



Agenzia Regionale  
per la Protezione dell'Ambiente  
della Lombardia

**Campagna di Misura di PM<sub>10</sub>**  
**COMUNE DI BELLANO**  
prima parte

16/10/2009 - 19/11/2009

**Campagna di Misura di PM<sub>10</sub>**  
COMUNE DI **BELLANO**  
prima parte

**Gestione e Manutenzione Tecnica dello strumento gravimetrico**

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

Nel presente lavoro si discutono i risultati relativi alla prima parte della campagna 2009 per il monitoraggio del PM<sub>10</sub> nel Comune di Bellano.

---

## Campagna di Misura di PM<sub>10</sub> COMUNE DI BELLANO prima parte

Introduzione	
<b>Strumento per la misura del PM<sub>10</sub></b> .....	pag. 3
<b>Definizione di PM<sub>10</sub></b> .....	pag. 4
<b>Normativa</b> .....	pag. 4
Campagna di Misura	
<b>Sito di Misura</b> .....	pag. 5
<b>Emissioni sul territorio</b> .....	pag. 6
<b>Situazione Meteorologica nel periodo di misura</b> .....	pag. 10
<b>Andamento del PM<sub>10</sub> nel periodo di misura</b> .....	pag. 12
<b>Confronto delle misure con i dati rilevati da postazioni fisse</b> .....	pag. 14
<b>Conclusioni</b> .....	pag. 15
<b>Ringraziamenti</b> .....	Pag. 15
<b><i>Allegato Dati Giornalieri</i></b>	Pag. 16

## Introduzione

### Strumento per la misura del PM<sub>10</sub>

Per la campagna di misura, condotta dall'ARPA Dipartimento di Lecco, è stato utilizzato uno strumento gravimetrico per la misura del PM<sub>10</sub> o particolato fine, che risponde ai criteri del DM 60 del 2/4/02.

Lo strumento sequenziale impiegato è il modello Skypost-PM prodotto dalla TCR Tecora, dotato di testata di prelievo EPA in configurazione PM<sub>10</sub> che richiede un flusso di campionamento di 1 m<sup>3</sup>/h. La testa di prelievo del campionatore corrisponde al modello SA246b.

Le caratteristiche principali sono:

- flusso nominale impostato a 1 m<sup>3</sup> /h;
- controllo elettronico ed automatico del flusso nominalmente entro il 2%; il sistema, se non è in grado di mantenere il flusso entro tale limite, è programmato per la continuazione del campionamento sul filtro successivo;
- sensori di temperatura dell'aria in ambiente Ta, al contatore volumetrico (gas-meter) Tg e del filtro Tf;
- sensori di pressione atmosferica Pa e di pressione a valle del filtro Pf;
- caduta massima di pressione DP impostata nominalmente a 50 kPa; il sistema, se non è in grado di mantenere la caduta di pressione entro tale limite, è programmato per la continuazione del campionamento sul filtro successivo;
- sistema di caricamento pneumatico con capacità fino a 16 filtri; i filtri sono montati su cassette individuali in teflon a loro volta contenute in un caricatore cilindrico.

Il volume effettivo V<sub>eff</sub> (a Ta e Pa) e il volume a condizioni standard V<sub>st</sub> (a 25°C e 101.3 Pa), non sono misure dirette, ma sono calcolati normalizzando il volume V<sub>g</sub> (a Tg e Pa) misurato dal contatore volumetrico per pressione e temperatura medie. La pressione al gas-meter viene assunta pari a Pa (a meno del 0.2%).

I flussi medi, effettivo e normalizzato, sono calcolati a partire dai rispettivi volumi.

Sulla stampante del sistema, al termine del campionamento di ciascun filtro, vengono riportati:

- inizio, fine e tempo effettivo di campionamento;
- eventuali allarmi di flusso, o altre anomalie;
- flussi medi e deviazione percentuale;
- volumi V<sub>g</sub>, V<sub>s</sub> e V<sub>eff</sub>;
- temperature Tg media, e Ta minima, media e massima;
- pressioni Pa media e DP massima.

Nella campagna di misura il sistema ha campionato su filtri in borosilicato.

La scelta del sito di campionamento viene effettuata seguendo i criteri descritti nell'Allegato VIII del D.M. 60 del 2 aprile 2002 concernente l'ubicazione dei punti di misura fissi.

## Definizione di PM<sub>10</sub>

Inquinanti	Principali sorgenti
Particolato Fine*/** PM10	Insieme di particelle con diametro aerodinamico inferiore ai 10 µm, provenienti principalmente da processi di combustione se primario, prodotto in atmosfera attraverso reazioni chimiche se secondario

\* = Inquinante Primario = Inquinante generato da emissioni dirette in atmosfera dovute a fonti naturali e/o antropogeniche;

\*\* = Inquinante Secondario = Inquinante prodotto in atmosfera attraverso reazioni chimiche

## Normativa

Per i principali inquinanti atmosferici, ed in particolare le polveri fini, 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 (D.M. 60 del 2/4/02) allo scopo di prevenire esposizioni croniche.

