

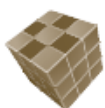


# RAPPORTI ISTISAN 15|5

ISSN: 1123-3117 (cartaceo) • 2384-8936 (online)

## **Strategie di monitoraggio per determinare la concentrazione di fibre di amianto e fibre artificiali vetrose aerodisperse in ambiente *indoor***

L. Musmeci, S. Fuselli, B.M. Bruni, O. Sala, T. Bacci, A.B. Somigliana, A. Campopiano, S. Prandi, P. Garofani, C. Martinelli, F. Cavariani, F. D'Orsi, A. Marconi, C. Trova per il Gruppo di Studio Nazionale sull'Inquinamento *Indoor*



AMBIENTE  
E SALUTE



# ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ

## **Strategie di monitoraggio per determinare la concentrazione di fibre di amianto e fibre artificiali vetrose aerodisperse in ambiente *indoor***

Loredana Musmeci (a), Sergio Fuselli (a), Biagio Maria Bruni (a),  
Orietta Sala (b), Tiziana Bacci (b), Anna Benedetta Somigliana (c),  
Antonella Campopiano (d), Sonja Prandi (e), Patrizia Garofani (f),  
Claudio Martinelli (g), Fulvio Cavariani (h), Fulvio D'Orsi (i),  
Achille Marconi (l), Claudio Trova (m)  
per il Gruppo di Studio Nazionale sull'Inquinamento *Indoor*

- (a) Dipartimento di Ambiente e Connessa Prevenzione Primaria, Istituto Superiore di Sanità, Roma  
(b) Polo Analitico Regionale Amianto, Agenzia Regionale  
per la Protezione Ambientale Emilia-Romagna, Reggio Emilia  
(c) Centro di Microscopia Elettronica, Agenzia Regionale  
per la Protezione Ambientale Lombardia, Milano  
(d) Dipartimento Medicina, Epidemiologia, Igiene del Lavoro e Ambientale,  
INAIL Settore Ricerca, Monte Porzio Catone (Roma)  
(e) Unità Operativa Laboratorio, Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale Liguria, Genova  
(f) Prevenzione e Sicurezza Ambienti di Lavoro, ASL Umbria 1, Perugia;  
(g) Unità Operativa Centro Regionale Amianto, Dipartimento Regionale Laboratori,  
Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale Veneto, Verona  
(h) Centro Regionale Amianto, ASL VT, Civita Castellana (Viterbo)  
(i) Servizio Prevenzione e Sicurezza Ambienti di Lavoro ASL RM C, Roma;  
(l) Esperto, Roma  
(m) Centro Ambientale Amianto, Agenzia Regionale  
per la Protezione Ambientale Piemonte, Grugliasco (Torino)

ISSN: 1123-3117 (cartaceo) • 2384-8936 (online)

**Rapporti ISTISAN**  
**15/5**

Istituto Superiore di Sanità

**Strategie di monitoraggio per determinare la concentrazione di fibre di amianto e fibre artificiali vetrose aerodisperse in ambiente indoor.**

Loredana Musmeci, Sergio Fuselli, Biagio Maria Bruni, Orietta Sala, Tiziana Bacci, Anna Benedetta Somigliana, Antonella Campopiano, Sonja Prandi, Patrizia Garofani, Claudio Martinelli, Fulvio Cavariani, Fulvio D'Orsi, Achille Marconi, Claudio Trova per il Gruppo di Studio Nazionale sull'Inquinamento Indoor  
2015, vi, 37 p. Rapporti ISTISAN 15/5

Obiettivo di questo documento è quello di fornire indicazioni per uniformare le metodologie di campionamento e analisi per determinare le concentrazioni di fibre d'amianto e fibre artificiali vetrose aerodisperse in ambiente indoor. Si riportano i principali fattori da considerare per pianificare le attività di monitoraggio in relazione agli ambienti e alle sorgenti indoor. Vengono descritti, con riferimento alle norme elaborate a livello europeo, i principi generali e le caratteristiche dei metodi per il campionamento e l'analisi delle fibre inorganiche di interesse.

*Parole chiave:* Amianto; Fibre inorganiche vetrose; Ambienti indoor; Tecniche di campionamento; Monitoraggio; Analisi

Istituto Superiore di Sanità

**Monitoring strategies to assess the concentration of airborne asbestos and man-made vitreous fibres in the indoor environment.**

Loredana Musmeci, Sergio Fuselli, Biagio Maria Bruni, Orietta Sala, Tiziana Bacci, Anna Benedetta Somigliana, Antonella Campopiano, Sonja Prandi, Patrizia Garofani, Claudio Martinelli, Fulvio Cavariani, Fulvio D'Orsi, Achille Marconi, Claudio Trova on behalf of the Indoor Pollution Working Group  
2015, vi, 37 p. Rapporti ISTISAN 15/5 (in Italian)

The purpose of this document is to provide indications for a uniform application of methodologies of sampling and analysis to assess concentrations of asbestos fibres and man-made vitreous fibres in indoor environments. The main factors to consider when planning the monitoring activities in relation to different environments and indoor sources are reported. The general principles and characteristics of the methods for sampling and analysis of inorganic fibres of interest are described with reference to the standards developed at European level.

*Key words:* Asbestos; Vitreous fibres inorganic; Indoor environments; Sampling techniques; Monitoring; Analysis.

Per informazioni su questo documento scrivere a: [biagio.bruni@iss.it](mailto:biagio.bruni@iss.it)

Il rapporto è accessibile online dal sito di questo Istituto: [www.iss.it](http://www.iss.it).

Citare questo documento come segue:

Musmeci L, Fuselli S, Bruni BM, Sala O, Bacci T, Somigliana AB, Campopiano A, Prandi S, Garofani P, Martinelli C, Cavariani F, D'Orsi F, Marconi A, Trova C per il Gruppo di Studio Nazionale sull'Inquinamento. *Strategie di monitoraggio per determinare la concentrazione di fibre di amianto e fibre artificiali vetrose aerodisperse in ambiente indoor*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2015. (Rapporti ISTISAN 15/5).

---

Legale rappresentante dell'Istituto Superiore di Sanità: *Gualtiero Ricciardi*  
Registro della Stampa - Tribunale di Roma n. 114 (cartaceo) e n. 115 (online) del 16 maggio 2014

Direttore responsabile della serie: *Paola De Castro*  
Redazione: *Paola De Castro* e *Sandra Salinetti*  
La responsabilità dei dati scientifici e tecnici è dei singoli autori.



Il Gruppo di Studio Nazionale sull'Inquinamento *Indoor* dell'ISS è stato costituito con nota del 1° ottobre 2010 (Prot. PRE620/10 COR-M) dal Presidente dell'Istituto Superiore di Sanità.

Di seguito l'elenco dei componenti:

Massimo Berico	<i>Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile</i>
Vincenza Bianchimani	<i>Regione Toscana</i>
Salvatore Bongiorno	<i>Regione Valle d'Aosta</i>
Bruno Bove	<i>Regione Basilicata</i>
Silvia Brini	<i>Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale</i>
Giuseppe Caredda	<i>Regione Sardegna</i>
Angelo Cecinato	<i>Consiglio Nazionale delle Ricerche</i>
Daniela Cimini	<i>Regione Marche</i>
Alessandro Cipriani	<i>Regione Valle d'Aosta</i>
Fabrizio Cumo	<i>La Sapienza Università di Roma</i>
Annamaria de Martino	<i>Ministero della Salute</i>
Maria delle Salette Mattiacci	<i>Regione Lazio</i>
Francesco Iacono	<i>Regione Sicilia</i>
Raimondo Ibba	<i>Regione Sardegna</i>
Paolo Izzo	<i>Istituto Superiore di Sanità</i>
Rosanna La Vecchia	<i>Regione Toscana</i>
Rosanna Mabilia	<i>Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca</i>
Salvatore Minardi	<i>Regione Sicilia</i>
Marinella Natali	<i>Regione Emilia-Romagna</i>
Angelo Pellegrino	<i>Regione Piemonte</i>
Enrico Procopio	<i>Regione Piemonte</i>
Federica Rossi Gasparri	<i>Associazione DonnEuropee Fedrecasalinghe</i>
Anna Santarsiero	<i>Istituto Superiore di Sanità</i>
Genesio Scalon	<i>Regione Marche</i>
Gaetano Settimo	<i>Istituto Superiore di Sanità</i>
Luigi Turrio Baldassarri	<i>Istituto Superiore di Sanità</i>
Massimo Valsecchi	<i>Regione Veneto</i>
Antonella Pilozi	<i>Segreteria Organizzativa, Istituto Superiore di Sanità</i>
Sergio Fuselli	<i>Coordinatore del Gruppo, Istituto Superiore di Sanità</i>

Gruppo *ad hoc* di esperti:

Biagio Maria Bruni	<i>Istituto Superiore di Sanità</i>
Orietta Sala	<i>ARPA Emilia-Romagna</i>
Tiziana Bacci	<i>ARPA Emilia-Romagna</i>
Anna Benedetta Somigliana	<i>ARPA Lombardia</i>
Antonella Campopiano	<i>INAIL Settore Ricerca</i>
Sonja Prandi	<i>ARPA Liguria</i>
Patrizia Garofani	<i>ASL Umbria I</i>
Claudio Martinelli	<i>ARPA Veneto</i>
Fulvio Cavariani	<i>CRA Lazio – AUSL VT</i>
Fulvio D'Orsi	<i>ASL RM C</i>
Achille Marconi	<i>Consulente, Istituto Superiore di Sanità</i>
Claudio Trova	<i>ARPA Piemonte</i>

Si ringrazia l'Ing. Francesca Assennato – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale – per aver collaborato alla stesura del presente documento.



# INDICE

<b>Presentazione</b> .....	v
<b>Introduzione</b> .....	1
<b>1. Scopo e campo di applicazione</b> .....	4
<b>2. Definizioni</b> .....	5
<b>3. Riferimenti tecnici e normativi</b> .....	9
<b>4. Sorgenti e dispersione di fibre</b> .....	10
<b>5. Monitoraggio delle fibre aerodisperse</b> .....	12
5.1. Campionamento .....	13
5.2. Obiettivo del campionamento .....	14
5.3. Definizione di “unità-ambiente” .....	16
5.4. Strategie di campionamento .....	18
5.4.1. Procedura di campionamento per analisi in microscopia elettronica a scansione .....	19
5.4.2. Parametri del campionamento .....	21
<b>6. Metodi per la determinazione della concentrazione di fibre inorganiche aerodisperse in ambienti indoor</b> .....	23
<b>7. Calcolo dei risultati</b> .....	24
7.1. Espressione del risultato .....	24
7.2. Incertezza di misura .....	24
7.3. Limite di rilevabilità .....	25
<b>8. Controllo della qualità</b> .....	27
<b>Bibliografia</b> .....	28
<b>APPENDICE A</b>	
Normativa di riferimento di settore .....	31





## PRESENTAZIONE

In riferimento e in sintonia con gli altri documenti già pubblicati dal Gruppo di Studio Nazionale Inquinamento *Indoor* è doveroso rammentare che attualmente in Italia non è stata elaborata una specifica regolamentazione legislativa sugli aspetti dell'inquinamento dell'aria per gli ambienti *indoor* (scuole, uffici, abitazioni, mezzi di trasporto, ecc). Di fatto per detti ambienti si fa riferimento a linee guida o valori di riferimento elaborati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità e per alcuni inquinanti si fa riferimento a normative di altri Paesi europei, alla letteratura scientifica o ad altri standard quali, ad esempio, quelli relativi all'aria ambiente.

Al fine di colmare tale lacuna fu istituito nel 2010 presso l'Istituto Superiore di Sanità (ISS) il Gruppo di Studio Nazionale Inquinamento *Indoor* composto da esperti dello stesso ISS, dei Ministeri Salute e Istruzione Università e Ricerca (MIUR), di altri Enti e Istituti di Ricerca, di Università e di Regioni.

Il Gruppo di Studio Nazionale Inquinamento *Indoor* nell'ambito dei suoi lavori, ha attivato "gruppi *ad hoc*" che affrontano ed elaborano documenti su specifiche tematiche, condivise nel gruppo allargato e che costituiscono la base per la redazione di rapporti tecnici sulla problematica *indoor* (pubblicati nella serie istituzionale *Rapporti ISTISAN*). A detti gruppi vengono invitati a partecipare di volta in volta anche altri esperti competenti e interessati a contribuire su specifici e peculiari aspetti. A tutt'oggi il Gruppo di Studio Nazionale Inquinamento *Indoor* ha elaborato i seguenti documenti:

- Rapporti ISTISAN 13/4  
*Strategie di monitoraggio dei Composti Organici Volatili (COV) in ambiente indoor;*
- Rapporti ISTISAN 13/37  
*Strategie di monitoraggio dell'inquinamento di origine biologica dell'aria in ambiente indoor;*
- Rapporti ISTISAN 13/39  
*Workshop. Problematiche relative all'inquinamento indoor: attuale situazione in Italia. Istituto Superiore di Sanità. Roma, 25 giugno 2012. Atti.*

Nell'ambito delle attività del Gruppo di Studio Nazionale Inquinamento *Indoor* è emersa la necessità di predisporre una metodologia univoca per la caratterizzazione delle fibre aerodisperse negli ambienti *indoor* (amianto e fibre artificiali vetrose). A tal fine è stato attivato un "gruppo *ad hoc*" per l'elaborazione di uno specifico documento su tale argomento.

