

# Livelli di esposizione a fibre regolamentate in cantieri di bonifica di materiali contenenti amianto in matrice compatta e friabile

G. MISCETTI, PATRIZIA BODO, PATRIZIA GAROFANI\*, E.P. ABBRITTI, A. LUMARE

U.O.C. Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro -USL Umbria1 Perugia- Regione Umbria

\* Laboratorio di Igiene Industriale- U.O.C. Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro – USLUmbria1, Perugia

## KEY WORDS

Asbestos; abatement; worksites; exposure

## PAROLE CHIAVE

Amianto, bonifica, cantieri, esposizione

## SUMMARY

**«Levels of exposure to respirable fibres at worksites for abatement of compact and friable asbestos».** **Background:** Starting from a project aimed at assessing the carcinogenic risk in some industrial sectors covered by Local Health Authority No.1 (LHA) in Perugia (USL Umbria1, Italian acronym), worksites for abatement of materials containing asbestos (MCA) were examined in order to estimate respirable fibres exposure levels in workers. Abatement work is, indeed, a fast developing sector, but is not free from asbestos risks in the long term, particularly carcinogenic risks; this kind of work therefore requires maximum effort in respecting prevention standards prescribed in the relative legislation. **Objectives:** The aim of the research was to define the personal levels of exposure to respirable fibres and to create a reliable database for the interpretation of possible asbestos-related cases of neoplasms that may occur in the future in workers of this important occupational sector. **Methods:** The authors took in consideration operations both on compact MCA and on friable MCA. In the case of compact MCA, exposure values measured by the LHA via their own sampling were compared to those measured by the companies involved in the project. In the case of friable MCA, however, sampling was only performed by the LHA and the assessment covered not only workers' exposure levels but also the pollution levels in the areas in the vicinity of the work site. **Results:** In the case of compact MCA, results showed moderate average values of personal fibre exposure, and always considerably lower than the limit values (100 fibres/litre) prescribed by law (Legislative Decree 81/08); however, the average values detected by the LHA (15,8 fibres/litre) were significantly higher ( $p < 0,001$ ) than those detected by companies (4,9 fibres/litre). In the case of friable MCA, however, average personal exposure values of workers (106,8 fibres/litre) were even higher than the limit values prescribed by current regulations, while in areas near the work sites, average fibre pollution levels (1,04 fibres/litre) were always very low and lacked significant variations ( $p > 0,05$ ) during the different phases of work. **Conclusions:** According to the authors, the data collected show how in MCA abatement operations a carcinogenic risk in the long term is in any case present, and this both in compact MCA work, where not all the prevention measures were accurately observed, and even more so, in friable MCA work, where average exposure levels of workers showed a heavy trend to exceed the above mentioned limit values. Considering the diffe-

Pervenuto il 28.6.2013 - Revisione pervenuta il 18.10.2013 - Accettato il 11.11.2013

Corrispondenza: Giorgio Miscetti, c/o USL Umbria1- Perugia, Via XIV Settembre, 06100 Perugia - Tel. 0755412479 - Fax 0755412460 - E-mail: giorgio.miscetti@uslumbria1.it

rent evolution of the results of sampling carried out by the LHA and by the companies, the authors also highlight the need to provide mandatory technical guidelines for industrial hygiene laboratories so that sampling and analysis methods are as homogeneous as possible, thus making the results of research easily comparable.

## RIASSUNTO

**Introduzione:** All'interno di un progetto volto a valutare il rischio cancerogeno in alcuni comparti produttivi della USL Umbria1 di Perugia, si sono presi in esame i lavori di bonifica dei materiali contenenti amianto (MCA), stimandone i livelli di esposizione personale a fibre regolamentate dei lavoratori. Trattasi, infatti, di lavori in forte sviluppo e non privi di rischi da amianto a lungo termine, in particolare di natura cancerogena; lavori che richiedono, quindi, il massimo sforzo sul piano del rispetto delle norme di prevenzione previste dalla norma. **Obiettivi:** L'obiettivo della ricerca è stato quello di definire i livelli di esposizione personale a fibre regolamentate dei lavoratori e di costruire una base di dati utile anche per interpretare possibili casi di neoplasie amianto-correlate che si dovessero verificare in futuro in lavoratori di questo importante settore occupazionale. **Metodi:** Gli autori hanno preso in esame sia lavorazioni su MCA di tipo compatto, che su MCA di tipo friabile. Nel caso dei MCA compatti i valori medi di esposizione personale rilevati dalla USL attraverso propri campionamenti, sono stati anche messi a confronto con quelli rilevati dalle imprese. Nel caso del MCA friabile, invece, i campionamenti sono stati effettuati solo dalla USL e si è proceduto sia a valutare l'andamento dei livelli di esposizione dei lavoratori, che i livelli di inquinamento nelle aree prossime al cantiere di lavoro. **Risultati:** Nel caso dei MCA compatti i risultati hanno mostrato valori medi di esposizione a fibre piuttosto contenuti e sempre lontani dai valori limite di 0,1 fibre/centimetro cubico (pari a 100 fibre/litro) previsti dalla norma (D.Lvo 81/08); tuttavia i valori medi rilevati dalla USL (15,8 fibre/litro) sono risultati significativamente ( $p < 0,001$ ) più alti di quelli rilevati dalle imprese (4,9 fibre/litro). Nel caso del MCA friabile, invece, i valori medi di esposizione personale dei lavoratori (106,8 fibre/litro) sono risultati addirittura superiori ai valori limite proposti dalla norma, mentre nelle aree prossime ai cantieri di lavoro i livelli medi di inquinamento da fibre (1,04 fibre/litro) sono risultati sempre molto contenuti e privi di significative variazioni ( $p > 0,05$ ) nel corso delle diverse fasi di lavoro. **Conclusioni:** A parere degli autori i dati rilevati dimostrano come nei lavori di bonifica dei MCA un rischio cancerogeno a lungo termine sia comunque presente e questo sia nei lavori su MCA compatto, ove non si osservino accuratamente tutte le misure di tutela previste, sia, ed a maggior ragione, nei lavori su MCA friabile, dove i livelli di esposizione medi dei lavoratori mostrano una forte tendenza al superamento dei valori limite citati. Visto il diverso andamento dei risultati dei campionamenti effettuati dalla USL e dalle Imprese, gli autori evidenziano anche la necessità che vengano emanate indicazioni tecniche che impongano ai laboratori di igiene industriale metodologie di campionamento ed analisi il più possibile omogenee e che rendano maggiormente confrontabili i risultati delle indagini stesse.

