

SEMINARIO
“AGGIORNAMENTO SUI RISCHI CHIMICI IN AMBIENTE DI LAVORO”
ANCONA, 14 GIUGNO 2019

**Impatto della norma UNI EN
689:2018 sulle strategie di
campionamento e sulle
valutazioni di esposizione e
rischio per gli agenti chimici**

Maria Cristina Aprea
Laboratorio di Sanità Pubblica
Area Vasta Sud Est
Siena

Azienda USL Toscana sud est





La Normativa e le norme tecniche di riferimento

Gli aspetti relativi alla strategia di misurazione e all'incertezza di campionamento e analisi sono trattati dalla normativa

- **allegato XLI D.Lgs 81/2008 e s.m.i.**
 - **tra le altre metodiche standardizzate di misurazione si indicano la **UNI EN 689/1997 (revisionata nel 2018)** e la **UNI EN 482/2012.****
 - **Le due norme, entrambe relative all'esposizione per via inalatoria, sono tra loro collegate e non è possibile applicare la prima se non si tiene in considerazione quanto definito nella seconda.**



QUALE E' L'OBIETTIVO

- **Ottenere risultati affidabili e validi in modo che se confrontati con i VL possa essere presa una decisione corretta.**



***COMPLIANCE O
NON COMPLIANCE?***

La norma UNI EN 689:2018



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

il download.

Stato	Disponibilità	Ritiro	Azione	Lingua	Formato	Acquista
	10/04/2019			 Inglese		

Norma numero : EN 689:2018+AC:2019

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

ICS : [13.040.30]

Stato : IN VIGORE 

Commissioni Tecniche : [Assessment of workplace exposure to chemical and biological agents]

Data entrata in vigore : 10 aprile 2019

Data ritiro :

• **OBIETTIVO**

- **Fornire una strategia per poter affermare con una certa confidenza il superamento o meno dei limiti di esposizione dei lavoratori agli agenti chimici**

Valutatore

Annex A	Assessment of exposure
Annex B	OELV for compliance testing
Annex C	Simultaneous workplace exposure to several chemical agents
Annex D	Exposure profile and sampling duration
Annex E	Check of exposure measurements distribution, and identification of exceptional exposure within the SEG
Annex F	Testing compliance with OELVs
Annex G	Exposure calculation with a work shift longer than 8h
Annex H	Exposure below the LoQ
Annex I	Interval for periodic measurements

- **Persona sufficientemente formata ed esperta riguardo a:**
 - **Principi dell'igiene occupazionale;**
 - **Tecniche di lavoro e misurazione;**
- **In modo da eseguire la valutazione secondo lo stato dell'arte**

Introduzione

- La strategia descritta fornisce un procedimento per superare il problema della **variabilità** ed utilizzare un numero relativamente piccolo di misurazioni ai fini di dimostrare con un **alto grado di fiducia** che è improbabile che i lavoratori siano esposti a concentrazioni superiori al VL
- Per ridurre il numero di misure, e quindi il costo della valutazione, i campioni personali d'aria sono raccolti tra i lavoratori all'interno di gruppi di esposizione simile (**SEGs**)

Scopo

- ... specifica una strategia per effettuare misurazioni rappresentative di esposizione per inalazione ad agenti chimici, al fine di dimostrare la conformità ai valori limite di esposizione professionale (OELV).
- **La norma non si applica a OELVs con periodi di riferimento inferiori ai 15 minuti**

Principali cause di variabilità delle misure

- **Intrinseche alle condizioni di lavoro**
 - Distanza dell'operatore dalla fonte di emissione
 - Intensità di emissione
 - Ventilazione
 - Condizioni meteo-climatiche
 - Variazioni stagionali
 - Misure di controllo applicate
 - Pratica e attività dei lavoratori
- **Cause che contribuiscono all'incertezza di misura**
 - Metodica analitica
 - Campionamento
 - molto più accentuata per fasi disomogenee (polveri, fumi, nebbie), meno consistente per fasi omogenee quali gas e vapori



LA NORMA 689/2018

- **Riferimenti normativi**
 - **EN 482, Workplace atmospheres General requirements for the performance of procedures for the measurement of chemical agents.**
 - **EN 1540, Workplace exposure Terminology.**
- **Disposizioni generali**
 - **La valutazione dell'esposizione professionale ad agenti chimici basata su campionamenti di aria richiede lo sviluppo di una strategia che include diverse fasi e che sarà condotta da un esperto sufficientemente addestrato e con esperienza sui principi dell'igiene sul lavoro e sulle tecniche per condurre, secondo lo stato dell'arte, la parte della valutazione che sta eseguendo (**APPRAISER**).**



FASI DEL PROCESSO DI VALUTAZIONE

Identificazione agenti chimici

Individuazione determinanti

dell'esposizione (caratterizzazione di base dell'ambiente di lavoro)

Definizione strategia di misura

- non essendo normalmente possibile eseguire misure su ogni lavoratore, si individuano di **gruppi di lavoratori con profilo di esposizione simile**

Definizione procedura di misura

Validazione risultati

Confronto con i VL

- **Scelta del VL**
- **Modalità di confronto con il VL**

Comunicazione dei risultati

Definizione degli intervalli per le misurazioni periodiche.



- **Le informazioni dei primi tre step sono utilizzate per decidere se effettuare le misure e costituire a priori i SEG**
 - **servono anche per valutare se l'esposizione dermica e orale è rilevante (la norma si riferisce solo all'esposizione per via inalatoria, ma la conoscenza di altre vie di esposizione può essere importante per la gestione dell'esposizione).**
- **Se la caratterizzazione conclude con la non necessità di misure va comunque redatto un report di motivazione.**

STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO



LA NORMA 689/2018

- Le tecniche di campionamento e di analisi devono essere conformi agli standard o ai metodi consigliati a livello nazionale. La sensibilità, la specificità, la capacità dei campionatori, il trasporto e la stabilità del campione devono essere particolarmente controllati (**vedi EN 482**).
- Al fine di misurare l'esposizione del lavoratore sul luogo di lavoro, devono essere utilizzati, quando possibile, campionamenti personali; i lavoratori devono essere consapevoli di come funziona il dispositivo di campionamento. A causa della variabilità spaziale delle concentrazioni nell'aria, i campionamenti statici, sono meno rappresentativi dell'esposizione dei lavoratori.
- La durata di campionamento è un fattore importante che può influenzare la rappresentatività delle misure di esposizione (**ALLEGATO D**)

VALIDITA' DEI SEGs



LA NORMA 689/2018

- **Dopo aver valutato che ciascuna misura fatta sia effettivamente rappresentativa dovrà essere anche confermato che la divisione in SEGs fatta a priori sia giusta**
 - **soggetti che svolgono operazioni simili, con la stessa frequenza, con gli stessi materiali, e tipo di processi, operazioni svolte nello stesso modo**
 - **le misure ottenute appartengono alla stessa distribuzione e sono usualmente log-normali (allegato E)**



CONFRONTO CON VL

- **Questo paragrafo descrive il confronto per un singolo agente chimico con un VL.**
- **Se è presente una miscela, viene applicata la stessa procedura, ma l'indice di esposizione per la miscela viene confrontato con 1 (allegato C).**



LA NORMA 689/2018

Test di screening: sono necessarie da 3 a 5 misure su lavoratori appartenenti a un singolo SEG

1. Se i risultati sono:
 - i) $< a 0,1 \text{ VL}$ ($1/10 \text{ VL}$) per un set di 3 misure oppure;
 - ii) $< a 0,15 \text{ VL}$ per un set di 4 misure oppure;
 - iii) $< a 0,2 \text{ VL}$ ($1/5 \text{ VL}$) per un set di 5 misuresi considera che il VL sia rispettato: **Compliance**.
2. Se uno dei risultati è maggiore del VL, si considera che il valore limite non sia rispettato: **Non-compliance**. Nel caso in cui la prima sia superiore al VL non è necessario eseguire alcuna misura addizionale.
3. Se tutti i risultati sono inferiori al VL ma un risultato è superiore a $0,1 \text{ VL}$ (set di 3 misure) oppure a $0,15 \text{ VL}$ (set di 4 misure) oppure a $0,2 \text{ VL}$ (set di 5 misure) non è possibile giungere ad una conclusione. **No-decision**.
 - In questa situazione è necessario condurre ulteriori misure per applicare per applicare il test basato sul calcolo degli intervalli di confidenza della probabilità di superare il VL.

SEG

- **GRUPPO DI LAVORATORI AVENTI LO STESSO PROFILO DI ESPOSIZIONE GENERALE PER GLI AGENTI CHIMICI STUDIATI A CAUSA DELLA SIMILARITA' E DELLA FREQUENZA DEI COMPITI ESEGUITI, DEI MATERIALI E DEI PROCESSI IN CUI LAVORANO E DELLA SIMILARITA' CON CUI SVOLGONO I COMPITI**
 - **Tipologia di lavoro svolto in azienda**
 - **Mansione e attività**
 - **Stima del livello potenziale di esposizione eseguita nella caratterizzazione di base**
 - **Durata dell'esposizione nel turno di lavoro e su base annua**

MISURAZIONI

**UNI EN
482/2012**

**UNI EN
689**



E' compito del valutatore la scelta di procedure e strumenti appropriati.