Il presente documento è stato elaborato da un gruppo di esperti ISS, ARPA (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale) Lombardia, ARPA Emilia-Romagna, ARPA Liguria, ARPA Piemonte, ARPA Veneto, INAIL (Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro) Settore ricerca, ASL (Azienda Sanitaria Locale) Umbria 1, ASL Viterbo e ASL Roma C con lo scopo di armonizzare e standardizzare le modalità operative per una prima caratterizzazione, per il campionamento e per l'analisi delle fibre aerodisperse considerando che la loro pericolosità per la salute risiede nella capacità delle fibre più sottili di penetrare profondamente nell'apparato respiratorio.

Il documento è applicabile in quelle situazioni in cui può esistere un'esposizione dovuta alla presenza di materiali contenenti fibre (inorganiche) come componente strutturale dell'ambiente entro il quale si svolgono attività di vita o attività lavorative di tipo non industriale.

Si fa presente che per quanto riguarda i criteri per la certificazione della restituibilità di ambienti bonificati dall'amianto ci si dovrà riferire esclusivamente al DM del 6 settembre 1994

del Ministero della Sanità. Una particolare attenzione viene riservata all'incertezza di misura, al limite di rilevabilità analitica e ai controlli di qualità dei laboratori di analisi oltre che alla descrizione delle sorgenti e dei meccanismi di dispersione delle fibre.

L'attenta pianificazione della strategia di campionamento e analisi descritte nel documento risultano di fondamentale importanza e rispondono agli attuali riferimenti normativi. Nel documento viene posta in evidenza come dai risultati ottenuti è possibile elaborare decisioni e una serie di azioni e/o raccomandazioni per migliorare la qualità degli ambienti e delle aree in questione a vario titolo occupate.

Loredana Musmeci  
*Direttore del Dipartimento*  
*Ambiente Connessa Prevenzione Primaria*

Sergio Fuselli  
*Coordinatore*  
*Gruppo di Studio Nazionale Inquinamento Indoor*

## INTRODUZIONE

Nell'ambito del Gruppo di Studio Nazionale Inquinamento *Indoor*, è emersa la necessità di predisporre un documento condiviso che fornisca una metodologia univoca per la caratterizzazione e valutazione delle fibre aerodisperse negli ambienti indoor (nello specifico amianto e fibre artificiali vetrose).

Le attività di monitoraggio *indoor* e la valutazione dei fattori di rischio per la salute risultano essere elementi fondamentali per l'individuazione delle misure necessarie a prevenire e/o a ridurre i livelli di concentrazione di fibre. In tale ambito è necessario armonizzare e standardizzare le modalità operative di campionamento e di analisi.

L'espressione ambiente *indoor* è riferita agli ambienti confinati di vita e di lavoro non industriali (per quelli industriali vige una specifica normativa nazionale) e in particolare a quelli adibiti a dimora, svago, lavoro e trasporto (1). Quindi, con ambienti *indoor* ci si riferirà alle strutture di seguito descritte e indicate nella norma UNI EN ISO 16000-1 (2, 3):

- locali di abitazioni private: salotti, camere da letto, sale fai-da-te, sale ricreative, cantine, cucine e bagni;
- ambienti di lavoro o luoghi di lavoro in edifici che non sono soggetti a controlli sanitari e di sicurezza in materia d'inquinanti atmosferici (es. uffici e locali di vendita);
- edifici pubblici e commerciali (es. ospedali, scuole, asili, palestre, biblioteche, ristoranti e bar, teatri);
- cabine di veicoli e mezzi di trasporto pubblico.

Per ridurre il rischio di esposizione in ambienti *indoor* durante le normali attività di vita e di lavoro è necessario eseguire una valutazione del rischio associato al rilascio di fibre nell'ambiente; tale valutazione si ottiene attraverso due fasi di studio cronologicamente ben precise e distinte fra loro: l'ispezione visiva e il monitoraggio ambientale.

L'ispezione visiva ha lo scopo di:

- individuare la localizzazione del materiale d'interesse;
- valutare il tipo e lo stato di conservazione del materiale presente;
- valutare i fattori che possono determinare un futuro danneggiamento o degrado;
- valutare i fattori che influenzano la dispersione di fibre e l'eventuale esposizione degli occupanti.

Una tipologia di schede d'ispezione può essere quella allegata al DM 6 settembre 1994 (4) dove vengono indicati parametri e fattori che possono contribuire al rilascio di fibre.

Il monitoraggio ambientale ha lo scopo di evidenziare l'eventuale dispersione di fibre e valutare la possibile esposizione degli occupanti. Queste misure si rendono necessarie per:

- rispondere agli interrogativi presentati dai fruitori degli ambienti;
- condurre attività di sorveglianza a seguito di situazioni accertate di presenza di materiali pericolosi contenenti fibre;
- condurre attività di sorveglianza per valutare l'efficacia di un eventuale rimedio adottato;
- agevolare i processi decisionali in sede di valutazione dell'esposizione degli occupanti/utenti con riferimento ai diversi tempi di permanenza in un determinato ambiente;
- verificare il rispetto di valori guida stabiliti dalle autorità competenti.

Il monitoraggio ambientale da solo non può rappresentare un criterio adatto e valido per valutare il rischio di esposizione a fibre, in quanto consente essenzialmente di misurare la concentrazione di fibre presente nell'aria nel preciso momento in cui si effettua il campionamento, senza ottenere alcuna informazione sulla reale probabilità che i materiali possano deteriorarsi o essere danneggiati nel corso delle normali attività.

In base alla struttura che si sta studiando, la valutazione deve essere condotta distintamente per le singole aree o "unità-ambiente" in quanto, nell'ambito della stessa struttura, possono essere presenti materiali diversi in condizioni diverse; il che comporterà soluzioni d'intervento differenti, in relazione alla particolare situazione riscontrata in ogni singola area.

Molte sono le norme che a diverso titolo regolamentano la materia amianto, ma la scarsa integrazione dei testi e le diverse fonti normative spesso hanno trattato la problematica con approcci contrastanti sia dal punto di vista tecnico sia sul piano sanitario e questo può condurre ad azioni differenti nella gestione del pericolo per la presenza di materiali contenenti amianto. Diventa quindi importante tentare di chiarire, armonizzare e aggiornare le norme in materia di amianto emanate in tempi lontani, per contesti e scopi diversi da quelle che sono oggi le nostre necessità.

L'intero gruppo di studio ritiene opportuno e fondamentale esprimere alcune considerazioni su due questioni complesse e non ancora chiarite in maniera esaustiva dalla normativa vigente ovvero la definizione di lavoratore esposto in ambiente indoor e la scelta della tecnica analitica da utilizzare per l'analisi.

In una qualsiasi struttura con Materiali Contenenti Amianto (MCA) e/o Materiali Contenenti Fibre (MCF) pericolose, si possono individuare una serie di tipologie di occupanti (lavoratori e non) potenzialmente esposti ovvero:

- i lavoratori addetti a lavorazioni a rischio (ovvero i lavoratori esposti la cui attività lavorativa comporta o potrebbe comportare un contatto diretto con i vari MCA o MCF);
- i lavoratori generici (coloro che si recano ogni giorno in quella determinata struttura per svolgere la propria attività lavorativa che non comporta un contatto diretto con i MCA e più in generale con MCF);
- i lavoratori generici saltuari (coloro che si recano saltuariamente in quella determinata struttura per svolgere la propria attività lavorativa);
- gli utenti o occupanti occasionali.

Per tutte le categorie lavorative, che non rientrano nella categoria di lavoratori addetti a lavorazioni a rischio di amianto, si dovrà fare riferimento al DM 6/9/1994 e al suo valore indicativo di inquinamento in atto (ovvero 2 f/L in Microscopia Elettronica a Scansione, come media di 3 campioni).

In questi contesti, l'impiego del campionamento personale, non usualmente adottato in ambienti indoor, potrà risultare utile per ottenere informazioni sui reali livelli di esposizione personale in varie situazioni e contesti lavorativi (anche a fini di studi epidemiologici).

L'analisi delle fibre aerodisperse si effettua allo scopo di determinare la concentrazione di fibre potenzialmente pericolose presenti nell'aria in un determinato ambiente. Anche se negli anni le situazioni e i contesti ambientali di impiego sono profondamente cambiate, i disciplinari tecnici offrono ancora la possibilità di scelta di utilizzo di tecniche con capacità e sensibilità analitiche profondamente diverse come la Microscopia Ottica in Contrasto di Fase (MOCF) e la microscopia elettronica a scansione (*Scanning Electron Microscopy*, SEM); in genere i risultati delle due tecniche non risultano comparabili.

Poiché negli ambienti indoor ci si trova generalmente in presenza di basse (o bassissime) concentrazioni di fibre aerodisperse di tipologia e composizione diversa (organiche e inorganiche) la tecnica MOCF è assolutamente inadeguata e bisogna necessariamente ricorrere alla SEM equipaggiata con un sistema di microanalisi EDXS (*Energy Dispersive X-ray Spectrometry*).

## 1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Il presente documento ha lo scopo di armonizzare e standardizzare le modalità operative per la caratterizzazione, il campionamento e l'analisi delle fibre aerodisperse.

Non tutte le fibre risultano essere pericolose. La pericolosità delle fibre risiede fondamentalmente nella loro capacità di penetrare profondamente nel sistema respiratorio umano dove, per una serie di caratteristiche chimico-fisiche proprie, esercitano la loro azione nociva.

Attualmente, esiste una vasta gamma di materiali fibrosi sia naturali che artificiali, ma le fibre che hanno un maggior interesse sanitario-ambientale sono quelle che trovano, o hanno trovato, un largo uso soprattutto nel settore industriale e nell'ambito dei materiali edili.

Tra queste tipologie di fibre una particolare attenzione va rivolta alle fibre di amianto e alle Fibre Artificiali Vetrose (FAV) che sono oggetto di questo documento.

Con la messa al bando dell'amianto (5) si è quasi del tutto risolto il problema delle esposizioni alle alte concentrazioni tipiche degli ambienti lavorativi industriali (luoghi in cui vi era una manipolazione diretta delle fibre), ma è sorto il problema delle esposizioni a basse e/o bassissime concentrazioni tipiche degli ambienti di vita.

La letteratura riporta molti dati e studi che valutano la concentrazione di fibre in ambienti *indoor*. Tuttavia i dati e risultati di tali lavori spesso non sono confrontabili a causa dell'utilizzo di modalità diverse di campionamento, di analisi e di criteri di conteggio.

Per quanto riguarda le FAV, essendo ancora scarse e comunque discordanti le evidenze scientifiche sulla loro reale pericolosità, si ritiene che, nell'ottica della tutela della salute sia dei lavoratori che della popolazione, sia necessario trattare questa categoria di fibre con un atteggiamento cautelativo di tipo prevenzionistico.

Il presente documento è applicabile in tutte le situazioni in cui può esistere un'esposizione dovuta alla presenza di materiali contenenti fibre inorganiche come componente strutturale dell'ambiente entro il quale si svolgono attività di vita e prestazioni lavorative non a rischio (edificio, mezzo di trasporto, ecc.).

L'attenta pianificazione della strategia di campionamento e analisi risulta di fondamentale importanza, perché dai risultati ottenuti si potranno decidere una serie di azioni e/o raccomandazioni per migliorare la qualità degli ambienti, delle aree in questione a vario titolo occupate.

È possibile estendere l'applicazione di questo documento a situazioni che riguardano le esposizioni in fase di bonifica, smaltimento e produzione industriale, ferme restando le normative specifiche vigenti in materia.

## 2. DEFINIZIONI

Di seguito vengono riportate in ordine alfabetico i termini e le relative definizioni più in uso in questo settore:

– *Amianto*

La normativa italiana (art. 247 DL.vo 81/2008) (11) considera e disciplina come amianto (o asbesto) esclusivamente i silicati fibrosi appartenenti a due gruppi mineralogici principali, quello degli anfiboli e quello del serpentino (Tabella 1).

**Tabella 1. Tabella riassuntiva della tipologia degli amianti secondo la normativa italiana**

Silicato fibroso	Formula chimica	n. CAS	Descrizione
<b>Anfiboli</b>			
Crocidolite	$\text{Na}_2\text{Fe}^{3+}(\text{MgFe}^{2+})_3(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$	12001-28-4	Varietà fibrosa dell'anfibolo riebeckite
Grunerite d'amianto (Amosite)	$(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	12172-73-5	Varietà fibrosa della serie di anfiboli grunerite-cumingtonite
Antofillite d'amianto	$(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	77536-67-5	Varietà fibrosa dell'omonimo anfibolo
Actinolite d'amianto	$\text{Ca}_2(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	77536-66-4	Varietà fibrosa dell'omonimo anfibolo
Tremolite d'amianto	$\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	77536-68-6	Varietà fibrosa dell'omonimo anfibolo
<b>Serpentino</b>			
Crisotilo	$\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	12001-29-5	Varietà fibrosa del serpentino

– *Azioni provvisorie di bonifica*

Semplici e brevi misure di bonifica, utilizzate per ridurre le emissioni di fibre aerodisperse da materiali da costruzione:

- Incapsulamento: consiste nel trattamento dei materiali contenenti fibre con prodotti penetranti o ricoprenti che tendono ad inglobare le fibre e a costituire una pellicola di protezione sulla superficie esposta .
- Confinamento e/o rivestimento: consiste nell'installazione di una barriera a tenuta che separi i materiali contenenti fibre dalle aree occupate dell'edificio se non associato all'incapsulamento, il rilascio di fibre continua all'interno del confinamento.

