

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLOGNA

FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE FISICHE E NATURALI

CORSO DI LAUREA TRIENNALE
IN FISICA DELL'ATMOSFERA E METEOROLOGIA

**LA CONCENTRAZIONE DI PM_{2.5} A
BOLOGNA E PROVINCIA:
ANALISI ANNUALE DA SETT. 2009 AD AGO. 2010**

Tesi di laurea di:
Brunetti Carlotta

Relatore:
Levizzani Vincenzo

Co-relatore:
Caporaloni Marina

Sessione III
Anno Accademico 2010/2011

Indice

Sommario	pag. 2
1 Introduzione	pag. 3
1.1 Gli effetti sulla salute	pag. 3
1.2 La normativa europea	pag. 4
2 Le stazioni scelte per il monitoraggio di PM2.5	pag. 5
3 L'apparato strumentale	pag. 8
3.1 Metodi e strumenti per la misura di concentrazione di PM2.5	pag. 8
3.2 Pluviometro e anemometro	pag.12
4 Analisi dei dati di concentrazione di PM2.5	pag.14
5 Studio dei possibili fattori di abbattimento: la pioggia e il vento	pag.21
5.1 Analisi su lungo periodo	pag.21
5.2 Analisi su scale di tempo giornaliere	pag.22
6 Il ruolo del traffico	pag.25
7 Conclusioni	pag.26
Bibliografia	pag.27
Ringraziamenti	pag.27
Appendice	pag.28
Allegato A - Direttiva 2008/50/CE del parlamento europeo e del consiglio del 21 maggio 2008 relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa	pag.28
Allegato B – Scheda tecnica del campionatore TCR TECORA CHARLIE HV e del modulo SENTINEL PM	pag.38
Allegato C – Scheda tecnica del FAI - SWAM SC	pag.42
Allegato D – Scheda tecnica del pluviometro Vaisala RG13	pag.49
Allegato E – Scheda tecnica dell'anemometro Vaisala WM30	pag.52

SOMMARIO

Nel presente lavoro illustro innanzitutto l'importanza di misurare e tenere sotto controllo le concentrazioni di PM2.5 per i suoi effetti dannosi sulla salute umana. A tale proposito l'Unione Europea ha elaborato una direttiva per regolare le concentrazioni di PM2.5 negli stati membri. In seguito descrivo i differenti metodi di misura delle concentrazioni di PM2.5 (metodo gravimetrico e metodo in automatico) e il principio di funzionamento degli strumenti. I valori medi giornalieri di PM2.5, utilizzati nell'analisi, sono forniti dalle tre stazioni di monitoraggio ARPA che ho scelto per il presente studio: Porta San Felice ("urbano traffico"), Giardini Margherita ("fondo urbano"), San Pietro Capofiume ("fondo rurale pianura").

Per valutare il contributo di fattori meteorologici ad un possibile abbattimento del PM2.5 ho considerato le misure di precipitazione e vento prelevate dalla stazione di misura "Bologna Urbana" di Viale Silvani, sempre dell'ARPA.

Ho sviluppato l'analisi su un intero anno: dal settembre 2009 all'agosto 2010.

I risultati ottenuti vedono i mesi invernali con concentrazioni di particolato PM2.5 più elevate rispetto ai mesi estivi, con un numero maggiore di giorni sopra il valore obiettivo stabilito dalla direttiva europea. Notevoli sono state le concentrazioni relative alla stazione di misura di San Pietro Capofiume nonostante sia classificata come "fondo rurale pianura". Ho poi confrontato le concentrazioni di particolato con la presenza di pioggia e vento, analizzando i mesi di gennaio 2010, dicembre 2009 e maggio 2010 che sono rispettivamente il mese con più alta concentrazione di PM2.5, il mese più piovoso e il mese più ventoso. Ho verificato una discreta correlazione tra concentrazioni di PM2.5 e i due fenomeni meteorologici, soprattutto con il vento, individuando le condizioni sotto le quali tale dipendenza è più evidente.

Infine, ho scelto una settimana di maggio durante la quale non sono stati registrati fenomeni di precipitazione, il vento ha spirato con velocità costante e gli impianti di riscaldamento erano già chiusi: in questo modo ho potuto osservare una diminuzione di particolato nel fine settimana, a riprova del rilevante contributo del traffico veicolare alle concentrazioni di PM2.5.

1. INTRODUZIONE

1.1 Gli effetti sulla salute

Negli ultimi anni, lo studio delle concentrazioni di particolato in atmosfera si rivolge principalmente al PM_{2.5} e non alle Polveri Totali Sospese (PTS) come avveniva in precedenza. Per PTS si intende un insieme eterogeneo di particelle solide e liquide che restano in sospensione nell'aria; invece il PM_{2.5} (Particulate Matter) è una frazione delle PTS con diametro aerodinamico equivalente uguale o inferiore a 2,5 µm. Per diametro aerodinamico equivalente si intende il diametro di una particella sferica di densità unitaria (1 g/cm³) con medesimo comportamento aerodinamico della particella considerata nelle stesse condizioni di temperatura, pressione e umidità relativa. Le polveri PM_{2.5}, essendo di dimensioni così ridotte, sedimentano lentamente aumentando l'esposizione dell'uomo ad esse attraverso l'inalazione e facilitandone la veicolazione all'interno dell'organismo. Per questo motivo assumono un interesse sanitario superiore rispetto alle PTS e devono essere maggiormente controllate. Come possiamo vedere nella Figura 1.1, il particolato può accedere a diversi livelli di profondità all'interno dell'organismo a seconda delle sue dimensioni. A tal proposito il PM_{2.5} è definito polvere respirabile, penetra nei polmoni fino ad arrivare al livello degli alveoli, portando a patologie acute e croniche sia all'apparato cardio-circolatorio che all'apparato respiratorio (asma, bronchiti, enfisema, allergia, tumori).

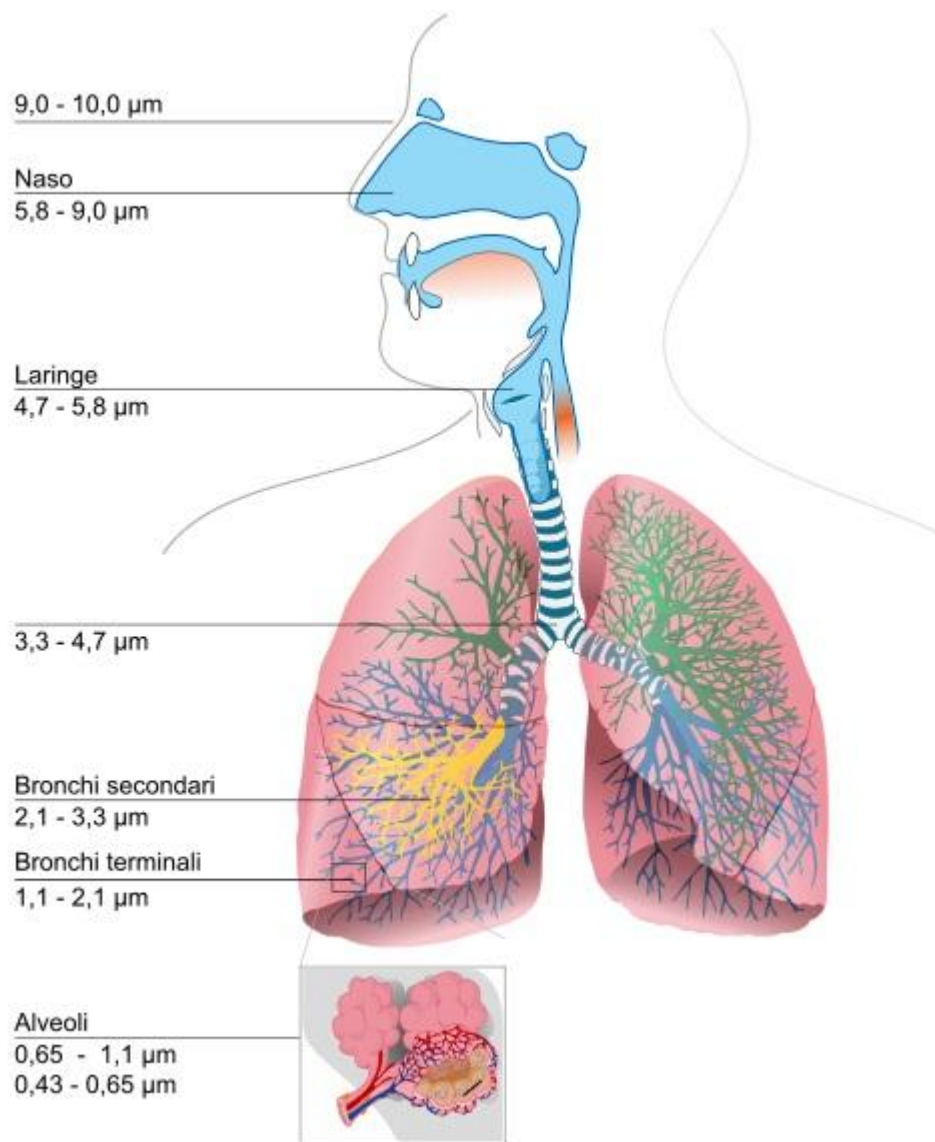


Figura1.1 Penetrazione delle polveri nell'apparato respiratorio.

1.2 La normativa europea

La legislazione europea ha elaborato la Direttiva 2008/50/EC (Allegato A) la quale prevede che nelle aree urbane gli stati membri riducano mediamente del 20% l'esposizione al PM_{2.5} entro il 2020 rispetto ai valori del 2010. La Direttiva prende in considerazione concentrazioni medie annue di PM_{2.5} svolte sull'anno civile ed espresse in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Entro il 1° gennaio 2010 deve essere raggiunto il valore obiettivo di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre entro 1° gennaio 2015 dovranno essere mantenute concentrazioni inferiori sempre a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ che diventerà un vero e proprio valore limite. Entro il 1°

gennaio 2020 il valore limite si abbasserà a 20 µg/m³. I valori sopra citati sono riportati nelle Tabelle 1.1-1.2. Interessante è notare come l'OMS (Organizzazione Mondiale per la Sanità) avesse proposto un valore di 10 µg/m³.

Valore obiettivo	Data entro la quale deve essere raggiunto il valore obiettivo
25 µg/m ³	1° gennaio 2010

Tabella 1.1 Valore obiettivo secondo la Direttiva europea 2008/50/EC

Valore limite	Data entro la quale deve essere raggiunto il valore limite
25 µg/m ³	1° gennaio 2015
20 µg/m ³	1° gennaio 2020

Tabella 1.2 Valori limiti secondo la Direttiva europea 2008/50/EC

2. LE STAZIONI SCELTE PER IL MONITORAGGIO DI PM_{2.5}

Le stazioni per il monitoraggio della qualità dell'aria sono classificate sulla base del tipo di zona e sulla base delle fonti di emissioni dominanti, per quanto stabilito dalla *Decisione 2001/752/CE* del 17 ottobre 2001.

I tipi di zona sono:

- Urbana, zona edificata in continuo
- Periferica, zona largamente edificata: insediamento continuo di edifici separati mescolati ad aree non urbanizzate (laghi di piccole dimensioni, boschi, terreni agricoli)
- Rurale, tutte le zone che non soddisfano i criteri relativi alle zone urbane/periferiche

I tipi di stazione rispetto alle fonti di emissioni dominanti sono:

- Traffico, stazioni situate in posizione tale che il livello di inquinamento è influenzato prevalentemente da emissioni provenienti da strade limitrofe

- Industria, stazioni situate in posizione tale che il livello di inquinamento è influenzato prevalentemente da singole fonti industriali o zone industriali limitrofe
- Di fondo, stazioni non influenzate dal traffico o dalle attività industriali

Le stazioni di misura che ho considerato per il monitoraggio di PM_{2.5} sono (Figure 2.2-2.3):

Porta San Felice (P.S.F.), a Bologna città, di tipo “urbano traffico”

Giardini Margherita (G.M.), a Bologna città, di tipo “fondo urbano”

San Pietro Capofiume (S.P.C.), in provincia di Bologna, di tipo “fondo rurale pianura”

Per le misure di precipitazione e vento ho considerato la stazione ARPA “Bologna Urbana” situata in Viale Silvani.

Dal momento che questa è molto vicina alla stazione di Porta San Felice è stato significativo confrontare i valori di velocità del vento solo con i valori di PM_{2.5} della stazione di misura di Porta San Felice in quanto il vento è un fenomeno meteorologico estremamente locale.



Figura 2.2 Ubicazione delle stazioni di monitoraggio scelte a Bologna città

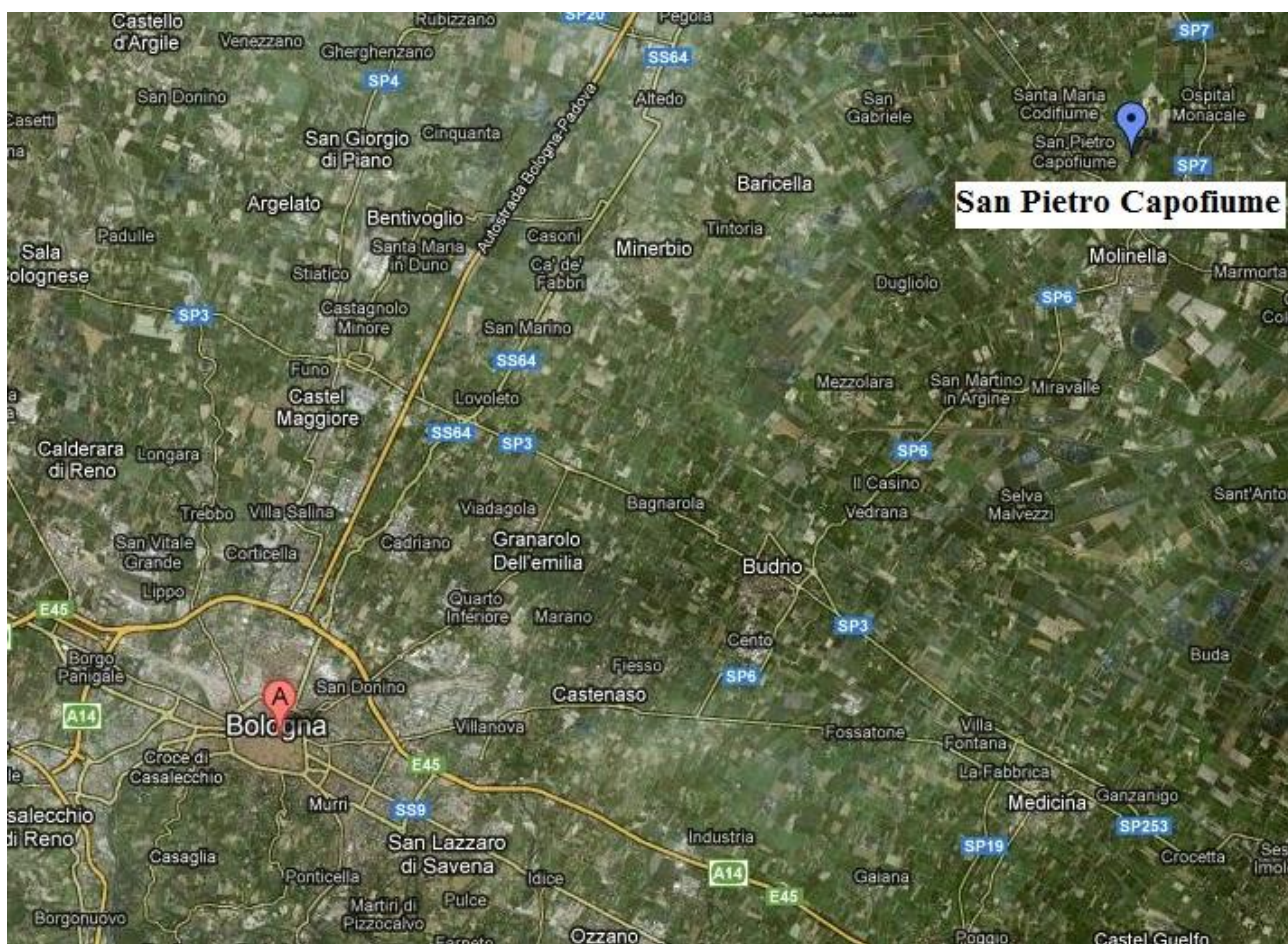


Figura 2.3 Ubicazione della stazione di San Pietro Capofiume in provincia di Bologna

3. APPARATO STRUMENTALE

3.1 Metodi e strumenti per la misura di concentrazioni di PM_{2.5}

Per misurare le concentrazioni di PM_{2.5} ci sono due metodi: il metodo gravimetrico e il metodo automatico. Nel metodo gravimetrico un filtro bianco inizialmente è messo in “condizionamento” poi pesato, utilizzando bilance elettroniche, e posto all’interno di un campionatore in cui un volume d’aria noto viene fatto passare attraverso di esso in modo tale che il particolato venga così raccolto. Infine viene nuovamente posto in “condizionamento” e pesato. Il “condizionamento”, procedimento essenziale per rimuovere eventuali quantitativi di acqua dal filtro che possono falsare le misure, viene eseguito collocando il filtro, dalle 48 alle 72 ore, all’interno di essiccatori in vetro con gel di silice. Tali essiccatori sono ben chiusi con il relativo coperchio in modo da assicurare all’interno

condizioni ambientali costanti. Con il metodo gravimetrico, quindi, la concentrazione di PM2.5 è ottenuta tramite pesatura del filtro, prima e dopo il campionamento, in rapporto al volume di aria noto aspirato.

$$C = \frac{\Delta m}{V} = \frac{m_f - m_i}{V}$$

Δm = variazione in massa

m_i = massa filtro bianco

m_f = massa filtro dopo campionamento

V = volume di aria aspirata normalizzato ($T=0^\circ$, $P=1\text{atm}$)

Nel metodo in automatico un filtro bianco è irradiato da raggi beta di cui viene stimata l'attenuazione, successivamente è posto all'interno di un campionatore dove viene attraversato da un volume noto d'aria così che il particolato impattando su di esso ne rimanga intrappolato. Infine il filtro sporco è ancora una volta investito da raggi beta per stimarne nuovamente l'attenuazione. Con questo metodo la concentrazione di PM2.5 è proporzionale alla differenza di assorbimento dei raggi beta da parte del particolato nel volume di aria filtrata.