Particolato Fine PM10	Valore Obiettivo (µg/m <sup>3</sup> )	Periodo di mediazione	Legislazione
	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

# Campagna di Misura

**Sito di misura:** **Comune di Bellano (LC)**

**Popolazione** : 3325 abitanti (dati ISTAT 1/1/09)

**Densità** : 294 abitanti/km<sup>2</sup>

**Altitudine**: 202 m s.l.m. (min 199, max 775)

Misura espressa in *metri sopra il livello del mare* del punto in cui è situata la Casa Comunale, con l'indicazione della quota minima e massima sul territorio comunale.



Bellano si affaccia sulla riva orientale del Lago di Como, alla foce del torrente Pioverna che scende dalla Valsassina, a poca distanza dalle Grigne, di fronte a Bellagio e Menaggio. Dista 25 km. da Lecco, capoluogo della Provincia, e 75km.da Milano.

Bellano è raggiungibile tramite tutti i treni della linea delle Ferrovie dello Stato Milano-Tirano; la strada statale N.36, che consente di raggiungere Bellano in auto con un'ora di viaggio da Milano oppure attraverso la strada provinciale N.72 che costeggia il lago con un percorso di grande valore paesaggistico o la strada provinciale N.62 che attraversa la Valsassina.



● Postazione del mezzo mobile

**Posizionamento:** Vicino P.zza G. Verdi, presso le scuole comunali

**Assi stradali** : S.P. 72

Il campionatore è stato posizionato in una area pavimentata di pertinenza delle scuole comunali e lontana da fonti dirette.

All'area si accede dalla vicina Piazza Giovanni Verdi e la circolazione automobilistica è limitata.

Il sito è idoneo per la valutazione della qualità dell'aria dell'area circostante.

## Emissioni sul territorio

Per la stima delle principali sorgenti emissive sul territorio comunale di Verderio Inferiore è stato utilizzato l'inventario regionale delle emissioni, INEMAR (Inventario Emissioni Aria), nella sua versione più recente, riferita all'anno 2005.

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.

- 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
- Trattamento e smaltimento rifiuti
- 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 ( $\text{SO}_2$ )
- Ossidi di Azoto ( $\text{NO}_x$ )
- Composti Organici Volatili non Metanici (NMCOV)
- Metano ( $\text{CH}_4$ )
- Monossido di Carbonio (CO)
- Biossido di Carbonio ( $\text{CO}_2$ )
- Ammoniaca ( $\text{NH}_3$ )
- Protossido di Azoto ( $\text{N}_2\text{O}$ )
- Polveri Totali Sospese (PTS) o polveri con diametro inferiore ai  $10 \mu\text{m}$  (PM10)

In questa relazione vengono commentati soltanto i dati relativi al particolato.