E' compito del controllore la verifica

- scelta corretta**
- corretta applicazione di procedure**
- utilizzo di strumenti appropriati**

**Durata campionamento...
Allegato D**

CONFRONTO CON IL VL

**LIMITARE IL NUMERO
DI CAMPIONI**

**OTTENERE
RISULTATI
ATTENDIBILI**

TEST PRELIMINARE
Da 3 a 5 misure

TEST STATISTICO
Numero misure >6

3 4 5

TEST PRELIMINARE



CONFORMITA'

3

0,10 VL

**NON CONFORMITA'
UNA MISURA > VL**

4

0,15 VL

**NEGLI ALTRI CASI SIAMO IN
UNA SITUAZIONE DI
NON DECISIONE**

5

0,20 VL

ESPOSIZIONE MULTIPLA

- **Nel caso di attività che comportino una esposizione a più agenti chimici pericolosi, la valutazione deve essere fatta sulla combinazione degli agenti chimici seppure le conoscenze siano limitate**



TEST STATISTICO

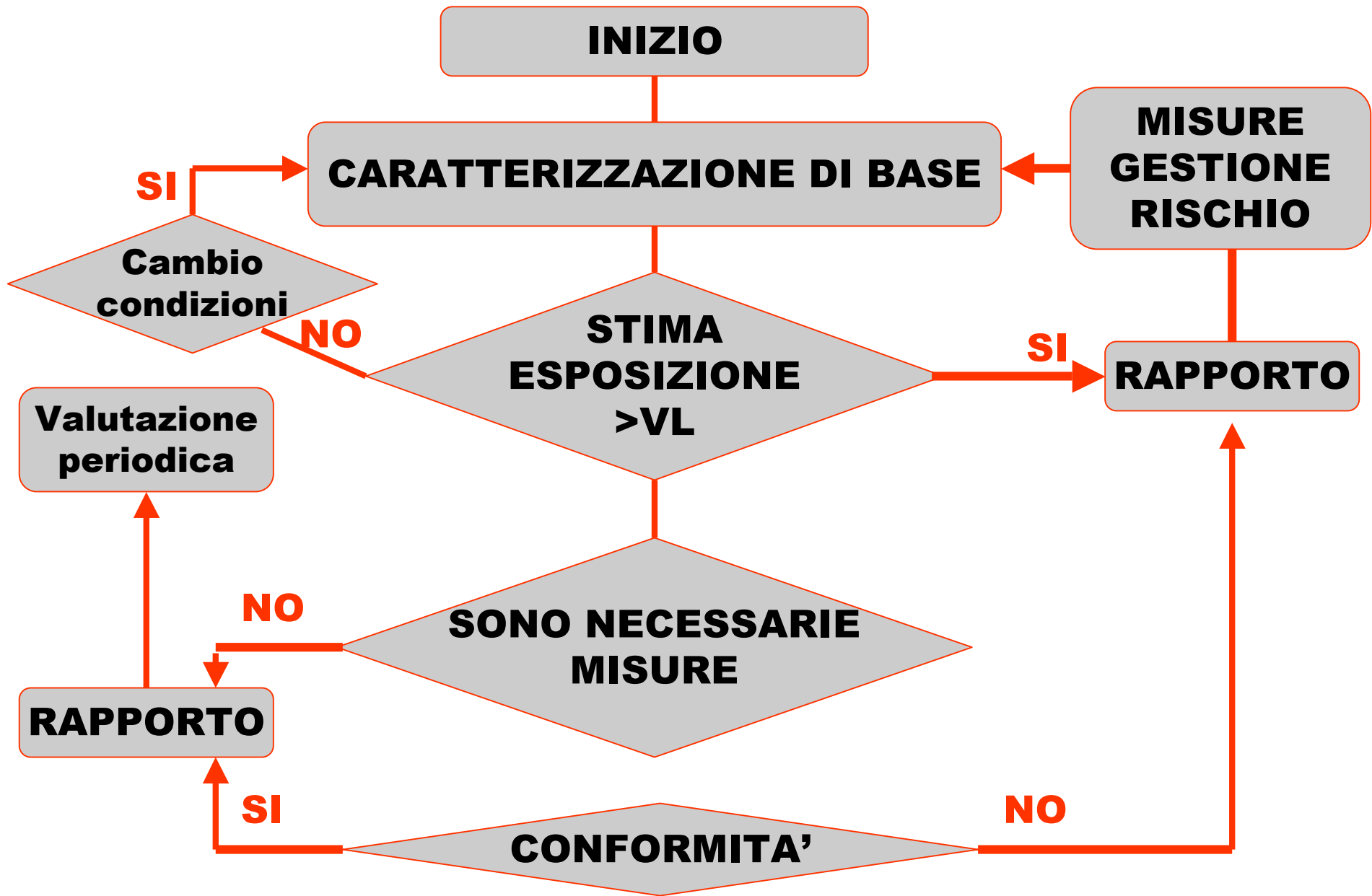


**CONFORMITA'
DEL SEG**

ALMENO 6 MISURAZIONI

**Il test statistico scelto
per la verifica è in grado di
assicurare con una
confidenza di almeno
il 70% che meno del 5%
delle misure
eccede il VL**

STRATEGIA



RAPPORTO

- **Nome della persona e/o delle istituzioni che effettuano la valutazione e le misurazioni;**
- **Scopo delle misurazioni;**
- **Agenti chimici considerati;**
- **Nome e indirizzo dell'azienda;**
- **Descrizione dei fattori e delle condizioni di lavoro;**
- **Risultati della caratterizzazione di base;**
- **Procedura di misurazione e attrezzature utilizzate;**
- **Pianificazione temporale delle misure;**
- **VLEP utilizzati;**
- **Qualità del dato (incertezza di misura UNI EN 482/2012);**
- **Tracciabilità dei risultati;**
- **Risultati del confronto con il VLEP.**
- **Uso dei DPI**
- **Eventuali suggerimenti del valutatore**

MULTIDISCIPLINARIETA'

APPENDICE A

valutazione dell'esposizione



LA NORMA 689/2018

Fornisce una guida su quando le misure sono consigliabili o se possono essere usati altri approcci

In aggiunta alle misure di esposizione, i metodi usati per valutare l'esposizione includono generalmente:

- Misure ragionevoli nelle condizioni peggiori (sotto controllo);**
- Misure di parametri tecnici;**
- Calcoli di esposizione (usando appropriati modelli e algoritmi);**
- Confronto con altri ambienti di lavoro, nella stessa impresa o in altre aziende;**
- Approcci di control banding;**
- Guide di buone prassi (good practice guidance) per mansioni o processi definiti**

APPENDICE A

valutazione dell'esposizione

Table A.1 — Overview of approaches to exposure assessment in different workplace situations

Workplace situation	Exposure measurements (according to clause 5 of the standard)	Reasonable worst case measurements (under control)	Measurement of technical parameters	Calculation of exposure (using validated models or algorithms)	Comparison with other workplaces	Control Banding approaches	Good practice guidance for defined branches or tasks
A.1 constant conditions	x	x	x	x	x	x	x
A.2 shortened exposure with constant conditions	x	x	x	x	x	x	x
A.3 occasional exposure	x	x	x	x	x	x	x
A.4 stationary with irregular exposure	x	x	x		x	x	x
A.5 mobile with irregular exposure	x	x			x	x	x
A.6 unpredictable, constantly changing exposure	x				x		x
A.7 outdoor	x			x	x		x
A.8 underground	x		x	x	x		x
A.9 unforeseen occurrences			x	x	x		x

**Eventi
imprevisti**

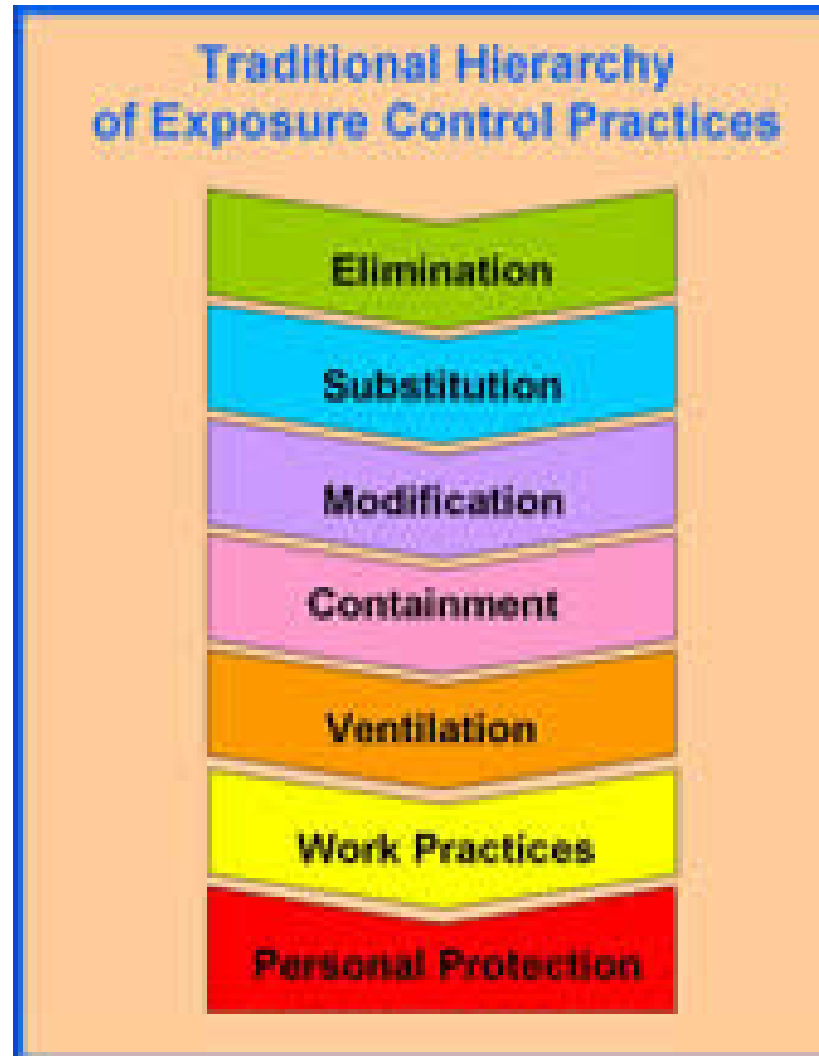
APPENDICE A

valutazione dell'esposizione

- **Ambienti di lavoro con condizioni costanti:** produzione industriale di serie, tipografie, lavaggio a secco, sterilizzazione commerciale, controlli di qualità nei laboratori di routine o impianti chimici su vasta scala.
- **Brevi esposizioni in ambienti di lavoro con condizioni costanti:** sterilizzazione a freddo negli ospedali, lavori di saldatura stazionari o le operazioni di campionamento per un periodo di tempo limitato
- **Ambienti di lavoro con esposizione occasionale:** cambio lotti nell'industria chimica oppure lavori di manutenzione su installazioni fisse.
- **Ambienti di lavoro stazionari con esposizione irregolare:** imprese artigiane, manutenzione non specializzato, riparazione, produzione e montaggio, officine automobilistiche o uso di carrelli elevatori, stazioni di servizio (cambio olio, ecc) o nei laboratori di ricerca.
- **Lavoratori che si spostano da un ambiente all'altro con esposizione irregolare:** pittori, posatori di pavimenti, asfaltatori) assemblaggio e manutenzione (ad esempio su fotocopiatrici).
- **Ambienti di lavoro con esposizioni imprevedibili in costante cambiamento:** attività in aree contaminate (bonifiche, demolizione di impianti industriali).
- **Attività outdoor:** agricoltura e foreste, costruzione di strade, cokerie e strutture all'aperto nell'industria chimica, carico e svuotamento navi cisterna, di copertura.
- **Ambienti di lavoro sotterranei:** miniere (misure non rappresentative per cambio di geometria del sito).
- **Eventi imprevisti:** non possono essere descritti dalle misure

APPENDICE A

“Valutazione dell’esposizione”





What is Control Banding?