Le norme che hanno imposto il divieto di utilizzazione dei materiali contenenti amianto (MCA) e quelle relative alla tutela dei lavoratori impiegati nelle operazioni di bonifica di tali prodotti, hanno ridotto drasticamente i rischi connessi alla inalazione delle fibre di asbesto. Tuttavia proprio in ragione dell'entrata in vigore di dette norme e delle impellenti esigenze di rimozione dei tanti e diversi MCA ancora presenti nel territorio nazionale, una gran mole di aziende e di lavoratori per molti anni si troverà ancora ad operare all'interno di cantieri (manutenzione, coibentazione, rimozione, smantel-

lamento e smaltimento) caratterizzati da problematiche di prevenzione complesse e per certi aspetti anche nuove. Trattasi, infatti, di attività destinate ad un sicuro sviluppo nel prossimo futuro e che seppur nate in un contesto normativo e di conoscenze ben più ampio e garantista di quello vigente negli anni precedenti al '90, sono ancora potenzialmente in grado di produrre pericolose esposizioni a rischio dei lavoratori. Ciò soprattutto laddove i contenuti tecnici delle norme di tutela non vengono adeguatamente osservate; evento questo che, al di là della severità della legge e delle azioni di con-

trollo degli organi di vigilanza, può certamente ancora verificarsi per scarsa consapevolezza o informazione delle imprese, insufficiente sensibilità preventiva, problemi di natura economica connessi ai costi delle misure di prevenzione e così via.

In un simile contesto, quindi, e forti anche delle tristi esperienze del passato (13, 23, 35, 40, 41), non è possibile escludere con assoluta certezza che, nel futuro ed una volta terminata l'attuale epidemia di neoplasie correlata alle pregresse esposizioni ad amianto, una nuova anche se più piccola epidemia, legata ai lavori di bonifica descritti, possa ancora verificarsi. Quanto sopra anche in relazione alle molte incertezze che persistono circa il reale significato protettivo dei valori limite (VL) per la tutela dei lavoratori dai rischi cancerogeni da amianto; incertezze in larga parte derivanti dall'incompleta conoscenza dei meccanismi biologici che conducono allo sviluppo della neoplasia nell'individuo e che regolano la cosiddetta relazione dose/effetto. Se, infatti, una esposizione massima di 0,1 fibre/centimetro cubo (100 fibre/litro) prevista dall'art.254 del D.Lvo 81/08 può ritenersi certamente efficace nel prevenire le manifestazioni di natura coniotica amianto correlate, ciò non può dirsi per quelle di tipo neoplastico, dove i meccanismi chiamati in causa sono diversi, molto complessi ed ancora non del tutto noti (1, 20, 24, 26, 31, 41). Non a caso i fattori che vengono considerati al riguardo, anche in termini di indicatori di varia importanza ed efficacia predittiva, sono molteplici e si va dall'intensità, durata e modalità di esposizione (11, 12, 17, 21, 29), al tipo mineralogico e caratteristiche dimensionali delle fibre (1, 7, 34, 37, 41), alla dose interna cumulata ed all'esposizione personale cumulativa (1, 2, 8, 11, 17, 30, 39, 40), ai corpuscoli di asbesto, ai reperti di lavaggio bronco alveolare (9, 32, 33), ad alcuni indicatori bioumorali (5, 6, 27), per arrivare a fattori genetici individuali (3, 37, 41). Il tutto anche ipotizzando relazioni diverse per i diversi tipi istologici di neoplasia (23, 34, 37) ed interazioni con fattori comportamentali quali il fumo di sigaretta (18, 21, 23). Ciononostante sul piano collettivo ed epidemiologico è ampiamente dimostrato come ad un incremento dei livelli di inquinamento o di esposizione di una popolazione (civile, urbana, lavoratori), corrisponda un sicuro

incremento del numero di casi di neoplasia attesi, in particolare mesoteliomi (22, 28, 35). Il che lascia presumere un andamento della relazione dose/risposta tendenzialmente lineare, rendendo importantissima, soprattutto a fini preventivi e di controllo, la conoscenza più ampia possibile dei livelli di esposizione a fibre dei lavoratori. E sebbene rispetto ad alcuni settori produttivi esista una base di dati piuttosto ampia, anche se non altrettanto omogenea (13-15, 38, 41) in termini di modalità di studio dell'esposizione, per quanto riguarda lo specifico settore dei lavori di bonifica dei MCA le osservazioni disponibili sono senz'altro meno ricche. Alcune esperienze inoltre, seppure realizzate in comparti e contesti lavorativi diversi da quelli oggetto del presente studio (10, 16, 19, 38) sembrano evidenziare come, soprattutto dove si operi su MCA friabili, i livelli di esposizione possano risultare molto variabili, profilando anche rischi di superamento dei VL fissati dalle norme. Norme che, già a partire dagli anni 90 e tra le altre cose, hanno anche introdotto precisi vincoli metodologici per la valutazione dell'esposizione dei lavoratori.

Partendo da tali considerazioni, quindi, e nell'ambito di un più ampio programma di monitoraggio e prevenzione della esposizione professionale a cancerogeni (25), si è ritenuto interessante procedere ad una analisi dei livelli di esposizione dei lavoratori a fibre regolamentate nelle opere di bonifica di MCA compatti e friabili.

Il tutto, con lo scopo non solo di acquisire ulteriori informazioni sui livelli di esposizione personali dei lavoratori e promuovere specifici interventi di prevenzione e vigilanza, ma anche di creare una base di dati di esposizione il più possibile specifica ed omogenea, da utilizzare nell'interpretazione dei nuovi casi di neoplasie asbesto correlate che si dovessero presentare in operatori di questo particolare ed innovativo settore di lavoro.

