

Strategia di Valutazione dell'esposizione ad
Agenti Chimici e Cancerogeni negli
Ambienti di Lavoro mediante
Campionamenti

p.i. **Antonello Monte**
Resp. Igiene Industriale
ambiente@remarksrl.it

Riferimenti Legislativi

Fonte Normativa	Data	Titolo	Note
D. Lgs. 25/2002 n. 25 (Titolo VII bis del D.Lgs. 626/1994)	02 Febbraio 2002	Protezione della salute e della sicurezza dei lavoratori contro i rischi derivanti da agenti chimici durante il lavoro	<i>Piombo</i>
Titolo VII del D.Lgs. 626/1994	19 Settembre 1994	Protezione da agenti cancerogeni mutageni	
D. Lgs. 66/2000	25 Febbraio 2000	Protezione della salute e della sicurezza dei lavoratori contro i rischi derivanti da agenti cancerogeni o mutageni durante il lavoro	<i>Benzene Cloruro di Vinile Monomero Polveri di Legno Duro</i>
D.M. 26/02/2004	26 Febbraio 2004	Definizione di una prima lista di valori limite indicativi di esposizione professionale agli agenti chimici	
D. Lgs. 257/2006	25 Luglio 2006	Attuazione della direttiva 2003/18/CE relativa alla protezione dei lavoratori dai rischi derivanti dall'esposizione all' amianto durante il lavoro	<i>Abroga il D.Lgs. 277/1991 per la parte Amianto</i>
Direttiva 2006/15/CE	07 Febbraio 2006	Secondo elenco di valori indicativi di esposizione professionale	<i>Recepimento della Direttiva 98/24/CEE</i>

Riferimenti Normativi (D. Lgs. 626/1994 - Allegato VIII sexties articolo 72-sexies, comma 2)

Norma	Titolo
UNI EN 481:1994	Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Definizione delle frazioni granulometriche per la misurazione delle particelle aerodisperse
UNI EN 689:1997	Atmosfera nell'ambiente di lavoro - Guida alla valutazione dell'esposizione per inalazione a composti chimici ai fini del confronto con i valori limite e strategia di Misurazione
UNI EN 482:1998	Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Requisiti generali per le prestazioni dei procedimenti di misurazione degli agenti chimici
UNI EN 838:1998	Atmosfera nell'ambiente di lavoro - Campionatori diffusivi per la determinazione di gas e vapori - Requisiti e metodi di prova
UNI EN 1231:1999	Atmosfera nell'ambiente di lavoro - Sistemi di misurazione di breve durata con tubo di rivelazione - Requisiti e metodi di prova
UNI EN 1232:1999	Atmosfera nell'ambiente di lavoro - Pompe per il campionamento personale di agenti chimici - Requisiti e metodi di prova
UNI EN 1076:1999	Atmosfera nell'ambiente di lavoro - Tubi di assorbimento mediante pompaggio per la determinazione di gas e vapori - Requisiti e metodi di prova
UNI EN 12919:2001	Atmosfera nell'ambiente di lavoro - Pompe per il campionamento di agenti chimici con portate maggiori di 5 l/min - Requisiti e metodi di prova
UNI EN 1540:2001	Atmosfera nell'Ambiente di Lavoro. Terminologia

Valori Limite di Riferimento

I valori limite di riferimento devono essere considerati come una guida nella scelta dei criteri di prelievo dei campioni di aria e delle analisi conseguenti per poter stabilire il loro rispetto nei confronti di una valutazione del rischio ambientale

La scelta dei valori limite deve avvenire con i seguenti criteri:

- Legislazione Nazionale Italiana (D. Lgs. 25/2002 n. 25 , D. Lgs. 66/2000, D.M. 26/02/2004, D. Lgs. 257/2006);
- Direttive Europee (Direttiva 2006/15/CE);
- ACGIH.