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

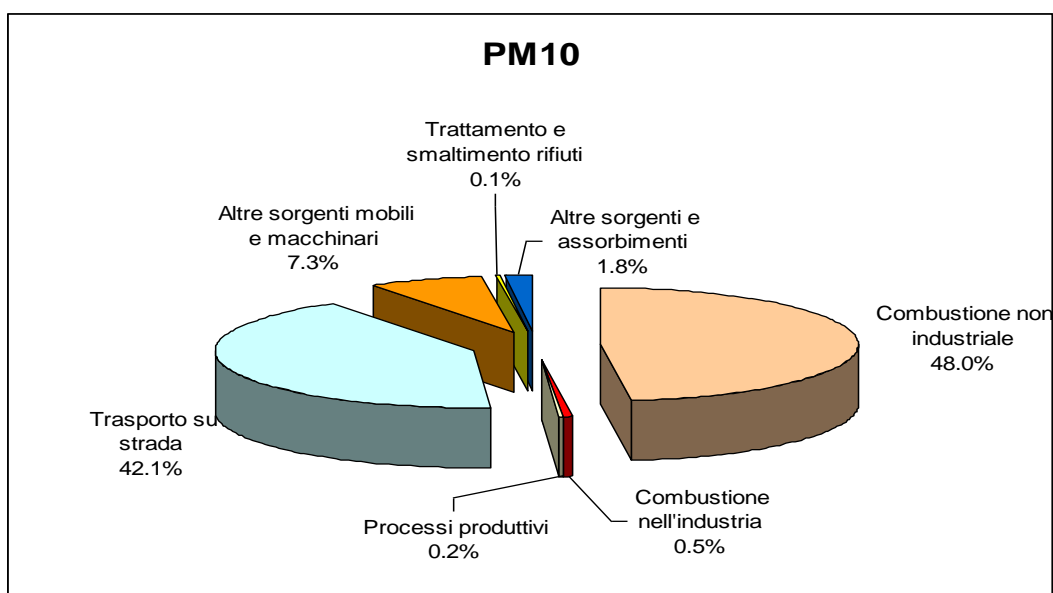
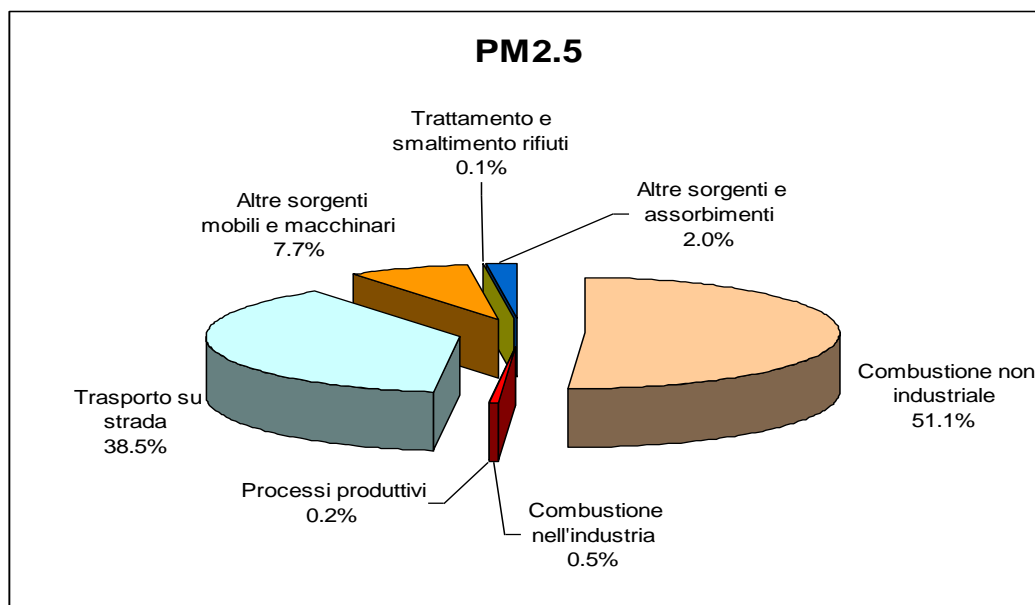
Dai dati Inemar 2005, risulta che le principali fonti di emissione per il **particolato fine (PM<sub>10</sub>)** (9.62 t/anno), sono la combustione non-industriale (48%) ed il trasporto su strada (42%). Gli altri macrosettori influiscono in maniera meno incisiva.

Nella tabella seguente si riportano i valori assoluti e percentuali delle stime relative al PM10 e PM2.5 emessi dai diversi tipi di sorgente all'interno del Comune di Bellano.

Per un confronto si riportano anche le stime riferite all'intera provincia di Lecco.

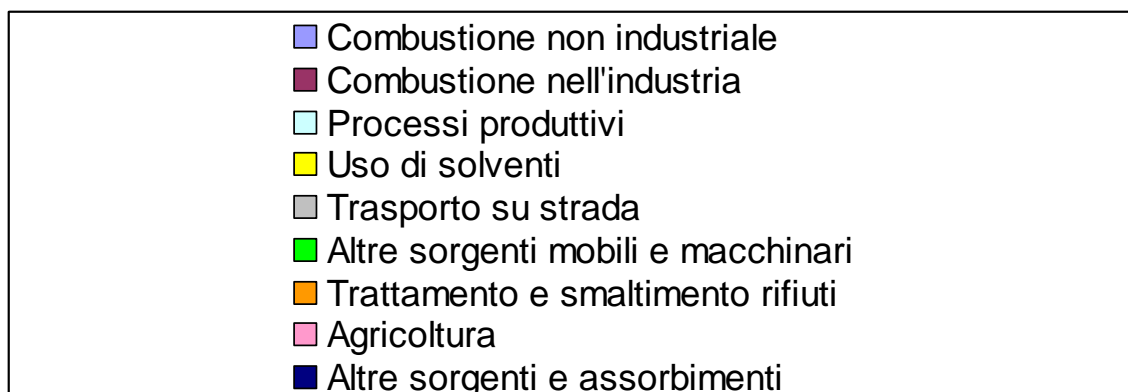
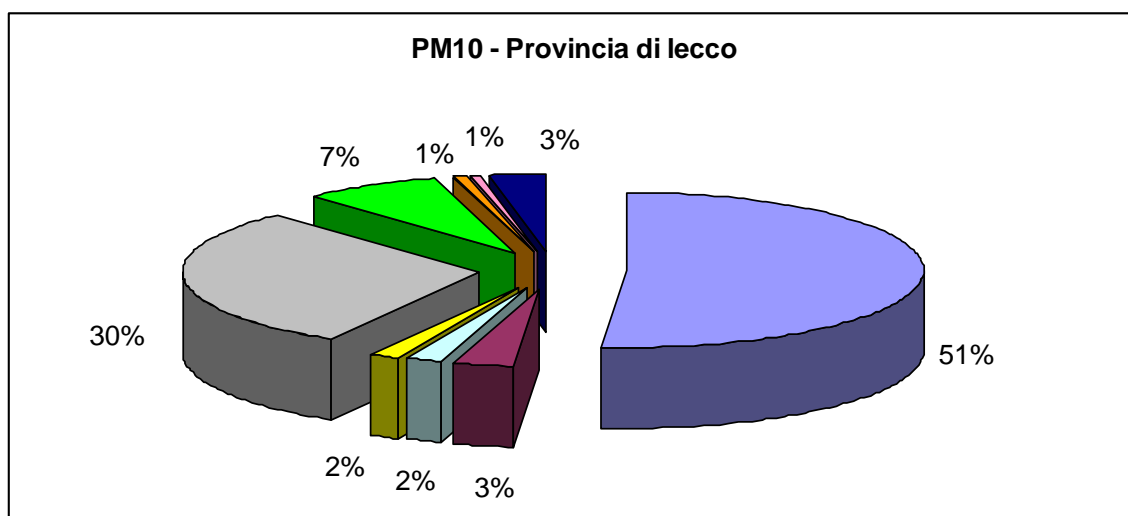
**Comune di Bellano**