- Control banding (CB) is a risk management model used to assess and manage exposure to occupational health hazards
- Primarily intended for use by SME's that lack professional occupational hygiene or other relevant expertise to assess and manage exposure risk
- The intention is to provide a level of worker protection consistent with the level of protection that would be identified by skilled occupational hygiene professionals using more robust scientific based techniques



I VALORI LIMITE (VL) ALLEGATO B

A seconda dell'obiettivo della valutazione, è possibile definire quale dei seguenti VL deve essere utilizzato per testare la conformità:

- ***Limiti legali***
 - ***Limiti europei vincolanti e indicativi***
 - ***Limiti nazionali***
- ***Raccomandazioni di comitati scientifici***
- ***Limiti derivati da indicazioni tecniche o concentrazioni di rischio***
- ***Limiti basati su stime di rischio (Risk-based)***
 - ***Concentrazioni tollerabili o accettabili***
 - ***Concentrazioni derivate da dati tecnici basati su stime di rischio***
- ***Indici di esposizione***
- ***Livelli di azione***
- ***Valori limite definiti in proprio (in-house)***

I VALORI LIMITE (VL) Allegato B

IL DRAFT DELLA 689/2016

Nota

- ***I limiti legalmente vincolanti sono spesso dedotti da altri tipi di limiti (esempio raccomandazioni di comitati scientifici o limiti di derivazione tecnica).***
- ***Le raccomandazioni di comitati scientifici sono spesso basate sulla salute (health-based).***
- ***I derived no-effects levels (DNELs) o i derived minimum effect levels (DMELs) possono essere forniti nella SDS.***
- ***I livelli di azione (Action levels) e i limiti definiti in proprio (in-house limit values) sono spesso derivati per rispondere a determinate richieste e possono consistere di ognuno dei tipi di limiti citati oppure essere calcolati da esperti della stessa azienda ad esempio come dati iniziali (kick-off value).***

DNEL

- **Livello derivato senza effetto (DNEL)**
 - **Il DNEL è il livello di esposizione alla sostanza al di sotto del quale si può prevedere che non si verifichino eventi avversi.**
 - **Corrisponde alla soglia di esposizione alla sostanza oltre la quale non dovrebbero essere esposti gli esseri umani.**
 - **E' un livello derivato di esposizione perché viene solitamente calcolato sulla base di descrittori della dose disponibili provenienti da studi animali, come le dosi prive di effetti avversi osservati (NOAEL) o le dosi di riferimento (BMD).**
 - **Per la derivazione dei DNEL a partire dagli studi tossicologici e in considerazione dei fattori di incertezza specifici, si fa riferimento alle linee guida ECHA**

DMEL

- **Livello derivato con effetti minimi (DMEL)**
 - **Per alcune sostanze (es. cancerogeni genotossici), per le quali non è possibile determinare una soglia di effetto, non è possibile definire alcun livello di esposizione sicuro.**
 - **I valori del DMEL rappresentano i livelli d'esposizione per i quali la probabilità che l'effetto avverso identificato si verifichi in una popolazione è sufficientemente bassa da non destare preoccupazione.**
 - **In considerazione di quanto riportato DL.vo del 16 gennaio 2008, n. 4 (“Ulteriori disposizioni correttive e integrative del DL.vo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale”), si considera un valore di DMEL quello associabile a 1×10^{-6} come valore di rischio massimo incrementale accettabile per la singola sostanza cancerogena.**
 - **Per la derivazione dei livelli soglia, devono essere considerate le informazioni rilevanti riportate in letteratura nonché le valutazioni effettuate dai vari organismi europei (ECHA, EFSA) e internazionali (USEPA, WHO, OECD).**

IL VALORE LIMITE DEFINISCE LE MODALITA' DI CAMPIONAMENTO E ANALISI

- **Tempo di campionamento**
 - otto ore, 15 minuti, istantaneo
- **Tipologia di inquinante (ACGIH)**
 - **Cromo**
 - metallo e composti del cromo trivalente
 - composti del cromo esavalente solubili in acqua
 - composti del cromo esavalente insolubili in acqua
- **Forma granulometrica (ACGIH)**
 - cadmio frazione respirabile
 - cadmio polvere totale
- **Forma fisica (ACGIH)**
 - Carbaryl: il valore limite è riferito alla frazione inalabile e al vapore

IL VALORE LIMITE DEFINISCE LE MODALITA' DI ESPRESSIONE DEL RISULTATO CHE DEVE ESSERE NON AMBIGUO

• **ACGIH**

- | | |
|---|--------------------------------|
| - Antimonio e composti | come Sb |
| - Arsenico e composti inorganici | come As |
| - Gasolio | come idrocarburi totali |
| - Fluoruri | come F |
| - Acido fluoridrico | come F |
| - Acido cianidrico | come CN |
| - Cianuri | come CN |
| - Nichel carbonile | come Ni |
| - Piombo cromato | come Pb |
| | come Cr |
| - Zinco cromato | come Zn |
| - Zinco ossido | come ZnO |

**Sia come espressione che come unità di misura
Implicazioni a livello analitico e di calcolo**



LA NORMA 689/2018

Esposizione simultanea a diversi agenti chimici Allegato C

- **VL applicato ad esposizioni simultanee espresso come indice di 1**
 - **livello 1: indice di esposizione** per esempio la somma delle esposizioni a ciascuno dei componenti della miscela divisi per i rispettivi VL (**approccio più cautelativo**).
 - **livello 2: indice di effetto additivo** per esempio la somma delle esposizioni a ciascuno dei componenti della miscela con effetti simili o che agiscono sullo stesso organo bersaglio divisa per il loro rispettivo VL.
 - **livello 3 e grado 4: modelli tossico-cinetici più avanzati (non descritti).**

Esposizione simultanea a diversi agenti chimici

Allegato C

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

$$I_{AE_{1...m}} = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{OELV_i}$$

$$I_{AE1} = \frac{E_{Acetone}}{OELV_{Acetone}} + \frac{E_{CH-ONE}}{OELV_{CH-ONE}}$$

$$I_{AE1} = 0,61$$

$$I_{AE2} = \frac{E_{EGMEA}}{OELV_{EGMEA}} + \frac{E_{TOL}}{OELV_{TOL}}$$

$$I_{AE2} = 0,57$$

Chemical agent	OELV-8h (European Union) mg/m ³	Results mg/m ³	$\frac{E_i}{OELV_i}$ EU
Acetone	1210	410	0,34
2-Methoxyethyl acetate	4,9	1,8	0,37
Cyclohexanone	40,8	11	0,27
Toluene	192	38,4	0,20
I_E			1,18

$$I_E = \frac{410}{1210} + \frac{1,8}{4,9} + \frac{11}{40,8} + \frac{38,4}{192}$$

$$I_E = 1,18$$

Esposizione simultanea a diversi agenti chimici

Allegato C



Esposizione simultanea TIER 2

Classificazione armonizzata

Sostanza	Effetti irritanti per la cute	Tossicità acuta inalazione	Effetti reprotossici	Effetti narcotici (SNC)	Tossicità acuta per via cutanea
n-Esano	H315	-	H361	H336	-
2-Metilpentano	H315	-	-	H336	-
3-Metilpentano	H315	-	-	H336	-
Metilciclopentano	H315	-	-	H336	-
Cicloesano	H315	-	-	H336	-
Toluene	H315	-	H361	H336	-
Etilbenzene	-	H332	-	-	-
o-Xilene	H315	H332	-	-	H312
m-Xilene	H315	H332	-	-	H312
p-Xilene	H315	H332	-	-	H312

Esposizione simultanea TIER 2

VALORE LIMITE ACGIH 2019

Sostanza	BASI DEL VL
n-Esano	CNS impair, neuropatia periferica, irritazione oculare
2-Metilpentano	Isomeri dell'esano diversi dal n-esano CNS impair, irritante oculare e URT
3-Metilpentano	
Metilciclopentano	
Cicloesano	CNS impair
Toluene	Visual impair; female repro Perdita del feto
Etilbenzene	URT irr, Coclear impair,
o-Xilene	Tutti gli isomeri irritante oculare e URT, CNS impair
m-Xilene	
p-Xilene	