– *Azioni definitive di bonifica (rimozione)*

Drastica misura di bonifica, utilizzata per eliminare le emissioni di fibre aerodisperse da materiali da costruzione. La rimozione è il metodo più diffuso perché elimina ogni potenziale fonte di esposizione e consiste nell'eliminazione dell'eventuale sorgente mediante asportazione e smaltimento.

- *Campionamento aggressivo*  
È il campionamento eseguito impiegando mezzi meccanici al fine di diffondere le eventuali fibre presenti nell'area.
- *Campionamento a breve termine*  
Il campionamento ha una durata di massimo 24 ore.
- *Campionamento a lungo termine*  
Il campionamento ha una durata superiore alle 24 ore.
- *Campionamento di convalida della procedura*  
Il campionamento eseguito per determinare l'impatto sui livelli di concentrazione prevalenti a seguito di manutenzione o di altre attività in un'area in cui sono installati materiali contenenti amianto e/o fibre artificiali vetrose.
- *Campionamento della dispersione*  
È il campionamento eseguito in aree limitrofe al cantiere di bonifica con lo scopo di monitorare le eventuali variazioni di concentrazione di fibre.
- *Campionamento del fondo*  
È il campionamento eseguito a breve termine per la determinazione della concentrazione di fibre aerodisperse in locali occupati durante il normale utilizzo prima di un'attività che potrebbe produrre un inquinamento da fibre.
- *Campionamento livello prevalente*  
È il campionamento eseguito per determinare la concentrazione delle fibre aerodisperse durante la normale occupazione e le normali attività che si svolgono nell'area in esame.
- *Campionamento investigativo*  
È il campionamento eseguito per determinare la concentrazione delle fibre aerodisperse a seguito di un evento o di un'attività simulata.
- *Campionamento per la restituibilità*  
È il campionamento eseguito a seguito di un'attività di bonifica con lo scopo di determinare se i livelli di concentrazione sono inferiori ad un determinato valore al quale è consentito la ri-occupazione dell'area in sicurezza.
- *Campionamento personale*  
È il campionamento eseguito nella zona di respirazione di un individuo per determinare la potenziale esposizione a fibre presenti nell'aria.
- *Campionamento stratificato*  
È un campionamento eseguito secondo una ben definita strategia in cui i campionamenti vengono effettuati sulla base di una dettagliata conoscenza delle caratteristiche dei materiali presenti nell'area di studio.
- *Concentrazione fondo indoor*  
È la concentrazione di fibre misurata a lungo termine in un locale (soprattutto edificio) durante il normale utilizzo dello stesso.



- *Concentrazione fondo outdoor*  
È la concentrazione di fibre misurata a lungo termine all'esterno e sufficientemente vicino alla struttura in esame (soprattutto nel caso degli edifici per i quali si vuole ottenere un valore rappresentativo di aria aspirata nell'edificio).
- *Fibra*  
Tutte le particelle che presentano un rapporto lunghezza/diametro (L/D) > 3/1. Questo valore del rapporto è quello che viene usato nel campo dell'igiene industriale.
- *Fibra secondo la World Health Organisation*  
Sulla base di una serie di studi nel 1986 la World Health Organisation (WHO) definì implicitamente pericolose tutte le fibre con lunghezza > 5 µm, diametro < 3 µm e rapporto dimensionale L/D ≥ 3 (6-8), raccomandandone l'identificazione e il conteggio durante le analisi.
- *Fibra respirabile*  
Questa definizione si riferisce a tutte quelle fibre che possono essere inalate fino a giungere nella zona alveolare del sistema respiratorio. Fibre con diametro inferiore a 3 µm sono da considerare respirabili (9-10) e alcuni studi concordano con la scarsa possibilità per fibre di diametro superiore a 3,5 µm di penetrare sino al livello alveolare dei polmoni. Riguardo alla lunghezza, è dimostrata scarsa influenza della stessa sul comportamento aerodinamico, ed è opinione diffusa che fibre di lunghezza superiore a 200-250 µm siano troppo grandi per depositarsi nei polmoni e quindi non respirabili a tutti gli effetti.
- *Fibre Artificiali Vetrose (FAV)*  
Le FAV fanno parte del grande gruppo delle *Man-Made Mineral Fiber* (MMMMF) che include tutte le tipologie di fibre inorganiche come, le fibre cristalline, le lane policristalline (PCW), i *whiskers* di carburo di silicio e altre.  
Le FAV commercialmente importanti, sono a base di silice e contengono quote variabili di altri ossidi inorganici. I componenti non a base di silice includono, ma non esclusivamente, ossidi alcalino terrosi, alcali, alluminio, boro, ferro e zirconio (13, 14).  
Appartengono alle FAV le fibre/lane di vetro, le lane di roccia, le lane di scoria, le fibre ceramiche refrattarie (FCR), lane di vetro allumo-silicatiche (ASW) e le lane di vetro silicatiche alcalino-terrose (AES) (14-20).
- *Fibre ceramiche refrattarie*  
Secondo l'Allegato VI del Regolamento (CE) 1272/2008 (cosiddetto CLP: *Classification, Labelling and Packaging*) come modificato dal primo adeguamento al progresso tecnico (Regolamento (CE) 790/2009), vengono definite fibre ceramiche refrattarie (Num. Indice 650-017-00-8) le fibre artificiali vetrose che, oltre a presentare un'orientazione casuale dei componenti fibrosi, contengono un tenore di ossidi alcalini e ossidi alcalino-terrosi (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O+CaO+MgO+BaO) ≤ 18% in peso.
- *Lane minerali*  
Secondo l'Allegato VI del Regolamento (CE) 1272/2008 (regolamento CLP) come modificato dal primo adeguamento al progresso tecnico (Regolamento (CE) 790/2009), vengono definite lane minerali (Num. Indice 650-016-00-2) le fibre artificiali vetrose (silicati) che, oltre a presentare un'orientazione casuale dei componenti fibrosi, contengono un tenore di ossidi alcalini e ossidi alcalino-terrosi (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O+CaO+MgO+BaO) > 18% in peso.

- *Materiali contenenti amianto*  
Vengono definiti Materiali Contenenti Amianto (MCA) tutti quei materiali che contengono fibre di amianto intenzionalmente aggiunto. Gli MCA possono essere classificati come:
  - friabili: materiali che possono essere facilmente sbriciolati o ridotti in polvere con la semplice pressione manuale;
  - compatti: materiali duri che possono essere sbriciolati o ridotti in polvere solo con l'impiego di attrezzi meccanici (dischi abrasivi, frese, trapani, ecc.).
- *Materiali contenenti fibre*  
Vengono definiti Materiali Contenenti Fibre (MCF) quei materiali in cui è presente una componente inorganica fibrosa diversa dall'amianto.
- *Materiali sostitutivi dell'amianto*  
I materiali sostitutivi dell'amianto devono rispettare alcuni criteri definiti dal DM 12.02.1997 (12).
- *Simulazione*  
Attività programmata per simulare e/o replicare le attività specifiche svolte in condizioni controllate al fine di testare l'impatto di queste attività sulla concentrazione delle fibre aerodisperse.
- *Unità Ambiente*  
Locale che presenta una superficie massima di 100 m<sup>2</sup>. In situazioni particolari, fino a quattro locali più piccoli, per le quali la superficie totale non superi i 100 m<sup>2</sup>, può essere considerato come una singola unità, a condizione che vi sia un efficiente scambio d'aria tra i locali.

### 3. RIFERIMENTI TECNICI E NORMATIVI

I seguenti documenti sono importanti per l'applicazione del presente documento.

- UNI EN ISO 16000-1:2006  
Aria in ambienti confinati – Parte 1: Aspetti generali della strategia di campionamento (2).
- UNI EN ISO 16000-7:2008  
Aria in ambienti confinati – Parte 7: Strategia di campionamento per la determinazione di concentrazioni di fibre di amianto sospese in aria (21).
- UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2005  
Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura (22).
- ISO 14966:2002  
*Ambient air – Determination of numerical concentration of inorganic fibrous particles – Scanning electron microscopy method* (23).
- Decreto Ministeriale 6 settembre 1994  
Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto. (4);
- DL.vo 9 aprile 2008, n. 81  
Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro. Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro. (11).

In Appendice A vengono riportate alcune norme di riferimento su:

- Amianto (Appendice A1),
- Fibre Artificiali Vetrose (Appendice A2);
- Laboratori che effettuano campionamento e analisi di fibre (Appendice A3).

## 4. SORGENTI E DISPERSIONE DI FIBRE

Le fibre aerodisperse presenti in ambienti *indoor* possono provenire da diverse fonti, sia interne che esterne, alcune di esse possono essere di origine organica, come il cotone, la cellulosa e le fibre sintetiche.

L'affermazione presente nel DM 6 settembre 1994 del Ministero della Sanità riguardante gli MCA risulta applicabile a tutti gli MCF potenzialmente pericolosi ovvero:

“La semplice presenza di MCA in un edificio non comporta di per sé un pericolo per la salute degli occupanti. Se il materiale è in buone condizioni e non viene manomesso, è estremamente improbabile che esista un pericolo apprezzabile di rilascio di fibre di amianto. Se invece il materiale viene danneggiato per interventi di manutenzione o di vandalismo, si verifica un rilascio di fibre che costituisce un rischio potenziale. Analogamente se il materiale è in cattive condizioni, o se è altamente friabile, le vibrazioni dell'edificio, i movimenti di persone o macchine, le correnti d'aria possono causare il distacco di fibre legate debolmente al resto del materiale.”

Da ciò risulta evidente che la “friabilità” del materiale gioca un ruolo cruciale ai fini della pericolosità da attribuire a questi materiali.

I meccanismi fondamentali che si possono indagare per individuare le possibili sorgenti e valutare il rilascio e la conseguente dispersione di fibre sono:

– *Fallout*

distacco delle fibre legate più debolmente dal materiale inglobante.

Si verifica nelle normali condizioni di attività. Si tratta di un fenomeno di entità relativamente scarsa ma costante dovuto alle sollecitazioni cui viene sottoposto il materiale sia per movimenti dell'aria che per vibrazioni delle strutture. L'entità del rilascio dipende essenzialmente da due fattori: integrità del materiale e coesione interna e adesione al substrato; ambedue questi fattori possono alterarsi per infiltrazioni d'acqua, per cattiva qualità dell'installazione e per naturali fenomeni di invecchiamento.

– *Impatto*

contatto diretto con il materiale che causa dispersione di fibre.

Tali contatti possono essere volontari (quando il materiale è direttamente interessato dagli interventi di manutenzione o viene danneggiato da atti vandalici) oppure accidentali (nel caso di manutenzione di attrezzature poste nelle vicinanze del materiale). L'entità del rilascio di fibre dipende sia dalla gravità del danneggiamento, sia dalle condizioni del materiale stesso (grado di friabilità e forza di coesione e adesione). Generalmente l'impatto genera un rilascio di fibre di elevata entità e di breve durata; pertanto è di estrema importanza conoscere la frequenza con cui si verificano tali eventi, funzione quest'ultima del tipo di attività nell'edificio e del grado di accessibilità del materiale. Inoltre, occorre tener presente che se la zona interessata all'impatto non viene adeguatamente protetta può continuare, più o meno lentamente, a liberare fibre.

– *Dispersione secondaria*

risollevamento in aria di fibre, rilasciate in conseguenza di fallout e di impatti, causato da attività di pulizia, dal movimento delle persone e dalla circolazione dell'aria (24).

L'entità del rilascio di fibre dipende da:

- consistenza del materiale (friabile o compatto);
- stato di conservazione (integro o danneggiato);
- presenza o meno di vernici e/o strati protettivi.

