

Indagine conoscitiva sull'esposizione personale dei lavoratori a silice libera cristallina in edilizia

G. MISCETTI, PATRIZIA BODO, PATRIZIA GAROFANI, E.P. ABBRITTI, GIULIANA LUCIANI, MANUELA MAZZANTI, LOREDANA BESSI, G. MARSILI

Unità Operativa Complessa Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro - ASL n. 2 - Perugia

KEY WORDS

Crystalline silica; building industry

SUMMARY

«*A survey on workers' individual exposure to crystalline silica in the building industry*». **Background:** *The widespread presence of silica in nature and the variety of materials containing it cause crystalline silica exposure of workers in various industrial activities. Moreover crystalline silica is classified as carcinogenic to humans (Group 1) by IARC, in relation to its possible lung carcinogenicity. Objectives and methods:* *The purpose of this paper was to assess respirable particles and crystalline silica exposure of workers in a number of some building sites located in the area of a Local Health Unit in the Umbria region. The study examined differences in four types of building sites: "construction of new buildings", "renovation of old buildings", "road construction" and "transport of aggregates by loaders in crushing plants". According to the strategy suggested by European Standard EN 689/1997, personal air samples were collected during work in jobs characterized by elevated amounts of widespread dust. Results and conclusions:* *Analysis of data showed that levels of exposure to crystalline silica were lower than the limits recommended by ACGIH/2010 in almost all samples except one. The percentages of crystalline silica in respirable particles were in the range 0.4%-21%. Crystalline silica exposure levels were different in the various jobs and comparison between the mean values of exposure levels in each one showed statistically significant differences ($p < 0.01$, variance analysis). Work with the highest exposure to crystalline silica were: brick cutting, plaster brushing, "Serena stone" cutting, as they use tools operating at high speed and often in dry conditions (grinder, power drill, pneumatic hammer), producing low-size airborne particles (respirable fraction). During work in these jobs levels of worker exposure to crystalline silica showed high variability, so that it was impossible to establish if, in the medium-long term, they were lower than the Threshold Limit Values with a set probabilistic certainty (OTL test, confidence level 95%). In the remaining jobs the assessment of occupational exposures to crystalline silica showed a low probability of exceeding the Threshold Limit Values.*

RIASSUNTO

Introduzione: *La diffusa presenza di silice in natura e la molteplicità dei materiali che la contengono, sono causa di esposizione a silice libera cristallina aerodispersa dei lavoratori occupati in differenti settori produttivi. Tale sostanza è stata inoltre classificata dalla IARC come cancerogena di gruppo 1: "Sostanze note per effetti cancerogeni sull'uomo", in relazione alla sua possibile cancerogenicità polmonare. Obiettivi e metodi:* *Nell'ambito delle attività di prevenzione del rischio cancerogeno nei luoghi di lavoro, è stato realizzato uno studio volto a valutare l'esposizione dei lavoratori del comparto edilizia a polveri respirabili (FR) e silice libera cristallina (SLC) nel territorio della ASL n. 2 della Regione Umbria. Lo studio ha preso in esame varie tipologie di cantieri, quali: "costruzione nuovo*

Pervenuto il 7.1.2011 - Accettato il 13.4.2011

Corrispondenza: Dott. Giorgio Miscetti, ASL n. 2 Unità Operativa Complessa Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro, Via XIV Settembre 79, 06126 Perugia - Tel. 075 5412479 - Fax 075 5412460 - E-mail: gmiscetti@ausl2.umbria.it

edificio, *“ristrutturazione fabbricato”*, *“costruzione strade”*, *“movimentazione meccanica inerti prodotti in impianti di frantumazione”*. Nell’indagine sono state studiate le fasi di lavorazione con maggiore produzione di polvere, mediante la realizzazione di campionamenti personali, secondo la strategia indicata dalla norma UNI EN 689/1997.

Risultati e Conclusioni: *Lo studio ha evidenziato livelli di esposizione dei lavoratori alla SLC inferiori ai valori limite raccomandati dall’ACGIH/2010, fatta eccezione per un campione, con una percentuale di SLC contenuta nella polvere respirabile compresa fra 0,4% e 21%. I livelli di esposizione sono risultati comunque differenti nelle quattro tipologie di cantieri studiate, in relazione alle diverse lavorazioni che le contraddistinguono. L’analisi della varianza applicata ai valori medi nelle diverse fasi di lavoro ha evidenziato, infatti, differenze statisticamente significative ($P < 0,01$), a conferma della diversa esposizione legata alle varie attività indagate. In particolare le attività a maggiore esposizione di SLC, sono il “taglio di mattoni”, la “spazzolatura delle pareti esterne” e il “taglio di Pietra Serena”, lavorazioni caratterizzate dall’impiego di utensili ad alta velocità (frullini, trapani, martelli pneumatici, ecc.), eseguite normalmente “a secco” e responsabili della produzione di polveri a bassa granulometria (frazione respirabile). Durante queste operazioni, i livelli di esposizione a SLC sono caratterizzati da un’elevata variabilità; per tale motivo non è stato possibile affermare che, nel medio lungo periodo, tali esposizioni risultino inferiori al valore limite di riferimento, con la certezza probabilistica stabilita (test OTL, livello di confidenza 95%). Viceversa, per quanto riguarda le rimanenti lavorazioni, la valutazione dell’esposizione a SLC ha rivelato condizioni espositive ampiamente contenute entro i valori limite di riferimento e con bassa probabilità di superamento di tali valori.*

INTRODUZIONE

Nell’ambito delle attività istituzionali di prevenzione del rischio cancerogeno nei luoghi di lavoro, è stato realizzato uno studio sull’esposizione professionale a polvere respirabile e a silice libera cristallina nel settore edilizio, nel territorio della ASL n. 2 dell’Umbria.

La silice è una delle sostanze più comuni in natura e normale costituente della crosta terrestre, essa si trova in più forme cristalline e amorfe; la forma cristallina più diffusa e più stabile a temperatura ambiente e a pressione atmosferica è il quarzo α , o silice libera cristallina (SLC), che rappresenta il 12% delle rocce della crosta terrestre (8, 11). Il quarzo è presente in molti ambienti geologici ed è molto comune nelle sabbie e nei sedimenti (11).

