

# **L'INDAGINE DI IGIENE INDUSTRIALE**

# INDAGINE DI IGIENE INDUSTRIALE

1. Riconoscimento

2. Misura

3. Controllo

4. Valutazione dei fattori nocivi

→ FISICI

→ CHIMICI

→ BIOLOGICI

→ ERGONOMICI

# **INDAGINE DI IGIENE INDUSTRIALE**

**1. SOPRALLUOGO**

**2. RAPPORTO DI ISPEZIONE PRELIMINARE**

**3. MISURA DELL'INQUINAMENTO**

# INDAGINE DI IGIENE INDUSTRIALE

## RAPPORTO PRELIMINARE

notizie relative:

a) impianto

1. ciclo

2. apparecchiature

3. sostanze impiegate

# INDAGINE DI IGIENE INDUSTRIALE

## RAPPORTO PRELIMINARE

notizie relative:

b) uomo

1. mansioni
2. zone di lavoro
3. tempi di permanenza
4. uso protezioni

# INDAGINE DI IGIENE INDUSTRIALE

## RAPPORTO PRELIMINARE

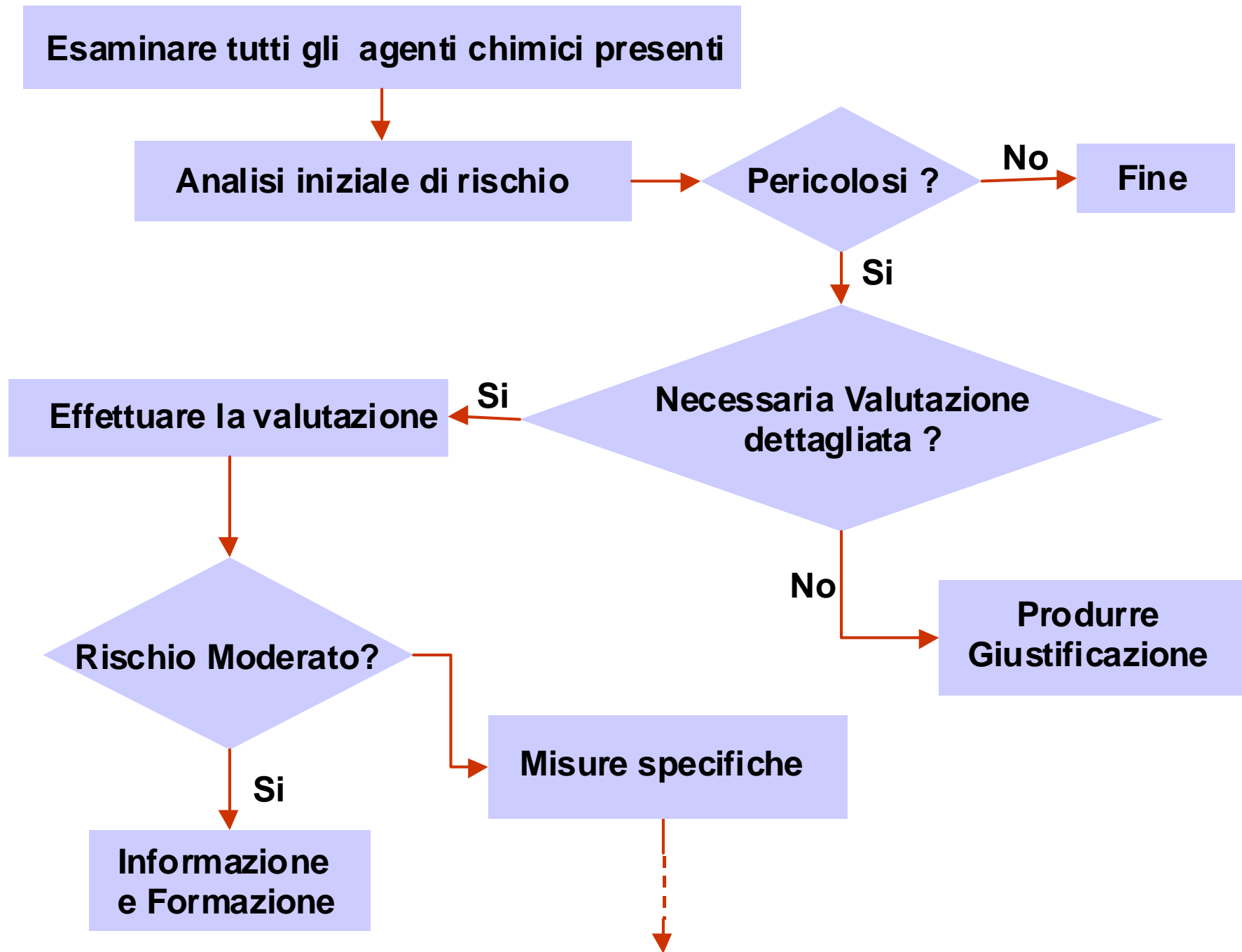
notizie relative:

c) ambiente

1. volumetria e configurazione
2. tipo areazione generale
3. captazione inquinanti

## **Valutazione preliminare**

**E' possibile la valutazione  
preliminare con algoritmi (a indici)  
ma è opportuno effettuare  
comunque qualche misura  
ambientale che supporti queste  
analisi.**





## **VALUTAZIONE DETTAGLIATA - ESPOSIZIONE INALATORIA**

**Per quanto riguarda il rischio inalatorio e le misure di igiene industriale, il D. Lgs 25/2002 fa riferimento ad alcune Norme UNI EN, la più importante delle quali è la UNI EN 689 che fornisce una guida alla valutazione dell'esposizione per inalazione a composti chimici ai fini del confronto con i valori limite e strategia di misurazione.**

# **NORME TECNICHE**

**Altre importanti norme generali di riferimento sono:**

**la UNI EN 481 (Polveri: definizione delle frazioni  
granulometriche)**

**UNI EN 482 (Requisiti generali per le prestazioni dei  
procedimenti di misurazione)**

**UNI EN 838/98 (Campionatori diffusivi per la determinazione  
di gas e vapori)**

**UNI EN 1076/99 (Tubi di assorbimento mediante pompaggio  
per la determinazione di gas e vapori)**

# INDAGINE DI IGIENE INDUSTRIALE

## STRATEGIA

1. Campionamento integrato
2. Campionamento sequenziale
3. Campionamento casuale

# INDAGINE DI IGIENE INDUSTRIALE

A) campionamenti con analisi  
contemporanea al prelievo

fiale rivelatrici

analizzatori in continuo



# **CAMPIONAMENTO CON ANALISI CONTEMPORANEA AL PRELIEVO**

- **In continuo**
- **Di breve durata (istantanei)**

# **CAMPIONAMENTO IN CONTINUO**

**Gran parte degli strumenti funziona con il**

**Le sostanze inquinanti che possono essere determinate sono quelle tipiche dell'inquinamento dell'ambiente esterno (tutte le sostanze considerate nelle prime normative anti-smog).**

# **CAMPIONAMENTO IN CONTINUO**

**ossidi di azoto, ossidi di zolfo, ozono, ossidi di carbonio, acido cloridrico e solfidrico, acido cianidrico, ammoniacca.**

# **GLI STRUMENTI PER IL CAMPIONAMENTO IN CONTINUO**

**A quale scopo vengono usati  
nell'ambiente di lavoro?**

- Esigenza di seguire nel tempo una lavorazione particolarmente pericolosa.**
- Verifica che non vengano superati determinati valori limite (presenza di allarmi).**





## Campionatore istantaneo

Usa sensori allo stato solido che agiscono con sistemi elettrochimici

Sono indicati per la determinazione di:

$\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$

# **CAMPIONAMENTO IN CONTINUO**

**Sono disponibili strumenti che si basano anche su altri principi: spettrofotometria UV-vis; chemiluminescenza; fluorescenza; assorbimento infrarosso; ecc.**

# **CAMPIONAMENTO IN CONTINUO**

**Sono disponibili anche campionatori in continuo per le polveri basati sul principio della diffusione della luce.**

**Tali campionatori devono essere frequentemente tarati, per dare risultati affidabili.**

# **METODI DI CAMPIONAMENTO IN CONTINUO**

**Sono possibili molte applicazioni basate sull'assorbimento nell'infrarosso.**

**In particolare tramite selezione delle lunghezze d'onda si possono misurare le concentrazioni in aria di numerose sostanze organiche**

# **METODI DI CAMPIONAMENTO IN CONTINUO**

**Il problema principale della strumentazione all'infrarosso e' dato dalla possibilità di interferenza, molto frequente.**

**Questi strumenti danno risultati attendibili se nell'ambiente controllato e' presente una unica sostanza da rilevare.**

# **CAMPIONAMENTO IN CONTINUO IN SALA OPERATORIA**

**I vantaggi di questa strumentazione sono:**

- la possibilità di rilevare istantaneamente una fuga di gas,**
- la possibilità di seguire l'andamento dell'inquinamento nel tempo**



# CAMPIONAMENTI ISTANTANEI

Le fiale rivelatrici (note anche come **fiale Dräger**) sono il sistema di campionamento istantaneo più noto.



# CAMPIONAMENTI ISTANTANEI

Le fialette rivelatrici sono costituite da un contenitore di vetro e da un substrato adsorbente (ad esempio gel di silice) impregnato di una sostanza che reagisce in modo  $\pm$  specifico con l'inquinante ricercato.

A photograph of a Dräger instant sampler pump, a cylindrical silver device with a black handle and a black base. Two glass vials are positioned on either side of the pump. The vial on the left is labeled 'fiale in carbone attivo' (active carbon vials) and the vial on the right is labeled 'fiale in gel di silice' (silica gel vials). The pump and vials are resting on a blue folder with a brown spine.

