

Rischio occupazionale e olfattometria dinamica: proposta di un metodo per la valutazione del rischio per gli esaminatori coinvolti nelle analisi olfattometriche

Elisa Polvara ^a elisa.polvara@polimi.it, Andrea Spinazzè ^b, Marzio Invernizzi ^a, Andrea Cattaneo ^b,
Selena Sironi ^a, Domenico Maria Cavallo ^b

^a Dip. di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica G. Natta, Politecnico di Milano, Milano

^b Dip. di Scienza e Alta Tecnologia – DiSAT, Università degli Studi dell’Insubria, Como

Riassunto

L'olfattometria dinamica coinvolge degli esaminatori, i quali sono esposti durante le analisi a molecole potenzialmente pericolose presenti nei campioni odorigeni, per cui risulta fondamentale valutare il rischio di esposizione per questi lavoratori. Nonostante la sua rilevanza, ancora non esiste un metodo normato per valutare il rischio occupazionale per gli esaminatori olfattometrici. Inoltre, i modelli proposti all'interno della letteratura scientifica presentano alcune criticità. Pertanto, questo lavoro mira a suggerire un nuovo modello per la valutazione del rischio, basato sul calcolo dell'Hazard Index (HI) e del inhalation risk (IR), approfondendo le problematiche evidenziate durante lo studio di campioni reali. Questo approccio, infatti, propone una gerarchia tra le diverse tipologie di valori limite disponibili, per calcolare, in modo robusto, il valore minimo di diluizione da adottare durante le analisi.

Summary

Dynamic olfactometry involves directly examiners, who are exposed to hazardous pollutants potentially present in odorous samples and it is fundamental to evaluate the occupational exposure risk for these workers. Despite the importance of this topic, a standardized method to evaluate this risk is not yet provided. In addition, the models described in the scientific literature present some critical aspects. Therefore, this work aims to suggest a new model for the risk assessment of olfactometric workers, based on the determination of Hazard Index (HI) and inhalation risk (IR). The novelty of this approach is the overcoming of critical aspects observed in the literature models if applied to real odorous samples, proposing a hierarchical selection from the different databases available. These implementations allow calculating, in a robust manner, the minimum dilution value to be adopted during olfactometric analysis.

1 Introduzione

Le emissioni odorigene sono sempre più spesso oggetto di interesse da parte degli organi di controllo in materia ambientale [1]. Tali emissioni rappresentano un problema sempre più rilevante per diverse tipologie di aziende, soprattutto per il potenziale impatto che queste possono avere sull'ambiente e sulla salute, che genera preoccupazione e lamentele da parte della popolazione esposta [2], [3]. Per questi motivi, gli enti di controllo sono sempre più interessati al monitoraggio e al contenimento dell'inquinamento odorigeno dovuto alle attività di diverse realtà industriali. Attualmente, una delle tecniche più diffuse per quantificare la concentrazione di odore (in unità odorimetriche per metro cubo; ouE/m³) è l'olfattometria dinamica. Regolamentata dalla norma EN 13725:2003, questa è una tecnica sensoriale che coinvolge direttamente degli esaminatori - o panellisti. Essi sono appositamente selezionati e addestrati per rappresentare una sensibilità allo stimolo odorigeno media. Durante l'analisi, agli esaminatori viene presentato il campione di odore a concentrazione crescente attraverso l'olfattometro. Questo è uno specifico strumento che diluisce il campione con aria neutra in specifici rapporti di diluizione [4]. Durante l'analisi, quando gli esaminatori percepiscono un odore diverso dall'aria neutra devono segnalarlo: perciò, la concentrazione di odore di un campione è definita come il numero di diluizioni necessarie affinché il campione raggiunga la sua soglia di percezione. Di conseguenza, in accordo con quanto previsto dal metodo, i panellisti sono direttamente esposti al campione e quindi agli inquinanti potenzialmente pericolosi presenti al suo interno, seppur diluiti. Quindi, durante le analisi olfattometriche essi sono esposti a un rischio non noto: per questo motivo,

per poter condurre analisi olfattometriche, è necessario valutare il rischio occupazionale per questa classe di lavoratori. Per poter garantire la sicurezza del panel olfattometrico, l'unica misura attuabile è la definizione di un valore minimo di diluizione da non superare durante lo svolgimento delle analisi. Infatti, in accordo con le prescrizioni della normativa, non è possibile pretrattare il campione o utilizzare dispositivi di protezione, quali maschere o filtri. Perciò la corretta valutazione dello step di diluizione da non superare per non esporre gli esaminatori a un rischio diventa un passaggio cruciale per garantire la sicurezza del personale coinvolto e lo svolgimento delle analisi in condizioni di sicurezza.