La presenza così diffusa di questo minerale e la molteplicità dei materiali che lo contengono sono all’origine di potenziali occasioni di esposizioni lavorative.

In tal senso e in aggiunta ai possibili rischi di cionosi dell’apparato respiratorio, da alcuni anni sta crescendo l’allarme anche per una possibile cancerogenicità polmonare della SLC; effetto che la stessa IARC con la monografia n. 68 del 1997 ha rilevato classificando la SLC come cancerogeno di

gruppo 1: “Sostanze note per effetti cancerogeni sull’uomo” (9, 21).

Tanto premesso e nell’ambito di una più ampia attività istituzionale di monitoraggio e prevenzione dell’esposizione dei lavoratori ad agenti cancerogeni, si è deciso di intraprendere uno studio volto a definire il profilo di esposizione a silice libera cristallina nel settore delle costruzioni edili all’interno delle diverse fasi e realtà operative.

In un tale contesto, particolare attenzione è stata rivolta alla “frazione respirabile” (FR) delle polveri intesa come quota granulometrica di particolare interesse sanitario e definita dalla norma UNI-EN 481, come “la frazione in massa delle particelle inalate che penetra nelle vie respiratorie non ciliate” (14).

MATERIALI E METODI

L’indagine è stata condotta presso 15 cantieri distinti secondo le seguenti tipologie:

- a) costruzione nuovo edificio (scavi, tamponatura, tramezzatura, spazzolatura delle pareti esterne durante la muratura e prima della pit-tura);
- b) ristrutturazione fabbricato (demolizione edificio vecchio, demolizione intonaco);

- c) costruzione strade (sbancamenti, lavori edili stradali, operazioni di "scortico" del terreno, di riporto del terreno, costruzione del fondo per asfalto);
- d) movimentazione meccanica inerti presso impianto di frantumazione.

Nell'indagine sono state prese in considerazione le fasi di lavorazione con maggiore produzione di polvere; lo studio è stato realizzato tramite campionamenti personali di durata mai inferiore a 3 ore e tali da risultare rappresentativi dell'esposizione giornaliera dei lavoratori suddivisi in gruppi a esposizione omogenea (16).

I prelievi sono stati eseguiti utilizzando pompe aspiranti conformi a quanto stabilito nella norma UNI 1232/99, collegate a preselettori granulometrici GS3 di plastica conduttiva, e tarate a un flusso di prelievo di 2,75 l/min (diametro di taglio al 50% pari a 4 µm) (14, 17). Tali preselettori sono conformi alla convenzione ISO-CEN-ACGIH per il campionamento della FR definita dalla norma UNI EN 481/1994, in base alla quale le particelle aerodisperse captate dal campionatore devono avere un diametro aerodinamico mediano di 4,25 µm e uno scarto tipo geometrico di 1,5; essi sono caratterizzati da tre vie d'ingresso del campione, poste a 120°, in modo da eliminare l'influenza delle correnti d'aria sulla captazione del campione (4, 14, 21).

Le polveri respirabili sono state determinate per via gravimetrica secondo il Metodo UNICHIM 285/2003 (12), mediante pesata differenziale con bilancia microanalitica Sartorius CP 225D (precisione 0,01 mg, riproducibilità ± 0,02/0,05 mg, linearità + 0,03/0,1/0,2 mg), previo condizionamento delle membrane in essiccatore per 24 ore. Il tutto per una precisione finale di 0,045 mg calcolata secondo le indicazioni di Arcari (2) ed una incertezza del 1,3% calcolata secondo le indicazioni della norma UNI EN 482 (15). Durante i rilevamenti i portafiltri sono stati posti sul bavero delle tute degli operatori in corrispondenza della zona respiratoria. In totale sono stati eseguiti 95 campionamenti di polvere respirabile, fra i quali sono stati selezionati 49 campioni, ritenuti più significativi per la quantità di polvere raccolta sul filtro, per l'elaborazione dei dati di esposizione.

La determinazione della SLC sulla frazione di polvere respirabile campionata è stata eseguita presso il laboratorio di Misure Ambientali e Tossicologiche dell'Istituto "Fondazione Salvatore Maugeri" di Pavia con il metodo diffrattometrico a raggi X (sensibilità XPRD 5 µg).

I livelli di esposizione giornaliera di SLC sono stati confrontati con il TLV-TWA dell'ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) 2010, pari a 25 µg/m³, valore che, tuttavia, non costituisce una linea di demarcazione netta tra concentrazioni sicure e concentrazioni pericolose in quanto, trattandosi di sostanza cancerogena, l'esposizione deve comunque tendere il più possibile verso zero (1).

Per la valutazione dell'esposizione a SLC, ad ogni fase lavorativa studiata è stata applicata la procedura formale descritta nell'appendice C della norma UNI EN 689/1997, che prevede quanto segue (16):

- se i valori di esposizione sono inferiori o uguali a 1/10 del Valore Limite (VLE), l'esposizione è minore del VLE;
- se i valori superano 1/10 del VLE, ma, in almeno tre diversi turni, sono inferiori o uguali a 1/4 del VLE, l'esposizione è minore del VLE;
- se i valori di esposizione sono inferiori o uguali al VLE e la media geometrica di tutte le misurazioni è inferiore o uguale al 50% del VLE, l'esposizione è minore del VLE;
- se anche un solo valore supera il VLE, l'esposizione nella condizione lavorativa a cui è riferito il turno è maggiore del VLE.

Laddove siano state eseguite almeno sei misure, è stato applicato il criterio statistico illustrato nell'Appendice D della norma UNI EN 689/97, utilizzando la logica di calcolo ALTREX ("Analyse Log-normale et Traitement des mesures d'Exposition") messa a disposizione dall'INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité) (10, 16).

Questa valutazione di tipo statistico definisce la probabilità di superamento del valore limite, con il relativo intervallo di confidenza, partendo dal rapporto tra concentrazione per ogni lavoratore e relativo valore di riferimento.

