Il problema dell'esposizione professionale a formaldeide

Fontana M., Riggio R., Bertello C.
A.R.P.A. (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Piemonte)
Dipartimento Subprovinciale di Grugliasco (TO)
Area Ambienti di Lavoro

Introduzione

L'aldeide formica, gas di odore pungente e irritante, viene prodotta e commercializzata normalmente sotto forma di soluzione acquosa, con il nome di formalina.
Presenta notevoli problematiche legate alle sue proprietà chimico- fisiche (alta reattività e volatilità), tossicologiche e alla sua sospetta cancerogenicità.
La produzione di formaldeide in Italia si è dimezzata nel corso degli anni novanta, ma nel 1998 ha avuto un incremento considerevole rispetto all'anno precedente, riportandosi oltre le 50 mila tonnellate anno (Tabella n° 1).
Il suo impiego principale è nella produzione di resine, in particolare fenoliche, melaminiche e ureiche, nel settore laminati, anche se numerosi sono i settori produttivi che possono comportare la presenza della formaldeide (Tabella n°2).
La produzione di resine fenoliche, sempre nello stesso periodo, ha avuto un piccolo, ma significativo incremento.

Tabella n° 1

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Formaldeide	113,9	103,8	86,8	58	59,2	48,2	47,6	43,1	52,5
Resine fenoliche	67	63	57,1	63,5	68,1	75	74,2	71,7	78,1

(dati in migliaia di Tonnellate - Fonte Federchimica)

Tabella n° 2

Utilizzo della formaldeide: manifattura di plastiche e resine, intermedio nella produzione di derivati acetilenici, pentaeritrolo, esametilentetraamina, 4,4' metilendifenil diisocianato, trimetilolpropano e per agenti chelanti – in agricoltura nel trattamento di semi e disinfezione dei suoli, come reagente di laboratorio, come conservante in cosmetica, nei deodoranti, nei disinfettanti, come intermedio per coloranti, nei processi di imbalsamazione, in istopatologia, come stabilizzante nei prodotti idrocarbonici, come agente conciante, nei trattamenti di disinfezione in medicina, come anticorrosivo in trattamenti metallici, come intermedio chimico per carte speciali, come indurente per pellicole fotografiche, come disinfettante e intermedio chimico nell'industria della gomma, come solvente nell'industria chimica, come additivo alimentare, come intermedio per tensioattivi, nel trattamento di fibre tessili, come conservante del legno.

(Fonte Programma Prior – Regione Piemonte – Assessorato Sanità 1998)

Alcuni parametri di riferimento ambientale

Le principali sorgenti di immissione di formaldeide nell'ambiente sono:

✓ Outdoor :

- gas di scarico
- emissioni industriali
- inceneritori
- prodotto di fotoossidazione di idrocarburi (produzione secondaria), in particolare alcani e alcheni.

✓ Indoor:

- rilasciata dai mobili in truciolato e compensato (soprattutto quando nuovi)
- fumo di sigaretta

La formaldeide inoltre contribuisce alla formazione di ozono fotochimico.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità ha fissato un limite di qualità dell'aria per la formaldeide di 0,1 mg/m^3 su 30 minuti di prelievo.
In Italia con la Circolare del Ministero della Sanità n° 57 del 22/6/1983 si è posta già da tempo la problematica legata al sospetto potere cancerogeno di questa sostanza, sia per quel che riguarda gli ambienti di lavoro che per l'esposizione indoor dovuta soprattutto ai mobili nuovi. In questa direzione il D.M. 22/9/97 (norme per gli arredi di ufficio) definisce come determinare il rilascio di formaldeide dai mobili (UNI EN 717-2) ed il limite per questo rilascio (3,5 mg/m^2 h).
La sempre maggiore attenzione del legislatore verso questa sostanza è dimostrata anche per l'ambiente esterno dal D.M. del 15/4/1994 che, indicando i limiti di qualità dell'aria, inserisce la formaldeide tra le sostanze che devono essere sottoposte a campagne sperimentali di monitoraggio ambientale.
Per emissioni convogliate con flusso superiore a 0,1 kg/h il limite di concentrazione di formaldeide nei fumi è di 20 mg/ Nm^3, come indicato nel D.M. n°51 del 12/07/90.
Le aziende che producono e lavorano la formaldeide come materia prima spesso presentano rischi da incidente rilevante, data la presenza di metanolo (infiammabile), fenolo (tossico), oltre alla stessa formaldeide (tossica), con conseguente possibile impatto sia sulla popolazione che sull'ambiente.