Fonti emissive - macrosettore	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>10</sub>
	t/anno	t/anno	%	%
Produzione energia e trasform. combustibili	-	-	-	-
Combustione non industriale	4.47	4.62	51.14	48.01
Combustione nell'industria	0.04	0.05	0.47	0.53
Processi produttivi	0.01	0.02	0.16	0.21
Estrazione e distribuzione combustibili	-	-	-	-
Uso di solventi	-	-	-	-
Trasporto su strada	3.36	4.05	38.45	42.06
Altre sorgenti mobili e macchinari	0.68	0.71	7.75	7.34
Trattamento e smaltimento rifiuti	0.01	0.01	0.07	0.06
Agricoltura	-	-	-	-
Altre sorgenti e assorbimenti	0.17	0.17	1.97	1.79
<b>Totale</b>	<b>8.73</b>	<b>9.62</b>	<b>100</b>	<b>100</b>



**ARPA Lombardia - Regione Lombardia. Emissioni in provincia di Lecco nel 2005 (dat finali)**

	PM <sub>10</sub>	Distribuzione percentuale
	t/anno	%
Produzione energia e trasform. combustibili	-	-
Combustione non industriale	428	51%
Combustione nell'industria	27	3%
Processi produttivi	15	2%
Estrazione e distribuzione combustibili	-	-
Uso di solventi	14	2%
Trasporto su strada	247	30%
Altre sorgenti mobili e macchinari	62	7%
Trattamento e smaltimento rifiuti	8	1%
Agricoltura	5	1%
Altre sorgenti e assorbimenti	26	3%
<b>Totale</b>	<b>831</b>	<b>100%</b>



Per un maggior dettaglio si riporta una tabella in cui sono riportate le quantità di inquinate emesse per macrosettore in relazione al tipo di combustibile utilizzato.

In particolare si evidenzia come il fattore principale di emissione sia dovuto al riscaldamento domestico (combustione non industriale) legato all'uso della legna e similari.















All'interno del macrosettore trasporto su strada, contribuisce in maniera determinante all'inquinamento da particolato, l'uso di mezzi diesel.

<b>Macrosettore</b>	<b>combustibile</b>	<b>PM2.5</b> t/anno	<b>PM10</b> t/anno
Combustione non industriale	gasolio	0.10	0.10
Combustione non industriale	kerosene	0.00	0.00
Combustione non industriale	legna e similari	4.29	4.43
Combustione non industriale	olio combustibile	0.05	0.07
Combustione non industriale	gas naturale (metano)	0.01	0.01
Combustione non industriale	gas petrolio liquido (GPL)	0.00	0.00
Combustione nell'industria	gasolio	0.00	0.00
Combustione nell'industria	legna e similari	0.04	0.05
Combustione nell'industria	gas naturale (metano)	0.00	0.00
Processi produttivi	senza combustibile	0.01	0.02
Trasporto su strada	senza combustibile	0.86	1.55
Trasporto su strada	benzina senza piombo	0.26	0.26
Trasporto su strada	gas naturale (metano)	0.00	0.00
Trasporto su strada	gas petrolio liquido (GPL)	0.00	0.00
Trasporto su strada	gasolio per autotrasporto (diesel)	2.23	2.23
Altre sorgenti mobili e macchine	benzina senza piombo	0.00	0.00
Altre sorgenti mobili e macchine	gasolio per autotrasporto (diesel)	0.68	0.71
Altre sorgenti e assorbimenti	senza combustibile	0.17	0.17

## 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. E' pertanto importante che i livelli di concentrazione osservati, soprattutto durante una campagna di breve durata, siano valutati alla luce delle condizioni meteorologiche verificatasi nel periodo di monitoraggio.