fiale in carbone attivo

fiale in gel di silice

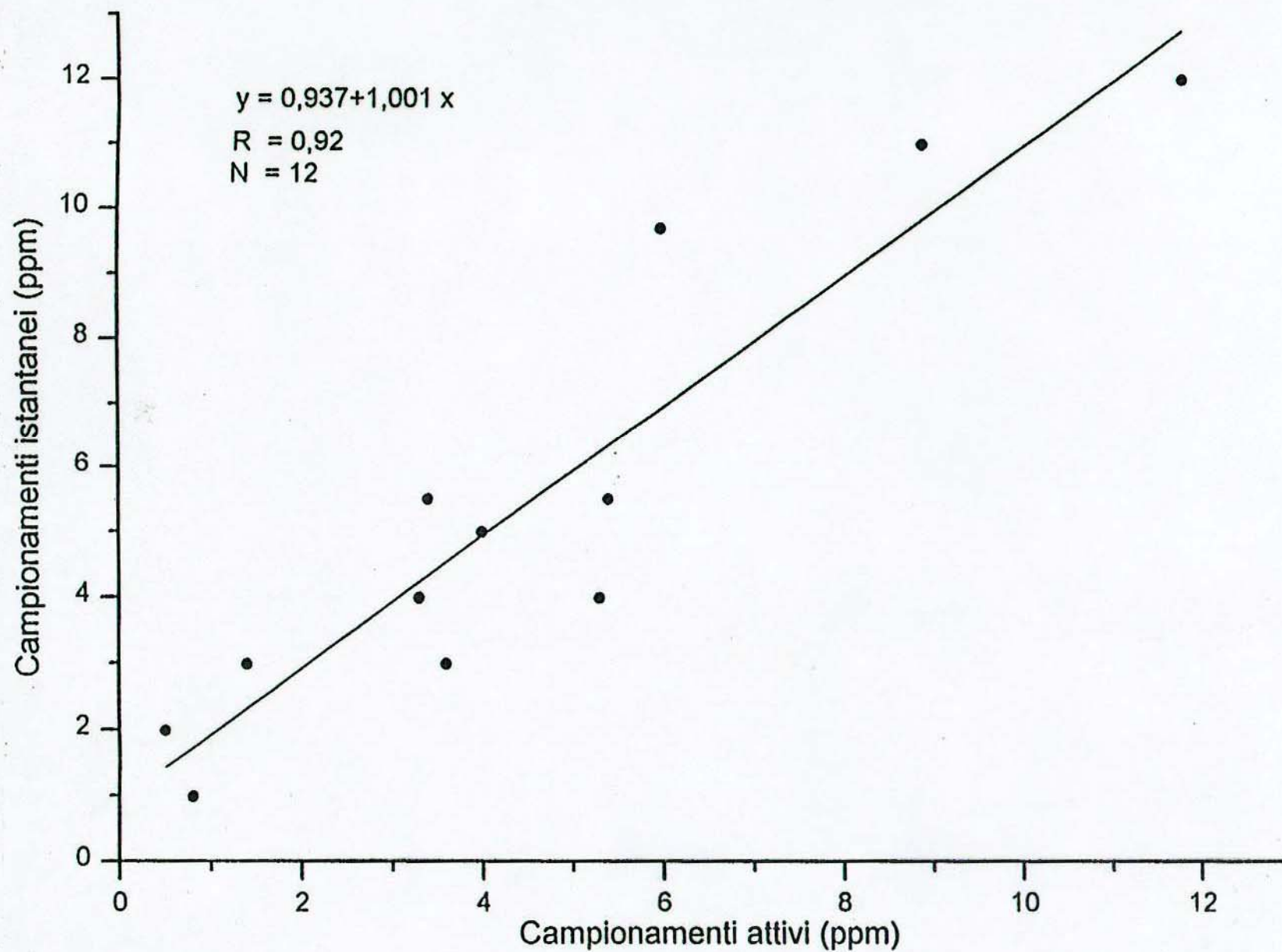
**Campionatore istantaneo DRÄGER**





**Campionatore istantaneo DRÄGER pronto per l'uso**

Fig. 1: Correlazione tra campionamenti attivi e fiale colorimetriche



# CAMPIONAMENTI ISTANTANEI

## Vantaggi:

- **rapidità di risposta**
- **semplicità d'uso**
- **basso costo**

# CAMPIONAMENTI ISTANTANEI

## **Svantaggi:**

- **numerose interferenze**
- **scarsa precisione dei dati ottenuti**

# **CAMPIONAMENTI ISTANTANEI**

**Da poco tempo sono stati immesse sul mercato delle fiale che possono essere “lette” da specifici strumenti anche portatili – ad esempio piccoli spettrofotometri (migliorando la selettività e la sensibilità della determinazione).**




# INDAGINE DI IGIENE INDUSTRIALE

## B) campionamenti con analisi successiva al prelievo

### 1. campionamento diretto (campionatori sotto vuoto, pipettoni da gas, sacchi di plastica)

assorbimento chimico o fisico  
(gorgogliatori)



### 2. campionamento con concentrazione

adsorbimento (carbone attivo,  
gel di silice)



# **CAMPIONAMENTI CON ANALISI DIFFERITA**

- **Sono quelli più frequentemente usati.**
- **Si tratta in genere di campionamenti integrati - prolungati nel tempo - per poter verificare il rispetto di un valore limite (TLV).**

# CAMPIONAMENTI CON ANALISI DIFFERITA

I campionamenti di questo tipo presuppongono (se escludiamo i campionamenti passivi):

- una **pompa aspirante**;
- un **sistema di raccolta** che permetta di intrappolare la sostanza chimica presente nell'aria.

# TIPOLOGIA DELLE POMPE

**Campionatori d'area:** sono pompe caratterizzate da un certo peso (intorno ai 10 kg) e con possibilità di flussi da 1 a circa 35 litri al minuto. In genere funzionano collegate alla rete elettrica e vengono utilizzate in posizione fissa.



**CAMPIONATORE D'AREA**



**CAMPIONATORE D'AREA**



**CAMPIONATORE D'AREA (particolare)**

# **SIGNIFICATO DEI CAMPIONAMENTI**

**I campionamenti d'area vengono effettuati ad esempio a scopo di predisporre una mappa della distribuzione ambientale delle sostanze inquinanti.**



# ELEMENTI BASE

Gli elementi che costituiscono un campionamento d'aria sono:

- La quantità di inquinante raccolta (mg o  $\mu\text{g}$ )
  - Il flusso d'aria  $f$  (litri al minuto)
  - Il tempo di esecuzione  $t$  (minuti)
- ( $f$  moltiplicato per il  $t$  fornisce il *volume* d'aria passata attraverso il filtro in litri o  $\text{m}^3$ ).
- Trattandosi di solidi le concentrazioni saranno perciò espresse in mg o  $\mu\text{g}$  per  $\text{m}^3$ .

# **CAMPIONATORI PERSONALI**

**Sono pompe progettate per essere portate dal lavoratore durante il monitoraggio e consentono il campionamento personale.**

**La maggior parte dei modelli in commercio garantisce un flusso almeno fino a 3 litri al minuto.**



**CAMPIONATORE PERSONALE**



**CAMPIONATORE PERSONALE**





# CAMPIONATORI PERSONALI

Vengono richiesti flussi elevati anche per campionamento personale dei  $PM_{10}$  e/o  $PM_{2,5}$  o con particolari preselettori a cascata (cascade impactors).

# SUBSTRATI DI RACCOLTA

Il substrato di raccolta utilizzato dipende dal tipo di inquinante che deve essere captato : il **carbone attivo** si presta per il campionamento dei vapori dei solventi organici (sostanze apolari).



# SUBSTRATI DI RACCOLTA

- Le fialette con **gel di silice** sono adatte per captare sostanze polari come le ammine;
- altri tipi di adsorbenti: **xad-2**, **tenax**, **porapak** sono indicati per altre famiglie di composti.

# SUBSTRATI DI RACCOLTA

**Doppio corpo:** un trenino di campionamento costituito da una membrana ed una fiala con sostanza adsorbente.

Questo sistema e' indicato in caso di inquinanti complessi in cui siano presenti contemporaneamente forme corpuscolate (tipo polveri) e forme gassose (vapori) es. IPA.

# **SUBSTRATI DI RACCOLTA**

**In alcuni casi sono state progettate delle fiale contenenti adsorbente trattato con particolare reagente per bloccare selettivamente certi gruppi di composti**