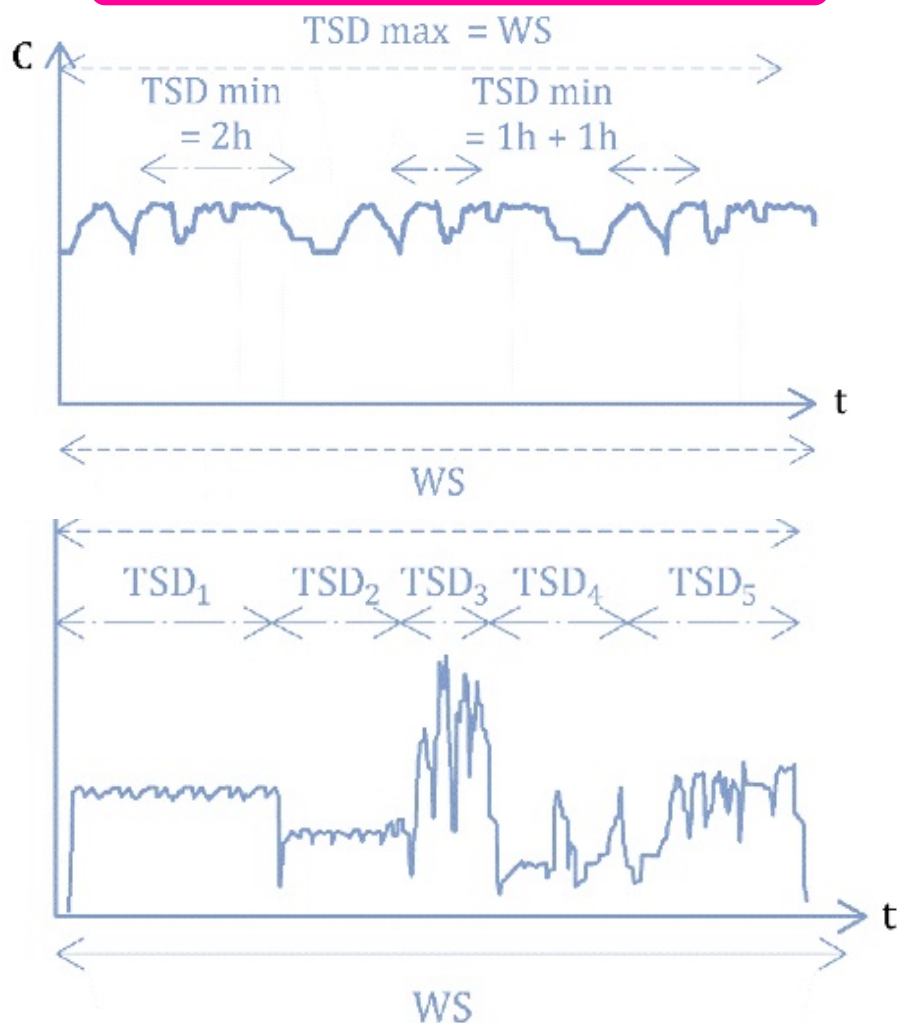
APPENDICE D

“DURATA DEL CAMPIONAMENTO”

- **Quanto più possibile vicina al periodo di riferimento del VLEP**

Tempo di mediazione del VL e durata del campionamento - confronto con il VL 8h

Determinanti esposizione costanti



Scenari multipli

Esposizione in un periodo del turno



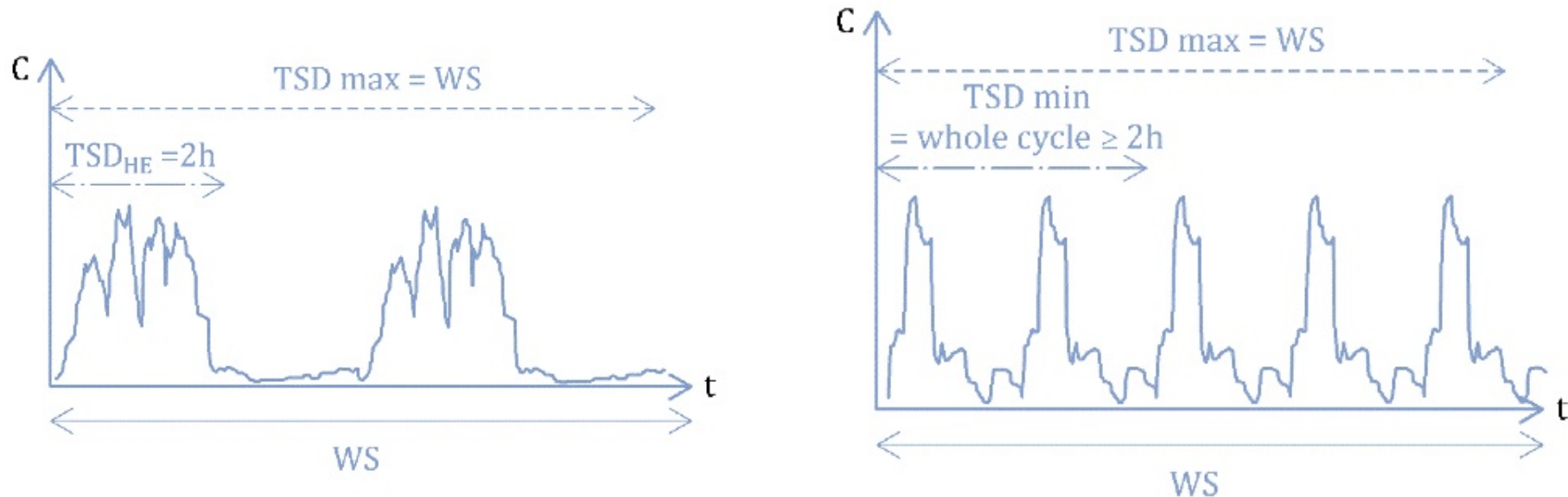
- **Il campionamento deve essere rappresentativo**

- **Il tempo di campionamento deve essere di almeno 2 ore**

- **Periodo di esposizione o periodo con più alta esposizione**
- **Misura su ogni scenario**

Tempo di mediazione del VL e durata del campionamento - confronto con il VL 8h

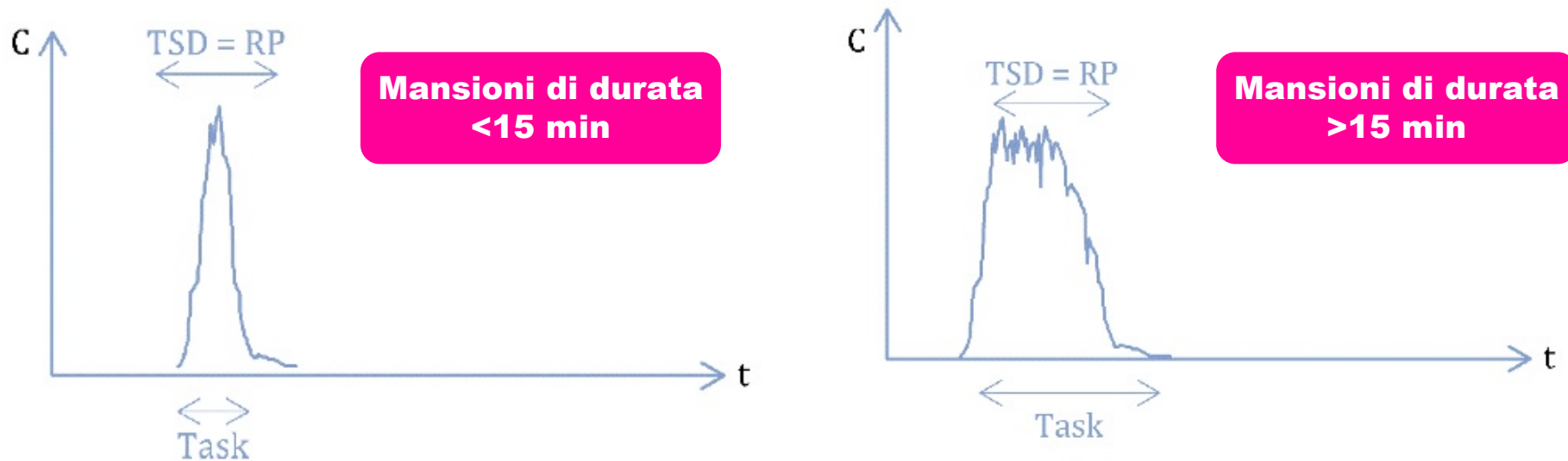
Scenari ripetitivi



- **Il campionamento deve essere rappresentativo**
 - Misura su almeno un ciclo di durata di almeno 2 ore
 - Misura nel periodo di più alta esposizione

- **ACGIH adozione 2016: capitolo “esposizioni di picco” (sostituisce “limiti di escursione”).**

Tempo di mediazione del VL e durata del campionamento - confronto con VL 15 min



- E' comunque necessario coprire il periodo di massima esposizione
 - Possibilità di continuare il campionamento quando l'esposizione si ripete..... FINALITA'

Raggiungere il
LIMITE DI QUANTIFICAZIONE (LoQ)

QUANTO E' IMPORTANTE CONTINUARE IL CAMPIONAMENTO SU UNO STESSO SUPPORTO?

BIANCO	Formaldeide ($\mu\text{g}/\text{sistema}$)
1	0,094
2	0,096
3	0,103
MEDIA	0,098
DS	0,005
3DS (LoD)	0,015
10DS (LoQ)	0,050

CAMPIONE (T 15 min)	Formaldeide ($\mu\text{g}/\text{sistema}$)	
	Dato analitico	Sottratto della media bianchi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
A	■ 0,151	0,053 (35,9)
B	0,193	0,095 (64,2)
C	■ 0,147	0,049 (<33,2)

