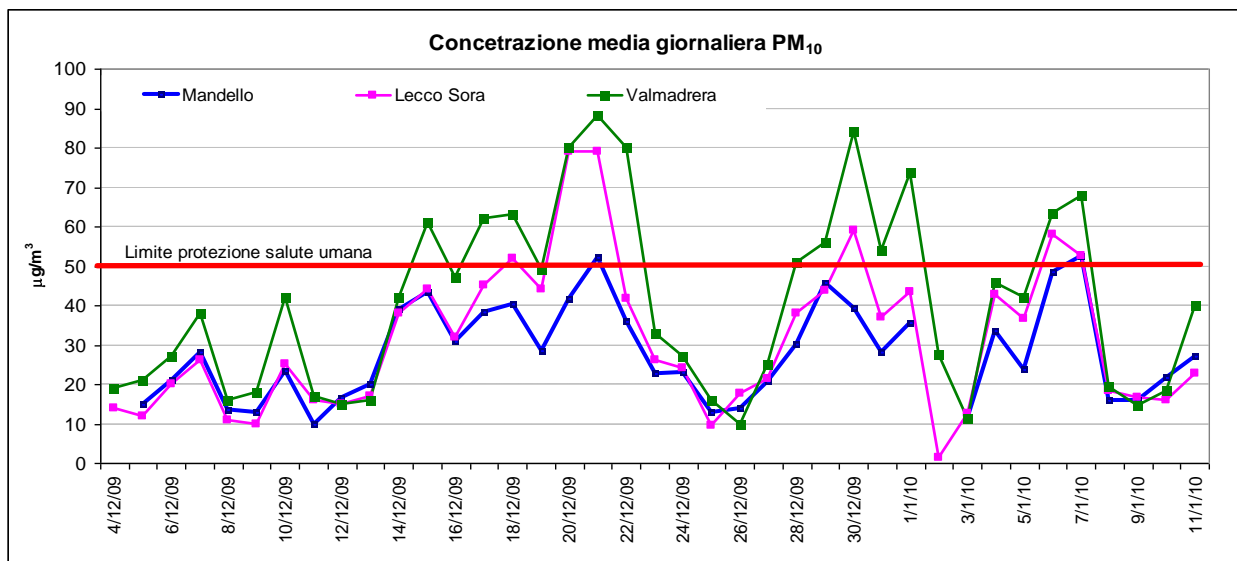


Valori di concentrazioni ed andamento del giorno tipo di Mandello sono confrontabili con quelli di Lecco Sora.

