

Cristiano Vergani
Responsabile R & S
Deparia Engineering S.r.l.
Email: cristiano.vergani@deparia.com

Le stazioni di monitoraggio dell'aria

Agli angoli delle strade, oppure in aperta campagna o ai margini delle zone industriali, è possibile notare la presenza di queste cabine, da cui si innalzano sonde dalla foggia inconsueta. Si tratta di dispositivi analitici estremamente sofisticati, che assolvono ad un compito importantissimo: tutelare la nostra salute tenendo sotto sorveglianza la qualità dell'aria esterna.

Le stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria, fanno parte in realtà di un sistema molto complesso: esse rappresentano gli elementi periferici di una struttura a più livelli che, nell'insieme, forma una rete organizzata su scala provinciale e regionale, collegata a delle centrali di elaborazione intermedie che, a loro volta, conferiscono i dati raccolti ad un centro nazionale di riferimento.

A seconda dell'ubicazione, le stazioni (comunemente chiamate anche *centraline*) sono diversamente strutturate ed equipaggiate. In genere, gli ambienti sottoposti a sorveglianza si dividono in tre categorie: urbana, suburbana e rurale. In ambito urbano, la collocazione avviene in prossimità di zone fortemente trafficate, mentre nelle aree suburbane vengono presidiati i paraggi delle zone industriali, oppure delle grandi arterie di comunicazione. Nelle zone rurali, le centraline vengono posizionate a margine di riserve naturali, oppure in vicinanza delle aree destinate allo stoccaggio dei rifiuti o ad ospitare grossi impianti per la produzione di energia, alimentati da combustibili fossili. Esiste inoltre una differenziazione in base alla vicinanza o meno delle centraline rispetto a delle fonti di inquinanti ben definite: si parla di tipologia di "fondo", suburbana o rurale, nelle zone residenziali, commerciali o di aperta campagna; mentre le tipologie "da traffico" ed "industriale" sono chiaramente correlate ad un ambito viabilistico o produttivo.

Esistono poi le centraline di rilevamento mobili, realizzate a bordo di furgoni, utili per monitoraggi temporanei o per le emergenze.

Struttura delle centraline

La struttura di contenimento delle postazioni fisse può essere costituita da vetroresina, da pannelli prefabbricati, oppure può essere realizzata in muratura. La tipologia più comune è quella rappresentata da cabine in vetroresina, fissate su piattaforme realizzate in cemento armato. Le pareti sono dotate di una intercapedine, riempita da un adeguato materiale di coibentazione (espanso in poliuretano o polistirene). La cabina è dotata di golfari, in modo da poter essere sollevata e trasportata con facilità in caso di riposizionamento.

Le dimensioni interne, sono tali da permettere l'alloggiamento di un totale di 6÷8 analizzatori, inseriti in appositi telai metallici (rack). La dotazione comprende un supporto per bombole di gas analitici, un armadio di alimentazione elettrica e una postazione telefonica. Lo spazio utile interno è normalmente di 300 x 200 cm, per una altezza di 250 cm.

La cabina è equipaggiata con un impianto elettrico e un impianto di climatizzazione.

L'impianto elettrico

L'allacciamento alla rete elettrica è di tipo monofase a 230 V. Il dimensionamento è tale da soddisfare una potenza richiesta pari a circa 300÷400 W per ogni strumento, più un minimo di 3 kW per il climatizzatore. L'impianto è dotato di un interruttore magnetotermico generale e di una protezione differenziale con salvavita. L'impianto di terra è particolarmente curato, e deve comprendere un circuito in corda di rame, di adeguata sezione, che circonda completamente la struttura, connesso a quattro dispersori interrati in corrispondenza dei vertici della piattaforma d'appoggio. Le cabine installate in postazioni particolarmente esposte, sono dotate anche di un impianto di protezione contro i fulmini.

I cablaggi esterni sono realizzati con componenti elettrici con grado di protezione IP55 e cavi elettrici antifiamma e antiabrasione.

L'impianto di climatizzazione

Le apparecchiature alloggiare nella cabina, devono funzionare all'interno di un intervallo di temperatura definito dalle specifiche del costruttore: il mantenimento delle condizioni interne ideali può essere garantito solo in presenza di un impianto di climatizzazione. Anche se in climi particolarmente rigidi potrebbe essere richiesta anche la funzione di riscaldamento, in genere il calore emanato dagli strumenti è tale da richiedere un raffreddamento anche nel periodo invernale. E' opportuno, per ragioni di efficacia e di sicurezza, ricorrere a due distinte macchine termiche, comandate da due termostati regolati su due soglie distinte di temperatura. La prima macchina deve entrare in funzione al superamento dei 24°C, mentre la seconda deve intervenire oltre i 26°C. La potenzialità termica complessiva delle due macchine deve essere superiore a 20.000 BTU/h, in relazione ad una dotazione di strumenti pari a cinque analizzatori più un elaboratore di dati e un sistema di comunicazione. L'ambiente interno è dotato di un termografo per registrare l'andamento della temperatura, munito di un allarme in grado di segnalare in remoto una condizione di anomalia. L'impianto di climatizzazione deve essere sempre mantenuto in condizioni di perfetta efficienza, perciò i filtri dell'aria devono essere periodicamente puliti e le prese d'aria esterna devono essere tenute libere da detriti vegetali e corpi estranei che possono ostacolare il regolare flusso di passaggio. Ogni anno, in previsione della stagione calda, si deve provvedere ad un controllo della quantità di gas frigogeno ed eventualmente al ripristino della carica necessaria ad un corretto funzionamento.

Il campionamento dell'aria

Per effettuare delle operazioni di analisi, è necessario prelevare dei campioni d'aria esterna in condizioni controllate. Esistono molti sistemi che possono

essere impiegati, ma i più comuni sono i sistemi di campionamento per inquinanti gassosi e materiale particolato.

Per sistema di campionamento, si intende un insieme di dispositivi in grado di prelevare un campione atmosferico, contaminato da inquinanti gassosi o particolati, perché possa essere analizzato. Questi dispositivi sono costituiti generalmente da una testa di prelievo, un condotto di adduzione, un filtro e un sistema di aspirazione.

Il punto di prelievo deve essere posizionato ad una altezza dal piano del terreno, variabile a seconda dell'inquinante cercato, compresa tra 1,5 e 4 metri (in casi particolari è possibile spingersi fino a 8 metri di altezza). La quota di prelievo influenza anche la rappresentatività della misura rispetto ad una certa area: ad esempio, campionare il monossido di carbonio a 1,5 m è rappresentativo del valore presente in una zona limitata a pochi metri di estensione. Lo stesso campionamento effettuato a 8 metri di quota può essere rappresentativo per un'area molto più vasta.

Ai fini di un corretto posizionamento, occorre inoltre che siano osservate alcune regole fondamentali:

- in caso di inquinanti da traffico, il punto di prelievo deve essere distanziato di almeno 25 m da un grande incrocio e ad almeno 4 m dalla corsia stradale più vicina;
- nel caso del biossido di azoto, non deve essere lontano più di 5 m dal margine della strada;
- per il particolato e il piombo, è importante che sia rivolto verso gli edifici circostanti e non verso la strada.

