

Monitoraggio ambientale: sostanze da determinare e limiti di esposizione

Alessandro Leone



PREVENZIONE
PIEMONTE

PMP RISCHIO CHIMICO e CANCEROGENO – VERDUNO 24 NOVEMBRE 2023





Dalla scheda di autovalutazione delle Aziende

7. VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE

La valutazione dei rischi chimici e/o cancerogeni derivanti dalle lavorazioni di saldatura/puntatura è effettuata anche attraverso l'utilizzo dei risultati di misure dell'esposizione professionale ad agenti chimici?

SÌ

NO

Se sì, le misure sono state eseguite negli ultimi 3 anni?

SÌ

NO

Ci si aspetta quindi che le ditte dispongano di un monitoraggio, effettuato negli ultimi 3 anni



Perché?

La possibilità di arrivare ad una realistica valutazione del rischio in assenza di misurazioni dell'esposizione personale è piuttosto remota, in quanto si tratta di una esposizione fortemente correlata ai sottoprodotti che si liberano a caldo. In caso di estrema variabilità delle attività delle lavorazioni, potrebbero essere accettabili metodi di stima, se basati su esposizioni reali effettuate in altri contesti simili utili a ricostruire profili di esposizione.

I livelli di esposizione e i rischi potenziali durante le operazioni di saldature non sono trascurabili, anche in presenza di presidi di aspirazione localizzata.

Nelle lavorazioni di saldatura, è difficile sostenere la presenza di un «rischio irrilevante per la salute». Ai sensi della normativa la misura dell'esposizione si rende necessaria.

Le informazioni utilizzabili per la valutazione dell'esposizione sono state innovate negli ultimi anni. Si evidenzia la necessità di mantenere sotto controllo nel tempo l'esposizione. La valutazione dell'esposizione deve essere aggiornata (non datata oltre i 3 anni)



Misurazione dell'esposizione a fumi di saldatura

Una valutazione complessa

Utilizzo dei criteri della NORMA UNI EN 689:2019

- Elevata variabilità livelli e tipo di inquinanti presenti
- Miscela complessa di inquinanti chimici
- Attuale assenza di un limite (a) specifico per i fumi di saldatura
- Presenza di limiti differenti di esposizione autorevoli per i singoli parametri
- Polveri inalabili
- Polveri respirabili
- Metalli non cancerogeni: il «caso» del manganese
- Metalli cancerogeni
- Speciazione dei metalli: il «caso» del Cromo esavalente



Una valutazione complessa

- Descrizione delle lavorazioni effettuate e non solo della mansione
- Tipologia di materiale saldato e tecnologia di saldatura
- Durata del prelievo sufficientemente lunga (> 2h) e/o campionamento nella condizione peggiore (campionamento di massime esposizione).

Per la verifica della conformità all'OELV-8 h, si devono considerare tre casi:

- se si verificano esposizioni durante l'intero turno di lavoro e il valutatore considera che i fattori del luogo di lavoro, incluse le operazioni unitarie, sono costanti durante il turno di lavoro, la durata del campionamento totale può essere minore del periodo di riferimento con un minimo di 2 h;
- se il valutatore considera che i fattori del luogo di lavoro, incluse le operazioni unitarie, non sono costanti durante il turno di lavoro, la durata del campionamento totale deve essere maggiore di 2 h e il più possibile vicina alla durata del turno;
- se la durata dell'esposizione all'interno del turno di lavoro è minore di 2 h, la durata del campionamento dovrebbe coprire l'intero periodo di esposizione.



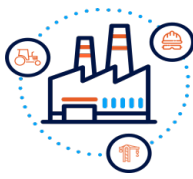
Posizionamento del campionatore

Campionamento personale, con il campionatore posizionato in prossimità delle vie respiratorie dell'operatore.

Il **campionamento statico** non è applicabile in caso di esposizione a fumi di saldatura, se non per determinare concentrazioni di «fondo».

Nella valutazione dell'esposizione inalatoria, non si considera l'eventuale presenza del DPI per la protezione delle vie respiratorie.

Se il saldatore utilizza un riparo facciale, il campionatore deve comunque essere collocato al di sotto della visiera utilizzata dall'operatore (UNI EN ISO 10882-1 del 2012)



Norma UNI EN 689:2019 Confronto con il limite di esposizione

Procedura «preliminare» (non statistica)

Numero di misure comprese tra 3 e 5

CONFORMITA' : tutti i dati inferiori a
10% del limite, per una serie di 3 risultati
15% del limite, per una serie di 4 risultati
20% del limite, per una serie di 5 risultati

NON CONFORMITA' : se anche una sola misura è superiore al limite, il limite non è rispettato.