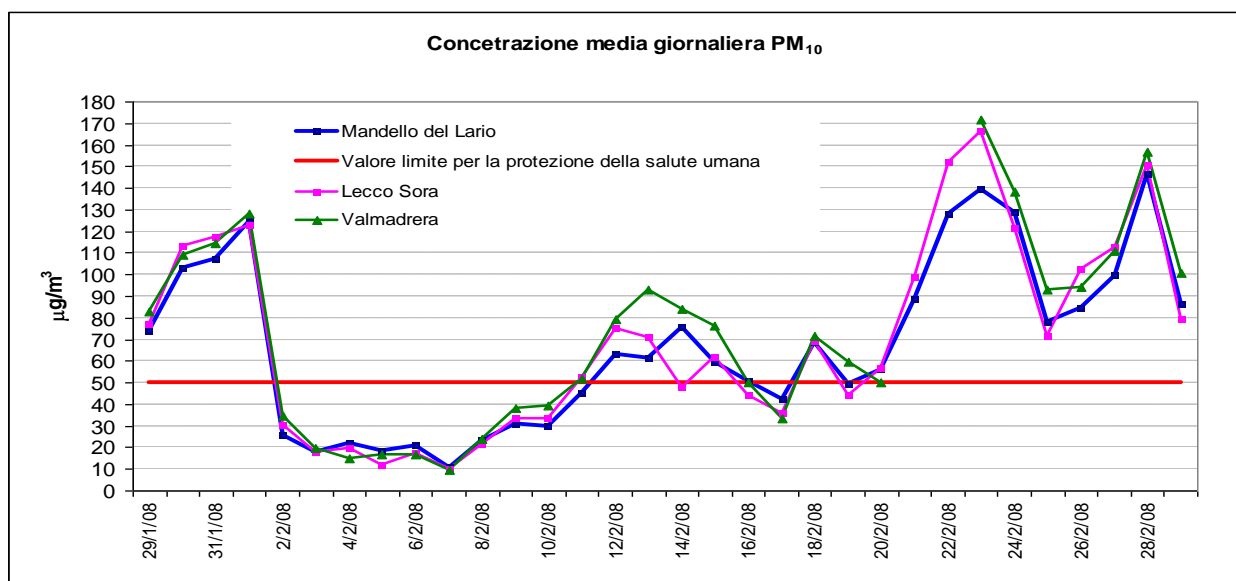
## Particolato Fine ed Ultrafine

La misura del particolato è stata effettuata con campionatore sequenziale e successiva pesata gravimetrica; questo tipo di strumento è programmato per fornire dati giornalieri. Il campionamento, iniziato il 5 dicembre 2009 e terminato l'11 gennaio 2010, ha avuto una durata di 38 giorni. Analogamente a quanto registrato nella prima parte della campagna svoltasi nei mesi di gennaio e febbraio 2008, a Mandello i valori di concentrazione di PM<sub>10</sub> sono stati generalmente inferiori rispetto a quelli delle altre stazioni prese a confronto. In particolare, in questa seconda parte, la differenza tra le concentrazioni è stata sensibile; inoltre, non sono stati registrati valori tanto elevati quanto nel 2008.

Mentre nelle postazioni fisse di rilevamento, le concentrazioni medie giornaliere di **PM<sub>10</sub>** sono state elevate, superando in più giorni il valore limite di 50 µg/m<sup>3</sup>, a Mandello ciò si è verificato solo 2 volte.



Per un confronto, si riporta il grafico di PM<sub>10</sub> relativo alla prima parte della campagna.



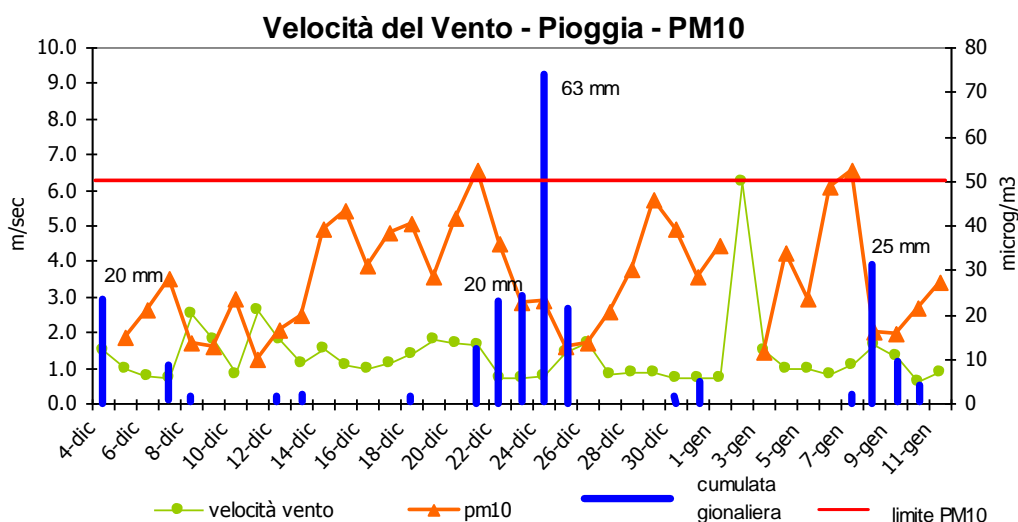
Si riportano i dati caratteristici della campagna 2009.

