



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI UDINE

DIPARTIMENTO DI AREA MEDICA

CORSO DI LAUREA INTERATENEO

TECNICHE DELLA PREVENZIONE NELL'AMBIENTE E NEI LUOGHI DI LAVORO

TESI DI LAUREA

L'esposizione alla formaldeide nei laboratori di anatomia patologica

LAUREANDO: CLEMENTINA PADOVANO

RELATORE:

PROF. CORRADO NEGRO

CORRELATORE:

DOTT. MARCO RIZZO

ANNO ACCADEMICO 2022 / 2023

A Giuseppe e Chiara, i miei figli, l'amore puro della mia vita.

A Enzo, linfa della mia esistenza.

A me stessa.

Sommario

Introduzione	4
Scopo	7
Ambito di indagine: il laboratorio di istologia e l'uso della formaldeide	7
Misure di prevenzione implementate presso il laboratorio di istologia	8
Il laboratorio di Istologia	9
	9
La zona A	10
La zona B	11
Exhale 3000	13
La zona C	14
Materiali e metodi	15
Monitoraggio Ambientale	15
Monitoraggio personale	16
Biomonitoraggio	17
Monitoraggio mediante GasMet DX4030	18
Risultati	19
Monitoraggio ambientale	19
Dati monitoraggio personale	20
Dati monitoraggio biologico	21
Dati GASMET in ppm	21
Discussione	23
Conclusioni	Errore. Il segnalibro non è definito.
Bibliografia	26

Introduzione

La formaldeide è un composto organico che appare come un gas incolore, pungente e irritante a temperatura ambiente e a pressione atmosferica normale, è altamente volatile ed è molto solubile in acqua.

Si presenta come un prodotto naturale in molti sistemi viventi, nell'ambiente, in alcuni alimenti e negli organismi dei mammiferi, compreso l'uomo, come prodotto del metabolismo ossidativo.

Sebbene la formaldeide sia naturalmente presente nella troposfera, le tre principali fonti di esposizione umana dovute alla sua formazione durante l'ossidazione degli idrocarburi sono di origine antropica.

Nell'ambiente indoor troviamo prodotti che contengono e rilasciano formaldeide (materiali isolanti, plastiche, colle, truciolari, compensati, tessuti, ecc.), oppure durante la combustione, nelle sigarette e sigarette elettroniche.

La formaldeide è un noto cancerogeno professionale e un irritante sensoriale, soprattutto per gli individui sensibili, presente in una varietà di situazioni lavorative, viene effettivamente utilizzata in molti processi produttivi e applicazioni sanitarie grazie alle sue proprietà fisiche e chimiche nonché alla sua attività battericida ad ampio spettro. [Adamović D et al;2021]

La formaldeide come disinfettante è stata identificata casualmente da Ferdinand Blum alla fine del 19esimo secolo. Da allora, la soluzione acquosa di FA, nota come formalina, è stata adottata come fissativo prevalente in patologia. Tuttavia, l'uso della formalina come fissativo ha causato effetti acuti sulla salute, come il forte odore di FA e l'irritazione delle vie aeree superiori e degli occhi nonché il probabile sviluppo di una reazione allergica cutanea. Inoltre, c'è preoccupazione per gli effetti a lungo termine, tra cui un aumento del rischio di cancerogenicità.

In medicina, la formaldeide è ampiamente utilizzata nei reparti di patologia o istologia e nelle sale operatorie per la disinfezione e come conservante (formalina) o essiccante durante la preparazione dei campioni anatomici e la lavorazione dei tessuti, rappresenta un pericolo per la salute di infermieri e medici, che vengono esposti attraverso il contatto diretto con gli occhi o la pelle, ma l'inalazione è la principale fonte di esposizione a causa dell'elevata volatilità della formaldeide

I patologi sono esposti alla formaldeide dispersa nell'aria attraverso il suo utilizzo come stabilizzatore dei tessuti, circa il 3-6% dei tumori può essere attribuito all'esposizione ad

agenti cancerogeni sul posto di lavoro. La formaldeide è una sostanza cancerogena nota, che causa danni al DNA e mutazioni nelle cellule dei mammiferi. È una delle sostanze classificate dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) come cancerogene per l'uomo (Gruppo 1), può provocare il cancro nasofaringeo (NPC) e la leucemia nell'uomo, irritazioni agli occhi, agli organi respiratori e danni al sistema riproduttivo.

Diversi fattori possono influenzare l'esposizione, come la concentrazione della soluzione di formaldeide, il metodo di lavoro e il numero di postazioni di lavoro nella stessa stanza, le dimensioni dei locali e l'efficienza dei sistemi di ventilazione. Tutto il personale coinvolto nel processo di lavorazione dei campioni biologici può essere esposto alla formaldeide, dal personale medico in sala operatoria fino a chi opera in laboratorio.

Una volta assorbita, la formaldeide viene rapidamente scomposta dagli enzimi in acido formico, che viene escreto attraverso l'urina. L'acido formico può essere ulteriormente scomposto in anidride carbonica ed espirato dal corpo. Secondo ricerche approfondite e studi internazionali su larga scala, l'esposizione ad alte dosi di formaldeide aumenta il rischio di avvelenamento acuto, mentre l'esposizione prolungata può portare a tossicità cronica e persino al cancro. [Cammalleri et al;2021]

La Direttiva EU 2019/983, recepita in Italia dal d.m. 11/02/2021, ha introdotto limiti più stringenti per la protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti dall'esposizione ad agenti cancerogeni e mutageni durante il lavoro. Questi limiti sono stati stabiliti sulla base delle raccomandazioni dello SCOEL (Scientific Committee on Occupational Exposure Limits) e sono riportati nella Tabella 1. Inoltre, la direttiva ha inserito una nota relativa alla sensibilizzazione cutanea. Queste disposizioni, insieme ai provvedimenti della Direttiva UE 2019/130, hanno aggiornato e sostituito gli Allegati XLII e XLIII del d.lgs. 81/2008 (tabella 2). [INAIL 2022]