NON DECISIONE: se tutti i risultati sono inferiori al limite di esposizione, ma anche un solo risultato è maggiore del 10% (test con 3 dati), 15% (test con 4 dati) o 20% (test con 5 dati)



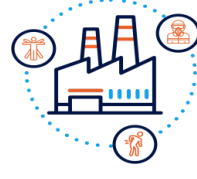
Norma UNI EN 689:2019
Confronto con il limite di esposizione

Confronto statistico

(almeno 6 misure per gruppo omogeneo di esposizione)

Nel caso di sei o più misure, è necessario applicare un metodo di tipo statistico, così come indicato nell'appendice F della Norma UNI EN 689:2019.

Il metodo prevede la definizione di un conformità, laddove con un livello di confidenza del 70% ci sia meno del 5% di probabilità di superare il limite.



Norma UNI EN 689:2019 Confronto con il limite di esposizione

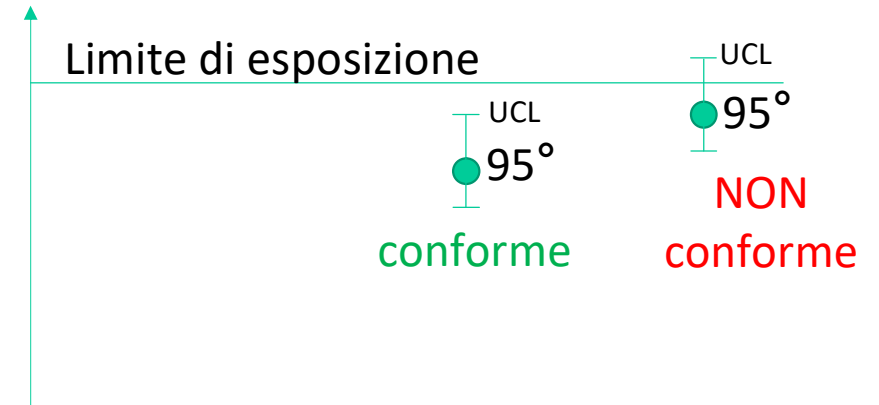
Confronto statistico

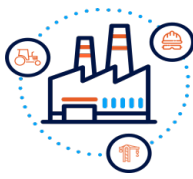
(almeno 6 misure per gruppo omogeneo di esposizione)

Ovvero

il confronto con il limite non è fatto con la media dei valori, ma con il 95° percentile della distribuzione dei valori e il suo limite confidenza superiore (UCL).

N.B. Si tratta di un valore sicuramente superiore al maggiore dei valori misurati.





Norma UNI EN 689:2019 Confronto con il limite di esposizione

Applicazione della norma UNI EN 689:2019 alle lavorazioni di saldatura

- Difficoltà ad ottenere un prelievo effettivamente rappresentativo in caso di operazioni manuali e non standardizzate
- Elevato numero di misure anche in caso di pochi addetti
 - Numero di misure minimo pari a 3
 - E' altamente probabile che alcuni parametri (manganese) non rispettino i requisiti di conformità con il test preliminare, ricadendo in una situazione di non decisione e richiedendo un aumento del numero delle misure sino ad almeno 6 misure
 - La norma permette comunque di arrivare con 6 misure ad una valutazione di conformità o di non conformità al limite.



Dalla scheda di autovalutazione delle Aziende

Quali inquinanti sono stati monitorati?

Polveri (inalabili, respirabili)	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Cromo Totale o Cromo esavalente, Nichel o Cadmio	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Altri metalli (Ferro, Manganese, Alluminio ecc.)	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Gas (ozono, ossidi di azoto, monossido di carbonio, ecc)	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Altro _____	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO

una suddivisione di «minima» per comprendere la coerenza tra gli inquinanti ricercati e il materiale in lavorazione, senza entrare nel merito della correttezza delle esposizioni misurabili e delle metodologie utilizzate.



«FUMI DI SALDATURA» e «POLVERI»

Le «polveri» inalabili generate durante le lavorazioni di saldatura corrispondono storicamente ai «fumi di saldatura». E' il parametro «base» da ricercare. In alcuni casi possono o dovrebbero essere riportati anche i valori di «polveri respirabili», in quanto diversi metalli hanno limiti di esposizione in tale frazione.

Esisteva un limite di **5 mg/m³** definito dall'ACGIH. Il limite è stato abolito, in un processo di revisione di diversi limiti di esposizione a «miscele» con composizione variabile.



«FUMI DI SALDATURA» e «POLVERI»

Welding fumes and fumes from other processes such as plasma cutting and air carbon arc gouging that generate fume in a way that is similar to welding (hereafter referred to as Welding fumes+).