Il programma ALTREX, prima di procedere all'elaborazione dei dati, verifica che siano rispettati i

seguenti criteri di applicabilità previsti dalla norma: siano definiti gruppi a esposizione omogenea (deviazione standard geometrica ≤ 3); sia disponibile un numero minimo di sei misure di esposizione in ogni gruppo omogeneo; i dati siano distribuiti su una curva di frequenza log-normale.

Entrambe le procedure consentono di terminare la valutazione dell'esposizione professionale ai fini del confronto con il valore limite individuando tre possibilità: la zona verde identifica una condizione espositiva ben al di sotto del valore limite, la zona arancio un'esposizione che sembra inferiore al valore limite ma va confermata con misurazioni periodiche, la zona rossa una probabilità di superamento del valore limite troppo elevata, che richiede di attuare al più presto provvedimenti di riduzione dell'esposizione.

Nelle fasi lavorative in cui non erano disponibili almeno sei misure, al fine di prevedere nel medio-lungo periodo il rispetto del valore limite, è stato utilizzato il *test statistico OTL (One-sided Tolerance Limits, Tuggle, 1982)* (18, 21, 24). Tale criterio permette di affermare con un livello di confidenza prescelto, mediante un numero ridotto di campio-

namenti, se nell'ambiente in esame i valori di riferimento sono rispettati per una percentuale prestabilita di volte, anche nei periodi non sottoposti a monitoraggio: è considerata *accettabile*, con un livello di confidenza del 95%, una situazione ambientale nella quale i valori di concentrazione superiori al VLE *non siano maggiori del 5%* rispetto al numero totale. Nel caso che le misure non permettano di collocarsi né in una zona di accettabilità né di inaccettabilità, ci si trova in una situazione di *incertezza* da definire più accuratamente aumentando il numero dei campionamenti, al fine di ridurre la variabilità fra le misure.

Le diverse fasi di lavoro sono state infine confrontate fra di loro con il test ANOVA applicato ai valori medi della concentrazione di SLC (5).

RISULTATI

Nella figura 1 è illustrata la distribuzione dei risultati dei campionamenti effettuati in termini di frazione respirabile (FR) in mg/m^3 , silice libera cri-

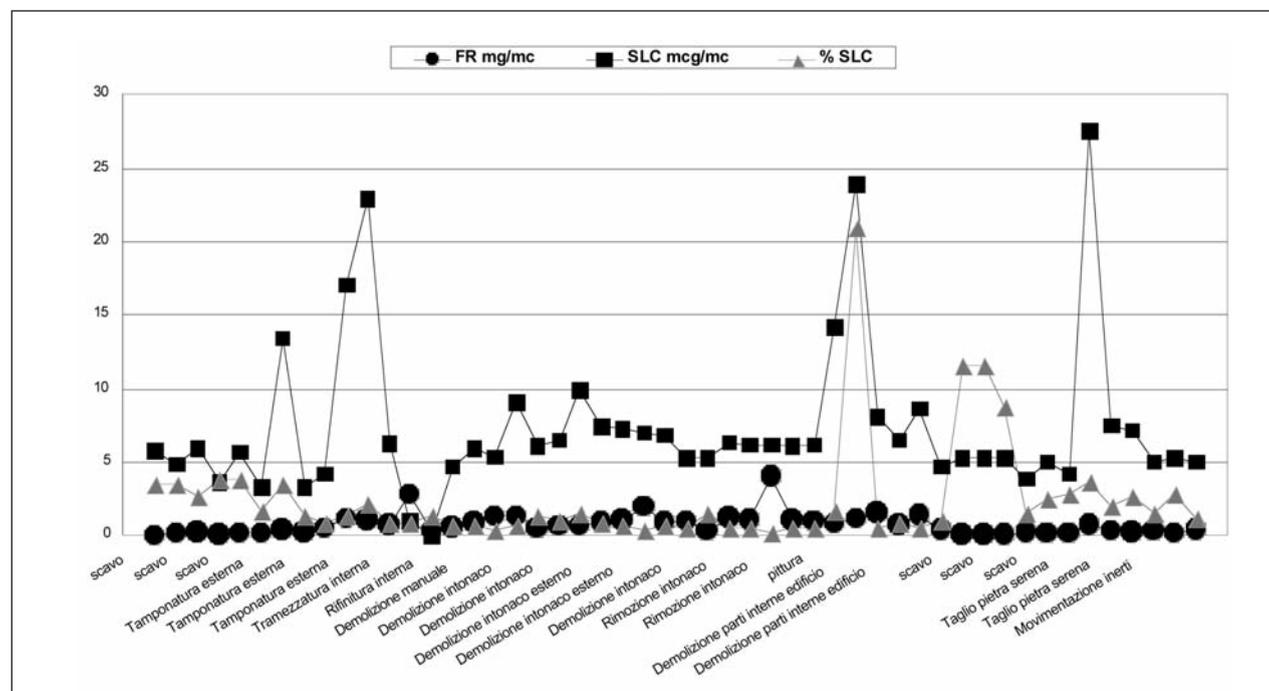


Figure 1 - Concentrazioni di polvere respirabile (FR) (mg/m^3), di SLC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), percentuale di SLC nei singoli campioni
Figure 1 - Respirable particle concentrations (FR) (mg/m^3), crystalline silica concentrations (SLC) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), percentage of crystalline silica in the single samples

stallina (SLC) in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e infine in termini di percentuale di silice libera cristallina nella frazione respirabile (%SLC). Nelle figure 2, 3, 4 è invece illustrata la distribuzione dei valori di esposizione personale a SLC rilevata durante le diverse fasi di la-

avoro, rispettivamente, edificazione, ristrutturazione, costruzione strade e movimentazione meccanica inerti. Nella figura 5 è invece illustrata la distribuzione dei valori medi dell'esposizione personale durante le diverse fasi di lavorazione.