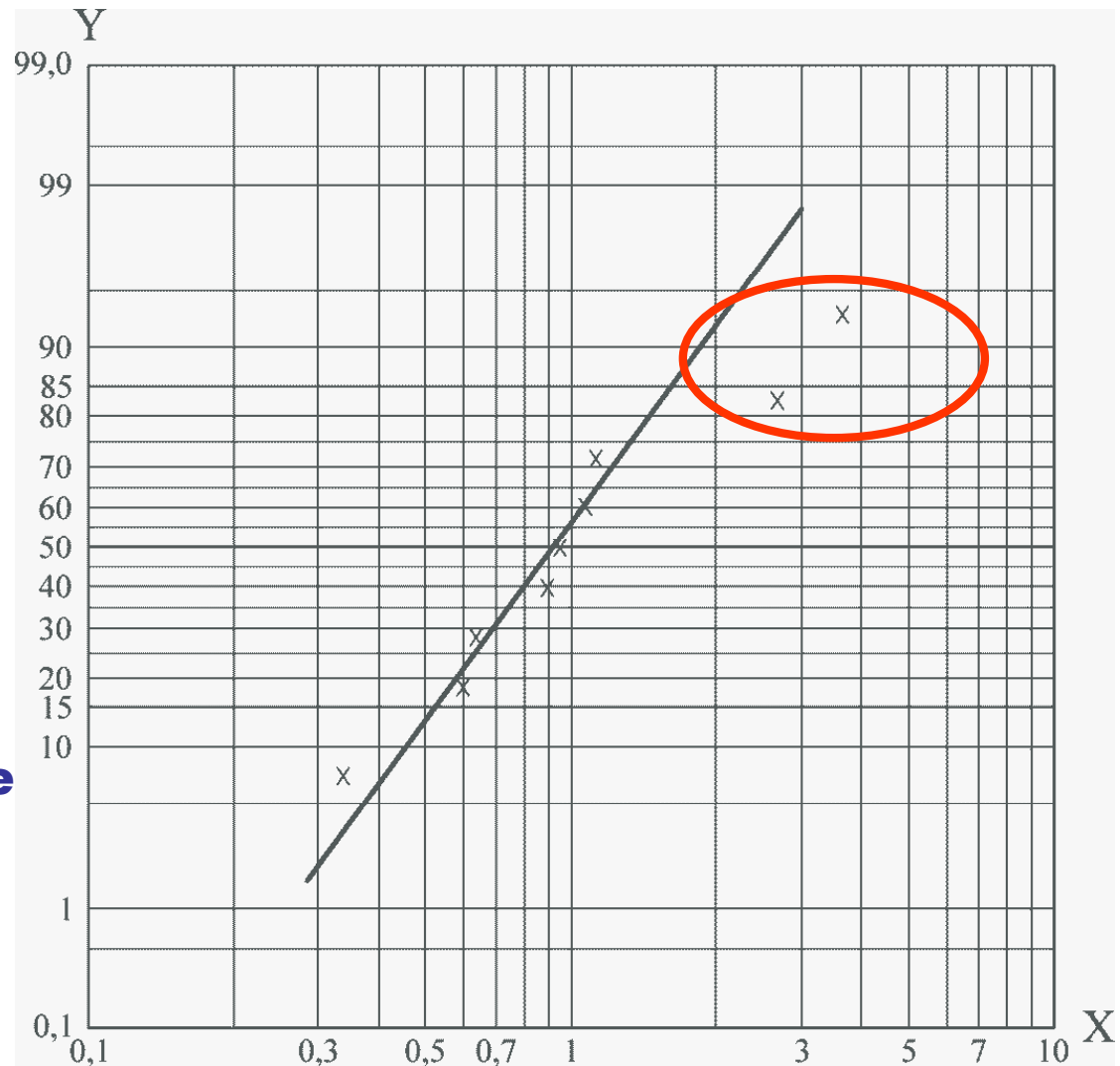
QUANTO E' IMPORTANTE CONTINUARE IL CAMPIONAMENTO SU UNO STESSO SUPPORTO?

BIANCO	Formaldeide ($\mu\text{g}/\text{sistema}$)	CAMPIONE (T 15 min)	Formaldeide ($\mu\text{g}/\text{sistema}$)				
			Dato analitico	Sottratto della media bianchi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
1	0,094	A	0,151	0,053 (35,9)			
2	0,096		B	0,193	0,095 (64,2)		
3	0,103		C	0,147	0,049 (<33,2)		
MEDIA	0,098		CAMPIONE (T 45 min)	Dato analitico	Sottratto della media bianchi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
DS	0,005	D				0,150	0,052 (11,7)
3DS (LoD)	0,015						
10DS (LoQ)	0,050						

ALLEGATO E

Controllo della log-normalità delle misure di esposizione e identificazione di esposizioni eccezionali nei SEG

- **Metodi grafici e metodi statistici**
 - Una **DSG>3** può indicare che ci sono outliers
 - I metodi statistici sono spesso difficilmente applicabili a causa del basso numero di misure
 - Il metodo grafico consiste nel plottare i dati in ordine ascendente in una carta di log probabilità



CONFRONTO CON VL

ALLEGATO F

Test statistico per la valutazione di conformità con il VL: se lo screening cade nel caso di non decisione (numero di misure ≥ 6)

- Il test si basa sul confronto del 70% del limite di confidenza superiore (UCL) con il 95° percentile della distribuzione dei risultati delle misure di esposizione**
- Se UCL è maggiore del VL, si conclude che vi è una probabilità di superamento inaccettabile: decisione non conformità**
- Se UCL è inferiore al VL, si conclude che la probabilità di superamento è accettabile: decisione conformità**

In Pratica

CONFRONTO CON VL

ALLEGATO F

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

- Se $U_R > U_T$ scelto in base al numero di misure: il VL è rispettato **COMPLIANCE**
- Se $U_R < U_T$ scelto in base al numero di misure: il VL non è rispettato **NON COMPLIANCE**

Number of exposure measurements (n)	U_T
6	2,187
7	2,120
8	2,072
9	2,035
10	2,005
11	1,981
12	1,961

..... *continua*

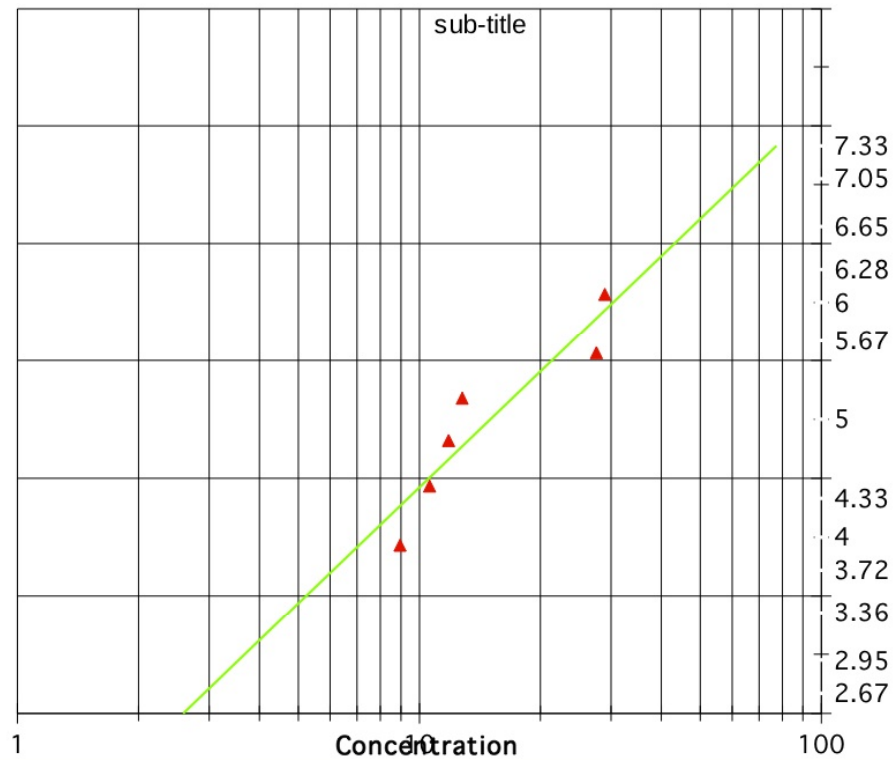
SITUAZIONE REALE

	2-metil pentano	3-metil pentano	n-esano	metilciclopentano	cicloesano	toluene	etilbenzene	somma xileni
	6.278	5.625	10.603	1.372	0.075	6.766	0.220	1.128
	4.480	4.658	8.950	0.960	0.068	2.760	0.224	1.125
	13.564	13.853	28.940	3.608	0.256	37.330	0.481	2.206
	14.324	14.005	27.590	3.375	0.220	18.228	0.275	1.288
	6.136	6.286	11.830	1.741	0.135	3.116	0.197	0.999
	6.698	6.739	12.779	1.871	0.128	2.954	0.174	0.911
Media aritmetica	8.58	8.53	16.78	2.15	0.15	11.86	0.26	1.28
DS	4.23	4.24	8.99	1.09	0.08	13.81	0.11	0.47
Media Geometrica	7.80	7.74	15.01	1.93	0.13	6.99	0.25	1.22
DSG	1.60	1.60	1.66	1.67	1.72	2.99	1.44	1.37

VERIFICA DEL SEG

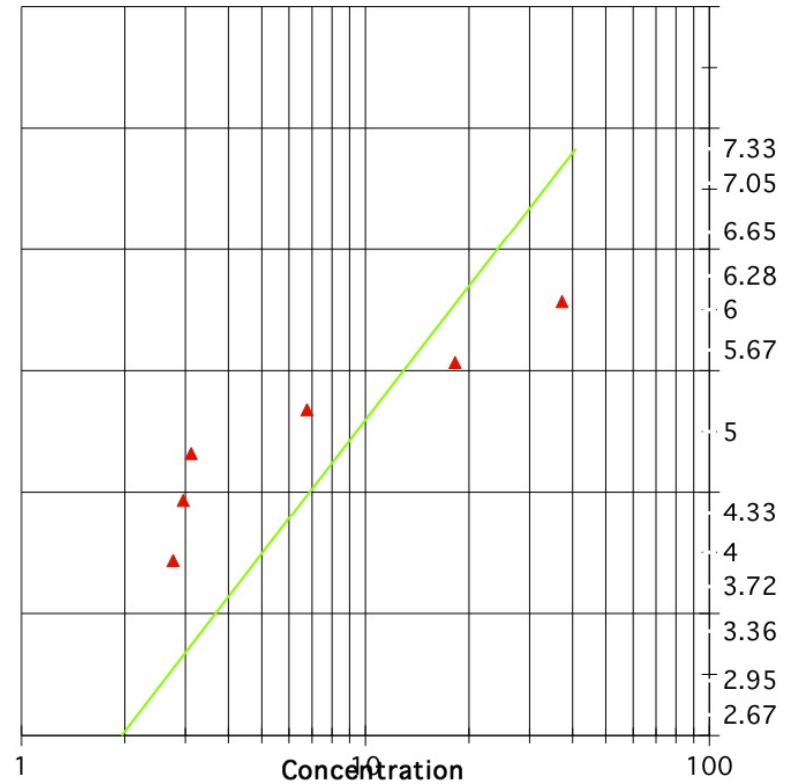
n-esano

Logprobability Plot and
Least-Squares Best-Fit Line



toluene (critico)