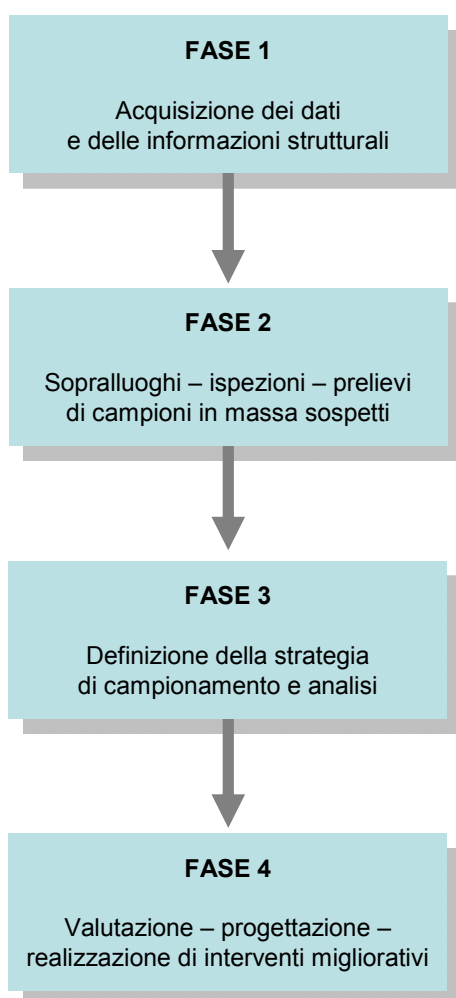
I materiali friabili o danneggiati presentano un rischio maggiore di disperdere fibre rispetto a quelli compatti e integri.

In queste situazioni, i livelli a cui potrebbero essere esposte le persone presenti in ambienti *indoor*, nei quali sono in opera MCA e/o MCF, variano notevolmente in relazione al tipo di attività abitualmente svolte.

## 5. MONITORAGGIO DELLE FIBRE AERODISPERSE

Gli approcci metodologici per la valutazione della qualità dell'aria interna ai fini della tutela della salute si devono basare sull'esecuzione d'indagini multilivello secondo una sequenza logica di fasi successive che consenta di condurre studi completi senza che si debba ricorrere all'esecuzione di ricerche complesse, che spesso comportano impegni finanziari e organizzativi molto onerosi.

In Figura 1 si riporta una sequenza delle fasi principali in cui si può suddividere un'indagine per la valutazione della qualità dell'aria e il conseguente rischio degli occupanti a causa della presenza di MCA e/o MCF.



**Figura 1. Sequenza delle fasi per l'approccio metodologico nella valutazione del rischio**

La Fase 1 è rivolta a conseguire l'acquisizione di tutte le informazioni e i dati d'interesse relativi alla struttura in questione; particolare attenzione deve essere dedicata all'inventario dei

materiali che potrebbero contenere fibre e diventare quindi sorgente d'inquinamento. In questa fase si dovranno acquisire anche informazioni di tipo "strutturale" come le caratteristiche costruttive della struttura e dei vari impianti (nel caso di edifici, il tipo di riscaldamento e rinfrescamento, di ventilazione, l'impianto dell'acqua calda, ecc.) e della loro manutenzione. Scopo di questa raccolta è identificare i potenziali problemi della struttura, e determinare in modo chiaro e univoco l'obiettivo (o gli obiettivi) dell'indagine. In questa fase vengono pertanto formulate le ipotesi che dovranno essere verificate con gli interventi successivi.

Nella Fase 2 vengono effettuati sopralluoghi all'interno della struttura, oggetto dello studio, sulla base delle informazioni raccolte durante la prima fase. Questo sia per verificare l'affidabilità e la completezza delle informazioni fornite sia per integrarle. Si procederà con la compilazione, per ogni area della struttura in esame, di schede d'ispezioni che, oltre ad indicare i tipi di MCA e/o MCFe la destinazione d'uso del locale, dovranno evidenziare una serie di parametri e fattori che possono contribuire al rilascio di fibre (es. schede del DM 6/9/1994). Durante questa fase d'ispezione si potranno eseguire prelievi di materiali in massa che potenzialmente potrebbero contenere fibre.

Nella Fase 3, con il supporto delle informazioni raccolte nelle fasi precedenti, viene definita una strategia di monitoraggio e avviata la fase di indagine strumentale vera e propria con campionamenti d'aria e analisi.

La Fase 4, se presente, presuppone che lo studio abbia evidenziato la presenza di fibre aerodisperse e che gli accertamenti compiuti ne abbiano individuato la/e causa/e. In tal caso, si procede con la progettazione e la realizzazione di eventuali interventi migliorativi la cui necessità viene messa in evidenza dalle fasi metodologiche precedenti.

## 5.1. Campionamento

Il monitoraggio delle fibre aerodisperse in un ambiente *indoor* è una fase delicata a causa della reale possibilità di commettere errori che potrebbero portare ad un risultato fuorviante.

È un processo complesso e decisivo per il risultato finale, che deve essere eseguito con idonea strumentazione e da personale esperto e qualificato (secondo il DM del 14 maggio 1996).

Il metodo utilizzato per il campionamento di fibre aerodisperse è quello indicato all'Allegato 2 del DM del 6 settembre 1994 per gli ambienti *indoor* e alle norme di buona tecnica (ISO 16000/7 del 2008) per l'amianto e consigliato per le FAV.

Il monitoraggio delle fibre aerodisperse in un ambiente *indoor* risulta di fondamentale importanza per:

- studiare l'eventuale dispersione delle fibre;
- verificare l'eventuale superamento del limite di esposizione (lavoratore addetto) o del valore indicativo di inquinamento in atto (lavoratore generico);
- controllare l'efficacia del confinamento di un ambiente o di un'area;
- rilasciare la certificazione di restituibilità a seguito di bonifica secondo il DM 6 settembre 1994;
- indagare i valori di concentrazione di fondo dell'ambiente *indoor*;
- misurare l'esposizione personale del lavoratore generico.

Sulla base delle informazioni, delle ispezioni e dell'obiettivo del monitoraggio si deve sviluppare un preciso piano di campionamento.

Le variabili fondamentali da considerare per programmare un idoneo piano di campionamento sono, a seguito dell'individuazione della sorgente d'inquinamento, i punti dove eseguire il prelievo, il tempo e la periodicità del campionamento stesso.

Questi parametri dipendono a loro volta dall'obiettivo delle misurazioni, dal valore limite di controllo stabilito dalle leggi e dal metodo di analisi.

I sistemi di campionamento si differenziano a seconda che si tratti di misure personali o ambientali.

Per i campionamenti ambientali, aventi finalità diverse dalla determinazione dell'esposizione individuale, viene impiegato il sistema di campionamento statico o di area. Per raccogliere campioni di aria in cui si vuole determinare la concentrazione di fibre presenti in un certo periodo di tempo, in presenza di specifiche condizioni (particolari sorgenti, attività di macchine o persone, particolari ubicazioni, ecc.), il campionatore dovrà essere posto in punti significativi e già individuati in precedenza.

Il campionamento personale, utilizzato prioritariamente negli ambienti di lavoro in cui si svolgono attività lavorative che possono comportare per i lavoratori addetti un'esposizione ad amianto, quali manutenzione, rimozione dell'amianto o dei materiali contenenti amianto, smaltimento e trattamento dei relativi rifiuti, nonché bonifica delle aree interessate (art. 246 DL.vo 81/2008), o attività lavorative con altri MCF "simula" l'esposizione dell'individuo potenzialmente esposto (lavoratore addetto) a fibre aerodisperse.

L'impiego del campionamento personale su lavoratori generici potrebbe tuttavia risultare utile non per valutare la conformità legale del livello espositivo, ma per ottenere reali livelli di esposizione personale in varie situazioni e contesti lavorativi (anche a fini di studi epidemiologici).

## 5.2. Obiettivo del campionamento

La caratterizzazione e la valutazione dell'aria ambiente in una posizione fissa normalmente si basa su una serie di misure effettuate per un lungo periodo di tempo (in genere mesi o anni). Tuttavia, il rilascio di fibre non è costante e le attività umane o naturali potrebbero provocare brevi periodi di rilascio. In particolare le attività di manutenzione potrebbero disturbare gli MCA e/o MCF producendo così polvere contenente fibre che si depositerà nell'area in questione. Il controllo e il monitoraggio di queste attività determineranno i livelli di esposizione a lungo termine (25, 26).

Prevedere i cambiamenti a lungo termine delle concentrazioni di fibre nell'aria derivanti dal deterioramento di materiali o dal tipo di utilizzo dei locali non è sempre possibile. Tuttavia, attraverso un'appropriata strategia e tecnica di campionamento, e prendendo in considerazione condizioni estreme ma realistiche, è possibile simulare e stimare le massime concentrazioni di fibre che possono verificarsi a breve termine.

Si possono utilizzare una serie di modalità diverse di campionamento a seconda dell'obiettivo del monitoraggio:

- *campionamento del livello prevalente*  
fornisce un valore della concentrazione di fibre in condizione di normale occupazione e normale utilizzo di un'area a lungo termine in cui sono presenti MCF o MCA;
- *campionamento del fondo*  
fornisce un valore della concentrazione di fibre a breve termine in un'area, prima che vengano eseguiti lavori che potrebbero disturbare gli MCA e/o MCF presenti;



- *campionamento di convalida della procedura*  
fornisce un valore della concentrazione di fibre o le sue variazioni durante le attività di manutenzione ordinaria nell'area in cui sono presenti MCA e/o MCF;
- *campionamento investigativo*  
fornisce un valore della concentrazione di fibre o le sue variazioni durante le attività simulate, le variazioni d'uso dell'area, o come conseguenza di un danneggiamento accidentale di MCA e/o MCF;
- *campionamento di valutazione della dispersione*  
fornisce un valore della concentrazione di fibre o le sue variazioni in aree limitrofe esterne a zone di cantiere durante i lavori (aree in cui è in corso una bonifica d'amianto o durante l'installazione o lo smantellamento di MCF);
- *campionamento per la restituibilità di aree bonificate*  
fornisce un valore della concentrazione di fibre presenti nelle aree che hanno subito attività di bonifica e che devono nuovamente essere occupate (sia per il campionamento che per i limiti di concentrazione si deve fare riferimento esclusivamente al DM 6 settembre 1994);
- *campionamento personale*  
fornisce un valore dell'esposizione reale di un individuo a fibre presenti nell'aria *indoor*.

La Tabella 2 sintetizza le modalità di campionamento a seconda dell'obiettivo del monitoraggio.

**Tabella 2. Obiettivi di campionamento dell'aria *indoor* e simulazione delle condizioni di utilizzo dell'area da investigare**

Situazione prevista	Obiettivo	Campionamento		Simulazione
		modalità	tipologia	
<b>Struttura con presenza di MCA e/o MCF</b>				
Normale occupazione e utilizzo della struttura	Determinare le prevalenti concentrazioni di fibre presenti nell'aria durante la normale occupazione e utilizzo per scopi diagnostici o per verificare l'efficacia di una azione di bonifica* su MCA	livello prevalente (a lungo termine)	ambientale e personale durante le operazioni o attività di manutenzione	Nessuna
	Determinare l'esposizione di un occupante o lavoratore generico a scopo di ricerca	personale (a breve termine)	personale durante l'attività lavorativa	Nessuna
Attività che possa disturbare gli MCF**	Determinare la concentrazione di fibre durante l'uso normale prima dell'attività che possa disturbare i MCF	del fondo (a breve termine)	ambientale durante la normale occupazione e utilizzo poco prima dell'attività prevista	Nessuna

*segue*

continua

Situazione prevista	Obiettivo	Campionamento		Simulazione
		modalità	tipologia	
Attività di manutenzione ordinaria	Determinare se l'attività di manutenzione ordinaria provoca alte concentrazioni di fibre nell'aria.	di convalida della procedura (a breve termine)	ambientale e personale durante le operazioni o attività di manutenzione	Nessuna
Cambio di destinazione d'uso della struttura	Determinare la concentrazione di fibre simulando il nuovo utilizzo della struttura	investigativo (a breve termine)	ambientale e personale durante la simulazione	Disturbare le superfici, creare movimenti d'aria e vibrazioni tipiche di quelli che si avranno nelle nuove condizioni di occupazione
<b>Area cantiere di bonifica MCA</b>				
Restituibilità dell'area	Determinare se la zona di contenimento è stata pulita sufficientemente e il monitoraggio dell'aria risulta "buono", affinché le barriere di contenimento possano essere rimosse e l'area originaria dell'edificio nuovamente occupata	restituibilità	Fare riferimento al DM 6/9/1994	Fare riferimento al DM 6/9/1994
<b>Area limitrofa al cantiere di bonifica MCA</b>				
Controllo dell'area	Monitoraggio per garantire che tutte le precauzioni di protezione sono efficaci durante le attività di rimozione	valutazione della dispersione	Fare riferimento al DM 6/9/1994	Fare riferimento al DM 6/9/1994

\* incapsulamento o confinamento

\*\* Tutte le attività che potrebbero disturbare il MCA seguono la normativa vigente

### 5.3. Definizione di "unità-ambiente"

La numerosità dei prelievi d'aria da effettuare dipende da numero, dimensione e disposizione delle aree presenti nella struttura in cui si è evidenziata la presenza di MCF.

Per effettuare un campionamento significativo risulta conveniente esprimere e suddividere l'intera struttura di studio (soprattutto nel caso di edifici con numerosi locali), sulla base dei dati e delle ispezioni effettuate precedentemente, in unità ben definite denominate "unità ambiente" (UA). In questo modo sarà sempre possibile individuare in modo preciso il punto di campionamento e il numero di campioni da effettuare.

Una UA è un'area che ha una superficie massima di 100 m<sup>2</sup> e per ogni UA si dovranno effettuare, generalmente, un minimo di due campionamenti. Ogni locale con una superficie inferiore a 10 m<sup>2</sup> e con un ridotto volume, viene considerato come una UA dove si può effettuare un solo prelievo.