ENTE	Limiti di esposizione	Misura in relazione al periodo di riferimento
SCOEL Europa (Direttiva UE 938/2019)	0,3 ppm (0,37 mg/m ³) 0,5 ppm (0,62 mg/m ³) 0,6 ppm (0,74 mg/m ³)	OEL-TWA 8h OEL- STEL 15 min (effetti irritativi acuti)
ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) (2017)	0,1 ppm (0,12 mg/m ³) 0,3 ppm (0,37 mg/m ³)	TLV-TWA 8h TLV-STEL 15 min
NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health)	0,016 ppm (0,02 mg/m ³) 0,1 ppm (0,12 mg/m ³)	REL-TWA (recommended exposure limit) TLV-Cieling- (15min exposure limit)
OSHA (Occupational Safety and Health Administration)	0,75 ppm (0,92 mg/m ³) 2ppm (2,46 mg/m ³)	PEL-TWA 8h (Permissible Exposure Limit)

Tabella 1 Valori limite di esposizione alla formaldeide

ALLEGATO XLIII VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE PROFESSIONALE²⁸

NOME AGENTE	N. CE ⁽¹⁾	N. CAS ⁽²⁾	Valori limite						Osservazioni	Misure transitorie
			8 ore ⁽³⁾			Breve durata ⁽⁴⁾				
			mg/m ³ ⁽⁵⁾	ppm ⁽⁶⁾	f/ml ⁽⁷⁾	mg/m ³ ⁽⁵⁾	ppm ⁽⁶⁾	f/ml ⁽⁷⁾		
Formaldeide	200-001-8	50-00-0	0,37	0,3	---	0,74	0,6	---	sensibilizzazione cutanea ⁽¹⁵⁾	Valore limite di 0,62 mg/m3 o 0,5 ppm ⁽³⁾ per i settori sanitario, funerario e dell'imbalsamazione fino all'11 luglio 2024.

Tabella 2 Allegato XLIII D. Lgs 81/08

Scopo

Questa tesi si propone di caratterizzare i profili di esposizione lavorativa a formaldeide in un laboratorio di anatomia patologica ospedaliero al fine di promuovere misure di protezione dirette a ridurre al minimo l'esposizione dei lavoratori.

A tale scopo abbiamo analizzato i dati dei monitoraggi in continuo elaborati dai 4 sensori posizionati nei punti salienti dei laboratori di Istologia nel periodo gennaio 2022-giugno 2023; sono stati implementati nel mese di maggio monitoraggi personali mediante l'utilizzo di fiale adsorbenti a cui sono stati abbinati biomonitoraggi per la ricerca di formaldeide e suoi metaboliti nelle urine di un campione di lavoratori esposti. Al fine di individuare le fasi delle lavorazioni più critiche nell'ambito del laboratorio di istologia e possibili hotspots è stato implementato un monitoraggio in tempo reale con l'utilizzo di un dispositivo ftir portatile GASMET gas analyzer.

Ambito di indagine: il laboratorio di istologia e l'uso della formaldeide

Affinché un tessuto dopo l'asportazione mantenga la sua conformazione simile a quella precedente senza andare incontro a necrosi, si utilizza la soluzione acquosa della formaldeide, la formalina, in cui il tessuto viene immerso e conservato. Questo processo detto fissazione prevede l'elaborazione del campione in entrata per sottoporlo ad esame istologico mediante procedure chimiche o fisiche col potenziale di preservare e stabilizzare i componenti dei tessuti. Questa può essere considerata la fase di preparazione più importante, infatti, da questo dipende il successo di un preparato microscopio. I suoi obiettivi sono essenzialmente mantenere la composizione cellulare e tissutale del campione quanto più simile possibile con la vita, permettendo la preparazione allo stress fisico e alle sostanze chimiche delle fasi successive del processo di disidratazione, incluso il taglio, è essenziale anche per la conservazione dei campioni dall'attacco di muffe e batteri che possono moltiplicarsi e mangiare le strutture non sono più in grado di proteggersi.

L'obiettivo del servizio di Patologia e Istologia è quello di fornire diagnosi tempestive e clinicamente rilevanti per il corretto percorso diagnostico-terapeutico dei pazienti, operando su materiali istologici, citologici e autoptici preparati secondo procedure tecniche ottimali e certificate in linea con le più recenti evidenze scientifiche. Il servizio di Patologia e Istologia dell'ASUGI è presente nell'ospedale Hub di Trieste presso l'ospedale di Cattinara. Il servizio fornisce assistenza anche all'ospedale Maggiore e agli ospedali di Gorizia e Monfalcone, all'istituto di ricovero e cura a carattere scientifico (Burlo Garofolo di Trieste), alle strutture

sanitarie private accreditate e alle rispettive province di Gorizia e Trieste. È anche la sede del Laboratorio Unico per l'HPV per lo screening del cancro al collo dell'utero.