L'esposizione professionale

L'esposizione occupazionale principale è soprattutto di tipo inalatoria.
Le principali fasi di lavorazione in cui può avvenire l'esposizione sono:

✓ produzione e utilizzo di formaldeide
✓ produzione di composti ottenuti dalla formaldeide
✓ utilizzo di questi prodotti come intermedi di lavorazione

A livello normativo vi è solo un parziale adeguamento alle informazioni che provengono dalla letteratura scientifica e da Enti internazionali sul potere cancerogeno della formaldeide.
La Comunità Europea, alla quale l'Italia fa riferimento, classifica la formaldeide come cancerogeno di categoria 3, con frase di rischio R40 (possibilità di effetti irreversibili).
Questa classificazione esclude ad oggi la formaldeide dall'applicazione del Titolo VII del D.Lgs 626/94 sui cancerogeni, con tutte le limitazioni che questo comporta in un adeguato intervento di prevenzione.

A livello nazionale ed internazionale l'evidenza cancerogena dell'aldeide formica è messa in risalto da una serie di classificazioni (Tabella n° 3).

Tabella n° 3

ENTE	CLASSIFICAZIONE	Note
CEE	3	Possibili effetti cancerogeni
CCTN	2	Sostanza che dovrebbe considerarsi cancerogena sull'uomo
IARC	2A	Probabile cancerogeno per l'uomo
NTP	RAHC	Sostanza ragionevolmente anticipata come cancerogena per l'uomo
ACGIH	A2	Sospetto cancerogeno per l'uomo
US-EPA	B1	Probabile cancerogeno per l'uomo
NIOSH		Potenziale cancerogeno
OSHA		Cancerogena

Classificazioni della Formaldeide

A livello comunitario e nazionale non sono stati definiti limiti di esposizione di legge per la formaldeide, mentre esistono alcuni valori espressi da autorevoli istituti internazionali.

Tabella n° 4

ENTE	Limiti di esposizione	Nota
ACGIH	0,37 mg/m3	TLV-C
NIOSH	0,016 ppm	10 h TWA
	0,1 ppm	Ceiling su 15 min

Limiti di esposizione occupazionale

Il limite proposto dal Niosh (Tabella n° 4) prende in considerazione i possibili effetti cancerogeni, mentre quello dell'ACGIH si limita a considerare i suoi possibili effetti tossicologici.

L'indagine presso le aziende

Per quel che concerne l'intervento effettuato dal nostro Dipartimento dell'ARPA Piemonte, in accordo con i Dipartimenti di Prevenzione delle ASL territorialmente di competenza, è stata valutata l'esposizione a formaldeide in ambiente di lavoro in impianti di formazione anime a caldo per fonderie e produzione di laminati.
Le due aziende controllate producono resine fenoliche e melaminiche, con successiva impregnazione di carte con le resine. In un'azienda (ditta A) vi è anche un reattore di produzione di formaldeide, mentre nell'altra (ditta B) le carte prodotte vengono successivamente accoppiate (reparto assiematura) e pressate per la produzione dei laminati finali. Le fonti di formaldeide sono quindi presenti in ogni step del ciclo produttivo.

Problematiche nella valutazione dei risultati

Per il monitoraggio e l'analisi della formaldeide è stato utilizzato nelle fonderie il metodo UNICHIM n°487, che prevede la captazione dell'inquinante presente nell'aria per gorgogliamento in acqua; determinazione colorimetrica del composto cromogeno formatosi per reazione con l'acido cromotropico, mentre per le aziende di produzione laminati il metodo Niosh 2016, che prevede un campionamento su fiale in gel di silice impregnate con 2,4 dinitrofenilidrazina e successiva analisi, dopo eluizione con acetonitrile, in HPLC.