Ci si può trovare in situazioni in cui vi siano più locali adiacenti e la superficie di ogni singolo locale risulti essere notevolmente inferiore ai 100 m<sup>2</sup>. In questi casi, il volume fino a quattro aree limitrofe, per le quali la superficie totale non sia superiore ai 100 m<sup>2</sup>, può essere considerato come un'unica UA, a condizione che vi sia scambio d'aria efficiente tra le aree in questione. Altrimenti, ogni singola area dovrà essere considerata come una singola UA.

Nel caso di strutture con molte UA ben separate e in cui si riscontrano MCF potrebbe essere necessario effettuare misure in ogni stanza.

Nelle UA dove, a seguito delle indagini preliminari, non si evidenziano materiali sospetti o situazioni di rischio, si dovrà valutare se ed eventualmente come procedere con i campionamenti.

Generalmente e soprattutto per gli edifici, non sarà necessario eseguire i campionamenti in tutte le UA, ma si dovranno individuare le aree più rappresentative in relazione all'obiettivo del monitoraggio e sulla base delle informazioni ottenute precedentemente. In Tabella 3 sono consigliati i campionamenti minimi da effettuare negli edifici di grande dimensioni.

**Tabella 3. Numero minimo di punti di campionamento random da effettuare nei grandi edifici per unità ambiente e tipologia di campionamento**

N <sub>UA</sub>	Massima superficie (m <sup>2</sup> )	Numero minimo di campionamenti da effettuare	
		campionamento investigativo, livello prevalente	campionamento del fondo, dispersione
da 1 a 2	fino a 200	2	2
da 3 a 4	da 201 a 400	2	3
da 5 a 6	da 401 a 600	3	4
da 7 a 8	da 601 a 800	3	5
da 9 a 11	da 801 a 1100	3	6
da 12 a 14	da 1101 a 1400	3	7
da 15 a 17	da 1401 a 1700	4	8
da 18 a 20	da 1701 a 2000	4	9
da 21 a 25	da 2001 a 2500	5	10
da 26 a 31	da 2501 a 3100	5	11
da 32 a 38	da 3101 a 3800	6	12
da 39 a 46	da 3801 a 4600	6	13
da 47 a 55	da 4601 a 5500	7	14
Più di 55	Più di 5500	N <sub>UA</sub> / 8	N <sub>UA</sub> / 4

N<sub>UA</sub>: Numero di UA in fase di valutazione()

Se l'ambiente da investigare (con esclusione dei campionamenti per la certificazione della restituibilità) risulta essere costituito da un unico grande ambiente (capannoni, hangar, ecc.), è valutata la possibilità di effettuare una virtuale suddivisione dell'intera superficie in una serie di UA utilizzando la seguente equazione empirica (norma ISO 16000-7 punto 6.1.4):

$$N_{UA} = (14 A) / (730 + A)$$

dove:

N<sub>UA</sub> è il numero delle unità-ambiente;

A è la superficie del locale da investigare in m<sup>2</sup>.

Una volta ottenuto il valore  $N_{UA}$ , il numero dei campionamenti da effettuare viene stabilito dalla Tabella 3.

Per quanto riguarda le operazioni di certificazione di restituibilità in ambienti bonificati dall'amianto (campionamento per la restituibilità), ci si dovrà riferire esclusivamente al D.M. 6/9/1994 che al punto 6 specifica il numero di campionamenti da effettuare in base alla superficie dell'area bonificata. Ovvero si dovranno effettuare, indicativamente, almeno due campionamenti per superfici fino a 50 m<sup>2</sup>, almeno tre campionamenti per superfici fino a 200 m<sup>2</sup>, un ulteriore campionamento ogni 200 m<sup>2</sup> in più. Per aree bonificate maggiori di 600 m<sup>2</sup> si può decidere di effettuare un numero minore di prelievi motivandone la causa.

## 5.4. Strategie di campionamento

Nel caso in cui l'obiettivo del monitoraggio sia quello di valutare una possibile esposizione, il campionamento ideale è quello "personale" eseguito dotando uno o più occupanti della strumentazione di campionamento. Questa scelta, pur risultando ottimale in quanto descrittiva della reale esposizione del soggetto, è tuttavia applicabile in un numero limitato di casi.

Più comunemente i campionamenti vengono effettuati utilizzando postazioni "fisse". Il numero di postazioni fisse è influenzato, oltreché dalle limitazioni in termini di risorse economiche, dalla complessità della realtà oggetto di studio e dall'obiettivo dello studio.

Sulla base dell'obiettivo specifico che si vuole raggiungere, sarà necessario quindi definire una strategia di monitoraggio che tenga in considerazione il punto, il periodo, l'intensità e la frequenza del campionamento.

La scelta del luogo e del punto di campionamento assume grande importanza, infatti un posizionamento poco rappresentativo dell'ambiente che si intende indagare influenza fortemente la misura e quindi i risultati rendendo non significativa l'attività di monitoraggio.

In qualsiasi UA, i punti di prelievo dell'aria devono generalmente essere posizionati ad almeno 2 m di distanza dalle pareti, con la cassetta del filtro posizionato tra 1,5 m e 1,8 m dal pavimento e inclinata verso il basso. Nel caso di uffici, scuole o asili, la cassetta del filtro va posizionata a un'altezza compresa tra 1 m e 1,2 m dal pavimento inclinata verso il basso.

Nei casi in cui si voglia studiare l'effetto di una determinata sorgente sull'ambiente circostante è possibile posizionare più di una postazione fissa a distanze crescenti dalla sorgente stessa per valutare la variazione delle concentrazioni di inquinante in rapporto alla distanza.

Durante la scelta del punto di campionamento si deve prendere in considerazione la presenza di diffusori d'aria e di fonti di calore, al fine di non compromettere la significatività del prelievo. La valutazione della ventilazione di un ambiente assume un'importanza rilevante per la caratterizzazione degli ambienti *indoor*. In edifici condizionati, il sistema di ricircolo dell'aria deve essere in funzione durante i prelievi e si consiglia di effettuare un prelievo immediatamente prima del punto in cui l'aria di ritorno viene filtrata e rimessa in circolazione. In questo punto, infatti, l'aria campionata è generalmente rappresentativa della situazione media negli spazi occupati dell'edificio.

Particolare attenzione va data ai locali di piccole dimensioni caratterizzati da un ridotto volume e con una scarsa circolazione d'aria. In queste situazioni, il sistema di aspirazione delle pompe di campionamento dovrà essere impostato in modo tale da avere una portata che non superi un decimo del volume della stanza, altrimenti il risultato del campionamento può comportare una sottostima della situazione reale. Inoltre nei locali con queste caratteristiche si consiglia di utilizzare membrane filtranti da 25 mm di diametro al fine di minimizzare il volume richiesto di aria campionata.

Nella scelta del punto di prelievo va tenuto conto anche dei possibili gradienti di concentrazione che si possono verificare sulla membrana (filtro troppo o troppo poco carico di polvere). Se l'aria dell'ambiente da monitorare presenta un'elevata polverosità o una concentrazione di fumi, si consiglia di non effettuare il campionamento (ridurre i tempi del campionamento non risulta essere una prassi utile visto che ciò andrebbe ad influire negativamente sulla sensibilità analitica).

Il limite inferiore di rilevamento di una concentrazione può, in linea di principio, essere migliorato/diminuito aumentando il volume di aria campionata o aumentando l'area di lettura della membrana. Per campionare un maggior volume d'aria si può allungare il tempo di campionamento o aumentare la portata del sistema di aspirazione con il rischio, però, di aumentare la concentrazione di particelle non fibrose sul filtro. Questo può portare ad un progressivo intasamento del filtro e di conseguenza a dover ripetere il campionamento. Il carico ottimale di particelle non dovrebbe superare il 10% della superficie del filtro.

La durata dei campionamenti viene fondamentalmente definita sulla base del limite inferiore di rilevabilità del metodo analitico adottato: tecniche che consentono la quantificazione di piccole concentrazioni di sostanza nell'ambiente permetteranno di effettuare campionamenti per tempi anche molto ridotti.

Altre variabili da tener presente sono le caratteristiche di emissione delle fibre da parte della sorgente (emissione continua, discontinua, regolare o irregolare) e degli altri fattori che potrebbero contribuire a determinare i livelli ambientali di fibre. Mentre l'entità di un'emissione di tipo continuo spesso dipende da variabili di tipo microclimatico (temperatura, umidità, ecc.) e presenta una variabilità significativa relativamente lunga, le emissioni discontinue sono quantitativamente variabili in tempi molto brevi.

La frequenza e la periodicità del campionamento dipendono dagli obiettivi del monitoraggio e dalle caratteristiche della realtà oggetto di studio. Ad esempio, in strutture che presentano variabilità in termini di ventilazione, sarà necessario eseguire più di un campionamento allo scopo di ottenere un quadro che sia il più rappresentativo possibile.

I filtri utilizzati per il bianco devono seguire tutta la procedura di preparazione e analisi del campione completo. Al fine di verificare la non contaminazione dei filtri bianchi ci si deve attenere al DM 6/9/1994 ovvero si procederà con la preparazione e la lettura di un bianco ogni 25 filtri usati oppure almeno il 10% del totale dei filtri usati per l'insieme dei campionamenti e con un minimo di uno al giorno. Il valore del numero di fibre riscontrate in un numero di campi eguali a quello esaminato nei campioni non deve mai superare 3 fibre, in caso contrario si deve presumere una sorgente di contaminazione che occorrerà individuare ed eventualmente scartare l'intero set di filtri.

#### **5.4.1. Procedura di campionamento per analisi in microscopia elettronica a scansione**

Tutte le fasi che verranno descritte di seguito dovranno essere eseguite da personale "esperto" come indicato dal Decreto del Ministero della Sanità del 14/5/1996.

Tra le operazioni preliminari al campionamento risultano essere di fondamentale importanza:

- il controllo della pompa aspirante che deve essere in grado di garantire un flusso costante senza pulsazioni per tutta la durata del campionamento;
- il controllo della taratura della pompa aspirante;
- l'utilizzo di flessibili di collegamento che devono essere a prova di schiacciamento e completamente stagni.

I materiali e i parametri da utilizzare durante il campionamento ambientale dovranno rispettare quelli indicati nell'Allegato 2 punto 1B del DM 6/9/1994. Tra questi si evidenziano:

- *Filtri di prelievo*  
Membrana in policarbonato da 0,8 µm di porosità, 25 mm di diametro (per il deposito usare la faccia più lucida) o membrana in esteri di cellulosa non retinata da 0,45 µm di porosità, 25 mm di diametro.
- *Pad*  
Supporto cellulosico su cui poggiare il filtro di campionamento.
- *Portafiltri*  
Sono in materiale conduttivo con estensione del colletto di aspirazione di almeno 3,3 cm. Sono particolarmente indicati i portafiltri provvisti di cuffia di protezione.
- *Flusso di prelievo*  
Deve essere tale da assicurare una velocità lineare sulla faccia esposta della membrana pari a 0,35 m/s ± 10%. Tale velocità lineare minima è necessaria per campionamenti che avvengono in presenza di elevata velocità dell'aria circostante il punto di prelievo (es. aria aperta o forti correnti d'aria). Non è indispensabile in luoghi chiusi dove la velocità dell'aria è molto ridotta. In tal caso i parametri condizionanti sono il tempo di prelievo e l'intasamento del filtro, restando fisso il volume totale di ca. 3000 litri. Con filtri aventi diametro di 25 mm (diametro effettivo di prelievo tra 20-22 mm) il flusso di prelievo deve essere costante e compreso tra 6 e 9 L/min ± 10%. Il flusso di prelievo può essere superiore per ridurre i tempi di campionamento, compatibilmente con l'effetto di intasamento della membrana.
- *Volume da prelevare*  
Il volume d'aria aspirato deve essere tale da garantire un limite di rilevabilità per l'analisi pari ad almeno 1/3 del limite di legge che deve essere verificato. Il metodo prevede un volume minimo pari a 3000 litri su di un'area effettiva di circa 315 mm<sup>2</sup> (diametro effettivo di circa 20 mm). Se la portata di prelievo è di circa 8 L/min, il tempo necessario sarà circa 6 ore. Se non è possibile prelevare 3000 litri su di una stessa membrana, a causa dell'eccessiva perdita di carico o dell'eccessivo deposito di particelle, si possono prelevare due campioni da circa 1500 litri ciascuno e quindi considerare i risultati analitici di questi sommandoli.
- *Controllo filtri bianchi*  
Almeno 2 membrane per ogni scatola di filtri, o il 10% dei campioni prelevati. Per filtro bianco di campo si intende una membrana che abbia seguito tutte le varie fasi del campionamento (montata nel portafiltro, portata sul luogo di prelievo, aperta per il tempo necessario al prelievo, ma senza far passare aria attraverso di essa) e quindi riportata, chiusa nel portafiltri, in laboratorio.