05/07/2021

ECHA has been tasked by the European Commission to identify and assess and define the scope of these process-generated substances of mixed and varying composition to allow for a description of the relevant processes, or sub-processes, to be included in annex I of CMD to ensure legal certainty of inclusion within the scope of the directive. If appropriate, this should be complemented by information identifying substance(s), which could be used as potential marker(s) for monitoring exposure to welding fumes+.

The scientific evaluations are used to support the regulatory initiatives on occupational exposure limit values for the protection of workers from chemical risks, to be set at Union level pursuant to the Carcinogens and Mutagens Directive (Directive 2004/37/EC).

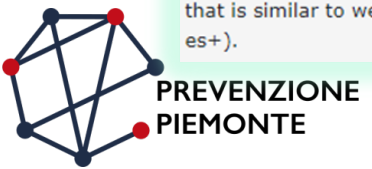
This call is to collect any relevant available data on the process-generated substances of mixed and varying composition to allow for a description of the relevant processes, or sub-processes to conduct the scoping study. In addition, the call is to also collect data to identify if there are substances that could be used as potential marker(s) for monitoring exposure to welding fumes+. The information gathered will be included in the scoping study report.

Novità in arrivo dall'Unione Europea

Name	Welding fumes and fumes from other processes such as plasma cutting and air carbon arc gouging that generate fume in a way that is similar to welding (hereafter referred to as Welding fumes+).
EC Number	-
CAS Number	-
Start of call	-
Deadline for providing input	-
Subject of the call	-
Objective of the call	-

Welding fumes and fumes from other processes such as plasma cutting and air carbon arc gouging that generate fume in a way that is similar to welding (hereafter referred to as Welding fumes+).	-	-	01/12/2022	ECHA	CMRD (Directive 2004/37/EC)	Report completed	Details
--	---	---	------------	------	-----------------------------	------------------	-------------------------

<https://echa.europa.eu/it/oels-activity-list>





«FUMI DI SALDATURA» e «POLVERI»

Approccio danese
Valori in mg/m³

Electrode methods - stainless steel 0,5
TIG 1,1
MIG/MAG 1,6
Flame cutting 1,7
Electrode methods - construction steel 1,7

VALUTAZIONI NON ACCETTABILI.

In alcuni casi è utilizzato il dato definito dall'ACGIH per le polveri non diversamente classificate (PNO) di 10 mg/m³. Si tratta di polveri definite dall'ACGIH per caratteristiche di scarsa tossicità e quindi non applicabili ai fumi di saldatura.

Il limite dei 5 mg/m³ per i fumi di saldatura è frequentemente utilizzato «impropriamente» come riferimento del dato di polverosità inalabile, ma non è tutelante.

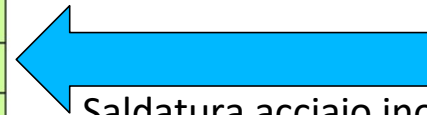


«FUMI DI SALDATURA» e «POLVERI»

I livelli di polverosità variano molto in funzione dei materiali saldati e della tecnologia utilizzata. Sono decisamente inferiori per le saldature robot o automatiche, sono maggiori per le saldature manuali.

		Polveri Inalabili (mg/m ³)
ADDETTO SALDATURA MANUALE	Valore Minimo	0,57
	Valore Medio	1,45
	Valore Massimo	2,74
ADDETTO ISOLA ROBOTIZZATA E SALDATURA MANUALE	Valore Minimo	0,81
	Valore Medio	1,16
	Valore Massimo	1,41
ADDETTO GENERICO ISOLA ROBOTIZZATA	Valore Minimo	0,57
	Valore Medio	0,69
	Valore Massimo	0,80

Esempio:



Saldatura acciaio inox
 Ditta di grandi dimensioni
 Produzione standardizzata
 Ampia presenza di presidi di aspirazione localizzata



«FUMI DI SALDATURA» e «POLVERI»

Range di valori di polverosità, misurati negli ultimi anni da Arpa Piemonte , in aziende del settore dell'acciaio dolce.

Saldatura manuale con aspirazione localizzata
Frazione inalabile («fumi di saldatura»)
Valore medio 2,1 mg/m³
minimo 0,4 mg/m³ – massimo 4,4 mg/m³

Frazione respirabile (mediamente un terzo della frazione inalabile).
Valore medio 0,7 mg/m³
minimo 0,1 mg/m³ – massimo 1,9 mg/m³

N.B. Si possono riscontrare livelli anche maggiori di 5 mg/m³ per saldatura in assenza di aspirazione localizzata, in ambienti semi confinati e confinati. In caso di effettuazione di molatura non aspirata possono essere molto più elevati, ma solo in parte corrispondono alla definizione di «fumi di saldatura».