# INDAGINE DI IGIENE INDUSTRIALE

## CLASSIFICAZIONE DEI SUBSTRATI DI RACCOLTA

### mezzo di concentrazione

**gorgogliatori**

**fiale in vetro o metallo**

### tipo di substrato

soluzioni basiche

soluzioni acide

acqua

solventi organici

soluzioni complessanti

carbone attivo

gel di silice o allumina

adsorbenti chimici e

fisici vari

### sostanze

volatili organiche

o inorganiche acide

volatili organiche o

inorganiche basiche

volatili solubili acqua

vapori organici

volatili complessabili

volatili organiche

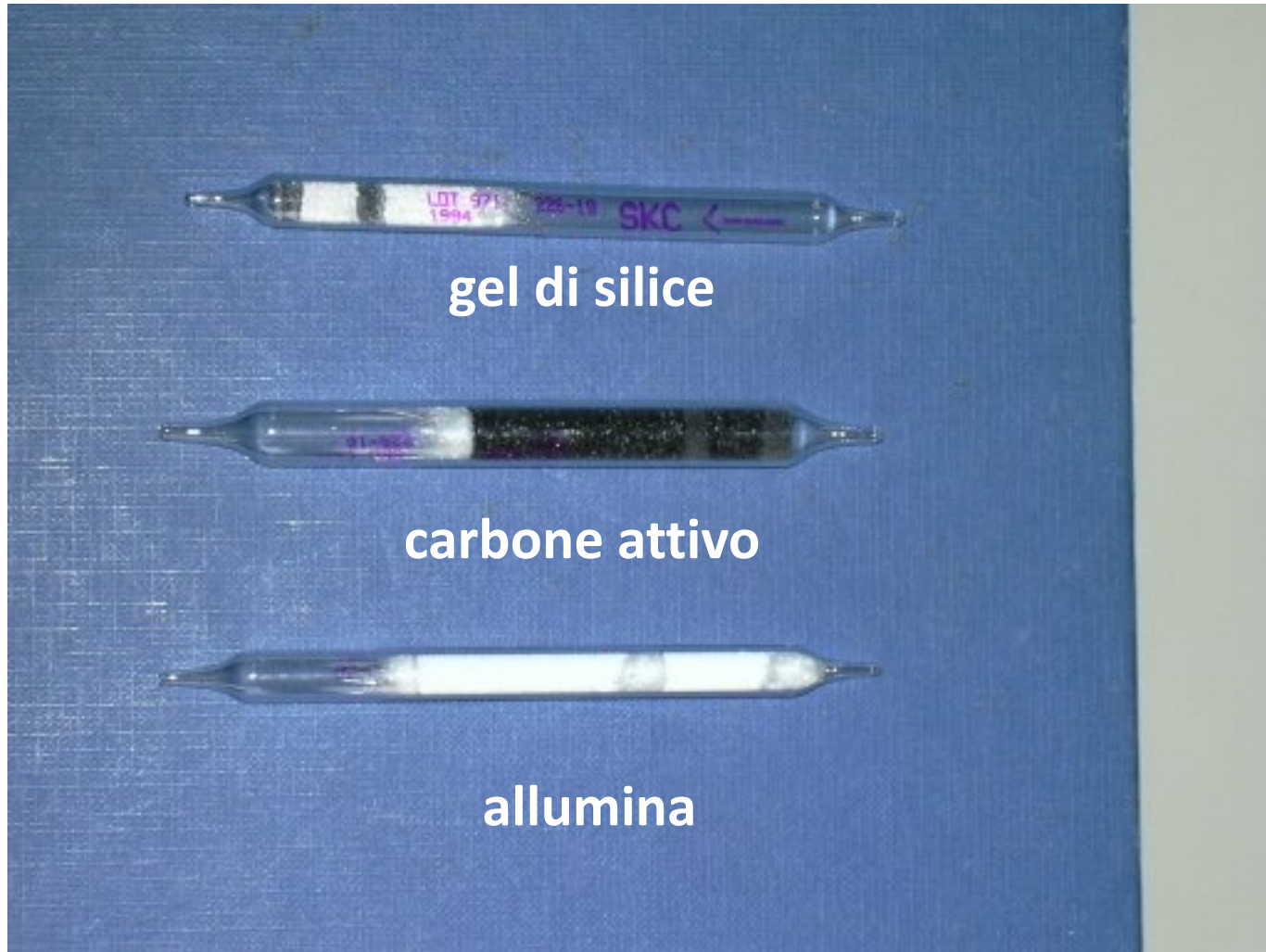
apolari

volatili organiche

polari

vapori organici e

inorganici vari

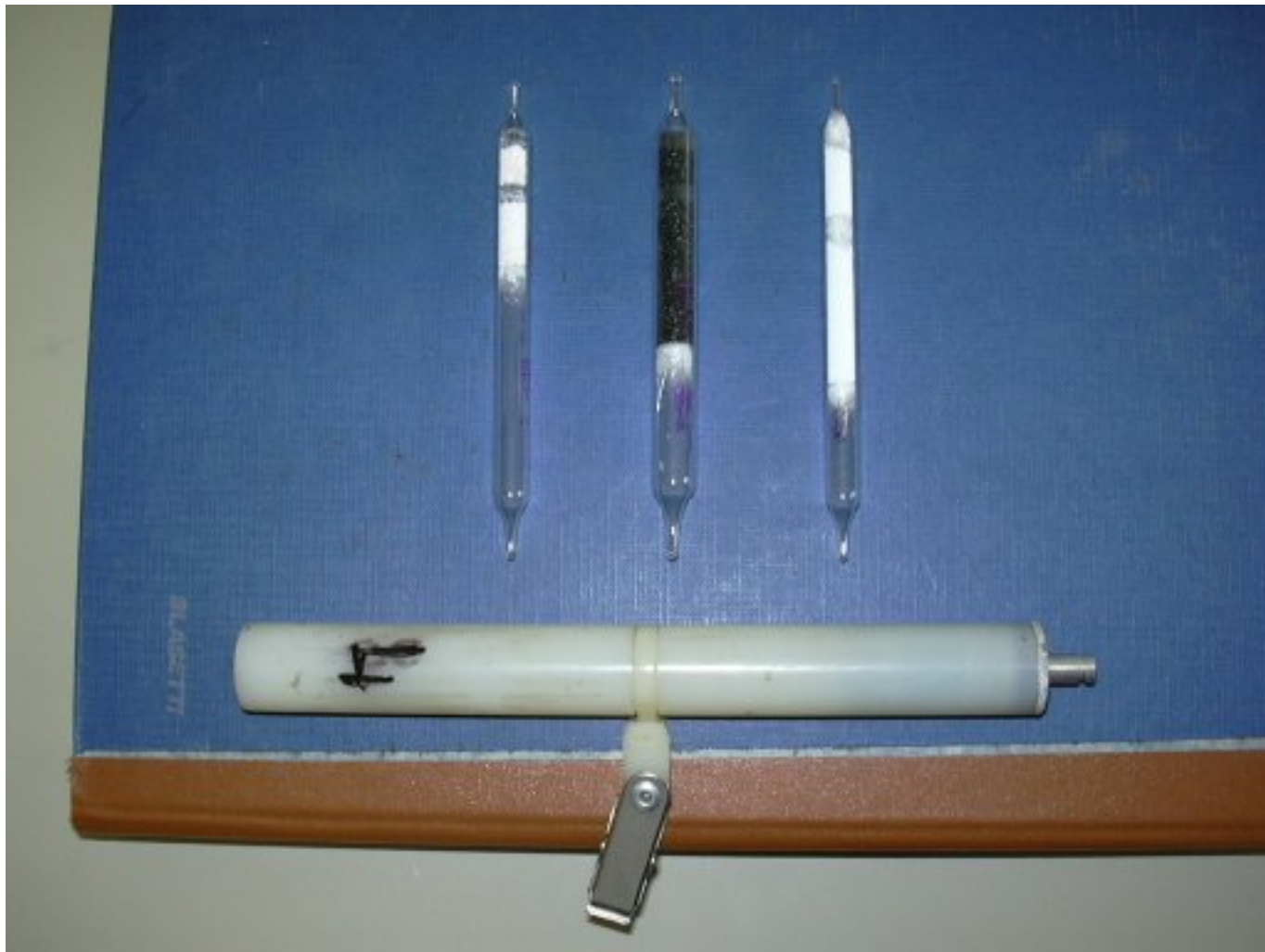


gel di silice

carbone attivo

allumina

**FIALE PER RACCOLTA SU SUBSTRATO**



**FIALE CON PORTAFIALA**

# INDAGINE DI IGIENE INDUSTRIALE

## RACCOLTA SU SUBSTRATO

### requisiti generali

1. Alta (accettabile<sup>1</sup>) efficienza
2. Flusso adeguato al substrato (campione sufficiente)
3. Inquinante raccolto con forma stabile
4. Matrice appropriata per l'analisi
5. Limite minimo (analitico)
6. Limite massimo (saturazione)

<sup>1</sup>conosciuta, costante e ripetibile

# ASSORBIMENTO

La soluzione può bloccare l'inquinante per semplice assorbimento (fenomeno fisico di solubilizzazione) oppure, **se vi sono sciolti degli specifici reagenti**, l'inquinante viene bloccato per mezzo di una reazione chimica.



# **ASSORBIMENTO O REAZIONE CHIMICA**

**Ad esempio delle nebbie acide per HCl possono essere bloccate da una soluzione di acqua distillata (situazione reversibile) oppure – meglio – da una soluzione di soda che trasforma l'acido cloridrico in cloruro di sodio.**

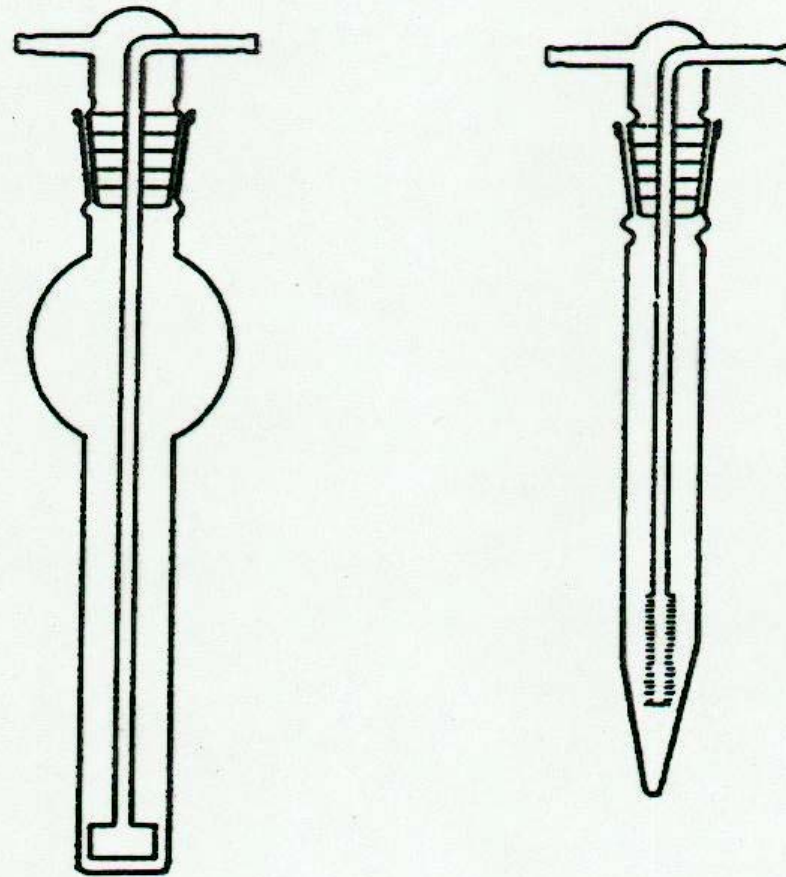
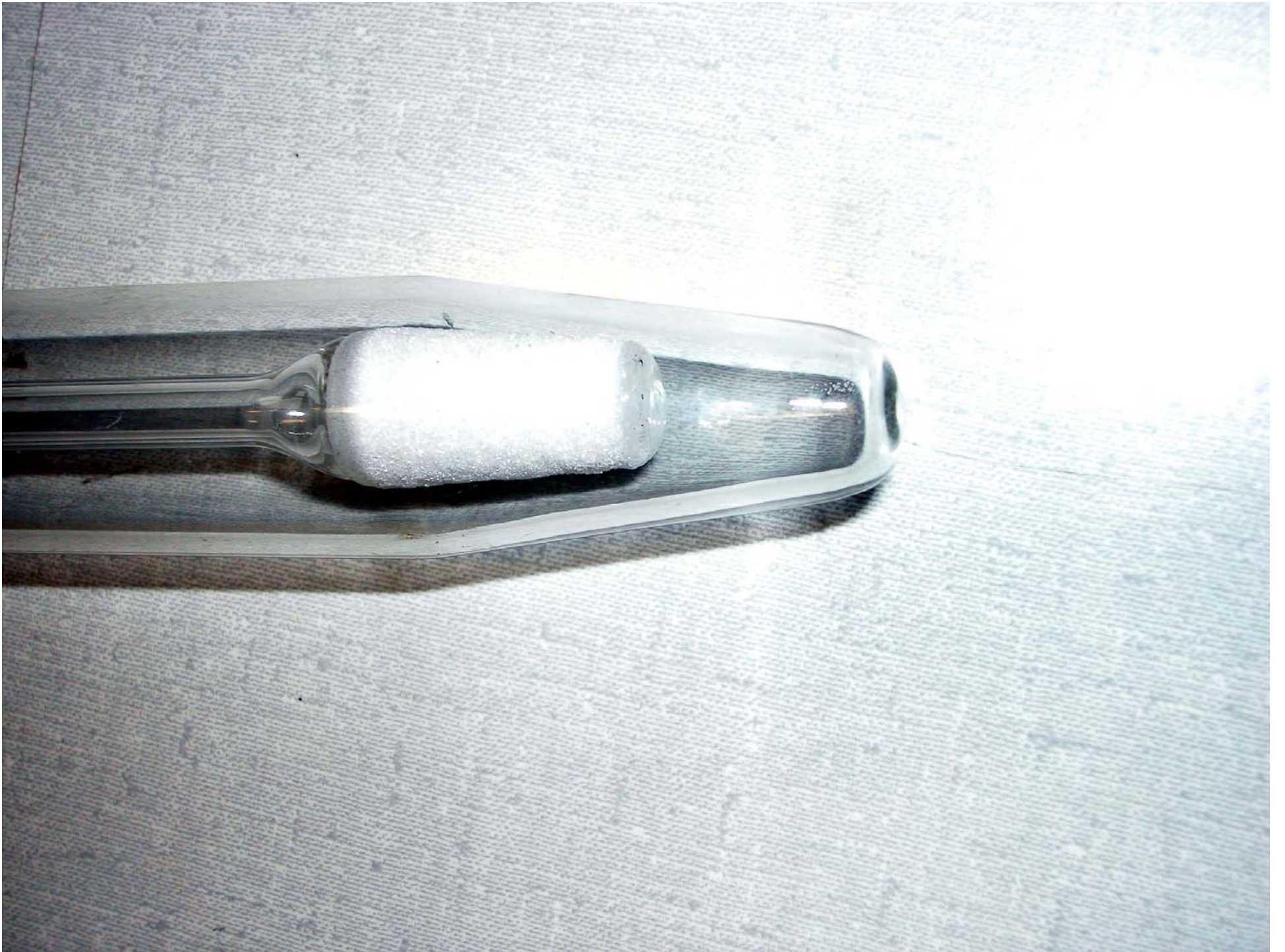


Fig. 1.3. - Gorgogliatori a setto poroso per l'assorbimento in un liquido.







**GORGOLIATORI PER CAMPIONAMENTO PERSONALE**





# **IL CAPIONAMENTO PASSIVO - DIFFUSIONALE**

**I campionatori passivi sfruttano il fenomeno della diffusione spontanea degli inquinanti nell'aria da punti a maggior concentrazione a punti a minore concentrazione. La teoria relativa è stata sviluppata a partire dagli anni '70, così come la costruzione dei primi prototipi. Attualmente il campionamento passivo riguarda un certo numero di sostanze abbastanza volatili (con una buona tensione di vapore) quali ad esempio i solventi di uso industriale.**



# **IL CAPIONAMENTO PASSIVO – DIFFUSIONALE**

## **TEORIA**

**Data una fase gassosa nella quale esista una non omogeneità nella distribuzione di una o più sostanze presenti, si verificheranno movimenti spontanei di molecole da zone a maggiore concentrazione a zone a minore concentrazione.**

**La teoria che ci interessa è definita solo nel caso di flusso laminare (perpendicolare al gradiente di concentrazione) e non vale nel caso di moto vorticoso e turbolento.**

# **COME PROGETTARE UN CAMPIONATORE PASSIVO**

**Il campionatore passivo è costruito in modo tale che, al suo interno, valgano le condizioni di diffusione in regime laminare (condizioni della prima legge di Fick). Il controllo sarà di tipo geometrico (definizione delle dimensioni lineari e di superficie di diffusione).**

# CAMPIONATORI PASSIVI

$$C = \frac{Q \times X}{S \times D \times t}$$

**C = concentrazione ambientale della sostanza**

**Q = quantità di sostanza determinata nel substrato di raccolta del campionatore passivo**

**X = altezza geometrica della camera di diffusione**

**S = superficie della camera di diffusione**

**D = coefficiente di diffusione**

**t = tempo di esposizione**

Contenitore



3 dischi di tessuto  
di carbone attivo



Camera di diffusione



Membrana di diffusione



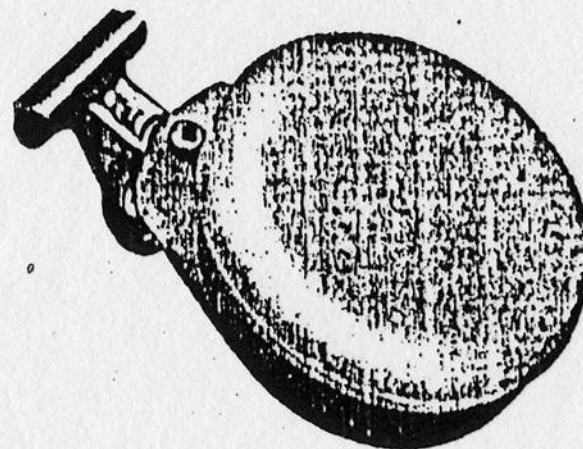
Ghiera di fissaggio



Coperchio di chiusura



Campionatore passivo  
assemblato





**CAMPIONATORE PASSIVO TK-200**

# **LA PROGETTAZIONE DI UN CAMPIONATORE PASSIVO: IL TK-200**

**Il meccanismo è il seguente: la sostanza, presente nell'ambiente a concentrazione  $C$  passa attraverso la membrana filtrante – che è porosa – e le molecole diffondono secondo linee rette all'interno del campionatore (condizioni di flusso laminare); una volta raggiunte le tele di carbone attivo, le molecole stesse vengono adsorbite e la concentrazione all'interno della camera di diffusione viene mantenuta a 0.**

# LA PROGETTAZIONE DI UN CAMPIONATORE PASSIVO: IL TK-200

Quali altri elementi possono condizionare il funzionamento di un campionatore passivo?