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

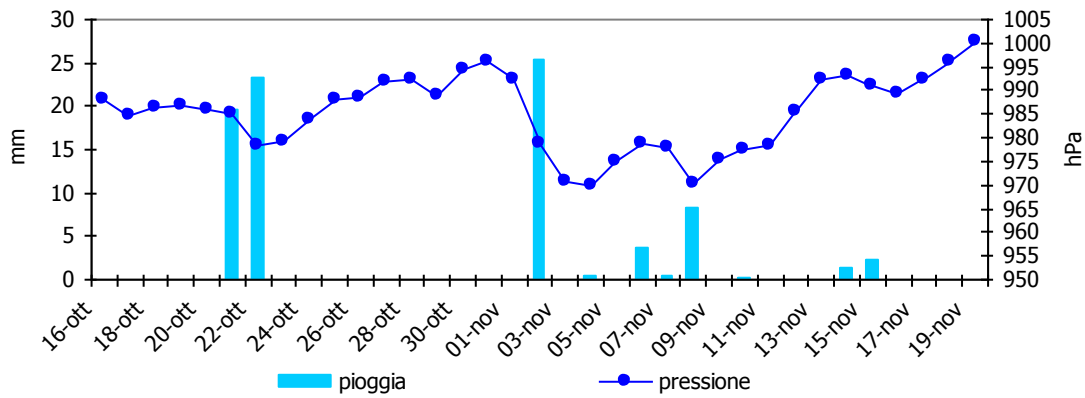
Settimana o periodo	Situazione generale	Precipitazioni Cumulate [mm]		Temperatura [°C]		Venti Condizioni prevalenti
16-19 ottobre	 Stabilità atmosferica	Assenti	0.0	↓ Sensibile Calo termico	Media = 8.6 °C Max= 15.2 °C Min= 1.9 °C	 Deboli
20-23 ottobre	 Perturbato	Molto Deboli o Deboli	46.6	↔	Media =8.8 °C Max=13.1 °C Min=5.8 °C	 deboli
24 ottobre 1 novembre	 Stabilità atmosferica	Assenti	0.0	↑ Nella norma decadale	Media = 10.5°C Max=18.4°C Min=4.5 °C	 deboli
2 – 8 novembre	 Perturbato	Frequenti	38.0	↓ Nella norma decadale	Media = 6.9°C Max=16.1 °C Min= 1.9 °C	 deboli moderati g.6
9-13 novembre	 Stabilità atmosferica	Assenti	0.2	↔	Media = 6.5°C Max= 14.6 °C Min= 0 °C	 deboli moderati g.10-11
14-15 novembre	 Perturbato	Molto Deboli o Deboli	3.6	↑ Breve escursione	Media = 8 °C Max= 9.6 °C Min= 6 °C	 deboli
16-19 novembre	 Stabilità atmosferica	Assenti	0.0	↑	Media = 9.0 °C Max= 14.7 °C Min= 3.7 °C	 deboli

Si riportano in grafici gli andamenti relativi ai principali parametri meteorologici rilevati presso le stazioni di Colico e Lecco Sora ( radiazione) nel periodo di misura delle polveri fini:

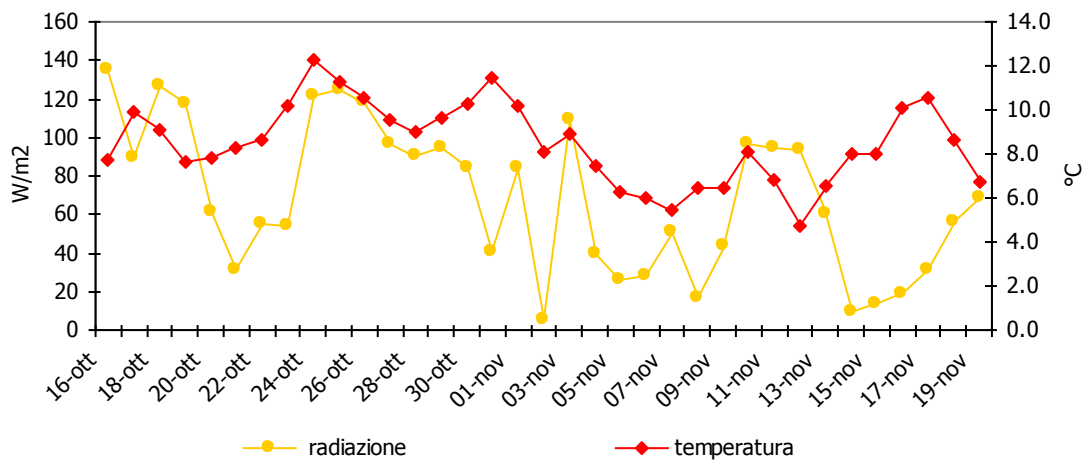
- precipitazioni (cumulata giornaliera) e pressione (media giornaliera)
- radiazione solare (media giornaliera) e temperatura (media giornaliera)
- velocità del vento (media giornaliera) e umidità relativa (media giornaliera)