2 Relazione

Questo lavoro ha lo scopo di presentare una nuova metodica per la determinazione del valore minimo di diluizione da adottare durante lo svolgimento di analisi olfattometriche di campioni odorigeni, cercando di approfondire e superare le lacune osservate nelle prescrizioni della normativa e nei modelli descritti all'interno della letteratura scientifica.

2.1 Stato dell'arte

Il problema del potenziale rischio di esposizione per gli esaminatori olfattometrici è noto da tempo, così come la necessità di valutare il rischio a cui questi lavoratori sono esposti durante le analisi, come evidenziato dalla norma EN 13725:2003 e dalla sua attuale revisione (pr EN 13725:2018). La norma del 2003 riportava la necessità di informare il personale coinvolto del potenziale rischio e di minimizzarlo. Nell'ottica di una miglior definizione del problema, l'attuale revisione si prefigge di introdurre una descrizione più dettagliata, rispetto a quanto precedentemente definito, imponendo a ogni laboratorio l'utilizzo dei «current occupational exposure limits» [5]. Tuttavia, non viene ulteriormente specificato quali i valori limite debbano essere utilizzati. D'altra parte, considerando anche solo la dimensione europea, coesistono diversi valori limite di esposizione, che possono variare tra loro a seconda dell'approccio utilizzato per la valutazione e gestione del rischio [6]. La non univoca definizione dei limiti occupazionali da utilizzare può quindi comportare l'ottenimento di risultati non comparabili tra diversi laboratori. Inoltre, la normativa attualmente non descrive una procedura univoca e dettagliata su come valutare il rischio occupazionale degli esaminatori. All'interno della letteratura scientifica, vengono proposti dei metodi per la determinazione del rischio e la valutazione del valore minimo di diluizione da adottare durante lo svolgimento di analisi olfattometriche [7]–[9]. Nonostante la rilevanza di questi studi, essi presentano due aspetti critici principali. Il primo è dovuto all'utilizzo, nei modelli proposti, di valori di concentrazione limite differenti, in termini di durata di esposizione o in termini di popolazione esposta. L'utilizzo di limiti di esposizione diversi, in assenza di uno specifico riferimento normativo, può modificare in maniera sensibile il risultato. Una seconda criticità è connessa all'assenza di indicazioni sul trattamento di quei composti, potenzialmente presenti in campioni di emissione reale, per i quali non sono presenti valori di soglia all'interno dei database utilizzati. La presenza di numerosi composti, la cui soglia di tossicità non è attribuita, comporta una sottostima del rischio, soprattutto per quanto riguarda il rischio non cancerogenico, ottenuto mediante il calcolo dell'Hazard Index (HI). Infatti, esso viene calcolato come la somma degli Hazard Quotients (HQs) di tutti i composti presenti all'interno dell'emissione. A sua volta però, l'HQ di un composto è uguale alla concentrazione di inquinante osservata divisa per la sua soglia di tossicità. In assenza di ulteriori procedure, si trascurano quindi i contributi di queste sostanze. Tuttavia, la presenza di numerosi composti, presenti in concentrazioni non trascurabili, la cui soglia limite non è nota, rappresenta un problema non trascurabile per la valutazione del rischio per gli esaminatori coinvolti. Risulta dunque fondamentale dal punto di vista normativo e scientifico risolvere queste criticità, in modo da ottenere valori di diluizione minima da non superare più precisi e affidabili [10].