Per quanto possibile, è necessario rispettare anche i seguenti criteri generali:

- il prelievo deve essere effettuato lontano dagli scarichi degli analizzatori e dalle griglie di espulsione dell'impianto di condizionamento;
- occorre mantenersi lontano dalla parete esterna della cabina;
- è necessario tenere conto di possibili ostacoli, come pareti di edifici, siepi, alberi, cartelloni stradali, che possono alterare la libera circolazione dell'aria;
- si deve fare attenzione alle sorgenti dirette di inquinanti, evitando di aspirare

campioni non sufficientemente diluiti dalla diffusione nell'aria circostante.

Sistema di campionamento per inquinanti gassosi

Tutti i componenti del sistema devono essere realizzati con un materiale il più possibile inerte nei confronti delle sostanze inquinanti (vetro, teflon, acciaio inossidabile ecc.).

Testa di prelievo

Deve essere tale da impedire l'ingresso di corpi estranei grossolani. In genere è costituita da una struttura a cono rovesciato che protegge il tubo di aspirazione.

Condotto di adduzione

Deve essere il più corto possibile e possedere una superficie interna molto levigata per non offrire possibilità di aderenza al particolato (uno strato di deposito potrebbe influenzare la concentrazione di inquinanti adsorbibili o reattivi chimicamente. Di solito si usa un tubo del diametro di 6 mm).

Filtro ad alta efficienza per il particolato

Il particolato presente nel campione deve essere trattenuto da un filtro avente una efficienza minima del 99% su particelle del diametro superiore a 0,3 μm .

Sistema di aspirazione

Può essere costituito da una ventola, quindi con un flusso costante (preferibile), oppure da una pompa a membrana. In questo caso, per evitare pulsazioni nel flusso, si può anteporre alla pompa un capillare seguito da una camera di compensazione.

Sistema di campionamento per materiale particellare

Testa di prelievo

A differenza del campionamento per inquinanti gassosi, in questo caso la forma

della testa di prelievo è molto più critica, in quanto può rappresentare un primo mezzo di "selezione" del particolato in transito: la geometria prescelta deve essere indicata per la classe di particelle che si desidera campionare (es. PM_{10} o $PM_{2.5}$).

Condotto di adduzione

Valgono le considerazioni già espresse nel caso degli inquinanti gassosi, con una importante distinzione: occorre fare molta attenzione alla temperatura del dispositivo di riscaldamento anti-condensa, incorporato in molti condotti di adduzione. Una temperatura eccessiva potrebbe infatti causare l'evaporazione dei composti volatili contenuti nel particolato in transito, provocando grossolani errori nella successiva determinazione della massa delle polveri, e quindi, della concentrazione misurata.

Filtro di accumulo

Il filtro deve essere caratterizzato anche in questo caso da una efficienza superiore al 99% su particelle del diametro superiore a $0,3 \mu m$. Poiché anche il filtro subisce spesso un riscaldamento anti-condensa, valgono in proposito le stesse considerazioni espresse al punto precedente.

Sistema di aspirazione

poiché il campionamento deve avvenire a flusso costante, mentre il filtro di accumulo aumenta la sua resistenza al passaggio dell'aria con l'aumentare delle polveri trattenute, è necessario un sistema di regolazione automatica della portata. Questo si ottiene per mezzo di tre elementi fondamentali:

- un dispositivo per la lettura del flusso;
- un sistema di comparazione;
- un dispositivo di controllo del flusso che può funzionare secondo due differenti modalità: la prima, parzializzando la portata di un circuito di bypass attraverso una valvola azionata da un motorino passo-passo (questa soluzione ha il vantaggio di mantenere costante la velocità di rotazione della pompa); la seconda, variando direttamente la velocità del motore della pompa

attraverso un inverter (nel caso di un motore sincrono) oppure un alimentatore variabile (nel caso di un motore a corrente continua).

Come si può vedere, una stazione di monitoraggio della qualità dell'aria rappresenta un vero e proprio laboratorio di analisi, racchiuso in un volume molto contenuto, in condizioni microclimatiche controllate e dotato di un sofisticato sistema di controllo e di comunicazione. Si tratta quindi di un apparato complesso, che richiede un notevole investimento di mezzi e di personale per essere mantenuto in perfetta efficienza: l'onere di questo sistema è a carico della collettività, ma i dati rilevati sono disponibili a tutti, attraverso la consultazione dei siti Internet delle Regioni e dell'APAT, l'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici. A livello europeo, la situazione generale della qualità dell'aria nelle nazioni della CEE è consultabile sul sito dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA). Su questi siti, è possibile inoltre verificare le iniziative e i programmi di intervento, in atto e allo studio, in tema di inquinamento atmosferico.

GLI STANDARD DI QUALITÀ DELL'ARIA	
SO ₂ (biossido di zolfo)	<i>protezione salute umana</i> media oraria: 350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte/anno
	media giornaliera: 125 µg/m ³ da non superare più di 3 volte/anno
	<i>protezione ecosistemi</i> media annuale: 20 µg/m ³ semestre invernale: 20 µg/m ³
NO ₂ (biossido di azoto)	<i>protezione salute umana</i> media oraria: 200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte/anno media annuale: 40 µg/m ³
NO _x (ossidi di azoto)	<i>protezione ecosistemi</i> media annuale: 30 µg/m ³
PM ₁₀ (particolato fine)	<i>protezione salute umana</i> media giornaliera: 50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte/anno media annuale: 40 µg/m ³
Pb (piombo)	<i>protezione salute umana</i> media annuale: 0,5 µg/m ³
CO (monossido di carbonio)	<i>protezione salute umana</i> media 8 ore: 10 µg/m ³
C ₆ H ₆ (benzene)	<i>protezione salute umana</i> media annuale: 5 µg/m ³
O ₃ (ozono)	<i>salute umana</i> media 8 ore: 110 µg/m ³
	<i>protezione vegetazione</i> media giornaliera: 65 µg/m ³

Tabella 1

Limiti introdotti dal DM n.60 del 02/04/02 da conseguire a regime (2005-2010), e dal DM 16/05/96 per l'ozono.

Esempio di equipaggiamento analitico e meteorologico di una centralina	
Analizzatori automatici per:	Sensori meteorologici
biossido e monossido di azoto	direzione vento
biossido di zolfo	velocità vento
idrogeno solforato	umidità relativa
ozono	temperatura
monossido di carbonio	radiazione solare
idrocarburi metanici e non metanici	pioggia
BTX (benzene, toluene, xilene)	pressione atmosferica
Polveri totali sospese e PM ₁₀	

Tabella 2

Le centraline stanziali possono ospitare una gamma piuttosto ampia di analizzatori: di norma, sono installati solo quelli previsti a seconda dell'ambito territoriale specifico (urbane – suburbane – rurali) e in base al tipo di inquinamento (di fondo – da traffico – industriale). La dotazione meteorologica è invece comune alle diverse tipologie di centralina. I mezzi mobili di rilevamento, dovendo adattarsi a situazioni molto diverse, sono in genere equipaggiati con la serie più completa possibile di strumenti.