Nella valutazione dei risultati ottenuti da monitoraggi in aziende con addetti esposti a vapori di formaldeide si devono tenere presenti due aspetti importanti:

- il limite dato dall'ACGIH di 0,37 mg/m^3 come TLV-C è un valore 'soglia', cioè non dovrebbe essere superato neanche per un istante
- la sospetta cancerogenicità della sostanza, confermata da una serie di classificazioni internazionali, in particolare per il carcinoma nasofaringeo

Per il primo punto l'utilizzo di tecniche di campionamento e analisi che non permettono di evidenziare il 'picco' di esposizione, ma dei valori medi nell'arco del periodo di campionamento, limita certamente la possibilità di confronto dei valori trovati con il limite.
Questa restrizione verrebbe ad essere completamente superata solo tramite l'utilizzo di un sistema di monitoraggio in continuo, che permetta di evidenziare l'andamento della concentrazione di formaldeide in funzione del tempo.
Per quel che concerne la classificazione della formaldeide si è in attesa che l'attuazione del D.Lgs 66/2000, modificando la definizione di cancerogeno in base ai 'criteri di classificazione', possa sopperire al mancato riconoscimento in sede comunitaria del potenziale cancerogeno della sostanza.
Sempre lo stesso D.Lgs 66/2000, incarica la CCTN di individuare periodicamente 'le sostanze cancerogene, mutagene e tossiche per la riproduzione che pur non essendo classificate ai sensi del decreto legislativo 3 febbraio 1997, n. 52, rispondono ai criteri di classificazione'. La Commissione Consultiva Tossicologica Nazionale ha già classificato la formaldeide in categoria 2 (Tabella n°3).

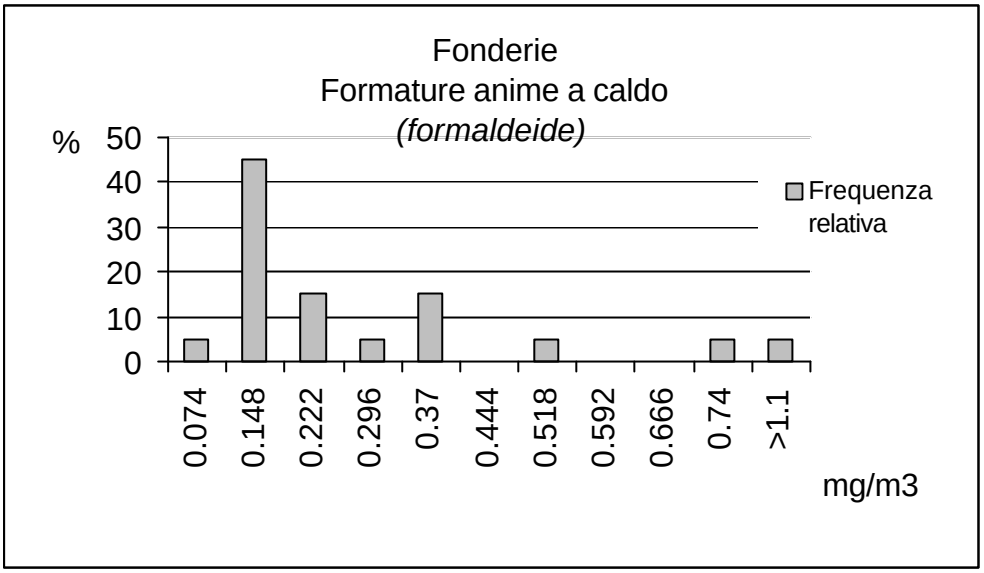
I risultati dell'indagine

Le fonderie

I valori di concentrazione di formaldeide rilevati nelle 5 fonderie presso i reparti di formazione anime a caldo sono rappresentati nella figura n°1. Dei 20 campioni eseguiti (18 campionamenti personali e 2 ambientali) 3 hanno valori superiori al TLV-C della formaldeide, mentre 5 sono classificabili all'interno di un intervallo di attenzione tra 0,185 mg/m3 (TLV-C/2) e il limite ceiling dell'ACGIH. Il 40% dei campioni ha quindi evidenziato la necessità di procedere a miglioramenti impiantistici finalizzati a limitare l'esposizione professionale.