Nelle stazioni di misura di Porta San Felice e di San Pietro Capofiume è installato un TCR TECORA CHARLIE HV/SENTINEL PM (scheda tecnica in Allegato B) che utilizza il metodo gravimetrico mentre nella stazione dei Giardini Margherita un FAI - SWAM SC-PM2.5 (scheda tecnica in Allegato C) che si basa sul metodo in automatico.

Il TCR TECORA CHARLIE HV/SENTINEL PM (Figura 3.1) è costituito da un campionatore sequenziale CHARLIE HV e da un modulo sequenziale SENTINEL PM.

Il campionatore sequenziale, controllabile in modalità remota, è interfacciato per il modulo sequenziale e svolge misure elettroniche della portata e misure volumetriche dell'aria aspirata a cui è associato anche un controllo sul flusso; l'aria è aspirata tramite una pompa rotativa a palette.

Il modulo SENTINEL PM raccoglie il particolato grazie ad una sequenza di supporti per i filtri che scorrono automaticamente sotto il flusso d'aria. L'autonomia è a 16 filtri ed è dotato di una certa modularità della testa di prelievo. Come possiamo osservare dalla Figura 3.1 nel cilindro trasparente di sinistra chiamato “loader” sono posti i filtri bianchi i quali ad uno ad uno passano sotto la linea di prelievo in cui scorre l'aria aspirata. In seguito scorrono nel cilindro di destra chiamato “unloader” in cui sono raccolti i filtri sporchi e da cui saranno prelevati dall'operatore per poi essere analizzati.



Figura 3.1 Campionatore sequenziale CHARLIE HV a sinistra e SENTINEL PM a destra.

Il FAI-SWAM SC-PM2.5 opera con qualunque testa di prelievo e inoltre ha una autonomia a 36 filtri maggiore rispetto al TCR TECORA CHARLIE HV/SENTINEL PM; svolge una misura della portata e un controllo sul flusso. Di rilevante utilità è la presenza di un controllo automatico di qualità dei dati e una loro gestione e memorizzazione.

La struttura schematizzata del FAI-SWAM SC-PM2.5 è mostrato in Figura 3.2, in cui vediamo anche qui il “loader” in cui sono caricati i filtri bianchi che successivamente passano sotto la linea di prelievo. Alla sommità di essa è presente la testa di prelievo e all'estremità inferiore la pompa

che aspira l'aria. Il filtro sporco passa sotto una sorgente di raggi β da cui sarà misurata la concentrazione tramite metodo automatico. Infine il filtro sarà raccolto nell'“unloader”. La parte inferiore dello strumento è adibita a tutta l'elettronica di gestione e controllo. Il FAI-SWAM è dotato di certificazione di equivalenza con il metodo gravimetrico che è il metodo di riferimento, come descritto nel documento UNI EN 14907:2005 “Qualità dell'aria ambiente - Metodo normalizzato di misurazione gravimetrico per la determinazione della frazione massica PM2.5 del particolato in sospensione”.

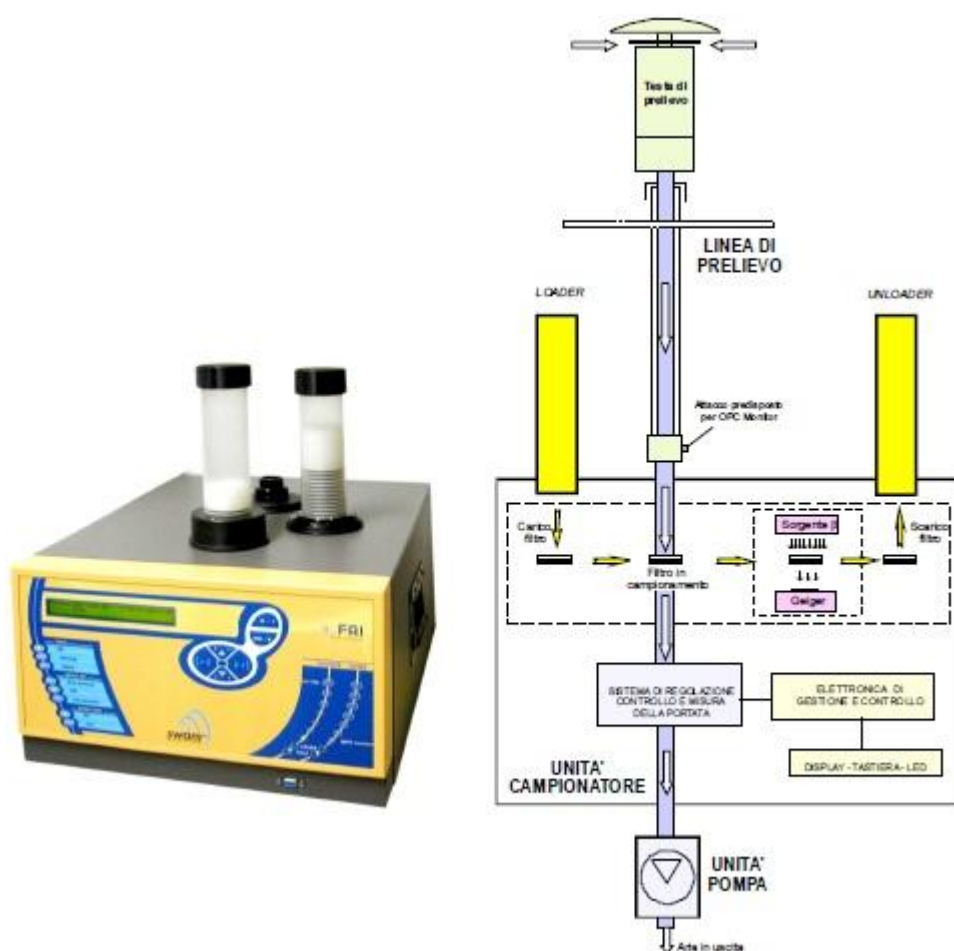


Figura 3.2 Foto e schema della struttura di un FAI - SWAM SC-PM2.5.

3.2 Pluviometro e anemometro

Per la misura di precipitazione e di velocità di vento, nella stazione meteorologica Vaisala MAWS30 dell'ARPA in Viale Silvani, sono installati il pluviometro RG13 (scheda tecnica in Allegato D) e l'anemometro WM30 con sensore WMS302 (scheda tecnica in Allegato E).

Il pluviometro RG13 (Figura 3.3) raccoglie la pioggia tramite un imbuto di lega di alluminio con apertura di 400 cm² che convoglia l'acqua nel sistema di misura. Tale sistema si basa su un meccanismo a bilancia costituito da una vaschetta fissata ad un perno che ne consente l'inclinazione sotto il peso dell'acqua. Quando viene raccolto un piccolo quantitativo di pioggia (0,2 mm), la vaschetta si inclina e un magnete, posto sul sistema basculante, attiva un interruttore da cui parte un segnale. Gli impulsi così inviati corrisponderanno ad un valore predefinito di millimetri di pioggia caduta. Nel momento in cui la vaschetta si inclina, scarica l'acqua raccolta e torna alla posizione iniziale consentendo all'altra metà della vaschetta di iniziare un nuovo riempimento.

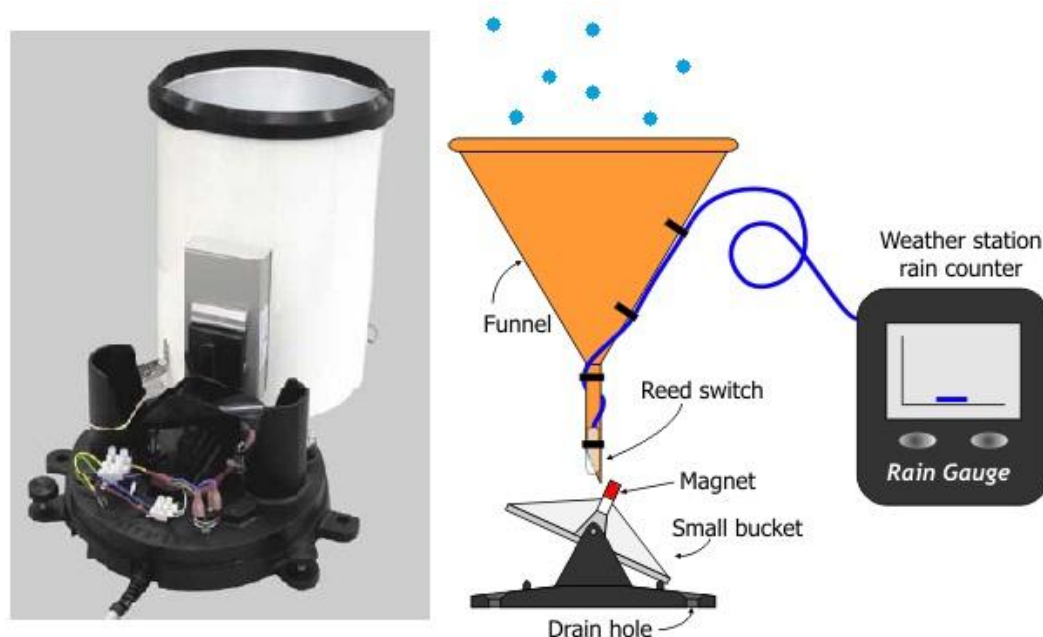


Figura 3.3 Foto del pluviometro Vaisala RG13 e schema del meccanismo della vaschetta basculante

L'anemometro Vaisala WM30 è uno strumento compatto ed economico costituito da sensori di velocità e direzione del vento integrati in un'unica unità (Figura 3.4). I sensori elettronici sono collocati all'interno di un compartimento a chiusura stagna per garantire una totale protezione contro acqua, polvere, inquinanti e interferenze elettromagnetiche.

Le coppe rotanti, disposte nella parte superiore dello strumento, sono progettate in modo che la velocità del vento sia proporzionale alla velocità angolare delle coppe stesse. All'interno del corpo dello strumento, un trasmettitore elettronico converte la rotazione delle coppe in impulsi, che possono essere registrati da un qualsiasi data logger sia contando il numero di impulsi entro un periodo di tempo fissato sia misurando il tempo tra impulsi successivi.

La banderuola per la misura della direzione del vento è collocata direttamente al di sotto delle coppe ma sufficientemente distante da esse e dal corpo dello strumento in modo da evitare possibili turbolenze. La posizione della banderuola è rilevata da un potenziometro al quale viene applicato un voltaggio costante in modo tale che il segnale in uscita in Volt sia direttamente proporzionale all'angolo azimutale.

Le coppe e la banderuola sono di plastica rinforzata che garantisce una struttura rigida e solida anche per le velocità di vento più forti.



Figura 3.4 Anemometro Vaisala WM30 con i suoi componenti in evidenza.

4. ANALISI DEI DATI DI CONCENTRAZIONE DI PM 2.5

Come ho già anticipato, ho utilizzato i valori medi giornalieri di concentrazione di particolato forniti dall'ARPAemr. Purtroppo non ho potuto associare ad essi le incertezze delle misure in quanto ancora non sono state stimate; attualmente il gruppo Qualità dell'Aria di ARPAemr sta lavorando su questa problematica. La difficoltà della stima dell'incertezza sulle misure di PM2.5 è spiegata dal fatto che, nel procedimento necessario per ottenere tali valori di concentrazione di particolato, sono utilizzati strumenti diversi (campionatore, essiccatore, bilancia elettronica) ognuno dei quali porta a delle incertezze da valutare.

Inizialmente ho calcolato la media mensile di concentrazioni di PM2.5 per l'anno dal settembre 2009 all'agosto 2010. Come possiamo osservare dalla Figura 4.1 le concentrazioni relative alle tre stazioni di monitoraggio, identificate con i tre colori diversi, risultano avere lo stesso andamento durante tutto l'anno. In particolare notiamo elevate concentrazioni nei mesi invernali con notevole superamento del valore obiettivo, e basse concentrazioni nei mesi estivi. In generale i valori relativi alla stazione di misura di Porta San Felice risultano superiori rispetto alle altre due stazioni, inoltre notiamo come, a differenza di quanto mi aspettavo, le concentrazioni di PM2.5 risultano superiori

nei pressi della stazione di San Pietro Capofiume, “fondo rurale pianura”, rispetto alla stazione dei Giardini Margherita, “fondo urbano”. Degno di nota è osservare come, a partire dalla metà di ottobre fino all’inizio di novembre, le tre stazioni di misura registrano un brusco aumento delle concentrazioni di PM2.5; questo evento è verosimilmente conseguenza dell’accensione degli impianti di riscaldamento nella città di Bologna proprio il 15 ottobre. Inoltre ad ogni media mensile ho associato la propria deviazione standard, riportata in Tabella 4.1, (per avere un’idea della dispersione associata ad esse) dalla quale osserviamo come i mesi autunnali e invernali siano caratterizzati da maggiore dispersione rispetto ai mesi primaverili e estivi.

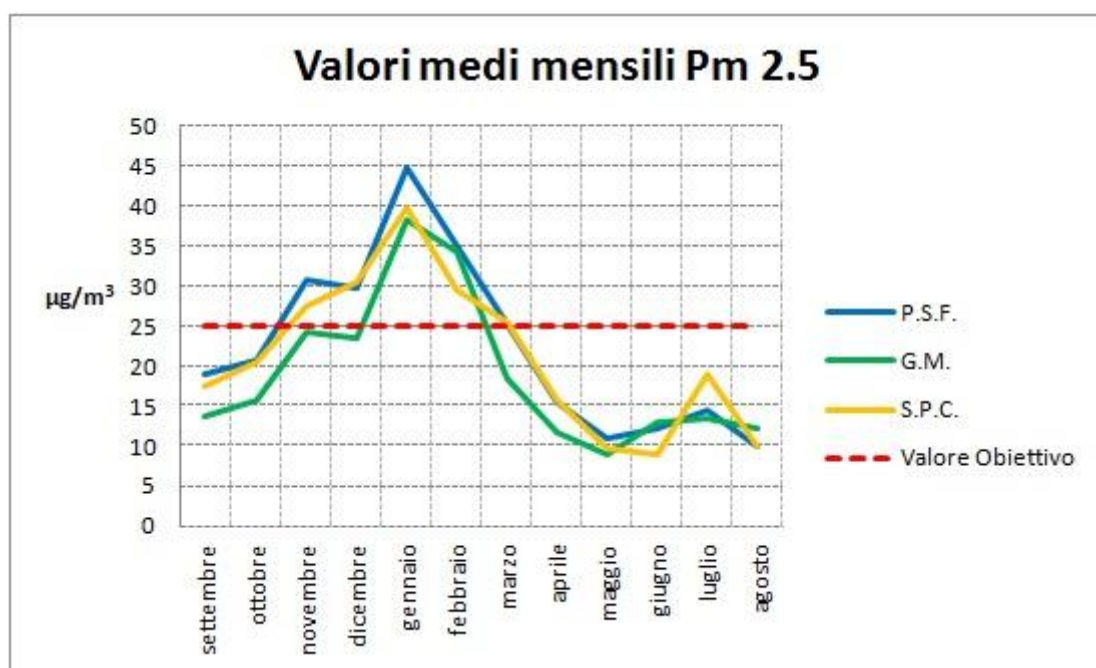


Figura 4.1 Valori medi mensili di PM2.5 da sett. 2009 ad agosto 2010 per le tre postazioni di misura considerate.

Mese	P.S.F. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	G.M. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	S.P.C. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Settembre	9	6	9
Ottobre	12	8	10
Novembre	19	16	14
Dicembre	15	13	13
Gennaio	19	17	20
Febbraio	20	20	21
Marzo	14	12	16
Aprile	6	5	6
Maggio	3	3	4
Giugno	5	5	5
Luglio	6	6	8
Agosto	3	5	5

Tabella 4.1 Deviazioni standard come stima della dispersione delle medie giornaliere nei singoli mesi considerati per le tre stazioni di misura

In Figura 4.2 ho riportato il conteggio del numero di giorni sull'anno in cui il valore giornaliero di concentrazione di PM_{2.5} ha superato il valore obiettivo. La stazione di Porta San Felice risulta avere il numero maggiore di giorni sopra la soglia in quanto direttamente esposta al traffico cittadino.

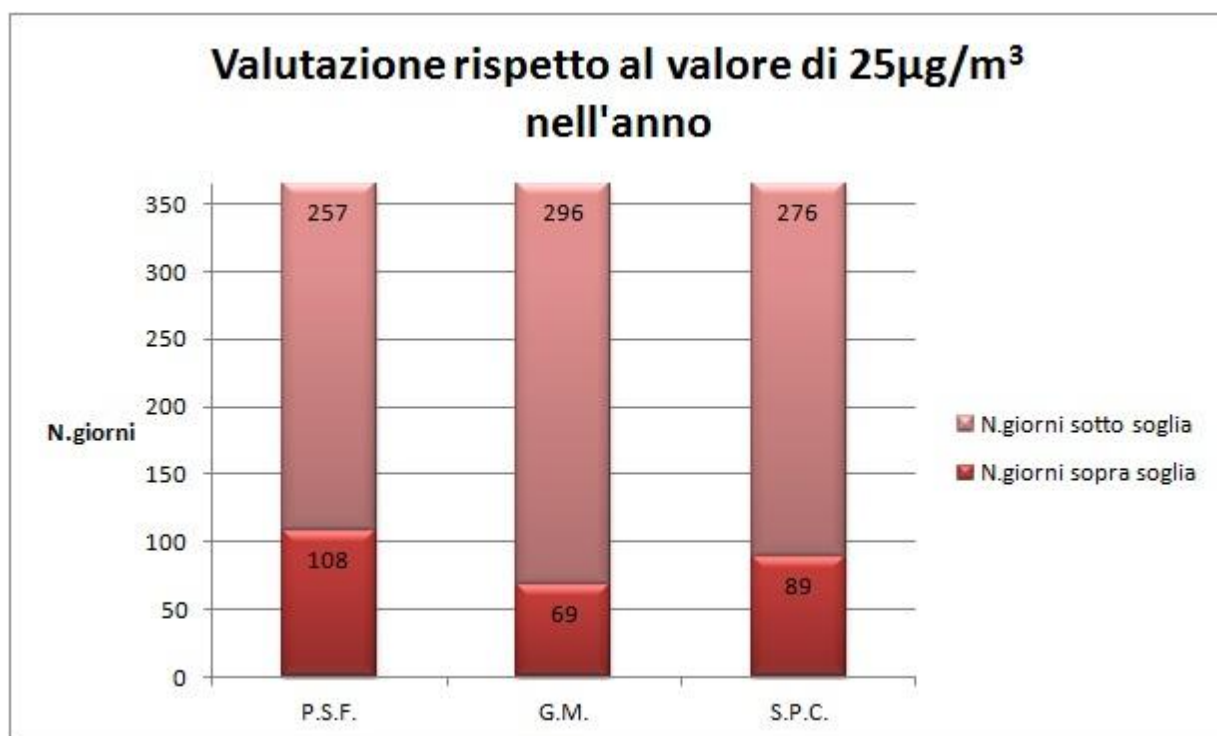


Figura 4.2 Conteggio sull'anno dei giorni che presentano concentrazioni sopra il valore obiettivo.