Figura 1

Un esempio di centralina di rilevamento della qualità dell'aria in ambito rurale: posizionata sufficientemente lontana da fonti specifiche di inquinamento, può servire a determinare i valori di fondo su ampia scala.

La strumentazione comprende misuratori di ossidi di azoto (NO_x), ozono (O_3), biossido di zolfo (SO_2) e campionatori di PM_{10} .



Figura 2

Strumentazione di analisi installata presso una postazione di rilevamento degli inquinanti in ambiente urbano. Alla rilevazioni effettuate in ambito rurale si aggiungono anche quelle del monossido di carbonio e degli idrocarburi.



Figura 3

Esempio di centralina di rilevamento installata su un mezzo mobile. Questi veicoli sono molto usati per rilevazioni di ispezione e di verifica, per analisi estemporanee in caso di incidenti ambientali, oppure per effettuare campionamenti su aree molto ampie. Sono utili anche per individuare le postazioni migliori dove collocare le centraline stanziali.



Stazioni Qualità dell'aria

- Background
- Traffic
- Industrial
- Non Classificate

Figura 4

Distribuzione geografica delle postazioni di monitoraggio della qualità dell'aria, suddivise per tipologia.

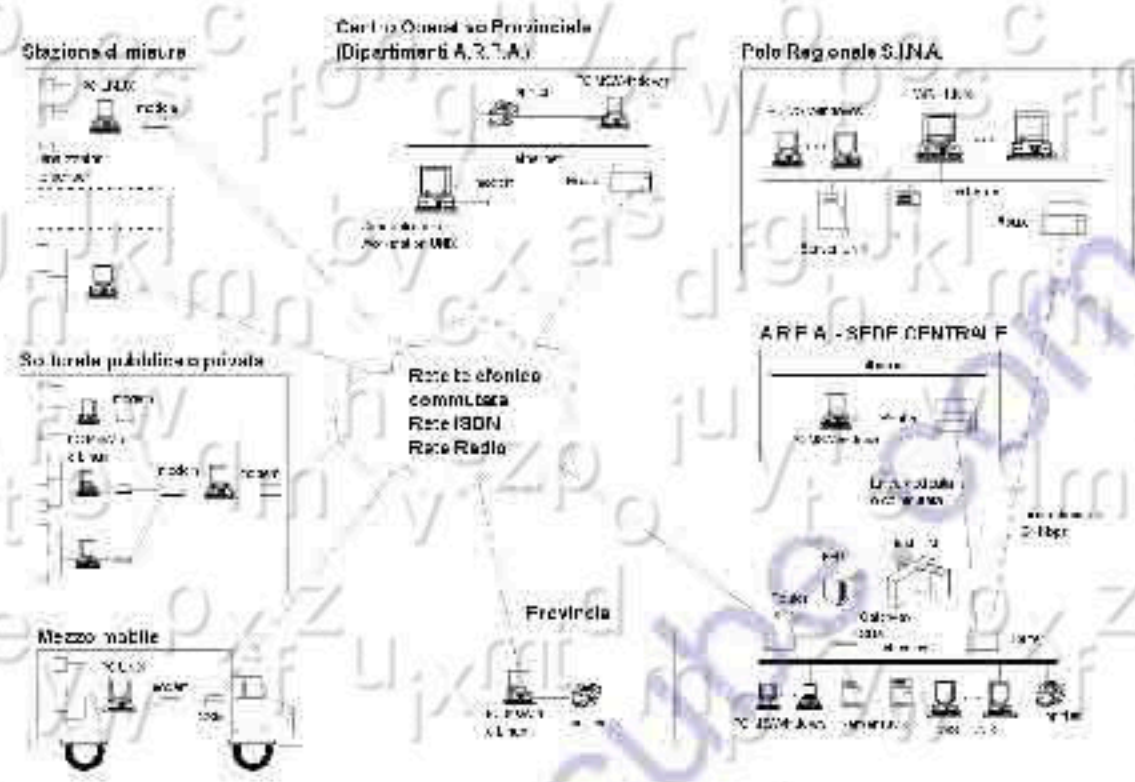


Figura 5

L'intera struttura di rilevamento sul territorio nazionale è interconnessa telematicamente (rete SINANET). Dopo la validazione ad opera dei C.O.P. (Centri Operativi Provinciali) e una prima elaborazione a livello regionale (presso i P.F.R., Punti Focali Regionali), i dati raccolti convergono in una struttura centrale presso L'A.P.A.T. L'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici, a sua volta connessa (rete EIONET) con l'Agenzia Europea dell'Ambiente (E.E.A.).