Logprobability Plot and
Least-Squares Best-Fit Line



APPLICAZIONE DEI TEST

n-Esano

- **Test preliminare valori di I>0,20**
- **Test statistico Ur=3,109**
- **Ut=2,187 (6 dati)**
- **Ur>Ut compliance**

2-metil pentano			etilbenzene		
	VL	IE		VL	IE
6.278	1762	0.004	0.220	442	0.000
4.480	1762	0.003	0.224	442	0.001
13.564	1762	0.008	0.481	442	0.001
14.324	1762	0.008	0.275	442	0.001
6.136	1762	0.003	0.197	442	0.000
6.698	1762	0.004	0.174	442	0.000

3-metil pentano			xileni		
	VL	IE		VL	IE
5.625	1762	0.003	1.128	221	0.005
4.658	1762	0.003	1.125	221	0.005
13.853	1762	0.008	2.206	221	0.010
14.005	1762	0.008	1.288	221	0.006
6.286	1762	0.004	0.999	221	0.005
6.739	1762	0.004	0.911	221	0.004

metilciclopentano			toluene		
	VL	IE		VL	IE
1.372	1762	0.001	6.766	192	0.035
0.960	1762	0.001	2.760	192	0.014
3.608	1762	0.002	37.330	192	0.194
3.375	1762	0.002	18.228	192	0.095
1.741	1762	0.001	3.116	192	0.016
1.871	1762	0.001	2.954	193	0.015

cicloesano			n-esano		
	VL	IE		VL	IE
0.075	350	0.000	10.603	72	0.147
0.068	350	0.000	8.950	72	0.124
0.256	350	0.001	28.940	72	0.402
0.220	350	0.001	27.590	72	0.383
0.135	350	0.000	11.830	72	0.164
0.128	350	0.000	12.779	72	0.177



LA NORMA 689/2018

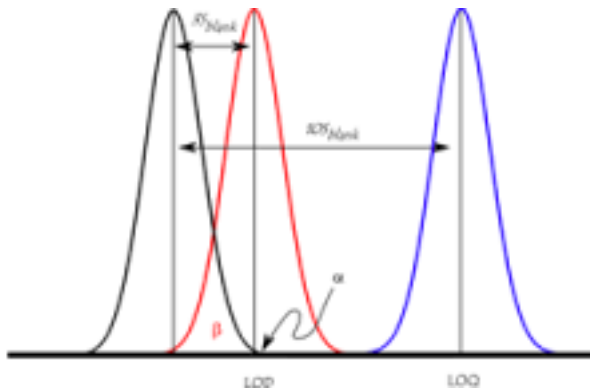
Calcolo dell'esposizione per lavoratori con turni di lavoro inusuali Allegato G

- **Molti VL utilizzati per la valutazione dell'esposizione si applicano per un orario di lavoro di 8 ore al giorno.**
- **L'esposizione giornaliera (E_d) di lavoratori che hanno turni > 8 ore, può essere calcolata con la seguente espressione. Il dato può essere utilizzato per verificare il rispetto dei valori limite di esposizione professionale**

$$E_d = C_i \times \frac{t}{8}$$

ALLEGATO H

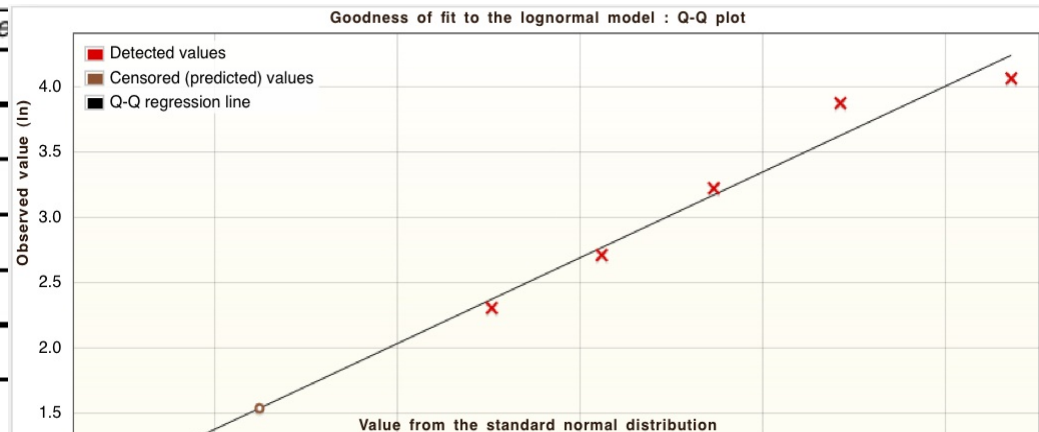
Ipotesi: tutte le esposizioni comprese quelle <LoQ approssimano una distribuzione log normale



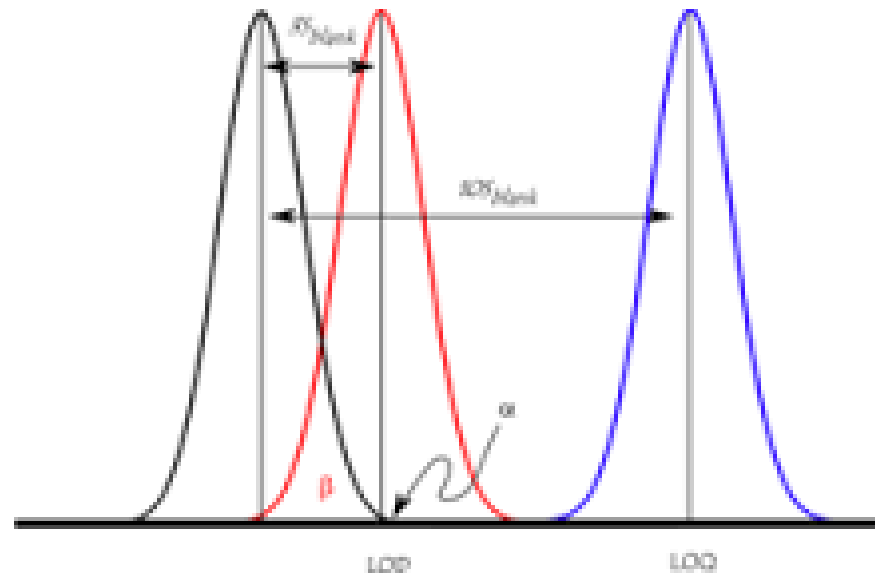
- **I dati non quantificabili non devono essere sostituiti con un valore fisso ad esempio LoQ/2**
 - **cattiva stima della media geometrica e della deviazione standard geometrica con una conseguente decisione di conformità al VL non corretta**

http://www.dsest.umontreal.ca/recherche_rayonnement/NDE expo/nd7.htm

Raw data	type	Final value
10	detected	10
15	detected	15
25	detected	25
<5	ND	2.624
<5	ND	4.638
58	detected	58
48	detected	48



La distinzione tra LoD e LoQ



- il LoD è desunto dal prodotto della variabilità dei bianchi per un fattore predeterminato, tipicamente intorno a 3
- il LoQ è il valore oltre il quale i laboratori si sentono sicuri circa i numeri che forniscono
 - a partire dal LoQ viene di solito espressa l'incertezza di misura
 - Il “bianco” assume particolare rilevanza perché una sua elevata variabilità comporta inevitabilmente un incremento del LoD e del LoQ.

VALUTAZIONI PERIODICHE

- **Applicata ad ogni SEG**
 - **Verifica dell'attribuzione dei lavoratori al SEG**
 - **Risultati delle misurazioni validate**
 - **Test di conformità su tutti i dati**
-
- **ALLEGATO I: intervallo delle misurazioni periodiche**

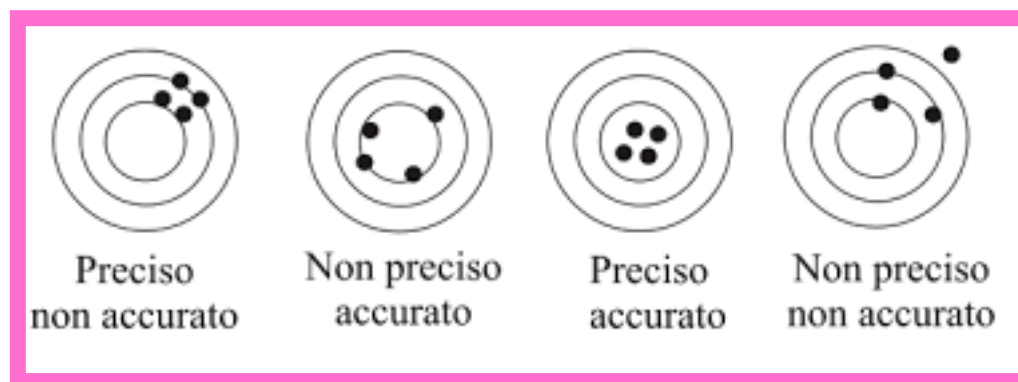
VALUTAZIONI PERIODICHE



VALORI MISURE	TEMPO
GM o AM <0,1VL	36 MESI
GM o AM Compresa tra 0,1VL e 0,25 VL	24 MESI
GM o AM Compresa tra 0,25VL e 0,50 VL	18 MESI
GM o AM >0,5VL	12 MESI