Perché ACGIH

- Sono riportati sui CCNL;
- Sono adottati da Enti pubblici e privati;
- Sono adottati, in via di massima, dalla magistratura nei vari contenziosi;
- Vi sono chiari riferimenti nelle Norme UNI EN 481 e 689;
- Vengono aggiornati annualmente.

TLV o VLE (Valore Limite di Esposizione)

I *TLV*, o valori limite di soglia, rappresentano valori di concentrazione di sostanze aerodisperse al di sotto delle quali si ritiene che la maggior parte dei lavoratori possa rimanere esposta, ripetutamente giorno dopo giorno senza avere effetti negativi sulla salute.

A causa della notevole variabilità della sensibilità individuale, una piccola o ridotta percentuale di lavoratori può accusare disagio in presenza di alcune sostanze i cui valori di concentrazione siano pari o inferiori ai *TLV*, e ancora una piccola percentuale di individui può riscontrare un effetto più marcato per l'aggravarsi di condizioni persistenti o per l'insorgere di malattie professionali

Categorie di TLV

In igiene industriale sono contemplate 3 categorie di TLV:

- **TLV - TWA:** Valore Limite di Soglia
Media Ponderata nel Tempo
- **TLV - STEL:** Valore Limite di Soglia
Limite per Breve Tempo di Esposizione
- **TLV - C:** Valore Limite di Soglia
Ceiling

TLV - TWA

Concentrazione media ponderata nel tempo su una giornata lavorativa convenzionale di 8 ore e su 40 ore lavorative settimanali, alla quale si ritiene che quasi tutti i lavoratori possono essere esposti ripetutamente, giorno dopo giorno, senza effetti negativi

TLV - STEL

Concentrazione alla quale si ritiene che i lavoratori possono essere esposti per brevi periodi di tempo (15 min.), sempre che sia rispettato il TLV-TWA, senza che insorgano:

- *Irritazioni;*
- *Danno cronico o irreversibile;*

Il superamento del TWA fino al valore dello STEL:

- *Viene considerato come media ponderata su 15 minuti;*
- *Non deve ripetersi più di 4 volte al giorno;*
- *Devono intercorrere almeno 60 minuti tra due superamenti.*



divisione Formazione

TLV - C

Concentrazione che non deve MAI essere superata durante qualsiasi momento dell'esposizione lavorativa.

Campionamento istantaneo per sostanze nelle quali si riscontrano effetti irritativi immediati

Come vengono definiti?

- Esperienza nel campo industriale;
- Ricerche sperimentali sull'uomo o sugli animali;
- Combinazione dei fattori sopra citati

I criteri con cui vengono fissati variano a seconda del tipo di sostanza considerata e possono essere:

- Prevenire i danni per la salute;
- Eliminare fenomeni irritativi;
- Prevenire la riduzione dello stato di vigilanza;
- Prevenire la riduzione dello stato di disagio

Come devono essere utilizzati?

Come orientamento e raccomandazione per la prevenzione dei rischi per la salute nell'ambiente di lavoro e **non possono** essere impiegati per altri fini quali:

- Controllo dell'inquinamento atmosferico;
- Valutazione delle esposizioni oltre l'orario di lavoro;
- Quando le condizioni di lavoro, le sostanze e i processi sono diversi da quelli degli Stati Uniti d'America.

Questi valori non costituiscono una linea netta tra condizione di pericolosità o meno

Limite delle escursioni

Per le sole sostanze per le quali è previsto solo il valore TLV – TWA:

- Le esposizioni di breve durata non possono superare un valore pari a 3 volte il TLV – TWA per non più di 30 minuti nella giornata di lavoro;
- In nessun caso si deve superare un valore pari a 5 volte il TLV – TWA.

Presupposto importante è che il TLV – TWA non venga comunque

**MAI
superato**

Limite delle escursioni

I valori TLV – TWA permettono superamenti che devono essere decisi in base a:

- Natura della sostanza;
- Capacità di causare intossicazione acuta;
- Capacità di causare effetti irritativi immediati;
- Possibilità di effetti cumulativi;
- Frequenza e durata di tali superamenti.