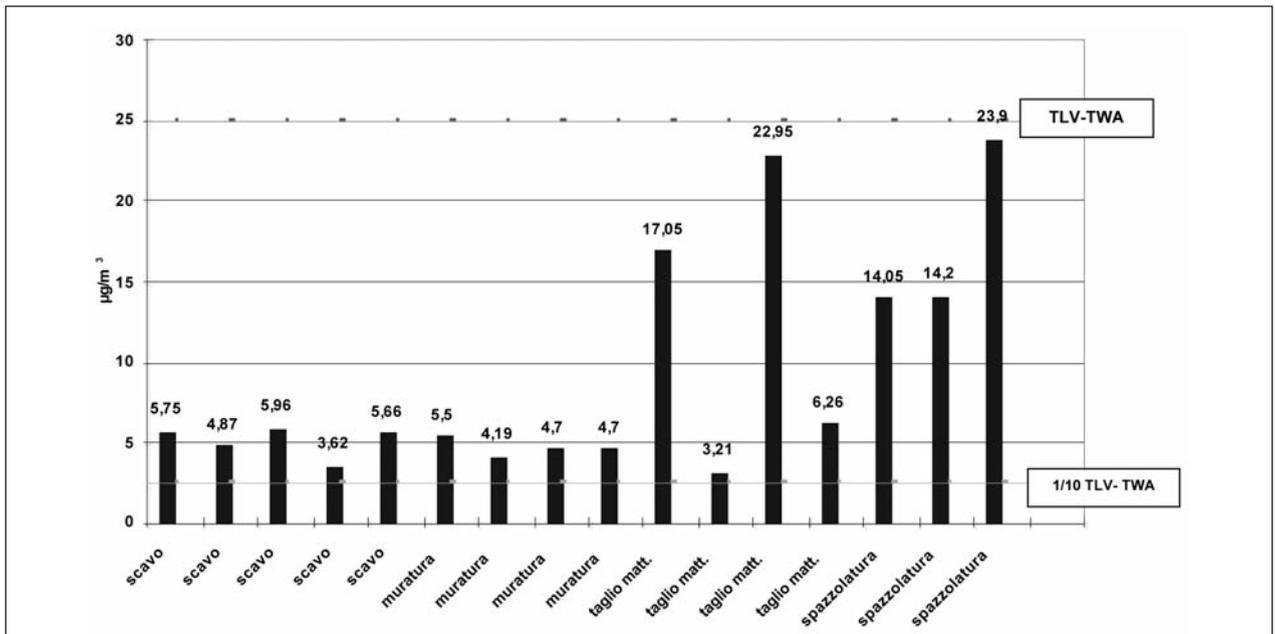


Figura 2 - Concentrazioni di SLC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) durante l'edificazione

Figure 2 - Crystalline silica concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in construction of new buildings

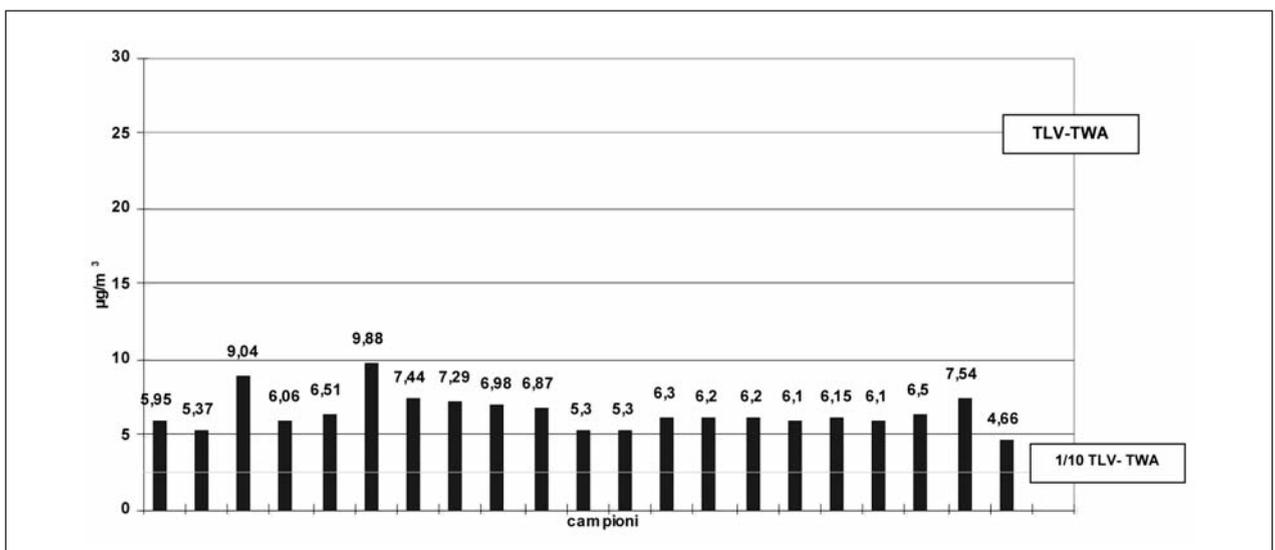


Figura 3 - Concentrazioni di SLC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) durante la demolizione di un vecchio edificio

Figure 3 - Crystalline silica concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in renovation of old buildings