Terminato il campionamento si consiglia di chiudere il portafiltri con l'apposita cuffia di protezione (in mancanza di questa si può applicare del parafilm sul portafiltri). È consigliabile che l'estrazione del filtro dal portafiltri venga eseguita in laboratorio e sotto cappa. Il filtro campionato, una volta estratto dal portafiltri, deve essere disposto in una vaschetta Petri in plastica usa e getta.

## **5.4.2. Parametri del campionamento**

### **5.4.2.1. Campionamento del fondo**

Il monitoraggio ambientale del fondo viene effettuato per stabilire la concentrazione di fibre a breve termine in uno spazio occupato e fornire un valore di riferimento per il campionamento in corso di attività. L'attività può o meno comportare un disturbo agli MCA e/o MCF.

Questo tipo di campionamento deve essere effettuato immediatamente prima dell'inizio dell'attività.

### **5.4.2.2. Campionamento di convalida della procedura e campionamento investigativo**

Le misure per determinare l'impatto di un singolo evento e quelle associate ad una simulazione all'interno di una struttura presentano alcune criticità, soprattutto quando le sorgenti sono situate in punti tali da produrre un aerosol non omogeneo. Nel caso dell'amianto si è osservato, ad esempio, che la concentrazione di fibre ad una certa distanza dalla sorgente può essere diluita al punto che una singola misurazione può non rilevare nessun aumento significativo; quindi, se non è disponibile alcuna informazione supplementare sui punti sorgente, per caratterizzare la situazione reale può essere necessario un gran numero di campionamenti. In altre situazioni, può capitare che una determinata attività venga svolta solo per un breve periodo di tempo, limitando così il volume di aria che può essere raccolto durante l'esecuzione dell'attività stessa.

### **5.4.2.3. Campionamento del livello prevalente**

Per garantire che il campionamento sia rappresentativo delle condizioni di normale occupazione della UA in esame devono essere prese le seguenti precauzioni:

- a) il sistema di condizionamento dell'aria deve essere in funzione;
- b) tutte le finestre, porte e altre aperture devono essere chiuse non solo durante l'esecuzione del monitoraggio ma da almeno 3 ore prima dell'inizio dello stesso, in modo da evitare la diluizione della concentrazione di fibre nell'aria interna,;
- c) lo svolgimento delle attività all'interno del locale, quando possibile, dovrebbe mantenersi regolare durante il periodo di campionamento.

### **5.4.2.4. Campionamento per valutare la dispersione da aree di cantiere (di bonifica e installazione)**

Il campionamento della dispersione di fibre viene eseguito per verificare l'efficacia delle barriere di contenimento durante le fasi di bonifica, di messa in opera (per quanto riguarda i MCF) e prima della rimozione delle barriere di contenimento (fase preresostituibilità).

L'applicazione delle barriere serve, infatti, per garantire che le fibre, aerodisperse in aree ben definite e circoscritte di un edificio, non siano causa di elevate esposizioni per gli occupanti delle aree limitrofe.

I punti di campionamento dovranno essere accuratamente scelti in funzione dell'ubicazione del cantiere rispetto alle aree limitrofe occupate dagli utenti della struttura (ad esempio, punti nei pressi dell'area di cantiere, vicino gli scarichi delle unità di ventilazione a pressione negativa, ecc.).

#### **5.4.2.5. Campionamento per la certificazione di restituibilità**

I criteri per la certificazione della restituibilità di ambienti bonificati dall'amianto (e quindi il campionamento per la restituibilità) sono trattati ampiamente e in modo esaustivo dal DM 6 settembre 1994. Per quanto riguarda la certificazione di restituibilità in ambienti bonificati da FAV si consiglia di seguire le indicazioni presenti nell'Allegato A del Decreto n. 13451 del 22 dicembre 2010 della Direzione Generale Sanità della Regione Lombardia (Identificativo Atto n. 1015 dal titolo "Approvazione delle linee guida per la bonifica di manufatti in posa contenenti fibre vetrose artificiali"). Secondo il suddetto decreto regionale, nel caso di ambienti in cui le operazioni di bonifica abbiano interessato manufatti contenenti FAV con tenore di ossidi alcalino/alcalino terrosi <18% e diametro minore di 6 µm, deve essere verificata la restituibilità degli ambienti bonificati attraverso campionamento ambientale e analisi del campione con SEM equipaggiato con uno spettrometro a raggi X a dispersione di energia (EDXS) secondo la metodica descritta nel capitolo 5 dello stesso.

I criteri per la scelta del numero di campioni da effettuare e della posizione dove localizzare i campionatori sono i medesimi di quelli descritti per le procedure di restituibilità degli ambienti bonificati da amianto di cui al DM 6 settembre 1994. In analogia a quanto fissato per l'amianto, il valore di riferimento per giudicare un'area bonificata come restituibile è di 2 fibre/litro.

#### **5.4.2.6. Campionamento personale**

Il campionamento personale "simula" l'esposizione dell'individuo potenzialmente esposto a fibre aerodisperse e in determinate situazioni risulta ottimale in quanto descrittiva della reale esposizione del soggetto.

Per quanto riguarda la valutazione dell'esposizione del lavoratore addetto esposto in ambiente di lavoro si dovrà seguire il DL.vo 81/2008 e il metodo raccomandato dalla WHO nel 1997 (27).

Negli ambienti *indoor*, il campionamento personale può risultare importante per conoscere i livelli di esposizione personale dei lavoratori generici.

Le caratteristiche del campionamento sono quelle indicate nel metodo della WHO nel 1997, ma per quanto riguarda le analisi, come riportato anche dal DM 6/9/1994, si consiglia di utilizzare la metodica SEM equipaggiata con sistema di microanalisi in quanto permette il riconoscimento della tipologia mineralogica delle fibre.



## 6. METODI PER LA DETERMINAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI FIBRE INORGANICHE AERODISPERSE IN AMBIENTI *INDOOR*

L'analisi delle fibre aerodisperse si effettua allo scopo di determinare, quantitativamente, la concentrazione di fibre presente nell'aria in un determinato ambiente.

La scelta del metodo analitico da utilizzare deve essere effettuata in base all'obiettivo del monitoraggio, al tipo di ambiente dove si effettua il campionamento.

Le tecniche analitiche da utilizzare per eseguire l'analisi dei campionamenti d'aria, individuate dal DM 6 settembre 1994, sono riconducibili a tecniche di microscopia quali la MOCF e la SEM.

Le capacità analitiche delle due microscopie presentano delle differenze sostanziali e i risultati ottenuti da MOCF e SEM non sono generalmente comparabili, pertanto l'una o l'altra tecnica analitica non possono essere utilizzate indifferentemente in tutte le situazioni.

La MOCF presenta un minore potere risolutivo e una minore profondità di campo rispetto alla SEM. Questo significa che non permette di rilevare le fibre con diametro  $< 0,2 \mu\text{m}$  (micron). Inoltre con la MOCF non è possibile riconoscere le fibre in maniera univoca. Questo può portare ad errori anche sistematici in caso di campioni eterogenei, costituiti da materiali fibrosi di diversa natura e/o con basso contenuto in fibre.

La SEM, oltre ad avere un maggiore potere risolutivo (circa 0,2 nanometri), che consente di rilevare fibre molto sottili, permette, se equipaggiata con un sistema EDXS, anche di eseguire analisi semi-quantitative degli elementi chimici e pertanto di identificare e differenziare in maniera univoca le tipologie delle fibre individuate.

La MOCF è insufficiente per monitorare gli ambienti *indoor* di lavoro non industriali nei casi in cui ci si trovi di fronte alla presenza contemporanea di diverse tipologie di fibre minerali o artificiali e qualora non esistano informazioni sufficienti sulla composizione dei materiali presenti. In tali situazioni è necessario effettuare le analisi in SEM per evidenziare l'esatta natura delle fibre individuate e per rilevare anche quelle ultrasottili altrimenti non individuabili con la MOCF.

Per la scelta del metodo occorre allora considerare in primo luogo il tipo di ambiente e il contesto in cui si effettua la misura.

In tutti quei casi in cui si è certi della tipologia di fibra presente, la MOCF, anche se non porta ad una completa caratterizzazione delle fibre aerodisperse, può fornire dati sufficienti per valutare l'esposizione.

Attualmente i livelli di concentrazione di fibre negli ambienti *indoor*, soprattutto quelle di amianto, sono decisamente più modesti di quelli del passato (28) e di ciò bisogna tenere conto durante le fasi del campionamento e dell'analisi. Quindi sia le tecniche di campionamento che quelle di analisi delle fibre aerodisperse in ambienti *indoor* dovranno assicurare una sensibilità tale da determinare livelli di concentrazione generalmente molto bassi (28).

Anche per quanto riguarda le FAV, la SEM-EDXS risulta essere l'unica possibile considerando la necessità che si ha nel dover discriminare fra le varie tipologie di fibre in base al loro tenore in ossidi alcalini e alcalini-terrosi.

La tecnica SEM è sicuramente la più idonea per valutare le esposizioni ambientali a basse o bassissime concentrazioni.

## 7. CALCOLO DEI RISULTATI

L'analisi si basa su un'ipotesi di fondo che è quella di una distribuzione poissoniana delle fibre sul filtro. Tale ipotesi è valida se il campionamento viene effettuato secondo i criteri sopra indicati. La distribuzione di Poisson descrive i risultati di analisi in cui si contano particelle distribuite a caso, ma con una media spaziale definita. Ne segue che per la determinazione dell'incertezza di misura e del limite di rilevabilità, si fa riferimento ai parametri statistici di tale distribuzione.

### 7.1. Espressione del risultato

Il risultato finale viene espresso in termini di numero di fibre per unità di volume di aria. La concentrazione in aria delle fibre aerodisperse (C) viene generalmente espressa in fibre (ff) per litro (l) ed è calcolata mediante la seguente formula:

$$C(\text{ff/l}) = N_f \times \frac{1}{a \times N_c} \times A \times \frac{1}{V}$$

dove:

- $N_f$  = numero di fibre di amianto trovate durante l'analisi,
- $a$  = area del singolo campo di lettura ( $\text{mm}^2$ ),
- $N_c$  = numero totale di campi letti,
- $A$  = area effettiva campionata del filtro ( $\text{mm}^2$ ),
- $V$  = volume campionato in litri (l).

### 7.2. Incertezza di misura

È importante che nel rapporto di prova, oltre alla concentrazione di fibre aerodisperse, sia riportata anche l'incertezza della misura che può essere espressa anche sotto forma di estremi dell'intervallo di confidenza ossia attraverso i limiti fiduciarî inferiore e superiore.

La distribuzione di Poisson definisce la variazione nel conteggio delle fibre che risulta dall'osservazione di campi di analisi scelti casualmente sul filtro. Questa è la minima incertezza insita nel metodo del filtro a membrana, e caratterizza tutti i metodi basati sul conteggio ottico di particelle su filtro.

Per ogni valore di  $N_f$ , numero di fibre contate durante l'analisi, si trovano tabulati (ISO 16000-7) gli estremi dell'intervallo di confidenza della distribuzione di Poisson.

I limiti fiduciarî inferiore e superiore per la concentrazione  $C(\text{ff/l})$  di fibre aerodisperse si ottengono allora dalla formula riportata nel paragrafo 7.1 ponendo in essa  $N_f$  pari ai valori degli estremi rispettivamente inferiore e superiore dell'intervallo di confidenza tabulati per quel determinato  $N_f$ .

L'incertezza così calcolata non tiene conto delle altre componenti che possono influire sul risultato:

- incertezza sul volume di campionamento;
- incertezza sulla misura del diametro effettivo del filtro,

- incertezza sul numero di campi di analisi contati;
- incertezza sull'ingrandimento effettivo di analisi;
- incertezza sulla variabilità inter-operatore e inter-laboratorio che tiene conto sia della acutezza visiva che delle modalità di interpretazione/conteggio individuali.

Queste componenti risultano in prima approssimazione trascurabili, rispetto all'incertezza intrinseca statistica di Poisson, per conteggi inferiori a 20-30 fibre.

Nei laboratori dove vengono seguiti regolari programmi di controlli di qualità interni ed esterni, queste componenti tendono a ridursi significativamente.

### 7.3. Limite di rilevabilità

La definizione del limite di rilevabilità o *Detection Limit* (DL) per le analisi con il metodo del filtro a membrana è riportata sulla norma ISO 16000-7. Nella norma esso è definito come "la concentrazione di fibre sotto la quale, al 95% di confidenza, ricade la concentrazione di fibre aerodisperse quando durante l'analisi non è vista e contata neanche una fibra".

Il limite di rilevabilità è dato dalla formula:

$$DL(ff/l) = LFS(0) \times \frac{1}{a \times N_c} \times \frac{A}{V}$$

dove LFS(0) è il limite superiore dell'intervallo di confidenza della distribuzione di Poisson per  $n. = 0$ , quindi nel nostro caso  $N_f = 0$ .

Ponendo LFS(0) = 2,99 l'assenza di fibre sul filtro è data con un livello di confidenza pari al 95%.

Ponendo LFS(0) = 3,689 l'assenza di fibre sul filtro è data con un livello di confidenza pari al 97,5%.