Q risulta proporzionale alla radice quadrata della **Temperatura assoluta**: nella pratica, una variazione di  $10^{\circ}\text{K}$  porta ad una influenza su Q di circa l'1%. **Scarsa influenza.**

# LA PROGETTAZIONE DI UN CAMPIONATORE PASSIVO: IL TK-200

**Pressione:** non influenza in alcun modo il funzionamento di un campionatore passivo.



# LA PROGETTAZIONE DI UN CAMPIONATORE PASSIVO: IL TK-200

## La ventilazione

Questo parametro ha una notevole influenza: in condizioni normali l'aria viene efficientemente mescolata e la concentrazione della sostanza da misurare risulta omogenea nella zona di interesse. Viceversa, in condizioni di aria stagnante abbiamo un malfunzionamento: la concentrazione dell'inquinante captato si riduce nel tempo: diminuisce il valore di  $\Delta C$  e quindi cala la velocità di captazione dell'inquinante da parte del campionatore (sottostima).

# La progettazione di un campionatore passivo: il TK-200

La ventilazione naturale comporta una velocità media ambientale dell'aria di 0,1 – 0,2 m/s. Se indossato al bavero, il campionatore passivo impatta l'aria ad una velocità di 0,8 – 1,2 m/s, garantendo un buon mescolamento dell'aria stessa e quindi un corretto funzionamento del monitor passivo.

Saranno quindi da evitare le situazioni di aria stagnante, le stanze chiuse e gli ambienti non correttamente ventilati.

# PRESTAZIONI DEL TK-200

Il tempo di risposta minima risulta di circa 3 secondi; questo campionatore si presta per un campionamento di 2-4-8 ore in ambiente di lavoro; la sensibilità è piuttosto buona (fino a 1-2 mg/m<sup>3</sup>) delle varie sostanze in aria. In caso di elevate concentrazioni di inquinanti è possibile una saturazione del substrato ed una sottostima del dato. Comunque attualmente queste situazioni sono piuttosto rare. Il TK-200 risulta adeguato per le misure in ambienti di lavoro

# CONFRONTO FRA CAMPIONATORI ATTIVI E PASSIVI

Un aspetto caratteristico dei campionatori passivi è quello di captare le varie sostanze con diverse “velocità” in quanto ogni sostanza è caratterizzata da una diversa costante di diffusione  $D$ .

# **CONFRONTO FRA CAMPIONATORI ATTIVI E PASSIVI**

**I vantaggi nell'uso dei campionatori passivi sono:**

- Basso costo e semplicità d'uso (basta segnare il tempo eappare il campionatore a fine prelievo).**
- Buona tollerabilità da parte di chi lo indossa.**
- Possibilità di eseguire contemporaneamente numerosi prelievi.**
- Buona affidabilità.**

# TOLUENE

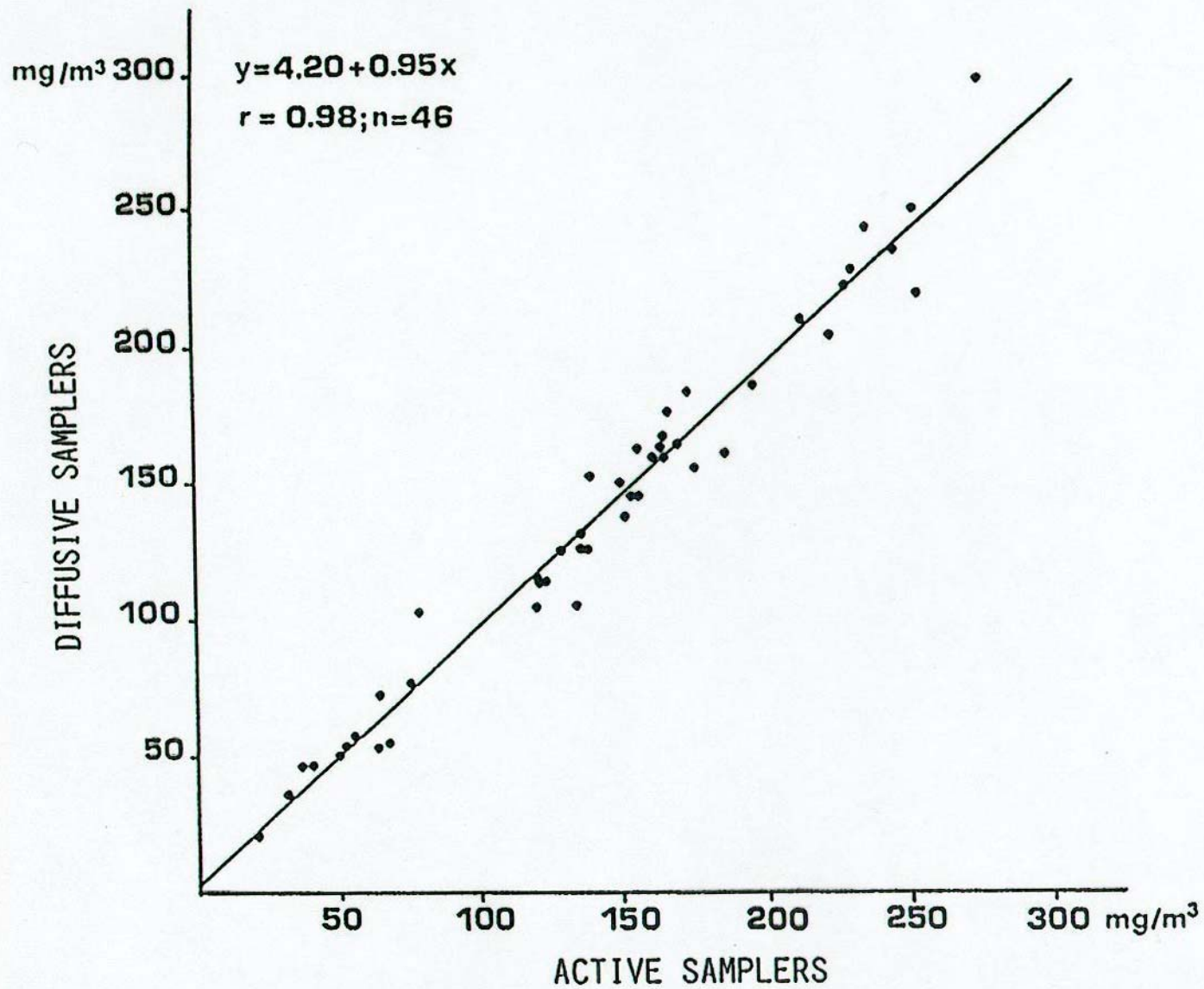
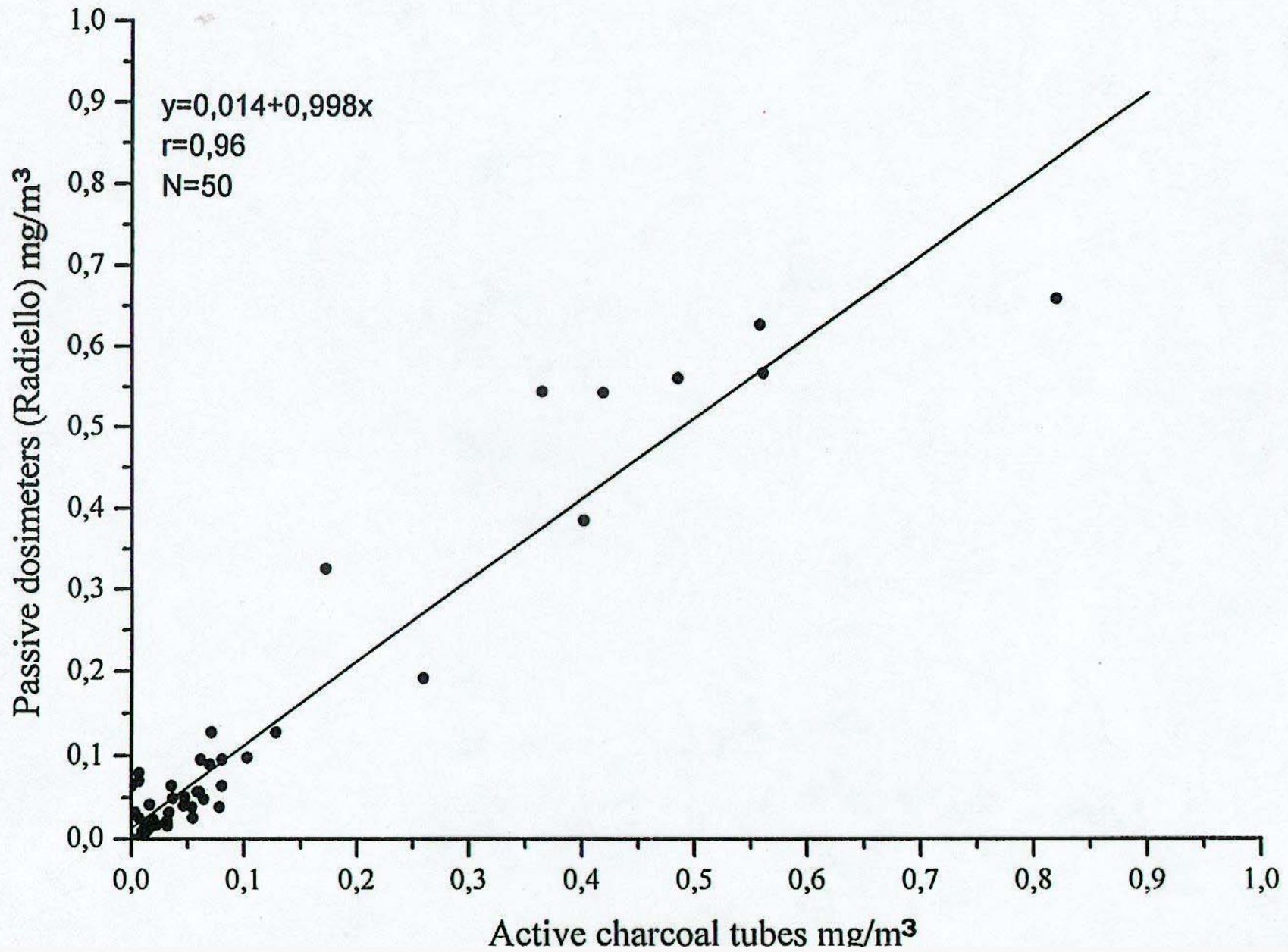


Figure 2: Correlation between values of toluene in air obtained using diffusive samplers and personal pumps with charcoal tubes.