Concentrazione minima rilevata:	0,06 mg/m^3
Concentrazione massima rilevata:	1,1 mg/m^3
Concentrazione media:	0,259 mg/m^3
Deviazione Standard	0,253 mg/m^3

Figura n° 1



(Distribuzione dei campioni in classi di concentrazione di formaldeide)

Produzione laminati

I risultati dei monitoraggi effettuati presso le due aziende (ditta A e B) di produzione laminati (Tabelle n° 5 e 6, figure 2 e 3) mostrano livelli elevati di esposizione degli addetti, con valori medi in molti casi superiori al TLV-C. I campionamenti evidenziano un alto livello di inquinamento ambientale dei reparti di lavoro anche lontano dalle sorgenti.

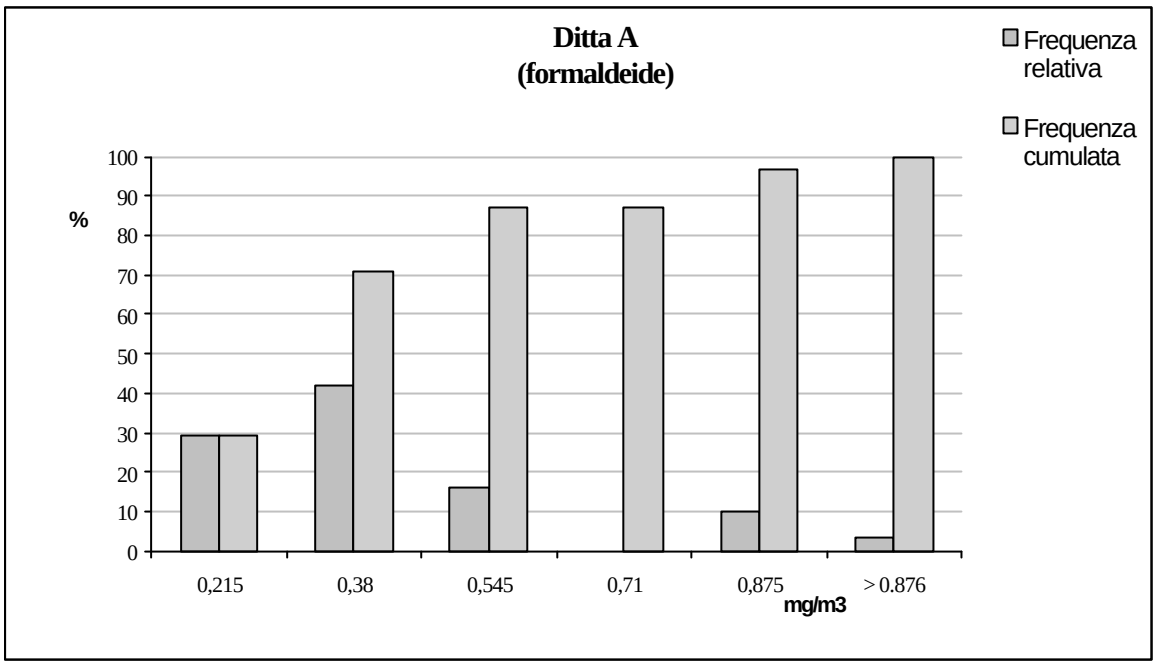
Nel reparto di impregnazione della ditta A su 21 campionamenti eseguiti 7 sono risultati sopra il TLV-C e 11 nell'intervallo di attenzione (tra TLV-C/2 e TLV-C), con valori leggermente superiori per le linee melaminiche (0,406 ± 0,226 mg/m^3 IC=95%) rispetto a quelle fenoliche (0,354 ± 0,120 mg/m^3). Le due tipologie di impregnazione erano presenti all'interno dello stesso reparto. Nella ditta B l'impregnazione fenolica ha mostrato risultati analoghi a quelli della ditta A (0,356 ± 0,113 mg/m^3), con 2 superamenti e 5 valori compresi nel livello di attenzione (di cui tre molto prossimi al TLV-C) su 7 campioni.