<b>PM<sub>10</sub></b>	% Rend.	Media (µg/m <sup>3</sup> )	Max Media 24 h (µg/m <sup>3</sup> )	Nr. giorni superamento Liv. prot.salute	Periodo
<b>Mandello del Lario</b>	97	28	52	2/38	5/12/09 – 11/1/2010
Lecco Sora	100	32	79	6/38	
Valmadrera	100	41	88	13/38	

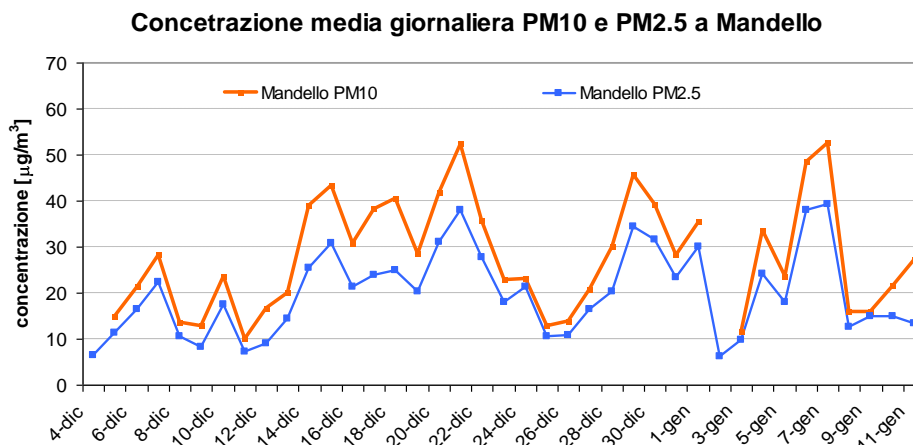
La tabella seguente è relativa alla campagna del 2008.

<b>PM<sub>10</sub></b>	% Rend.	Media (µg/m <sup>3</sup> )	Max Media 24 h (µg/m <sup>3</sup> )	Nr. giorni superamento Liv. prot.salute	Periodo
<b>Mandello del Lario</b>	100	68	146	20/32	29/01/08 – 29/02/08
Lecco Sora	100	70	166	19/32	
Valmadrera	94	72	171	18/32	

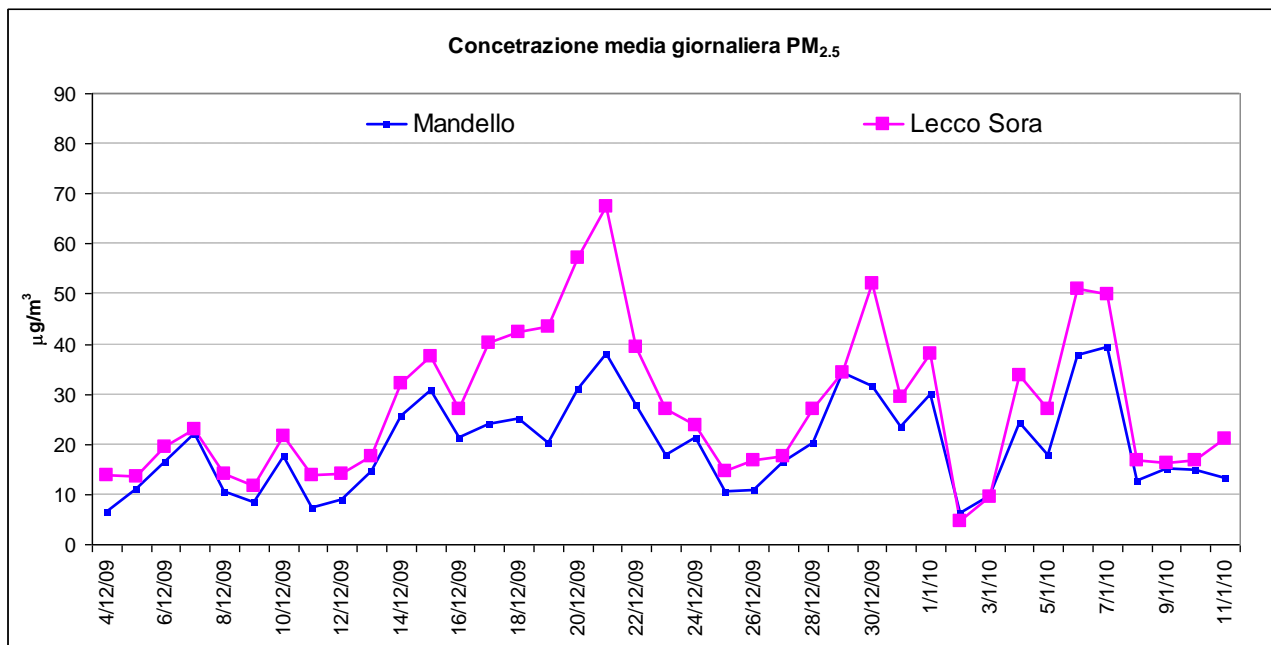
Il grafico seguente mostra la relazione tra alcuni parametri meteorologici e le concentrazioni di Pm10. Esso evidenzia come in corrispondenza di condizioni prolungate di instabilità atmosferica accompagnate da un aumento della velocità del vento, si è avuto una diminuzione delle concentrazioni di polveri.