## MATERIALI E METODI

Nel periodo 2010-2013 in un gruppo di cantieri riguardanti lavori di bonifica di MCA di natura compatta (coperture in cemento amianto tipo

Eternit) e friabile (impianti di areazione e di produzione di vapore industriali), si è proceduto ad un monitoraggio dell'esposizione a fibre regolamentate dei lavoratori, attraverso campionamenti di tipo personale. Contemporaneamente nelle aree esterne e più prossime a quelle confinate di alcuni cantieri di bonifica di MCA friabile, sono stati effettuati campionamenti d'area (prima, durante e dopo la bonifica) per valutare il possibile contributo inquinante prodotto dai lavori sulle aree esterne al cantiere. Le indagini tecniche sono state realizzate dal Laboratorio di Igiene Industriale della USL Umbria1 di Perugia, in possesso di Certificato di Qualificazione per la metodica MOCF del Ministero della Salute (DGPREV 15221 del 23/6/2011), secondo le metodologie proposte dall'art.253 del DLvo 81/08.

A latere di detta attività, da un più vasto campione di cantieri di bonifica di MCA di tipo compatto, sono state raccolte le valutazioni di esposizione ad amianto effettuate dalle aziende esecutrici ai sensi del DLvo 81/08; anche in questo caso, quindi, trattavasi di campionamenti di tipo personale realizzati secondo le metodologie fissate dalla norma.

I campionamenti personali hanno avuto una durata variabile dalle 3 alle 4 ore, risultando rappresentativi di tutte le fasi di lavoro realizzate dagli addetti alla rimozione di MCA, ivi comprese le pause tecniche. Si sono evitati campionamenti di durata superiore onde escludere possibilità di eccessivo carico del filtro e conseguenti eventuali problemi di lettura. Sia i campionamenti personali che quelli d'area sono stati effettuati con portafiltro a faccia aperta provvisto di cappuccio in alluminio (materiale elettricamente conduttivo), di lunghezza da 30 a 40 mm, idoneo a proteggere il filtro da contaminazioni accidentali durante il prelievo o da danneggiamenti involontari e tale da garantire una uniforme distribuzione delle fibre sulla superficie del filtro.

Sono stati utilizzati filtri a membrana in esteri misti di cellulosa con un reticolo quadrettato, idonei all'individuazione del corretto piano focale al microscopio, di diametro pari a 25 mm e porosità 0,8  $\mu\text{m}$ . Per il prelievo di tipo personale e d'area sono state impiegate pompe portatili a batteria, aven-

ti i requisiti richiesti dalla norma UNI-EN 1232, impostate ad un flusso di 2 litri al minuto. I filtri sono stati quindi diafanizzati, con il metodo acetone triacetina e poi sottoposti a lettura. Il conteggio delle fibre è stato eseguito con la tecnica della microscopia ottica in contrasto di fase (MOCF), ad un ingrandimento 500X con oculare dotato di reticolo di Walton-Beckett.

Per il conteggio delle fibre regolamentate, dette anche respirabili (lunghezza  $>5 \mu\text{m}$ , diametro  $<3 \mu\text{m}$ , rapporto lunghezza/diametro  $>3$ ), sono stati adottati i criteri indicati nel metodo OMS 1997. Sui risultati dei campionamenti personali effettuati dalla ASL e dalle aziende nei cantieri di bonifica di MCA compatti sono stati elaborati: medie aritmetiche (MA), limiti fiduciali al 95% (LF95%), medie geometriche (MG) e deviazione standard geometrica (DSG). Alle differenze tra le medie dei campionamenti effettuati dalla ASL e dalle aziende è stato inoltre applicato il test del t di Student.

Gli stessi indicatori sono stati poi elaborati per i campionamenti personali effettuati dalla ASL nei cantieri di MCA friabile.

I valori di esposizione personale rilevati sono stati sottoposti a verifica di log-normalità (test di Shapiro-Wilk) ed alla applicazione delle procedure statistiche cui alla norma UNI 689/97 - Appendici G e D, al fine di valutare le probabilità di superamento del VL. Il tutto definendo come "accettabile" (Area verde) una probabilità  $\leq 0,1\%$ , come di "incertezza" (Area arancio) una probabilità  $>0,1\%$  ed  $\leq 5\%$  e come "inaccettabile" (Area rossa) una probabilità  $>5\%$ ; per le elaborazioni è stato utilizzato il soft-ware Altrex Chimie (39). Agli stessi dati è stato anche applicato il test One Side Tolerance Limit (OTL), al fine di verificare, in termini probabilistici ( $\alpha=0,95$ ) il rispetto del VL nel lungo periodo, ritenendo non accettabile una possibilità di superamento  $>5\%$ .

Per quanto riguarda, invece, i risultati dei campionamenti d'area effettuati dalla ASL all'esterno dell'area confinata dei cantieri di MCA friabile, sono stati elaborati le medie aritmetiche (MA) ed i LF95%. Ai valori medi rilevati nelle diverse fasi di lavoro è stato applicato il test del t di Student per valutare la significatività statistica di eventuali differenze.

## RISULTATI

Nella tabella 1 sono illustrati i risultati dei campionamenti personali effettuati dalle imprese e dalla ASL nei cantieri di bonifica di MCA di tipo compatto, indicando anche i risultati del test del t di Student applicato alle differenze medie rilevate tra ASL ed aziende ed i risultati del test OTL.

Nella stessa tabella sono illustrati anche i risultati dei campionamenti personali effettuati dalla ASL nei cantieri di bonifica di MCA friabile ed il relativo test OTL. In tabella 2 sono invece mostrati i risultati dei campionamenti d'area effettuati dalla ASL all'esterno delle aree confinate di bonifica dei cantieri di MCA friabile ed il relativo test del t di Student applicato ai valori medi rilevati delle diverse fasi di lavoro. Nelle figure 1, 2, 3 è rappresentata la distribuzione % cumulativa dei campionamenti personali (valori log-trasformati) effettuati, rispet-

tivamente, dalle aziende e dalla ASL nei cantieri di MCA compatto e dalla ASL in cantieri di MCA friabile.

Nelle stesse figure sono anche indicati il valore W (Test di Shapiro – Wilk) e le probabilità di superamento del VL secondo la procedura statistica di cui alla norma UNI 689/97 - Appendice D.