Per poter meglio confrontare i dati delle tre stazioni fra loro e con i valori indicati dalla direttiva europea ho calcolato le medie annuali di concentrazioni di PM_{2.5}, le quali risultano tutte al di sotto del valore obiettivo, a cui ho associato la rispettiva deviazione standard (Tabella 4.2).

Stazione	Medie annuali($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Dev.stand($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
P.S.F.	22	± 16
G.M.	19	± 14
S.P.C.	21	± 15

Tabella 4.2 Medie annuali di concentrazioni di PM_{2.5} e deviazioni standard per le tre postazioni considerate.

Media annuale (linea rossa continua) e deviazione standard (linea rossa tratteggiata) sono riportate nei grafici di Figura 4.3-4.4-4.5. Per tutte e tre le stazioni di misura notiamo elevate variabilità dei dati nei mesi invernali con valori che si collocano fuori dall'intervallo della deviazione standard, rispetto ai mesi estivi.

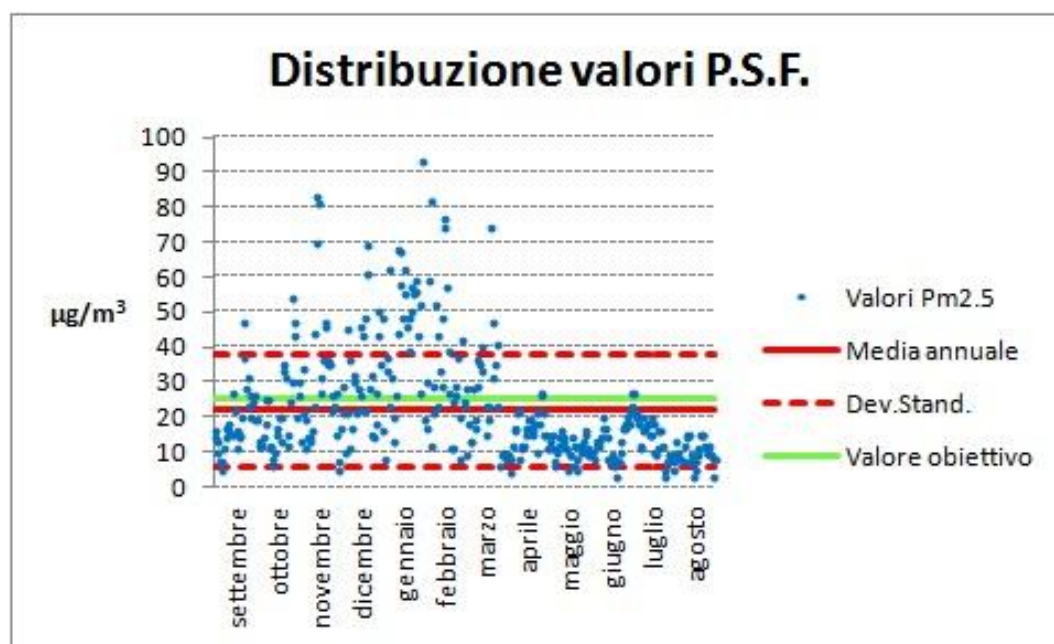


Figura 4.3 Distribuzione dei valori di concentrazione di PM_{2.5} nell'arco dell'anno considerato per la stazione di Porta San Felice.

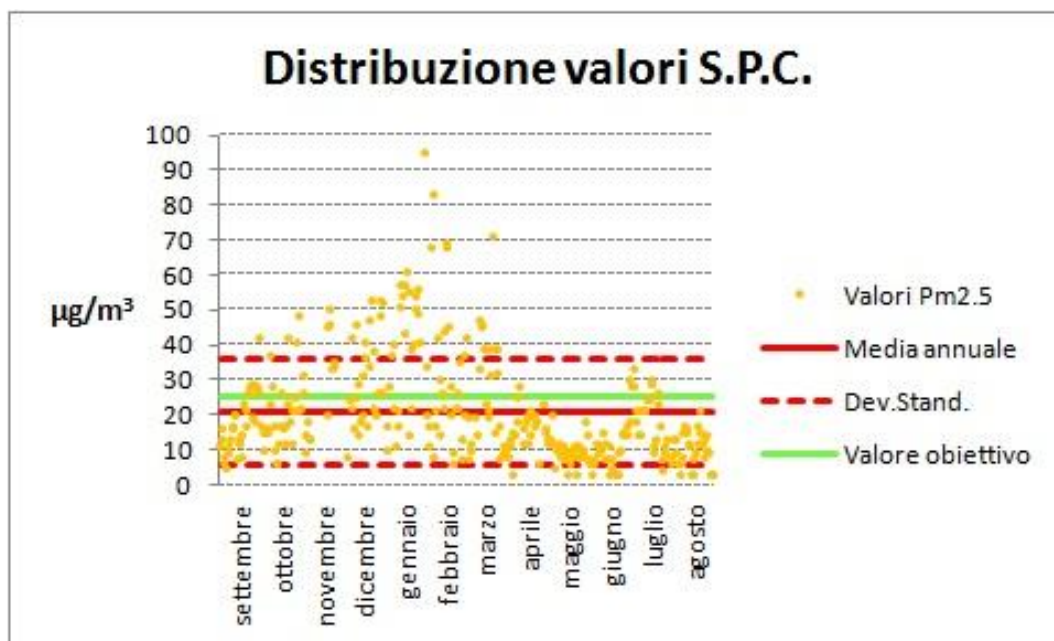


Figura 4.4 Distribuzione dei valori di concentrazione di PM2.5 nell'arco dell'anno considerato per la stazione di San Pietro Capofiume.

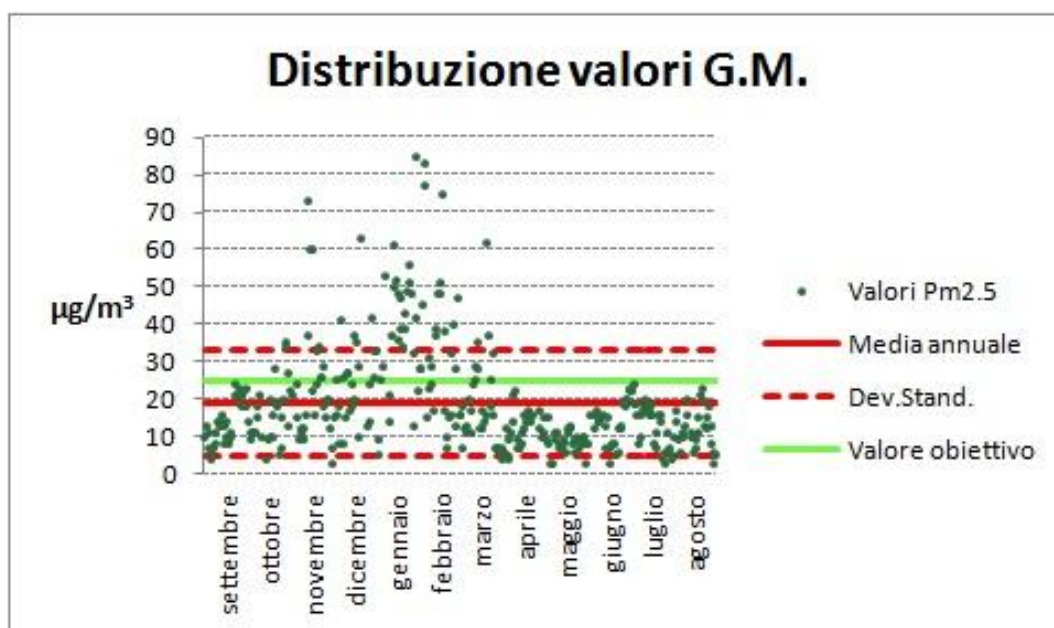


Figura 4.5 Distribuzione dei valori di concentrazione di PM2.5 nell'arco dell'anno considerato per la stazione dei Giardini Margherita.

In Tabella 4.3 sono riportati i valori della mediana relativamente alle tre stazioni di monitoraggio. Per mediana si intende quel valore di concentrazione superato nella metà dei giorni, nel nostro caso rispetto al numero totale dei giorni dell'anno. Come possiamo notare i tre valori sono molto simili tra loro, solo la stazione dei Giardini Margherita ha un valore un po' inferiore agli altri.

Stazione	P.S.F	G.M.	S.P.C.
Mediana($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	17	15	17

Tabella 4.3 Valori della mediana rispettivamente per le tre stazioni di misura.

Nei grafici di Figura 4.6-4.7-4.8 ho posto in ascissa le classi di concentrazioni di PM2.5 e in ordinata il numero dei giorni; le distribuzioni che otteniamo per le tre stazioni presentano un andamento simile.

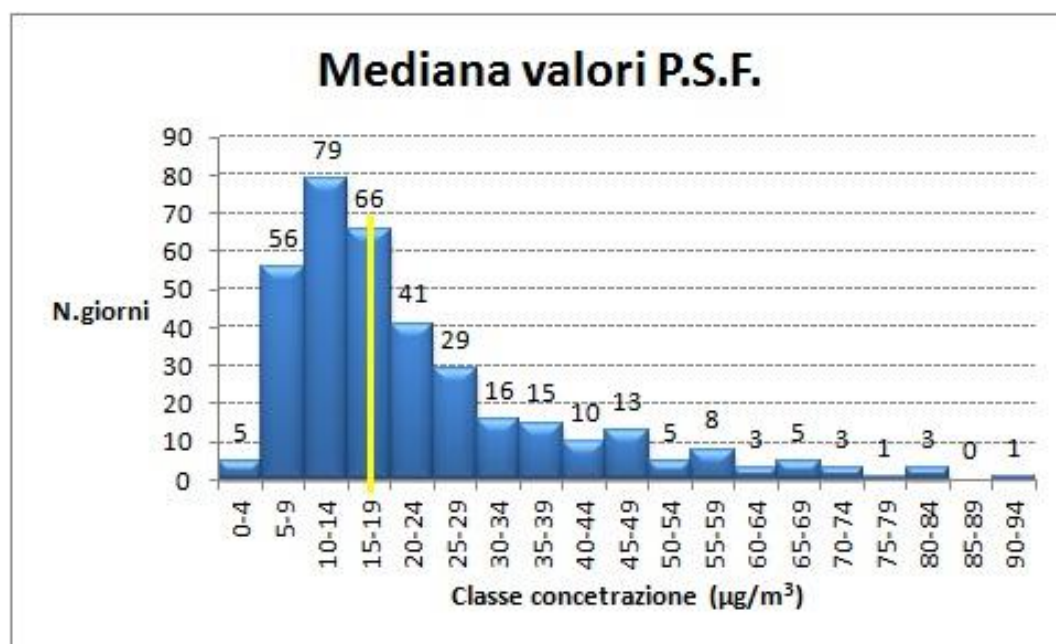


Figura 4.6 Distribuzione per classi di concentrazione di PM2.5 per la stazione di porta San Felice, in giallo è evidenziata la mediana.

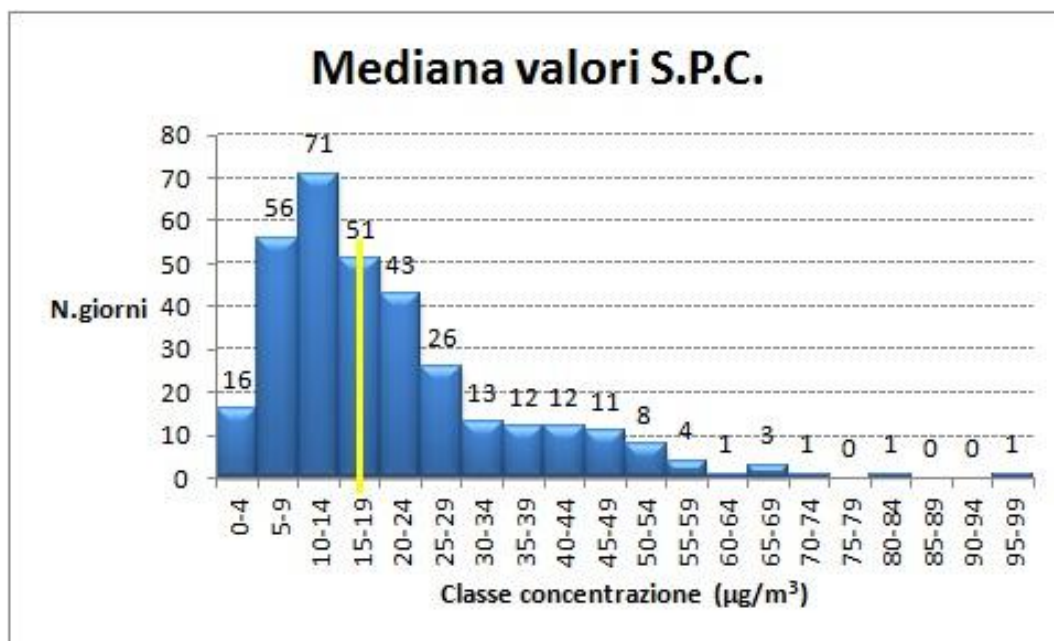


Figura 4.7 Distribuzione per classi di concentrazione di PM_{2.5} per la stazione di San Pietro Capofiume, in giallo è evidenziata la mediana.

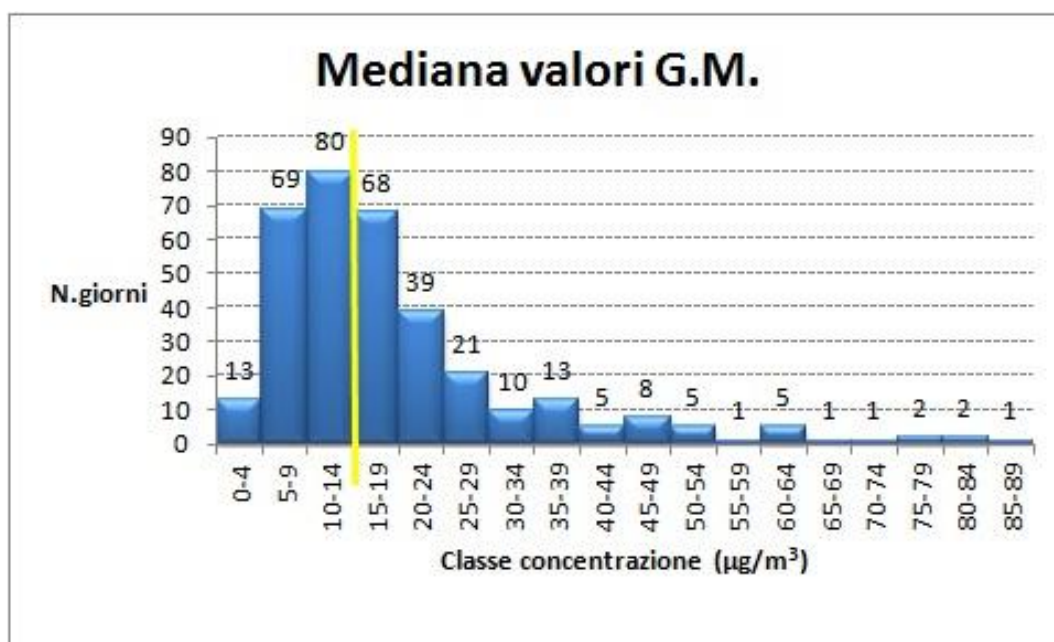


Figura 4.8 Distribuzione per classi di concentrazione di PM_{2.5} per la stazione dei Giardini Margherita, in giallo è evidenziata la mediana.

5. STUDIO DEI POSSIBILI FATTORI DI ABBATTIMENTO: LA PIOGGIA E IL VENTO

5.1 Analisi su lungo periodo

Nel grafico seguente (Figura 5.1) ho posto a confronto il quantitativo di precipitazione mensile con i valori medi mensili di PM_{2.5} nell'anno considerato per le tre stazioni di misura. Nel mese di gennaio ad un basso quantitativo di pioggia corrisponde una elevata concentrazione del particolato, così come nei mesi di aprile, maggio e giugno, che risultano uno più piovoso dell'altro, corrispondono concentrazioni di PM_{2.5} in diminuzione nell'arco dei tre mesi suddetti. In generale però durante tutto l'anno non riscontriamo sempre una evidente correlazione tra precipitazioni e concentrazioni di particolato. Questo è dovuto soprattutto al fatto che l'effetto della pioggia sulla diminuzione della concentrazione di PM_{2.5} è significativo quando registriamo molta pioggia continuativa per un certo arco di tempo.

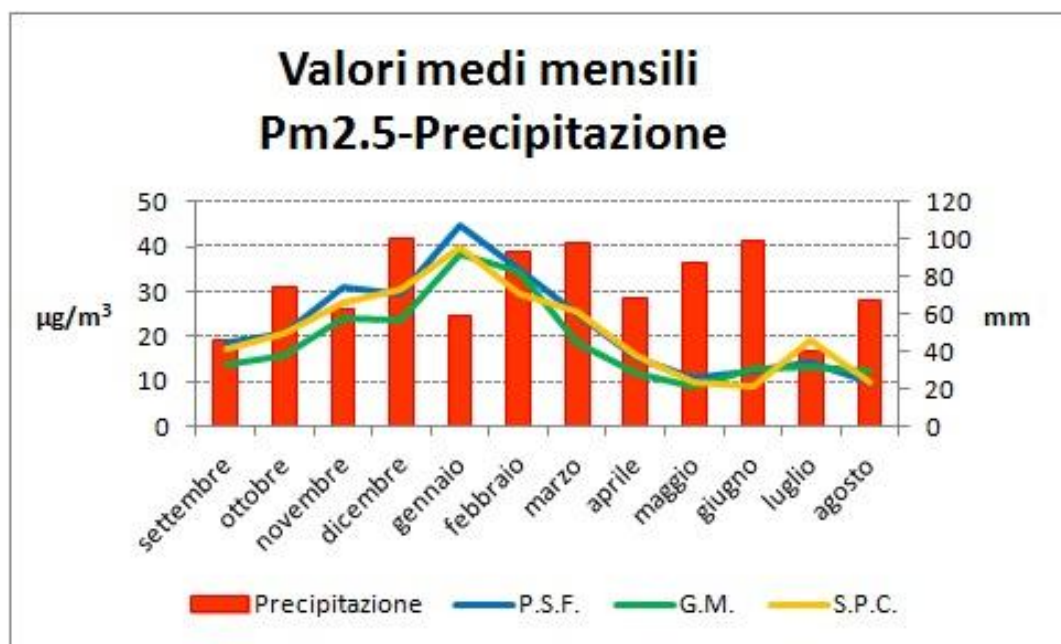


Figura 5.1 Confronto tra valori medi mensili di PM_{2.5} per le tre stazioni meteorologiche e quantitativo di precipitazione.