Figura 1 . Il servizio di Patologia e Istologia dell'ASUGI

Misure di prevenzione implementate presso il laboratorio di istologia

Per ridurre il rischio di esposizione alla formaldeide sono state adottate misure di protezione individuale e collettiva, presso il servizio di istologia sono state installate cappe chimiche aspiranti per taglio pezzi, che contengono un triplo sistema di aspirazione dei vapori, lavello per acqua corrente e lavello per scarico formaldeide, e una cappa per l'aspirazione dei fumi delle macchine per il sottovuoto, inoltre l'utilizzo di esse relativamente alle modalità d'uso della cappa, del procedimento per il controllo dei filtri e lo smaltimento di essi è regolato da istruzioni operative emanate dal SSPGA

Per l'impiego della formalina sono state emanate le istruzioni operative redatte dal gruppo di lavoro del SPPGA dell'asugi recanti indicazioni relative alle procedure di sicurezza da seguire per il trattamento dei campioni conservati in formalina, dei i campioni che giungono in sacchetti sottovuoto, dei campioni per la valutazione in estemporanea e per la sostituzione delle taniche di formalina

Inoltre in questi laboratori vi è un sistema di monitoraggio in continuo dei livelli ambientali di formaldeide

Il laboratorio di Istologia

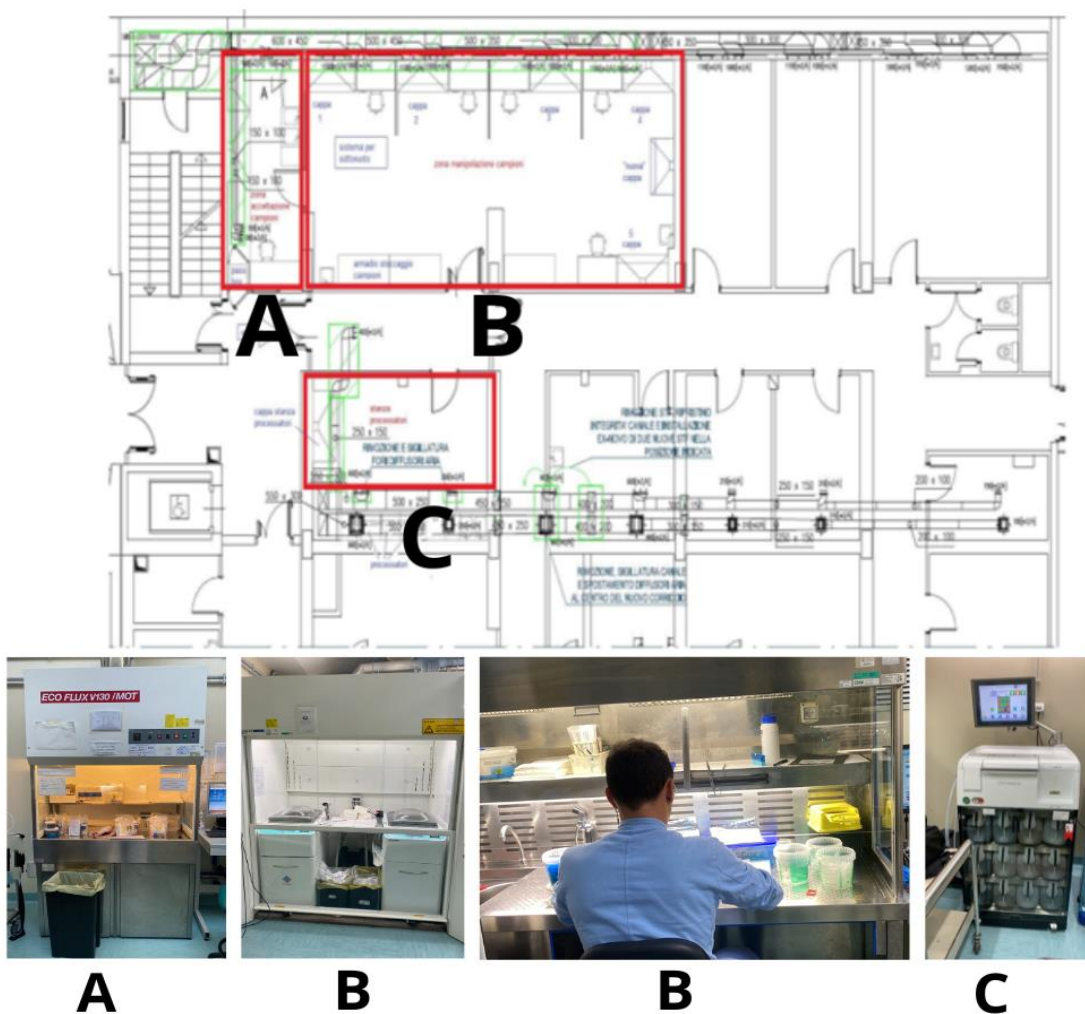


Figura 2 Laboratorio di istologia, particolari delle zone oggetto del monitoraggio

Il laboratorio di istologia può essere suddiviso in 3 zone A, B e C sulla base delle caratteristiche operative di ognuna di esse.

La zona A

Corrispondente alla zona di accettazione è il luogo in cui vengono presi in carico i vari campioni provenienti dalle diverse strutture per essere successivamente inviati nella zona taglio o sottovuoto; i campioni possono arrivare, in base alla tipologia e pezzatura in diversi contenitori, sia in “fresco” vale a dire non immersi in formalina, modalità indicata per i tessuti di maggiore pezzatura, sia in contenitori a circuito chiuso contenenti formalina detti “a clessidra” riposti a loro volta in un sacchetto contenitivo, modalità indicata per i tessuti di piccole dimensioni. Sono presenti una cappa aspirante per le operazioni di apertura sacchetti e primo controllo visivo dei campioni e un sensore per il monitoraggio in continuo.



Figura 3 cappa accettazione, campione in fresco, campioni in clessidra

Durante le attività di accettazione, all'atto di apertura dei sacchetti contenenti le clessidre con formalina e campioni tissutali è stato notato che alcuni sacchetti presentavano una fuoriuscita della formalina dai propri contenitori, che inquinava il sacchetto stesso e il materiale cartaceo che accompagnava il campione, quest'ultimo dopo l'elaborazione veniva conferito nel contenitore dei rifiuti nei pressi della cappa

La zona B

Qui troviamo la zona del sottovuoto in cui i campioni prima e dopo il taglio possono essere messi in sottovuoto con o senza formalina, inserendoli nell'apposito apparecchio che provvede in maniera automatica a tale operazione e a sua volta inserito, da gennaio 2023 in una cappa aspirante, dotata di sensore per il monitoraggio in continuo.



