

UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Insegnamento di Igiene del lavoro – norme UNI

Dott. Andrea Martinelli

*Dipartimento di Scienze Cardio-Toraco-Vascolari
e Sanità Pubblica*



D. Lgs 81/08, titolo IX, capo I, art. 225: «.....il datore di lavoro, periodicamente ed ogni qualvolta sono modificate le condizioni che possono influire sull'esposizione, provvede ad effettuare la misurazione degli agenti che possono presentare un rischio per la salute, con **metodiche standardizzate** di cui è riportato un elenco meramente indicativo nell'ALLEGATO XLI...»



ALLEGATO XLI

DEFINIZIONI

UNI EN 1540/2001

UNI EN 481/1994

UNI EN 1231/1999

UNI EN 1232/1999

SISTEMI DI CAMPIONAMENTO

UNI EN 1076/1999

UNI EN 838/98

UNI EN 12919/2001

STRATEGIE DI CAMPIONAMENTO

UNI EN 482/98

UNI EN 689/97

UNI EN 689/2019



UNI EN 1540/2001

Atmosfera nell'ambiente di lavoro: Terminologia

Definisce i termini impiegati nel campo dell'atmosfera nell'ambiente di lavoro per evitare ambiguità. I termini vengono nelle varie lingue (italiano, inglese, francese, tedesco).



UNI EN 481/1994

Atmosfera nell'ambiente di lavoro: Definizione delle frazioni granulometriche per la misurazione delle particelle aerodisperse

Definisce le convenzioni di campionamento per le frazioni granulometriche delle particelle che devono essere utilizzate per valutare i possibili effetti sanitari derivanti dall'inalazione di particelle aerodisperse nell'ambiente di lavoro.



LA FRAZIONE INALABILE

La frazione in massa delle particelle aerodisperse totali che viene inalata attraverso naso e bocca.

Storicamente con il termine inalabile ci si riferisce a particelle con diametro aerodinamico compreso nel range 0 - 100 μm .

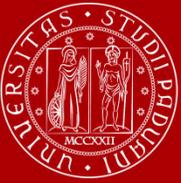
Tale frazione è di interesse per tutte le lavorazioni industriali poiché se è presente un'azione tossicologica essa si manifesta già a contatto con le mucose nasali.



LA FRAZIONE TORACICA

Coincide con la frazione in massa delle particelle inalate che penetra oltre al laringe, è anche detta tracheobronchiale e non raggiunge la zona alveolare.

Storicamente la frazione toracica si riferisce a particelle con diametro aerodinamico tra i 10 ed i 30 μm ; con valore mediano fissato a 11,64 μm .



LA FRAZIONE RESPIRABILE

La frazione in massa delle particelle inalate che penetra nelle vie respiratorie non ciliate (zona alveolare), costituita da particelle con diametro aerodinamico inferiore a $5 \mu\text{m}$ con valore di mediana fissato a $4,25 \mu\text{m}$.

Questa frazione è di interesse solo per lavorazioni che contemplano l'uso di materiali con azione specifica sui polmoni (es. quarzo ed amianto).

La *frazione toracica* e quella *respirabile* sono contenute nella frazione inalabile.



Strategie di campionamento

UNI EN 482/1998 (aggiornata 2012)

Atmosfera Ambiente di Lavoro: requisiti generali per le prestazioni dei procedimenti di misurazione degli agenti chimici

UNI EN 689/1997

Atmosfera 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 Ambiente di Lavoro: requisiti generali per le prestazioni dei procedimenti di misurazione degli agenti chimici

Specifica i requisiti di prestazione generali di *performance* delle procedure per la misura degli agenti chimici negli ambienti di lavoro. Tali requisiti si applicano a tutti i procedimenti di misurazione, indipendentemente dalla natura chimica e dallo stato fisico dell'agente (gas, vapore, aerosol) e dal metodo di campionamento o di analisi utilizzato.



UNI EN 482/1998-requisiti prestazionali

- non ambiguità
- selettività
- incertezza globale
- campo di misurazione minimo specificato
- tempo di stabilizzazione
- procedimenti misti (trasporto, prelievo, analisi)
- condizioni ambientali
- descrizione del procedimento di misurazione
- dimensione del risultato



- **NON AMBIGUITÀ**

il risultato della misurazione della concentrazione di un agente chimico non deve essere ambiguo.

- **SELETTIVITÀ**

grado di indipendenza dalle interferenze.



REQUISITI DI SELETTIVITA'

- **se la composizione dell'aria non è nota:**
il metodo o lo strumento dovrebbero avere un'alta selettività
- **se la composizione dell'aria è nota:**
la selettività può essere inferiore verificato che la misura non è influenzata dalla presenza di altri agenti



- **INCERTEZZA GLOBALE DI UNA MISURA:** accuratezza, precisione ed errori sistematici

$$I. G. = \frac{|x - x_{ref}| + 2S}{x_{ref}} \cdot 100$$

- x : valore medio di almeno 6 misure ripetute
- x_{ref} : valore di riferimento reale o “accettato” della concentrazione
 - S : è la SD di “n” misure (almeno 6)

Un metodo analitico dovrebbe essere in grado di misurare una frazione pari a **1/10** del valore di riferimento con un'incertezza di misura $\leq 50\%$



- **PROCEDIMENTI MISTI**

i requisiti relativi all'incertezza globale devono essere rispettati in tutto il processo di misurazione compresa la conservazione e il trasporto.

- **CONDIZIONI AMBIENTALI**

deve essere specificato il campo di condizioni ambientali (temperatura, umidità, pressione) nelle quali sono soddisfatti i requisiti già citati.



- **DESCRIZIONE DEL PROCEDIMENTO DI MISURAZIONE**

la descrizione deve contenere tutte le informazioni necessarie a eseguire il procedimento.

- **DIMENSIONE DEL RISULTATO**

il risultato finale di un procedimento di misurazione deve essere espresso nelle stesse unità di misura usate per il valore limite.



UNI EN 689/1997

Atmosfera 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

La strategia comprende due fasi:

1. valutazione dell'esposizione e confronto con il valore limite;
2. misurazioni periodiche per controllare se le condizioni di esposizione sono cambiate.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

UNI EN 689/2019

Esposizione nei luoghi di lavoro – Misurazione dell’esposizione per inalazione agli agenti chimici – Strategia per la verifica della conformità coi valori limite di esposizione occupazionale

BS EN 689:2019



BSI Standards Publication

**Workplace exposure - Measurement of exposure by
inhalation to chemical agents - Strategy for testing
compliance with occupational exposure limit values**



Nuova revisione della EN 689

Struttura e contenuti

- Introduzione
- Scopo e campo di applicazione
- Riferimenti normativi
- Definizioni e abbreviazioni
- Parte generale (panoramica schematica della strategia)
- Valutazione dell'esposizione professionale
- Resoconto
- Rivalutazione periodica



Nuova revisione della EN 689 Allegati

- Allegato A - Valutazione dell'esposizione
- Allegato B - Valori limite di esposizione professionale per la verifica di conformità
- Allegato C - Esposizione simultanea a più agenti chimici nel luogo di lavoro
- Allegato D - Profilo dell'esposizione e durata del campionamento
- Allegato E - Controllo della distribuzione delle misurazioni dell'esposizione e identificazione dell'esposizione eccezionale all'interno del SEG
- Allegato F - Verifica di conformità agli OELV
- Allegato G - Calcolo dell'esposizione con un turno di lavoro più lungo di 8 ore
- Allegato H - Esposizione minore del limite di quantificazione
- Allegato I - Intervallo delle misurazioni periodiche