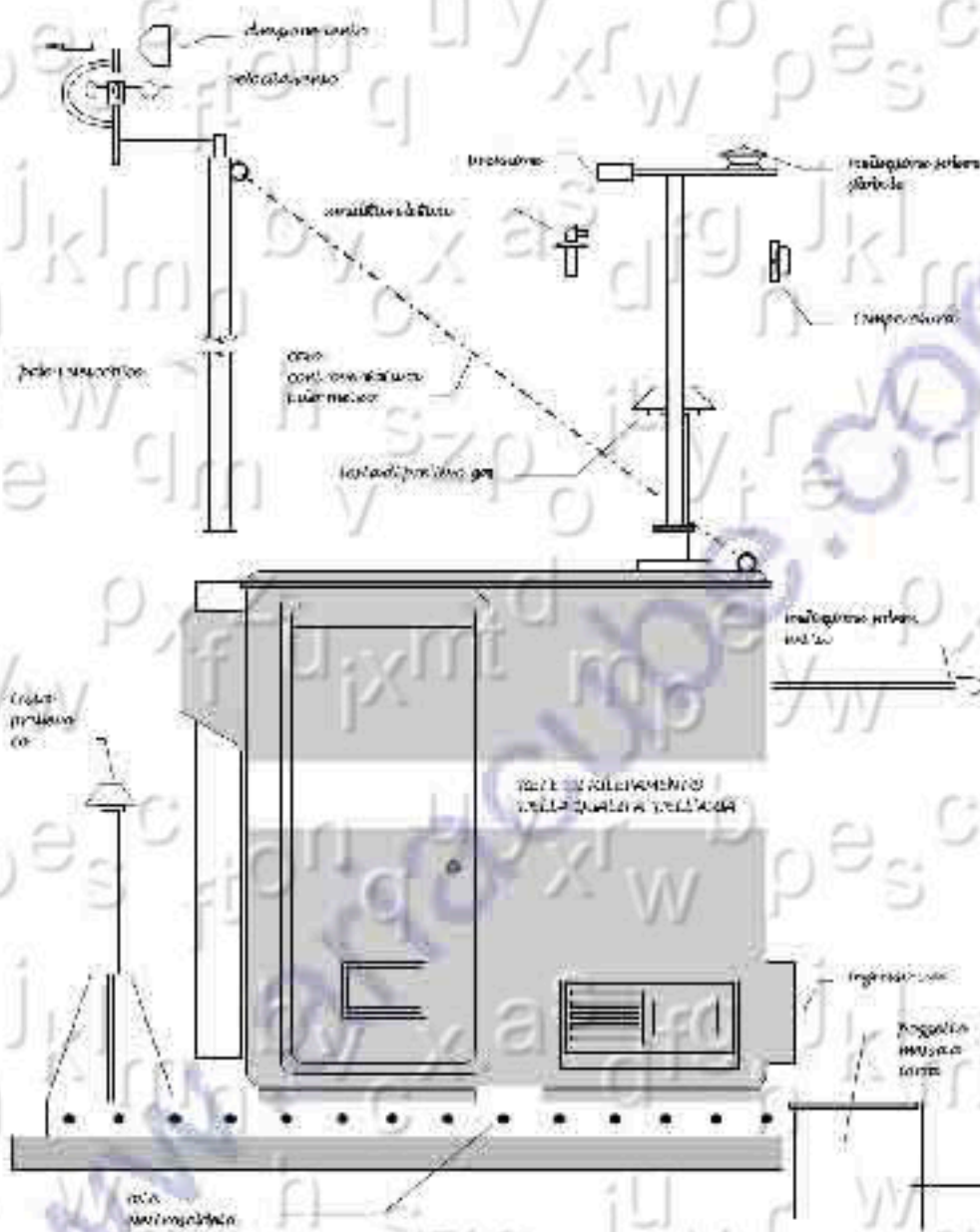


Figura 6

La strumentazione è racchiusa in una cabina prefabbricata, in genere realizzata da due gusci in fibra di vetro, con interposto uno strato termoisolante di poliuretano espanso. Dalla struttura sporgono le sonde di campionamento dell'aria ed i supporti per i sensori meteorologici. In basso a destra è visibile la presa d'aria dell'impianto di condizionamento interno. (Fonte: ANPA - Manuale della Qualità dell'Atmosfera - Manuale della Qualità dell'Aria)

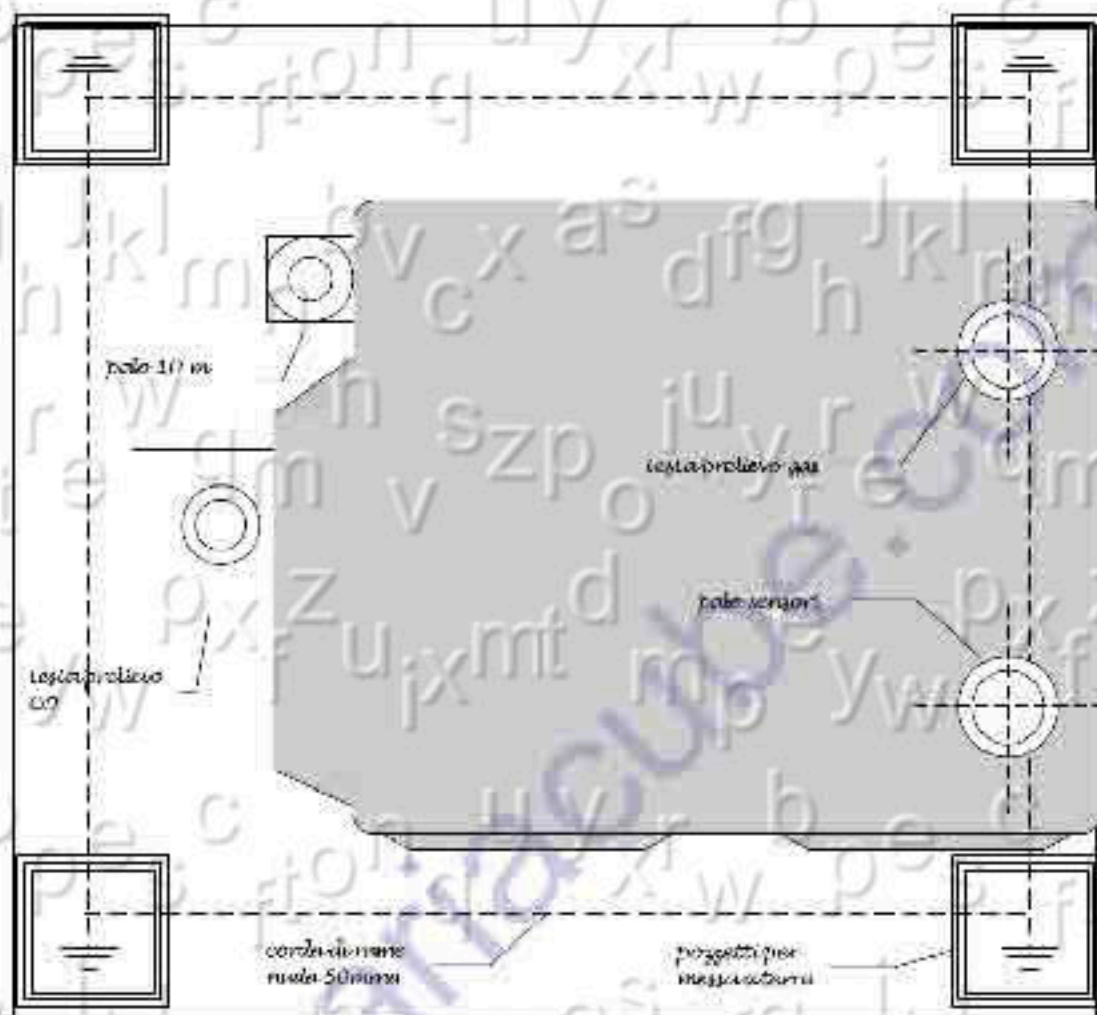


Figura 7

Un buon impianto di messa a terra è indispensabile per un corretto funzionamento delle apparecchiature elettroniche contenute nella stazione: l'intera struttura è circondata da un anello in corda di rame, connesso a terra tramite quattro dispersori posti in corrispondenza dei vertici. (Fonte: ANPA - Manuale della Qualità delle Reti di Distribuzione della Qualità dell'Arco)

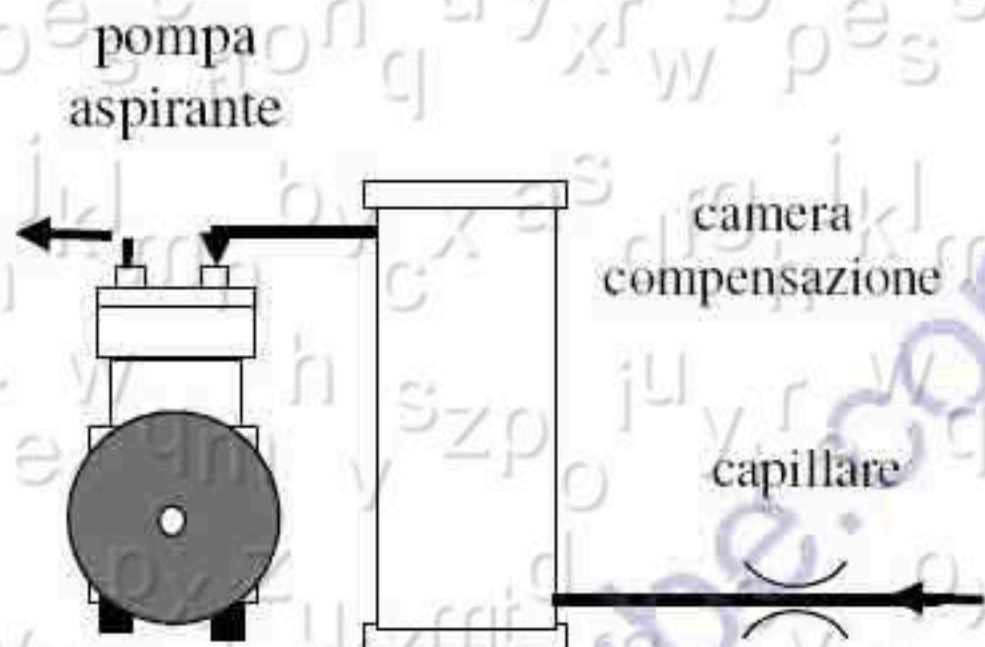


Figura 8

Espediente per evitare le pulsazioni indotte nel flusso di campionamento da parte di una pompa a membrana: un tubo capillare seguito da una camera di compensazione sarà in grado di smorzare efficacemente ogni variazione impulsiva. (fonte: ANPA - Manuale della qualità B delle Reti di rilevamento della Qualità dell'aria)