## Andamenti dei principali parametri meteorologici

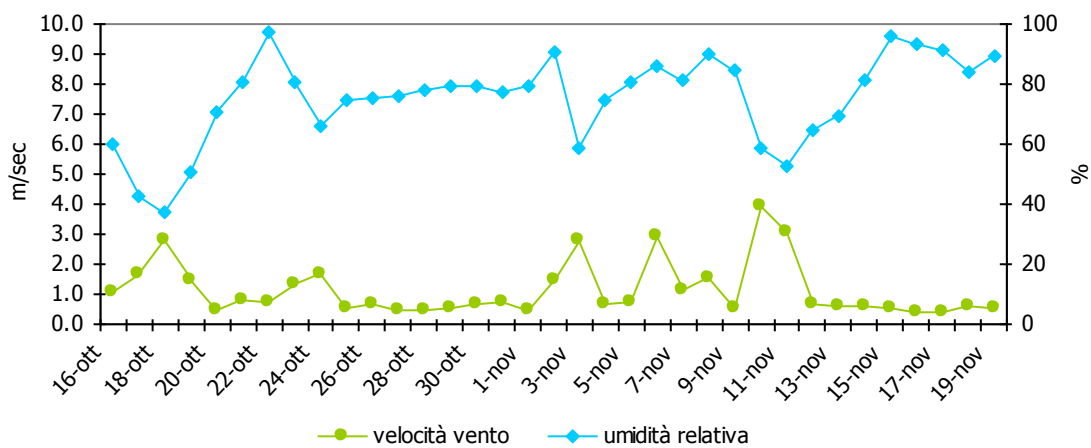
### Precipitazioni e Pressione



### Radiazione Solare e Temperatura valori medi giornalieri



### Velocità del Vento e Umidità relativa



## Andamento del PM<sub>10</sub> nel periodo di misura

La campagna di monitoraggio delle polveri sottili, nel Comune di Bellano, è stata svolta dal 16 ottobre al 19 novembre 2009.

Il campionatore sequenziale è stato posizionato in una area di pertinenza delle scuole comunali, lontano da fonti dirette.

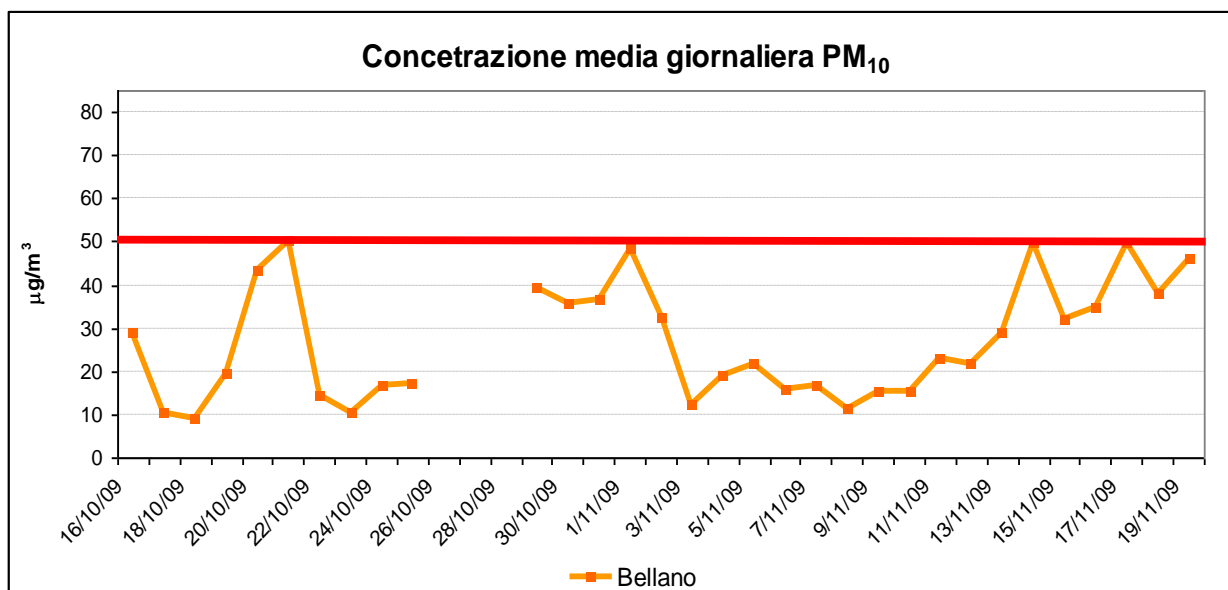
Il **Particolato Fine (PM<sub>10</sub>)** è costituito da una miscela di particelle solide e liquide, di diverse caratteristiche chimico-fisiche e diverse dimensioni. Esse possono essere di origine primaria, cioè emesse direttamente in atmosfera da processi naturali o antropici, o secondaria, cioè formate 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).