## COMMENTO

Il primo dato meritevole di commento riguarda i livelli di esposizione personale a fibre regolamentate dei lavoratori rilevati dalle aziende; livelli che, nel caso dei MCA di tipo compatto si pongono largamente al disotto del VL di 100 fibre/litro e ciò sia in termini di valori medi, che in termini di massima escursione espressa dai LF95%. La coda superiore dei LF95%, infatti, appare piuttosto lontana

**Tabella 1** - Esposizione personale a fibre regolamentate (fibre/litro) nei cantieri di bonifica di MCA

*Table 1 - Worksites for abatement of materials containing asbestos. Workers exposure to respirable fibres*

	N.	MA	LF 95%	MG	DSG	OTL
<i>Cantieri MCA compatto*</i>						
Campionamenti "personali" effettuati dalle aziende	292	4,9	4,3/5,2	3,6	2,1	4,4
Campionamenti "personali" effettuati dalla ASL	96	15,8	13,3/21,6	10,4	2,6	2,3
t di Student		p<0,001				
<i>Cantieri MCA friabile**</i>						
Campionamenti "personali" effettuati dalla ASL	34	106,8	86,6/137,2	88,6	1,8	0,2

OTL=One side tolerance limit

MA=media aritmetica, LF95%=limiti fiduciali al 95%, MG=media geometrica, DSG=deviazione standard geometrica

\* Copertura in Eternit

\*\* Centraline di impianti di aereazione industriali + impianti termici industriali per vapore

Valore limite di esposizione (100 fibre/litro=0,1 fibre/centimetro cubo)

**Tabella 2** - Inquinamento da fibre regolamentate (fibre/litro)

*Table 2 - Worksites for abatement of materials containing asbestos. Airborne respirable fibres*

	N.	MA	LF 95%
<i>Cantieri MCA friabile (Campionamenti ASL d'area)</i>			
Esterno cantiere durante la bonifica	49	1,03	0,7-1,3
Esterno cantiere post bonifica	29	0,87	0,05-1,7
Esterno cantiere pre bonifica	10	0,67	0,2-1,1
t di Student		p>0,05	

LF95%=limiti fiduciali al 95%, MA=media aritmetica

Centraline di impianti di aereazione industriali + impianti termici industriali per vapore

Valore limite di esposizione (100 fibre/litro=0,1 fibre/centimetro cubo)

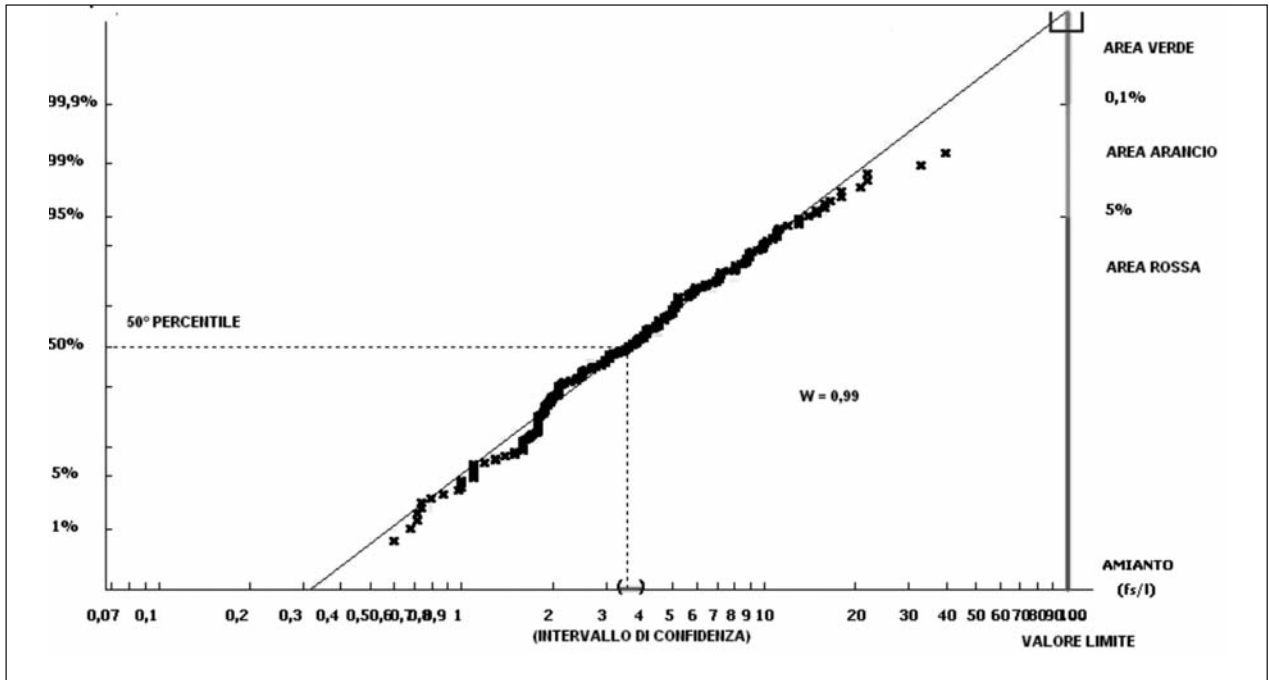


Figura 1 - Distribuzione dei (log) valori di esposizione nei campionamenti personali effettuati dalle aziende in cantieri di MCA compatto

Figure 1 - Exposure (log) values in personal samplings detected by companies at worksites for abatement of compact materials