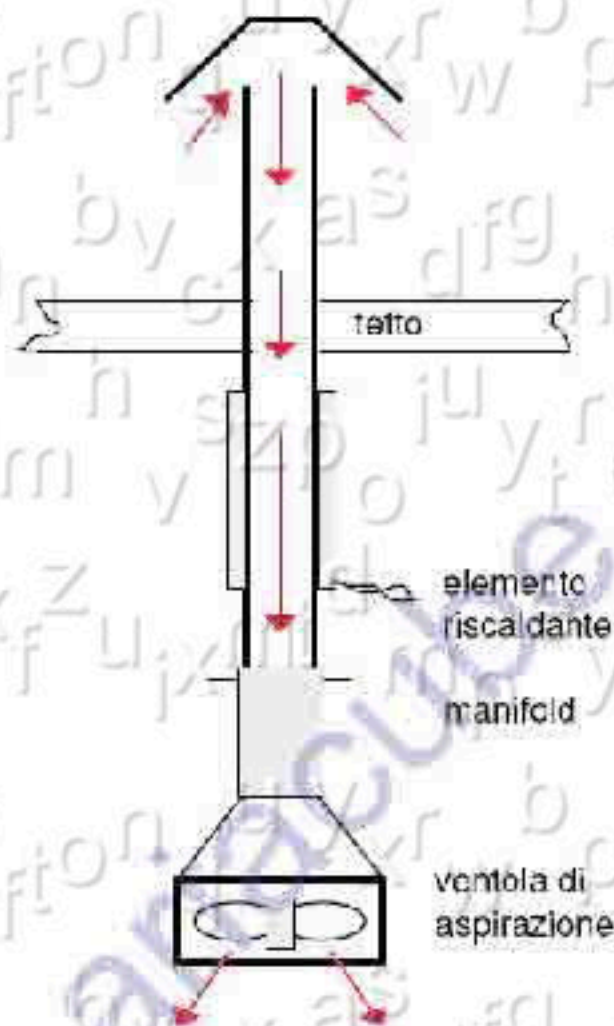


Figura 9

Un tipico dispositivo di campionamento per il rilevamento degli inquinanti gassosi, possiede la semplice struttura illustrata in questo schema. L'elemento riscaldante serve ad impedire la formazione di condensa nel condotto di adduzione; la sua temperatura deve essere controllata con precisione, in quanto un valore troppo elevato può indurre delle modificazioni artificiali sulla composizione del campione. Al termine del condotto, un collettore a più uscite (*manifold*) può consentire la connessione di più analizzatori in parallelo. (Fonte: ANPA -

Manuale della qualità dell'aria: Reti di rilevamento della Qualità dell'Aria)

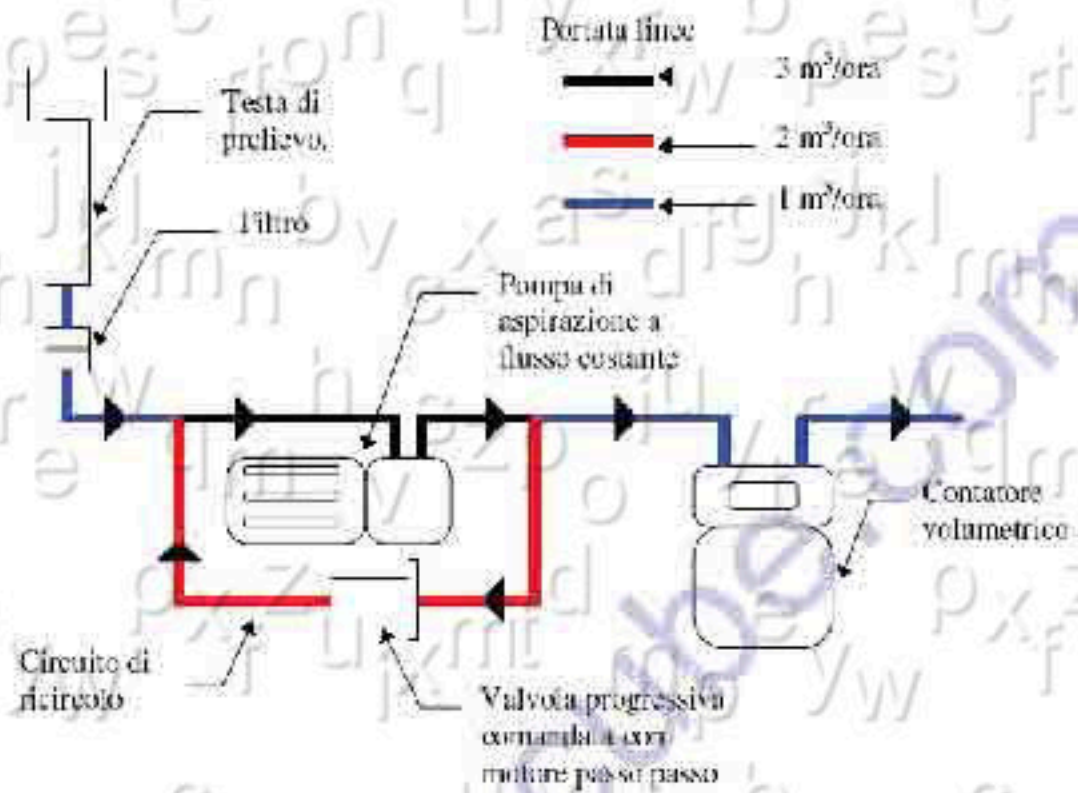


Figura 10

Sistema di campionamento per sostanze particellari, dotato di contatore volumetrico: per ottenere una portata costante, è necessario verificare la perfetta tenuta di tutte le connessioni tra i vari componenti. (Fonte: ANPA - Manuale della qualità delle Reti di rilevamento delle AQU del territorio)



Figura 11

Sistema integrato di campionamento per il particolato. La testa di prelievo può essere sostituita in base al diametro di particelle da selezionare (PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_{10} , TSP) nella raccolta. (Ruppelchi & Palastriolo Co., Inc)