Figura 4 Macchina sottovuoto in cappa aspirante

Dopo la macchina per il sottovuoto si trova la zona per la dissezione e riduzione istologica composta da 4 cappe per taglio pezzi munite di lavello per scarico acqua e lavello per

scarico esterno di formaldeide su una delle quali è posizionato il sensore per il monitoraggio in continuo



Figura 5 cappa per il taglio pezzi



Figure 6- 7- 8 particolari apertura sacchi contenitori pezzi anatomici in formalina.

Exhale 3000

I rifiuti speciali derivanti dalle attività di taglio vengono conferiti in contenitori aspiranti ubicati nelle vicinanze di ogni cappa del taglio campioni



Figura 9 Contenitore rifiuti Exhale 3000 - Funzionamento

Exhale 3000 (Figura 7) gestisce in modo sicuro i rifiuti speciali garantendo attraverso un filtro chimico, la purificazione dell'aria nell'ambiente circostante rimuovendo le emissioni pericolose di gas organici e inorganici, particelle, sostanze biologiche potenzialmente infettive, agenti biologici, sostanze chimiche, agenti microbici.

È un sistema di smaltimento dei rifiuti che purifica l'aria esterna che entra attraverso l'apertura superiore dove vengono smaltiti i rifiuti. L'aria viene convogliata verso un filtro molecolare a carboni attivi, che purifica anche le esalazioni del contenitore dei rifiuti prima di reimmettere nell'ambiente l'aria purificata. Il sistema può essere programmato tramite tastiera per attivare le lampade UV interne a scopo di sterilizzazione, controllare la pompa del liquido, utilizzare l'anemometro e rilevare i composti organici volatili (VOC) e le radiazioni UV emesse dalle lampade interne. Il sistema può essere alimentato sia da rete elettrica che da batteria, con un'autonomia di circa otto ore. Il contenitore dei rifiuti è progettato per evitare fuoriuscite accidentali ed è dotato di protezioni monouso per garantirne l'utilizzo igienico. Il sistema è realizzato in acciaio inossidabile, ha bordi arrotondati in plastica per la sicurezza e può essere facilmente spostato grazie alle ruote e ai freni integrati. Il sistema di smaltimento dei rifiuti dispone inoltre di display opzionali per il rilevamento di COV, velocità

del filtro dell'aria ed emissioni di radiazioni UV con soglie di allarme programmabili. Offre la possibilità di utilizzare un filtro molecolare compatibile con specifiche sostanze, installare un filtro assoluto HEPA H14 per le particelle solide e lavorare con il contenitore dei rifiuti vicino all'utente senza emissioni chimiche.

La zona C

In questa zona si trovano i processori utilizzati per la fissazione del preparato istologico, e l'ultimo dei sensori del monitoraggio in continuo.



Figura 9 Apparecchio processatura

Materiali e metodi

Nell'ambito della tesi si è proceduto a:

- elaborare i dati del monitoraggio ambientale nel periodo 1 gennaio 2022 – 30 giugno 23. Il monitoraggio ambientale viene effettuato in continuo mediante appositi sensori installati nella zona Accettazione campioni, in corrispondenza della macchina Sottovuoto, nella zona delle cappe per i tagli nello specifico nei pressi della cosiddetta “Cappa Gorizia” e nell’area Processatori;
- elaborare i dati dei monitoraggi personali effettuati con fiale adsorbenti nel mese di maggio 2023 su un campione di operatori del laboratorio;
- biomonitoraggio nel mese di maggio 2023 effettuato su un campione di lavoratori mediante la ricerca di formaldeide e del suo metabolita acido formico nelle urine;
- caratterizzazione dei livelli aerodispersi di formaldeide nelle diverse fasi di lavorazione mediante dispositivo ftir gas analyzer portatile GASMET al fine di individuare i momenti maggiormente critici nel processo di manipolazione ed individuare eventuali hotspots.

Monitoraggio Ambientale

Il monitoraggio ambientale viene effettuato in continuo mediante l'utilizzo di 4 sensori del tipo NEMOXT collocati nei seguenti punti della struttura:

- Accettazione
- Sottovuoto
- Cappa Gorizia
- Processatori.



Figura 10 Sensore Nemotx

Il nemo xt (immagine n.) è un sensore ambientale fisso NEMOxt contenente un cristallo d'assorbimento che vira di colorazione a seconda della concentrazione di formaldeide alla quale viene esposto (metodo analitico su brevetto della società francese Ethera); parallelamente, un sistema ottico ne determina la variazione in raffronto con la misurazione precedente ed in base ad una curva di taratura restituisce la concentrazione rilevata nelle ultime due ore. La sequenza di monitoraggio, composta da un totale di n. 4 postazioni fisse, tutte nel laboratorio di istologia, alla zona processatori, alla cappa di lavorazione "Gorizia", zona accettazione campioni e zona macchina per il sottovuoto. Il sistema di monitoraggio è completo di software gestionale completamente "web-based" per l'elaborazione dei dati in continuo e un sistema di "mail alert" che, al superamento dei valori soglia definiti per singolo parametro, invia una comunicazione via mail ai soggetti incaricati alla supervisione e al controllo delle condizioni igienico ambientali del laboratorio di anatomia patologica. Il monitoraggio in continuo dei livelli di Formaldeide è condotto nei laboratori di istologia del reparto di anatomia patologica dell'Ospedale di Cattinara attraverso n. 4 sensori con cristallo d'assorbimento colorimetrico, collegato ad un sistema ottico che ne determina la variazione e la conseguente misurazione (unità di misura ppb). La misurazione viene eseguita sulla media delle 2 ore di esposizione. I valori limite di riferimento sono quelli definiti dalla ACGIH 2016, ovvero TLV-TWA valore medio sul turno pari a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, che si convertono in 96 ppb.