«IL MANGANESE»

Allegato XXXVIII del D.Lgs. 81 del 2008 e smi
Manganese e composti inorganici del manganese
0,200 mg/m³ come frazione inalabile
0,050 mg/m³ come frazione respirabile

ACGIH

Sino al 2012 il limite era 0,2 mg/m³, ora è stato ridotto a
0,100 mg/m³ per particelle inalabili.
0,020 mg/m³ per particelle respirabili.

La modifica dell'ACGIH nei TLV del manganese è basata su segnalazioni di cambiamenti neurocomportamentali e neuropsicologici in lavoratori esposti a **bassi livelli cronici di manganese**.



Si riscontra un arricchimento percentuale del manganese in aria rispetto alla sua presenza nel filo di saldatura, soprattutto nelle frazioni più piccole. In media si hanno valori del 2 % sulla frazione inalabile, circa il doppio nella frazione respirabile.

Range di valori di manganese, misurati negli ultimi anni, in aziende del settore dell'acciaio dolce.

Saldatura manuale con aspirazione localizzata

Manganese (frazione inalabile)

Valore medio 0,047 mg/m³

minimo 0,003 mg/m³ - massimo 0,163 mg/m³

Manganese (frazione respirabile)

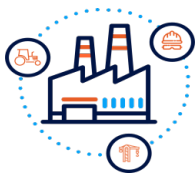
Valore medio 0,031 mg/m³

minimo 0,0006 mg/m³ - massimo 0,083 mg/m³

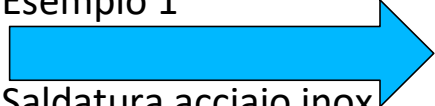


PREVENZIONE
PIEMONTE

REGIONE
PIEMONTE



Esempio 1



Saldatura acciaio inox
Ditta di grandi dimensioni
Produzione standardizzata
Ampia presenza di presidi
di aspirazione localizzata

Esempio 2

le operazioni di molatura, se effettuate con attrezzi non aspirati o in postazioni non aspirate, possono esporre a concentrazioni di manganese elevate (anche > 0,200 mg/m³).



		Manganese
ADDETTO SALDATURA MANUALE	Valore Minimo	0,012
	Valore Medio	0,064
	Valore Massimo	0,132
ADDETTO ISOLA ROBOTIZZATA E SALDATURA MANUALE	Valore Minimo	0,029
	Valore Medio	0,080
	Valore Massimo	0,158
ADDETTO GENERICO ISOLA ROBOTIZZATA	Valore Minimo	0,013
	Valore Medio	0,039
	Valore Massimo	0,072

Esempio 3 – produzione container

1° campagna: Mn (media prelievi: 315 µg/m³, con picchi a 1019, 1615, 1562 µg/m³).

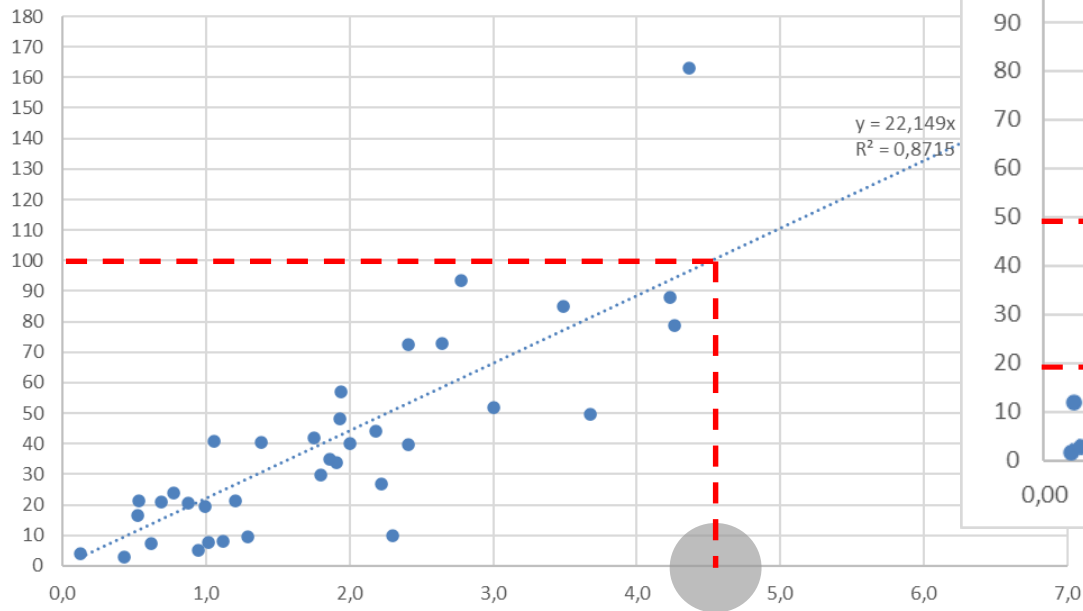
Dopo bonifica con aspirazioni localizzate:

2° campagna: Mn (media: 43 µg/m³, con picchi a 57 µg/m³)

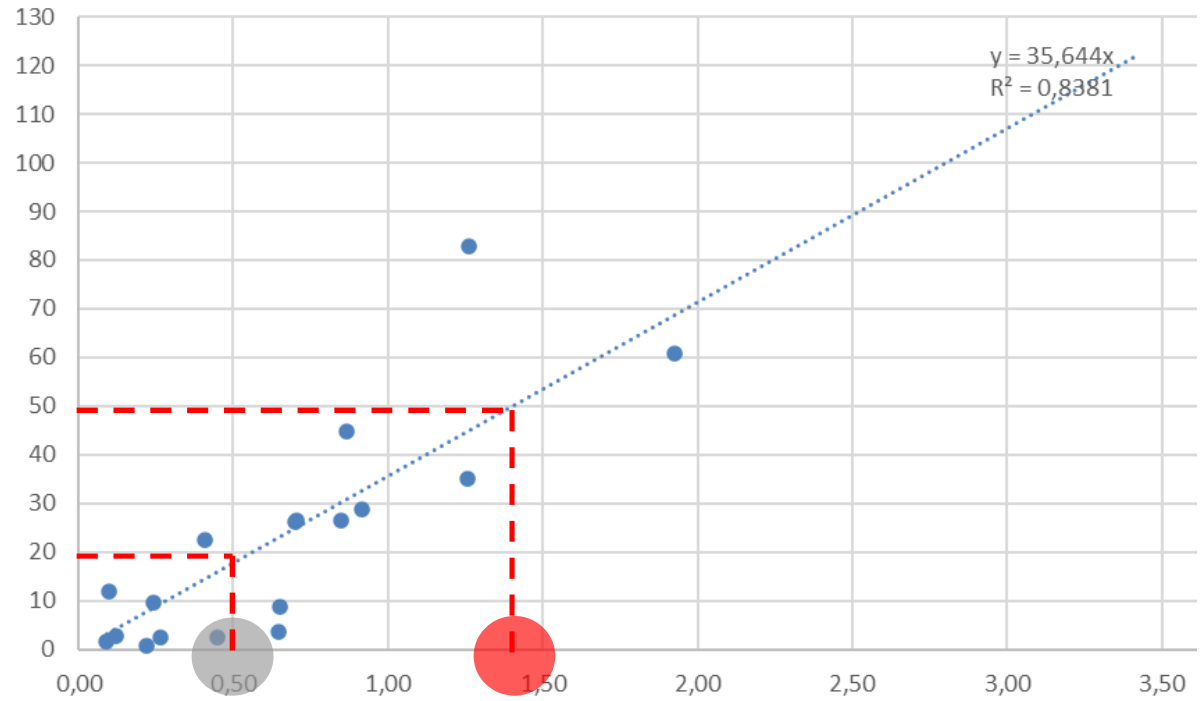
Analoghi andamenti erano riscontrabili in altre saldature legate alla carpenteria pesante.



correlazione manganese - polveri (frazione inalabile)



correlazione manganese - polveri (frazione respirabile)





IL MANGANESE VA MONITORATO NELLA FRAZIONE RESPIRABILE E IN QUELLA INALABILE

I MONITORAGGI DEGLI ULTIMI ANNI HANNO EVIDENZIATO

Per le operazioni di saldatura (e puntatura)

Un sostanziale rispetto del limite nazionale per la **frazione inalabile** e qualche superamento puntuale del limite ACGIH per la frazione inalabile.

Un **diffuso superamento del limite ACGIH per la frazione respirabile** (oltre il 40% dei campioni sono superiori al limite) e una percentuale importante di superamenti del limite nazionale. La situazione risulta sostanzialmente in linea con il limite ACGIH per la frazione respirabile nelle situazioni di saldatura di tipo robotizzato, con cappa posizionata superiormente alla postazione di saldatura.

Gli addetti che effettuano saldatura e molatura o solo molatura hanno esposizioni a manganese maggiori

IL MANGANESE E' ATTUALMENTE IL PRINCIPALE ELEMENTO PER LA VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE DEI SALDATORI (ACCIAIO DOLCE)

In particolare, il dato della frazione respirabile risulta quindi vincolante nella valutazione del rispetto del limite.