NORMATIVA NAZIONALE

- **DECRETO LEGISLATIVO 4 AGOSTO 1999, N. 351**
Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente. (G.U. n. 241 del 13 ottobre 1999)
- **DECRETO MINISTERIALE 2 APRILE 2002, N. 60**
Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, i particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio. (Suppl. n. 77 alla G.U. n. 87 del 13 aprile 2002)
- **DECRETO MINISTERIALE 20 SETTEMBRE 2002**
Modalità per la garanzia della qualità del sistema delle misure di inquinamento atmosferico, ai sensi del decreto legislativo n. 351/99 (G.U. n. 231 del 2 ottobre 2002)
- **DECRETO MINISTERIALE 1 OTTOBRE 2002, N. 261**
Regolamento recante le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente, i criteri per le elaborazione dei piani e dei programmi di cui agli art. 8 e 9 del decreto legislativo 4 agosto 1999 n. 351 (G.U. n. 272 del 20 novembre 2002)
- **DECRETO LEGISLATIVO 21 MAGGIO 2004, N. 183**
Attuazione della direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria. (Suppl. alla G.U. n. 171 del 23 luglio 2004)

NORMATIVA EUROPEA

- DIRETTIVA DEL CONSIGLIO 27 SETTEMBRE 1996, N. 96/62/CE
Direttiva del Consiglio in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente. (G.U.C.E n. L296 del 21 novembre 1996) Recepita con d.lgs. n. 351/1999
- DECISIONE DEL CONSIGLIO N. 97/101/CE DEL 27 GENNAIO 1997
Decisione del Consiglio che instaura uno scambio reciproco di informazioni e di dati provenienti dalle reti e dalle singole stazioni di misurazione dell'inquinamento atmosferico negli Stati membri. (G.U.C.E n. L 35 del 5 febbraio 1997)
- DIRETTIVA DEL CONSIGLIO 22 APRILE 1999, 1999/30/CE
Direttiva del Consiglio concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo. (G.U.C.E. n. L 163 del 29 giugno 1999) Recepita dal D.M. n. 60/2002
- DIRETTIVA DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO 16 NOVEMBRE 2000, 2000/69/CE
Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio concernente i valori limite per il benzene ed il monossido di carbonio nell'aria ambiente. (G.U.C.E. n. L 313 del 13 dicembre 2000) Recepita dal D.M. n. 60/2002
- DECISIONE DELLA COMMISSIONE N. 2001/752/CE DEL 17 OTTOBRE 2001
Decisione della Commissione che modifica gli allegati della decisione 97/101/CE del Consiglio che instaura uno scambio reciproco di informazioni e di dati provenienti dalle reti e dalle singole stazioni di misura dell'inquinamento atmosferico negli Stati membri. (G.U.C.E n. L282/69 del 26 ottobre 2001)
- DIRETTIVA DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO 12 FEBBRAIO 2002, 2002/3/CE
Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio relativa all'ozono nell'aria. (G.U.C.E. n. L 67 del 9 marzo 2002)
- DECISIONE DELLA COMMISSIONE N. 2004/470/CE DEL 29 APRILE 2004 (RETTIFICA)
Retifica della decisione 2004/470/CE della Commissione, del 29 aprile 2004, sugli orientamenti per un metodo di riferimento provvisorio per il campionamento e la misurazione delle PM2,5 (G.U.C.E. n. L 212/28 del 12 giugno 2004)

GLI INQUINANTI PRESENTI NELL'ARIA ESTERNA

MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)

Costit. e - Il Monossido di Carbonio (CO) è l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera. È un gas inodore ed incolore e viene generato durante la combustione di materiali organici quando la quantità di Ossigeno a disposizione è insufficiente. La principale sorgente di CO è rappresentata dal traffico veicolare (circa l'80% delle emissioni totali in Italia), in particolare dai gas di scarico dei veicoli a benzina. La concentrazione di CO emessa dagli scarichi dei veicoli è strettamente correlata alle condizioni di funzionamento del motore: si registrano concentrazioni più elevate con motore al minimo ed a basse velocità, condizioni tipiche di traffico urbano intenso e rallentato.

Metodo di misura - Il Monossido di Carbonio è analizzato mediante assorbimento di radiazioni infrarosse (IR). La tecnica di misura si basa sull'assorbimento, da parte delle molecole di CO, di radiazioni IR con conseguente variazione della loro intensità, proporzionale alla concentrazione del Monossido di Carbonio. Un sensore misura la variazione della radiazione luminosa e converte questo valore fornendo la concentrazione di CO presente nell'aria. L'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni di Monossido di Carbonio è il milligrammo al metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Danni causati - Il CO ha la proprietà di fissarsi all'emoglobina del sangue, impedendo il normale trasporto dell'Ossigeno nelle varie parti del corpo. Gli organi più colpiti sono il sistema circolatorio centrale ed il sistema cardiovascolare, soprattutto nelle persone affette da cardiopatie. Concentrazioni e quantità di CO possono anche condurre alla morte per asfissia. Alle concentrazioni abitualmente rilevabili nell'atmosfera urbana tuttavia gli effetti sulla salute sono reversibili e temporaneamente meno acuti. Gli effetti nocivi del CO sono amplificati nei fumatori.

Evoluzione - Il CO ha subito, negli ultimi vent'anni, un evidente calo delle concentrazioni grazie al progressivo sviluppo della tecnologia dei motori, che ha contrastato il fenomeno contrario legato all'aumento del numero di autoveicoli circolanti e quindi all'aumento delle fonti emissive. Uno dei miglioramenti si ottiene quando è introdotto nei veicoli catalizzatore catalitico, che attraverso l'ossidazione catalitica, che avviene nelle testate, può ridurre del 50% le emissioni di CO.

BIOSSIDO DI ZOLFO (SO₂)

Costit. e - È un gas incolore, di odore pungente, naturale prodotto dalla combustione dello Zolfo. Le principali emissioni di Biossido di Zolfo derivano dai processi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile (gasolio, olio combustibile, carbone), in cui lo Zolfo è presente come impurità, e dai processi metallurgici. Una percentuale molto bassa di Biossido di Zolfo nell'aria (6-7%) proviene dal traffico veicolare, in particolare dai veicoli con motore diesel. La concentrazione di Biossido di Zolfo presenta una variazione stagionale molto evidente, con i valori massimi nella stagione invernale, laddove sono in funzione gli impianti di riscaldamento domestico.

Metodo di misura - Il Biossido di Zolfo è misurato con il metodo a fluorescenza. L'aria da analizzare è immessa in una apposita camera nella quale vengono inviate radiazioni UV a 230-190 nm. Queste radiazioni eccitano le molecole di SO₂ presenti, che, stabilizzandosi, emettono delle radiazioni nello spettro del visibile misurate con apposito rilevatore. L'intensità luminosa misurata è funzione della concentrazione di SO₂ presente nell'aria. L'unità di misura con la quale vengono misurate le concentrazioni di Biossido di Zolfo è il microgrammo al metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Danni causati - L'SO₂ è molto irritante per gli occhi, la gola e le vie respiratorie: inoltre amplifica i suoi effetti nocivi in presenza di nebbia, in quanto è facilmente solubile nelle piccole gocce d'acqua. Le gocce più piccole possono arrivare fino ai bronchi nell'apparato polmonare causando broncoconstrizione, irritazione bronchiale e bronchite acuta. Inoltre in atmosfera, attraverso reazioni con l'Ossigeno e le molecole d'acqua, causa le cosiddette "piogge acide", precipitazioni piovose con una componente acida significativa, responsabili di danni alla copertura boschiva ed a movimenti con effetti tossici sui vegetali e di acidificazione dei corpi idrici, in particolare a debole ricambio, con conseguente compromissione della vita acquatica.