Figure 1: Correlation between active and passive samplings of benzene in air



# IL RADIELLO

- Si tratta di un campionatore passivo con funzionamento a diffusione radiale.
- La maggiore superficie di diffusione rispetto ai campionatori a badge comporta una migliore sensibilità complessiva.



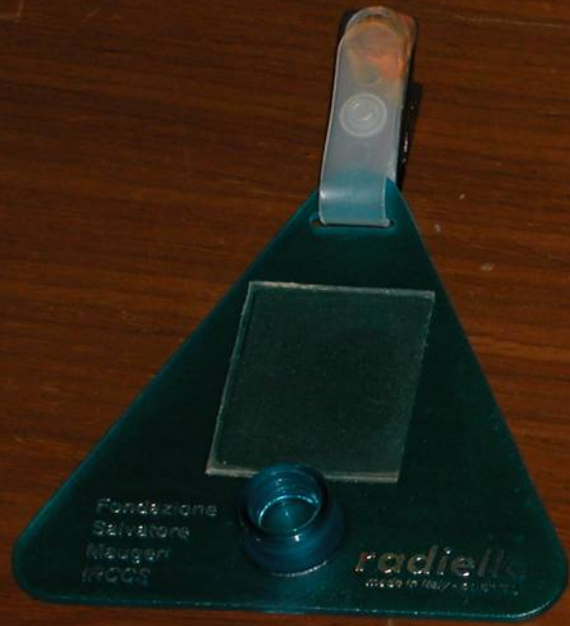
# IL RADIELLO

Attualmente è il campionatore passivo più usato in Europa: è servito ad esempio per il monitoraggio del benzene nell'aria urbana in un progetto che ha coinvolto numerose città, fra le quali Padova, Atene, Stoccolma.

Una delle principali novità del radiello è data dalla possibilità di portarlo anche per più di 24 ore.

# IL RADIELLO

- La maggiore sensibilità del sistema a diffusione radiale (maggiore superficie utile per la diffusione) consente quindi il monitoraggio delle esposizioni negli ambienti di vita.
- Sono disponibili anche alcune varianti del radiello tradizionale (a carbone attivo) per la determinazione di diverse specifiche sostanze





**CAMPIONATORE PASSIVO RADIELLO® PER SOLVENTI  
retinatura in policarbonato; substrato carbone attivo**



**CAMPIONATORE PASSIVO  
RADIELLO® PER ANESTETICI**  
retinatura metallica;  
substrato:  
carbone attivo per  
fluorurati  
setacci molecolari per N<sub>2</sub>O



**CAMPIONATORE PASSIVO RADIELLO® (modalità d'uso)**

# Separatori per polveri aerodisperse

- Elutriatore
- Impattore
- Ciclone

# Caratteristiche dei preselettori

- **Elutriatore**: separare le particelle per sedimentazione in flusso laminare; sfruttato per la determinazione delle polveri di cotone.
- **Impattore**: separa le particelle per impatto su una superficie perpendicolare al flusso; diffuso in USA (miniere) e per i PM 10.
- **Ciclone**: separa le particelle per forza centrifuga, diffuso in EC e USA; non risente di concentrazioni elevate di polveri.



# INDAGINE DI IGIENE INDUSTRIALE

## METODO DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA POLVERI

### ELUTRIATORE

La **frazione toracica** si ottiene usando l'elutriatore verticale che obbliga la polvere a risalire contro la gravità fino al filtro.

E' costruito in modo che solo le particelle di  $\varnothing < 15 \mu\text{m}$  completino il percorso (si usa generalmente per il prelievo di polveri di **cotone e lino**).



**ELUTRIATORE**

# INDAGINE DI IGIENE INDUSTRIALE

## METODO DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA POLVERI

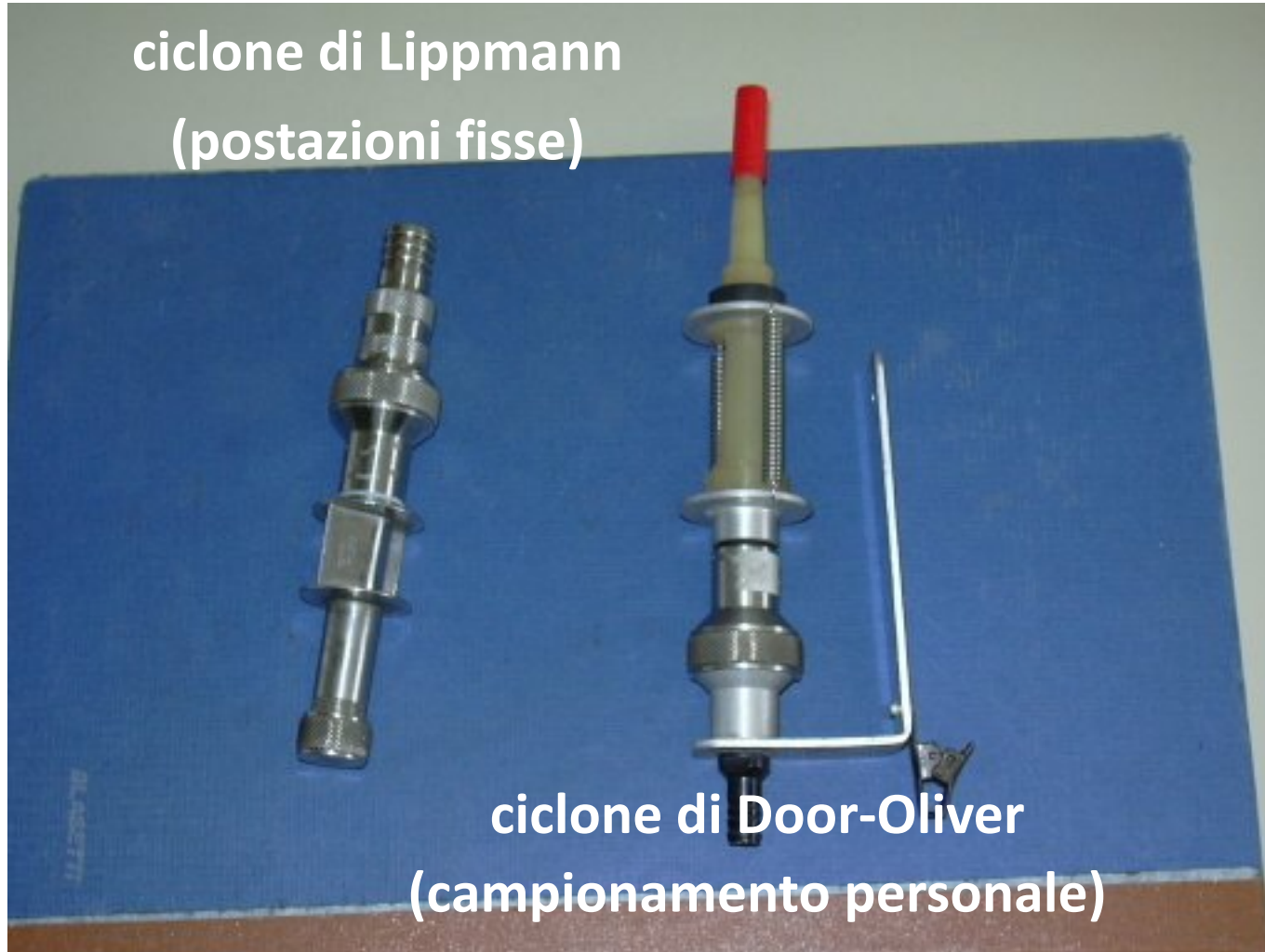
### CICLONE

L'aria entra da una fessura laterale ed è costretta a fare un percorso a chiocciola per tutta la lunghezza dello strumento fino ad impattare col filtro.

La forza centrifuga scaglia sulle pareti le particelle più grosse che nell'urto perdono la loro energia e si fermano, mentre le particelle più fini continuano.

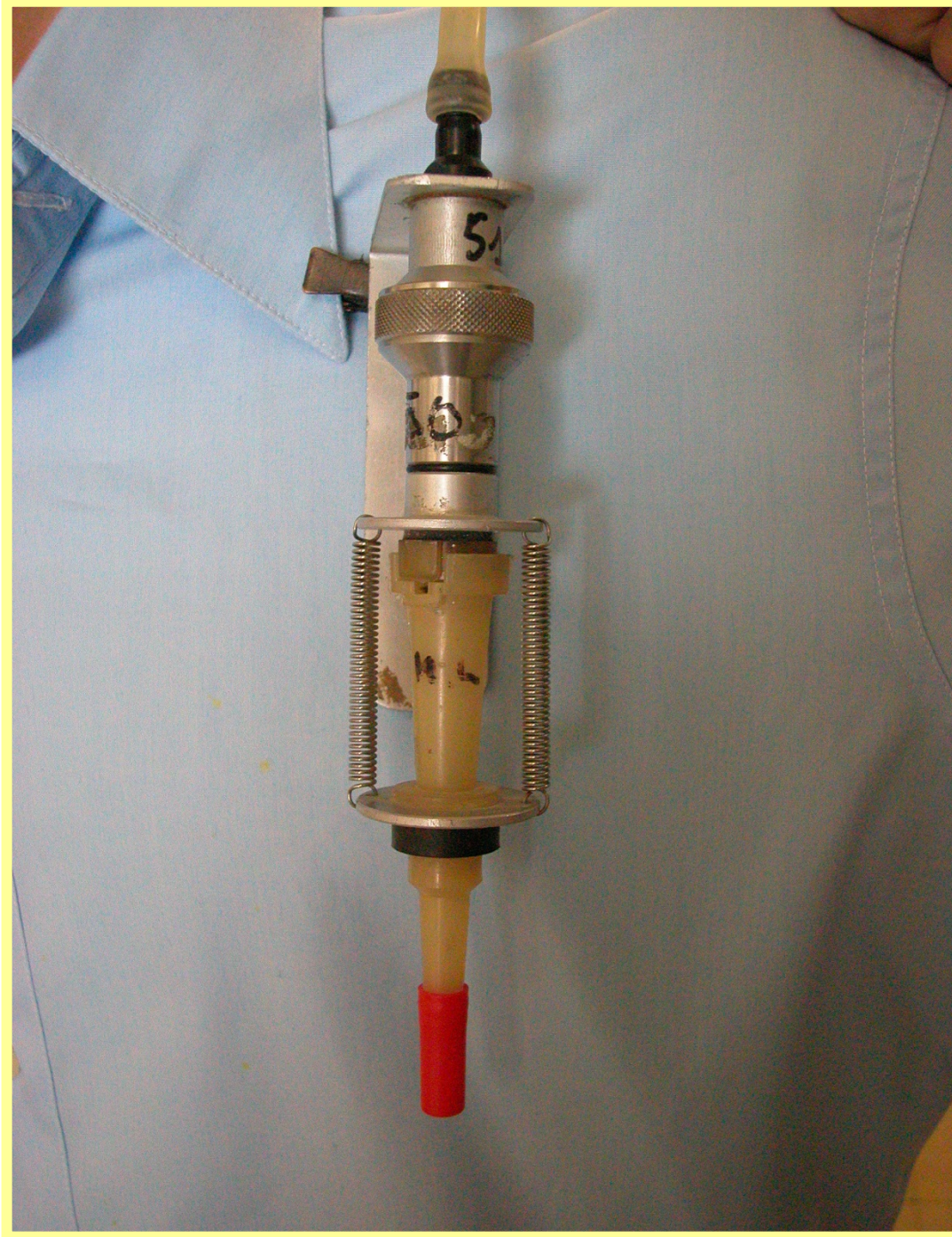
Secondo l'ACGIH il ciclone non deve far passare nessuna particella di  $\varnothing > 10 \mu\text{m}$ , il 50% di  $3,5 \mu\text{m}$  e il 90%  $< 2 \mu\text{m}$ .

ciclone di Lippmann  
(postazioni fisse)



ciclone di Door-Oliver  
(campionamento personale)

**CICLONI**





asbesto

Campionamento di polveri inalabili (totali)

**SUPPORTI PER MEMBRANE**



# INDAGINE DI IGIENE INDUSTRIALE

correzione volume aria prelevata a 25°C e 1013 millibar

$$V = \frac{V_i \times P \times 298}{1013 (273 + t)}$$

**V** = volume corretto

**V<sub>i</sub>** = volume letto col contatore

**P** = pressione atmosferica media durante il prelievo

**t** = temperatura media durante il prelievo



# INDAGINE DI IGIENE INDUSTRIALE

## METODO DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA POLVERI

Il campionamento avviene su **FILTRI A MEMBRANA** di nitrocellulosa con porosità compresa tra 0,5 e 5  $\mu\text{m}$ .