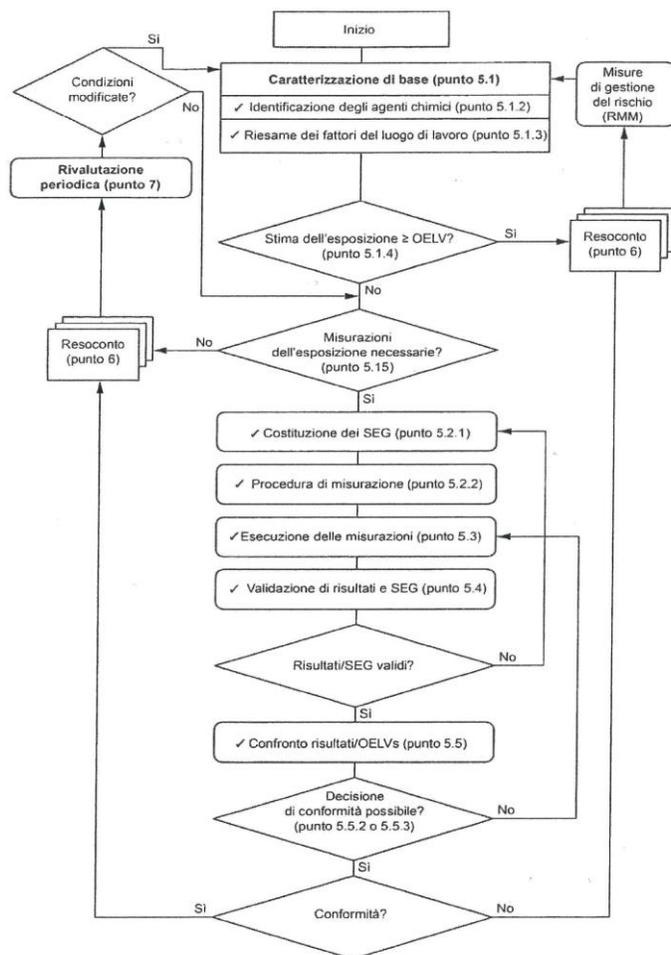


Novità introdotte

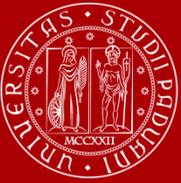
- Introduzione della figura del “*valutatore*”, qualificata in quanto dotata di competenze ed esperienze di igiene industriale e di autonomia
- Utilizzo di modelli statistici per una valutazione più affidabile del rispetto dei valori limite tenendo conto che il numero minimo dei campionamenti non può essere inferiore a 6
- Valutazione di esposizione anomale, inferiori o superiori al turno di lavoro
- Valutazione dell’esposizione a più agenti chimici tenendo conto degli effetti additivi e sinergici
- Valutazione per dati al di sotto del limite di quantificazione



Valutazione dell'esposizione strategie di misurazione



- Caratterizzazione di base dei luoghi di lavoro
- Costituzione dei gruppi di esposizione simile
- Selezione di una procedura di misurazione idonea
- Esecuzione delle misure dell'esposizione
- Validazione dei risultati delle misurazioni e dei SEG
- Confronto dei risultati con il valore limite
- Registrazione dei risultati
- Valutaz. esposiz. per frequenza misure periodiche



Caratterizzazione di base e stima dell'esposizione

Prima di condurre le misurazioni dell'esposizione, devono essere considerati il luogo di lavoro e il profilo di esposizione.

La caratterizzazione di base dei determinanti dell'esposizione avviene in tre fasi:

1. identificazione degli agenti chimici e altre informazioni richieste;
2. revisione dei fattori sul posto di lavoro;
3. stima dell'esposizione.



Caratterizzazione di base

Tutte le informazioni raccolte durante la caratterizzazione di base devono essere utilizzate per:

- stabilire se le misure sono necessarie o meno
- costituire i diversi SEG

In questa fase la norma prevede la possibilità di utilizzare strumenti di monitoraggio a lettura diretta per fornire informazioni su livello di esposizione approssimativo, lo schema di esposizione e la variabilità dell'esposizione



Agenti chimici presenti

- elenco di tutti gli agenti chimici presenti (prodotti base, impurità, intermedi, prodotti di reazione, prodotti finali);
- proprietà pericolose, classificazione ed etichettatura;
- valori limite appropriati in funzione dell'obiettivo della valutazione;
- se l'esposizione cutanea e orale degli agenti chimici è rilevante;
- informazioni aggiuntive come quantità utilizzata, tensione di vapore, temperatura



Fattori legati al posto di lavoro

- Organizzazione del lavoro (mansioni, turni di lavoro, funzioni)
- Ciclo produttivo
- Procedure e precauzioni di sicurezza
- Presenza di sistemi di ventilazione
- Sorgenti di emissione
- Periodi, frequenza e durata delle esposizioni
- Comportamento dei lavoratori



Stima dell'esposizione

Le possibili fonti di informazione includono:

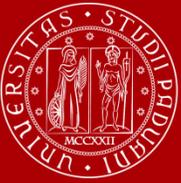
- risultati di misurazioni precedenti su questo posto di lavoro, anche da strumenti di lettura diretta;
- risultati della misurazione da installazioni o processi di lavoro comparabili (banche dati, letteratura, ecc.);
- calcoli basati su informazioni quantitative pertinenti;
- modellazione dell'esposizione (impiego di algoritmi).



Stima dell'esposizione

I risultati della caratterizzazione di base portano a una delle seguenti decisioni:

- l'esposizione è superiore al VL (non conformità): segnalare e consigliare un programma per ridurre le esposizioni, prima di effettuare misurazioni per verificare la conformità.
- l'esposizione è *ben al di sotto del valore VL (conformità)*: verificare se le misure sono necessarie o meno.
- le informazioni disponibili sull'esposizione **non sono sufficienti** per decidere in merito all'osservanza del VL: sviluppare un **piano di campionamento**.