Valori elevati con superamenti del TLV-C (2 su 8 campioni) sono stati riscontrati nel reparto confezionamento della ditta A (0,27 ± 0,101 mg/m^3). Particolarmente critiche, con numerosi superamenti del limite, sono risultate le operazioni di assiematura (0,458 ± 0.133 mg/m^3) e l'operazione successiva di pressatura (0.393 ± 0.071 mg/m^3) presenti nella ditta B. Concentrazioni prossime al limite sono state evidenziate nei reparti di produzione delle resine.

Tabella n° 5

Ditta A	**Formaldeide (mg/m^3)**
Lavorazione	
Produzione resine	0,225
Impregnazione con resine fenoliche	0,354 ± 0,120
Impregnazione con resine melaminiche	0,406 ± 0,226
Confezionamento	0,27 ± 0,101
Spillaggio formaldeide	2,75

Figura n° 2

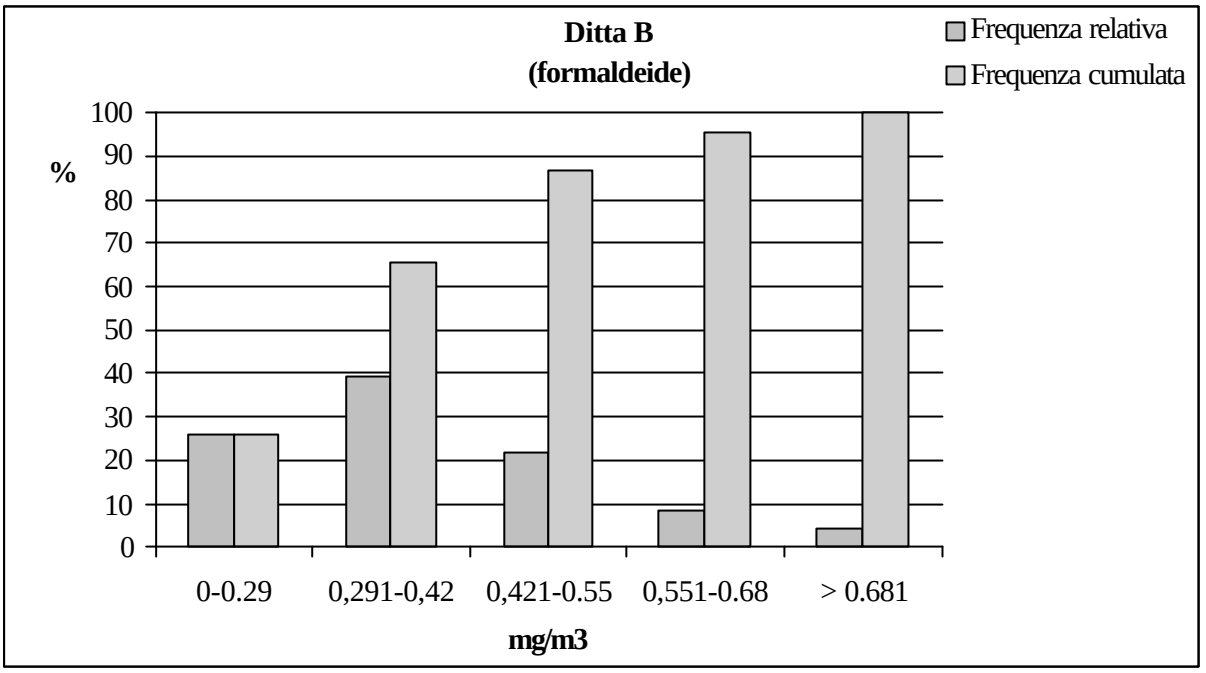


(Distribuzione dei campioni in classi di concentrazione di formaldeide – è escluso il campione eseguito durante lo spillaggio perché rappresentativo di una operazione particolare)