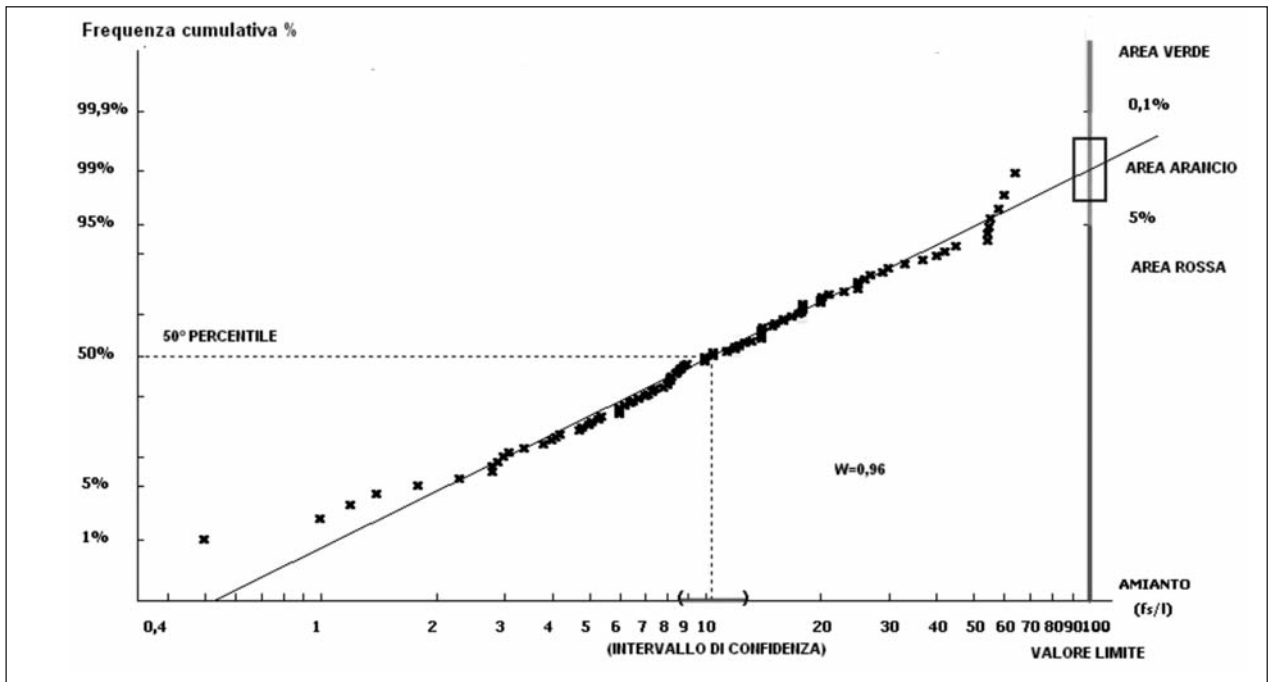


Figura 2 - Distribuzione dei (log) valori di esposizione personale nei campionamenti effettuati dalla ASL in cantieri di MCA compatto

Figure 1 - Exposure (log) values in personal samplings detected by ASL at worksites for abatement of compact materials

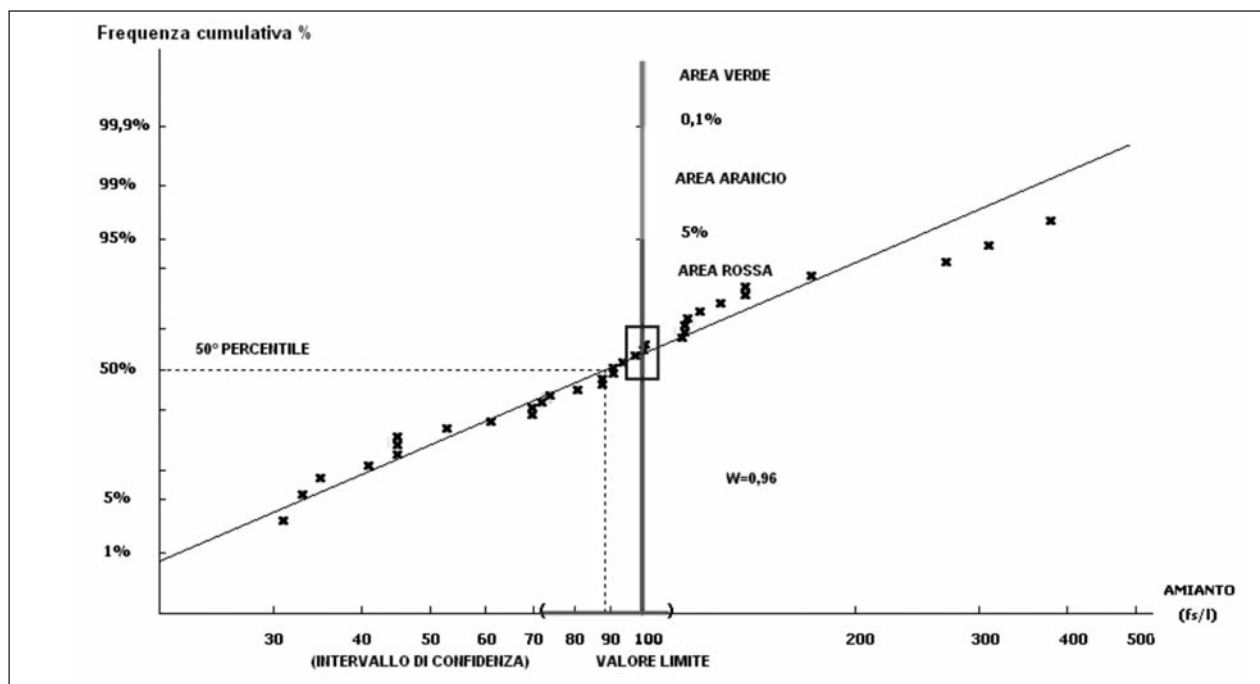


Figura 3 - Distribuzione dei (log) valori di esposizione personale nei campionamenti effettuati dalla ASL in cantieri di MCA friabile

Figure 3 - Exposure (log) values in personal samplings detected by ASL at worksites for abatement of friable materials

dal VL non profilandone ipotesi di raggiungimento o superamento statisticamente significative. Nello stesso senso depongono sia i risultati della procedure statistiche di cui alla norma UNI 689/97, dimostrativa di una non significativa (<0,5%) possibilità di superamento del VL (Area Verde), sia il test OTL; test che, con un valore di 4,4, si pone ampiamente al di sopra dei valori di K che definiscono l'area di rispetto del VL, per il livello probabilistico considerato.

Diversa è la situazione per ciò che concerne le indagini effettuate dalla ASL in un campione dei medesimi cantieri, dove si rileva un valore di esposizione personale media significativamente più elevato ( $p<0,01$ ) di quello ottenuto dai campionamenti effettuati dalle aziende.