La ISO 16000-7 riporta la tabella con i limiti di confidenza al 95%, mentre nel DM 6 settembre 1994 Allegato 2 B) viene indicato come LFS per 0 fibre trovate il valore di circa 4 fibre/mm<sup>2</sup>, quindi con un livello di confidenza pari al 97,5%.

Dalla formula si evince che il DL dipende da:

- volume di aria campionato (V) durante la fase di campionamento (DL diminuisce al crescere del volume campionato);
- area effettiva di filtrazione (A) (DL aumenta all'aumentare della effettiva area di filtrazione, ovvero è maggiore se si usano, a parità di volume, membrane più grandi);
- area di filtro esaminata ( $a \times N_c$ ) (DL diminuisce all'aumentare della superficie di filtro esaminata).

Il limite di rilevabilità deve dunque essere determinato per ogni singola analisi.

La determinazione del limite di rilevabilità è fondamentale, perché, nel caso in cui non vengano trovate fibre durante il procedimento analitico, il risultato dell'analisi sarà dato da:

$$C(ff/l) < LFS(0) \times \frac{1}{a \times N_c} \times \frac{A}{V}$$

Teoricamente il limite di rilevabilità può essere ridotto aumentando l'area di filtro esaminata al microscopio (sia esso SEM che MOCF), tuttavia il numero di campi letti  $N_c$ , non può essere

aumentato indefinitamente, a causa dell'eccessivo costo che assumerebbe l'analisi, e a causa di limiti di attenzione dell'analista.

Dunque il parametro che deve essere utilizzato per ottenere il limite di rilevabilità adeguato è principalmente il volume di aria campionato.

Il volume di campionamento deve essere tale che l'analisi abbia un limite di rilevabilità uguale almeno a circa 1/3 del limite di legge che deve essere verificato.

Attenzione che in ambienti particolarmente polverosi, non è possibile aumentare troppo il volume di aria campionato, in quanto un filtro troppo carico di polvere o particolato potrebbe risultare illeggibile.

In casi particolarmente complessi è bene stabilire la strategia di campionamento mediante prove preliminari.

## **8. CONTROLLO DELLA QUALITÀ**

I laboratori che eseguono attività di campionamento e analisi devono possedere i requisiti minimi definiti dall'Allegato 5 del Decreto del Ministero della Sanità del 14/5/96 ed essere inseriti nell'elenco dei laboratori qualificati presso il Ministero della Salute.

È opportuno che i laboratori che eseguono le prove analitiche, implementino un sistema di gestione qualità con riferimento alla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 accreditando le specifiche prove.

## BIBLIOGRAFIA

1. Fanger OP. What is IAQ? *Indoor Air* 2006;16:328-34.
2. UNI EN ISO 16000-1. *Aria in ambienti confinati – Parte 1: Aspetti generali della strategia di campionamento*. Milano: Ente Nazionale Italiano di Unificazione; 2006.
3. Italia. Accordo del 27 settembre 2001 tra il Ministro della Salute, le Regioni e le Province Autonome sul documento concernente: «Linee-guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati». *Gazzetta Ufficiale – Supplemento ordinario* n. 276 del 27 novembre 2001.
4. Italia. Decreto Ministeriale 06 settembre 1994, n. 129. Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto. *Gazzetta Ufficiale – Supplemento Ordinario* n. 288 del 10 dicembre 1994.
5. Italia. Legge 27 marzo 1992, n. 257. Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto (aggiornata con le modifiche apportate dalla legge 24 aprile 1998, n. 128, della legge 9 dicembre 1998, n. 426, dal decreto-legge 5 giugno 1993, n. 169 e dal decreto-legge 1 ottobre 1996, n. 510). *Gazzetta Ufficiale* n. 87 del 13 aprile 1992 - *Supplemento Ordinario*.
6. World Health Organization. *Asbestos and other natural mineral fibres*. Geneva: WHO; 1986. (Environmental Health Criteria, No. 53).
7. National Research Council. *Asbestiform fibers: nonoccupational health risks*. Washington, DC: National Academy Press: 1984.
8. Commins BT. *The significance of asbestos and other mineral fibres in environmental ambient air*. Maidenhead: Commins Associates, Pippins, Altwood Close; 1985.
9. Stanton MF, Layard M, Tegeris A, Miller E, May M, Morgan E, Smith A. Relation of particle dimension to carcinogenicity in amphibole asbestoses and other fibrous minerals. *J Natl Cancer Inst* 1981;67:965-75.
10. International Agency for Research on Cancer. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Man-made vitreousfibres. Volume 81*. Lyon: WHO and IARC; 2002.
11. Italia. Decreto legislativo 09 aprile 2008, n. 81. Tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro. *Gazzetta Ufficiale – Supplemento Ordinario* n. 101 del 30 aprile 2008.
12. Italia. Decreto Ministeriale 12 febbraio 1997. Criteri per l'omologazione dei prodotti sostitutivi dell'amianto. *Gazzetta Ufficiale – Serie Generale* n. 60 del 13 marzo 1997.
13. Arcari C, Ferri F (Ed.). Le fibre artificiali vetrose: classificazione, esposizione, danni per la salute e le misure di prevenzione. Risultati di uno Studio Nazionale. Atti del Convegno Nazionale Reggio Emilia, 19 aprile 2007. *Prevenzione Oggi* 2007;1(Suppl.):5-300.
14. Regione Lombardia. Decreto regionale 22 dicembre 2010, n. 13541. Linea guida per la bonifica di manufatti in posa contenenti fibre vetrose artificiali. Direzione Generale Sanità Regione Lombardia, Atto n. 1015.
15. Brown RC, Harrison PTC. Alkaline earth silicate wools – A new generation of high temperature insulation. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 2012;64:296-304.
16. Saracci R. Man-made mineral fibers and health. Answered and unanswered question. *Scand J Work Environ Health* 1985;11:215-22.
17. Saracci R. Ten years of epidemiologic investigations on man-made mineral fibers and health. *Scand J Work Environ Health* 1986;12 (suppl. 1):5-11.
18. International Agency for Research on Cancer. *IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Man-made MineralFibres and Radon. Volume 43*. Lyon: IARC; 1988.

19. Marconi A. Materiali alternativi all'amianto: stato delle conoscenze rispetto all'uso di fibre vetrose sintetiche. In: Marabini A, Plescia P (Ed.). *Atti del Convegno "L'industria e l'amianto – nuovi materiali e le nuove tecnologie a dieci anni dalla legge 257/1992"*. Roma, 26-28 novembre 2002, Consiglio Nazionale delle Ricerche. Roma: CNR; 2004.
20. UNI EN ISO 16000-7:2008. *Aria in ambienti confinati – Parte 7: Strategia di campionamento per la determinazione di concentrazioni di fibre di amianto sospese in aria*. Milano: Ente Nazionale Italiano di Unificazione; 2008.
21. UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2005. *Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura*. Milano: Ente Nazionale Italiano di Unificazione; 2005.
22. ISO/FDIS 14966:2002 (E). *Ambient air – Determination of numerical concentration of inorganic fibrous particles – Scanning electron microscopy method*. Geneva: International Organization for Standardization; 2002.
23. D'Orsi F. *Amianto. Valutazione, controllo, bonifica*. Roma: EPC Libri; 2004.
24. Health Effects Institute – Asbestos Research. *Asbestos in public and commercial buildings: A literature review and synthesis of current knowledge*. Cambridge, Mass.: HEI-AR; 1991.
25. U.S. Environmental Protection Agency. *Asbestos-containing materials in schools. Code of Federal Regulations Title 40 Part 763, Appendix A to Subpart E*. Washington, DC: US EPA; 1987.
26. Miscetti G, Bodo P, Garofani P, Abbritti EP, Lumare A. Livelli di esposizione a fibre regolamentate in cantieri di bonifica di materiali contenenti amianto in matrice compatta e friabile. *Med Lav* 2014;105(1):63-73.
27. World Health Organization. *Determination of airborne fibre number concentrations*. Geneva: WHO; 1997.
28. Piolato PG, Putzu MG, Botta GC. Fibre di amianto e VR. *G Ital Med Lav Erg* 2003;25:1:94-8.





**APPENDICE A**  
**Normativa di riferimento di settore**



## A1. Amianto

La legge-quadro n. 257 del 1992, oltre a vietare l'estrazione, l'importazione, la commercializzazione e la produzione d'amianto e di tutti i prodotti contenenti amianto, rimanda alla successiva emanazione di una serie di decreti di natura tecnica, i quali hanno stabilito i criteri d'intervento, le procedure operative da adottare nelle situazioni coinvolgenti materiali di amianto, i metodi di valutazione del rischio e le procedure di sicurezza per gli interventi di bonifica.

Il DM 6 settembre 1994 si applica agli edifici "ad uso civile, commerciale o industriali, aperti al pubblico o comunque di utilizzazione collettiva in cui sono in opera manufatti o materiali contenenti amianto (MCA) dai quali può derivare un'esposizione a fibre aerodisperse e regola le normative e le metodologie tecniche per la valutazione del rischio, per il controllo, per la manutenzione, per la bonifica e per le attività analitiche di materiali contenenti amianto presenti nelle strutture edilizie pubbliche e private.

Il punto 2c del decreto fornisce dei valori di concentrazione che indicano una situazione di inquinamento in atto in un edificio.

In allegato al decreto sono riportate alcune tecniche analitiche di riferimento tra cui la procedura per la determinazione della concentrazione di fibre di amianto aerodisperse in ambienti *indoor*.

Con la Circolare 12 aprile 1995 n. 7 del Ministero della Sanità (Circolare esplicativa del decreto ministeriale 6 settembre 1994) è stato precisato che la normativa contenuta nel decreto del 1994, oltre che alle strutture edilizie con tipologia definita nella premessa, si applica anche agli impianti tecnici, sia in opera all'interno di edifici che all'esterno, nei quali l'amianto è utilizzato per la coibentazione di componenti dell'impianto stesso o nei quali comunque sono presenti componenti contenenti amianto.

Con il DM 26/10/1995 del Ministero della Sanità si affronta il problema dei materiali d'amianto presenti sui mezzi mobili rotabili per trasporto terrestre quali treni, metropolitane, tram, autobus ecc. in cui sono presenti manufatti, componenti e materiali contenenti amianto friabile dai quali può derivare un'esposizione a fibre aerodisperse.

Il DM 14/5/1996 del Ministero della Sanità oltre a fornire norme tecniche sulla bonifica dei siti industriali dismessi, sui materiali contenenti amianto come cassoni e tubazioni, sulle pietre verdi e sui laboratori che effettuano analisi sull'amianto, definisce i criteri per la manutenzione e l'uso delle unità abitative prefabbricate in cemento amianto.

Il DM 20/8/1999 del Ministero della Sanità prende in considerazione l'amianto presente a bordo di navi o unità equiparate prevedendo l'obbligo da parte dell'armatore di effettuare una mappatura dei materiali di amianto presenti sulla nave e di comunicarla al Ministero della Sanità.

Il DL.vo 81/2008, oltre a definire i tipi di amianto "normati", fornisce il valore limite di esposizione ad amianto in contesti lavorativi (0,1 fibre/cm<sup>3</sup> di aria, misurato come media ponderata nel tempo di riferimento di 8 ore). Queste indicazioni riguardano i lavoratori a rischio di esposizione di amianto, addetti alle attività di manutenzione o di rimozione dell'amianto e dei MCA, alle operazioni di smantellamento e trattamento dei rifiuti, e alla bonifica di aree contaminate.

Limiti e valori di riferimento. Nella Tabella A1 sono riportati tutti i valori limite di riferimento previsti dalla normativa italiana sull'amianto con l'indicazione della situazione in cui si applicano, del metodo analitico da utilizzare e dei riferimenti legislativi.

A seguito della messa al bando dell'amianto, il Ministero dell'Industria con il DM 12/2/1997, ha stabilito i requisiti per l'omologazione dei prodotti sostitutivi dell'amianto.