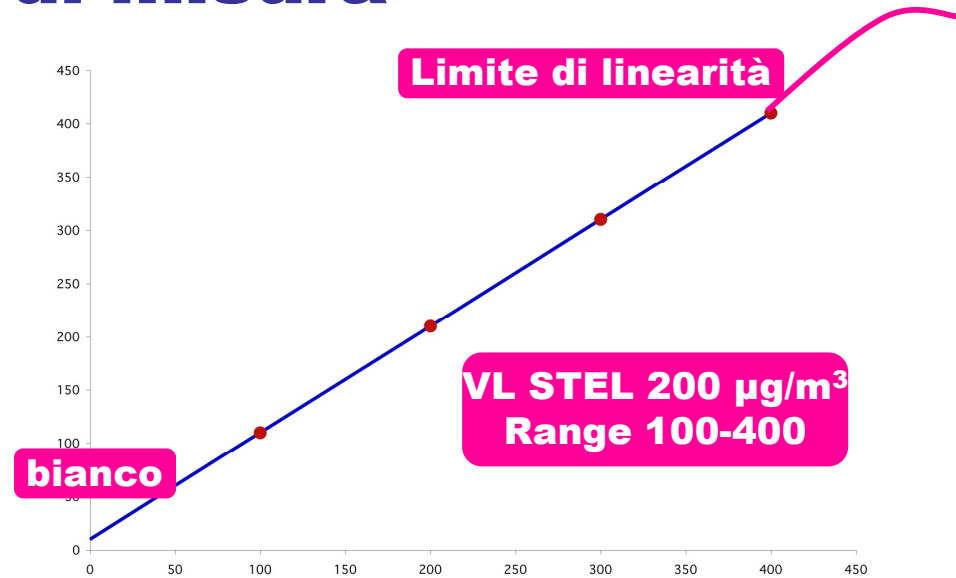
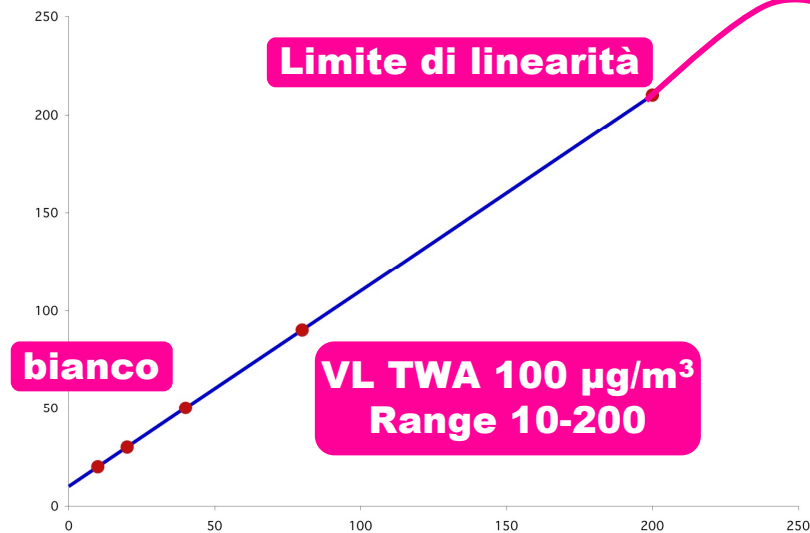
**UNI EN
482/2012**

Requisiti prestazionali per le procedure di misura di inquinanti aerodispersi



- **meno stringenti per le misure di screening**
- **più approfonditi per misure eseguite ai fini del confronto con il VL**
 - **non ambiguità: corrispondenza con una sola concentrazione**
 - **appropriate informazioni sulla natura e l'entità delle interferenze**
 - **La selettività richiesta dal metodo di analisi dipende da quanto è già noto:**
 - **se l'identità è conosciuta e non sono segnalate interferenze è possibile usare procedure analitiche meno selettive.**

Il range di misura



- **Per misure di lungo periodo deve essere compreso tra 1/10 e il doppio del VL, mentre per misure di breve periodo tra 1/2 e il doppio del VL.**
 - **La combinazione del sistema di campionamento e analisi deve consentire un LoQ pari almeno a 1/10 del VL, o a 1/2 del VL a seconda che si abbia a che fare con un intervallo di mediazione pari a 8 ore o 15 minuti.**

L'incertezza di misura: altro parametro caratterizzante



- il valore massimo è collegato alla forma fisica dell'inquinante, al periodo di riferimento e al range di misura:

- Per brevi periodi (15 minuti), $U < 50\%$
- Sul lungo periodo
 - $U < 50\%$ per un range di misura compreso tra $1/10$ e $1/2$ del VL
 - $U < 30\%$ tra $1/2$ e il doppio del VL
- Il valore massimo di U è settato al 50% in tutti i casi che riguardano inquinanti aerodispersi in forma di miscele particolato/vapore a causa dei non trascurabili problemi di campionamento e analisi.

Stima dell'incertezza di misura estesa per la misura di inquinanti aerodispersi

UNI EN
482/2012

→ Metodo metrologico

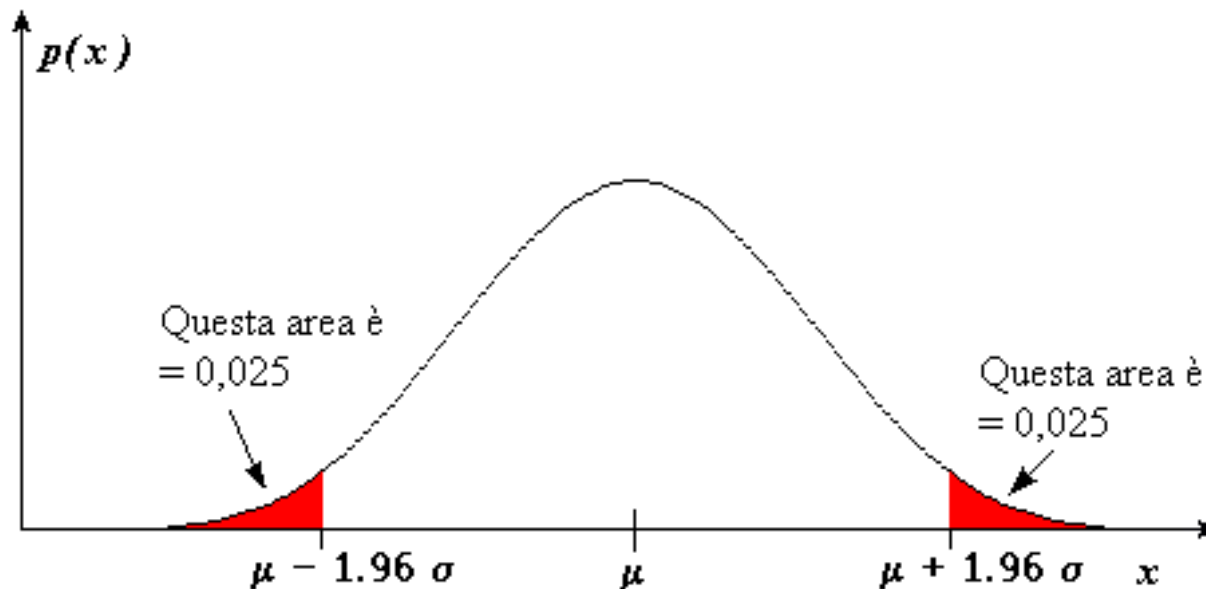
- Il calcolo dell'incertezza composta è poi eseguito tramite la legge di propagazione delle incertezze che tiene conto di tutti gli scarti tipo.

$$\frac{u(C)}{C} = \sqrt{\left(\frac{u(P)}{C}\right)^2 + \left(\frac{u(Rm)}{Rm}\right)^2 + \left(\frac{u(Rs)}{Rs}\right)^2 + \dots + \left(\frac{u(x_n)}{C}\right)^2}$$

→ Incertezza estesa "U"

Incertezza estesa calcolata con un fattore di copertura (K) pari a 2, garantisce di definire l'intervallo di variabilità del dato con una probabilità del 95%.

$$Y \pm U$$



K=1 : probabilità 68,3%

K=2 : probabilità 95,4%

K=3 : probabilità 99,73%

COMPONENTI *u* DI ANALISI vapori

Aldeide	Portata ml/min	Intervallo di linearità ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)·min	Limite di rilevabilità dopo 7 giorni $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Incertezza 2 σ %
Acetaldeide	88	1.100 ÷ 9.000.000	0,15	18,0
Formaldeide	92	1.100 ÷ 2.500.000	0,15	15,0