«FERRO»

E' il metallo principalmente presente nei fumi durante la saldatura degli acciai. Rappresenta sino al 70% dei fumi di saldatura.

Il «ferro» ha un limite ACGIH nella frazione respirabile, espresso come Fe_2O_3 di 5 mg/m³. (Esiste anche un limite per Sali di ferro solubili di 1 mg/m³ nella frazione inalabile).

I livelli di ossidi di ferro nella frazione respirabile raramente superano il valore di 1 mg/m³.

Essendo il metallo maggiormente presente, è un tracciante utile per fare valutazioni pre/post bonifica.



«CROMO» e «NICHEL»

Acciaio dolce

Valori Arpa Piemonte

«**Nichel**» inalabile in media circa 0,001 mg/m³

(valore massimo nel 2000 pari a 0,005 mg/m³ per polveri inalabili di 24 mg/m³ – 0,02 % in peso delle polveri)

% Nichel= 0,046% sul totale delle polveri [IC 90%: 0,040% e 0,052%]

«**Cromo totale**» inalabile

in genere inferiori al LOQ < 0,002 mg/m³

valore massimo misurato nel 2000 pari a 0,010 mg/m³ (con polveri inalabili di 24 mg/m³ – 0,04 % in peso delle polveri)

% Cr totale = 0,07% sul totale delle polveri [IC 90%: 0,05% e 0,09%]

Nessun dato per il «**cromo esavalente**»



Acciaio INOX

Nichel inalabile

Valore medio 0,035 mg/m³

minimo 0,004 mg/m³ - massimo 0,065 mg/m³

Nichel respirabile

Valore medio 0,018 mg/m³

minimo 0,003 mg/m³ - massimo 0,045 mg/m³

direttiva (UE) 2022/431

**0,01 (fraz. respirabile, misurata come nickel) dal
18/01/2025**

**0,05 (fraz. inalabile, misurata come nickel) dal 18/01/2025.
Misura transitoria: 0,1 mg/m³ come frazione inalabile fino
al 18/01/2025**

**SCOEL/SUM/85 (nickel e composti inorganici del nickel):
0,005 frazione respirabile
0,01 frazione inalabile (escluso nickel metallico)**

(1) TLV ACGIH per il Ni metallico: 1.5 mg/m³

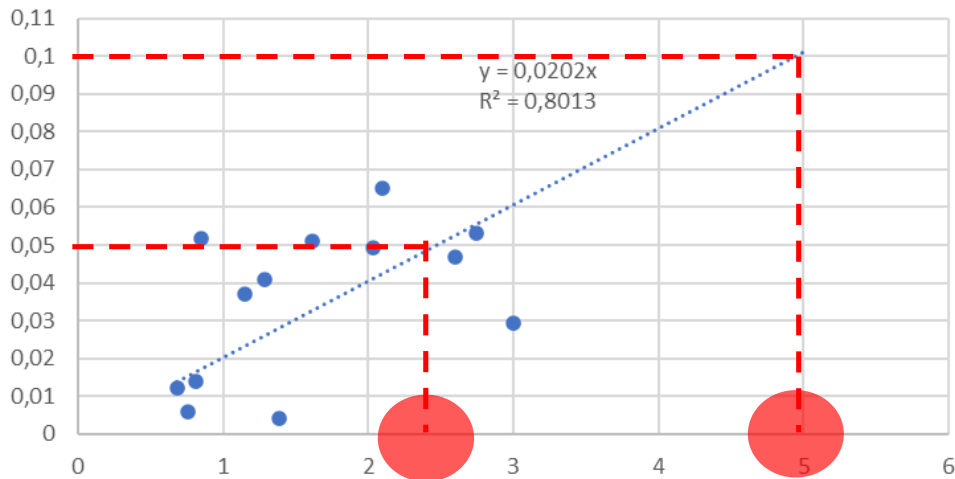
ACGIH

**0,2 composti inorganici
insolubili; 0,1 composti
organici solubili**

Escluso Ni metallico ⁽¹⁾



Nichel nella frazione inalabile



Il Nichel nei fumi di saldatura dell'acciaio inox è circa il 2%

(40 volte il Nichel nell'acciaio dolce)



direttiva (UE) 2022/431

0,01 (fraz. respirabile, misurata come nickel) dal 18/01/2025

0,05 (fraz. inalabile, misurata come nickel) dal 18/01/2025.
Misura transitoria: 0,1 mg/m³ come frazione inalabile fino al 18/01/2025