Monitoraggio personale

Il monitoraggio personale è stato effettuato durante un turno lavorativo mediante adsorbimento su fiala adsorbente in dinitrofenilidrazina (2,4-DNPH) collegata a pompa di campionamento aria in continuo portatile (Gilian Personal Air Sampling Pumps). Ai fini del campionamento, la fiala adsorbente è stata collocata nella personal breathing zone del lavoratore. Il campionamento ha riguardato 4 tecnici di laboratorio biomedico e 3 medici anatomopatologi ed è stato effettuato durante un turno lavorativo.



Figura 11 Fiala Adsorbente durante monitoraggio personale

Biomonitoraggio

Il monitoraggio biologico è stato condotto mediante raccolta a fine turno dei campioni di urine relativi a 4 operatori (3 tecnici di laboratorio e 1 medico anatomopatologo) per la ricerca di formaldeide e acido formico. Gli IBE rappresentano un indice dell'introduzione di tale sostanza nell'organismo e i valori del livello dell'indicatore biologico che è possibile riscontrare in campioni prelevati su lavoratori sani esposti a livelli di concentrazione nell'aria dell'ordine di grandezza dei TLV-TWA. L'indicatore per l'IBE può essere la stessa sostanza chimica, uno o più metaboliti, una caratteristica variazione biochimica reversibile indotta dalla sostanza. Nella maggior parte dei casi il campione per il monitoraggio biologico è l'urina, il sangue o l'aria espirata. L'acido formico viene utilizzato quale marker di esposizione in quanto la formaldeide viene metabolizzata ad acido formico

Monitoraggio mediante GasMet DX4030



Figura 12 GasMet DX4030

Gasmet™ DX4030 è un analizzatore di gas IR per l'analisi dell'aria ambiente.

È progettato per applicazioni che richiedono il monitoraggio di un massimo di 25 composti nell'aria ambiente.

Viene usato ad esempio per il rilevamento delle perdite e varie applicazioni di igiene industriale (monitoraggio dei COV, gas anestetici, ecc.).

Il principio di misurazione del dispositivo è la spettroscopia infrarossa, una tecnica di analisi chimica e determinazione delle strutture molecolari negli stati solido, liquido e gassoso.

L'analizzatore modello DX-4030 è progettato per la misurazione in loco di vari composti organici e inorganici a basse concentrazioni nell'aria ambiente.

Le aree di utilizzo tipiche includono l'igiene industriale e le situazioni di risposta alle emergenze a seguito di incidenti che coinvolgono composti chimici tossici.

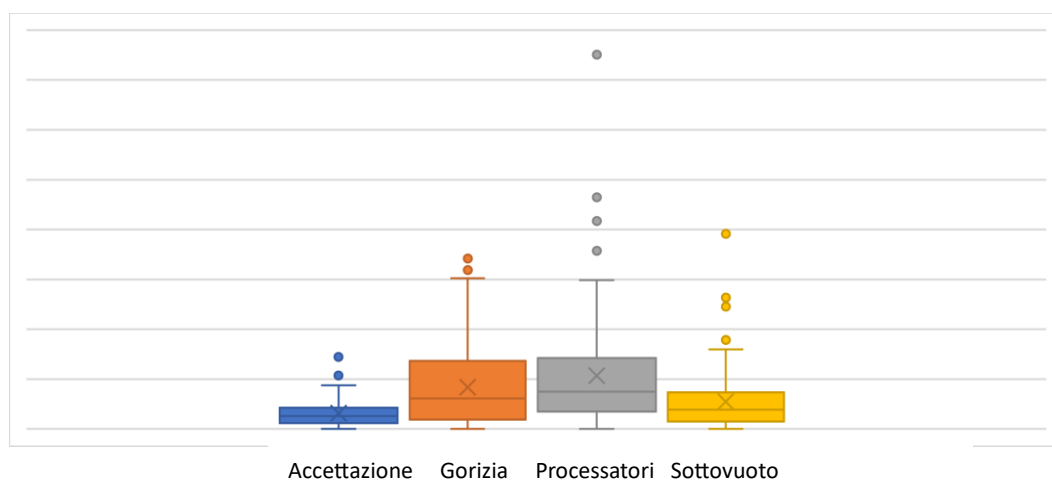
I risultati analitici di un massimo di 25 composti precalibrati vengono visualizzati sullo schermo del PDA di livello industriale