Anche le procedure di cui alla norma UNI 689/97 avvalorano tale condizione, indicando una probabilità di superamento del VL compresa tra 0,1% e 5% e quindi una condizione di incertezza (Area arancio).

A considerazioni sostanzialmente analoghe conduce anche il test OTL, che con un valore di 2,3 si

colloca ancora, sebbene di poco, al di sopra dei valori che definiscono l'area di rispetto per una probabilità di superamento del 5%.

Stante la sovrapposibilità delle metodologie adottate dalle aziende e dalla ASL, in entrambi i casi da riferire all'art. 253 del DLvo 81/08, una tale differenza appare riconducibile al concorso di vari fattori. In parte alla natura degli stessi cantieri esaminati che, per quanto tutti accomunati da lavori su medesimi MCA, presentavano comunque alcune differenze di contesto organizzativo e tecnologico. In parte alle diverse (e per certi versi inevitabili) fonti di errore che possono intervenire lungo la linea prelievo ed analisi; fonti di errore che interessano le attrezzature di campionamento, la conservazione ed al trasporto dei campioni, fino ad arrivare alla variabilità inter ed intralaboratorio nella lettura dei filtri contenenti le fibre (4). Anche in questo caso, quindi, si ripropone la necessità della massima osservanza delle regole che garantiscono uniformità metodologica nelle indagini di igiene industriale.

Ciò soprattutto a fronte di rischi di natura cancerogena, dove confrontabilità e rappresentatività

dei dati di esposizione costituiscono elementi imprescindibili, sia per una efficace attività di prevenzione, che per la migliore interpretazione di eventuali danni amianto correlati.

All'interno della condizione descritta, appare anche interessante notare come nei campionamenti personali della ASL si registri un valore medio che supera la soglia di 10 fibre litro, cioè 1/10 del VL; soglia che, secondo l'art. 251 c.1, b) del D.Lvo 81/08 individua la massima concentrazione di fibre ammissibile nell'aria inalata da lavoratori dotati di dispositivi filtranti per le vie respiratorie. Tale tendenza, peraltro, è inequivocabilmente testimoniata anche dalla coda inferiore dei LF95% che, con un valore di 13,2, si pone addirittura al disopra del valore di 10 fibre/litro. Ed aldilà dello specifico significato giuridico della soglia citata, una tale osservazione rende anche ragione di come, laddove si voglia assicurare "sul campo" ai lavoratori la massima protezione dal rischio di inalazione di fibre, l'uso di dispositivi per la protezione delle vie respiratorie sia da ritenere una misura costantemente necessaria.

Anche in questo caso e per i motivi precedentemente descritti, le indagini effettuate dalle aziende forniscono, invece, un'immagine diversa presentando valori di esposizione personale media e di LF superiore al 95% decisamente più bassi di 10 fibre/litro.

Passando all'esame dei risultati dei campionamenti personali effettuati dalla ASL nei cantieri di bonifica di MCA friabile, si apprezza innanzitutto come i livelli di esposizione personale media (106,8 fibre/litro) siano non solo significativamente ( $p < 0,01$ ) più elevati di quelli rilevati nei cantieri di MCA compatto, ma addirittura superiori anche al VL di 100 fibre/litro fissato dal D.Lvo 81/08. Tale tendenza ad una marcata esposizione appare confermata anche dall'andamento dei LF 95%, in particolare dalla coda inferiore che, con un valore di 86,6 fibre/litro, depono per una condizione espositiva di base che, anche nelle migliori ipotesi, resta sempre molto prossima al VL.

Lo stesso andamento viene ineluttabilmente confermato sia dal risultato della procedura statistica di cui alla norma UNI 689/97, che mostra una possibilità di superamento del VL ampiamente su-

periore al 5% (Area Rossa), sia dal risultato del test OTL, il cui valore finale di 0,2 si pone nettamente all'interno dei valori di K1 che indicano una probabilità di superamento del VL maggiore del 5%; il tutto deponendo per una "inaccettabilità" delle condizioni di esposizione.

I campionamenti d'area effettuati negli spazi esterni e prossimi all'area confinata dei cantieri di MCA friabile, mostrano invece valori medi di inquinamento da fibre sempre molto contenuti e privi di significative variazioni ( $p > 0,05$ ) nel corso delle diverse fasi di lavoro.

Trattasi, peraltro, di valori sostanzialmente sovrapponibili al fondo naturale di aree urbane e che depongono, quindi, per una sicura efficacia delle procedure di lavoro e dei sistemi di contenimento adottati nell'allestimento del cantiere; procedure e sistemi ai quali va pertanto sempre dedicata la massima attenzione.

## CONCLUSIONI

I dati rilevati consentono di pervenire a molteplici considerazioni, in particolare per ciò che concerne le differenze tra i lavori su MCA compatti ed i lavori su MCA friabili citati in premessa. Innanzitutto e come era prevedibile, si conferma come tutte le lavorazioni su MCA siano sempre meritevoli della massima attenzione preventiva, comportando comunque per i lavoratori del settore un, più o meno marcato, rischio di inalazione di fibre di amianto e quindi anche possibili rischi a lungo termine. Per ciò che concerne il rapporto tra VL e lavori su MCA compatto, i dati rilevati dalle imprese non sembrano profilare ipotesi di superamento statisticamente significative. Viceversa le indagini effettuate dalla ASL profilano livelli medi significativamente più elevati ed una situazione di più ampia incertezza statistica, proponendo non solo la necessità di procedere ad ulteriori approfondimenti espositivi, ma anche quella di prevedere sempre, anche in ipotesi di MCA compatto, precise misure di tutela dal rischio di inalazione di fibre, ivi compresa la protezione delle vie respiratorie.

Profondamente diversa è la situazione in caso di cantieri di bonifica di MCA friabile dove, invece, i



livelli di esposizione personale rilevati, mostrano una decisa tendenza al superamento del VL. Ed in questa situazione, di evidente ed elevato rischio di inalazione di fibre, diventa ancor più stringente il richiamo alla costante ed effettiva applicazione di tutte le misure di prevenzione contemplate dalla norma e dall'evoluzione delle conoscenze tecniche. D'altro canto l'aver rilevato l'assenza di contaminazione da amianto nelle aree prossime al cantiere ed esterne alle strutture di confinamento, offre ampia prova dell'efficacia di tali misure, laddove correttamente applicate.