Evoluzione - Il Biossido di Zolfo è il principale inquinante dell'aria tuttora oggi. Il progressivo miglioramento della qualità del combustibile (minor contenuto di Zolfo nei prodotti di raffineria, imposto dal D.P.C.M. del 14 novembre 1995) insieme al sempre più diffuso uso del gas metano hanno diminuito sensibilmente la presenza di SO₂ in l'aria.

OZONO (O₃)

Cosa è - L'Ozono è un gas altamente reattivo, di odore pungente e ad elevate concentrazioni idrocorrosivo, dotato di un elevato potere ossidante. L'Ozono si concentra nella stratosfera ad un'altitudine compresa tra 10 e 150 chilometri dal suolo. La sua presenza protegge la superficie terrestre dalle radiazioni ultraviolette emesse dal sole che sarebbero dannose per la vita degli esseri viventi. L'assenza di questo composto nella stratosfera è chiamata generalmente "buco dell'Ozono". L'Ozono presente nelle immediate vicinanze della superficie terrestre è invece un componente dello "smog fotochimico" che si origina soprattutto nel mese estivo in concomitanza di un intenso irraggiamento solare e di elevate temperature. L'Ozono non ha sorgenti dirette, ma si forma all'interno di un ciclo di reazioni fotochimiche che coinvolgono le particelle gli Ossidi di Azoto (COV).

Metodo di misura - L'Ozono è misurato con un metodo basato sull'assorbimento caratteristico, da parte delle molecole di Ozono, di radiazioni ultraviolette (UV) ad una lunghezza d'onda di 254 nm. La variazione dell'intensità luminosa è direttamente correlata alla concentrazione di Ozono ed è misurata da un apposito rivelatore. L'unità di misura con la quale vengono misurate le concentrazioni di Ozono è il microgrammo al metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Danni causati - Concentrazioni relativamente basse di Ozono provocano effetti quali irritazioni alla gola ed alle vie respiratorie e bruciore agli occhi; concentrazioni superiori possono portare a alterazioni delle funzioni respiratorie ed aumento della frequenza degli attacchi asmatici. L'Ozono è responsabile anche di danni alla vegetazione e al raccolto, con la scomparsa di alcune specie arboree dalle aree urbane.

Evoluzione - Negli ultimi decenni la concentrazione di Ozono è rimasta sostanzialmente costante; tale tendenza è dovuta principalmente alla stabilità delle concentrazioni degli Ossidi di Azoto presenti in atmosfera, che non hanno mostrato significative diminuzioni. Le oscillazioni delle concentrazioni di Ozono sono pertanto legate alla variabilità delle condizioni meteorologiche.

OSSIDI DI AZOTO (NO_x)

Cosa è - Gli Ossidi di Azoto (NO, NO₂, NO_x ed altri) sono generati da tutti i processi di combustione, qualunque sia il combustibile utilizzato. Il Biossido di Azoto si presenta come un gas di colore rosso-bruno e dall'odore forte e pungente. Si può ritenere uno degli inquinanti atmosferici più pericolosi, sia per la sua natura irritante, sia perché le condizioni di forte irraggiamento solare provoca delle reazioni fotochimiche secondarie che creano altre sostanze inquinanti (smog fotochimico). I tassi di scarico degli autoveicoli contribuiscono enormemente all'inquinamento da NO₂; la quantità di emissioni dipende dalle caratteristiche del motore e dalla modalità del suo utilizzo (velocità, accelerazione, ecc.); in generale, la presenza di NO_x aumenta quando il motore lavora ad elevate velocità di giri (particolarmente a scoppio a vuoto, a ristrette, ecc.).

Metodo di misura - Per la determinazione degli Ossidi di Azoto si utilizza un metodo a chemiluminescenza. Il metodo si basa sulla reazione chimica tra il Monossido di Azoto e l'Ozono, capace di produrre una luminescenza caratteristica, di intensità proporzionale alla concentrazione di NO. Un apposito rivelatore permette di misurare l'intensità della radiazione luminosa prodotta. Per misurare il Biossido è necessario ridurlo a Monossido, attraverso un convertitore al Molibdeno. L'unità di misura con la quale vengono espresse le concentrazioni di Biossido di azoto è il microgrammo al metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Danni causati - Si tratta di un gas tossico irritante per le mucose e responsabile di specifiche patologie a carico dell'apparato respiratorio (bronchiti, allergie, irritazioni). Come il CO anche l'NO₂ agisce sull'emoglobina, infatti questo gas ossida il ferro dell'emoglobina che perde la capacità di trasportare ossigeno. Tra gli altri effetti, gli Ossidi di Azoto contribuiscono alla formazione di piogge acide, provocando così l'alterazione degli equilibri ecologici ambientali.

Evoluzione - L'introduzione delle marmite catalitiche non ha ridotto in maniera significativa la concentrazione di NO_x , cioè, nel primo decennio, non ha subito un calo tanto netto quanto il CO. Ciò è anche dovuto al fatto che i motori a benzina non sono fruitori di NO_x , ma altrettanto inquinanti sono i veicoli Diesel e gli impianti per la produzione di energia.

BENZENE (C_6H_6)

Cosa è - Il Benzene (C_6H_6) è un idrocarburo aromatico incolore, liquido ed infiammabile. È utilizzato come antidetonante anche nelle benzine cosiddette "verdi". Il Benzene presente in atmosfera viene prodotto dalla attività umana, in particolare dall'uso del petrolio, degli olii lubrificanti dei buoi d'auto. La maggior fonte di esposizione per la popolazione deriva dal gas di scarico degli autoveicoli, in particolare dei veicoli alimentati a benzina: stime effettuate a livello di Unione Europea attribuiscono a questa categoria di veicoli il 170% del totale delle emissioni di Benzene.

Metodo di misura - Le misure nella stazione posta nella città di Torino sono state effettuate mediante un sistema gascromatografico continuo, dotato di rivelatore a ionizzazione di fiamma o fotoionizzazione. L'unità di misura con la quale vengono misurate le concentrazioni di Benzene è il microgrammo al metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Danni causati - È stato accertato che il Benzene è una sostanza cancerogena per l'uomo. Con esposizione a concentrazioni elevate, si osserva dai tumori al midollo osseo. Una esposizione cronica può causare la leucemia (casi di questo genere sono stati riscontrati in lavoratori dell'industria metallurgica, dell'industria della gomma e dell'industria petrolifera). Stime della Organizzazione Mondiale della Sanità indicano che, a fronte di una esposizione a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di Benzene per l'intera vita, quattro persone ogni mille sono sottoposte al rischio di contrarre la leucemia.