Risultati

Monitoraggio ambientale

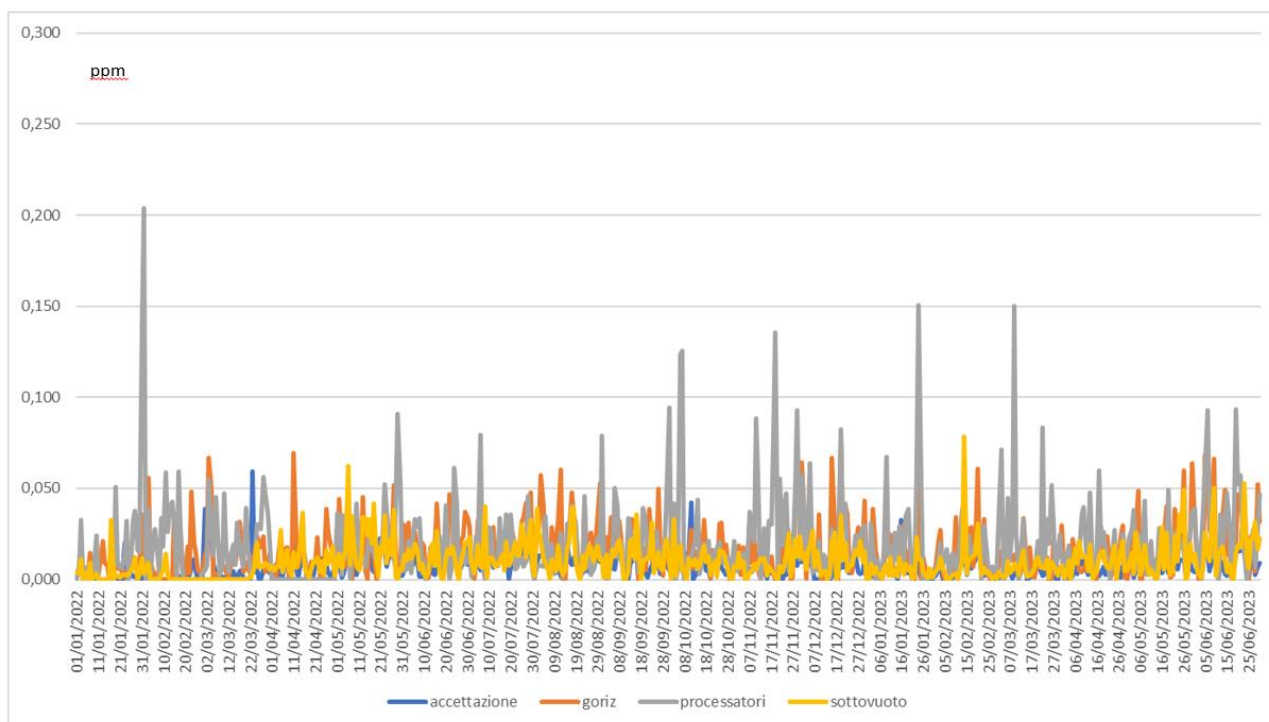
L'analisi dei dati ottenuti dalle stazioni di monitoraggio ambientale evidenzia per tutte le 4 postazioni valori medi di formaldeide nel periodo gennaio 2022-giugno 2023 inferiori ai valori di riferimento TLV-TWAACGIH (tabella n.1)

Nei grafici seguenti si riporta l'andamento dei monitoraggi nel periodo considerato relativamente alle 4 postazioni.



Descriptives Valori misurazioni in continuo 01 gennaio 2022- 30 giugno 2023				
ppm	accettazione	gorizia	processatori	sottovuoto
Mean	0,0071	0,0164	0,0215	0,0107
Median	0,0067	0,0158	0,0236	0,0098
Standard deviation	0,0056	0,0128	0,0146	0,0085
Minimum	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Maximum	0,0595	0,1299	0,2037	0,0783

Valori di formaldeide sensori Nemox



Dati monitoraggio personale

Il monitoraggio personale ha evidenziato per tutti gli operatori valori di esposizione a formaldeide inferiori al TLV-TWA di 0,1 ppm. I valori rilevati risultavano in un range compreso tra 0,001 e 0,014 ppm, il valore massimo quindi corrisponde a 0,014 ppm valore che resta al di sotto del limite sia ACGIH che europeo SCOEL.

Monitoraggio con dosimetro	tecnico di laboratorio (ppm)	medico anatomopatologo (ppm)
1	0,007	0,013
2	0,010	0,014
3	0,008	0,014
4	0,009	///
Media	0,008	0,013
Dev. St	0,001	0,001
Mediana	0,008	0,014
Max	0,010	0,014
Min	0,007	0,013

Monitoraggio personale

Dati monitoraggio biologico

Il monitoraggio biologico ha evidenziato per tutti i quattro operatori coinvolti, livelli sia di acido formico che di formaldeide, nei limiti di riferimento.

Monitoraggio urinario personale						
Operatore	ID Operatore	Postazione	Mansione	Data	Risultati (mg/L - µg/L)	Limiti di riferimento
1	NZ Cappa Gorizia	Cappa Gorizia	Tecnico Laboratorio	09/05/2023	17	Acido formico: 1-95 mg/L
					61	Formaldeide urinaria: 50-400 µg/L
2	SG Accettazione	Locale Accettazione	Tecnico Laboratorio	09/05/2023	15	Acido formico: 1-95 mg/L
					79	Formaldeide urinaria: 50-400 µg/L
3	SR Accett/processatori	Locale Accettazione/Processatori	Tecnico Laboratorio	09/05/2023	22	Acido formico: 1-95 mg/L
					73	Formaldeide urinaria: 50-400 µg/L
4	DLC Cappa 2	Cappa n. 2	Medico Anatomopatologo	09/05/2023	28	Acido formico: 1-95 mg/L
					89	Formaldeide urinaria: 50-400 µg/L

Monitoraggio biologico

	acido formico mg/l	formaldeide µg/l
	17	61
	15	79
	22	73
	28	89
media	20,5	75,5
dev. St	5,8	11,7

Dati GASMET

Il monitoraggio mediante GAS MET è stato effettuato su diversi punti del laboratorio di Istologia, durante tre giornate di misurazione mentre si effettuavano le normali attività di laboratorio, in particolare il monitoraggio ha incluso postazioni corrispondenti col monitoraggio ambientale continuo e postazioni utilizzate per monitorare gli hotspots quali i cestini aspirati.

Dai risultati ottenuti si è evinto che nella zona accettazione su tavolo, punto di monitoraggio e ambientale, cappa zona taglio, zona sottovuoto e cestino aspirato, i valori ottenuti risultano essere inferiore a 0,1 ppm; si sono avuti poi valori compresi tra 0,1 e 0,3 ppm in zona accettazione in prossimità della cappa, su carrello con campioni depositati, in prossimità del cestino rifiuti, nella zona processatori, e sui cestino aspirato chiuso e a 160 cm di distanza

dalla bocca del contenitore, mentre i dati ottenuti su quest'ultimo misurando sulla bocca, sono stati superiori a 3 ppm.