Tabella A1. Valori limite previsti dalla legislazione italiana sull'amianto

Applicazione	Valore limite amianto	Metodo analitico	Riferimento legislativo
<b>Ambiente di lavoro</b>			
TLV-TWA Valore limite di esposizione (media giornaliera)	0,1 f/mL	MOCF	DL.vo 81/2008, art. 254-comma 1
Concentrazione ammessa all'interno del DPI in relazione alla concentrazione ambientale e al FPO del DPI in uso	0,01 f/mL	MOCF	DL.vo 81/2008, art. 251-comma 1, lettera b
<b>Emissioni in atmosfera</b>			
Concentrazione limite di amianto nei condotti di scarico	0,1 mg/m <sup>3</sup>	Gravimetrico	DL.vo 114/1995 art. 1, comma 1
	2,0 f/mL	Microscopia	DL.vo 114/1995 allegato A
<b>Effluenti liquidi</b>			
Concentrazione limite di materia totale in sospensione negli effluenti liquidi scaricati	30 g/m <sup>3</sup>	Gravimetrico	DL.vo 114/1995 art. 2, comma 1
<b>Amianto negli edifici</b>			
Valore indicativo di inquinamento in atto in un edificio (media di 3 campionamenti)	20 f/L	MOCF	DM Sanità 6/9/1994 allegato p. 2c
	2,0 f/L	SEM	DM Sanità 6/9/1994 allegato p. 2c
<b>Interventi di bonifica</b>			
Soglia di pre-allarme per il monitoraggio esterno al cantiere di bonifica	netta tendenza all'aumento	MOCF	DM Sanità 6/9/1994 allegato p. 5a/11
Soglia di allarme per il monitoraggio esterno al cantiere di bonifica	50 f/L	MOCF	DM Sanità 6/9/1994 allegato p. 5a/11
Restituibilità ambienti bonificati	2,0 f/L	SEM	DM Sanità 6/9/1994 allegato p. 6b
Restituibilità ambienti industriali dopo un intervento manutentivo con rimozione di amianto	Valore di concentrazione rilevato nello stesso ambiente prima dell'intervento	MOCF SEM	Circ. Ministero Sanità 12/4/95, n. 7
<b>Rifiuti contenenti amianto</b>			
Valore limite nei rifiuti sottoposti a trattamenti di stabilizzazione ai fini dello smaltimento in discariche per rifiuti non pericolosi (non pericoloso se inferiore a)	0,6	Indice di rilascio	DM Ambiente 29/7/2004 n. 248
Presenza di amianto nei rifiuti sottoposti a trattamenti che modificano la struttura cristallografica dell'amianto	Assente	SEM/TEM	DM Ambiente 29/7/2004 n. 248
<b>Amianto nelle tubazioni</b>			
Divieto di impiego di tubazioni contenenti crocidolite per l'adduzione di acque potabili aggressive	< 12	Indice di aggressività dell'acqua	Circ. Ministero Sanità 1/7/86, n. 42
<b>Siti contaminati da amianto</b>			
Valore limite di concentrazione nel suolo	1000 mg/kg DRX/FTIR		DL.vo 152/2006 allegato 5
Siti estrattivi di pietre verdi: valore limite per la pericolosità dei materiali estratti (non pericolosi se inferiori o uguali a)	0,1	Indice di rilascio	DM Sanità 14.5.96 allegato 4
<b>Materiali sostitutivi dell'amianto</b>			
Presenza di amianto nel materiale sostitutivo ai fini dell'omologazione	assente	SEM/TEM	DM Industria 12/2/97

**TLV:** Threshold Limit Value; **TWA:** Time Weight Average; **TEM:** Transmission Electron Microscopy; **DRX:** X-ray diffractometry; **FTIR:** Fourier transform infrared spectroscopy

## A2. Fibre artificiali vetrose

La Comunità Europea, (insieme ad altri organismi pubblici e privati che si occupano della classificazione di sostanze e prodotti ai fini di valutare la loro cancerogenicità,) pubblicando le Direttive 97/69/CE e 2009/2/CE (riguardanti rispettivamente il XXIII e il XXXI adeguamento al processo tecnico della “direttiva madre” 67/548/CEE) ha introdotto elementi di distinzione tra le varie FAV presenti sul mercato ed ha messo in evidenza come non tutte le FAV presentino effetti cancerogeni.

L'Italia con il Decreto del Ministero della Sanità 1° settembre 1998, entrato in vigore il 16 dicembre 1998 e il DM di rettifica 2 febbraio 1999, ha recepito la Direttiva della Commissione 97/69/CE e inoltre ha emanato la Circolare n. 4 del 15 marzo 2000, successivamente rettificata con la Circolare 10 maggio 2000 n. 7, nella quale vengono individuati i criteri per la discriminazione tra i diversi tipi di fibre artificiali vetrose. I principali parametri per l'omologazione sono legati alla composizione chimica e al diametro geometrico medio delle fibre pesato sulla lunghezza (anche se la definizione corretta sarebbe “media geometrica dei diametri ponderata sulla la lunghezza”).

Tali indicazioni tecnico scientifiche risultano ormai superate dall'attuale complesso quadro normativo europeo di riferimento. Negli ultimi anni la Commissione Europea ha emanato due Regolamenti - il Regolamento (CE) n. 1907/2006 (REACH: *Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals*) e il Regolamento (CE) n. 1272/2008 (CLP: *Classification, Labelling and Packaging*) – che esplicano la loro efficacia direttamente nei territori dell'Unione Europea e dell'EEA EFTA (*European Economic Area, European Free Trade Area*) (Norvegia, Liechtestein, Islanda) senza quindi la necessità di provvedere a recepimenti nel quadro normativo degli stati membri.

Nell'Allegato VI del Regolamento n. 1272/2008 (cosiddetto CLP) come modificato dal primo adeguamento al progresso tecnico, (Regolamento n. 790/2009) sono state inserite sia le lane minerali (fibre artificiali vetrose (silicati), che presentano un'orientazione casuale e un tenore di ossidi alcalini e ossidi alcalino-terrosi ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{CaO}+\text{MgO}+\text{BaO}$ ) superiore al 18% in peso) con Numero Indice 650-016-00-2, sia le fibre ceramiche refrattarie (fibre artificiali vetrose (silicati), che presentano un'orientazione casuale e un tenore di ossidi alcalini e ossidi alcalino-terrosi ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{CaO}+\text{MgO}+\text{BaO}$ ) pari o inferiore al 18% in peso) con Numero Indice 650-017-00-8.

Nel caso di fibre artificiali vetrose (FAV) si possono verificare i seguenti casi:

1. Se la sostanza contiene fibre artificiali vetrose (silicati), che presentano un'orientazione casuale e un tenore di ossidi alcalini e ossidi alcalino-terrosi ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{CaO}+\text{MgO}+\text{BaO}$ ) superiore al 18% in peso e un diametro medio geometrico pesato sulla lunghezza ( $D_{LG}$ ) meno 2 errori standard ( $D_{LG} - 2ES$ )  $\leq 6$  micron, allora la si identifica con la voce 650-016-00-2.  
Tali fibre sono presenti in Tabella A2 classificate come cancerogene di classe 2, con l'indicazione di pericolo H351.  
Se il contenuto di fibre è  $\geq$  di 1% il prodotto (miscela) che le contiene si classifica Cancerogeno 2 secondo il regolamento CLP e Cancerogeno di classe 3 secondo il DL.vo 52/1997.
2. Se la sostanza contiene fibre artificiali vetrose (silicati), che presentano un'orientazione casuale e un tenore di ossidi alcalini e ossidi alcalino-terrosi ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{CaO}+\text{MgO}+\text{BaO}$ ) pari o inferiore al 18% in peso e un diametro medio geometrico pesato sulla lunghezza ( $D_{LG}$ ) meno 2 errori standard ( $D_{LG} - 2ES$ )  $\leq 6$  micron, allora la si identifica con la voce 650-017-00-8.  
Tali fibre sono presenti in Tabella A2 classificate come cancerogene di classe 1B, con l'indicazione di pericolo H350i (inalazione).  
Se il contenuto di fibre è  $\geq$  di 0,1% il prodotto (miscela) che le contiene si classifica Cancerogeno 1B secondo il regolamento CLP e Cancerogeno di classe 2 secondo il DL.vo 52/1997.
3. Se la sostanza contiene fibre il cui diametro medio geometrico pesato sulla lunghezza ( $D_{LG}$ ) meno 2 errori standard ( $D_{LG} - 2ES$ ) risulta essere  $> 6$  micron il regolamento prevede l'applicazione della nota R, comune ad entrambe le voci presenti in allegato VI, che riporta l'esenzione dalla classificazione come cancerogeno.

**Tabella A2. Classificazione delle Fibre Artificiali Vetrose (FAV) secondo il regolamento CLP**

Concentrazione Ossidi* (% in peso)	D <sub>LG</sub> – 2 ES (in µm)	NI	Classificazione	Etichettatura	Applicazione Note
<b>Lane minerali artificiali</b>					
> 18	≤ 6	650-016-00-2	Canc. categoria 2	H351	A, Q
	> 6		Non cancerogeno		R
<b>Fibre ceramiche refrattarie</b>					
≤ 18	≤ 6	650-017-00-8	Canc. categoria 1B	H350i	A
	> 6		Non cancerogeno		R

NI: Numero Indice

\* la norma si riferisce agli ossidi alcalini e ossidi alcalino-terrosi (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O + CaO + MgO + BaO).

Il primo adeguamento al progresso tecnico – Regolamento (CE) 761/2009 pubblicato sulla *Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea* L220/1 del 24/8/2009) del Regolamento (CE) 440/2008 – riporta nell'Allegato II A.22 il metodo per la misura del diametro medio geometrico pesato sulla lunghezza (media geometrica dei diametri pesata sulle lunghezze) delle fibre recepito dall'European Chemical Bureau ECB/TM/1(00) rev.2 Draft 4.

La Direzione Generale Sanità della Regione Lombardia nel 2010 ha approvato ed emanato con decreto 13451/2010 le “Linea guida per la bonifica di manufatti in posa contenenti fibre vetrose artificiali (FAV)”.

Valori limite di riferimento. Nella normativa italiana non sono presenti valori limite o indicazioni tecniche sulla valutazione dell'esposizione occupazionale a FAV (come in diversi paesi europei), soltanto la Circolare n. 4 del Ministero della Sanità del 15 marzo 2000 fa presente che per quanto riguarda “gli standard occupazionali il valore limite di esposizione raccomandato dall'*American Conference of Governmental Industrial Hygienist* (ACGIH) nel 1999 è un TLV-TWA di 1,0 ff/cm<sup>3</sup> per le lane minerali (vetro, roccia, scoria), mentre per le fibre ceramiche refrattarie è stato proposto per l'anno 2012 un TLV-TWA di 0,2 ff/cm<sup>3</sup>”.

La prassi indica che, in assenza di limiti normati (il riferimento normativo per la qualità dell'aria in ambienti lavorativi è il DL.vo 81/2008, dove nell'Allegato 38° sono raccolti gli agenti chimici per i quali la legislazione italiana stabilisce un valore limite di esposizione professionale), si faccia riferimento alle posizioni di Agenzie Internazionali autorevoli, in particolare l'ACGIH che pubblica annualmente i limiti soglia (TLV) per sostanze chimiche e agenti fisici. È possibile quindi utilizzare l'indicazione relativa al TLV-TWA dell'*American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH) (Tabella A3).

Per gli ambienti di vita *indoor* non esiste alcun tipo di limite e/o raccomandazione.

**Tabella A3. Valori limite dell'ACGIH**

FVA	TLV-TWA (ff/cm <sup>3</sup> )	Effetti critici
Fibre ceramiche refrattarie	0,2 ff/ cm <sup>3</sup>	Fibrosi polmonare, funzionalità polmonare
Lane di roccia	1 ff/ cm <sup>3</sup>	
Lane di scoria	1 ff/ cm <sup>3</sup>	
Lana di vetro	1 ff/ cm <sup>3</sup>	
Fibre di vetro a filamento continuo	1 ff/ cm <sup>3</sup>	
		Irritazione apparato respiratorio

### **A3. Laboratori che effettuano campionamento e analisi di fibre**

La messa al bando dell'amianto ha permesso di consolidare progressivamente l'intera tematica in un'unica materia trattata in modo peculiare, con specifiche norme di riferimento in ogni settore ad essa afferente.

Tra gli elementi di rilievo individuati dal legislatore nell'attuazione della Legge 257/92 sulla cessazione dell'impiego dell'amianto, è stato previsto un ruolo fondamentale al riconoscimento dei requisiti minimi dei laboratori pubblici e privati, che intendono effettuare attività analitiche sull'amianto, gettando le prime basi con le indicazioni degli allegati 1, 2 e 3 del DM 6 settembre 1994.

L'articolo 5 del Decreto del Ministero della Sanità del 14/5/1996 esplicita chiaramente che "i laboratori che intendono effettuare rilevamenti e analisi ai sensi dell'art. 12, comma 2, della Legge n. 257/1992 devono essere in possesso dei requisiti minimi di cui all'allegato 5 [...]" che costituisce parte integrante del suddetto decreto. Nell'Allegato 5 dello stesso Decreto Ministeriale inquadra i requisiti minimi per le attività di campionamento (par. 1) e per ciascuna metodica analitica (par. 2), affidando a laboratori di Istituti Centrali e del Coordinamento Tecnico Interregionale la preparazione di protocolli per i programmi di qualificazione, da soddisfare una volta definita la fase di realizzazione.

Per l'analisi e il campionamento di FAV e/o di materiali contenenti FAV, viste le limitate e discordanti evidenze scientifiche sulla pericolosità di queste fibre, i laboratori dovrebbero soddisfare gli stessi requisiti ritenuti validi per l'amianto, con la partecipazione ai circuiti e l'acquisizione dell'idoneità.

Si riporta di seguito il sito del Ministero della Salute dove si possono trovare indicazione sul "Programma 2013 di qualificazione dei laboratori che effettuano analisi sull'amianto": [http://www.salute.gov.it/portale/temi/p2\\_6.jsp?id=1790&area=Sicurezza%20chimica&menu=amianto](http://www.salute.gov.it/portale/temi/p2_6.jsp?id=1790&area=Sicurezza%20chimica&menu=amianto).





*Serie Rapporti ISTISAN  
numero di maggio 2015*

*Stampato in proprio  
Settore Attività Editoriali – Istituto Superiore di Sanità*

*Roma, maggio 2015*