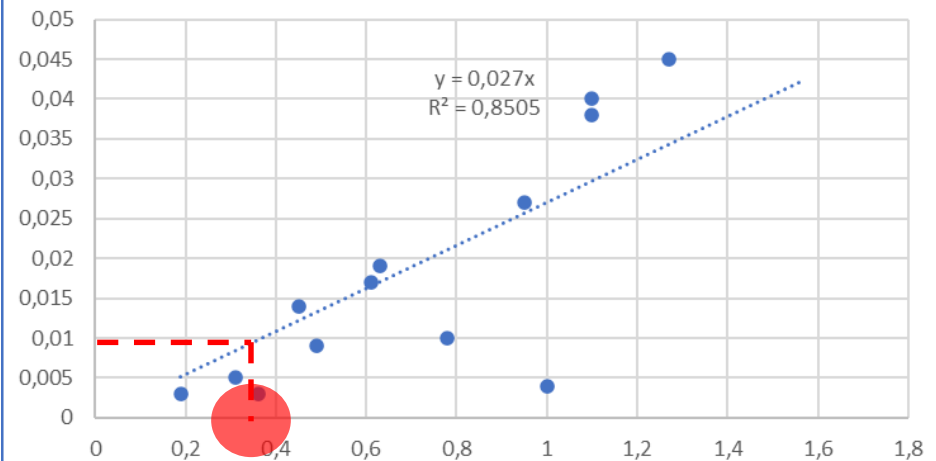
SCOEL/SUM/85 (nichel e composti inorganici del nichel):
0,005 frazione respirabile
0,01 frazione inalabile (escluso nichel metallico)