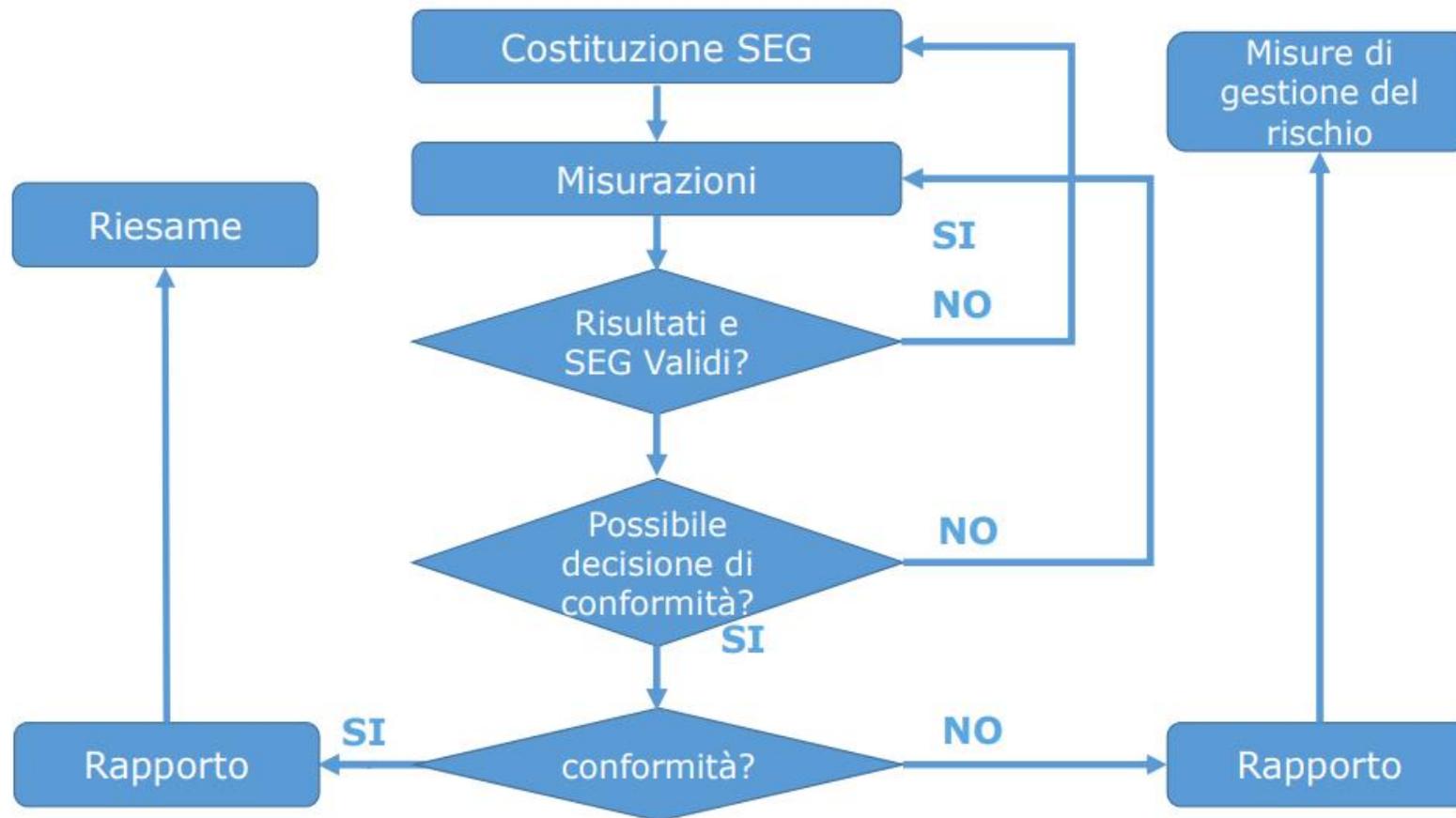
Stima dell'esposizione

Esempi in cui è possibile decidere che l'esposizione è molto minore all' OELV:

- capacità di rilascio bassa per via delle condizioni di uso o delle proprietà chimico fisiche della sostanza (x es. alto punto di ebollizione con bassa temperatura di lavoro, bassa propensione alla formazione di polvere)
- condizioni operative non danno luogo a formazione di aerosol
- utilizzo di piccole quantità
- sono possibili basse emissioni per via della breve durata di utilizzo



Valutazione dell'esposizione





Strategia di campionamento

1. Costituzione dei SEGs
2. Specifica della procedura di misurazione



Costituzione dei SEGs

Nella pratica non è possibile misurare l'esposizione di tutti i lavoratori nel corso di una giornata lavorativa.

Per ottenere dati quantitativi delle misurazioni delle esposizioni si deve adottare un approccio che consenta un uso efficace delle risorse.

Misurare l'esposizione per un numero ridotto di lavoratori appartenenti ad un SEG per il confronto con il valore limite.

Se le misurazioni dell'esposizione per alcuni lavoratori indicano che vi è il rispetto del valore limite, si considera che lo siano per tutti i lavoratori del SEG.



Definizione di Similar Exposure Groups (SEGs)

Gruppo di lavoratori aventi lo stesso profilo di esposizione generale per gli agenti chimici studiati a causa della similarità e della frequenza delle operazioni eseguite, dei materiali, dei processi con cui lavorano e della similarità del modo in cui si eseguono le operazioni unitarie

***ALL'INTERNO DI UNA MANSIONE POSSONO ESSER INDIVIDUATI
PIU' SEG***



Procedure di misurazione

Le procedure di campionamento e analisi devono essere rappresentative dell'attività lavorativa e rispondere ai requisiti riportati nella norma UNI 482 (e ad altre norme ad essa collegata, per esempio quelle riportate in allegato XLI del D. Lgs 81/08).

Se non è possibile i motivi devono essere riportati nella relazione.



Procedure di misurazione

Si devono utilizzare dispositivi di **campionamento personali**, fissati vicino alle vie respiratorie, i lavoratori devono essere informati sullo scopo della misurazione e devono essere fornite raccomandazioni sul comportamento da tenere durante il campionamento.

Sistemi di misurazione in posizione fissa possono essere utilizzati per valutare eventuali aree a rischio e i prelievi vanno effettuati all'altezza delle vie respiratorie o, in caso dubbio, va considerato il punto di maggior rischio.



Procedure di misurazione

Deve essere garantita la rappresentatività del campionamento e quindi prevedere l'esecuzione di più misure tenendo conto di alcuni fattori quali:

- Stagionalità: in funzione dell'influenza delle situazioni microclimatiche
- Attività giornaliera: in giornate distinte o più operatori nella stessa giornata
- Turni: sui tre turni



Procedure di misurazione: durata dei campionamenti

- La durata del campionamento dovrebbe essere quanto più possibile vicina al periodo di riferimento del OELV utilizzato per la valutazione ed essere scelta per descrivere in modo rappresentativo l'esposizione del lavoratore durante il proprio di turno di lavoro. Esempi di profili di esposizione possibili sono riportati nell'allegato D della norma.
- La durata del campionamento è un fattore importante che può influenzare la rappresentatività delle misurazioni; la durata del campionamento può essere superiore al periodo di riferimento del OELV scelto se è necessario ottenere misure rappresentative di turni di lavoro prolungati (> 8h).
- Quando è possibile identificare chiaramente episodi con esposizioni più elevate, i periodi di prelievo dei campioni possono essere selezionati in modo da comprendere questi episodi.



Procedure di misurazione: durata dei campionamenti

TWA:

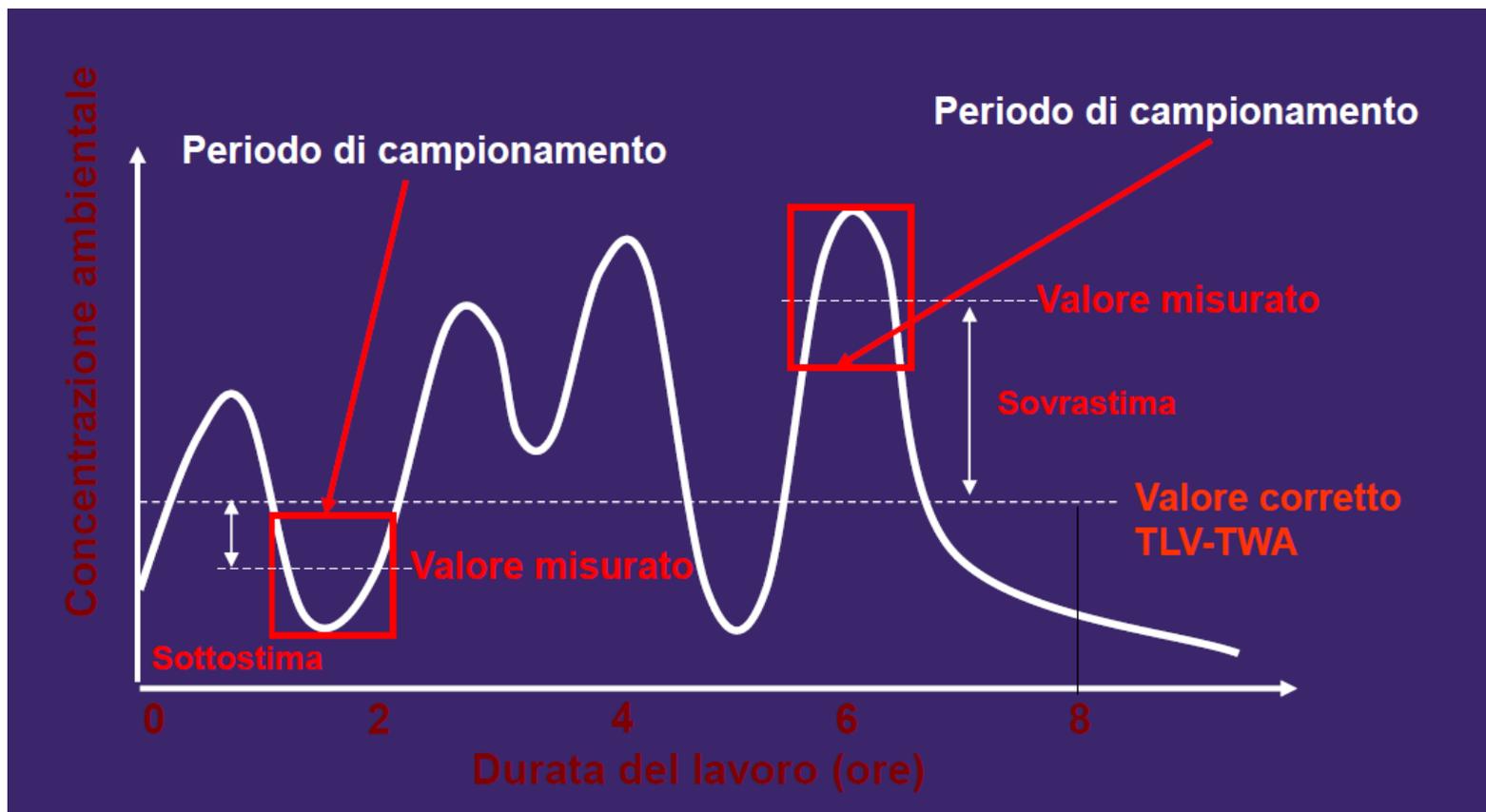
- Esposizione costante: $2h \leq t_{\text{camp}} \leq$ turno di lavoro (minimo 2 h).
- Esposizione non costante: $t_{\text{camp}} > 2h$ e il più possibile vicino alla durata del turno.
- Se la durata dell'esposizione è inferiore alle 2 h, dovrebbe coprire l'intero periodo di esposizione.

STEL:

Campionamento di 15 minuti.



Procedure di misurazione: durata dei campionamenti





Validazione dei dati e dei SEGs

Prima di valutare la conformità con OELV è necessario considerare la validità di ciascuna misurazione e utilizzare le misurazioni per confermare se i SEGs ipotizzati siano validi.

1. Validazione dei risultati delle misurazioni, particolare attenzione se un dato è particolarmente alto o basso rispetto agli altri. L'eventuale rimozione di risultati e le motivazioni devono essere esplicitamente descritte nel resoconto finale.
2. In funzione della sua esperienza, delle informazioni raccolte durante le misurazioni e la caratterizzazione di base, il valutatore deve essere in grado di confermare la costituzione dei SEGs. Se il numero di misurazioni valide è almeno 6, si deve procedere con l'analisi statistica della distribuzione dei dati al fine confermare la costituzione dei SEGs (Allegato E).



Conformità con gli OELV

Una volta validati i dati e la costituzione dei SEGs si possono usare i risultati dei campionamenti per verificare la conformità con gli OELVs scelti attraverso due test:

1. Test preliminare

2. Test statistico



Test preliminare

Richiede da tre a cinque misure valide all'interno di un SEG

- a) se tutti i risultati sono al di sotto:
 - 1) 0,1 OELV per un gruppo di tre misure di esposizione;
 - 2) 0,15 OELV per un gruppo di quattro misure di esposizione;
 - 3) 0,2 OELV per un gruppo di cinque misure di esposizione.

Si può considerare che il valore limite non è superato



- b) se anche solo uno dei risultati è maggiore del valore limite allora l'esposizione è superiore al valore limite.
- c) se tutti i risultati sono al di sotto del valore limite ma anche un solo dato superiore a 0,1 OELV (tre misure) or 0,15 OELV (quattro misure) or 0,2 OELV (5 misure) non è possibile concludere se vi è il rispetto del limite ed allora sono necessarie ulteriori misure per poter applicare test statistici di valutazione.



Test statistico

Il valutatore deve scegliere un metodo che sia in grado di stabilire, con un livello di confidenza di almeno il 70% se le esposizioni superiori al valore limite occupazionale siano o meno inferiori al 5% (Allegato F).

Nel caso la percentuale sia inferiore al 5% allora il valore limite è rispettato.

Almeno 6 misure



Conclusione della valutazione

- A) **L'esposizione supera il VL**
- identificazione delle ragioni e provvedimenti per porvi rimedio
 - ripetere la valutazione dopo i provvedimenti
- B) **L'esposizione è ben al di sotto del VL**
- non sono necessarie misure periodiche
- C) **L'esposizione non rientra nelle categorie A e B.**
- si richiedono misure periodiche



Resoconto

- nome della persona/ente che esegue la valutazione e le misure
- nome delle sostanze esaminate
- nome e indirizzo dell'azienda
- descrizione delle condizioni di lavoro durante le misure
- scopo della misura
- procedura di misurazione
- data, fine e inizio campionamento
- eventi o fattori che possono influenzare i risultati
- dettagli della eventuale garanzia di qualità
- risultato del confronto con il valore limite



Allegati 689/19

- Allegato A - Valutazione dell'esposizione
- Allegato B - Valori limite di esposizione professionale per la verifica di conformità
- Allegato C - Esposizione simultanea a più agenti chimici nel luogo di lavoro
- Allegato D - Profilo dell'esposizione e durata del campionamento
- Allegato E - Controllo della distribuzione delle misurazioni dell'esposizione e identificazione dell'esposizione eccezionale all'interno del SEG
- Allegato F - Verifica di conformità agli OELV
- Allegato G - Calcolo dell'esposizione con un turno di lavoro più lungo di 8 ore
- Allegato H - Esposizione minore del limite di quantificazione
- Allegato I - Intervallo delle misurazioni periodiche



Allegato A – Valutazione dell’esposizione

Guida per decidere se le misurazioni sono consigliabili oppure se possono essere utilizzati altri approcci. In aggiunta alle misurazioni, i metodi proposti includono:

- misurazioni nel caso ragionevolmente peggiore
- misurazione di parametri tecnici (velocità dell’aria, tasso di ricambio dell’aria)
- calcolo dell’esposizione (utilizzando modelli o algoritmi appropriati)
- confronto con altri luoghi di lavoro, nella stessa azienda o in altre aziende
- approcci basati sul ‘control banding’
- guida alle buone pratiche per settori o attività definite



Allegato A – Control Banding

Gestione dei rischi negli ambienti di lavoro tramite strategie di controllo o ‘bande di controllo’ in funzione delle informazioni relative alla pericolosità e all’esposizione degli agenti di rischio in questione.