Restano in parte da chiarire e possibilmente da colmare le discrepanze emerse tra le stime espositive effettuate dalle aziende e quelle effettuate dalla ASL in fase di controllo. Stante il medesimo contesto normativo, produttivo e metodologico, dette stime sembrano, infatti, palesare residue difformità di approccio valutativo e tecnico-analitico. Fenomeno, questo, non auspicabile in un campo dove è assolutamente necessario, invece, contare sulla massima affidabilità e rappresentatività del dato espositivo e ciò sia per questioni di tutela dei lavoratori, sia per questioni di interpretazione di possibili eventuali quadri patologici amianto correlati, soprattutto di natura neoplastica.

Non a caso il Ministero della Salute con DM 14/5/1996, ha stabilito che i laboratori di analisi, pubblici e privati, che operano nel settore dell'amianto debbano partecipare ad un programma di controllo di qualità; strategia questa che, peraltro, trova riscontro nel programma di "Verifica dei requisiti minimi nei laboratori pubblici e privati che effettuano analisi amianto" programma coordinato dall'INAIL (ex ISPESL) e dal Ministero della Salute. Il tutto, evidentemente, al fine di creare una rete di laboratori accreditati, pubblici e privati che, applicando metodologie standardizzate, possano produrre dati di monitoraggio ambientale o di esposizione, confrontabili ed utilizzabili anche ai fini di una migliore interpretazione del rapporto tra amianto e neoplasie.

I risultati dell'indagine offrono alcuni spunti anche in tema di rapporto tra lavori di bonifica dei MCA e rischio cancerogeno, soprattutto alla luce dei diversi orientamenti esistenti nell'interpretazione della relazione dose-effetto e/o dose-risposta.

Nel caso dei lavori su MCA compatti, si evidenzia, infatti, una condizione di esposizione a fibre che, pur risultando piuttosto contenuta in rapporto ai VL vigenti, alla luce di alcuni degli orientamenti descritti, non consente tuttavia di escludere in senso assoluto la possibilità di rischi cancerogeni a lungo termine, soprattutto laddove non vi sia un costante ed assoluto rispetto delle misure di tutela previste.

Per quanto riguarda i lavori su MCA friabili, invece, si è in presenza di un condizione espositiva da ritenere sempre e comunque a rischio; ciò anche in relazione al fatto che, per quanto efficaci, i provvedimenti di prevenzione (tecnici, organizzativi, procedurali, di protezione individuale, igienici, comportamentali..) disponibili e previsti dalla norma, non possono mai eliminare totalmente la condizione di rischio, ma solo modularla in relazione alla loro profondità di applicazione.

In definitiva, quindi e soprattutto in caso di lavori su MCA friabile, ancora oggi un rischio di effetti cancerogeni a lungo termine appare tutt'altro che scongiurato, in particolare laddove venga meno l'osservanza puntuale delle misure preventive sopradescritte. Il che, stante l'elevato numero di imprese e lavoratori impegnati nel settore, significa anche non poter escludere con certezza che nel futuro una nuova epidemia di neoplasie amianto correlate, certamente più modesta dell'attuale, possa comunque verificarsi.

Anche per questo, quindi, è auspicabile che il mondo imprenditoriale operante nel settore delle bonifiche di amianto sviluppi la più ampia e piena consapevolezza della pericolosità dei lavori in questione e produca il massimo impegno nell'apprestare le dovute misure di prevenzione.

Lo stesso dicasi per gli organi di controllo, chiamati non solo ad attività di vigilanza, ma anche ad azioni, altrettanto importanti, di assistenza, informazione e promozione.

L'indagine conferma anche l'importanza dello studio dell'esposizione dei lavoratori quale strumento per monitorare nel tempo e nei diversi ambiti, la condizione di rischio e per orientare azioni preventive e di controllo mirato. Viste anche le esperienze del passato, dove una scarsa reperibilità di dati di esposizione affidabili ha spesso complica-

to l'interpretazione di quadri patologici amianto correlati, la costruzione di una base di dati di esposizione, in particolare di tipo personale, realizzata attraverso metodologie il più possibile uniformi, appare altrettanto importante per affrontare più adeguatamente, da un punto di vista eziologico, medico legale ed anche assicurativo, anche gli eventuali e futuri casi di neoplasia che si dovessero presentare in detti lavoratori. Ciò anche in riferimento alla verifica di efficacia a lungo termine dei valori limite di esposizione attualmente in vigore.