# INDAGINE DI IGIENE INDUSTRIALE

## METODO DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA POLVERI

### A) METODO DI VALUTAZIONE NUMERICO

si basa sul conteggio al microscopio delle particelle di polvere che vengono riconosciute (quarzo, fibre di amianto) per  $\text{cm}^3$  di aria campionata.

Gli strumenti utilizzati sono:

pompa di Zurlo

conimetro

impinger

precipitatore termico

# INDAGINE DI IGIENE INDUSTRIALE

## METODO DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA POLVERI

### B) METODO DI VALUTAZIONE GRAVIMETRICO

La valutazione si fa per pesata.

Il filtri di raccolta vengono pesati prima e dopo.

E' necessario fare attenzione all'umidità che fa variare il peso delle polveri essendo queste igroscopiche. Il filtro viene quindi prima condizionato in stufa a 100°C per qualche ora, manovra che andrà ripetuta dopo aver eseguito il prelievo.

# INDAGINE DI IGIENE INDUSTRIALE

## METODO DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA POLVERI

### B) METODO DI VALUTAZIONE GRAVIMETRICO

Il filtro va quindi pesato su bilancia di precisione (5a-6a cifra decimale) prima e dopo e per differenza si ottiene un valore in peso secco ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) che corrisponde alla quantità di polvere raccolta.

Con tale metodo deve essere deciso a priori quali particelle e di che dimensioni si vogliono prelevare:

# INDAGINE DI IGIENE INDUSTRIALE

## METODO DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA POLVERI

### B) METODO DI VALUTAZIONE GRAVIMETRICO

filtro nudo (senza preselettore)

polvere totale (fino a 100  $\mu\text{m}$ )

filtro con preselettore

elimina le frazioni pesanti

il livello di taglio è: 15  $\mu\text{m}$  frazione toracica

5  $\mu\text{m}$  frazione respirabile



**bilancia elettronica per polveri**

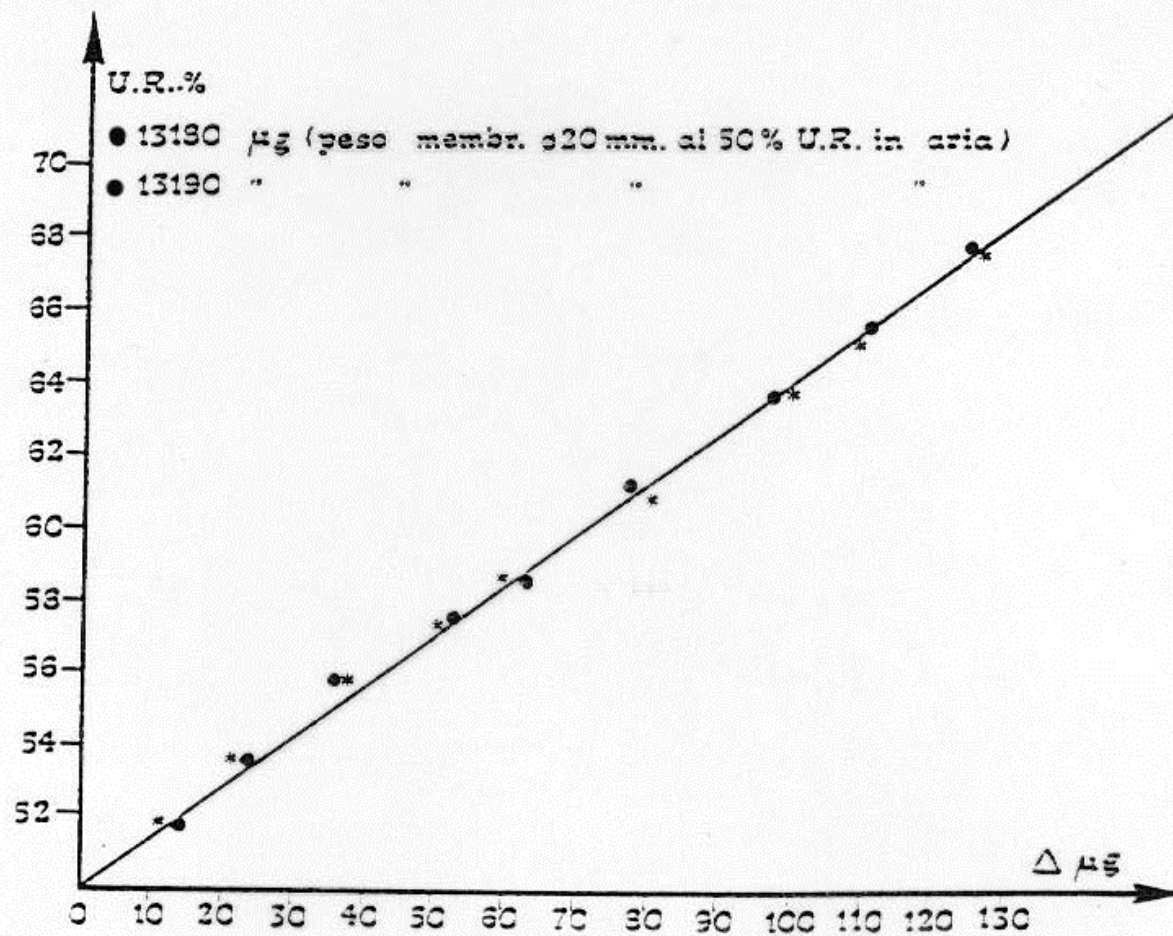


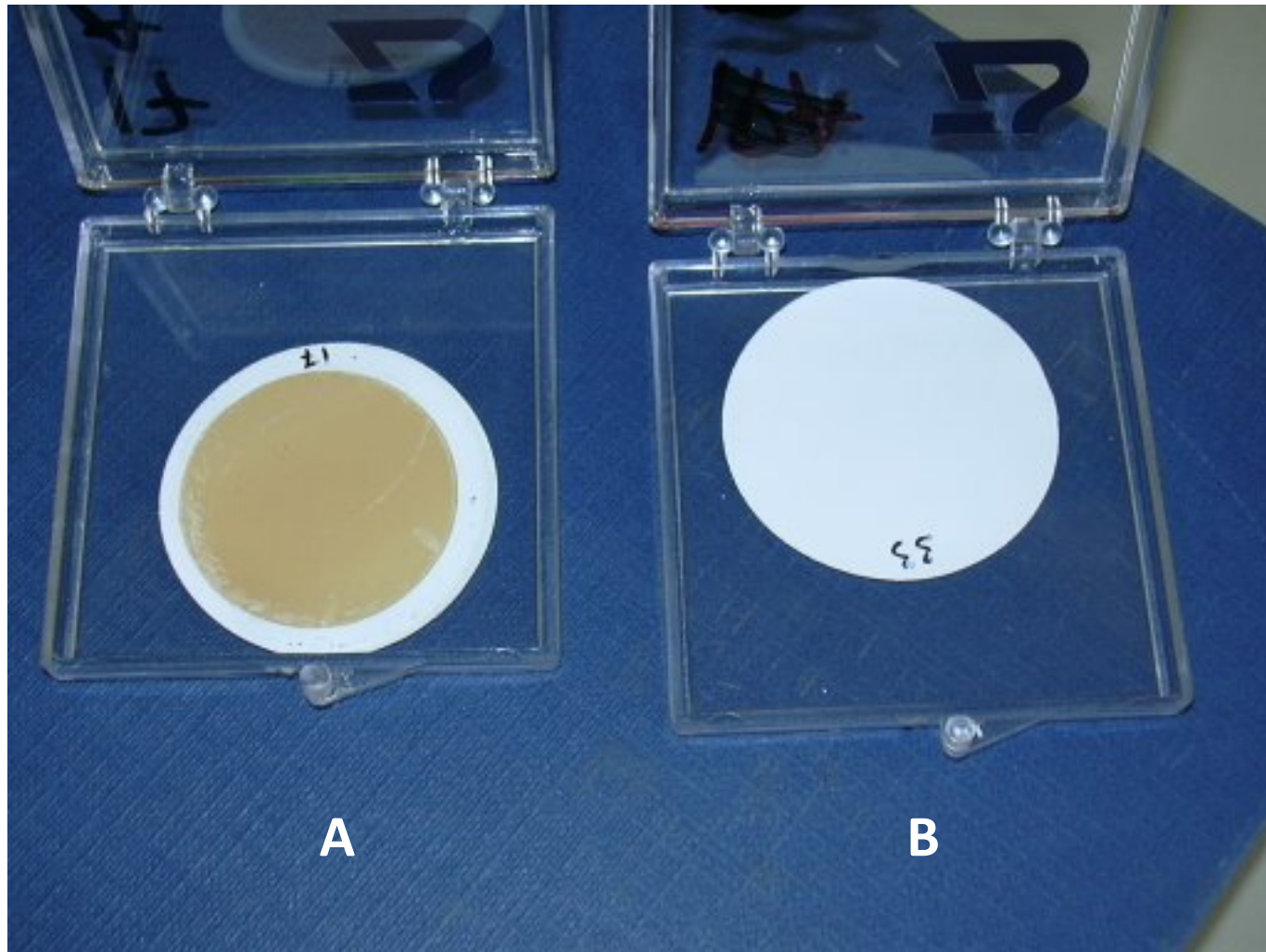
Figura 7/69 - Influenza della umidità sulla pesata dei filtri.