Tabella n° 6

Ditta B	**Formaldeide (mg/m^3)**
Lavorazione	
Impregnazione con resine fenoliche	0,356 ± 0,113
Impregnazione con resine melaminiche	0,34
Assiematura	0,458 ± 0.133
Pressatura	0.393 ± 0.071

Figura n° 3



(Distribuzione dei campioni in classi di concentrazione di formaldeide)

Conclusioni

In conclusione, si sottolinea che:

- ✓ anche una volta terminato il trattamento termico l'emissione di formaldeide continua in modo significativo. Ciò comporta per le ditte A e B rischi di esposizione anche nelle operazioni che non richiedono trattamenti a caldo, come il confezionamento (ditta A) e l'assiematura (ditta B). L'organizzazione del ciclo produttivo adottato dalle aziende, con ridotti tempi di lavorazione e stoccaggio tra le varie operazioni, impedisce di ridurre la concentrazione di formaldeide nell'aria: infatti un periodo adeguato di 'maturazione' dei laminati in un'area confinata e aspirata permetterebbe di ridurre l'esposizione nelle operazioni successive, poiché l'emissione di formaldeide dai pannelli diminuisce nel tempo.
- ✓ alcune operazioni saltuarie, come lo spillaggio dell'aldeide dall'impianto di produzione della formaldeide della ditta A, hanno comportato esposizioni per brevi periodi a concentrazioni di formaldeide di 2,75 mg/m^3. Questo impone la necessità di attuazione di procedure rigorose relativamente ai tempi di esecuzione e all'utilizzo di appropriati dispositivi di protezione individuale.
- ✓ I valori di esposizione nei reparti di formazione anime a caldo indicano un livello di inquinamento da formaldeide tale da giustificare la necessità di migliorie tecniche-impiantistiche.
- ✓ all'interno dei reparti oggetto dell'indagine i sistemi di captazione e ventilazione, quando presenti, sono risultati insufficienti a mantenere la concentrazione di formaldeide entro limiti accettabili. Inoltre le evidenze scientifiche di possibili rischi cancerogeni associati all'esposizione a formaldeide suggerirebbero la necessità di limitare l'esposizione al valore più basso tecnicamente possibile.

Bibliografia

International Agency for Research on Cancer (IARC) IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic riscks to humans. Wood Dust and Formaldehyde. 1995 Volume 62

Mucci, Papale, Molinaro, Palmi. Campo di applicazione del Titolo VII del D. Lgs 626/94: procedure per l'aggiornamento dell'elenco degli agenti cancerogeni. *Fogli d'Informazione ISPESL* anno X – n°4/97 : 3-14

Mucci, Terracini, Camoni. Valutazione di cancerogenicità di sostanze e processi produttivi effettuate dalla Commissione Consultiva Tossicologica Nazionale. *La Medicina del Lavoro* 1998 Vol. 89: 78-83

Camoni, Mucci. Raccolta di pareri espressi dalla CCTN nel 1996. *Istituto Superiore di Sanità. Serie relazioni 97/2*

Zocchetti, Della Foglia, Cavallo. Cancerogeni e D. Lgs. 626/94: esempi di applicazione relativi al Titolo VII. *La Medicina del Lavoro* 1998, Vol. 89: 110-116

Valori limite di soglia - Indici Biologici di esposizione. ACGIH 1999. *Giornale degli Igienisti industriali.*

Riggio. Metodologie di analisi, controllo e monitoraggio di un'industria chimica sita nel territorio urbano di Nichelino. Tesi di laurea in Ingegneria Chimica. Relatori: Mondini, Clerico, Fontana. Politecnico di Torino Ottobre 1999

Siti internet

Niosh	www.cdc.gov/niosh/homepage.html
Epa	www.epa.gov
Osha	www.osha.gov
WHO	www.who.int
Federchimica	www.federchimica.it