2.2 Esposizione del panel

Al fine di valutare correttamente il rischio per gli esaminatori, è necessario analizzare il meccanismo di esposizione durante l'attività. Per evitare l'affaticamento del naso, gli esaminatori lavorano in sessioni di analisi da 1 o 2 ore e, generalmente, vengono coinvolti in una sessione giornaliera. Inoltre, ogni presentazione del campione, nei diversi step di diluizione durante la prova, dura al massimo 15 secondi [11]. Perciò, l'esposizione lavorativa di un esaminatore non sarà mai equiparabile a quella di un normale lavoratore (8 ore per giorno – 40 ore settimanali). Tuttavia, a causa delle prescrizioni della norma sul campionamento, che prevede il campionamento dell'emissione direttamente alla sorgente di odore, gli esaminatori sono esposti potenzialmente a concentrazione di inquinanti che non sono diluite in aria ambiente, ma solo mediante l'olfattometro. A bassi step di diluizione, il campione presentato agli esaminatori risulta via via più concentrato

Discutendo invece lo scenario di esposizione, gli esaminatori sono esposti solo per inalazione ai composti presenti nei campioni. Inoltre, generalmente le emissioni odorigene sono miscele complesse e variabili, perciò è necessario che il metodo di valutazione da utilizzare sia semplice e generale, ma robusto in modo da poter fornire risultati affidabili. Per questi motivi, il metodo proposto si basa sulla valutazione del rischio non carcinogenico, basandosi sull'esposizione breve, mediante la stima dell'Hazard Index (HI); mentre per il rischio carcinogenico, viene calcolato il rischio durante l'intera vita di sviluppare il cancro considerando che non ci sia una soglia di non pericolo e assumendo una relazione lineare dose-risposta.

2.3 Nuova metodica

L'obiettivo della metodica qui proposta è quello di caratterizzare il rischio per i panellisti olfattometrici, cercando di risolvere le criticità osservate e descritte precedentemente. Di seguito vengono descritti i parametri da utilizzare e la procedura proposta per la valutazione del rischio per il calcolo del valore di diluizione minimo da adottare durante le analisi olfattometriche.

2.3.1 Valutazione del rischio: rischio non-carcinogenico

Nel modello proposto, il rischio non-carcinogenico viene valutato calcolando l'Hazard Index (HI). Esso è uguale alla somma degli Hazard Quotients (HQs) di tutti i composti osservati nel campione, come riportato nella Eq. 1. L'HQ per ogni molecola è calcolato dividendo la concentrazione di esposizione ($C_{i,exp}$) per il limite occupazionale considerato (OLV) (Eq. 2).

$$HI = \sum HQ_i \quad \text{Eq. 1}$$

$$HQ_i = C_{i,exp} / OLV_i \quad \text{Eq. 2}$$

L'Hazard Index rappresenta un approccio semplice e adattabile che può essere facilmente applicato a diversi campioni. Infatti, questo approccio consente di ottenere una valutazione immediata sull'accettabilità del rischio: infatti se $HI \leq 1$, il rischio è considerato accettabile; se $HI > 1$, il rischio non è accettabile ed è necessario calcolare un valore minimo di diluizione. La principale criticità di questo metodo è che, come già discusso, esso richiede i valori limite di riferimento per tutti i composti presenti all'interno del campione. Purtroppo, spesso questi valori non sono disponibili. Per risolvere questa criticità, questa metodica propone di utilizzare diversi valori di riferimento per ogni composto presente nei campioni. In particolare si propone di utilizzare i seguenti valori di riferimento, nell'ordine qui descritto, che considera la loro base normativa o la solidità della metodologia di derivazione:

- Occupational Limit Values (OELs), definiti dalla Comunità Europea e derivanti dalle più recenti ricerche scientifiche disponibili;
- Derived No Effect Levels (DNELs) relative all'esposizione lavorativa;

- Altri limiti occupazionali, come limiti nazionali o i valori proposti dall'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).

Ricercando all'interno di questi database, ordinati in maniera gerarchica a seconda della validità di legge che essi presentano, è possibile raccogliere per molti composti un valore di soglia di tossicità da utilizzare nel calcolo dell'HQ. Tuttavia, anche consultando le diverse fonti indicate, potrebbero ancora esserci, all'interno di un campione di emissione reale, composti per cui non è disponibile una concentrazione di riferimento. Perciò, la proposta qui suggerita è di raggruppare i diversi composti in famiglie o gruppi dalle caratteristiche chimiche simili (e.g. idrocarburi alifatici C6-C8, idrocarburi aromatici C9-C14) e definire un limite di esposizione per la classe di composti, invece che per il singolo composto, non essendo disponibile appunto il dato singolo.