Evoluzione - Negli ultimi anni si è avuto un progressivo calo delle concentrazioni misurate. Ciò sta a causa dell'introduzione di un limite al tenore di benzene nelle benzine, 1%, introdotto nel mese di Luglio 1998, sta per farne il 10% delle percentuali di auto catalizzate sul totale di quelle circolanti.

PARTICOLATO SOSPESO (PTS) E POLVERI SOTTILI (PM₁₀)

Cosa è - Il particolato sospeso (Polveri Totali Sospese, P.T.S.) è costituito dall'insieme di tutto il materiale non gassoso in sospensione nell'aria. La natura delle particelle è molto varia: se da una parte le polveri sospese, il materiale organico disperso dai vegetali (pollini e frammenti di piante), il materiale inorganico prodotto da agenti naturali (vento e pioggia), dalle erose del suolo o da materiali (tracce di piombo grossolane). Nelle aree urbane il materiale particolato può avere origine da lavorazioni industriali (cantieri edili, fonderie, cementifici), dall'usura dei freni, degli pneumatici, delle ruote e delle traccie dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare dei motori Diesel. Il rischio sanitario legato alle sostanze presenti in forma di particelle sospese nell'aria dipende, oltre che dalla loro concentrazione, anche dalla dimensione delle particelle stesse. Le particelle di dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana, in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio, in prima approssimazione:

- le particelle con diametro superiore ai 10 μm si fermano nella prima via respiratoria;
- le particelle con diametro tra 5 e 10 μm raggiungono la trachea ed i bronchi;
- le particelle con diametro inferiore ai 5 μm possono raggiungere gli alveoli polmonari.

Metodo di misura - Sia il Particolato totale che la frazione PM_{10} vengono misurati mediante raccolta su filtro in condizioni standardizzate e successiva determinazione gravimetrica (quale a due pesate) delle polveri filtrate. Nel caso della frazione PM_{10} la testa di filtrazione è di tipo speciale, in modo tale che solo le particelle di dimensioni inferiori a 10 μm .

Danni causati - Gli studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra le concentrazioni di polveri in aria e la manifestazione di malattie croniche alle vie respiratorie, in particolare asma, bronchiti, enfisemi. A livello di effetti indiretti inoltre il particolato agisce da veicolo per sostanze ad elevata tossicità, quali ad esempio gli idrocarburi policiclici aromatici.

Evoluzione - La situazione per il particolato appare stazionaria o in peggioramento e molto dipendente dalle condizioni atmosferiche. La situazione specifica per il PM₁₀ (particelle con diametro inferiore a 10 µm) conferma che questa frazione rappresenta uno degli inquinanti a maggiore criticità, specialmente nel contesto urbano anche in considerazione della difficoltà di attuare politiche di risarcimento e della necessità di un approfondimento della conoscenza del contributo delle varie fonti.

IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

Cosa è - Si ritrovano nell'atmosfera come residui di combustioni incomplete in impianti industriali, di riscaldamento e delle emissioni degli autoveicoli. Sono per la massima parte associati e veicolati da particelle carbonose (folligie) emesse dalle stesse fonti. L'emissione di I.P.A. nell'ambiente risulta molto variabile a seconda del tipo di sorgente, del tipo di combustibile e della qualità della combustione. La presenza di questi composti nel gas di scarico degli autoveicoli è dovuta sia alla frazione presente come tale nel carburante, sia alla frazione che per processi di ossidazione durante il processo di combustione.

Metodo di misura - La frazione fine del particolato (PM₁₀) contenuta in un volume noto di aria viene raccolta su membrana in fibra di vetro o di quarzo; tale membrana viene sottoposta ad estrazione con dicloesano ed analizzata dopo estrazione gli I.P.A. vengono quantificati mediante tecnica gascromatografica individuando i singoli componenti.

Danni causati - Un numero considerevole di Idrocarburi Policiclici Aromatici presentano attività cancerogena. Il particolato è stato dalla Organizzazione Mondiale della Sanità indicato come agente cancerogeno in quanto ad una concentrazione di 1 µg/m³ di Benzopirene sono sufficienti a indurre il cancro.

Evoluzione - L'aumento rilevato tra forte dipendenza stagionale ed una situazione peggiore nelle stazioni urbane rispetto a quelle extraurbane. La dipendenza dei valori dalla intensità del traffico veicolare è molto forte con valori elevati nei mesi invernali. L'aumento nel corso degli anni risulta comunque in un certo miglioramento.

METALLI

Cosa è - metalli presenti nel particolato atmosferico provengono da una molteplice varietà di fonti: il Cadmio e lo Zinco sono in generale originati prevalentemente da fonti industriali, il Rame ed il Nichel dai processi di combustione, il Piombo dalle emissioni autoveicolari. Il Ferro proviene dall'erosione dei suoli, dall'utilizzo di combustibili fossili e dalla produzione di leghe ferrose.

Metodo di misura - La frazione fine del particolato (PM₁₀), in un volume noto di aria, viene raccolta su filtri in fibra di vetro o di quarzo, i quali sono sottoposti a mineralizzazione mediante Acido Nitrico. Sulla soluzione ottenuta si determina la concentrazione dei metalli mediante spettrofotometria di assorbimento atomico.

Danni causati - Tra i metalli che sono stati oggetto di monitoraggio, quelli a maggiore rilevanza sotto il profilo tossicologico sono il Nichel, il Cadmio ed il Piombo. I composti del Nichel e del Cadmio sono classificati dalla Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro come cancerogeni per l'uomo. Per il Piombo è stato evidenziato un ampio spettro di effetti tossici, in quanto tale sostanza interferisce con i numerosi sistemi enzimatici.

Evoluzione - L'unico metallo per il quale esiste un riferimento nella normativa italiana è il Piombo, per il quale è previsto un valore limite come media annuale di 0,5 µg/m³. I valori rilevati dalle stazioni di campionamento possono presentare una forte dipendenza stagionale.

(Fonte: www.sdelemonte.it/tema/tema.htm - Qualità dell'aria in Piemonte)

Riferimenti Internet

www.sinanet.apat.it/aree/ATMOSFERA.ASP - SINAnet: la rete del Sistema Informativo Nazionale Ambientale (area tematica sull'atmosfera)

www.sistemapiemonte.it/ambiente/srga/ - Qualità dell'aria in Piemonte

www.ambiente.regione.lombardia.it/inemar/inemarhome.htm - INEMAR
Inventario Emissioni Aria della Regione Lombardia

www.myair.it - Portale italiano specializzato che permette di accedere ai dati di qualità dell'aria italiani ed europei

etc-acc.eionet.eu.int/ - European Topic Centre on Air and Climate Change

www.emep.int/index.html - Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long-range transmissions of air pollutants in Europe.

themes.eea.eu.int/Environmental_issues/air_quality - European Environment Agency (area tematica sulla qualità dell'aria)

Aziende del settore

www.sartec.it - SARTEC Saras Tecnologie

www.vitrociset.it/ita/ambiente/qual_aria.htm - Gruppo Vitrociset

www.rpcp.com - Rupprecht & Patashnick

www.ecochem.biz - EcoChem Analytics

www.mcz.de/englisch/index.php - MCZ

www.opsis.se - OPSIS

www.synspec.nl - Synspec