Il valore TLV – TWA non è appropriato quando si tratta di sostanze con azione prevalentemente rapida.

Norma UNI EN 689 – Guida alla valutazione dell'esposizione per inalazione a composti chimici ai fini del confronto con i valori limite e strategia di misurazione

La valutazione in termini rappresentativi dell'esposizione nel posto di lavoro alle sostanze contaminanti contenute nell'aria è impegnativa perché:

- **I processi industriali e gli agenti utilizzati sono innumerevoli**
- **Ogni fase di produzione può comportare condizioni diverse e agenti differenti**
- **Le condizioni di esposizione dell'operatore svolgendo funzioni diverse possono essere differenti**
- **La distanza dalle fonti emissione e i parametri fisici (velocità di emissione, corrente d'aria variazioni meteorologiche) esercitano una notevole influenza.**

Norma UNI EN 689 – Guida alla valutazione dell'esposizione per inalazione a composti chimici ai fini del confronto con i valori limite e strategia di misurazione

Quando si effettuano misure è necessario tenere conto di 2 fasi distinte:

- **La valutazione dell'esposizione professionale**
- **Misurazioni periodiche.**

La valutazione dell'esposizione professionale

Strategia di valutazione

si articola in tre fasi:

- identificazione dell'esposizione potenziale (elenco di sostanze);
- determinazione dei fattori relativi al posto di lavoro;
- valutazione delle esposizioni.
 - valutazione iniziale
 - analisi di base
 - analisi dettagliata

La valutazione dell'esposizione professionale

Strategia di misurazione

Per ottenere dati quantitativi sull'esposizione attraverso la misurazione, si dovrebbe prevedere un approccio che consenta l'utilizzo più efficiente possibile delle risorse.

- **Selezione degli addetti per la misurazioni di esposizione**

indicazioni generali: - scelta casuale degli addetti
- scelta di gruppi omogenei

- **Misurazioni in un punto fisso:** i campioni devono essere prelevati all'altezza delle vie respiratorie e nelle immediate vicinanze degli addetti;

- **Selezione delle condizione di misurazione:**

- Misurazioni rappresentative
- Misurazioni nelle condizioni peggiori (per comprendere episodi con esposizioni più elevate)

Indice di Rischio

Per una data sostanza è rappresentato dal rapporto tra il valore di concentrazione ricavato e il valore limite specifico (TWA, STEL o C)

- $R = 1$: La situazione indagata risulta al limite della tollerabilità;
- $R > 1$: La situazione indagata risulta superare il valore limite tollerabile (più si supera il valore unitario più la situazione risulta preoccupante);
- $R < 1$: La situazione risulta accettabile (quanto più si è prossimi allo zero tanto più la situazione è sicura)

Misurazioni periodiche

- Dirette ad obiettivi di lungo termine
- Informazioni sulle tendenze o i cambiamenti nel tipo di esposizione

Misurazioni periodiche

L'intervallo tra una misurazione e l'altra dovrebbe essere stabilito dopo aver considerato i seguenti fattori:

- Ciclo di processo
- Conseguenze del mancato controllo
- Prossimità al valore limiti
- Efficacia dei controlli di processo
- Tempo richiesto per ripristinare il controllo variabilità

Norma UNI EN 482 - Requisiti generali per le prestazioni dei procedimenti di misurazione degli agenti chimici

Data l'importanza dei procedimenti di misurazione nel processo di valutazione dell'esposizione, la norma fornisce alcuni requisiti generali.