NO POTENTIAL CONFLICT OF INTEREST RELEVANT TO THIS ARTICLE WAS REPORTED

## BIBLIOGRAFIA

- Berman DV, Crump KS: Update of Potency Factors for Asbestos-Related Lung Cancer and Mesothelioma. *Crit Rev Toxicol* 2008; 38: Suppl 11-47
- Berry G, Newhouse ML, Wagner JC: Mortality from all cancers of asbestos factory workers in east London 1933-80". *Occup Environ Med* 2000; 57: 782-785
- Betti M, Neri M, Ferrante D, et al: Pooled analysis of NAT2 genotypes as risk factors for asbestos-related malignant mesothelioma. *Int J Hyg Environ Health* 2009; 212: 322-329
- Cavariani A, Marconi A, Sala O: Asbestos: sampling, analytical techniques and limit values. *Ital J Occup Environ Hyg* 2010; 1: 18-28
- Cullen MR: Serum osteopontin levels – Is it time to screen asbestos-exposed workers for pleural mesothelioma? *N Engl J Med* 2005; 353: 1617-1618
- Cristaudo A, Foddis R, Vivaldi A, et al: Clinical significance of serum mesothelin in patients with mesothelioma and lung cancer. *Clin Cancer Res* 2007; 13: 5076-5081
- Chiappino G: Mesothelioma: the aetiological role of ultrathin fibres and repercussions on prevention and medical legal evaluation. *Med Lav* 2005; 96: 3-23
- Consensus report: Asbestos, Asbestosis, and cancer: the Helsinki criteria for diagnosis and attribution. *Scand J Work Environ Health* 1997; 23: 311-316
- De Vuyst P, Dumortier P, Moulin E, et al: Asbestos bodies in bronchoalveolar lavage reflect lung asbestos body concentration. *Eur Respir J* 1988; 1: 362-367
- Dufresne A, Dion C, Frielaender A, et al: Personal and Static Sample Measurements of Asbestos Fibres During Two Abatement Projects. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 2009; 82: 440-443
- Finkelstein MM: Mortality among long term employees of an Ontario asbestos-cement factory. *Br J Ind Med* 1983; 40: 138-144
- Fioravanti M, Tomei F, Caciari T et al: La valutazione del rischio di esposizione ad amianto. *G Ital Med Lav Erg* 2010; 32: 380, Suppl
- Hagemeyer O, Otten H, Kraus T: Asbestos consumption, asbestos exposure and asbestos-related occupational diseases in Germany. *Int Arch Occup Environ Health* 2006; 79: 613-620
- International Agency for Research on Cancer: Asbestos (Chrysotile, Amosite, Crocidolite, Tremolite, Actinolite, and Anthophyllite) Lyon; IARC, Volume n. 100/C, 2012. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans
- Lange JH, Lange PR, Reinhard TK, Thomulka KW: A study of personal and area airborne asbestos concentrations during asbestos abatement: a statistical evaluation of fibre concentration data. *The Annals of Occupational Hygiene* 1995; 40: 449-466
- Lange JH, Kenneth W, Thomulka KW: An Evaluation of personal airborne asbestos exposure measurement during abatement of dry wall and floor tile/mastic. *Int J Environ Res* 2000; 10: 5-19
- Jost M, Stöhr S, Pletscher C, Rast H: Malattie professionali da amianto. Factsheet, Settembre 2012, SUVA (CH), Divisione Medicina del Lavoro
- Lee PN: Relation between exposure to asbestos and smoking jointly and the risk of lung cancer. *Occup Environ Med* 2001; 58: 145-153
- Lee JG, Lee KH, Choi HI, et al: () "Total Dust and Asbestos Concentrations during Asbestos-Containing Materials Abatement in Korea, *Int J Environ Res* 2012, 6: 849-852
- Lemen RA: Chrysotile Asbestos as a Cause of Mesothelioma: Application of the Hill Causation Model. *Int J Occup Environ Health* 2004; 10: 233-239
- Lotti M: Il tumore polmonare correlato all'asbesto. *G Ital Med Lav Erg* 2010; 32: Suppl, 381-384
- Magnani C, Agudo A, Gonzalez CA, et al: Multicentric study on malignant mesothelioma and non-occupational exposure to asbestos. *Br J Cancer* 2000; 83: 104-111
- Magnani C, Ferrante D, Barone-Adesi R, et al: Cancer risk After cessation of asbestos exposure. *Occup Environ Med* 2007; 65: 164-170
- Martines V, Fioravanti M, Anselmi A, et al: Proposta di algoritmo per la valutazione stimata dell'esposizione lavorativa ad amianto. *G Ital Med Lav Erg* 2010; 32: 154-161
- Miscetti G, Bodo P, Luciani G, et al: Progetto cancerogeni in una ASL dell'Umbria: aggiornamento della

- mappa di rischio ai fini della stima dei livelli di esposizione dei lavoratori. *Med Lav* 2008; 99: 454-465
26. O'Reilly K, Mclaughlin AM, Beckett WS, J. Sime P: Asbestos-Related Lung Disease. *American Family Physician* 2007; 75: 683-688
  27. Park EK, Sandrini A, Yates DH, et al: Soluble Mesothelin-related Protein in an Asbestos-exposed Population. *Am J Respir Crit Care Med* 2008; 178: 832-837
  28. Parodi S, Baldi R: Lung cancer mortality in a district of LaSpezia (Italy) exposed to air pollution from industrial plants. *Tumori* 2004; 90: 181-185.
  29. Piolatto PG, Putzu MG, Botta GC: Fibre di amianto e V.R. *G Ital Med Lav Erg* 2003; 25: 94-98
  30. Registro Nazionale dei Mesoteliomi, IV Rapporto, Edizione 2012, INAIL
  31. Sancini A, De Sio S, Ciarrocca M, et al: Estimated risk assessment of the exposed to asbestos. *Prevent Res* 2011; 1: 60-71
  32. Sartorelli E, Scancarello G, Romeo G: Valutazione del rischio di esposizione professionale ad asbesto in rapporto, con i valori di riferimento dei corpuscoli e delle fibre nel liquido di lavaggio bronco alveolare". I Documenti, 12; Fondazione Salvatore Maugeri, IRCCS, Pavia 1997
  33. Spigno F, Gentile R, Valente T, Capannelli G: Iter diagnostico nelle patologie asbesto correlate, considerazioni a margine di un caso clinico di sospetta neoplasia professionale. *G Ital Med Lav Erg* 2008; 30: 324-328
  34. Suzuki Y, Yuen S, Ashle R: Short, thin asbestos fibers contribute to the development of human malignant mesothelioma: pathological evidence. *Int J Hyg Environ Health* 2005; 208: 201-210
  35. Takahashi K, Huuskonen MS, Tossavainen A, et al: Ecological Relationship between Mesothelioma Incidence/Mortality and Asbestos Consumption in Ten Western Countries and Japan. *J Occup Health* 1999; 41: 8-11
  36. Tomatis L, Cantoni S, Carnevale F, et al: Il ruolo della dimensione delle fibre di amianto nella patogenesi e nella prevenzione del mesotelioma. *Epidemiologia & Prevenzione* 2006; 30: 289-294
  37. Ugolini D, Neri M, Ceppi M, et al: Genetic susceptibility to malignant mesothelioma and exposure to asbestos: The influence of the familial factor. *Mutation Research* 2008; 658: 162-171
  38. Williams PRD, Phelka AD, Paustenbach DJ: A review of historical exposures to asbestos among skilled craftsmen (1940-2006). *J Toxicol Environ Health* 2007; 10: 319-377
  39. <http://www.inrs.fr/accueil/produits/mediatheque/doc/outils.html?inrst>