Svolgendo un confronto tra i valori medi mensili di PM_{2.5} e velocità del vento notiamo una migliore correlazione, così evidente da ottenere quasi un grafico speculare (Figura 5.2): a massimi di concentrazioni di PM_{2.5} corrispondono minimi di velocità di vento. Inoltre la correlazione è

verificata su tutta la durata dell'anno. Come detto precedentemente in questa analisi sono stati presi i valori di PM2.5 solo della stazione di Porta San Felice in quanto è vicina alla stazione di Viale Silvani di cui ho utilizzato i dati relativi al vento. Questa scelta è dovuta al fatto che il vento è un fenomeno molto locale e quindi mettere in relazione dati di particolato relativi a stazioni lontane non avrebbe avuto molto senso.

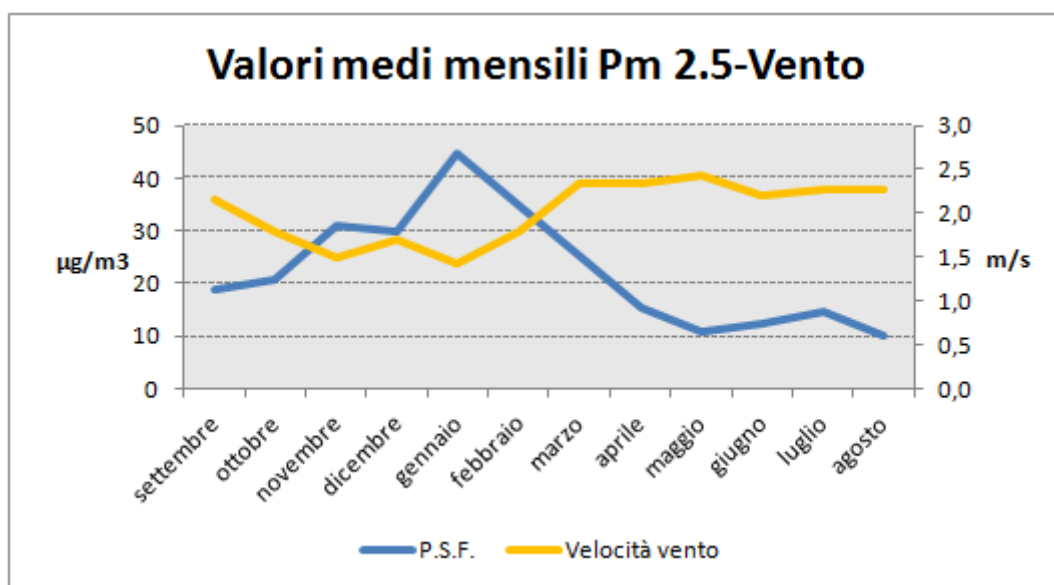


Figura 5.2 Confronto tra valori medi mensili di PM2.5 della stazione di porta San Felice e velocità del vento, misurata a poche decine di metri di distanza nella stazione di misura di Bologna urbana.

5.2 Analisi su scala di tempo giornaliera

Ho svolto poi un'analisi più in dettaglio per il mese di gennaio, dicembre e maggio che sono rispettivamente il mese con più alta concentrazione di PM2.5, il mese più piovoso e il mese più ventoso. In Figura 5.3 notiamo una buona correlazione tra valori di precipitazione e PM2.5 soprattutto in quei giorni in cui è caduto un discreto numero di millimetri di pioggia, ad esempio nella seconda e quarta settimana del mese. Dal 13 al 25 gennaio, periodo in cui non si sono registrate precipitazioni, le concentrazioni di PM2.5 non presentano rilevanti fluttuazioni rimanendo su valori piuttosto elevati.

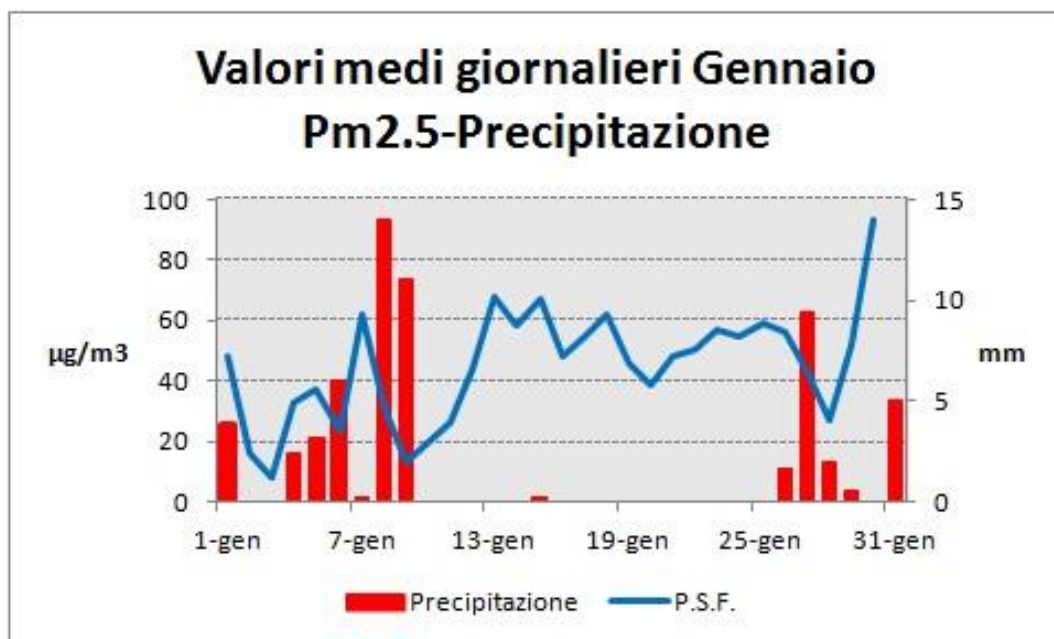


Figura 5.3 Confronto tra valori medi giornalieri di PM2.5 con il quantitativo di precipitazione per la stazione di porta San Felice nel mese di gennaio.

Per quanto riguarda il vento (Figura 5.4), un'analisi su scala giornaliera conferma la buona correlazione con i valori di PM2.5, ma pone anche in rilievo come venti troppo deboli non riescono ad abbattere il PM2.5 in modo efficace, come notiamo alla fine della seconda settimana e durante la terza settimana.

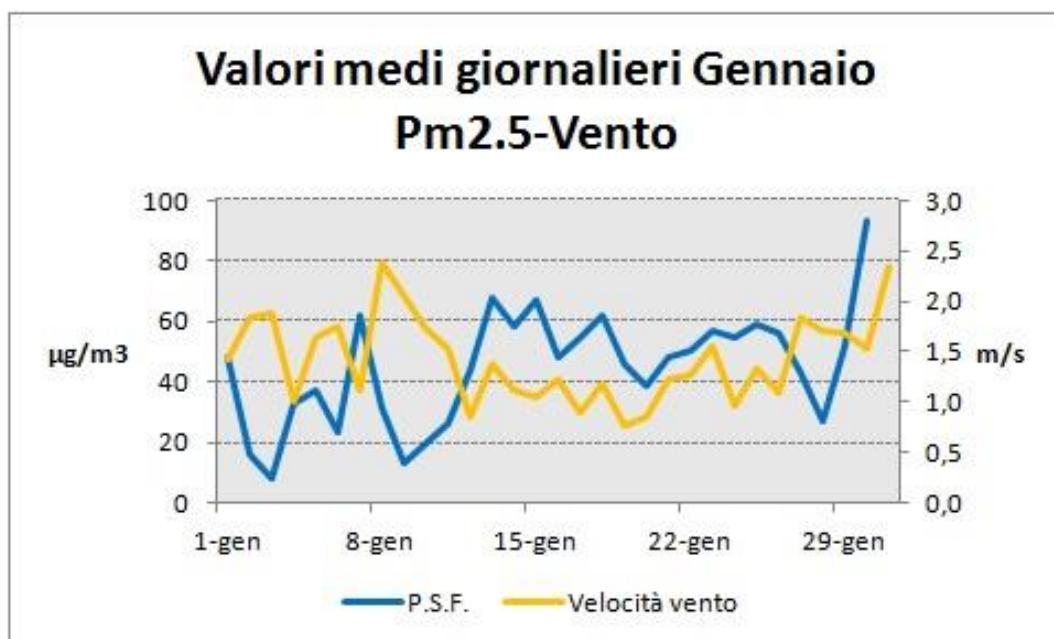


Figura 5.4 Confronto tra valori medi giornalieri di PM2.5 con le velocità del vento per la stazione di porta San Felice nel mese di gennaio.

Per evidenziare gli effetti della precipitazione e del vento sulle concentrazioni di particolato ho elaborato i grafici di Figura 5.5-5.6 su il mese più ventoso e piovoso. Da tali grafici troviamo conferma su quanto già detto, aggiungendo una osservazione su quanto i venti, nella città di Bologna quell'anno, siano stati piuttosto deboli senza superare gli 8,8 m/s.

In Figura 5.6 è verificato come pochi millimetri di pioggia non influenzino le concentrazioni di PM2.5.

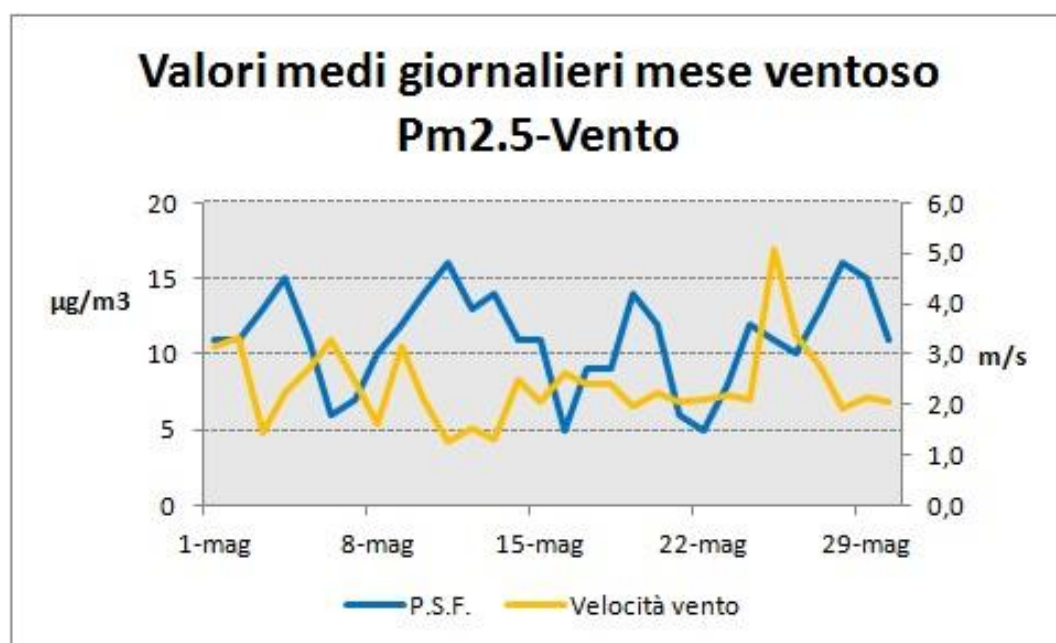


Figura 5.5 Confronto tra valori medi giornalieri di PM2.5 con le velocità del vento per la stazione di porta San Felice nel mese più ventoso di maggio.

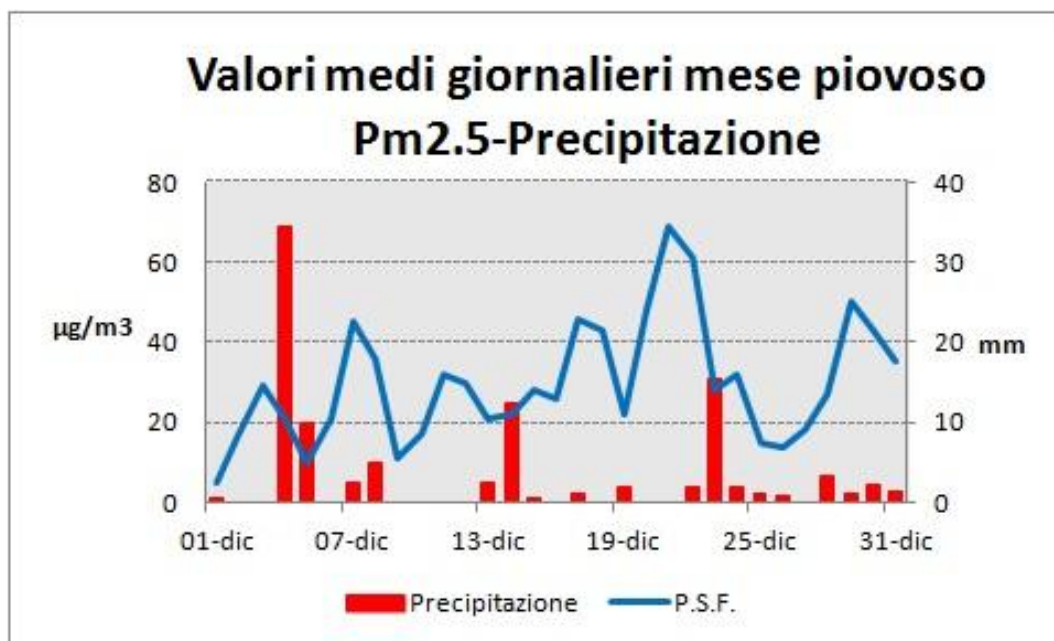


Figura 5.6 Confronto tra valori medi giornalieri di PM2.5 con il quantitativo di precipitazione per la stazione di porta San Felice nel mese più piovoso di dicembre.

6. IL RUOLO DEL TRAFFICO

Per concludere ho considerato la settimana dal 20 al 26 di maggio 2010 con particolari condizioni meteorologiche: non ha mai piovuto e il vento ha spirato in modo costante per quasi tutta la durata della settimana, da giovedì 20 a lunedì 24 (Figura 6.1); inoltre in quel mese non abbiamo il contributo dovuto al riscaldamento. In questo modo è stato possibile osservare come nel fine settimana le concentrazioni di PM2.5 diminuiscono per poi aumentare nuovamente con l'inizio della settimana seguente, in conseguenza all'aumento del traffico urbano, nonostante un incremento della velocità del vento.

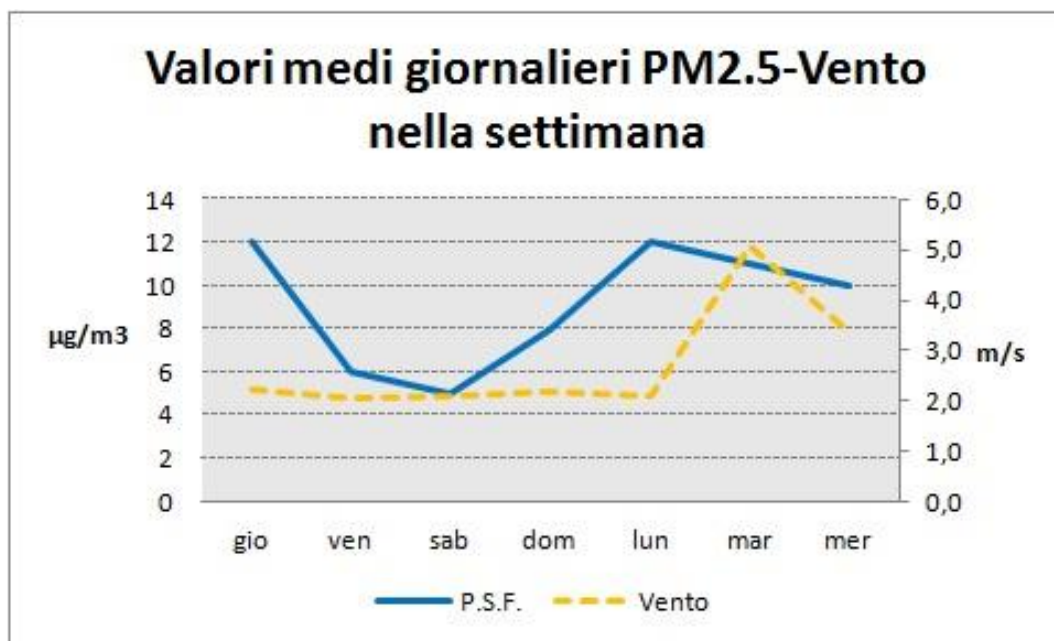


Figura 6.1 Andamento della concentrazione di PM2.5 durante una settimana di maggio 2010 con particolari condizioni meteorologiche.

7. CONCLUSIONI

Dalle analisi svolte in questo lavoro posso concludere che le concentrazioni di PM2.5 sono più elevate nei mesi invernali rispetto a quelli estivi con un numero notevole di giorni con superamento del valore obiettivo. Questa evidenza è dovuta in parte all'accensione degli impianti di riscaldamento e in parte a condizioni meteorologiche invernali, come l'inversione termica, che favoriscono un minore rimescolamento dell'aria. Inoltre la stazione di Porta San Felice, essendo direttamente esposta al traffico urbano, registra concentrazioni di PM2.5 più elevati rispetto alle altre due stazioni. Ho poi notato come i valori di PM2.5 relativi alla stazione di tipo "fondo rurale" di San Pietro Capofiume siano più elevati rispetto a quelli relativi alla stazione dei Giardini Margherita, nonostante quest'ultima sia di tipo "fondo urbano". Questo è probabilmente spiegato con il fatto che il particolato PM2.5 può avere una notevole componente organica di origine naturale.