Lo stesso andamento è stato rilevato per il PM2.5.



Per questa frazione del particolato, si è già anticipato che la comunità europea ha stabilito il valore limite sulla media annuale (pari quest'ultimo a  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  da raggiungere entro il 1/01/2015). Essendo la campagna svolta in un periodo limitato, la media registrata nei 39 giorni di campionamento ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) non risulta rappresentativa dell'intero anno. Per avere un riferimento, le concentrazioni di PM<sub>2.5</sub> di Mandello sono state confrontate con quelle di Lecco Sora. Esse presentano lo stesso andamento ma valori lievemente inferiori.



## Conclusioni

Le misure effettuate sul territorio del comune di Mandello del Lario, hanno consentito una caratterizzazione generale della qualità dell'aria del sito.

- I valori medi di **CO** sono estremamente bassi e risultano inferiori ai limiti di legge.
- Il biossido di azoto rilevato a Mandello risulta essere confrontabile con quello misurato nelle stazioni fisse, di monitoraggio della qualità dell'aria, aventi caratteristiche simili a quelle del sito monitorato. In nessuna delle postazioni considerate è stato superato il limite normativo.
- I valori e gli andamenti dell'**O<sub>3</sub>** sono risultati confrontabili con quelli rilevati nelle altre postazioni considerate. Non sono stati registrati superamenti dei limiti di legge.
- L'unico inquinante ad aver superato il limite di protezione della salute umana, fissato a 50 µg/m<sup>3</sup>, è stato il **PM<sub>10</sub>** in 2 giorni su 38. Comunque, i valori di concentrazione sono stati generalmente più bassi rispetto ai valori registrati nelle altre stazioni prese a confronto e sono stati dovuti una situazione meteo sfavorevole alla dispersione degli inquinanti.
- I valori di **PM<sub>2.5</sub>** risultano essere in linea con quelli misurati a Lecco via Sora.

## Ringraziamenti

Si ringrazia l'Amministrazione Comunale per la collaborazione apportata durante la campagna di monitoraggio.