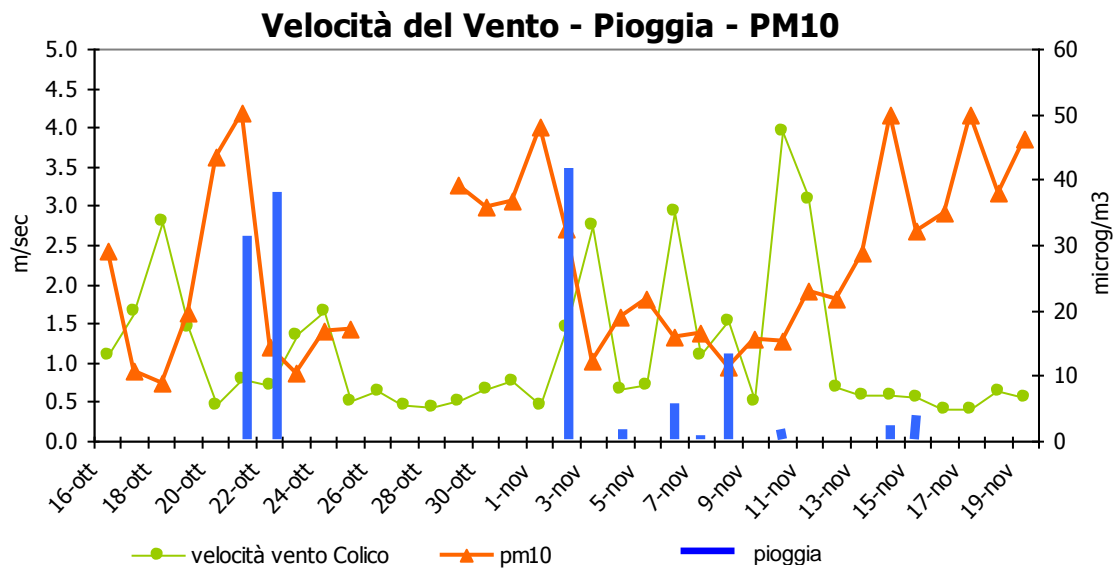
L'insieme delle particelle sospese in atmosfera è chiamato PTS (Polveri Totali Sospese). Al fine di valutare l'impatto del particolato sulla salute umana si possono distinguere una frazione in grado di penetrare nelle prime vie respiratorie (naso, faringe, laringe) e una frazione in grado di giungere 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.

La misura di **PM<sub>10</sub>** è stata effettuata con un campionatore sequenziale e successiva pesata gravimetrica; questo tipo di strumento è programmato per fornire dati giornalieri: evoluzione giornaliera dell'inquinante ottenuta mediando i valori delle concentrazioni dalle ore 0.00 alle ore 23:55 dello stesso giorno.

Durante il periodo di misura, le concentrazioni giornaliere di **PM<sub>10</sub>** non hanno mai superato il limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup>.





Dal grafico precedente, si evidenzia come le fasi di instabilità atmosferica, accompagnate da piogge e ed aumenti della velocità del vento, abbiano contribuito alla dispersione dell'inquinante.

## Confronto delle misure con i dati rilevati da postazioni fisse

Il dato di PM<sub>10</sub> rilevato dal gravimetrico è stato messo a confronto con quello registrato nel medesimo periodo dalla strumentazione presente nelle vicine centraline di Lecco Sora e di Valmadrera, appartenenti alla rete fissa di monitoraggio della qualità dell'aria della rete dell'Arpa.

	rete	Tipo zona Dec. 2001/752/CE	Tipo stazione Decisione 2001/752/CE	Quota s.l.m. (metri)	Periodo di misura
<b>Bellano (LC)</b>	PUB	SUBURBANA	FONDO	249	16 ottobre – 19 novembre 2009
<b>Lecco Sora</b>	PUB	SUBURBANA	FONDO	214	Stazione Fissa
<b>Valmadrera</b>	PRIV	SUBURBANA	MEDIAURBANA	237	Stazione Fissa

**rete:** PUB = pubblica

### Tipo zona Decisione 2001/752/CE:

- **URBANA:** centro urbano di consistenza rilevante per le emissioni atmosferiche, con più di 3000-5000 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.