Per quanto riguarda il confronto con valori di velocità di vento e di precipitazione, le analisi su lungo periodo e su scala di tempo giornaliera verificano come entrambi siano fattori di abbattimento del PM2.5. In particolare, dall'analisi su lungo periodo, emerge una buona correlazione con il vento

dove a massimi di velocità di vento corrispondono minimi di concentrazione di PM2.5. L'analisi su scala di tempo giornaliera conferma gli effetti dei due fenomeni meteorologici sulla diminuzione del particolato, ma mostra anche come tale dipendenza non è sempre verificata. Le precipitazioni rimuovono efficacemente il PM2.5 quando sono consistenti e continuative, mentre il vento quando non è troppo debole. Infine ho osservato come il traffico urbano sia tra le principali fonti di PM2.5 in quanto generalmente nel fine settimana il PM2.5 diminuisce per poi aumentare nuovamente con l'inizio della settimana seguente.

BIBLIOGRAFIA

- www.arpa.emr.it
- www.tecora.it
- www.fai-instruments.it
- www.vaisala.com
- Direttiva 2008/50/CE
- Decisione 2001/752/CE
- UNI EN 14907:2005
- Baird, C. & Cann, M. *Chimica Ambientale* ,Bologna, Zanichelli

RINGRAZIAMENTI

Pr.ssa Marina Caporaloni

Prof. Levizzani Vincenzo

Dott.ssa Cristina Volta, dirigente responsabile di Area Monitoraggio e Valutazione Aria e NIR

Gruppo di Qualità dell'aria dell'ARPA Bologna, in particolare a Mecati Andrea

Ing. Michele Di Lorenzo, del gruppo Idro-Meteo- Clima dell'ARPA Bologna

APPENDICE

ALLEGATO A

Direttiva 2008/50/CE del parlamento europeo e del consiglio del 21 maggio 2008 relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa
(pagine relative al PM2.5)

- (4) Quando sarà stata maturata un'esperienza sufficiente a livello di attuazione della direttiva 2004/107/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 15 dicembre 2004, concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nickel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente ⁽¹⁾, si potrà prendere in considerazione la possibilità di incorporare le disposizioni di tale direttiva nella presente direttiva.
- (5) È opportuno seguire un'impostazione comune nella valutazione della qualità dell'aria ambiente sulla base di criteri comuni di valutazione. Nel determinare la qualità dell'aria ambiente è opportuno tener conto della dimensione delle popolazioni e degli ecosistemi esposti all'inquinamento atmosferico. È pertanto opportuno classificare il territorio di ciascuno Stato membro in base a zone o agglomerati che rispecchino la densità della popolazione.
- (6) Ove possibile, è opportuno utilizzare tecniche di modellizzazione onde consentire un'interpretazione dei dati puntuali in termini di distribuzione geografica della concentrazione. Ciò potrebbe costituire una base per il calcolo dell'esposizione collettiva della popolazione nella zona interessata.
- (7) Per garantire che le informazioni raccolte sull'inquinamento atmosferico siano sufficientemente rappresentative e comparabili in tutta la Comunità, ai fini della valutazione della qualità dell'aria ambiente è importante utilizzare tecniche di misurazione standard e criteri comuni per quanto riguarda il numero e l'ubicazione delle stazioni di misurazione. Per la valutazione della qualità dell'aria ambiente possono essere utilizzate tecniche diverse dalle misurazioni ed è pertanto necessario definire i criteri per l'utilizzo delle suddette tecniche e per la necessaria accuratezza delle stesse.
- (8) È opportuno procedere a misurazioni dettagliate del materiale particolato sottile in siti di fondo rurali per poter meglio comprendere l'impatto di questo tipo di inquinante e formulare politiche adeguate al riguardo. Tali misurazioni dovrebbero essere effettuate in maniera coerente con quelle effettuate nell'ambito del programma concertato per la sorveglianza e la valutazione del trasporto a grande distanza degli inquinanti atmosferici in Europa (EMEP), istituito dalla convenzione del 1979 sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a grande distanza approvata dalla decisione 81/462/CEE del Consiglio dell'11 giugno 1981 ⁽²⁾.
- (9) Lo stato di qualità dell'aria dovrebbe essere mantenuto, se già buono, o migliorato. Qualora gli obiettivi di qualità dell'aria ambiente fissati dalla presente direttiva non siano raggiunti, gli Stati membri dovrebbero intervenire per ottenere la conformità ai valori limite e ai livelli critici e per raggiungere, ove possibile, i valori-obiettivo e gli obiettivi a lungo termine.
- (10) Il rischio che l'inquinamento atmosferico rappresenta per la vegetazione e per gli ecosistemi naturali è più rilevante in siti distanti dalle zone urbane. Ai fini della valutazione di tali rischi e della conformità ai livelli critici per la tutela della vegetazione è opportuno, pertanto, prendere in esame principalmente i luoghi distanti dalle zone edificate.
- (11) Il materiale particolato sottile (PM_{2,5}) ha impatto molto negativo sulla salute umana. Finora, inoltre, non esiste una soglia identificabile al di sotto della quale il PM_{2,5} non rappresenti un rischio. Per tale motivo la disciplina prevista per questo inquinante dovrebbe essere differente da quella di altri inquinanti atmosferici. Tale approccio dovrebbe mirare ad una riduzione generale delle concentrazioni nei siti di fondo urbani per garantire che ampie fasce della popolazione beneficino di una migliore qualità dell'aria. Tuttavia, per garantire un livello minimo di tutela della salute su tutto il territorio, a tale approccio è opportuno affiancare la definizione di un valore limite, preceduto in una prima fase da un valore-obiettivo.
- (12) Gli attuali valori-obiettivo e obiettivi a lungo termine finalizzati a garantire una protezione efficace contro gli effetti nocivi per la salute umana, la vegetazione e gli ecosistemi dovuti all'esposizione all'ozono dovrebbero rimanere invariati. È opportuno fissare una soglia di allarme e una soglia di informazione per l'ozono al fine di tutelare, rispettivamente, la salute della popolazione in generale e delle fasce vulnerabili dalle esposizioni di breve durata a concentrazioni elevate di ozono. Il raggiungimento di tali soglie dovrebbe far scattare l'obbligo di informare il pubblico in merito ai rischi dell'esposizione e l'applicazione, se del caso, di provvedimenti a breve termine per ridurre i livelli di ozono nelle zone in cui le soglie di allarme sono superate.
- (13) L'ozono è un inquinante transfrontaliero che si forma nell'atmosfera dall'emissione degli inquinanti primari disciplinati dalla direttiva 2001/81/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 ottobre 2001, relativa ai limiti nazionali di emissione di alcuni inquinanti atmosferici ⁽³⁾. I progressi verso il raggiungimento degli obiettivi di qualità dell'aria e degli obiettivi a lungo termine per l'ozono che la presente direttiva intende realizzare dovrebbero essere determinati dagli obiettivi e dai limiti di emissione previsti nella direttiva 2001/81/CE e, se del caso, dall'attuazione di piani per la qualità dell'aria come previsto dalla presente direttiva.
- (14) Nelle zone e negli agglomerati in cui gli obiettivi a lungo termine per l'ozono o le soglie di valutazione per altri inquinanti sono superati è opportuno rendere obbligatoria la misurazione in siti fissi. Le informazioni tratte dalle misurazioni in siti fissi potrebbero essere completate con tecniche di modellizzazione e/o misurazioni indicative onde consentire un'interpretazione dei dati puntuali in termini di distribuzione geografica delle concentrazioni. Il ricorso a tecniche di valutazione supplementari dovrebbe anche consentire di ridurre il numero minimo di punti di campionamento fissi.
- (15) I contributi da fonti naturali possono essere valutati, ma non possono essere controllati. Pertanto, qualora i contributi naturali a inquinanti nell'aria ambiente possano essere determinati con sufficiente certezza e qualora i superamenti siano dovuti in tutto o in parte a tali contributi naturali, questi possono essere detratti, alle condizioni previste dalla presente direttiva, al momento della valutazione del rispetto dei valori limite della qualità dell'aria. I contributi ai superamenti dei valori limite per il materiale particolato PM₁₀ dovuti alla sabbatura o salatura invernali delle strade possono anch'essi essere detratti all'atto della valutazione della conformità ai valori limite per la qualità dell'aria, sempreché siano state adottate misure ragionevoli per diminuire le concentrazioni.

⁽¹⁾ GU L 23 del 26.1.2005, pag. 3.

⁽²⁾ GU L 171 del 27.6.1981, pag. 11.

⁽³⁾ GU L 309 del 27.11.2001, pag. 22. Direttiva modificata da ultimo dalla direttiva 2006/105/CE del Consiglio (GU L 363 del 20.12.2006, pag. 368).

- d) il biossido di azoto sia misurato in tutti i rimanenti punti di campionamento, ad esclusione delle stazioni rurali di fondo, quali definite nell'allegato VIII, punto A.

Ai fini della valutazione della qualità dell'aria in riferimento ai valori-obiettivo si tiene conto dei risultati della modellizzazione e/o delle misurazioni indicative.

4. In corrispondenza di almeno il 50 % dei punti di campionamento dell'ozono previsti all'allegato IX, punto A, è effettuata anche la misurazione del biossido di azoto. Queste sono misurazioni in continuo, ad eccezione delle stazioni rurali di fondo, quali definite nell'allegato VIII, punto A, nelle quali possono essere utilizzati altri metodi di misurazione.

5. Nelle zone e negli agglomerati in cui, durante ciascuno dei precedenti cinque anni di misurazione, le concentrazioni siano state inferiori agli obiettivi a lungo termine, il numero dei punti di campionamento per le misurazioni in siti fissi è stabilito ai sensi dell'allegato IX, punto B.

6. Ciascuno Stato membro provvede affinché nel suo territorio sia allestito e mantenuto operativo almeno un punto di campionamento per rilevare dati sulle concentrazioni dei precursori dell'ozono elencati nell'allegato X. Ogni Stato membro stabilisce il numero e l'ubicazione delle stazioni nelle quali misurare i precursori dell'ozono, attenendosi agli obiettivi e ai metodi indicati nell'allegato X.

Articolo 11

Metodi di misurazione di riferimento

1. Gli Stati membri applicano il metodo di riferimento per la misurazione dell'ozono indicato nell'allegato VI, punto A.8. Sono consentiti altri metodi di misurazione a condizione che soddisfino i criteri di cui all'allegato VI, punto B.
2. Ciascuno Stato membro comunica alla Commissione i metodi utilizzati per il campionamento e la misurazione dei COV, secondo quanto indicato all'allegato X.

CAPO III

GESTIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA AMBIENTE

Articolo 12

Prescrizioni per i casi in cui i livelli siano inferiori ai valori limite

Nelle zone e negli agglomerati nei quali i livelli di biossido di zolfo, biossido di azoto, PM₁₀, PM_{2,5}, piombo, benzene e monossido di carbonio presenti nell'aria ambiente sono inferiori ai rispettivi valori limite indicati negli allegati XI e XIV, gli Stati membri mantengono i livelli di tali inquinanti al di sotto dei valori limite e si adoperano per preservare la migliore qualità dell'aria ambiente che risulti compatibile con lo sviluppo sostenibile.

Articolo 13

Valori limite e soglie di allarme ai fini della protezione della salute umana

1. Gli Stati membri provvedono affinché i livelli di biossido di zolfo, PM₁₀, piombo e monossido di carbonio presenti nell'aria

ambiente non superino, nell'insieme delle loro zone e dei loro agglomerati, i valori limite stabiliti nell'allegato XI.

Per quanto riguarda il biossido di azoto e il benzene, i valori limite fissati nell'allegato XI non possono essere superati a decorrere dalle date indicate nel medesimo allegato.

Il rispetto di tali requisiti è valutato a norma dell'allegato III.

I margini di tolleranza fissati nell'allegato XI si applicano a norma dell'articolo 22, paragrafo 3 e dell'articolo 23, paragrafo 1.

2. Le soglie di allarme applicabili per le concentrazioni di biossido di zolfo e biossido di azoto nell'aria ambiente sono indicate nell'allegato XII, punto A.

Articolo 14

Livelli critici

1. Gli Stati membri provvedono affinché siano rispettati i livelli critici indicati nell'allegato XIII valutati a norma dell'allegato III, punto A.

2. Nei casi in cui la misurazione in siti fissi è l'unica fonte di informazioni per valutare la qualità dell'aria, il numero dei punti di campionamento non dev'essere inferiore al numero minimo indicato nell'allegato V, punto C. Se le informazioni in questione sono integrate da informazioni provenienti da misurazioni indicative o dalla modellizzazione, il numero minimo di punti di campionamento può essere ridotto fino ad un massimo del 50 % a condizione che le concentrazioni valutate dell'inquinante interessato possano essere determinate secondo gli obiettivi di qualità dei dati indicati nell'allegato I, punto A.

Articolo 15

Obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione al PM_{2,5} per la protezione della salute umana

1. Gli Stati membri adottano tutte le misure necessarie, che non comportano costi sproporzionati, per ridurre l'esposizione al PM_{2,5} al fine di conseguire l'obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione di cui all'allegato XIV, punto B, entro l'anno indicato nello stesso allegato.

2. Gli Stati membri garantiscono che l'indicatore di esposizione media per l'anno 2015, stabilito conformemente all'allegato XIV, punto A, non superi l'obbligo di concentrazione dell'esposizione previsto al punto C di tale allegato.

3. L'indicatore di esposizione media per il PM_{2,5} è valutato secondo i criteri dell'allegato XIV, punto A.

4. Ciascuno Stato membro provvede, a norma dell'allegato III, affinché la distribuzione e il numero dei punti di campionamento su cui si basa l'indicatore di esposizione media per il PM_{2,5} rispecchino adeguatamente l'esposizione della popolazione in generale. Il numero dei punti di campionamento non deve essere inferiore a quello determinato secondo i criteri dell'allegato V, punto B.

Articolo 16**Valore-obiettivo e valore limite del PM_{2,5} per la protezione della salute umana**

1. Gli Stati membri adottano tutte le misure necessarie, che non comportano costi sproporzionati, per garantire che le concentrazioni di PM_{2,5} nell'aria ambiente non superino il valore-obiettivo definito nell'allegato XIV, punto D, a decorrere dalla data ivi indicata.

2. Gli Stati membri garantiscono che le concentrazioni di PM_{2,5} nell'aria ambiente non superino il valore limite definito nell'allegato XIV, punto E, in tutte le loro zone e agglomerati a decorrere dalla data ivi indicata. Il rispetto di tale requisito è valutato a norma dell'allegato III.

3. I margini di tolleranza fissati nell'allegato XIV, punto E, si applicano a norma dell'articolo 23, paragrafo 1.

Articolo 17**Prescrizioni per le zone e gli agglomerati nei quali la concentrazione di ozono supera i valori-obiettivo e gli obiettivi a lungo termine**

1. Gli Stati membri adottano tutte le misure necessarie, che non comportano costi sproporzionati, per garantire che i valori-obiettivo e gli obiettivi a lungo termine siano conseguiti.

2. Per le zone e gli agglomerati nei quali un valore-obiettivo risulta superato, gli Stati membri garantiscono che il programma predisposto a norma dell'articolo 6 della direttiva 2001/81/CE e, se del caso, un piano per la qualità dell'aria siano messi in atto al fine di raggiungere i valori-obiettivo a decorrere dalla data indicata nell'allegato VII, punto B, della presente direttiva salvo quando ciò non sia realizzabile attraverso misure che non comportano costi sproporzionati.

3. Per le zone e gli agglomerati nei quali i livelli di ozono nell'aria ambiente superano gli obiettivi a lungo termine ma sono inferiori o uguali ai valori-obiettivo, gli Stati membri predispongono e attuano provvedimenti efficaci dal punto di vista dei costi finalizzati al conseguimento degli obiettivi a lungo termine. Tali provvedimenti sono almeno in linea con i piani per la qualità dell'aria e con il programma di cui al paragrafo 2.

Articolo 18**Prescrizioni per le zone e gli agglomerati nei quali la concentrazione di ozono soddisfa gli obiettivi a lungo termine**

Nelle zone e negli agglomerati nei quali i livelli di ozono soddisfano gli obiettivi a lungo termine, e nella misura in cui lo consentano fattori quali, ad esempio, la natura transfrontaliera dell'inquinamento da ozono e le condizioni meteorologiche, gli Stati membri mantengono tali livelli al di sotto degli obiettivi a lungo termine e preservano, tramite provvedimenti proporzionati, la migliore qualità dell'aria ambiente che risulti compatibile con lo sviluppo sostenibile e un elevato livello di protezione dell'ambiente e della salute umana.

Articolo 19**Misure in caso di superamento delle soglie di informazione o di allarme**

Se la soglia di informazione di cui all'allegato XII o una qualsiasi delle soglie di allarme specificate nello stesso allegato sono superate, gli Stati membri adottano i provvedimenti necessari per informare il pubblico a mezzo radio, televisione, stampa o via Internet.

Gli Stati membri trasmettono inoltre alla Commissione, in via provvisoria, informazioni sui livelli registrati e sulla durata del superamento della soglia di allarme o della soglia di informazione.

Articolo 20**Contributi da fonti naturali**

1. Gli Stati membri trasmettono alla Commissione, per un determinato anno, l'elenco delle zone e degli agglomerati nei quali il superamento dei valori limite per un determinato inquinante è imputabile a fonti naturali. Gli Stati membri forniscono informazioni sulla concentrazione e sulle fonti, nonché elementi che dimostrino come il superamento sia imputabile a fonti naturali.

2. Nei casi in cui la Commissione è informata di un superamento imputabile a fonti naturali ai sensi del paragrafo 1, detto superamento non è considerato tale ai fini della presente direttiva.

3. Entro l'11 giugno 2010 la Commissione pubblica orientamenti per la dimostrazione e la detrazione dei superamenti imputabili a fonti naturali.

Articolo 21**Superamenti dovuti alla sabbatura o salatura invernali delle strade**

1. Gli Stati membri possono designare zone o agglomerati nei quali i valori limite per il PM₁₀ sono superati nell'aria ambiente a causa della risospensione del particolato a seguito della sabbatura o salatura delle strade nella stagione invernale.

2. Gli Stati membri trasmettono alla Commissione un elenco di tali zone o agglomerati, insieme alle informazioni sulle concentrazioni e sulle fonti di PM₁₀.