Applicando questa serie di approssimazioni, è possibile caratterizzare totalmente le miscele odorigene, calcolando l'HI per l'intera miscela da analizzare e ottenere così la sua completa valutazione del rischio.

2.3.2 Valutazione del rischio: rischio carcinogenico

Il rischio carcinogenico viene calcolato, in accordo con le linee guida esistenti [12], secondo la formula:

$$\text{Inhalation Risk (IR)} = \text{CDI}_i * \text{IUR} \quad \text{Eq. 3}$$

Nell'Eq. 3, CDI è la concentrazione di inalazione cronica (espresso in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e la IUR è la Inhalation Unit Risk, fornita dal Risk Assessment Information System [13]. La CDI invece deve essere calcolata in accordo con il tempo di esposizione dell'esaminatore, secondo l'Eq. 4, applicando i parametri riportati in Tab. 1.

$$\text{CDI}_i = (\text{C}_{i, \text{exp}} * \text{EF} * \text{ED} * \text{ET}) / (\text{AT} * \text{LT}) \quad \text{Eq. 4}$$

Tab. 1 – Parametri per il calcolo della CDI

Parametro	Appreviazione	Unità di misura
Exposure frequency	EF	Day/year
Exposure duration	ED	Year
Exposure time	ET	Hours/day
Averaging time	AT	Days/years
Lifetime	LT	Years

I parametri riportati in Tab. 1 devono essere definiti da ogni laboratorio in accordo con la specifica attività lavorativa del proprio panel. Perciò, per valutare il proprio rischio specifico, risulta fondamentale che ogni laboratorio olfattometrico tenga nota dell'attività lavorativa rappresentativa degli propri esaminatori.

Nel modello qui proposto, il rischio carcinogenico deve essere calcolato per tutti i composti cancerogeni o potenzialmente cancerogeni, secondo la definizione fornita nella Part 3 of Annex VI to Regulation (EC) No 1272/2008:

- Cancerogeno se il composto è classificato come 1A o 1B;
- Sospetto cancerogeno se il composto è inserito nella categoria 2

Per il singolo composto, se IR è minore di 10^{-6} il rischio carcinogenico per la sostanza è considerato accettabile; per la miscela, il rischio è considerato accettabile se IR è minore di 10^{-5} .

2.3.3 *Discussione del metodo*

Il modello proposto presenta alcune limitazioni e assunzioni che devono essere considerate e discusse al fine di applicarlo in maniera appropriata. La prima limitazione è correlata all'utilizzo dell'HI. Un limite dell'utilizzo di questo approccio è che questo risulta semplificato e non considera eventuali trasformazioni o effetti sinergici. Tuttavia, proprio grazie alla sua semplicità, questo approccio può essere rapidamente utilizzato durante lo svolgimento delle analisi olfattometriche. Approcci più complessi, infatti, richiedono maggiori elaborazioni e una competenza molto specifica. Ciò limita l'applicabilità della metodica, sia in termini di tempo necessario per l'elaborazione del dato sia in termini di competenze del valutatore. Un secondo aspetto è la selezione del corretto valore di limite di tossicità da adottare all'interno del calcolo, che richiede una particolare esperienza nell'ambito della valutazione del rischio. Tuttavia, la classificazione gerarchica proposta, fondata sulla base normativa o scientifica del dato fornito, permette di poter selezionare un valore di riferimento per un maggior numero di composti potenzialmente presenti in un campione reale.

Inoltre, questo modello rappresenta uno studio preliminare dell'argomento che richiederà ulteriori aggiornamenti e approfondimenti in accordo con l'evoluzione delle conoscenze di questo ambito o di successivi miglioramenti in modo da facilitarne l'applicabilità (e.g. software per il calcolo del valore di diluizione minimo). Tuttavia, allo stato attuale, il presente modello, cercando di superare le criticità osservate, rappresenta un avanzamento per la definizione di un protocollo di valutazione del rischio occupazionale degli esaminatori coinvolti in analisi olfattometriche.