0,2 composti inorganici insolubili; 0,1 composti organici solubili

Escluso Ni metallico ⁽¹⁾

(1) TLV ACGIH per il Ni metallico: 1.5 mg/m³

Nichel nella frazione respirabile





Acciaio INOX

Cromo totale

Valore medio 0,069 mg/m³

minimo 0,003 mg/m³ - massimo 0,131 mg/m³

D.Lgs. 81/08

ACGIH

0,5

**0,5 Cromo totale
0.003 (Cr (III))**

Cromo esavalente

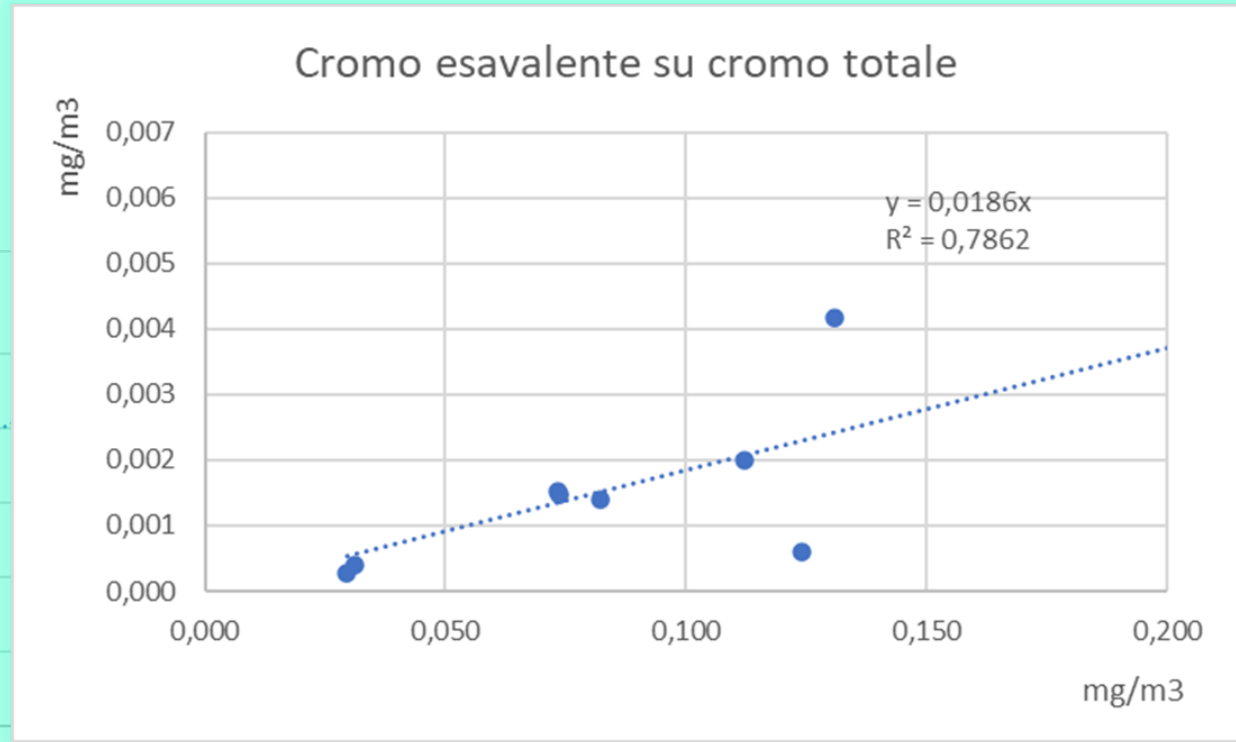
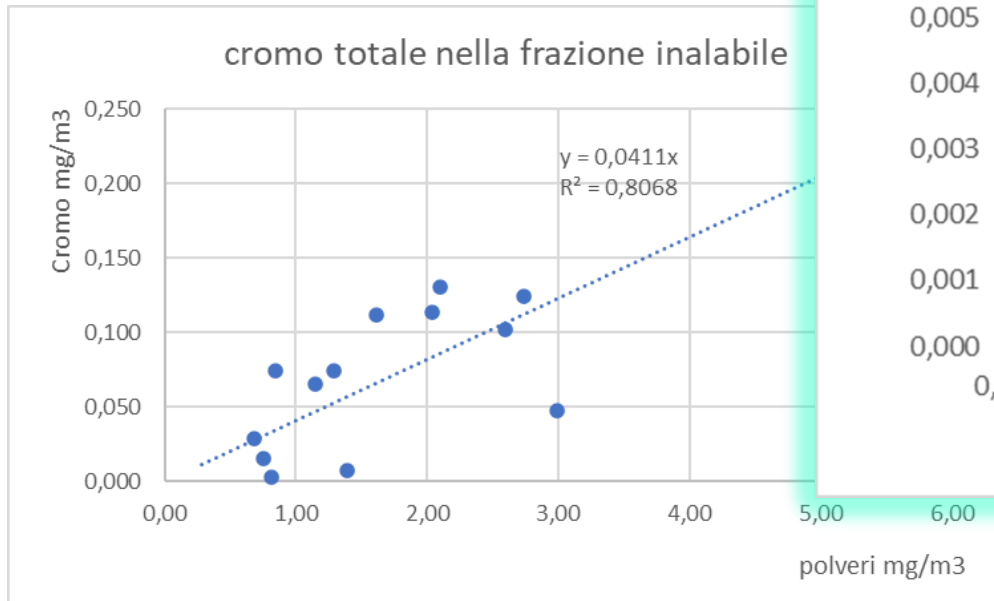
Valore medio 0,0015 mg/m³

minimo 0,0003 mg/m³ - massimo 0,0042 mg/m³

0,005 (dopo il 17.1.2025)

0,0002 (da 2018)

Misure transitorie Direttiva UE 2017/130: VL di **0,025** per i procedimenti di **saldatura**, taglio plasma o analoghi procedimenti di lavorazione che producono fumi;
VL di 0,010 fino a 17 gennaio 2025



Il Cr totale nei fumi di saldatura dell'acciaio inox è circa il 4%

(60 volte il Cr totale nell'acciaio dolce)



An excess lifetime lung cancer mortality risk = 4×10^{-3} per $\mu\text{g Cr(VI)}/\text{m}^3$

Table 2 Excess lifetime (up to age 89) lung⁵ cancer risk estimates for workers exposed to different 8h-TWA concentrations of Cr(VI) for 40 years

TWA Cr(VI) exposure concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Excess lung cancer risk in EU workers ($\times 10^{-3}$)
25	100
12.5	50
10	40
5	20
2.5	10
1	4
0.5	2
0.25	1
0.1	0.4
0.01	0.04

⁵ Background cumulative lifetime risk of dying from lung cancer between ages 0 and 74 in EU males is 48/1000 (Globocan, 2008)

APPLICATION FOR AUTHORISATION: ESTABLISHING A REFERENCE DOSE RESPONSE RELATIONSHIP FOR CARCINOGENICITY OF HEXAVALENT CHROMIUM. ECHA. Helsinki, 04 December 2013 RAC/27/2013/06 Rev.1 (Agreed at RAC-



Exposure 8 hour time weighted average	Number of excess lung cancer cases / 1000	
	Point estimate combined exposure response slopes	Confidence interval
0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.4	0.3-0.5
1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	4	3.2-4.8
5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20	16-24
10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	39	31-47
25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	94	76-112

SCOEL/REC/386 Chromium VI compounds
Recommendation from the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits. 22/05/2017

Acciaio INOX

Acciaio dolce





Grazie per l'attenzione