Contiene i seguenti procedimenti di misurazione:

- misurazioni di valutazione preliminare della concentrazione media nel tempo
- misurazioni di valutazione preliminare della variazione di concentrazione nel tempo e/o nello spazio
- misurazioni presso un fonte di emissione
- misurazioni per confronto con i valori limite
- misurazioni periodiche

I metodi di prova per i procedimenti di misurazione sono forniti in termini generali

Norma UNI EN 482 - Requisiti generali per le prestazioni dei procedimenti di misurazione degli agenti chimici

Sono descritti inoltre i seguenti requisiti prestazionali :

- non ambiguità
- selettività
- incertezza globale, campo di misurazione minimo specificato, tempo di stabilizzazione
- condizioni ambientali (temperatura, umidità, pressione)
- descrizione del procedimento di misurazione
- dimensione del risultato (il risultato di una misurazione deve essere espresso nella stessa unità di misura del valore limite)

Cosa e come possiamo campionare?

- Polveri organiche ed inorganiche;
- Fibre;
- Aerosol;
- Gas e Vapori.

Campionamento selettivo



Analisi con meno interferenze

Polveri Frazione Respirabile
Campionamento: Ciclone Selezionatore
Analisi: Gravimetrica

Campionamento poco selettivo



Analisi più complesse e lunghe

Sostanze Organiche Volatili
Campionamento: Fiala Carboni Attivi
Analisi: in GC-MS

Cosa e come possiamo campionare?

Principali inquinanti chimici che si possono ricercare nei vari comparti produttivi

- Ceramiche: polveri, metalli, solventi, silice libera cristallina
- Cementifici: polveri, silice libera cristallina
- Fonderie: polveri, CO, NO_x, SO₂, alcol furfurilico, furfurolo, aldeide formica, fenolo, silice libera cristallina
- Vetriere: polveri, metalli, CO, NO_x, SO₂
- Metalmeccaniche: Fumi di saldatura, CO-NO_x- O₃ polveri, metalli, solventi organici
- Galvaniche: metalli, CN-, solventi organici
- Calzaturifici: solventi organici, eventuali polveri di scarnitura (Cr)
- Pelletterie: solventi organici, Ammoniaca.
- Falegnamerie: polvere di legno, solventi organici.
- Verniciatura: solventi organici.
- Industria grafica: Solventi organici.
- Industria Chimica e farmaceutica: solventi organici, composti organici, polveri.
- Decalcomanie: solventi organici, metalli
- Vetroresina: stirene
- Finta pelle: solventi organici, DMF.
- Plastica: VCM, MDI, TDI, solventi organici.
- Tessile: polveri di cotone, polveri di coloranti, aldeide formica, composti organici, ammine aromatiche
- Lavanderie: percloroetilene.
- Vari settori (come materiale di coibentazione): amianto

Sostanze Organiche Volatili

- Campionamento: Fiala a carboni attivi per la selezione di molecole organiche rispetto ad altre (inorganiche, CO₂, NO_x...)
- Estrazione: Con solventi opportuni o desorbimento termico
- Analisi: Con tecniche Gascromatografiche (GC-MS, GC-FID, GC-ECD...)

Fibre Asbestiformi

- Campionamento: Raccolta della frazione aerodispersa su filtri
- Analisi: MOCF o SEM

Metalli

- Campionamento: Su filtri
- Demineralizzazione
- Analisi: AAS o ICP Plasma

Altri inquinanti

METODO DI CAMPIONAMENTO	TIPO DI INQUINANTE	METODO DI ANALISI
filtri micropori (0,8 micron)	Polveri silicotigene	Gravimetria, Diffrattometria RX, FT-IR
Tubi con carbone attivo	Stirene VCM	Gas cromatografia o GC/MS
Tubi con gel di silice	Dimetilformammide Ammine alifatiche Ammine aromatiche	Gas cromatografia o GC/MS
Tubi con vari supporti (esempio: spugne poliuretatiche, allumina, amberlite ecc.)	IPA Ammine alifatiche Ammine aromatiche	Gas cromatografia o GC/MS HPLC
Gorgogliatori con soluzioni assorbenti	Aldeide formica Ammoniaca, MDI-TDI. Fenolo ecc	Spettrofotometria UV-visibile
Gorgogliatori con soluzioni assorbenti	Fluoruri	Elettrodo specifico, Cromatografia ionica
Gorgogliatori con soluzioni assorbenti	CN ⁻ NH ₃	Titolazione
Prelevamento diretto	CO-NO _x -SO ₂ - O ₃	Strumenti automatici in continuo o a lettura istantanea (I.R.- Chemiluminescenza-Fluorescenza UV- Fotometria UV)

Metodi di Campionamento ed Analisi

- UNICHIM;
- UNI;
- NIOSH;
- OSHA;
- ASTM;
- EPA;
- Ecc...