3 **Conclusioni**

La valutazione del rischio occupazionale per gli esaminatori coinvolti in analisi olfattometriche risulta essere fondamentale per poter condurre queste analisi, sempre più richieste da enti di controllo e industrie, in condizioni di sicurezza. Questo lavoro ha lo scopo di proporre un nuovo metodo, con alcune soluzioni metodologiche, per la valutazione il rischio di esposizione occupazionale per i panellisti coinvolti nell'olfattometria dinamica. Il metodo proposto si basa sulla valutazione dei rischi cancerogeni e non cancerogeni utilizzando i valori limite di esposizione stabiliti dai regolamenti internazionali e dagli standard di riferimento comunemente applicati nel campo dell'igiene e della tossicologia professionale. Il risultato più importante di questo studio è il suggerimento di valori limite scientificamente validi o basati sulle normative da utilizzare per la valutazione degli effetti non cancerogeni per ottenere una valutazione del rischio basata sulla tossicologia per il maggior numero di composti presenti in un campione di odore reale. Dunque, il modello qui proposto appare una pratica e implementabile soluzione che coniuga soluzioni facilmente applicabili con una robusta valutazione del rischio. Ciò risulta fondamentale per l'applicabilità del metodo da parte di vari operatori.

4 **Bibliografia**

[1] Nicell J. A., "Assessment and regulation of odour impacts," *Atmos. Environ.*, vol. 43, no. 1, pp. 196–206, Jan. 2009.

[2] Henshaw P., Nicell J., and Sikdar A., "Parameters for the assessment of odour impacts on communities," *Atmos. Environ.*, vol. 40, no. 6, pp. 1016–1029, Feb. 2006.

- [3] **Bokowa A. et al.**, “Summary and Overview of the Odour Regulations Worldwide,” *Atmosphere (Basel)*, vol. 12, no. 2, p. 206, Feb. 2021.
- [4] **Bax C., Sironi S., and Capelli L.**, “How Can Odors Be Measured? An Overview of Methods and Their Applications,” *Atmosphere (Basel)*, vol. 11, no. 1, p. 92, Jan. 2020.
- [5] pr EN 13725:2018, *Air quality - Determination of odour concentration by dynamic olfactometry and odour emission rate from stationary by sources - Complementary element*. 2018.
- [6] **Cattaneo A., Spinazzè A., and Cavallo D. M.**, “Occupational exposure limit values for chemical risk assessment at European level,” *Ital. J. Occup. Environ. Hyg.*, vol. 9, no. October, pp. 93–97, 2018.
- [7] **Davoli E. et al.**, “Dynamic Olfactometry and Potential Sample Toxicity. Guidelines for a Safe Occupational Health Approach,” *Chem. Eng. Trans.*, vol. 30, 2012.
- [8] **Davoli E. et al.**, “Dynamic olfactometry and sample toxicity. a case study for a MSW incinerator odour assessment project,” *Chem. Eng. Trans.*, vol. 54, pp. 13–18, 2016.
- [9] **Polvara E., Capelli L., and Sironi S.**, “Non-carcinogenic occupational exposure risk related to foundry emissions: focus on the workers involved in olfactometric assessments,” *J. Environ. Sci. Heal. - Part A Toxic/Hazardous Subst. Environ. Eng.*, vol. 56, no. 6, pp. 646–659, 2021.
- [10] **Polvara E., Invernizzi M., and Sironi S.**, “Occupational Safety for Panellists Involved in Dynamic Olfactometry: a Comparison of Available Risk Assessment Models,” *Chem. Eng. Trans.*, vol. 85, pp. 91–96, 2021.
- [11] EN 13725:2003, *Ambient air - Determination of Odour Concentration by Dynamic Olfactometry*. 2003.
- [12] US EPA, “Exposure Assessment Tools by Routes - Inhalation.” [Online]. Available: <https://www.epa.gov/expobox/exposure-assessment-tools-routes-inhalation>. [Accessed: 08-Apr-2021].
- [13] “The Risk Assessment Information System.” [Online]. Available: https://rais.ornl.gov/cgi-bin/prg/RISK_search. [Accessed: 28-Jan-2021].