3. Nell'informare la Commissione a norma dell'articolo 27, gli Stati membri forniscono la documentazione necessaria per dimostrare che ogni superamento è dovuto alla risospensione di particolato e che sono stati adottati provvedimenti ragionevoli per diminuire le concentrazioni.

4. Fatto salvo l'articolo 20, per le zone e gli agglomerati di cui al paragrafo 1 del presente articolo, gli Stati membri sono tenuti a predisporre il piano per la qualità dell'aria di cui all'articolo 23 solo se il superamento dei valori del PM₁₀ è dovuto a cause diverse dalla sabbatura o salatura invernali delle strade.

ALLEGATO I

OBIETTIVI DI QUALITÀ DEI DATI

A. Obiettivi di qualità dei dati per la valutazione della qualità dell'aria ambiente

	Biossido di zolfo, biossido di azoto e ossidi di azoto, monossido di carbonio	Benzene	Particolato (PM ₁₀ /PM _{2,5}) e piombo	Ozono e NO e NO ₂ connessi
Misurazioni in siti fissi ⁽¹⁾				
Incertezza	15 %	25 %	25 %	15 %
Raccolta minima dei dati	90 %	90 %	90 %	90 % in estate 75 % in inverno
Periodo minimo di copertura:				
— fondo urbano e traffico	—	35 % ⁽²⁾	—	—
— siti industriali	—	90 %	—	—
Misurazioni indicative				
Incertezza	25 %	30 %	50 %	30 %
Raccolta minima dei dati	90 %	90 %	90 %	90 %
Periodo minimo di copertura	14 % ⁽⁴⁾	14 % ⁽³⁾	14 % ⁽⁴⁾	> 10 % in estate
Incertezza della modellizzazione:				
Medie orarie	50 %	—	—	50 %
Medie su otto ore	50 %	—	—	50 %
Medie giornaliere	50 %	—	da definire	—
Medie annuali	30 %	50 %	50 %	—
Stima obiettiva				
Incertezza	75 %	100 %	100 %	75 %

⁽¹⁾ Gli Stati membri possono applicare misurazioni discontinue invece delle misurazioni in continuo per il benzene, il piombo e il particolato se dimostrano alla Commissione che l'incertezza, anche quella dovuta al campionamento casuale, risponde all'obiettivo di qualità del 25 % e che il periodo di copertura rimane superiore al periodo minimo di copertura per le misurazioni indicative. Il campionamento casuale deve essere equamente distribuito nel corso dell'anno per evitare di falsare i risultati. L'incertezza dovuta al campionamento casuale può essere determinata secondo le procedure stabilite nella norma ISO 11222:2002 «Qualità dell'aria — Determinazione dell'incertezza della media temporanea delle misure di qualità dell'aria». Se le misurazioni discontinue sono utilizzate per valutare i requisiti del valore limite del PM₁₀, occorre valutare il 90,4 percentile (che dev'essere inferiore o uguale a 50 ug/m³) anziché il numero di superamenti, che è fortemente influenzato dalla copertura dei dati.

⁽²⁾ Distribuita nell'arco dell'anno in maniera tale da essere rappresentativa delle varie condizioni climatiche e di traffico.

⁽³⁾ Misurazione in un giorno scelto a caso di ogni settimana in modo che le misurazioni siano uniformemente distribuite nell'arco dell'anno, oppure 8 settimane di misurazioni distribuite equamente nell'arco dell'anno.

⁽⁴⁾ Una misurazione alla settimana a caso, in modo che le misurazioni siano uniformemente distribuite nell'arco dell'anno, oppure 8 settimane di misurazioni distribuite equamente nell'arco dell'anno.

L'incertezza (con un intervallo di fiducia del 95 %) dei metodi di misurazione sarà valutata in base ai principi della guida CEN per l'«Espressione dell'incertezza nelle misure» (ENV 13005-1999), alla metodologia della norma ISO 5725:1994 e alle indicazioni contenute nella relazione CEN sulla «Qualità dell'aria — Approccio alla stima dell'incertezza per i metodi di misura di riferimento per l'aria ambiente» (CR 14377:2002E). Le percentuali di incertezza riportate nella precedente tabella sono indicate per le misurazioni individuali medie nel periodo considerato ai fini del calcolo del valore limite (o dal valore obiettivo in caso di ozono) per un intervallo di fiducia del 95 %. L'incertezza per le misurazioni in siti fissi va interpretata come applicabile nell'interno dell'opportuno valore limite (o dal valore obiettivo in caso di ozono).

L'incertezza per la modellizzazione è definita come lo scarto massimo dei livelli di concentrazione misurati e calcolati del 90 % dei singoli punti di monitoraggio, nel periodo considerato, dal valore limite (o dal valore obiettivo in caso di ozono), a prescindere dalla tempistica degli eventi. L'incertezza per la modellizzazione va interpretata come applicabile nell'intorno dell'opportuno valore limite (o valore obiettivo in caso di ozono). Le misurazioni in siti fissi selezionate ai fini di un raffronto con i risultati della modellizzazione sono rappresentative della scala coperta dal modello.

ALLEGATO II**Determinazione dei requisiti per la valutazione delle concentrazioni di biossido di zolfo, biossido di azoto e ossidi di azoto, particolato (pm₁₀ e pm_{2,5}), piombo, benzene e monossido di carbonio nell'aria ambiente in una zona o in un agglomerato****A. Soglie di valutazione superiore e inferiore**

Si applicano le seguenti soglie di valutazione superiore e inferiore:

1. Biossido di zolfo

	Protezione della salute	Protezione della vegetazione
Soglia di valutazione superiore	60 % del valore limite su 24 ore (75 µg/m ³ , da non superare più di 3 volte per anno civile)	60 % del livello critico invernale (12 µg/m ³)
Soglia di valutazione inferiore	40 % del valore limite su 24 ore (50 µg/m ³ , da non superare più di 3 volte per anno civile)	40 % del livello critico invernale (8 µg/m ³)

2. Biossido di azoto e ossidi di azoto

	Valore limite orario per la protezione della salute umana (NO ₂)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana (NO ₂)	Livello critico annuale per la protezione della vegetazione e degli ecosistemi naturali (NO _x)
Soglia di valutazione superiore	70 % del valore limite (140 µg/m ³ , da non superare più di 18 volte per anno civile)	80 % del valore limite (32 µg/m ³)	80 % del livello critico (24 µg/m ³)
Soglia di valutazione inferiore	50 % del valore limite (100 µg/m ³ , da non superare più di 18 volte per anno civile)	65 % del valore limite (26 µg/m ³)	65 % del livello critico (19,5 µg/m ³)

3. Particolato (PM₁₀/PM_{2,5})

	MEDIA su 24 ore PM ₁₀	MEDIA annuale PM ₁₀	MEDIA annuale PM _{2,5} ⁽¹⁾
Soglia di valutazione superiore	70 % del valore limite (35 µg/m ³ , da non superare più di 35 volte per anno civile)	70 % del valore limite (28 µg/m ³)	70 % del valore limite (17 µg/m ³)
Soglia di valutazione inferiore	50 % del valore limite (25 µg/m ³ , da non superare più di 35 volte per anno civile)	50 % del valore limite (20 µg/m ³)	50 % del valore limite (12 µg/m ³)

⁽¹⁾ La soglia di valutazione superiore e la soglia di valutazione inferiore del PM_{2,5} non si applicano alle misurazioni effettuate per valutare la conformità all'obiettivo di riduzione dell'esposizione al PM_{2,5} per la protezione della salute umana.

4. Piombo

	MEDIA annuale
Soglia di valutazione superiore	70 % del valore limite (0,35 µg/m ³)
Soglia di valutazione inferiore	50 % del valore limite (0,25 µg/m ³)

ALLEGATO V

Criteri per determinare il numero minimo di punti di campionamento per la misurazione in siti fissi delle concentrazioni di biossido di zolfo, biossido di azoto e ossidi di azoto, particolato (PM₁₀ e PM_{2,5}), piombo, benzene e monossido di carbonio nell'aria ambiente

- A. Numero minimo di punti di campionamento per misurazioni in siti fissi al fine di valutare la conformità ai valori limite per la protezione della salute umana e le soglie di allarme nelle zone e negli agglomerati dove la misurazione in siti fissi è l'unica fonte di informazione

1. Fonti diffuse

Popolazione dell'agglomerato o della zona (in migliaia di abitanti)	Se la concentrazione massima supera la soglia di valutazione superiore ⁽¹⁾		Se la concentrazione massima è compresa tra la soglia di valutazione superiore e quella inferiore	
	Per inquinanti tranne PM	Per PM ⁽²⁾ (somma di PM ₁₀ e PM _{2,5})	Inquinanti tranne PM	Per PM ⁽²⁾ (somma di PM ₁₀ e PM _{2,5})
0-249	1	2	1	1
250-499	2	3	1	2
500-749	2	3	1	2
750-999	3	4	1	2
1 000-1 499	4	6	2	3
1 500-1 999	5	7	2	3
2 000-2 749	6	8	3	4
2 750-3 749	7	10	3	4
3 750-4 749	8	11	3	6
4 750-5 999	9	13	4	6
≥ 6 000	10	15	4	7

⁽¹⁾ Per il biossido di azoto, il particolato, il benzene e il monossido di carbonio: prevedere almeno una stazione di monitoraggio di fondo urbano e una stazione orientata al traffico, a condizione che ciò non comporti un aumento del numero di punti di campionamento. Per questi inquinanti il numero totale di stazioni di fondo urbano e il numero totale di stazioni orientate al traffico presenti in uno Stato membro come previsto al punto A, 1), non devono differire per un fattore superiore a 2. I punti di campionamento con superamenti del valore limite del PM₁₀ negli ultimi tre anni sono mantenuti, a meno che non sia necessaria una delocalizzazione per circostanze speciali, in particolare lo sviluppo territoriale.

⁽²⁾ Se il PM_{2,5} e il PM₁₀ sono misurati conformemente all'articolo 8 nella stessa stazione di monitoraggio, questa si considera come due punti di campionamento distinti. Il numero totale di punti di campionamento del PM_{2,5} e, quello dei punti di campionamento del PM₁₀ presenti in uno Stato membro come previsto al punto A, 1) non devono differire per un fattore superiore a 2 e il numero di punti di campionamento del PM_{2,5} presenti nei fondi urbani degli agglomerati e dei centri urbani deve soddisfare i requisiti di cui all'allegato V, punto B.

2. Fonti puntuali

Per valutare l'inquinamento nelle vicinanze di fonti puntuali, si deve calcolare il numero di punti di campionamento per misurazioni in siti fissi tenendo conto delle densità delle emissioni, del probabile profilo di distribuzione dell'inquinamento dell'aria ambiente e della potenziale esposizione della popolazione.

- B. Numero minimo di punti di campionamento per misurazioni in siti fissi al fine di valutare la conformità all'obiettivo di riduzione dell'esposizione al PM_{2,5} per la protezione della salute umana

A tal fine deve essere predisposto un punto di campionamento per milione di abitanti per l'insieme degli agglomerati e altre zone urbane con più di 100 000 abitanti. Questi punti di campionamento possono coincidere con quelli previsti al punto A.

- C. Numero minimo di punti di campionamento per misurazioni in siti fissi al fine di valutare la conformità ai livelli critici per la protezione della vegetazione in zone diverse dagli agglomerati

Se la concentrazione massima supera la soglia di valutazione superiore	Se la concentrazione massima è compresa tra la soglia di valutazione superiore e quella inferiore
1 stazione ogni 20 000 km ²	1 stazione ogni 40 000 km ²

Nelle zone insulari, il numero dei punti di campionamento per le misurazioni in siti fissi deve essere calcolato tenendo conto del probabile profilo di distribuzione dell'inquinamento dell'aria ambiente e della potenziale esposizione della vegetazione.

ALLEGATO VI**Metodi di riferimento per la valutazione delle concentrazioni di biossido di zolfo, biossido di azoto e ossidi di azoto, particolato (PM₁₀ e PM_{2,5}), piombo, benzene, monossido di carbonio, e ozono****A. Metodi di misurazione di riferimento****1. Metodo di riferimento per la misurazione del biossido di zolfo**

Il metodo di riferimento per la misurazione del biossido di zolfo è descritto nella norma EN 14212:2005 «Ambient air quality — Standard method for the measurement of the concentration of sulphur dioxide by ultraviolet fluorescence».

2. Metodo di riferimento per la misurazione del biossido di azoto e degli ossidi di azoto

Il metodo di riferimento per la misurazione del biossido di azoto e degli ossidi di azoto è descritto nella norma EN 14211:2005 «Ambient air quality — Standard method for the measurement of the concentration of nitrogen dioxide and nitrogen monoxide by chemiluminescence».

3. Metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione del piombo

Il metodo di riferimento per il campionamento del piombo è descritto nel presente allegato, punto A.4. Il metodo di riferimento per la misurazione del piombo è descritto nella norma EN 14902:2005 «Standard method for measurement of Pb/Cd/As/Ni in the PM₁₀ fraction of suspended particulate matter».

4. Metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione del PM₁₀

Il metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione del PM₁₀ è descritto nella norma EN 12341:1999 «Qualità dell'aria — Procedura di prova in campo per dimostrare l'equivalenza di riferimento dei metodi di campionamento per la frazione di PM₁₀ del materiale particolato».

5. Metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione del PM_{2,5}

Il metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione del PM_{2,5} è descritto nella norma EN 14907:2005 «Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM_{2,5} mass fraction of suspended particulate matter».

6. Metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione del benzene

Il metodo di riferimento per la misurazione del benzene è descritto nella norma EN 14662:2005, parti 1, 2 e 3, «Ambient air quality — Standard method for measurement of benzene concentrations».

7. Metodo di riferimento per la misurazione del monossido di carbonio

Il metodo di riferimento per la misurazione del monossido di carbonio è descritto nella norma EN 14626:2005 «Ambient air quality — Standard method for the measurement of the concentration of carbon monoxide by nondispersive infrared spectroscopy».

8. Metodo di riferimento per la misurazione dell'ozono

Il metodo di riferimento per la misurazione dell'ozono è descritto nella norma EN 14625:2005 «Ambient air quality — Standard method for the measurement of the concentration of ozone by ultraviolet photometry».

B. Dimostrazione dell'equivalenza

1. Gli Stati membri possono utilizzare qualsiasi altro metodo di campionamento e misurazione a condizione che riescano a dimostrare che esso dà risultati equivalenti a quelli dei metodi di cui al punto A o, nel caso del particolato, qualsiasi altro metodo per il quale gli Stati membri interessati riescano a dimostrare che presenta un rapporto coerente con il metodo di riferimento prescritto. In tal caso, i risultati ottenuti con il metodo utilizzato devono essere rettificati con un fattore di correzione per ottenere risultati equivalenti a quelli che si sarebbero conseguiti con il metodo di riferimento.

ALLEGATO XIV

**OBIETTIVO NAZIONALE DI RIDUZIONE DELL'ESPOSIZIONE, VALORE-OBIETTIVO E VALORE LIMITE
PER IL PM_{2,5}**
A. Indicatore di esposizione media

L'indicatore di esposizione media, espresso in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (IEM), deve basarsi sulle misurazioni effettuate in siti di fondo urbano in zone e agglomerati situati in tutto il territorio degli Stati membri. Deve essere valutato come concentrazione media annua su 3 anni civili ricavata dalla media di tutti i punti di campionamento allestiti a norma dell'allegato V, punto B. L'IEM per l'anno di riferimento 2010 è dato dalla concentrazione media degli anni 2008, 2009 e 2010.

Tuttavia, qualora non siano disponibili dati per il 2008, gli Stati membri possono basarsi sulla concentrazione media degli anni 2009 e 2010 o sulla concentrazione media degli anni 2009, 2010 e 2011. Gli Stati membri che ricorrono a queste possibilità comunicano la loro decisione alla Commissione entro l'11 settembre 2008.

L'IEM per l'anno 2020 è dato dalla concentrazione media su tre anni consecutivi (2018, 2019 e 2020) ricavata dalla media di tutti questi punti di campionamento. L'IEM è utilizzato per esaminare se l'obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione è raggiunto.

L'IEM per l'anno 2015 è dato dalla concentrazione media su tre anni consecutivi (2013, 2014 e 2015) ricavata dalla media di tutti questi punti di campionamento. L'IEM è utilizzato per esaminare se l'obbligo di concentrazione dell'esposizione è raggiunto.

B. Obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione

Obiettivo di riduzione dell'esposizione relativo all'IEM nel 2010		Anno entro il quale dovrebbe essere raggiunto l'obiettivo di riduzione dell'esposizione
Concentrazione iniziale in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Obiettivo di riduzione in percentuale	2020
$< 8,5 = 8,5$	0 %	
$> 8,5 — < 13$	10 %	
$= 13 — < 18$	15 %	
$= 18 — < 22$	20 %	
≥ 22	Tutte le misure appropriate per conseguire l'obiettivo di $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$	

Se l'IEM nell'anno di riferimento è uguale o inferiore a $8,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, l'obiettivo di riduzione dell'esposizione è fissato a zero. L'obiettivo di riduzione è zero anche nei casi in cui l'IEM raggiunge il livello di $8,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in qualsiasi momento nel periodo dal 2010 al 2020 ed è mantenuto a questo livello o al di sotto di esso.

C. Obbligo di concentrazione dell'esposizione

Obbligo di concentrazione dell'esposizione	Anno entro il quale deve essere rispettato tale obbligo
$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	2015

D. Valore-obiettivo

Periodo di mediazione	Valore-obiettivo	Data entro la quale dovrebbe essere raggiunto il valore-obiettivo
Anno civile	$25 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1° gennaio 2010

E. **Valore limite**

Periodo di mediazione	Valore limite	Margine di tolleranza	Data entro la quale deve essere raggiunto il valore limite
FASE 1			
Anno civile	25 µg/m ³	20 % l'11 giugno 2008, con riduzione il 1° gennaio successivo e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2015	1° gennaio 2015
FASE 2 ⁽¹⁾			
Anno civile	20 µg/m ³		1° gennaio 2020

⁽¹⁾ Fase 2 — valore limite indicativo che la Commissione deve verificare nel 2013, alla luce di ulteriori informazioni in materia di conseguenze sulla salute e sull'ambiente, fattibilità tecnica ed esperienza del valore obiettivo negli Stati membri.