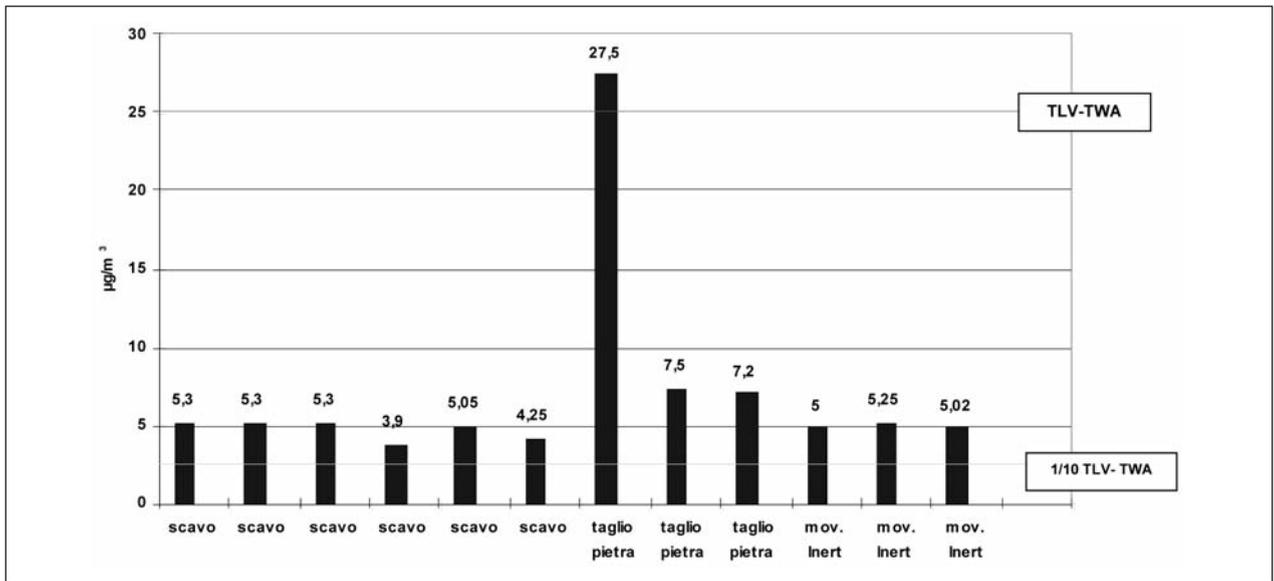


Figura 4 - Concentrazioni di SLC (µg/m³) nella costruzione delle strade e nella movimentazione meccanica di inerti
 Figure 4 - Crystalline silica concentrations (µg/m³) in road construction and in transport of aggregates by loaders in crushing plants

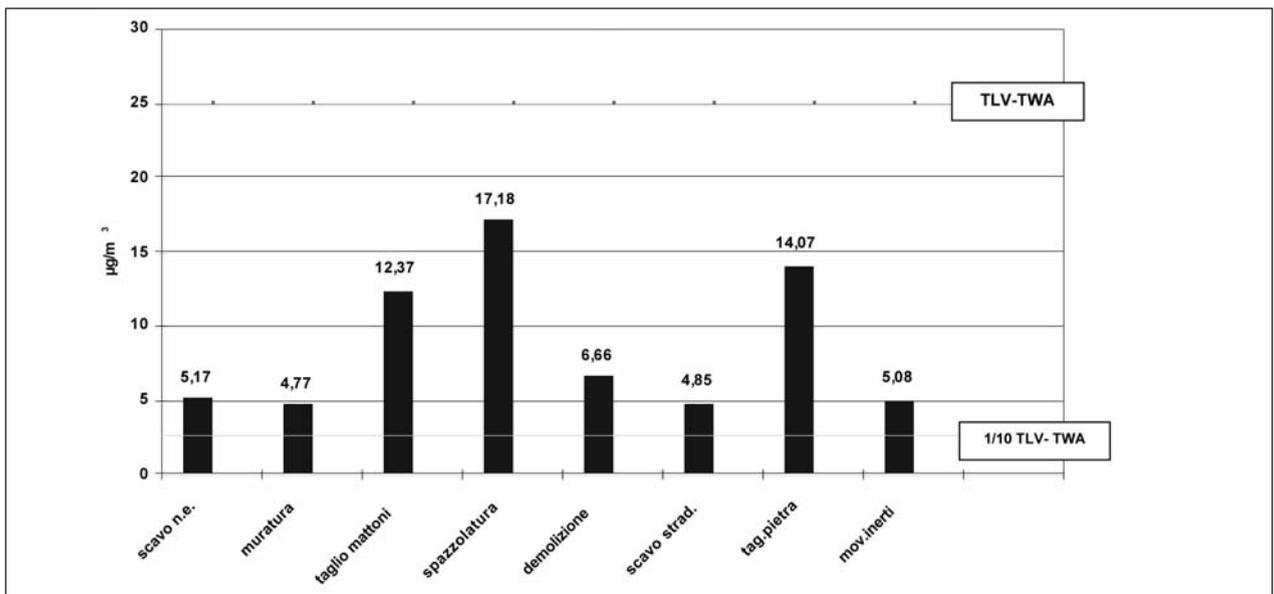


Figura 5 - Medie aritmetiche dei valori di esposizione a SLC ripartite per tutte le lavorazioni
 Figure 5 - Mean values of exposure to crystalline silica (µg/m³) in the various jobs

Nelle tabelle 1a, 2a, 3a e 4a, rispettivamente per le lavorazioni di edificazione, ristrutturazione, costruzione strade, movimentazione di inerti, sono illustrati i livelli di esposizione a polvere respirabile (FR) espressi come media aritmetica (MA), deviazione standard (DS), media geometrica, (MG), de-

viazione standard geometrica (DSG) e limite fiduciale superiore al 95% (LFS95%) (3, 12). Parallelamente, nelle tabelle 1b, 2b, 3b e 4b sono invece illustrati gli stessi parametri per la SLC accompagnati dai risultati dell'applicazione del Test OTL e, dove indicato, della procedura formale di cui al-

Tabella 1a - Edificazione. Concentrazioni di polvere respirabile (mg/m³)*Table 1a* - Construction of new buildings. Respirable particle concentrations (mg/m³)

Fase di lavoro	N° oss.	Media aritmetica	Deviazione standard	Media geometrica	Deviazione standard geometrica	Limite fiduciale superiore (95%)
Scavo	5	0,15	0,5	0,14	1,38	0,2
Tamponatura tramezzatura interna (muratura)	4	0,41	0,18	0,37	1,65	0,65
Tamponatura tramezzatura interna (taglio mattoni)	4	0,82	0,43	0,69	2,13	1,4
Spazzolatura pareti esterne	3	0,79	0,38	0,71	1,76	1,58

Tabella 2a - Ristrutturazione. Concentrazioni di polvere respirabile (mg/m³)*Table 2a* - Renovation of old buildings. Respirable particle concentrations (mg/m³)

Fase di lavoro	N° oss.	Media aritmetica	Deviazione standard	Media geometrica	Deviazione standard geometrica	Limite fiduciale superiore (95%)
Demolizione intonaco e parti interne di edificio	21	1,1	0,74	0,96	1,67	1,39