Comparando zona A, B e C abbiamo riscontrato che in accettazione il valore medio in condizioni non operative è stato di 0,0118 ppm il valore di esposizione in corrispondenza del tavolo e del carrello sono stati rispettivamente di 0,0722 e 0,111 ppm e il valore per la cappa in accettazione pari a 0,111 ppm.

Nel laboratorio B, le manipolazioni sotto cappa hanno evidenziato valori medi pari a 0,0653 ppm, la postazione del sottovuoto 0,0742 ppm e l'armadio contenente campioni valori medi pari 0,0657 ppm.

Nei processori i valori medi evidenziati sono stati pari a 0,131 ppm.

Infine abbiamo osservato che il cestino dell'accettazione presentava valori pari a 0,139 ppm prossimi a quelli del cestino aspirato a 160 cm dalla bocca con coperchio aperto, mentre il cestino aspirato ha riportato valori alla bocca del coperchio aperto pari a 3,81 ppm, tale valore si abbattava notevolmente con coperchio chiuso arrivando a 0,203 ppm.

Monitoraggio apparecchio	Mean ppm	Median	Massimo	Standard deviation
CESTINO ASPIRATO APERTO SU BOCCA CONTENITORE	3,81	1,23	19,3	4,56
CESTINO ASPIRATO CHIUSO SU BOCCA CONTENITORE	0,203	0,195	0,75	0,152
CESTINO ASPIRATO APERTO 160 CM	0,16	0,09	1,64	0,239
CESTINO ACCETTAZIONE	0,139	0,11	0,83	0,157
PROCESSORI	0,131	0,08	1,33	0,181
ACCETTAZIONE CAMPIONI SU CARRELLO	0,111	0,09	0,42	0,118
ACCETTAZIONE CAPPA	0,111	0,095	0,42	0,107
ACCETTAZIONE SU TAVOLO	0,0954	0,06	0,43	0,106
SOTTOVUOTO	0,0742	0,04	0,41	0,0941
TAVOLO ACCETTAZIONE	0,0722	0,04	0,37	0,0882
CESTINO ASPIRATO CHIUSO 160 CM	0,0672	0,055	0,28	0,0732
ARMADIO CAMPIONI	0,0657	0,03	0,3	0,108
CAPPA	0,0653	0,01	1,82	0,122
ACCETTAZIONE PUNTO MONITORAGGIO CLASS	0,0392	0	0,23	0,062
ACCETTAZIONE NON OPERATIVO AMBIENTALE	0,0118	0	0,08	0,0248

Monitoraggio con Gasmeter

Discussione e conclusioni

Il presente lavoro di tesi sperimentale, svolto presso i laboratori di istologia dell'Ospedale di Cattinara, ha avuto come obiettivo il monitoraggio dell'esposizione a formaldeide di lavoratori appartenenti a quella situazione lavorativa. A tale scopo sono stati analizzati i dati del monitoraggio ambientale in continuo nel periodo 1 gennaio 2022 – 30 giugno 23 mediante appositi sensori installati nella zona Accettazione campioni, in corrispondenza della macchina Sottovuoto, nella zona delle cappe per i tagli nello specifico nei pressi della cosiddetta "Cappa Gorizia" e nell'area Processatori, i dati dei monitoraggi personali effettuati nel mese di maggio 2023 su un campione di operatori del laboratorio mediante fiale adsorbenti, i dati biomonitoraggio nel mese di maggio 2023 effettuato su un campione di lavoratori mediante la ricerca di formaldeide e del suo metabolita acido formico nelle urine ed è stata effettuata, durante tre giornate differenti, la caratterizzazione dei livelli aerodispersi di formaldeide nelle diverse fasi di lavorazione mediante dispositivo ftir gas analyzer portatile GASMET al fine di individuare i momenti maggiormente critici nel processo di manipolazione ed individuare eventuali hotspots.

L'analisi dei risultati in continuo ha evidenziato che nel periodo considerato i valori medi di formaldeide sono risultati all'interno del valore limite di 0,3 ppm. Tale risultato è stato confermato dai dati ottenuti mediante campionamento con Gasmeter.

L'analisi con il sistema Gasmeter ha consentito di verificare l'efficacia delle misure di abbattimento dei vapori di formaldeide nelle diverse aree del laboratorio, individuando anche sorgenti hotspots verso cui potrebbero essere indirizzate ulteriori azioni di miglioramento.

In particolare è stato possibile rilevare l'efficace contenimento delle emissioni di formaldeide delle cappe chimiche di nuova generazione installate nel laboratorio della zona B, in corrispondenza delle quali sono stati riscontrati valori medi pari a 0,0653 ppm.

Anche il sistema di confezionamento dei campioni sottovuoto ha evidenziato basse dispersioni di formaldeide evidenziando valori medi di 0,0742 ppm. L'armadio deputato allo stoccaggio dei campioni ha evidenziato valori corrispondenti a 0,0657 ppm, dimostrando un buon grado di contenimento.

Per quanto riguarda la zona accettazione in area A, sono stati rilevati valori superiori a 0,1 ppm in corrispondenza della cappa aspirante. Tale risultato è verosimilmente ascrivibile alla tipologia di cappa chimica non di ultima generazione ed è collegato inoltre al fatto che viene effettuata l'apertura di sacchetti contenenti campioni che in alcuni casi sono interessati da versamenti di formaldeide.



Figura 7 sacchetto contenente campioni con versamento di formaldeide

In area accettazione sono stati rilevati valori superiori a 0,1 anche in corrispondenza del carrello dove vengono temporaneamente stoccati i campioni in attesa dell'accettazione.