**INQUINANTE : PM<sub>10</sub> PM<sub>2.5</sub>**  
**UNITA' DI MISURA : µg/m<sup>3</sup>**

**VALORI DELLE CONCENTRAZIONI MEDIE GIORNALIERE**

<b>Data</b>	<b>Conc. PM10 Mandello del Lario [µg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>Conc. PM2.5 Mandello del Lario [µg/m<sup>3</sup>]</b>
04/12/2009	---	6
05/12/2009	15	11
06/12/2009	21	16
07/12/2009	28	22
08/12/2009	14	10
09/12/2009	13	8
10/12/2009	24	18
11/12/2009	10	7
12/12/2009	17	9
13/12/2009	20	14
14/12/2009	39	25
15/12/2009	43	31
16/12/2009	31	21
17/12/2009	38	24
18/12/2009	40	25
19/12/2009	28	20
20/12/2009	42	31
21/12/2009	52	38
22/12/2009	36	28
23/12/2009	23	18
24/12/2009	23	21
25/12/2009	13	11
26/12/2009	14	11
27/12/2009	21	17
28/12/2009	30	20
29/12/2009	46	34
30/12/2009	39	32
31/12/2009	28	23
01/01/2010	35	30
02/01/2010	n.d.	6
03/01/2010	12	10
04/01/2010	34	24
05/01/2010	24	18
06/01/2010	49	38
07/01/2010	52	39
08/01/2010	16	13
09/01/2010	16	15
10/01/2010	22	15
11/01/2010	27	13

**INQUINANTE : CO**

**UNITA' DI MISURA : mg/m<sup>3</sup>**

**VALORI DELLE CONCENTRAZIONI MEDIE ORARIE**

CO	ore																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
04-dic	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.4	0.3	0.3	0.3	0.5	0.6	0.6
05-dic	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.7	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	0.6	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6
06-dic	0.6	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	1	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7
07-dic	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	1	1.1	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.7	0.9	0.8	0.8
08-dic	0.8	0.8	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.5
09-dic	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.7	0.8	0.8	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5
10-dic	0.5	0.4	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	0.6	1	1	0.7	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	1.1	1.4	1.3	1.1	0.9	0.9	0.7	0.8
11-dic	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.6	0.4	0.4
12-dic	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.6	0.7	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4
13-dic	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.5	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	0.7	0.8	0.7
14-dic	0.5	0.4	0.4	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.9	0.8
15-dic	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.9	1.2	1.3	1.1	0.7	0.6	0.8	0.6
16-dic	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	1.1	1.3	1.1	1	0.9	0.6	0.5
17-dic	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.9	1.2	1.1	1.3	1.2	1.2	1.2	0.9
18-dic	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.7	1	0.8	0.6	0.7	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5
19-dic	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
20-dic	0.4	0.4	0.4	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	0.9	1.2	1	1.1	1.1	0.9	0.7	0.7
21-dic	0.6	0.5	0.5	0.5	0.7	0.9	1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1	0.9	1	1	1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.3	1.3
22-dic	1.1	1	0.9	0.9	1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	1	1.3	1.5	1.5	1.1	1	1.1	1.1
23-dic	1.1	0.9	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	1	1	0.9	1.1	0.8	0.7	0.8	0.9	1.5	1.3	1.5	1.4	1.5	1.4	1.3	1.2	1
24-dic	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	1	1.3	1.3	1.3	1.3	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.1
25-dic	1.1	1.1	0.9	0.8	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	1	0.9	1.1	0.9	0.9	0.7	0.7	0.6	0.7	0.7	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3
26-dic	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.9	0.7	0.8	0.9	1	0.8	0.8	0.7
27-dic	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.8	0.9	1	1	0.8	0.8	0.9	0.7
28-dic	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.4	0.5	0.5	0.7	0.8	0.7	0.6	0.4	0.4	0.8	0.8	1.1	1.3	1.2	1.4	1	0.8	1.1	1.1
29-dic	0.8	0.8	0.8	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7	1	1.2	1.1	1.2	1	1	1	0.9
30-dic	0.8	0.7	0.8	0.7	0.6	0.7	0.7	0.8	1	0.8	0.7	0.5	0.5	0.5	0.7	1	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1	1.1
31-dic	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	1	1.1	0.9	0.9	0.9	1	1.1	1.3	1.4	1.2	1	1.1	1.1	1.2
01-gen	1	0.9	1	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.9	1	1.1	1.2	1.2	1.1	0.9	0.9
02-gen	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
03-gen	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9	0.7	0.7	0.6
04-gen	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.8	0.8	1	1.3	1.3	1.1	0.9	0.9	0.8
05-gen	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9
06-gen	0.9	0.8	0.8	1	1	0.9	0.8	0.8	0.8	0.9	1	0.9	1	0.9	0.8	0.8	0.9	1.1	1.1	1.2	0.9	1.2	1.1	1.2
07-gen	1.1	0.9	0.9	0.8	0.7	0.6	0.7	0.7	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.9	1.1	1.4	1.4	0.9	0.8	0.7	0.7
08-gen	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7
09-gen	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7	0.6	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.7	0.7	0.8	1	0.8	0.7	0.8	1	0.9	
10-gen	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.6	1.2	1.2	0.9	1	1	0.9	0.7
11-gen	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.8	0.8	1	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	1.3	1.3	1.3	1.1	1.2	1	0.8