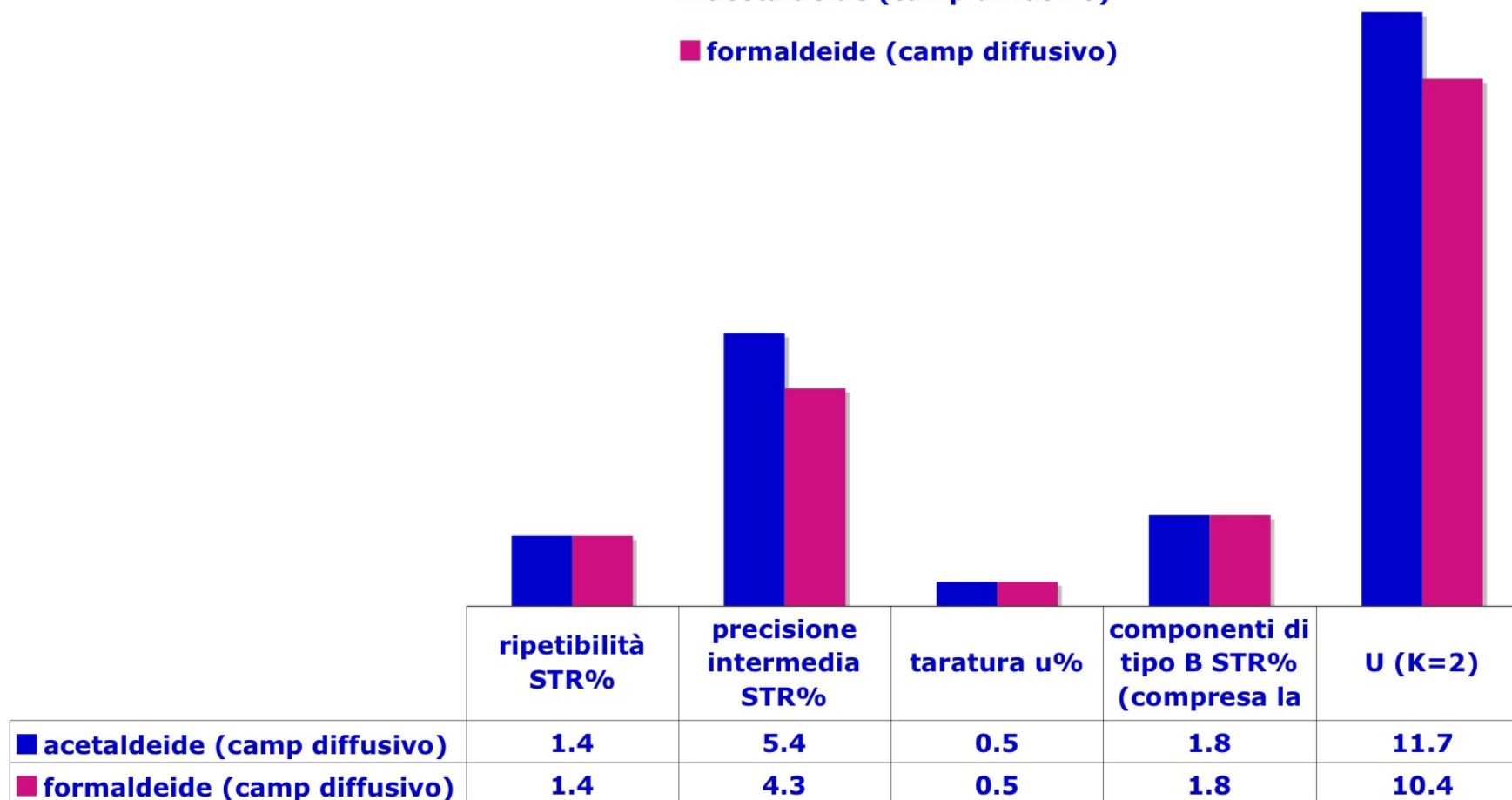
sampler 1

acetaldeide	84	1.000÷12.000.000	0,1	15,9
formaldeide	99	1.000÷4.000.000	0,1	13,8

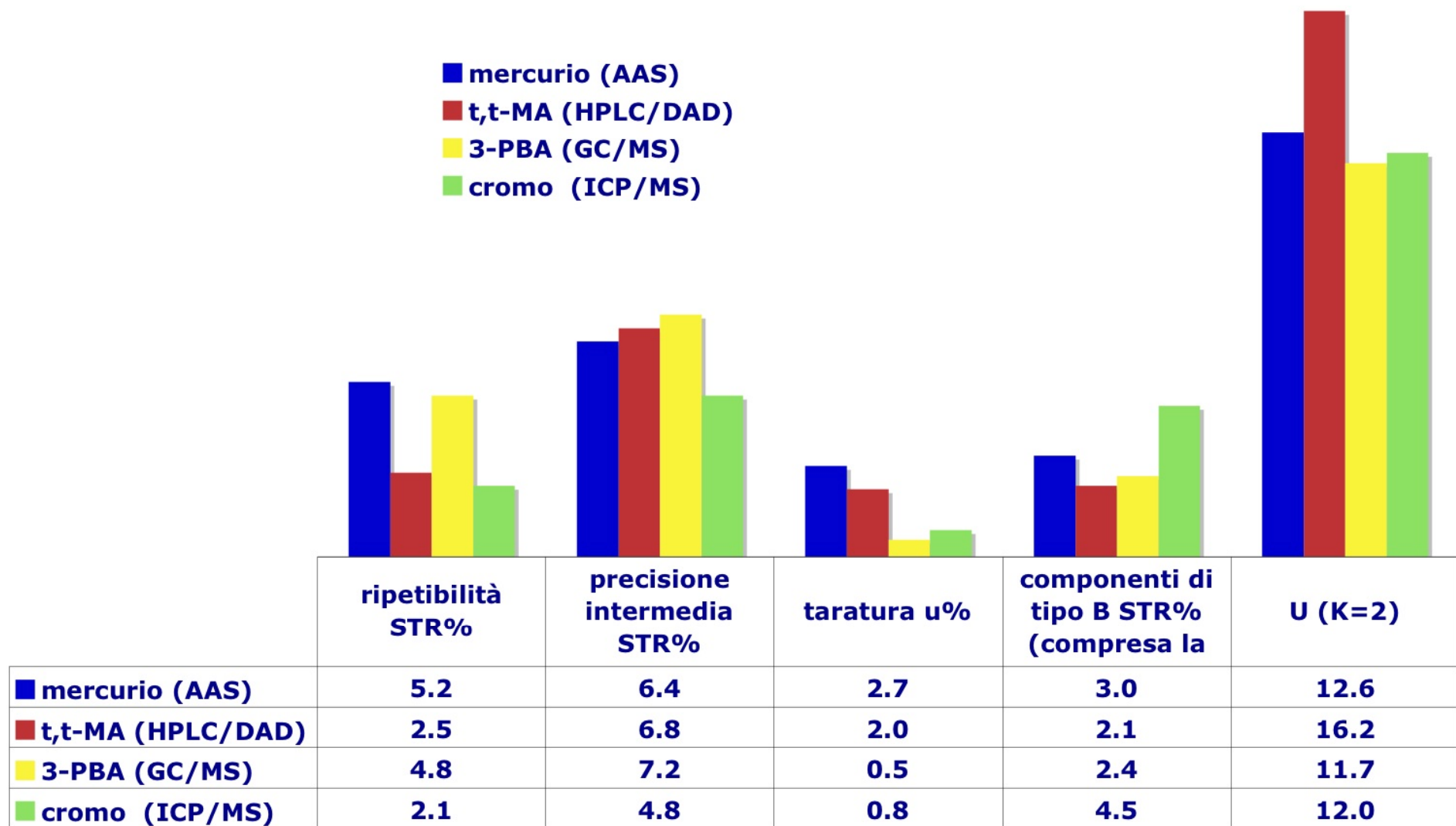
sampler 2

■ acetaldeide (camp diffusivo)

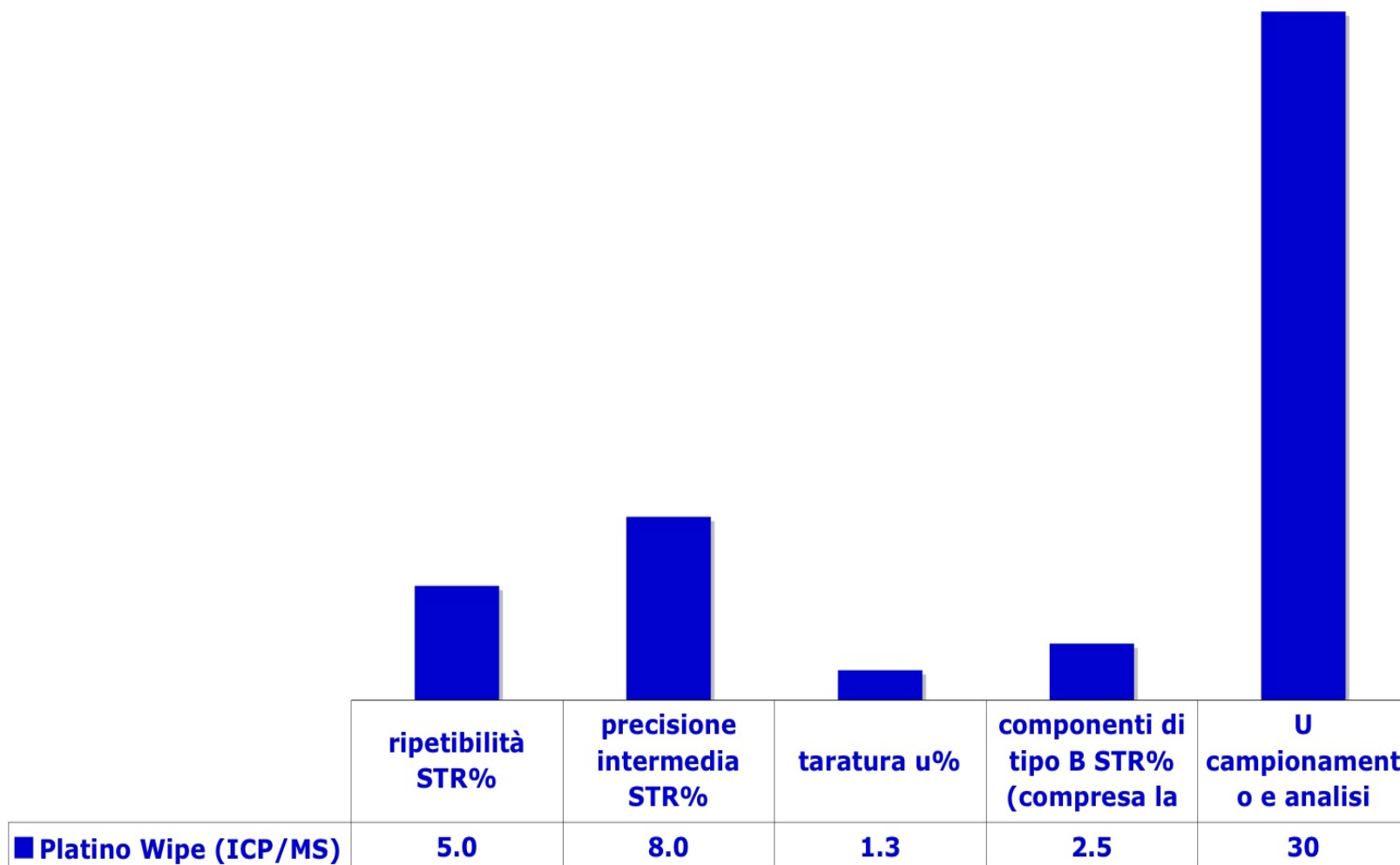
■ formaldeide (camp diffusivo)



I vari contributi all'incertezza di alcune analisi di biomarkers



L'incertezza dei metodi di campionamento superficiale





Cristina Aprea