Tabella 3a - Costruzione strade. Concentrazioni di polvere respirabile (mg/m³)*Table 3a* - Road construction. Respirable particle concentrations (mg/m³)

Fase di lavoro	N° oss.	Media aritmetica	Deviazione standard	Media geometrica	Deviazione standard geometrica	Limite fiduciale superiore (95%)
Scavo	6	0,13	0,09	0,1	2,11	0,21
Taglio pietra	3	0,47	0,27	0,42	1,72	1,02

Tabella 4a - Impianto di frantumazione inerti. Concentrazioni di polvere respirabile (mg/m³)*Table 4a* - Transport of aggregates by loaders in crushing plants. Respirable particle concentrations (mg/m³)

Fase di lavoro	N° oss.	Media aritmetica	Deviazione standard	Media geometrica	Deviazione standard geometrica	Limite fiduciale superiore (95%)
Movimentazione meccanica inerti	3	0,31	0,11	0,29	1,53	0,54

l'Appendice C o del criterio statistico di cui all'Appendice D della norma UNI EN 689/1997 (10, 16, 21).

L'andamento dei valori della DSG, inferiore a 3, indica che i lavoratori impegnati nelle diverse fasi

di lavoro indagate costituiscono gruppi a esposizione omogenea (16).

L'analisi della distribuzione dei singoli dati di esposizione a polveri (figura 1) evidenzia in quasi tutti i campioni concentrazioni di SLC inferiori ai

Tabella 1b - Edificazione. Concentrazioni di silice libera cristallina ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Table 1b - Construction of new buildings. Crystalline silica concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Fase di lavoro	N° oss.	Media aritmetica	Deviazione standard	Media geometrica	Deviazione standard geometrica	Limite fiduciale superiore (95%)	Test OTL	Procedura App.C UNI EN 689
Scavo	5	5,17	0,96	5,09	1,23	6,19	accettabile	valori di esposizione $\leq 1/4$ VLE
Tamponatura tramezzatura interna (muratura)	4	4,77	0,54	4,75	1,12	5,51	accettabile	valori di esposizione $\leq 1/4$ VLE
Tamponatura tramezzatura interna (taglio mattoni)	4	12,37	9,22	9,42	2,48	24,89	incertezza	$1/4$ VLE < valori di esposizione ≤ 1 VLE
Spazzolatura pareti esterne	3	17,18	5,84	16,58	1,37	29,23	incertezza	$1/4$ VLE < valori di esposizione ≤ 1 VLE

VLE= Valore limite di esposizione (ACGIH 2010): $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$

TLV-TWA (ACGIH 2010): $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabella 2b - Ristrutturazione. Concentrazioni di silice libera cristallina ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Table 2b - Renovation of old buildings. Crystalline silica concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Fase di lavoro	N° oss.	Media aritmetica	Deviazione standard	Media geometrica	Deviazione standard geometrica	Limite fiduciale superiore (95%)	Test OTL	Procedura App.C UNI EN 689
Demolizione intonaco e parti interne di edificio	21	6,66	1,26	6,55	1,2	7,14	accettabile	Probabilità superamento del VLE: $\leq 0,1\%$

Valore limite di esposizione (ACGIH 2010): $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$

TLV-TWA (ACGIH 2010): $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabella 3b - Costruzione strade. Concentrazioni di silice libera cristallina ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Table 3b - Road construction. Crystalline silica concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Fase di lavoro	N° oss.	Media aritmetica	Deviazione standard	Media geometrica	Deviazione standard geometrica	Limite fiduciale superiore (95%)	Test OTL	Procedura App.C UNI EN 689
Scavo	6	4,85	0,62	4,81	1,14	5,41	accettabile	valori di esposizione $\leq 1/4$ VLE
Taglio pietra	3	14,07	11,63	11,41	2,14	38,9	incertezza	un valore di esposizione > VLE

VLE= Valore limite di esposizione (ACGIH 2010): $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$

TLV-TWA (ACGIH 2010): $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabella 4b - Impianto di frantumazione inerti. Concentrazioni di silice libera cristallina ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Table 4b - Transport of aggregates by loaders in crushing plants. Crystalline silica concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Fase di lavoro	N° oss.	Media aritmetica	Deviazione standard	Media geometrica	Deviazione standard geometrica	Limite fiduciale superiore (95%)	Test OTL	Procedura App.C UNI EN 689
Movimentazione meccanica inerti	3	5,08	0,14	5,08	1,03	5,38	accettabile	valori di esposizione $\leq 1/4$ VLE

Valore limite di esposizione (ACGIH 2010): $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$

TLV-TWA (ACGIH 2010): $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$

valori limite di riferimento con una percentuale di SLC nella polvere respirabile inferiore all'1% in 20 casi, compreso tra 1% e 5% in 21 casi e maggiore del 5% in 4 casi ed una bassa correlazione ($r=0,13$) tra concentrazioni di FR e concentrazioni di SLC.

Per quanto riguarda l'analisi dell'esposizione a polveri nelle diverse tipologie esplorate, si evidenzia quanto segue.

Edificazione: dai dati di esposizione a SLC emerge che durante le lavorazioni dello "scavo" e della "muratura" i valori di esposizione a SLC sono contenuti entro il 25% del TLV-TWA. Pertanto, applicando la procedura formale della norma UNI-EN 689/97, appendice C, l'esposizione si colloca nella zona "VERDE". Tale risultato è confermato dal test OTL che depone per una condizione di accettabilità della situazione ambientale nel medio lungo periodo.

Durante le lavorazioni del "taglio mattoni" e della "spazzolatura", effettuata sia durante la muratura sia prima della pittura delle pareti esterne, i valori di esposizione a SLC sono più elevati e caratterizzati da una maggiore variabilità, soprattutto durante il taglio dei mattoni, come testimoniano gli elevati valori delle DS. Il LFS 95% nel gruppo dei lavoratori addetti al "taglio mattoni" è molto prossimo al VLE, mentre nel gruppo di addetti alla "spazzolatura" supera tale valore. In entrambe le fasi di lavoro l'esposizione si colloca nella zona "ARANCIO" e il test OTL depone per una condizione di incertezza nel medio lungo periodo (tabella 1b).