Il monitoraggio dei cestini ha consentito di individuare possibili hotspot emissivi in corrispondenza sia del cestino dell'accettazione sia in corrispondenza del cestino aspirato mantenuto con coperchio di chiusura aperto. In entrambi i casi le misure effettuate ad un'altezza di 160 cm hanno evidenziato valori superiori a 0,1 ppm (0,139 ppm per il cestino accettazione – 0,160 ppm per il cestino aspirato). Nel caso del cestino aspirato si è osservato che chiudendo il coperchio i valori di formaldeide si riducevano a 0,0657. Si osserva tuttavia che il produttore nella scheda tecnica fornisce come indicazioni operative la necessità di mantenere aperto il coperchio per garantire il flusso d'aria.

L'area processatori evidenzia valori mediamente superiori alle altre aree; si osserva tuttavia che la permanenza in tale locale avviene sporadicamente per brevissime durate (massimo 10 minuti secondo quanto dichiarato).

Il monitoraggio personale ha evidenziato valori medi di 0,008 ppm per il tecnico di laboratorio biomedico e 0,013 ppm per il medico anatomopatologo, consentendo un'ulteriore conferma del rispetto dei valori limite di esposizione.

Il monitoraggio biologico ha consentito di verificare il rispetto dei limiti di esposizione sia per quanto riguarda il parametro formaldeide (media 20,5 mg/L) che per l'acido formico (media 75,5 µg/l).

I valori riscontrati consentono quindi di rilevare il rispetto dei valori limite professionali ripostati nell'allegato XLIII del D.Lgs 81/08. Tale situazione sottolinea l'importanza di un adeguato utilizzo dei dispositivi di protezione collettiva. Il monitoraggio con gasmet ha consentito di individuare ambiti di miglioramento nello specifico per la gestione dei campioni in accettazione e per la gestione dei rifiuti; in particolare si propone la formazione per gli operatori relativamente alle modalità di conservazione dei campioni tissutali nei relativi contenitori e i controlli tecnici sull'efficienza dei cestini rifiuti aspirati.

Pur non essendo state rilevate criticità, è comunque buona norma utilizzare anche i dispositivi di protezione individuale presenti in laboratorio, in modo da rafforzare la protezione dalla formaldeide e da altri tossici potenzialmente presenti nell'ambiente di lavoro.

Bibliografia

Adamović D, Čepić Z, Adamović S, Stošić M, Obrovski B, Morača S, Vojinović Miloradov M. Occupational Exposure to Formaldehyde and Cancer Risk Assessment in an Anatomy Laboratory. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Oct 25;18(21):11198. doi: 10.3390/ijerph182111198. PMID: 34769715; PMCID: PMC8583012.

Esposizione occupazionale a formaldeide in laboratorio di anatomia patologica - INAIL-2022

Cammalleri V, Pocino RN, Marotta D, Protano C, Sinibaldi F, Simonazzi S, Petyx M, Iavicoli S, Vitali M. Occupational scenarios and exposure assessment to formaldehyde: A systematic review. *Indoor Air*. 2022 Jan;32(1):e12949. doi: 10.1111/ina.12949. Epub 2021 Oct 27. PMID: 34708443; PMCID: PMC9298394.

Kuempel ED, Sweeney LM, Morris JB, Jarabek AM. Advances in Inhalation Dosimetry Models and Methods for Occupational Risk Assessment and Exposure Limit Derivation. *J Occup Environ Hyg*. 2015;12 Suppl 1(sup1):S18-40. doi: 10.1080/15459624.2015.1060328. Erratum in: *J Occup Environ Hyg*. 2018 Apr;15(4):D31. PMID: 26551218; PMCID: PMC4685615.

Leal MP, Brochetti RA, Ignácio A, Câmara NOS, da Palma RK, de Oliveira LVF, de Fátima Teixeira da Silva D, Lino-Dos-Santos-Franco A. Effects of formaldehyde exposure on the development of pulmonary fibrosis induced by bleomycin in mice. *Toxicol Rep*. 2018 Apr 5;5:512-520. doi: 10.1016/j.toxrep.2018.03.016. PMID: 29854623; PMCID: PMC5977414.

Brandani, Stefano, Vincenzo Brandani, and Ida Tarquini. "Equilibrio vapore-liquido di miscele di formaldeide contenenti metanolo". *Ricerca in chimica industriale e ingegneristica* 37.8 (1998): 3485-3489.

Aung WY, Sakamoto H, Sato A, Yi EE, Thein ZL, Nwe MS, Shein N, Linn H, Uchiyama S, Kunugita N, Win-Shwe TT, Mar O. Indoor Formaldehyde Concentration, Personal Formaldehyde Exposure and Clinical Symptoms during Anatomy Dissection Sessions, University of Medicine 1, Yangon. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Jan 15;18(2):712. doi: 10.3390/ijerph18020712. PMID: 33467564; PMCID: PMC7830549.

World Health Organization. Formaldehyde. In: Selected pollutants. WHO Guidelines for Indoor Air Quality. WHO, Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark; 2010 [pp.103-56].

International Agency for Research on Cancer. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol 88. Formaldehyde. IARC, Lyon; 2008.

Ellis, William B. "Books: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry." (1999): 192-195.

IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Formaldehyde, 2-butoxyethanol and 1-tert-butoxypropan-2-ol. *IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum*. 2006;88:1-478. PMID: 17366697; PMCID: PMC4781641.

Yahyaei E, Majlesi B, Naimi Joubani M, Pourbakhshi Y, Ghiyasi S, Jamshidi Rastani M, Heidari M. Occupational Exposure and Risk Assessment of Formaldehyde in the Pathology Departments of Hospitals. *Asian Pac J Cancer Prev*. 2020 May 1;21(5):1303-1309. doi: 10.31557/APJCP.2020.21.5.1303. PMID: 32458637; PMCID: PMC7541887.