**INQUINANTE : NO<sub>2</sub>**  
**UNITA' DI MISURA : µg/m<sup>3</sup>**

**VALORI DELLE CONCENTRAZIONI MEDIE ORARIE**

NO2	ore																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
04-dic	22	20	19	20	24	27	37	55	46	33	38	33	34	35	38	39	51	40	15	12	21	49	57	48
05-dic	33	26	29	33	27	35	41	58	54	55	28	23	24	18	23	24	56	68	67	66	60	51	44	41
06-dic	37	33	30	31	31	31	38	49	50	47	29	27	26	27	26	28	44	61	63	65	60	55	52	47
07-dic	38	30	27	26	30	40	44	55	57	61	56	39	48	57	65	61	60	63	64	63	60	60	56	55
08-dic	53	51	50	49	45	43	46	46	46	45	33	20	15	12	7	7	8	10	11	9	7	6	9	19
09-dic	16	13	14	11	9	30	37	25	19	13	22	20	17	15	24	68	85	81	83	72	65	57	43	38
10-dic	36	27	26	35	44	54	65	69	70	74	66	48	41	36	46	59	76	83	85	79	69	62	53	51
11-dic	19	6	5	5	4	4	5	8	16	24	18	18	21	29	34	43	39	36	39	30	33	52	32	21
12-dic	9	11	14	14	16	22	22	42	51	47	34	23	31	37	39	33	33	37	38	31	21	26	24	20
13-dic	16	14	15	15	19	16	21	17	24	24	13	16	12	10	14	16	33	42	45	53	48	45	41	39
14-dic	30	25	24	33	37	29	34	38	43	41	38	38	42	42	44	48	59	63	63	62	64	61	55	51
15-dic	47	41	36	34	41	40	45	53	53	52	55	56	56	56	53	57	64	67	68	55	49	52	47	
16-dic	44	43	41	41	44	49	54	55	59	54	38	25	24	26	25	30	59	90	89	91	83	73	43	34
17-dic	44	43	52	57	56	61	71	80	51	37	36	29	26	27	28	46	87	100	92	100	97	91	84	79
18-dic	79	77	74	72	64	61	57	70	71	65	50	62	66	65	63	71	75	70	72	61	56	51	52	52
19-dic	53	54	53	53	45	34	50	51	56	55	49	50	50	49	51	61	73	53	28	25	22	18	15	20
20-dic	17	11	13	60	62	63	61	61	60	62	59	59	58	57	63	73	83	91	84	79	75	64	55	45
21-dic	28	23	29	24	55	72	77	84	83	84	82	81	82	77	77	80	81	87	89	88	88	87	89	87
22-dic	85	82	81	82	82	81	87	84	82	81	75	68	66	68	75	74	84	87	89	86	79	77	74	73
23-dic	72	69	59	53	63	64	66	69	70	56	57	51	37	47	52	73	74	75	74	72	69	65	59	54
24-dic	54	47	45	36	32	43	49	56	61	59	62	62	60	64	51	57	63	66	64	61	55	53	52	52
25-dic	55	48	43	38	32	30	34	39	40	40	37	46	47	48	32	29	27	32	32	15	8	9	13	10
26-dic	8	7	4	3	3	9	19	32	40	34	23	20	12	13	22	32	63	64	72	68	62	53	47	45
27-dic	38	33	22	24	25	22	28	44	54	49	36	28	18	14	16	24	63	73	71	70	62	54	52	46
28-dic	36	30	29	28	25	30	49	60	69	65	58	41	20	31	68	78	81	80	79	82	83	75	75	71
29-dic	63	60	60	55	53	52	56	57	58	54	41	37	38	37	32	43	68	79	78	81	74	67	60	53
30-dic	44	42	44	39	36	45	52	57	61	59	46	28	29	27	50	71	69	74	74	76	82	75	62	51
31-dic	37	30	29	29	32	34	38	41	41	43	45	49	45	48	49	51	52	54	55	50	48	51	46	42
01-gen	41	36	35	35	34	32	30	32	34	29	25	22	19	19	20	23	37	46	46	48	45	39	34	30
02-gen	25	23	18	14	10	10	11	9	4	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03-gen	3	5	6	9	1	1	7	23	26	29	11	9	9	13	13	15	33	63	54	62	57	47	43	34
04-gen	26	25	25	25	29	32	43	54	57	56	45	48	53	59	64	65	69	77	81	77	71	62	56	49
05-gen	43	34	31	29	25	33	35	31	27	26	26	26	30	24	22	27	31	52	57	49	49	50	46	49
06-gen	44	45	37	60	61	56	53	57	57	57	51	49	60	56	52	51	61	78	78	77	59	67	66	67
07-gen	68	66	60	59	53	48	56	59	60	43	39	37	36	41	42	45	62	75	77	75	62	45	37	31
08-gen	29	17	13	10	12	9	13	29	26	27	28	30	34	39	38	40	58	61	67	65	63	56	34	32
09-gen	27	29	28	23	25	24	40	47	46	38	26	22	32	34	39	44	37	52	55	38	33	37	39	37
10-gen	32	29	26	24	23	25	29	36	37	40	37	25	21	15	18	23	35	53	52	54	47	45	41	34
11-gen	23	23	23	27	33	38	42	52	51	50	35	24	17	17	21	24	34	63	64	67	62	58	49	46