Ristrutturazione: l'esposizione a SLC è contenuta entro il TLV-TWA sia in termini di media aritmetica che di LFS 95%. In tale fase di lavoro,

avendo a disposizione un numero di osservazioni superiore a sei, è stato possibile applicare il criterio statistico di cui all'appendice D della norma UNI EN 689/97, dal quale risulta che la probabilità di superamento del valore limite è inferiore allo 0,1%, con un livello di confidenza del 95% e che, pertanto, l'esposizione si colloca nella zona "VERDE". A conferma di una condizione espositiva ampiamente contenuta entro il VLE, il test OTL depone per una situazione di accettabilità nel medio lungo periodo (tabella 2b).

Costruzione strade: le lavorazioni di "scavo" mostrano valori più contenuti, paragonabili a quelli dello "scavo" nella costruzione di un nuovo edificio; pertanto l'esposizione si colloca nella zona "VERDE" secondo la procedura formale di cui all'Appendice C e il test OTL depone per una condizione di accettabilità nel medio lungo periodo.

Durante il "taglio della pietra Serena", utilizzata per la pavimentazione stradale, i valori sono invece più elevati e, in alcuni casi, superiori al TLV-TWA. Pertanto l'esposizione si colloca nella zona "ROSA" secondo la procedura formale di cui all'Appendice C e il test OTL depone per una condizione di incertezza nel medio lungo periodo (tabella 3b).

Movimentazione di inerti con pala meccanica: i valori di esposizione a SLC derivano da valori inferiori al limite di rilevabilità del metodo analitico, tuttavia sono stati ugualmente elaborati considerando per il calcolo la metà di tale limite, secondo quanto indicato nella procedura formale di cui all'appendice C.3 (14). La media aritmetica e il LFS 95% sono compresi fra 1/10 e 1/2 del VLE, pertanto la situazione espositiva si colloca nella zona "VERDE"; il risultato è confermato dal test OTL:

condizione di accettabilità nel medio lungo periodo (tabella 4b).

L'indagine ha evidenziato un'esposizione dei lavoratori a SLC presente in tutte le fasi di lavoro con differenti livelli di esposizione nelle quattro tipologie di cantieri indagate. L'analisi della varianza applicata ai valori medi nelle diverse fasi di lavoro ha inoltre evidenziato differenze statisticamente significative ($P < 0,01$), deponendo per una esposizione variabile e diversa in relazione alla tipologia di attività svolta (10).

DISCUSSIONE

I risultati ottenuti nel nostro studio consentono di affermare come il profilo di rischio del settore cantieristico si caratterizzi anche per una diffusa esposizione dei lavoratori a SLC. Una esposizione che, tuttavia ed in termini di esposizione media a FR e SLC, risulta piuttosto variabile e tendente a livelli largamente inferiori rispetto a quelli riportati in altri studi di comparto compiuti in altri paesi extraeuropei (6, 20). Viceversa detti livelli di esposizione appaiono molto simili a quelli ottenuti in più recenti studi europei (3) e del tutto sovrapponibili, anche per quanto riguarda le concentrazioni di SLC nella FR, a quelli rilevati, in fasi di lavoro analoghe, in più recenti studi italiani (19). Gran parte delle differenze descritte, in particolare quelle con i paesi extraeuropei, possono trovare una ragionevole spiegazione nella forte variabilità che caratterizza i contesti di lavoro nel settore edile dove, sottese a classificazioni apparentemente simili, in realtà possono nascondersi condizioni operative (tipologia di sito e di attività edile, materiali, attrezzature di lavoro, procedure di lavoro, condizioni ambientali..) anche molto diverse. Una tale condizione, peraltro, rende anche difficilmente confrontabili i risultati ottenuti nelle diverse ricerche, soprattutto quando sono rappresentati sinteticamente come grandi gruppi omogenei di attività.

Ad ulteriore spiegazione delle differenze citate deve essere ricordata anche l'influenza dei fattori di variabilità connessi alle metodologie di campionamento ed ai sistemi di analisi utilizzati (13, 19, 22,

23), ivi compresa la variabile durata dei prelievi (7), fattori che singolarmente, ed a maggior ragione insieme, costituiscono sicure fonti di variazione dei risultati e quindi elementi di criticità anche nella interpretazione e confronto di dati provenienti da studi diversi; in particolare in presenza di esposizioni a bassi livelli di FR e SLC.

Un dato di sicuro interesse ai fini preventivi risiede anche nell'aver rilevato una concentrazione di SLC nella FR variabile ma tendenzialmente bassa, con il 44% dei valori addirittura inferiori all'1%. Un tale andamento unitamente alla bassa correlazione rilevata tra i valori di FR e di SLC, può essere ricondotto sia alla variabile composizione mineralogica dei materiali fonte del particolato, sia alle caratteristiche dimensionali delle particelle di quarzo, con prevalenza di particolato a granulometria relativamente alta e quindi scarsamente rappresentato nella FR. D'altronde un fatto simile trova riscontro anche in quanto rilevato da alcuni studi (19), dove accanto ad una polvere inalabile generalmente caratterizzata da una bassa quota di FR, una significativa presenza di SLC è stata riscontrata solo all'interno del particolato di dimensioni granulometricamente maggiori; il tutto deponendo per una bassa presenza di SLC nella FR e quindi per una scarsa possibilità di penetrazione della stessa all'interno delle basse vie aeree.

Alla luce di quanto sopra e pur in presenza di livelli di esposizione a SLC piuttosto contenuti, stante l'attività conioga e cancerogena del quarzo, appare comunque utile continuare nell'attività di monitoraggio intrapresa. Ciò al fine di valutare nel tempo l'andamento dei livelli di rischio, di incrementare le conoscenze sui livelli di esposizione caratterizzanti le diverse fasi di lavoro, dettagliandone in maniera più approfondita il contesto specifico lavorativo (lavoro a mano, con utensili vibranti, a secco o con bagnatura, interni o esterni, materiali lavorati/incontrati..) e per migliorare il potere informativo dei dati rilevati anche in termini di predittività lesiva e di confronto con altri studi sul campo.