Generalmente il metodo deve essere scelto secondo quanto pubblicato da questi enti, è possibile utilizzare metodiche non “ufficiali” (metodi interni di laboratorio o forniti dai costruttori di fiale) ma che garantiscano la qualità del risultato

Tipi di Campionamento

■ Campionamento personale:

Si effettua prelevando l'aria attraverso un campionatore personale, indossato dall'operatore mentre svolge le sue mansioni (si tratta di una pompetta tarata che preleva quantità note di aria nel tempo e fa assorbire gli inquinanti presenti nell'aria in idonei sistemi di fissaggio). E' più adatto quindi a misurare l'esposizione media del lavoratore alle diverse sostanze: permette di valutare il rischio, ma non aiuta a trovare soluzioni di miglioramento e prevenzione.



Tipi di Campionamento

■ Campionamento ambientale:

Prevede di monitorare specificatamente alcune fasi lavorative per determinare la concentrazione delle sostanze che si diffondono nell'ambiente. Può essere realizzato con la finalità di verificare la concentrazione di sostanze pericolose nell'ambiente in cui operano i lavoratori (nelle cabine di controllo, vicino alle macchine utilizzate), però e' più adatto a mettere a fuoco quali sono le fasi critiche di un processo lavorativo. In questo caso il campionamento ambientale si effettua prelevando l'aria vicino ai punti critici dell'impianto e durante i momenti critici (per esempio vicino alle pompe di carico prodotti, durante la fase di carico; vicino al punto di prelievo campioni, durante l'operazione). E' particolarmente utile per identificare le scelte di bonifica e successivamente per testarne l'efficacia.



Sistemi di Campionamento

- **Attivi:** Il flusso d'aria che cattura un inquinante viene assistito da una pompa che governa i flussi
- **Passivi:** Avvengono per diffusione dell'inquinante su supporti adatti (UNI EN 838)



Campionatori diffusivi (gas e vapori)

- **A lettura diretta:** Rilevatori Colorimetrici (Stima delle concentrazioni)



- **A lettura indiretta:** Prevede il campionamento e l'analisi in momenti separati; Raccolta del campione su un tubo diffusivo il quale viene successivamente recuperato per poi essere analizzato
 - Assorbimento su solido e desorbimento con solvente
 - Assorbimento su solido e desorbimento termico (non applicabile a sostanze termolabili)
 - Assorbimento su liquido e successiva analisi della soluzione

Norme di riferimento: UNI EN 1231

Pompe per il campionamento personale e fisso

**Sono dispositivi capaci di catturare volumi definiti di aria
La verifica dei flussi avviene tramite Flussimetro calibratore**

Caratteristiche delle pompe:

- Sistema di aggancio all'operatore;
- Indicatore di anomalie;
- Dispositivo di interruzione della corrente in caso di cortocircuito;
- Sistema di regolazione della portata;
- Controllo automatico della portata;
- Massa $\leq 1,2$ kg;
- No spigoli vivi;
- Autonomia di almeno 2 h (preferibilmente 8 h);
- Autonomia di funzionamento alle diverse portate (Specifiche del costruttore)

Nel caso di blocco ≥ 2 min la pompa deve disattivarsi Istruzioni d'uso nella lingua della nazione dove è commercializzata

Pompe per il campionamento personale



Norma di riferimento: **UNI EN 12919**
UNI EN 1232

Tubi di assorbimento per la determinazione di gas e vapori

- Cilindri di dimensioni definite con all'interno una fase stazionaria in grado di trattenere l'inquinante
- Solido o supporto impregnato con reagente per desorbimento con solvente; è costituito da 2 letti assorbenti in serie (sezione di guardia o back).
- Solido o supporto impregnato con reagente per desorbimento termico (singolo letto assorbente come resina polimerica porosa)



Norma UNI EN 481 - Definizione delle frazioni granulometriche per la misurazione delle particelle aerodisperse

Questa norma definisce le caratteristiche delle particelle aerodisperse in base al loro diametro aerodinamico.