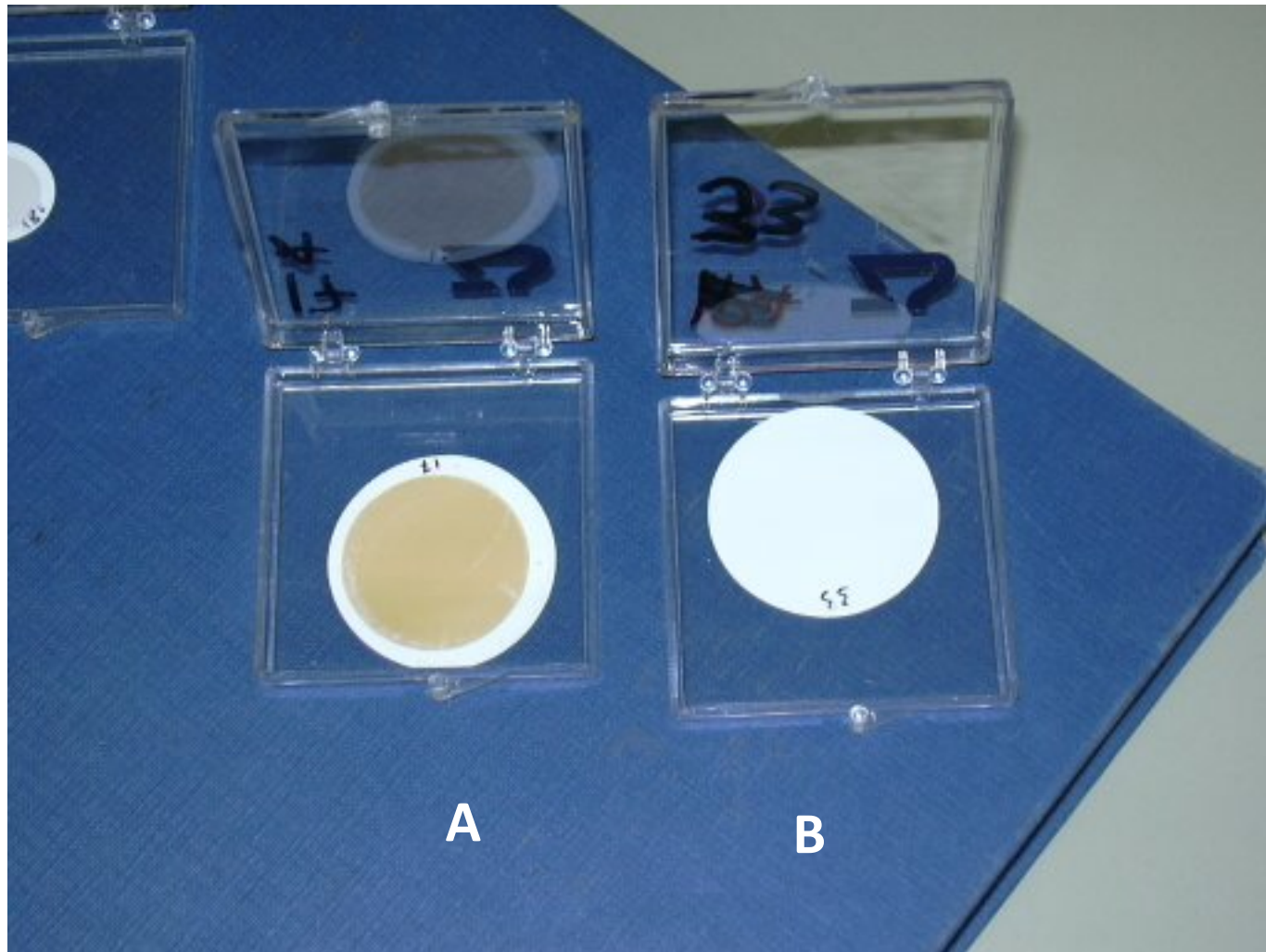
pentium



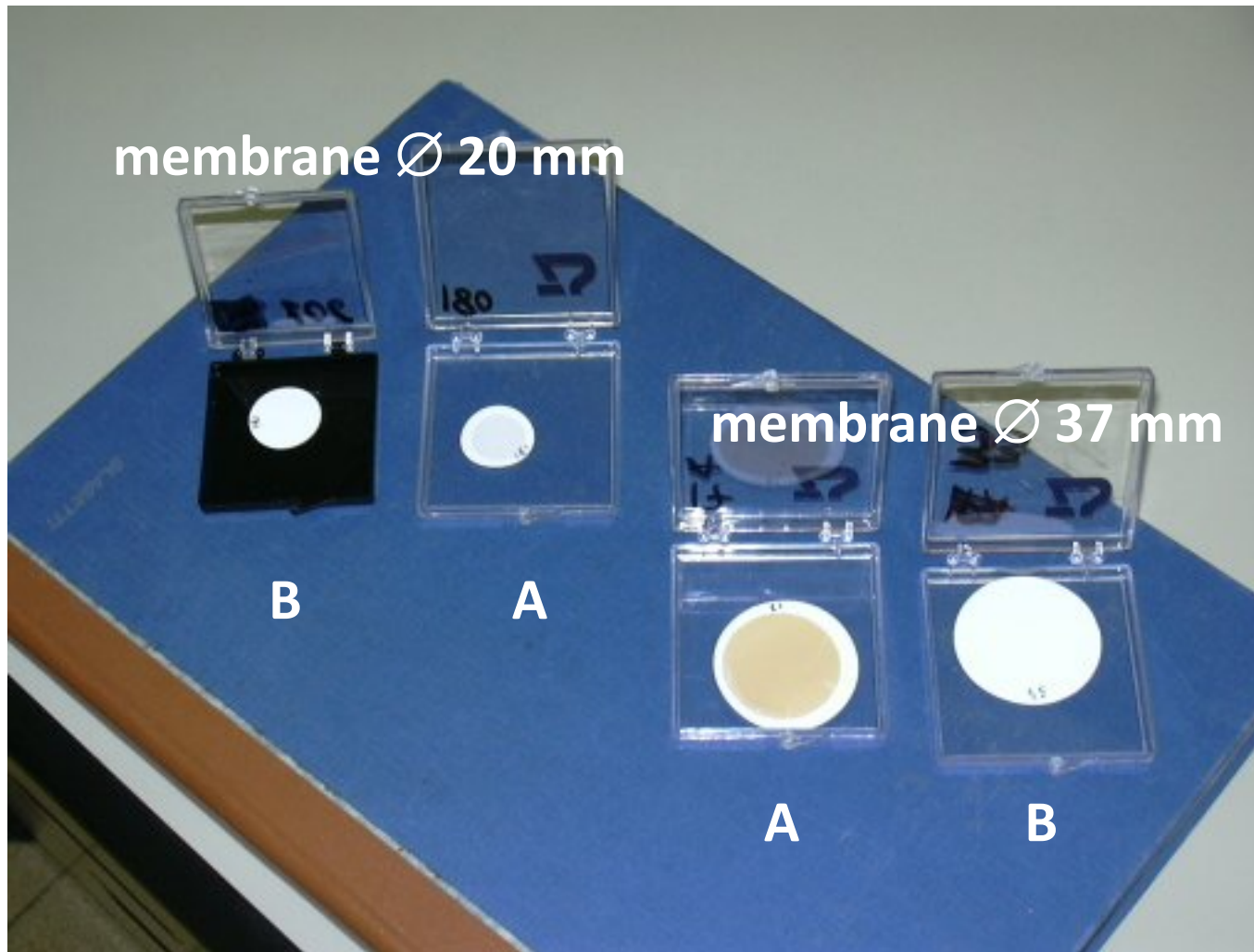




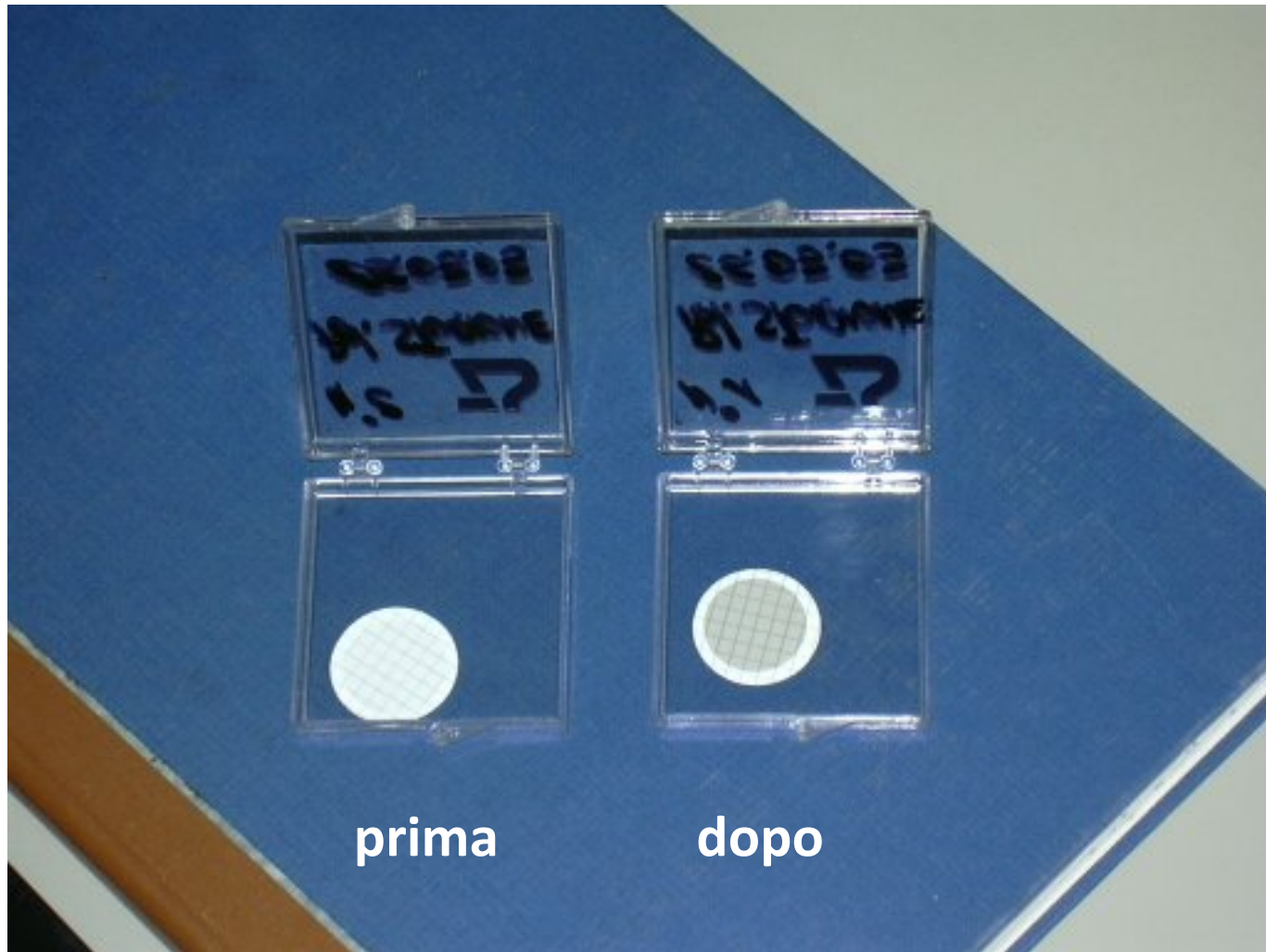
**Membrane in nitrocellulosa dopo (A) e  
prima (B) del prelievo**



**Membrane in nitrocellulosa dopo (A) e  
prima (B) del prelievo**



**Membrane in nitrocellulosa dopo (A) e prima (B) del prelievo**



**membrane per la raccolta di fibre di asbesto  
(sono retinate per facilitare la conta microscopica)**

# Il campionamento in pratica

Per effettuare un campionamento è necessario:

- Condizionare le membrane filtranti.
- Scegliere il selettore idoneo alla frazione che intendiamo collezionare ed in funzione di questo.
- Calibrare il flusso di aspirazione della pompa.

# CONDIZIONAMENTO DELLE MEMBRANE

- Generalmente le polveri vengono quantificate con una determinazione gravimetrica: i filtri sono pesati prima (tare) e dopo il campionamento (lordi).
- La differenza di pesata tra i filtri dopo il campionamento e prima dello stesso fornisce la quantità assoluta di polvere.
- Questa quantità divisa per il volume d'aria monitorato è la concentrazione di polvere rinvenuta.

# CONDIZIONAMENTO DELLE MEMBRANE

Il condizionamento è il trattamento cui sono sottoposti i filtri prima e dopo il campionamento per renderne correttamente riproducibili le pesate: essi infatti possono possedere residui di lavorazione ed assorbire acqua dall'ambiente.

Un tipico condizionamento può avvenire in stufa a 100°C per almeno 2 ore. Questo sistema viene sfruttato esclusivamente per polveri minerali, di composizione nota. Le polveri depositate non devono in alcun modo decomporsi o reagire chimicamente.



# CONDIZIONAMENTO DELLE MEMBRANE

Per tutti gli altri tipi di polveri e' necessario il condizionamento sotto cappa ad umidità e temperatura controllate e riproducibili :

ad es. PM<sub>10</sub>:  $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$  ; U.R.  $50 \pm 5\%$ .

Il tempo di condizionamento fino a peso costante e' variabile tra 1 e 3 giorni.

Il peso dei filtri è ovviamente una media delle pesate nei diversi giorni.

## Caratteristiche della bilancia

A seconda della quantità di polvere raccolta sul filtro, la bilancia utilizzata dovrà garantire una adeguata precisione: e' possibile a volte utilizzare una bilancia alla V<sup>a</sup> cifra decimale ma e' consigliabile spesso usarne una alla VI<sup>a</sup> (1 µg), come nel caso delle polveri sottili PM<sub>10</sub>.



# Calibrazione del flusso

Il flusso che passa attraverso il sistema di campionamento deve essere verificato prima e dopo il campionamento attraverso dei calibratori, possibilmente elettronici a pistone (standard primari) oppure attraverso dei flussimetri a sfera o a bolla preventivamente tarati con uno standard primario.