L'esperienza realizzata conferma anche che, in particolare in caso di inquinanti caratterizzati da effetti dilazionati nel tempo, il monitoraggio dei livelli di esposizione rappresenta un insostituibile

strumento di prevenzione e questo non solo per il suo indubbio valore di indicatore di efficacia delle misure di prevenzione adottate, ma anche perché attraverso esso diventa possibile costruire una base di dati espositivi utilizzabili anche ai fini della interpretazione di eventuali fenomeni clinico – epidemiologici che dovessero verificarsi nei lavoratori del comparto a distanza nel tempo.

Per quanto riguarda le misure di tutela da adottare nelle lavorazioni esaminate, emerge la necessità di concentrare le energie preventive nelle fasi di lavoro che si sono rivelate a maggior rischio da SLC come il “taglio di mattoni”, la “spazzolatura delle pareti esterne”, il “taglio di pietra Serena” e, in generale, la demolizione di intonaci e di parti interne di edificio. Energie preventive da intendersi come misure tecnico-organizzative, collettive ed individuali volte al contenimento della esposizione a SLC, misure di informazione e formazione, misure comportamentali e misure di controllo sanitario preventivo e periodico. In quest’ultimo caso orientandosi su indicatori di stato e di funzionalità dell’apparato respiratorio il più possibile specifici rispetto al profilo di danno dell’agente di rischio in questione.

NO POTENTIAL CONFLICT OF INTEREST RELEVANT TO THIS ARTICLE WAS REPORTED

BIBLIOGRAFIA

1. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Cincinnati, OH: *Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices* (2010)
2. ARCARI C, ZAMBONELLI A, PASSERA G, et al: Garanzia di qualità nella determinazione dei metalli aerodispersi. Atti: *Il rischio chimico negli ambienti di lavoro*. Modena 10,11,12 Ottobre 1996, Azienda USL di Modena Editore, 2006
3. BUJAK-PIETREK S: Dust exposure assessment among construction workers in Poland, 2001-2005. *Med Pr* 2009; 60: 247-257
4. CAMPOPIANO A: *Rassegna dei metodi di campionamento e analisi della silice libera cristallina nella letteratura internazionale*. RisCh 2005, Azienda USL Modena Editore, 2005: 193-204
5. COLTON T: *Statistica in medicina*. Padova: Piccin Editore, 1979
6. FLANAGAN ME, SEIXAS N, MAJAR M, et al: Silica dust exposures during selected construction activities. *AIHA* 2003; 64: 319-328
7. FLANAGAN ME, SEIXAS N, BECKER P, et al: Silica exposure on construction sites: results of an exposure monitoring data compilation project. *J Occup Environ Hyg* 2006; 3: 144-152
8. FUBINI B, FENOGLIO I: Questioni aperte sulla cancerogenesi da quarzo dopo il giudizio della IARC: ruolo della chimica di superficie nella variabilità del rischio da silice cristallina. Seminario di studio *Patologie da silice: silicosi, cancro ed altre malattie*, Trento, 8 maggio 2001
9. INTERNATIONAL AGENCY OF RESEARCH ON CANCER (IARC): Evaluation of carcinogenic risk of chemicals to humans. *Silica, some silicates, coal dusts para-aramid fibrils*. Monographs, vol. 68, Lyon, France, 1997
10. Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS), Parigi: *ALTREXCHIMIE 2.0.1* (2010), www.inrs.fr
11. MARCONI A: La determinazione della silice libera cristallina nei campioni aerei e in massa: il rinnovato interesse per questo tema e le recenti iniziative nazionali. Atti del 23° Congresso Nazionale A.I.D.I.I. a cura di Bartolucci GB, Cavallo D, Peretti A, et al. Bologna 22-24 giugno 2005: 18-31
12. METODO UNICHIM n. 285/2003: *Ambienti di lavoro. Determinazione della frazione respirabile delle polveri atmosferiche*.
13. MISCETTI G, LUCIANI G, MAZZANTI M, et al: Confronto tra due selettori granulometrici: Dorr-Oliver e GS3 nel campionamento di polveri respirabili per la determinazione di quarzo. *Med Lav* 2010; 101: 139-144
14. NORMA UNI EN 481/94: *Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Definizione delle frazioni granulometriche per la misurazione delle particelle aerodisperse*
15. NORMA UNI EN 482/98: *Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Requisiti generali per le prestazioni dei procedimenti di misurazione degli agenti atmosferici*
16. NORMA UNI EN 689/97: *Guida alla Valutazione dell'esposizione per inalazione a composti chimici ai fini del confronto con i valori limite e strategia di misurazione*
17. NORMA UNI EN 1232/99: *Atmosfera negli ambienti di lavoro. Pompe per il campionamento personale di agenti chimici. Requisiti e metodi di prova*
18. POZZOLI L, MAUGERI U: *Igiene industriale*. La Goliardica Pavese, 1986
19. PROGETTO DI RICERCA ISPESL n. C14/DIL/02: *La valutazione dell'esposizione a silice cristallina per il settore delle costruzioni*. www.ispesl.it
20. RAPPAPORT SM, GOLDBERG M, SUSI P, HERICCK R: Excessive exposure to silica in the U.S. construction industry. *Ann Occup Hyg* 2003; 47: 111-122

21. REGIONE TOSCANA: *Linee Guida nell'esposizione professionale a silice libera cristallina*. NIS (Network Italiano Silice) Coordinamento Regioni ISPESL-ISS-INAIL, Dicembre 2005: 53-95
22. SCANCARELLO G, BANCHI B, SCIARRA G, et al: *Criticità nel campionamento e nell'analisi della SLC: confronto tra due selettori granulometrici e controllo interlaboratoristico tra due laboratori di sanità pubblica della regione Toscana*. Network Italiano Silice Firenze, 14/09/05
23. SCIARRA G, SCANCARELLO G, VINCENTINI M, et al: *Silice libera cristallina: problematiche relative al campionamento e alla scelta del selettore*. Giornale degli Igienisti Industriali 2009; 34: 272-282
24. TUGGLE RM: *Assessment of occupational exposure using onesided tolerance limits*. Am Ind Hyg Assoc 1982; 43: 338-346