Band no.	Hazard Group	Exposure Concentration	Control Strategy
1	Skin and eye irritants	1-10 mg/m ³ dust, or 50-500 ppm vapor	General ventilation and good industrial hygiene practices
2	Harmful on single exposure	0,1-1 mg/m ³ dust, or 5-50 ppm vapor	Local exhaust ventilation
3	Severely irritating and corrosive	0,01-0,1 mg/m ³ dust, or 0,5- 5 ppm vapor	Process enclosure, engineering control
4	Very toxic on single exposure, reproductive hazard, sensitizer	<0,1 mg/m ³ dust, or <0,5 ppm vapor	Seek expert advice



Allegato A – Valutazione dell'esposizione

	1	2	3	4	5	6	7	Esempi
Condizioni costanti	x	x	x	x	x	x	x	Produzione industriale in serie, tipografie, lavasecco
Esposizione breve con cond costanti	x	x	x	x	x	x	x	Saldatura
Esposizione occasionale	x	x	x	x	x	x	x	Lavori di manutenzione
Post. fissa con esp. irregolare	x	x	x	x	x	x	x	Aziende artigianali, officine
Post. mobile con esp. irregolare	x	x		x	x	x	x	Cantieri edili
Esposizione imprevedibile	x				x		x	Lavorazione in aree contaminate, smaltimento rifiuti speciali
All'aperto	x	x	x	x	x		x	Cave di pietra, agricoltura, carico scarico di cisterne, costruzione strade
Sotterraneo	x	x	x	x	x		x	Miniere, costruzione gallerie

1 misurazioni dell'esposizione, 2 misurazioni nel caso ragionevolmente peggiore, 3 misurazione di parametri tecnici (velocità dell'aria, tasso di ricambio dell'aria), 4 calcolo dell'esposizione (utilizzando modelli o algoritmi appropriati), 5 confronto con altri luoghi di lavoro, nella stessa azienda o in altre aziende, 6 approcci basati sul 'control banding', 7 guida alle buone pratiche per settori o attività definite



Def OELV secondo 1540/2001 ed elenco di possibile OELVs da utilizzare per la verifica di conformità:

- OELV europei vincolanti (BOELs)
- OELV nazionali vincolanti (all XXXVIII D.Lgs 81/08)
- Valori limite indicati da comitati scientifici (OELV indicativi, concentrazioni massime consentite, limite di esposizione raccomandati, valori limite soglia)
- Valori limite indicati dal fornitore (DNEL o DMEL indicati per esempio su SDS)
- Valori limite derivati tecnici o concentrazione correlata con il rischio
- Valori limite basati sul rischio (concentrazione correlata al rischio accettabile o tollerabile, o al rischio tecnico)
- Valori di azione
- Valori di limite interni



Quando due o più sostanze nocive sono presenti contemporaneamente, bisogna prendere in considerazione gli effetti combinati piuttosto che quelli di singoli componenti. In mancanza di una dimostrazione contraria, gli effetti delle diverse sostanze nocive dovrebbero essere considerati additivi.

- Tier1: calcolare I_E come sommatoria delle esposizioni a tutti gli agenti chimici divisi per i rispettivi OELV

$$I_E = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{OELV_i}$$

n: numero di agenti chimici a cui è esposto il lavoratore durante il turno di lavoro

- Tier1: calcolare I_{AE} come sommatoria delle esposizioni a tutti gli agenti chimici con effetti simili o che agiscono sullo stesso organo bersaglio divisa per i rispettivi OELV

$$I_{AE_j} = \sum_{i=1}^m \frac{E_i}{OELV_i}$$

m: numero di agenti chimici con effetti sulla salute od organo bersaglio simili ai quali è esposto il lavoratore durante il turno di lavoro



Agente chimico	Agente (i)	Gruppo di effetti (j)	OELV-8h (mg/m ³)	Risultati (mg/m ³)
Polvere (inalabile)	1	A	10	1,2
Cicloesanone	2	B	40,8	11
2-metossietile acetato	3	C	4,9	1,8
Toluene	4	C	192	38,4

$$I_E = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{OELV_i}$$

$$I_E = \frac{1,2}{10} + \frac{11}{40,8} + \frac{1,8}{4,9} + \frac{38,4}{192} = 0,96$$

$$I_{AE_j} = \sum_{i=1}^m \frac{E_i}{OELV_i}$$

$$I_{AEA} = \frac{1,2}{10} = 0,12 \quad I_{AEB} = \frac{11}{40,8} = 0,27$$

$$I_{AEC} = \frac{1,8}{4,9} + \frac{38,4}{192} = 0,37 + 0,20 = 0,57$$



Allegato E – Controllo della distribuzione delle misurazioni dell'esposizione e identificazione dell'esposizione eccezionale all'interno del SEG

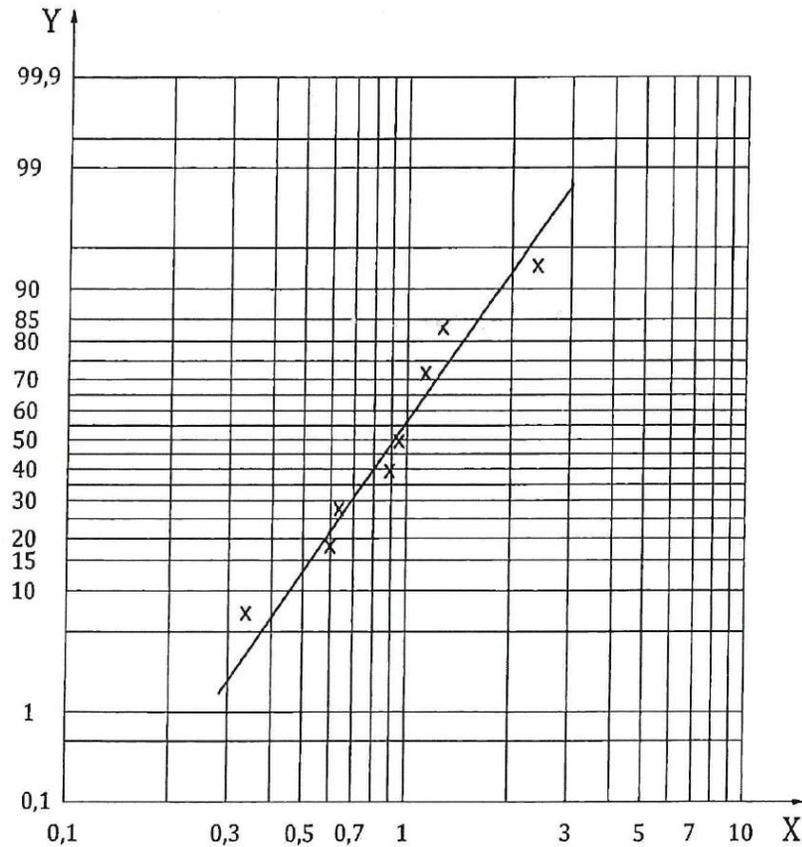
Validazione del SEG prevede in primis di verificare se le misurazioni possono essere approssimate a una distribuzione lognormale (esecuzione di un test statistico appropriato, per esempio il test di Shapiro e Wilk).

Una volta accertata la distribuzione lognormale la validazione del SEG può avvenire con:

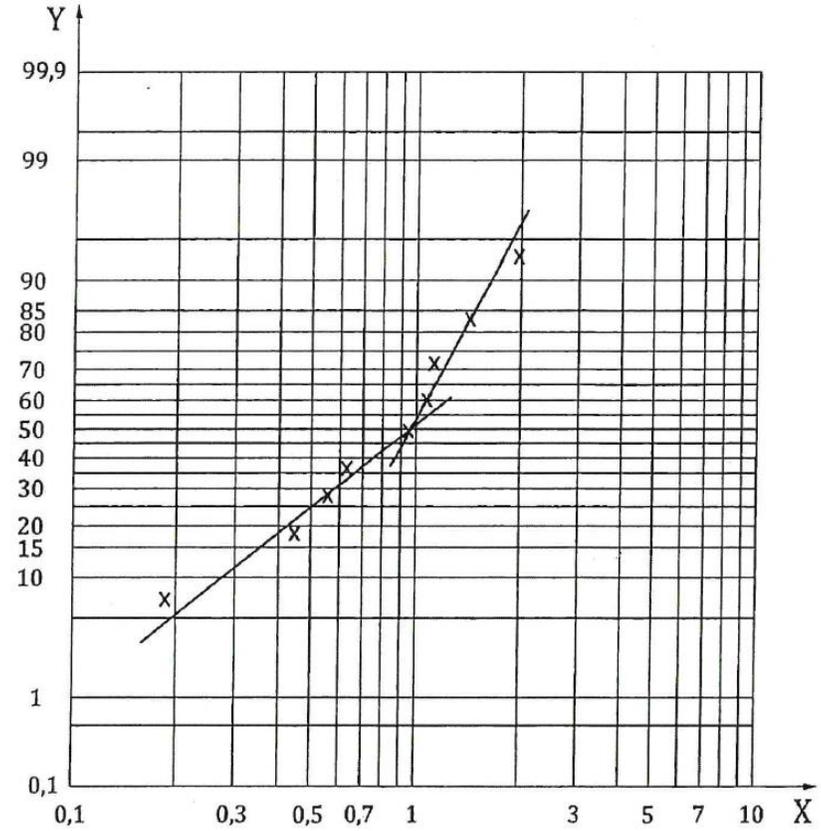
1. Metodo grafico, costruzione di un grafico su carta logaritmica della probabilità P_K vs concentrazione misurata.
2. Metodo statistico, utilizzando opportuni software statistici (per esempio Altrex Chimie, BWStat, IHDataAnalyst, IHStat).