ALLEGATO B

Scheda tecnica del campionatore TCR TECORA CHARLIE HV
e del modulo SENTINEL PM



Campionatore sequenziale portatile

Charlie



Caratteristiche principali:

- **Certificato da TÜV in accordo alla norma EN12341 e DM60**
- Interfaccia per modulo sequenziale SENTINEL PM
- Misura elettronica della portata
- Sensori di misura dei parametri:
 - Pressione atmosferica
 - Perdita di carico filtro
 - Temperatura ambiente
 - Temperatura volumetrico
- Misura volumetrica mediante contatore con precisione $\pm 2\%$
- Condizionamento del campione:
 - dalla direzione del vento
 - da segnale esterno * (es. pioggia)
- Interfaccia RS232
- Batteria tampone per orologio datario permanente
- Interfaccia per teste di prelievo sequenziali TCR*
- Stampante incorporata *
- Controllabile in modalità remota con software dedicato

Charlie, è un campionatore con controllo elettronico del flusso, un sistema di prelievo versatile e preciso, in grado di corrispondere ai più recenti ed accreditati metodi di campionamento atmosferico, sia del particolato che di inquinanti gassosi.

Peso ed ingombro ridotti rendono Charlie facilmente trasportabile ed integrabile nelle esistenti cabine per il monitoraggio atmosferico. E' prodotto in due versioni con differente portata, che supportano il SENTINEL PM per il campionamento automatico sequenziale delle polveri.

Il modello CHARLIE, con portata d'esercizio da 0.5 a 30 l/min, si presta anche alla determinazione di inquinanti gassosi, infatti, se dotato dell'apposita interfaccia supporta anche le teste di prelievo sequenziali.

Il modello CHARLIE HV, con portata d'esercizio da 10 a 50 l/min, è adatto ad operare specificatamente per le polveri, ed in particolare con la testa di prelievo LVS PM10 2.3 m³/h secondo la norma EN 12341.

Il pannello frontale di Charlie può essere dotato di una stampante per la stesura del rapporto riepilogativo al termine di ogni campionamento.

Caratteristiche Tecniche

	Charlie	Charlie HV
Campo d'impiego	0.5 - 30 l/min	10 - 50 l/min
Pompa utilizzata	Rotativa a palette 3m ³ /h	Rotativa a palette 6m ³ /h
Alimentazione	220 V 50 Hz	
Dimensioni mm (b x p x h)	360 x 300 x 400	
Peso kg	13	16
Codice articolo	AA99-012-0000SP	AA99-012-0010SP
Codice opzione stampante	AA99-012-9902SP	
Codice interfaccia per teste seq.	AA99-012-9901SP	



Software di acquisizione e controllo remoto

* Opzioni facoltative



Modulo sequenziale per polveri

Sentinel PM



Caratteristiche principali:

- **Certificato da TÜV in accordo alla norma EN12341 e DM60**
- **Principali applicazioni**
 - Particolato totale
 - Frazioni 10, 2.5, 1 micron (PM10, PM2.5, PM1)
 - Metalli pesanti
- **Autonomia 16 filtri**
- **Dimensioni e pesi ridotti**
- **Armadio in esecuzione per esterni con grado di protezione IP 55**
- **Idoneo al fissaggio a parete**
- **Circuito di ventilazione forzata per salvaguardare l'integrità dei campioni**

Il modulo SENTINEL PM abbinato al campionatore atmosferico Charlie, consente la raccolta automatica e sequenziale del particolato atmosferico su membrane filtranti di diametro 47mm, contenute in apposite cassette portafiltro.

L'autonomia di 16 filtri e la particolare realizzazione del sistema di movimentazione, permettono di recuperare e rimpiazzare i filtri senza interrompere il campionamento, quindi senza il vincolo di eseguire l'operazione in tempi predeterminati.

Il percorso rettilineo del tubo di aspirazione e la separazione della zona di permanenza dei filtri da fonti di calore interne o radianti, consente di raccogliere e mantenere l'integrità dei campioni.



Ingombro e peso ridotti, rendono Sentinel PM facilmente trasportabile ed integrabile nelle cabine di monitoraggio.

La modularità della testa di prelievo consente di scegliere il tipo di impattore desiderato per operare in accordo ai metodi EN 12341 o USEPA 40 CFR Part 50.

Caratteristiche Tecniche

Campo d'impiego	Filtri a membrana diam 47 mm
Autonomia	16 filtri
Alimentazione	220 V 50 Hz
Dimensioni mm (b x b x h)	400 x 250 x 600
Armadio	In acciaio verniciato a fuoco
Peso kg	13
Codice articolo	AA99-013-0005SP



Accessori per il campionamento Ambientale

Teste di campionamento

Stativo portatile per teste di campionamento

Dotato di portacassette per membrane diam. 47 mm, adatto a tutte le tipologie di testa.

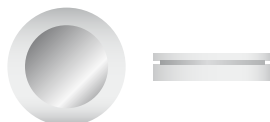
Può essere utilizzato con il campionatore a flusso costante BRAVO, oppure con il campionatore a controllo di flusso elettronico CHARLIE. La testa di campionamento non è compresa nella fornitura



Cod. AA99-010-0003SP

Cassette per membrane Diam. 47

Da utilizzarsi nei portafiltri per particolato.



Confezione da 5 cassette
Cod. AA99-010-9905CR
Confezione da 20 cassette
Cod. AA99-010-9906CR

Testa PM10 US EPA (40 CFR Part 50)

Flusso di campionamento 1 m³/h



Cod. AA99-010-0011SP

Testa TSP LVS

Testa di prelievo TSP. Disponibile nella versione standard e per tubo ventilato.



Versione standard
Cod. AA99-010-0015SP
Versione per tubo ventilato
Cod. AA99-010-0016SP

Impattore WINS PM2.5 US EPA (40 CFR Part 50)

Flusso di campionamento 1 m³/h
Da utilizzarsi in serie alla testa PM10 per ottenere la frazione PM2.5.



Cod. AA99-010-0001SP

Teste PM10/2,5/1 EN LVS



Conforme alla norma EN 12341:
SOLO PM10 flusso 2.3 m³/h
Cod. AA99-010-0020SP
PM10 flusso 1 m³/h
Cod. AA99-010-0021SP

Conforme alla norma EN 14907:
SOLO PM 2.5 flusso 2.3 m³/h
Cod. AA99-010-0025SP
PM 2.5 flusso 1 m³/h
Cod. AA99-010-0026SP

Set di 8 ugelli per la trasformazione della testa LVS



PM10 flusso 2.3 m³/h
Cod. AA99-010-0030KP
PM10 flusso 1 m³/h
Cod. AA99-010-0031KP
PM 2.5 flusso 2.3 m³/h
Cod. AA99-010-0035KP
PM 2.5 flusso 1 m³/h
Cod. AA99-010-0036KP

Testa PM1 LVS

Flusso di campionamento 2.3m³/h

Dotata di 16 ugelli, non compatibili con il modello LVS PM10 e PM2.5.



Cod. AA99-010-0027SP

ALLEGATO C

Scheda tecnica del FAI - SWAM SC

MONITOR - CAMPIONATORE DI PARTICELLE PM_x IN ATMOSFERA

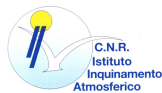
SWAM 5A Monitor



PRINCIPALI CARATTERISTICHE

1. **Capacità di operare** con qualunque testa di prelievo (ad esempio PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁) nel campo della portata operativa da 0.8 a 2.5 m³/h
2. **Campionamento a temperatura ambiente** con misura della temperatura esterna e di quella in prossimità del filtro
3. **Campionamento su membrane filtranti Ø47mm** utilizzabili per successive analisi.
4. **Misura di massa** con metodo dell'attenuazione β
5. Gestione completamente automatica dei **Controlli di Qualità** sul campionamento e sulla misura con conseguente immediata validazione del dato di concentrazione di PM_x fornito
6. **Monitoraggio "on line"** di tutti i parametri in grado di caratterizzare il campionamento con relative segnalazioni diagnostiche di eventuali anomalie. Tali segnalazioni possono essere inviate automaticamente all'operatore via SMS
7. **Memorizzazione** dei dati di campionamento e misura su buffer interno
8. **Gestione locale** con interfaccia seriale RS232
9. **Completa gestione strumentale remota** via Modem/GSM

**Certificazione di equivalenza
ai sensi del
DM n. 60 del 02/04/2002.**



Prot. N. 088/2004
Roma, 16/01/2004

**SWAM 5A Monitor è allo stato
dell'arte l'unico strumento
certificato secondo il DM 60 che
permette alle autorità
competenti di rispettare
compiutamente uno degli
obblighi fondamentali previsti
dalla Direttiva 99/30/EC: art.8
(informazione al pubblico su
base giornaliera)**



APPLICAZIONI PREVISTE

- **Campionamento e misura del PM₁₀ ai sensi del DM n°60 (recepimento della direttiva europea 99/30/CE)**
- **Campionamento e misura di particolato PTS, PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁ in accordo con le norme EN 1234.1 e USEPA**

OBIETTIVO 100% DATI UTILI

SWAM 5A Monitor è stato realizzato in modo tale da consentire, in assenza di guasti, una copertura annua di dati del 100% (365 dati per anno).

Le attività di gestione ordinaria, manutenzione e verifica della calibrazione vengono infatti eseguite senza interrompere il funzionamento dello strumento.

L'avanzata impostazione progettuale dello strumento ed il suo elevato standard costruttivo hanno inoltre permesso di raggiungere un ottimo livello non solo di qualità del dato, ma anche di affidabilità nel tempo della strumentazione, il che riduce al minimo il rischio di malfunzionamenti.

Infine, la gestione delle interruzioni e dei disturbi dell'alimentazione operata dallo strumento, consente il completamento della fase di misura anche in assenza di alimentazione, assicurando anche in queste condizioni la generazione del dato.



FAI Instruments s.r.l.

Via Aurora, 25 - 00010 FONTE NUOVA (Roma)

Tel. (+39) 06.9050248 (+39) 06.90532398

Fax (+39) 06.90539008

info@fai-instruments.it

www.fai-instruments.it

MONITOR – CAMPIONATORE DI PARTICELLE PM_x IN ATMOSFERA

SWAM 5A Monitor



Certificazione di equivalenza

Il sistema per il campionamento e la misura della concentrazione di massa PM₁₀ dello strumento **SWAM 5A Monitor**, è stato **certificato ai sensi del DM n. 60 del 02/04/2002** (recepimento della direttiva europea 99/30/CE).

Lo strumento, dotato di testa PM₁₀ a 2.3 m³/h (conforme alla norma europea EN 1234.1), costituisce un **campionatore di riferimento**.



Lo strumento è anche in grado di operare il campionamento e la misura **in accordo alle normative U.S. EPA**, con l'uso delle relative teste di prelievo:

- testa U.S. EPA 40 CFR part 50 , per il campionamento PM₁₀, alla portata volumetrica di 1 m³/h.
- testa U.S. EPA 40 CFR part 50 con impattore WINS PM_{2.5} , per il campionamento PM_{2.5}, alla portata volumetrica di 1 m³/h.

Modalità operative

Lo strumento opera per cicli (cycles) successivi. La durata di un ciclo identifica la durata del campionamento effettuato su ogni membrana (impostabile: 6-8-12-24-48-72-96-120-144-168 ore).

Membrane filtranti

Lo strumento può indifferentemente utilizzare filtri in fibra di vetro, fibra di quarzo, fibra di vetro supportata con teflon, filtri in teflon etc.

La scelta ottimale può dipendere dalle portate operative scelte, dalle condizioni ambientali in cui il sistema opera, dalle eventuali successive esigenze analitiche (analisi dei metalli pesanti, analisi di composti organici come ad esempio benzo-a-pirene o nitroderivati etc.) .

Sono disponibili portafiltri con β Spot area ridotta, per aumentare la sensibilità in caso di basse concentrazioni .

Gestione automatica dei filtri

Lo strumento è in grado di gestire in modo automatico 36 membrane filtranti, montate su idonei portafiltri. I portafiltri sono caricati in un contenitore cilindrico in materiale plastico trasparente, dove restano protetti da possibili contaminazioni provenienti dall'esterno. Alla fine di ogni ciclo di campionamento e misura il filtro campionato viene trasferito nell'analogo contenitore di scarico.

L'operatore può procedere alla sostituzione dei filtri (carico filtri vergini e scarico dei filtri campionati) in qualsiasi momento senza interferire con il ciclo operativo in corso.

Campionamento

SWAM 5A Monitor è in grado di utilizzare qualsiasi sistema di frazionamento granulometrico operante nell'intervallo della portata da 0.8 a 2.5 m³/h.

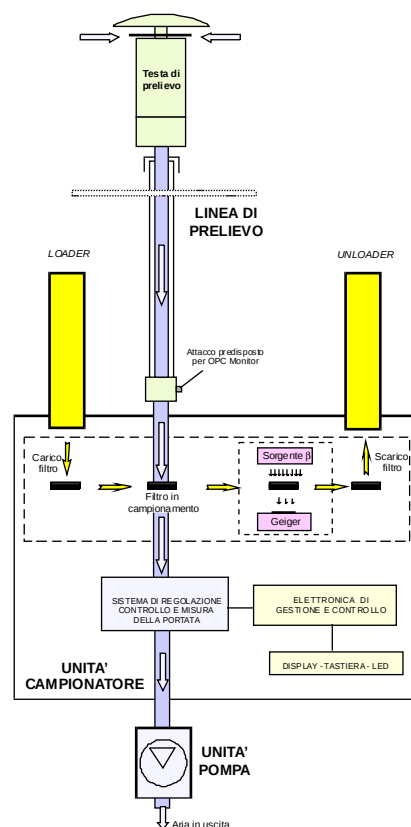
Il sistema di campionamento è in grado di controllare in modo automatico il valore della portata operativa in modo da assicurarne la costanza, così come richiesto dalle normative, in funzione delle teste di prelievo utilizzate .

Il controllo della portata operativa volumetrica è effettuata con una precisione pari a $\pm 1\%$ del valore misurato.

Trasferimento del campione a temperatura ambiente

SWAM 5A Monitor utilizza una camera coassiale alla linea di prelievo nella quale transita aria ambiente prelevata da un aspiratore ausiliario, assicurando così un buon effetto termostatico sulla linea di prelievo. La temperatura in prossimità del filtro e quella esterna sono costantemente monitorate.

Questo permette, in accordo alle norme, di minimizzare le perdite di materiale volatile durante la fase di campionamento.



Power failure

Per evitare eventuali perdite di dati causate da mancanza di alimentazione, lo strumento è dotato di batterie in tampone.

Pertanto, in caso di power failure, lo strumento sospende il campionamento, ma può completare il ciclo di misura di massa, nonché le eventuali movimentazioni meccaniche necessarie in questa fase, senza perdita di dati utili.

Al ritorno della alimentazione, riprenderà il ciclo operativo conformemente a quanto programmato, registrando in memoria la tempistica dell'evento.

Gestione remota

SWAM 5A Monitor può essere gestito a distanza mediante interfacce seriali RS-232 che consentono lo scambio dati con un PC e con un modem (PSTN, ISDN, GSM, GPRS).

**MONITOR – CAMPIONATORE
DI PARTICELLE PM_x IN ATMOSFERA
SWAM 5A Monitor**



Misura della portata

SWAM 5A Monitor contiene al suo interno un generatore di portata di riferimento tracciabile metrologicamente a un sistema primario.

All'inizio di ogni ciclo di campionamento il valore misurato è automaticamente confrontato con il valore della portata di riferimento; viene quindi calcolato e memorizzato lo scostamento percentuale dei due valori, il che permette di conoscere giornalmente la qualità della misura della portata.

Questo approccio rende superfluo un intervento di verifica della calibrazione pneumatica a breve termine (mensile o trimestrale), potendosi di fatto limitare a sole verifiche a lungo termine (ad es. annuali), utilizzando un misuratore di portata di riferimento esterno (pneumatic calibration).

Nel caso si dovessero osservare lievi derive nella risposta è possibile modificare "on line" i parametri di calibrazione.

Controllo dei sensori di temperatura e pressione

All'inizio di ogni ciclo di misura viene effettuato un controllo incrociato sulla funzionalità dei trasduttori di pressione e sull'integrità dei sensori di temperatura.

La qualità dei trasduttori e dei circuiti elettronici d'alimentazione è tale da non richiedere interventi periodici di calibrazione. In ogni caso, è possibile effettuare on-line, sia in sito che da postazione remota, e senza interrompere i cicli di misura, le operazioni di ricalibrazione dei trasduttori che dovessero rendersi necessarie nel corso della vita dello strumento.

Misura di massa beta

SWAM 5A Monitor effettua la misura di massa attraverso il metodo di attenuazione β utilizzando una sorgente di C14 a bassa attività ($< 100 \mu\text{Curie}$).

L'implementazione della misura beta è stata realizzata seguendo il più elevato standard qualitativo compatibile con lo stato dell'arte scientifico.

Tutte le variabili fisiche che compaiono nelle equazioni che descrivono il processo di misura sono determinate e, quando necessario, controllate (alta tensione di alimentazione del Geiger, pressione e temperatura dell'aria nella zona di misura, umidità relativa ecc.).

L'efficienza operativa del rivelatore Geiger, che rappresenta l'elemento fondamentale nella catena di misura, è controllata in continuo (controllo della deriva nella risposta, del rumore di fondo, della stabilità della risposta ecc.).

In aggiunta, viene misurato il livello di radioattività naturale del materiale particellare raccolto e di tale valore viene tenuto conto nel calcolo della concentrazione di massa.

Questo approccio rende superfluo ogni intervento di ricalibrazione della misura beta nel corso dell'intera vita dello strumento.

In ogni caso, qualora le informazioni diagnostiche disponibili dovessero richiedere degli aggiustamenti minimi nei coefficienti delle equazioni che governano il calcolo della concentrazione di massa, questi possono essere comunque effettuati (via computer in sito o da postazione remota) senza interferire in alcun modo sull'operatività del sistema.

In aggiunta ai controlli automatici eseguiti dallo strumento, l'operatore ha la possibilità ulteriore di verificare in modo diretto (Manual beta span test) la qualità della risposta strumentale utilizzando membrane di riferimento di spessore di massa noto, fornite in dotazione.