- Frazione inalabile: la frazione che viene inalata attraverso naso e bocca
- Frazione extra toracica: la frazione in massa delle particelle inalate che non penetra oltre la laringe.
- Frazione toracica: la frazione in massa delle particelle inalate che penetra oltre la laringe
- Frazione tracheo bronchiale: la frazione in massa delle particelle inalate che penetra oltre la laringe, ma che non giunge alle vie respiratorie non ciliate.
- Frazione respirabile: la frazione in massa delle particelle inalate che penetra nelle vie respiratorie non ciliate

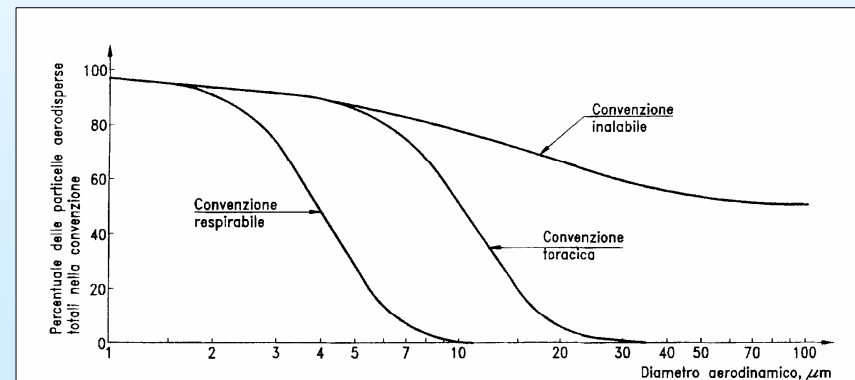
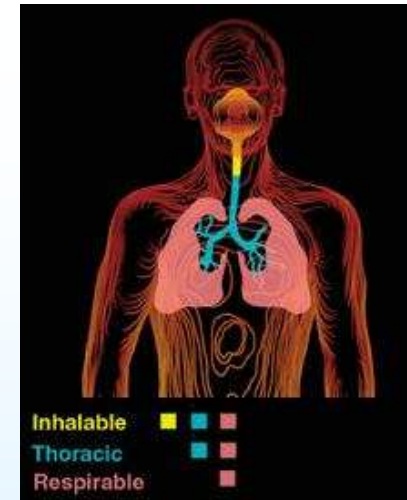


Fig. 1 - Le convenzioni inalabile, toracica, respirabile come percentuali delle particelle aerodisperse totali

Sistemi di Campionamento

- **Campionamento delle frazione inalabile**
 - Preselettore per polveri Inalabili IOM
 - Preselettore a Cono
 - Preselettore a Sette Fori
 - Preselettore Button Sampler
 - Preselettore a Cassetta (3 o 2 Parti)

Sistemi di Campionamento

PORTA MEMBRANA IOM



PORTAMEMBRANA + CONO DI RIDUZIONE



Sistemi di Campionamento

- Campionamento delle frazione respirabile
 - Ciclone Dorr Oliver (o ciclone di nylon)
 - Ciclone SKC in plastica conduttiva
 - Ciclone SKC in alluminio
 - Ciclone GS in plastica conduttiva a 3 vie d' ingresso
 - Ciclone GK 2.69

Sistemi di Campionamento

CICLONE SELEZIONATORE GS-3



CICLONE DORR OLIVER





divisione Formazione

Grazie per l'attenzione

p.i. Antonello Monte
Resp. Igiene Industriale
ambiente@remarksrl.it