**INQUINANTE : O<sub>3</sub>**  
**UNITA' DI MISURA : µg/m<sup>3</sup>**

**VALORI DELLE CONCENTRAZIONI MEDIE ORARIE**

O3	ore																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
04-dic	43	45	47	46	42	38	29	13	24	34	30	34	32	32	30	29	16	39	71	74	63	27	20	21
05-dic	33	36	29	24	29	21	18	5	11	14	40	47	46	53	51	52	17	6	8	7	8	11	15	15
06-dic	16	18	20	17	16	17	11	7	8	14	31	34	35	36	40	39	22	8	6	6	7	8	7	8
07-dic	13	20	21	23	18	8	7	3	5	5	9	21	15	10	5	4	3	4	4	4	3	5	3	3
08-dic	2	2	2	2	5	4	3	2	3	5	14	28	41	61	77	83	80	77	76	78	80	80	75	61
09-dic	62	62	59	62	66	39	40	52	59	68	58	63	70	73	63	22	6	6	6	9	12	15	24	24
10-dic	25	32	31	21	11	6	3	3	4	7	12	22	31	33	24	14	7	9	7	7	6	6	6	7
11-dic	50	75	77	75	76	78	80	75	68	56	66	64	59	55	51	42	45	41	35	40	33	19	29	37
12-dic	45	41	38	37	33	27	27	11	7	15	27	33	28	24	24	27	18	18	17	23	35	31	32	35
13-dic	35	38	40	41	37	39	35	42	35	39	51	50	54	55	54	53	35	23	22	14	18	15	15	14
14-dic	21	27	27	17	12	16	10	8	7	10	15	15	14	14	15	11	6	5	5	5	5	5	7	5
15-dic	4	7	10	11	6	6	3	5	4	4	5	5	7	9	12	10	9	9	10	9	8	10	14	12
16-dic	13	13	14	13	8	7	6	7	8	14	29	37	44	43	47	44	24	11	13	12	9	12	27	39
17-dic	30	36	22	10	11	9	6	5	23	33	35	42	50	52	54	46	13	12	14	14	12	10	10	8
18-dic	6	5	6	6	9	10	17	6	10	16	31	18	14	13	14	9	7	5	7	13	16	20	17	17
19-dic	17	15	19	18	24	32	17	15	15	18	20	20	21	23	22	17	9	33	46	48	49	49	49	43
20-dic	44	47	43	6	5	5	5	5	9	12	13	19	22	25	22	14	10	12	11	13	13	12	13	20
21-dic	32	38	35	41	16	5	5	7	6	6	6	7	6	6	6	6	6	6	7	6	7	6	9	9