Nella seguente tabella si riportano alcuni dati relativi alle caratteristiche del sito di campionamento e altri dati statistici riferiti al PM<sub>10</sub>, relativi al periodo della campagna di misura:

- % rendimento
- media delle concentrazioni medie orarie;
- valore massimo gionaliero;
- numero giorni in cui sono stati superati i livelli di attenzione

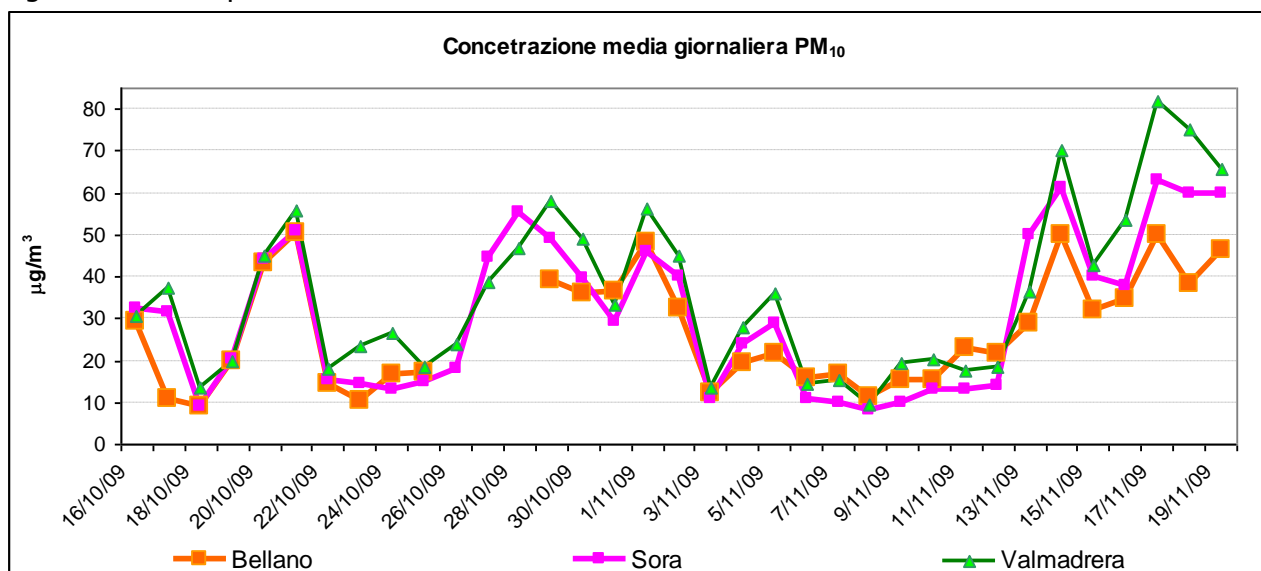
**Inquinante: PM<sub>10</sub>**  
**Periodo: 16/10/2009 - 19/11/2009**

**giorni di campionamento: 32**

	% Rend.	Media (µg/m <sup>3</sup> )	Max Media 24 h (µg/m <sup>3</sup> )	Nr. giorni superamento Liv. Protezione salute umana
<b>Bellano (LC)</b>	91	25	50	0/32
<b>Lecco Sora</b>	100	30	63	3/32
<b>Valmadrera</b>	100	35	82	5/32

Le medie giornaliere di PM<sub>10</sub> sono state messe a confronto con i valori rilevati nelle Stazioni di Lecco Sora e Valmadrera aventi analoga tipologia.

Dal grafico sottostante, si nota che, nonostante le concentrazioni maggiori siano state registrate a Valmadrera in quanto centralina di media-urbana, gli andamenti delle stazioni prese a confronto sono confrontabili. Anche se a Bellano le concentrazioni si sono mantenute spesso al di sotto di quelle registrate negli altri siti, l'incremento delle concentrazioni in particolari giorni, è stato registrato contemporaneamente in tutte le stazioni a confronto.



## Conclusioni

Dalla campagna di monitoraggio di PM<sub>10</sub> eseguita a Bellano, risulta evidente che la qualità dell'aria in questo Comune è confrontabile a quella dei vicini comuni inseriti in un simile contesto territoriale.

Infatti, l'andamento delle concentrazioni giornaliere di PM<sub>10</sub> misurate è risultato analogo a quello rilevato nelle altre stazioni fisse prese a confronto, ma con valori leggermente inferiori.

## Ringraziamenti

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

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

**VALORI DELLE CONCENTRAZIONI MEDIE GIORNALIERE**

<b>Data</b>	<b>Conc. Bellano [µg/m<sup>3</sup>]</b>
16/10/2009	29
17/10/2009	11
18/10/2009	9
19/10/2009	20
20/10/2009	43
21/10/2009	50
22/10/2009	14
23/10/2009	10
24/10/2009	17
25/10/2009	17
26/10/2009	n.d.
27/10/2009	n.d.
28/10/2009	n.d.
29/10/2009	39
30/10/2009	36
31/10/2009	37
01/11/2009	48
02/11/2009	32
03/11/2009	12
04/11/2009	19
05/11/2009	22
06/11/2009	16
07/11/2009	17
08/11/2009	11
09/11/2009	15
10/11/2009	15
11/11/2009	23
12/11/2009	22
13/11/2009	29
14/11/2009	50
15/11/2009	32
16/11/2009	35
17/11/2009	50
18/11/2009	38
19/11/2009	46