# DISPOSITIVO DI TARATURA DRY CAL



# **SCELTA DELLE MEMBRANE**

**Le varie membrane sono caratterizzate da:**

- **Materiale costituente**
- **Diametro**
- **Porosità in  $\mu\text{m}$**

# TIPI DI MEMBRANE

- Esteri misti di cellulosa (MCE)
- Fibra di vetro
- PVC
- Teflon (PTFE)
- Argento
- Policarbonato

# ESTERI MISTI DI CELLULOSA

- E' costituita da una miscela di nitrato ed acetato di cellulosa.
- Trovano impiego in molteplici applicazioni analitiche (assorbimento atomico, fluorescenza, IR, diffrattometria RX, microscopia ottica).



# ESTERI MISTI DI CELLULOSA

## Vantaggi

- Discreta resistenza meccanica
- Buona tolleranza alle cariche elettrostatiche
- Facilità di diafanizzazione

## Svantaggi

- Sono eccessivamente igroscopiche
- Difficoltà nel condizionamento e nella pesata

# FIBRA DI VETRO

## Vantaggi

- **Consentono campionamenti ad elevati flussi**
- **Hanno buona ritenzione di solidi**
- **Hanno un basso contenuto di sostanze interferenti (metalli ed altro)**
- **Risentono poco delle cariche elettrostatiche**

# FIBRA DI VETRO

## Svantaggi

- Hanno una tara abbastanza elevata
- Sono molto fragili alla manipolazione
- Non adatte per microscopia elettronica

# PVC

## Vantaggi

- Sono resistenti ai composti acidi
- Non risentono della umidità e si pesano molto bene
- Si prestano al campionamento dei composti metallici

## Svantaggi

- Sono molto sensibili alle cariche elettrostatiche

# TEFLON (PTFE)

## Vantaggi

- Utilizzabili per il campionamento di sostanze aggressive chimicamente
- Non risentono dell'umidità
- Sono utilizzate per il campionamento di IPA e PM<sub>10</sub> (personali)

## Svantaggi

- Sono molto costose

# ARGENTO

## Vantaggi

- Presenta bassa interferenza nell'analisi diffrattometrica della silice

## Svantaggi

- Costo esorbitante
- Eccessiva tara rispetto ai quantitativi pesati

# POLICARBONATO

## Vantaggi

- Scarsa interferenza nell'analisi delle fibre al SEM

## Svantaggi

- Porosità non adatte per i campionamenti in aria (usati raramente)

# Scelta delle membrane filtranti

Il valore di porosità esprime il *potere di ritenzione assoluto* del filtro: es. 0,8  $\mu\text{m}$  trattiene il 100% delle particelle sopra tale valore ma anche almeno il 50% di quelle al di sotto di tale valore!! (test DOP). Si sconsigliano perciò filtri a porosità molto piccola per il campionamento d'aria perché:

- Si richiede alla pompa di compensare un grande carico;
- Si rischia un sovraccarico di campione e conseguentemente un'inaccuratezza nelle determinazioni analitiche successive.



# Scelta delle membrane filtranti

In generale si suggerisce:

- l'uso del PVC per tutte le determinazioni gravimetriche;
- l'uso degli MCE per la determinazione dei metalli;
- l'impiego della fibra di vetro o il teflon (PTFE) per i composti chimici nel particolato.

# MODALITA' DI DEPOSIZIONE DELLE POLVERI SUL FILTRO

La modalità di deposizione della polvere sul filtro non influenza l'analisi gravimetrica, tuttavia nel caso la membrana debba essere sottoposta ad analisi in microscopia (ad es. per la determinazione del *quarzo*), è necessario che la polvere sia depositata in modo omogeneo.

# Campionamento delle polveri inalabili a livello personale

- Velocità d'entrata all'orifizio:  $1,2 \text{ m/s} \pm 10\%$ ;
- Flusso d'aria in aspirazione:  $2,5 - 3 \text{ l/min.}$ ;
- Posizione filtro: parallelo al volto del lavoratore cioè perpendicolare alla linea di terra;
- $\Phi$  filtro: piccoli per evitare forti disomogeneità di distribuzione ( $20 - 25 \text{ mm}$ );
- Tipo di  $\Phi$ : PVC, MCE con porosità  $0,8 - 5 \mu\text{m}$ ;
- La durata del prelievo è funzione della polverosità ambientale (di norma almeno di 2 h).

# Preselettore IOM

**IOM (Institute of Occupational Medicine)**

**Preselettore di nuova concezione con le migliori performance nella galleria del vento. Flusso 2 litri/minuto (corrispondente ad una velocità dell'aria all'orificio di 19 cm/sec)**



# PRESELETTORE BUTTON

- Di progettazione americana, è stato solo di recente importato in Europa.
- Funziona a 4 litri al minuto
- E' in corso una sperimentazione sulle polveri di legno



# TLVs per le polveri

I limiti dell'ACGIH per le polveri inalabili e respirabili sono attualmente in fase di aggiornamento; possiamo comunque riferirci a valori pubblicati precedentemente:

- Inhalable particulate mass:  $10 \text{ mg/m}^3$
- Respirable particulate mass:  $3 \text{ mg/m}^3$



# DETERMINAZIONE DELLA SILICE LIBERA CRISTALLINA

- Il campionamento è quello della frazione respirabile;
- si utilizzano vari tipi di preselettori (generalmente cicloni) quali Lippman, Dorr Oliver, Casella, SKC.
- Per ogni selettore, caratterizzato da una sua specifica curva granulometrica, è definito un preciso protocollo di campionamento.

# DETERMINAZIONE DELLA SILICE LIBERA CRISTALLINA

- Nel caso della silice libera cristallina, i preselettori più utilizzati sono del tipo a ciclone;
- La frazione respirabile può essere raccolta anche da frazionatori tipo elutriatore.

# **METODI DI ANALISI PER LA DETERMINAZIONE DEL QUARZO**

- DIFFRAZIONE AI RAGGI X**
- INFRAROSSO**

**N.B. IL METODO DEL CONTEGGIO DELLE PARTICELLE AL  
MICROSCOPIO E' STATO USATO IN PASSATO MA  
ATTUALMENTE E' STATO ABBANDONATO**

# **METODI DI ANALISI PER LA DETERMINAZIONE DEL QUARZO**

**IN ALTRE PAROLE, SE E' STATO USATO UN PRESELETTORE TIPO  
DORR OLIVER; CHI EFFETTUA LE ANALISI DOVRA' AVERE A  
DISPOSIZIONE UNA CURVA DI TARATURA PER IL QUARZO  
COSTRUITA CON LO STESSO TIPO DI CICLONE.**

# Campionamento delle fibre

Il campionamento di materiale fibroso può riguardare due aspetti distinti:

- Campionamento di materiali massivi (analisi delle materie prime) per la caratterizzazione del tipo di fibre contenute e quantificazione della % in peso.

- Campionamenti d'aria per la determinazione di fibre aerodisperse.

# Campionamento di materiali massivi

Consiste nel prelevare un frammento di alcuni grammi, uno per ogni strato o porzione omogenea del materiale in esame (ad. esempio un vecchio pavimento in linoleum dove si sospetta la presenza di amianto).

E' fondamentale durante il prelievo minimizzare la dispersione delle fibre, evitare inquinamenti e soprattutto l'operatore deve essere dotato di dispositivi di protezione idonei all'operazione che eseguirà (P3).

Il testo di legge vigente in materia è il DM 6-9-94 (applicazione 257/1992)

# Campionamento delle fibre di amianto

A seconda della tecnica analitica con la quale si determinerà la presenza di amianto si possono utilizzare membrane in:

- MCE interamente bianca o quadrettata per una facile lettura con la microscopia ottica a contrasto di fase (MOCF) (previa diafanizzazione della membrana);
- Filtri in policarbonato, poichè interamente trasparenti al microscopio elettronico.

# Campionamento personale delle fibre di amianto

I campionamenti personali sono generalmente utilizzati – ad esempio - durante operazioni di scoibentazione per valutare il fattore di rischio espositivo.

Si utilizzano membrane con  $\Phi$  di 25 mm e porosità di 0,8–1,2  $\mu\text{m}$ , alloggiati in portafiltri a faccia aperta con cuffia di protezione, ad un flusso di 1,7–1,9 l/min. per tutto il turno di lavoro, o almeno 4 ore di campionamento. Il risultato sarà fornito in n° di ff/cm<sup>3</sup>.



# Campionamenti d'area delle fibre d'amianto

- I campionamenti d'area sono invece adottati in casi di recupero dei locali dopo bonifica o per valutare l'eventuale rilascio di fibre in atmosfera da parte di superfici (es. eternit).
- Si utilizzano pompe di aspirazione di grande volume (10-12 l/min.) nelle medesime condizioni per filtri e selettori (rivolti verso il basso) del monitoraggio personale, con raccolta di almeno 3 m<sup>3</sup> d'aria per un intero turno lavorativo o di due frazioni per un totale di almeno 480 l (poi trattato come un solo campione).

- Un parametro fondamentale da considerare nel prelievo di fibre in aria è quello del carico che si otterrà sulla membrana: esistono degli intervalli di **valori di densità** per cui il conteggio è più o meno ottimale; ottimizzando la durata del prelievo si rendono meno probabili errori di sovrapposizione tra fibre e particelle; in ogni modo è il caso di far riferimento ai metodi standardizzati.

# **METODI DI ANALISI PER LA DETERMINAZIONE DELLE FIBRE DI AMIANTO**

- **CONTEGGIO DELLE FIBRE PER MEZZO DEL MICROSCOPIO OTTICO IN CONTRASTO DI FASE (MOCF)**
- **CONTEGGIO DELLE FIBRE PER MEZZO DEL MICROSCOPIO ELETTRONICO A SCANSIONE (SEM)**

## **METODI DI ANALISI PER LA DETERMINAZIONE DELLE FIBRE DI AMIANTO**

- **Prima della lettura in microscopia ottica, la membrana viene diafanizzata per trattamento con opportuna soluzione (triacetina)**
- **La membrana stessa e' predisposta per il conteggio (presenza di un reticolo)**

# INDAGINE DI IGIENE INDUSTRIALE

## TECNICHE MICROSCOPICHE PER LE FIBRE

### microscopia ottica in contrasto di fase

#### vantaggi:

rapidità di analisi

costo limitato

esistenza di una metodica standardizzata

#### svantaggi:

limitato potere risolutivo

difficoltà per riconoscere i tipi di fibra

# INDAGINE DI IGIENE INDUSTRIALE

## TECNICHE MICROSCOPICHE PER LE FIBRE

### microscopia elettronica a trasmissione

**vantaggi:** elevato potere risolutivo  
possibilità di riconoscere i tipi di fibra

**svantaggi:** costo elevato  
tempi di analisi lunghi  
non esiste una metodica standardizzata

# INDAGINE DI IGIENE INDUSTRIALE

## TECNICHE MICROSCOPICHE PER LE FIBRE

### microscopia elettronica a scansione

- vantaggi:**
- potere risolutivo intermedio
  - buona rapidità di analisi
  - possibilità di analisi morfologica migliore
  - possibilità di riconoscere i tipi di fibra
  - costo intermedio
- svantaggi:**
- non esiste una metodica standardizzata

# **VALUTAZIONE DEL DEGRADO SUPERFICIALE (UNI 10608)**

**Una tecnica per valutare il rilascio di fibre da materiali di cemento-amianto prevede un pratico metodo a strappo con l'uso di nastro adesivo posto a contatto con la superficie in esame; una volta rimosso, nel nastro si determina la massa di superficie strappata su unità di superficie  $\text{mg}/\text{cm}^2$ . Il metodo prevede la ripetizione di più misure in condizioni riproducibili.**



# Valutazione dei risultati del degrado superficiale

Massa del materiale distaccato mg/cm <sup>2</sup>	Stato della superficie
0 – 0,5	Ottimo
0,51 – 1,00	Buono
1,01 – 2,0	Scadente
>2.01	Pessimo