

Fabio Boccuni, Riccardo Ferrante, Sergio Iavicoli

## Misure di esposizione a nanomateriali aerodispersi: studio preliminare in ambienti di lavoro

INAIL - Dipartimento di Medicina Epidemiologie Igiene del Lavoro ed Ambientale, Monte Porzio Catone (Roma)

**RIASSUNTO.** Il dibattito sull'identificazione delle variabili che possono influenzare la tossicità dei nanomateriali ingegnerizzati (NMI) è tuttora aperto all'interno della comunità scientifica. Numerosi approcci metodologici per valutare l'esposizione dei lavoratori a NMI aerodispersi sono stati proposti in letteratura. La misura dell'esposizione a NMI rappresenta un punto cruciale nell'analisi dei rischi potenziali per i lavoratori e la distinzione dei nano-oggetti dal particolato di background è fondamentale per l'identificazione delle sorgenti di emissione. Nel 2015 l'OECD ha analizzato le principali strategie pubblicate ed ha proposto una strategia armonizzata basata su tre livelli di indagine per misurare e valutare l'esposizione a NMI nei luoghi di lavoro. L'obiettivo è quello di bilanciare i costi dell'attività di indagine con l'efficacia delle tecniche e l'affidabilità delle informazioni ottenute. In questo quadro, il presente studio propone i risultati preliminari delle misure di esposizione ad alcune tipologie di NOAA, condotte in ambienti di lavoro (in ambito industriale e in laboratori di ricerca), per lo sviluppo di una strategia armonizzata.

**Parole chiave:** nanoparticelle, monitoraggio ambientale, salute e sicurezza sul lavoro, esposizione occupazionale.

**ABSTRACT.** Although the debate among the scientific community is still open to identify the parameters which better represent engineered nanomaterials (ENMs) toxicity, numerous methodological approaches to assess workers exposure to airborne ENMs have been proposed. The measurement of exposure to ENMs is a critical step in the analysis of the potential risks for workers and the distinction of engineered nano-objects from the background is highly important to understand the contribution of specific sources. In 2015, OECD reviewed the major published strategies and promoted a harmonized three-tiered approach to measure and assess the airborne exposure to engineered nano-objects in the workplace, with the aim also to balance costs and effectiveness of investigation efforts. In this framework this study proposes the preliminary results of occupational exposure measurements conducted in both industrial and laboratory workplaces in which different types of nanomaterials were used. The results of this study will be useful to validate the proposed exposure measurement strategy.

**Key words:** nanoparticles, workplace monitoring, occupational safety and health, occupational exposure.

### Introduzione

Gli studi pubblicati in letteratura sullo sviluppo e l'applicazione di tecniche di misura dell'esposizione e nanomateriali aerodispersi (c.d. *nano objects and their aggregates and agglomerates* - NOAA) evidenziano che ai fini dell'identificazione della presenza di tali NOAA nei luoghi di lavoro è necessario combinare l'utilizzo di misure con strumentazione real-time e campionamenti per l'analisi off-line. Per ottenere una quantificazione dell'esposizione si dovranno effettuare misure più approfondite e campionamenti di area e personali che tengano in considerazione lo studio del background, e l'analisi chimica e morfologica dei filtri campionati. Tutto ciò prevede l'impiego di ingenti risorse in termini di costi per la strumentazione e per il personale dedicato, la cui sostenibilità dovrebbe essere valutata preventivamente in un'analisi costi benefici. Il recente contributo dell'OECD (1) propone un'armonizzazione delle strategie di valutazione dell'esposizione, in un approccio per livelli successivi di indagine (c.d. *tiered approach*), con la definizione di criteri decisionali per procedere da un livello al successivo dell'algoritmo proposto.

In questo quadro, il presente studio propone i risultati preliminari delle misure di esposizione ad alcune tipologie di NOAA, condotte in ambiente di lavoro con finalità di ricerca, per lo sviluppo di una strategia armonizzata.

### Materiali e Metodi

La strategia prevede un approccio suddiviso in tre livelli di indagine: (1) analisi preliminare, (2) valutazione iniziale e (3) campagna di misure.

Gli studi sono stati condotti su nanomateriali con una, due o tre dimensioni alla scala nanometrica (1D, 2D e 3D) quali rispettivamente i nanofili, il grafene e le nanozeoliti.

Nei primi due casi (nanofili e grafene prodotti in un laboratorio di ricerca) lo studio è stato condotto fino al livello (2) di indagine; nel caso delle nanozeoliti prodotte in ambito industriale, la strategia è stata condotta fino alla fase 3 per alcune fasi specifiche del ciclo produttivo.

La strumentazione *real-time* utilizzata include un CPC (TSI mod. 3007) per la misura della concentrazione in nu-

mero di particelle, un FMPS (TSI, mod. 3550) per la determinazione della distribuzione dimensionale, un NSAM (TSI, mod. 3091) per la misura dell'area superficiale; il campionamento di area è stato condotto utilizzando un impattore nanoMOUDI-II 122R, mentre quello personale con un SIOUTAS; l'analisi morfologica *off-line* sui filtri campionati è stata effettuata con un microscopio SEM con sonda EDX per l'analisi elementare; sono stati coinvolti inoltre strumenti utili per l'analisi dei VOC e dell'ozono e per il monitoraggio delle condizioni climatiche.

---

## Risultati

La campagna di misure (livello 3) effettuata nel sito di produzione nel caso delle nanozeoliti, ha permesso l'identificazione della presenza di tali NOAA prodotti all'interno dei luoghi di lavoro. Il confronto delle misure *real-time* durante la produzione con i dati del *background* e l'analisi morfologica dei filtri campionati, hanno permesso di evidenziare alcune attività critiche nel processo produttivo (quali ad esempio le fasi di pulizia delle attrezzature).

Le misure preliminari (livello 2) nei casi del grafene e dei nanofili hanno evidenziato la presenza di sorgenti di esposizione potenziale all'interno dei laboratori che ne-

cessitano di approfondimento, per cui è stata raccomandata l'esecuzione del livello successivo di indagine, ovvero una campagna completa di misure in sito (livello 3).

---

## Conclusioni

Lo studio preliminare riportato ha permesso di mettere a punto una metodologia di misura basata su un approccio multi-parametrico e per livelli successivi di indagine. Pertanto la campagna di misure è stata indirizzata su quelle fasi di produzione considerate maggiormente a rischio in base ai risultati ottenuti negli *step* precedenti, anche nell'ottica di un'analisi costi-benefici. La successiva integrazione dell'indagine con studi tossicologici in vitro sui materiali campionati potrebbe completare il quadro di informazioni necessario per la valutazione dell'esposizione occupazionale.

---

## Bibliografia

- 1) OECD, 2015. Harmonized Tiered Approach To Measure And Assess The Potential Exposure To Airborne Emissions Of Engineered Nano-Objects And Their Agglomerates And Aggregates At Workplaces. ENV/JM/MONO(2015)19, June 17 2015.

**Corrispondenza:** Fabio Bocconi, INAIL - Dipartimento di Medicina Epidemiologie Igiene del Lavoro ed Ambientale, Via Fontana Candida 1, 00078 Monte Porzio Catone (Roma), Italy