Allegato E – esempi



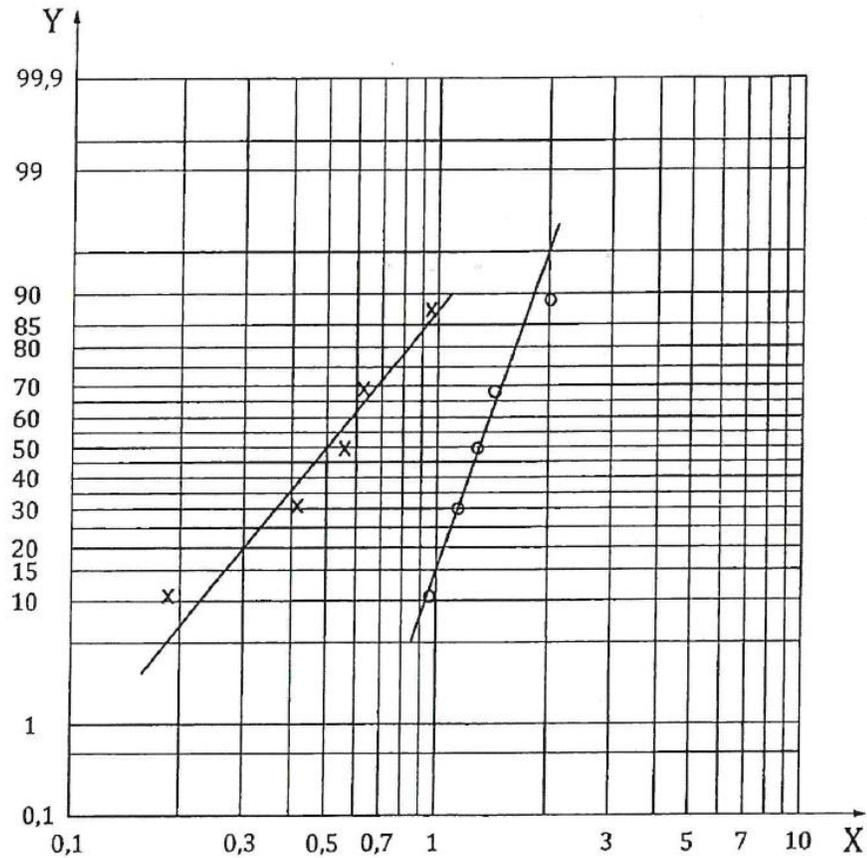
SEG confermato



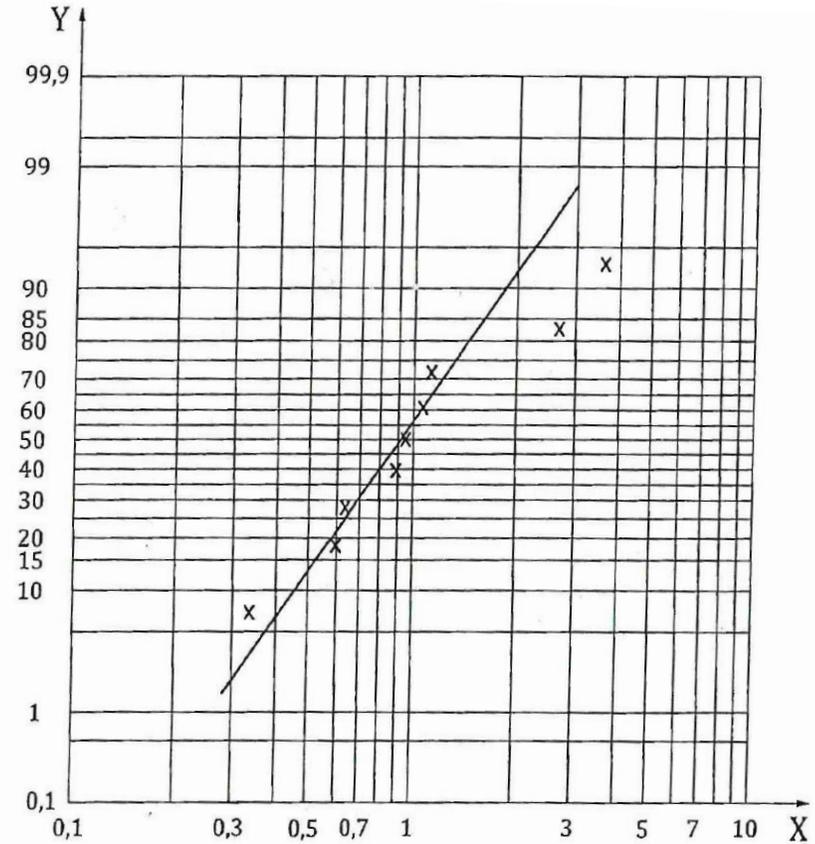
SEG forse composto da due popolazioni
diverse