Controllo della tenuta pneumatica

Sono presenti due tipi di test di tenuta:

- Automatico (controllo circuito a valle del filtro)

- Manuale (controllo di tutto il circuito pneumatico)

Il **test automatico** (*Pneumatic auto leak test*) permette il controllo della tenuta del sistema a valle del filtro. Esso viene effettuato all'inizio di ogni ciclo di campionamento (i risultati sono memorizzati nel Buffer) oppure manualmente dall'operatore quando la macchina è in stato Ready.

La procedura fornisce il valore della perdita specifica Qleak espressa in $\text{ml/min} \cdot \text{kPa}$ da cui è possibile ricavare la perdita Qop in qualsiasi condizione operativa di impiego mediante la formula

$$Qop = Qleak \cdot Pdrop$$

Dove Pdrop è la caduta di pressione sul filtro.

Il **test manuale** (*Pneumatic manual leak test*) si può avviare da display, nello stato READY. La procedura richiede di inserire nel caricatore un portafiltro "cieco" in grado di assicurare la tenuta dell'intero circuito pneumatico. Questo portafiltro speciale (di colore rosso) è fornito come dotazione accessoria dello strumento.

La procedura manuale da display può essere effettuata anche "fuori linea" e permette il controllo completo della tenuta del sistema pneumatico, incluso il controllo della tenuta nell'accoppiamento filtro/portafiltro.



Qualità delle misure e dei dati

Misure accurate e affidabili sono assicurate da misure di zero e di span calibration eseguite in automatico prima di ciascun ciclo di misura.

I controlli automatici di qualità sulle procedure di campionamento, misura di massa e sul comportamento strumentale sono gestiti in modo da fornire in tempo reale i dati rilevati e, ove necessario, attivare avvertenze o allarmi (**Diagnostica on line**)

Banca dati completa

Tutti i dati e le elaborazioni effettuate vengono memorizzate nel buffer interno e rese disponibili per essere analizzati (in locale o da remoto):

- dati relativi ai Controlli di Qualità
- dati di comportamento strumentale relativi a tutti i sensori (temperatura, pressione, umidità), ai movimenti meccanici e ai valori di alimentazione critici

Validazione dei dati

La completezza e la qualità dei controlli relativi alle fasi di campionamento e misura di massa consentono la validazione immediata del dato di concentrazione di PM₁₀ fornito dallo strumento. Ne consegue che l'informazione al pubblico può essere gestita in modo immediato e sicuro senza incorrere nei rischi di controversie interpretative sull'attendibilità del dato strumentale.

**MONITOR – CAMPIONATORE
DI PARTICELLE PM_x IN ATMOSFERA**
SWAM 5A Monitor



SPECIFICHE TECNICHE

Range misura di massa campionata	0 ÷ 50 mg
Precisione della misura di massa (espressa come deviazione standard)	β Spot area 11.95 cm ² : 33 µg β Spot area 7.07 cm ² : 20 µg β Spot area 5.20 cm ² : 15 µg
Precisione della misura di concentrazione di massa:	± 0.3 µg/ m ³ (ciclo di 24 ore portata operativa 2.3 m ³ /h)
Limite di rilevabilità per la misura della concentrazione di massa:	1 µg/ m ³ (ciclo di 24 ore portata operativa 2.3 m ³ /h)
Sorgente radioattiva ¹⁴C	attività ≤ 100 µCurie
Portafiltri	β equivalent spot area 11.95 cm ² (standard - forniti con lo strumento) β equivalent spot area 7.07 cm ² (fornibili su richiesta) β equivalent spot area 5.20 cm ² (fornibili su richiesta)
Capacità dei contenitori di carico/scarico	Numero 36 portafiltri (o 72 su richiesta)
Membrane filtranti (non fornite con lo strumento)	dimensione Ø 47 mm
Portata operativa	Programmabile nel range 0.8 – 2.5 m ³ /h
Testa di prelievo applicabile	Capacità di operare con qualunque testa di prelievo nel range di portata operativa dello strumento
Testa di prelievo fornita	Lo strumento è normalmente fornito con testa per taglio PM ₁₀ (modello LVS-PM ₁₀ rispondente alla norma EN 1234-1 , operante a 2.3 m ³ /h)
Caduta di pressione max consentita	40 kPa a 2.3 m ³ /h
Precisione della misura di portata	± 1% del valore letto
Accuratezza della misura di portata	< 2% del valore letto
Alimentazione elettrica	230 Vac (± 10%) 50 Hz monofase 5 A
Potenza elettrica assorbita	1000 W (max)
Alimentazione aria compressa	200 ÷ 300 kPa
Continuità alimentazione in corrente continua	2 Batterie in tampone 12 V 3.5 Ah - Autonomia 4 ore per completamento misure di massa e movimentazione filtri
Condizioni operative (all'interno della cabina di installazione)	Temperatura da + 5 a + 35°C (entro questi limiti di temperatura interna della cabina sono garantiti la precisione e l'accuratezza specificata) Umidità Relativa inferiore a 85% (senza condensa)
Condizioni non operative o d'immagazzinamento	Temperatura da - 10 a + 55°C Umidità Relativa inferiore a 85% (senza condensa)
Dimensioni (L x P x H)	
Unità campionatore	430 x 540 x 240 mm
Unità pompa	200 x 320 x 200 mm
Testa di prelievo	Ø 145mm H 200 mm
Linea di prelievo	Ø 100mm H 1500 mm
Unità compressore	180 x 420 x 240 mm

**MONITOR – CAMPIONATORE
DI PARTICELLE PM_x IN ATMOSFERA**
SWAM 5A Monitor



Peso <i>Unità campionatore</i> <i>Unità pompa</i> <i>Testa di prelievo</i> <i>Linea di prelievo</i> <i>Unità compressore</i>	38 Kg 10 Kg 1 Kg 4.5 Kg 18 Kg
DICHIARAZIONE DI CONFORMITÀ 	Direttive europee e successive modificazioni Direttiva 73/23/CE sul materiale elettrico in bassa tensione Direttiva 98/37/CE sulla sicurezza delle macchine Direttiva 89/336/CE sulla Compatibilità Elettromagnetica
	Norme tecniche armonizzate: EN 61010-1 - Prescrizioni di sicurezza per apparecchi elettrici di misura, controllo EN 61326-1 - Requisiti di compatibilità EM - Emissione e Immunità EN 61000-3-2 – Armoniche EN 61000-3-3 - Flicker
Dual channel OPC Monitor [UNITA' OPZIONALE]	Predisposizione (hardware e software) per l'integrazione "on line" di un sistema O.P.C. (Optical Particle Counter) a due canali per la misura in tempo reale ed in continuo della concentrazione delle particelle in due intervalli granulometrici rappresentativi della distribuzione di massa nelle frazioni "fine" e "coarse"

**MONITOR – CAMPIONATORE
DI PARTICELLE PM_x IN ATMOSFERA
SWAM 5A Monitor**



Dualchannel OPC MONITOR

SWAM 5A Monitor è predisposto per essere equipaggiato con una unità denominata **Dualchannel OPC MONITOR** che può essere agevolmente integrata "on line".

Questa unità opzionale è costituita essenzialmente da un contatore di particelle di tipo ottico (OPC - Optical Particle Counter) a 2 canali che, utilizzando una frazione minima dell'aria aspirata, permette la misura, in tempo reale ed in continuo, del numero delle particelle per unità di volume, in due intervalli granulometrici rappresentativi della distribuzione di massa nelle frazioni "fine" e "coarse" dell'aria aspirata.

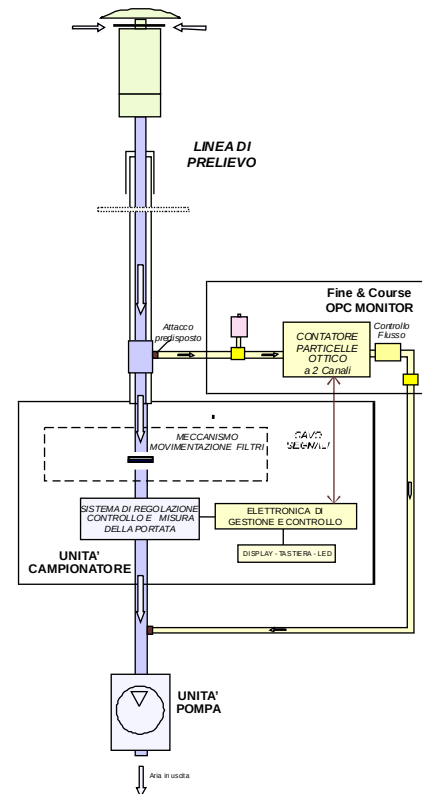
Come è noto i due differenti tipi di accumulazione (fine & coarse) derivano da particelle le cui origini sono essenzialmente diverse :

- Coarse $\Rightarrow$ da processi naturali
- Fine $\Rightarrow$ da prodotti di combustione e da processi secondari

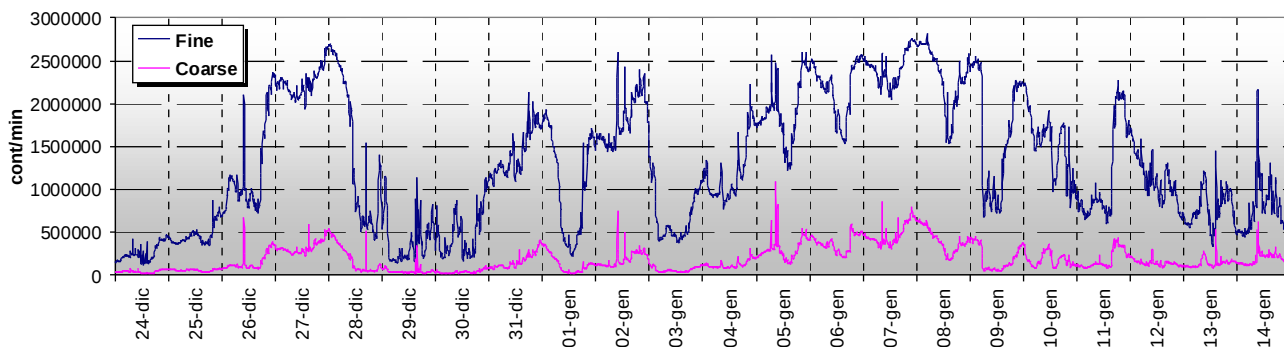
Pertanto si comprende come tali informazioni possano essere determinanti per la comprensione dei processi di inquinamento particellare nelle varie condizioni ambientali.

Utilizzando i dati di concentrazione in numero delle particelle nei due intervalli granulometrici "fine" e "coarse", lo strumento è in grado di calcolare automaticamente la concentrazione in massa equivalente, rendendo quindi disponibile in tempo reale, il valore della concentrazione media (sull'intervallo temporale di 1 minuto).

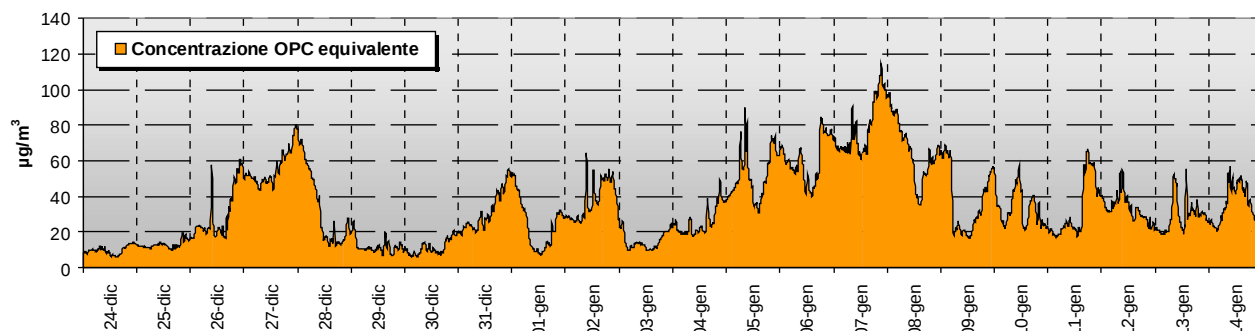
Inoltre il sistema è in grado di fornire i valori medi orari di concentrazione delle ultime 2 ore, fornendo quindi una informazione sul "trend" del processo di inquinamento.



Andamento temporale OPC



Andamento temporale concentrazione equivalente PM₁₀



ALLEGATO D

Scheda tecnica del pluviometro Vaisala RG13

Vaisala Rain Gauge RG13, RG13H



Features/Benefits

- Designed to measure rainfall and precipitation in remote and unattended locations
- Provides accurate measurements with long term performance
- Requires no regular maintenance
- Economical and proven in operation

The Vaisala Rain Gauge RG13, RG13H uses a tipping-bucket mechanism to produce a contact closure every time it receives a predetermined small quantity of rainfall (0.2 mm).

The body and funnel of the gauge are of aluminium alloy. An accurately machined septum-ring at the top gives an aperture of exactly 400 cm². The tipping-bucket mechanism is mounted inside the body on a cast aluminium-alloy base equipped with fixing slots, three levelling screws and a spirit level.

The mechanism consists of a divided bucket pivoted at its centre. Rain collects in the upper half. When this is full, the mechanism tilts and discharges the collected water, allowing the other half of the bucket to begin filling.

A siphon device is fitted to the base of the funnel to control the rate of flow into the buckets. By ensuring a constant flow rate into the tipping bucket, calibration is made easier and accuracy improved. The alternate filling and discharging continue as long as rain is falling, and at each tilt, a magnet momentarily closes the contacts of a reed switch.

In the rain gauge of type RG13H, a heater element is provided inside the body in order to melt snow. The heater switches on at temperatures below +4 °C.

Technical Data

Diameter of aperture	225 mm
Area of aperture	400 cm ²
Rainfall capacity	unlimited
Sensitivity (rainfall per pulse)	0.2 mm

Dimensions

Height	390 mm
Diameter	300 mm
Weight	2.5 kg

Operating temp. range	-40 ... +60 °C
Heating connection/disconnection at	+4 °C
Heating power	40 W (1 A / 40 VDC)
Accuracy	1 % (at 25 mm/h)
Resolution	0.2 mm (also 0.1 mm and 0.5 mm available)

VAISALA

For more information, visit
www.vaisala.com or contact
us at sales@vaisala.com

Ref. B010195EN-D ©Vaisala 2010

This material is subject to copyright protection, with all copyrights retained by Vaisala and its individual partners. All rights reserved. Any logos and/or product names are trademarks of Vaisala or its individual partners. The reproduction, transfer, distribution or storage of information contained in this brochure in any form without the prior written consent of Vaisala is strictly prohibited. All specifications — technical included — are subject to change without notice.



ALLEGATO E

Scheda tecnica dell'anemometro Vaisala WM30

WM30 Wind Sensor for Mobile Applications



The WM30 provides accurate wind measurement in a compact and economical package.

Features/Benefits

- Combined wind speed and direction sensor with affordable price
- Compact and light design is optimal for mobile applications
- Low power consumption
- Fast and linear response to wind
- Choice of one-wiper or two-wiper potentiometer models

The Vaisala Wind Sensor WM30 is a compact and economical wind speed and direction sensor. The rotating cup anemometer at the top of the unit provides a linear response to wind speed. The vane, which is attached to the body of the unit, provides a fast response to wind direction.

Accurate wind measurement

The shape, dimensions, and material of the cups contribute to accurate measurement. The cups are carefully tested to give linear response between the wind speed and the angular velocity of the cup wheel.

The wind vane is located directly beneath the cup assembly and is made of a durable, lightweight material that ensures fast response and low inertia.

Flexible outputs

A relay contact output is provided for wind speed. The wind speed can be recorded either by counting the number of pulses within a fixed time period, or by measuring the time between successive pulses.

A potentiometer detects the position of the vane. The potentiometer features low starting and running torque, linear resistance and a long operation life. It has a single wiper with an open gap of less than 5 degrees. With constant voltage supplied to the potentiometer, the output voltage is directly proportional to the azimuth angle.

Optimal for low-power applications

The electronics are designed specifically for applications where low power consumption is essential.

Built for harsh conditions

The cups and vane are made of reinforced PA plastic which guarantees a rigid structure even at the highest wind speeds.

The electronics are located inside an anodized aluminium core which creates not only a firm body, but a watertight enclosure for the electronics as well. This provides full protection against water, dust, pollutants and electromagnetic interference.

Easy installation

A mast adapter for a 30 mm tube is supplied with the sensor. An installation kit for larger tube diameters, 50 ... 110 mm, is available as an option.

Technical data

Wind speed

Measurement range	0.5 ... 60 m/s
Starting threshold	< 0.4 m/s
Distance constant	2 m
Transducer output	1 Hz ~ 0.7 m/s
Accuracy (within range 0.4 ... 60 m/s)	
wind speed < 10 m/s	± 0.3 m/s
wind speed > 10 m/s	± 2%
Characteristic transfer function	$U = -0.24 + 0.699 \times F$
(where U = wind speed [m/s], F = output frequency [Hz])	

Wind direction

Measurement range	
WMS301 with 1-wiper potentiometer	0 ... 355°
WMS302 with 2-wiper potentiometer	0 ... 360°
Starting threshold	< 1.0 m/s
Damping ratio	0.3
Overshoot ratio	0.4
Delay distance	0.6 m
Accuracy	better than ±3°

General

Supply voltage	3 ... 15 VDC
Electrical connections	5-pin male with 12 mm threads
Recommended connector at cable end	BINDER 99 1436 814 05
Operating temperature	-40 ... +55 °C (-40 ... +131 °F)
Storage temperature	-60 ... +65 °C (-76 ... +149 °F)
Material	
housing	AlMgSi, gray anodized
cups	PA, reinforced with carbon fibre, black
vane	PA, reinforced with fiberglass, white
Dimensions	265 (h) × 360 (Ø) mm
Weight	360 g

Accessories

Mounting adapter	WMS30KIT
Sensor connector	19370
Sensor connector and cable, 10 m	19904

Test compliance

Wind tunnel tests	ASTM standard method D5366-93
	ASTM standard method D5096-90

Complies with EMC standard EN61326-1:1997 + Am1:1998 +
Am2:2001; Generic Environment



For more information, visit
www.vaisala.com or contact
us at sales@vaisala.com

Ref. B210384EN-B ©Vaisala 2009
This material is subject to copyright protection, with all
copyrights retained by Vaisala and its individual partners. All
rights reserved. Any logos and/or product names are trademarks
of Vaisala or its individual partners. The reproduction, transfer,
distribution or storage of information contained in this brochure
in any form without the prior written consent of Vaisala is strictly
prohibited. All specifications — technical included — are subject
to change without notice.