22-dic	6	4	4	4	5	4	4	4	5	5	8	11	13	13	10	11	7	8	8	9	6	6	5	6
23-dic	4	4	10	11	4	3	3	4	5	9	11	14	25	22	16	9	8	9	9	11	8	8	6	4
24-dic	5	5	7	14	19	9	6	4	4	6	7	7	7	6	10	8	6	5	6	6	7	4	4	2
25-dic	3	3	3	4	5	6	5	2	3	4	7	5	7	6	13	16	18	15	24	52	73	73	65	67
26-dic	68	68	70	69	63	54	42	30	27	34	48	54	63	64	59	49	19	12	10	9	10	14	15	14
27-dic	17	18	31	28	27	33	27	14	8	15	31	42	53	62	62	53	15	8	11	10	12	14	15	15
28-dic	23	26	26	28	34	30	11	10	6	10	20	40	56	45	14	8	8	9	10	10	5	4	8	7
29-dic	4	4	3	4	3	3	3	3	4	9	20	28	32	37	45	32	13	7	6	9	6	6	7	7
30-dic	10	11	10	14	16	9	5	4	5	8	14	29	29	33	14	5	3	5	5	5	4	6	3	4
31-dic	5	6	6	6	5	6	4	3	4	3	3	3	3	4	4	4	4	5	7	5	3	5	5	10
01-gen	3	2	4	3	2	3	2	2	2	6	10	16	22	25	30	27	11	6	6	8	7	6	5	6
02-gen	11	13	20	28	36	38	38	41	50	54	58	65	68	69	74	77	76	75	74	75	76	77	77	77
03-gen	71	68	66	65	73	71	64	44	41	43	59	62	64	63	64	63	44	14	22	15	17	21	23	28
04-gen	34	32	33	33	29	25	18	9	11	22	19	17	15	13	12	9	7	13	12	7	6	7	8	8
05-gen	11	17	23	25	28	19	21	25	28	32	34	38	34	42	47	42	37	21	19	23	22	20	21	18
06-gen	18	14	20	5	5	4	4	4	4	8	16	19	20	26	31	32	25	9	8	9	13	9	7	5
07-gen	5	4	5	6	10	10	5	3	5	13	20	27	33	33	33	31	17	8	8	10	9	24	28	33
08-gen	30	51	57	59	56	61	57	39	45	44	43	39	35	30	30	27	13	6	5	7	6	9	24	24
09-gen	27	24	25	26	24	27	9	5	8	15	26	31	23	22	15	13	22	10	7	13	18	17	12	12
10-gen	16	17	19	20	23	21	16	9	10	9	18	32	43	48	45	39	24	13	8	7	10	10	9	12
11-gen	22	21	22	16	10	7	8	4	6	9	22	34	44	47	45	42	29	8	7	8	7	6	5	5