Allegato E – esempi



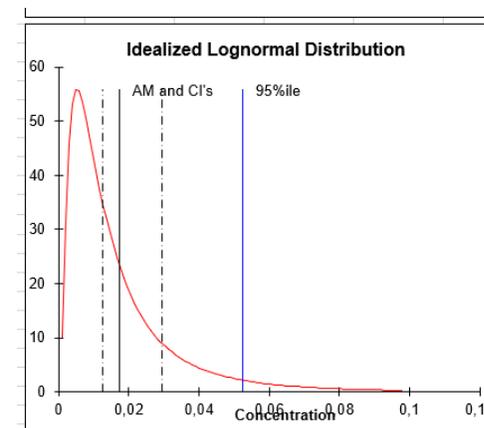
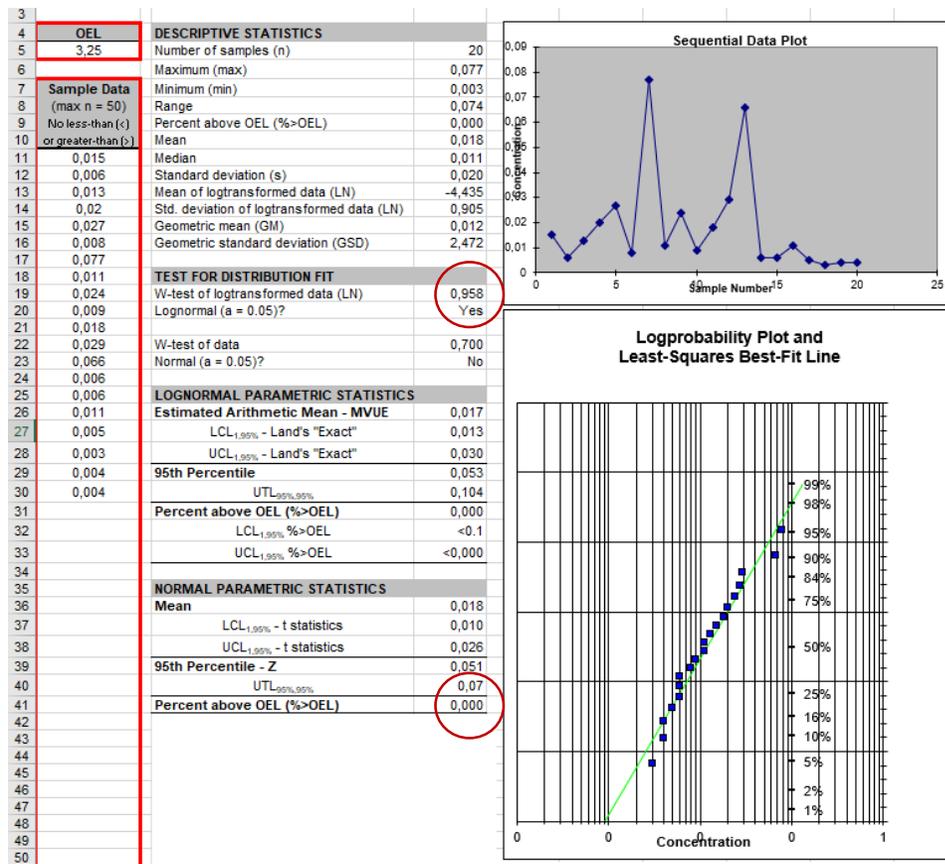
2 SEG diversi



2 SEG con esposizione anomale



Allegato E – esempio elaborazione IHStat



Verifica distribuzione log normale

Costruzione grafico per verifica validità SEG

Verifica conformità con OEL tramite metodo statistico



Allegato F – verifica di conformità agli OELV

Test statistico in grado di stabilire, con un livello di confidenza di almeno il 70% se le esposizioni superiori al valore limite occupazionale siano o meno inferiori al 5% attraverso il confronto della variabile calcolata U_R e con quella tabellata U_T .

Number of exposure measurements <i>n</i>	U_T	Number of exposure measurements <i>n</i>	U_T	Number of exposure measurements <i>n</i>	U_T
6	2,187	15	1,917	24	1,846
7	2,120	16	1,905	25	1,841
8	2,072	17	1,895	26	1,836
9	2,035	18	1,886	27	1,832
10	2,005	19	1,878	28	1,828
11	1,981	20	1,870	29	1,824
12	1,961	21	1,863	30	1,820
13	1,944	22	1,857		
14	1,929	23	1,851		



Allegato F – verifica di conformità agli OELV

Si calcolano media geometrica e deviazione standard geometrica

$$\ln(GM) = \frac{\sum_1^n \ln(x_i)}{n}$$

$$GM = e^{\frac{\sum_1^n \ln(x_i)}{n}}$$

$$\ln(GSD) = \sqrt{\frac{\sum_1^n (\ln(x_i) - \ln(GM))^2}{n-1}}$$

$$GSD = e^{\sqrt{\frac{\sum_1^n (\ln(x_i) - \ln(GM))^2}{n-1}}}$$

Si calcola la variabile U_R

$$U_R = \frac{\ln(OELV) - \ln(GM)}{\ln(GSD)}$$

Per distribuzione normale

$$AM = \frac{\sum_1^n x_i}{n} \quad SD = \sqrt{\frac{\sum_1^n (x_i - AM)^2}{n-1}}$$

$$U_R = \frac{OELV - AM}{SD}$$



Allegato F – verifica di conformità agli OELV

$$\text{Se } U_R \geq U_T$$

RISPETTO DEL LIMITE

$$\text{Se } U_R < U_T$$

NON RISPETTO DEL LIMITE

prospetto F.1 Valori U_T in base al numero di risultati delle misurazioni dell'esposizione

Numero di misurazioni dell'esposizione n	U_T	Numero di misurazioni dell'esposizione n	U_T	Numero di misurazioni dell'esposizione n	U_T
6	2,187	15	1,917	24	1,846
7	2,120	16	1,905	25	1,841
8	2,072	17	1,895	26	1,836
9	2,035	18	1,886	27	1,832
10	2,005	19	1,878	28	1,828
11	1,981	20	1,870	29	1,824
12	1,961	21	1,863	30	1,820
13	1,944	22	1,857		
14	1,929	23	1,851		

Esempio F.1

Una serie di sei misurazioni dell'esposizione seguendo una distribuzione lognormale è utilizzata per provare la conformità a un OELV di 10 mg/m^3 .

Risultato in mg/m^3	ln (risultato)
0,8	-0,223143551
0,9	-0,105360516
1,1	0,09531018
1,4	0,336472237
4,5	1,504077397
6	1,791759469
ln(GM)	0,566519203
ln(GSD)	0,863733553

GM = $1,76 \text{ mg/m}^3$; GSD = 2,37.

Calcolo di U_R

$$U_R = \frac{\ln(10) - 0,566519203}{0,863733553} = 2,009$$

Il valore U_R è minore del valore U_T (2,187) corrispondente a sei misurazioni dell'esposizione, concludendo che c'è comunque una probabilità che l'OELV sia superato: **Non conformità**.



Allegato I – intervallo delle misure periodiche

Versione precedente (689/97):

64 settimane se l'esposizione non supera 1/4 del OELV;

32 settimane se l'esposizione è compresa tra 1/4 e 1/2 del OELV;

16 settimane se l'esposizione supera 1/2 del VL ma non il OELV stesso.

GM or AM < 0,1 OELV	36 mesi
0,1 OELV < GM or AM < 0,25 OELV	24 mesi
0,25 OELV < GM or AM < 0,5 OELV	18 mesi
0,5 OELV < GM or AM	12 mesi



Allegato I – intervallo delle misure periodiche

$$J = e^{(U_T \times \ln(GSD) + \ln(GM) - \ln(OELV))}$$

Se il calcolo di U_R mostra la conformità con il valore limite ($U_R > U_T$) l'intervallo delle misure periodiche viene determinato sulla base del valore di J .

$J < 0,25$	36 mesi
$0,25 < J < 0,5$	30 mesi
$0,5 < J < 1$	24 mesi



UNI EN 689/2019 – considerazioni finali

Valutazione dell'esposizione sempre più complessa.

Necessità di garantire figure professionale di riconosciuta competenza.

Utilità di un approccio multidisciplinare con la partecipazione dell'igienista occupazionale, del tossicologo, dell'ingegnere, del RSPP del medico competente.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



Per approfondire: monografia aidii disponibile sul sito:
<https://www.aidii.it/prodotto/il-monitoraggio-degli-aerosol/>





UNI EN 838/1998

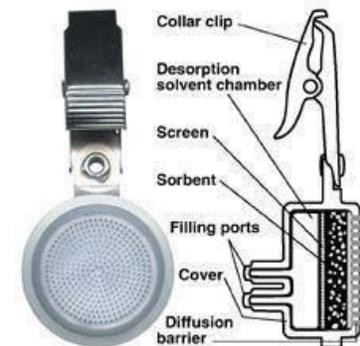
Atmosfera nell'ambiente di lavoro: Campionatori diffusivi per la determinazione di gas e vapori. Requisiti e metodi di prova.

E' applicabile:

- ai campionatori a diffusione per la lettura diretta
- ai campionatori per la determinazione mediante campionamento e analisi (adsorbimento su solido e deadsorbimento con solvente, adsorbimento su solido e deadsorbimento termico etc)

PARAMETRI DA VALIDARE

- coefficiente di diffusione
- effetto della velocità (orientam. sistema)
- tempo di risposta
- intervallo delle concentrazioni di misura
- interferenti ambientali
- valori di bianco/applicabilità della misura- inferiore ad un terzo della massa ottenuta per un'esposizione di 30' a 0.1 VL
- conservazione campioni ($\Delta < 10\%$)
- efficienza di deadsorbimento
- valutazione in atmosfere standard





UNI EN 1076:1999

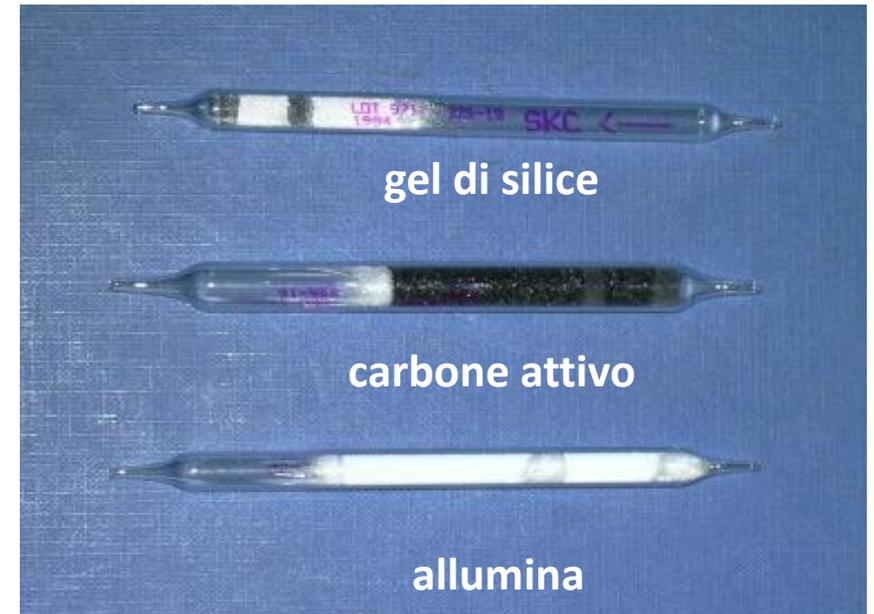
Atmosfera nell'ambiente di lavoro: Tubi di assorbimento mediante pompaggio per la determinazione di gas e vapori. Requisiti e metodi di prova.

E' applicabile alle fiale utilizzate per la determinazione indiretta, campionamento e analisi:

- fiale per adsorbimento su solido e deadsorbimento con solvente (divise in due stadi)
- fiale per adsorbimento su solido e deadsorbimento termico (unico stadio)

PARAMETRI DA VALIDARE

- volume di breakthrough (uscita=5% ing.)
- resistenza al flusso di campionamento
- efficienza di deadsorbimento
(>75% solv. e > 95% termico)
- carico massimo d'inquinante
- modalità di stoccaggio
- valori di bianco (applicabilità misura): meno di un terzo della massa raccolta per 30' a 0.1 VL.
- test di valutazione in atmosfere standard



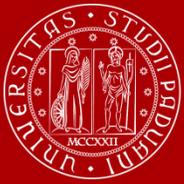


UNI EN 1232:1999

Atmosfera nell'ambiente di lavoro: Pompe per il campionamento personale di agenti chimici. Requisiti e metodi di prova.

E' applicabile:

- pompe a batteria utilizzate per i campionamenti personali;
- pompe in grado di realizzare flussi di aspirazione da 5 ml/min a 5 l/min;
- pompe normalmente usate per il prelievo di gas, vapori, fumi, nebbie e fibre.



PARAMETRI DA VALIDARE

- costanza del flusso: compensazione automatica perdite carico (iniz./fine <5%)
- funzionamento almeno 2 h meglio 8h
- influenza della temperatura: a 5 a 40 °C variaz. < 5% flusso a 20 °C
- ininfluenza dell'orientamento
- resistenza agli urti
- istruzioni e destinazione d'uso dettagliate
- test di verifica



UNI EN 12919/2001

Atmosfera nell'ambiente di lavoro: Pompe per il campionamento personale di agenti chimici con flussi superiori a 5 l/min. Requisiti e metodi di prova.

E' applicabile:

- pompe tenute in posizione fissa che possono essere utilizzate collegando con un tubo il substrato di prelievo;
- pompe in grado di realizzare flussi di aspirazione da 5 l/min a 400 l/min;
- pompe in grado di compensare automaticamente le perdite di carico dovute al particolato depositato sul filtro.



PARAMETRI DA VALIDARE

- costanza del flusso: compensazione automatica perdite di carico (iniz./fine < 5%)
- pulsazioni del flusso < 10%
- resistenza agli urti (variaz. flusso < 5% iniz.)
- funzionamento almeno 2 h meglio 8 h
- influenza della temperatura: da 5 a 40°C variaz. < 5% flusso a 20°C
- ininfluenza dell'orientamento
- istruzioni e destinazione d'uso dettagliate
- test di verifica

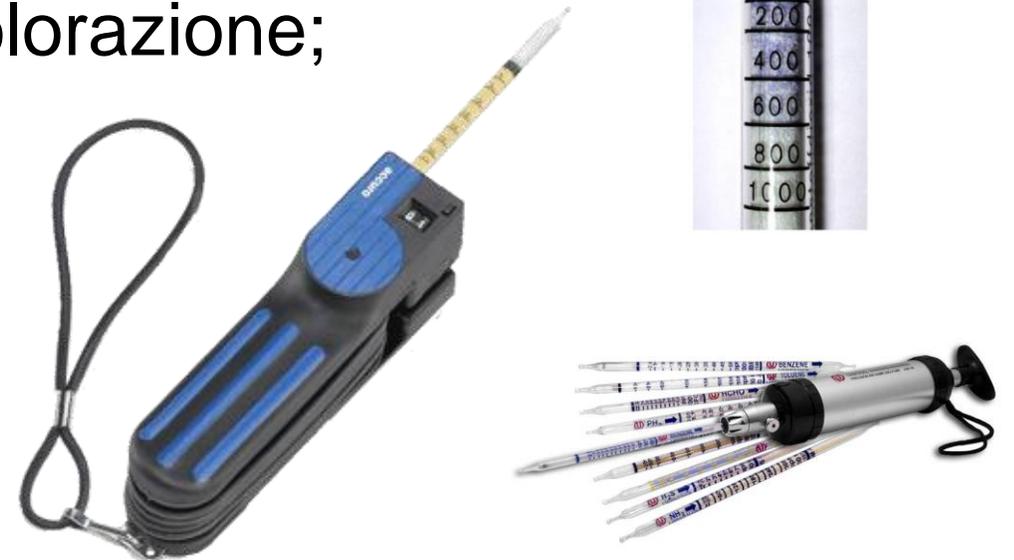


UNI EN 1231/1999

**Atmosfera nell'ambiente di lavoro:
Sistemi di misurazione di breve durata con tubo di rivelazione.**

E' applicabile a:

- tubi di rivelazione a lunghezza di colorazione;
- pompa associata.





PARAMETRI DA VALIDARE

- incertezza complessiva ($\leq 50\%$ per 1/5 dell'intervallo, per il resto $\leq 30\%$)
- valutazione della colorazione (stabile per almeno 2 min)
- intervallo di misura specificato
- conservazione
- influenza della temperatura:
dopo 24h a -5° e 60°C devono soddisfare i primi due requisiti
- interferenze
- influenze climatiche ($+10^\circ\text{C} < T < 30^\circ\text{C}$; $20\% < U < 80\%$)