



Direzione Regionale per il Trentino

in collaborazione con

AZIENDA PROVINCIALE PER I SERVIZI SANITARI - TRENTO

ATTI SEMINARIO DI STUDIO

“PATOLOGIE DA SILICE: SILICOSI, CANCRO ED ALTRE MALATTIE”

Trento, 8 maggio 2001

INAIL

Direzione Regionale per il Trentino

in collaborazione con

AZIENDA PROVINCIALE PER I SERVIZI SANITARI – TRENTO

ATTI SEMINARIO DI STUDIO

**“PATOLOGIE DA SILICE:
SILICOSI, CANCRO ED ALTRE MALATTIE”**

Trento, 8 maggio 2001

Comitato Scientifico

Chiara Buffa
Claudio Correzzola
Antonio Cristofolini
Alfonso Piccioni
Fiorella Rullo

Segreteria Organizzativa

Alessandra Bisdomini
Chiara Buffa
Claudio Correzzola
Claudia Donaggio
Sonia Gadler
Giuseppe Iacoviello
Maria Grazia Nardelli
Alfonso Piccioni
Lidia Stancher

INAIL

Direzione Regionale per il Trentino
Via Gazzoletti, 1 - 38100 TRENTO
Tel. 0461.374211 - Fax 0461.374200

Saluto del Direttore Regionale INAIL per il Trentino

Nel porgere il saluto agli ospiti ed ai funzionari delle CONTARP regionali che hanno raccolto il nostro invito, voglio esprimere un doveroso ringraziamento all'Azienda Provinciale per i Servizi Sanitari di Trento, nella persona del dott. Antonio Cristofolini, ed ai relatori nonché ai colleghi che hanno collaborato alla iniziativa per questo Seminario sulle patologie da silice.

La scelta dell'argomento non è casuale, in quanto il rischio da "silice libera cristallina aerodispersa" è sicuramente presente nella lavorazione del porfido nelle vallate trentine, sia in cava che in laboratorio, con un numero di addetti che supera le 2000 unità.

La elevata professionalità dei relatori consentirà di approfondire le conoscenze anche attraverso suggerimenti sulle metodologie da applicare per la rilevazione dei rischi e le conseguenti degenerazioni delle patologie tumorali e sul sistema autoimmune, fornendo utili indicazioni per coloro che operano nel campo della prevenzione ed a tutela dell'igiene e sicurezza negli ambienti di lavoro.

I risultati del Seminario formeranno oggetto di pubblicazione in previsione del prossimo convegno sulla silicosi che si terrà a S. Margherita Ligure nel settembre 2002.

Ancora grazie ebuon lavoro.

dott. Randolph Brochetelli

Apertura dei lavori

Questo Seminario ha ad oggetto le patologie da silice, tema di indubbio interesse per chi si occupa di rischi e patologie correlate agli ambienti di lavoro.

Questa iniziativa nasce dalla collaborazione (dell'INAIL) con l'Azienda Sanitaria Provinciale che ringraziamo nella persona del dott. Cristofolini e dei suoi colleghi presenti in sala.

Sulla importanza della collaborazione fra Enti che sono istituzionalmente preposti alla tutela della salute negli ambienti di lavoro ci appare quasi superfluo spendere delle parole anche perché tale collaborazione è espressamente prevista e sollecitata da importanti interventi legislativi (D.L. 626 e 242) e documenti programmatici in tema di salute pubblica (Piano Sanitario Nazionale 2000-2002, Carta 2000 per la Sicurezza sul lavoro).

Ci sembra, invece, doveroso accennare alla concretizzazione che tali indicazioni legislative stanno avendo nel nostro ambito provinciale e, quindi, prima fra tutte alla recente stesura di un Protocollo d'intesa avente per oggetto il "Piano Operativo per la prevenzione e la sicurezza sui luoghi di lavoro".

Lo stesso Protocollo sarà sottoscritto proprio oggi pomeriggio presso l'Assessorato alle Politiche Sociali dalla P.A.T. , dall'A.P.S.S., dall'INAIL, dall'ISPESL, dalle Organizzazioni Sindacali Confederali, dalle Associazioni Datoriali e dal Consorzio dei Comuni d'intesa con il Comitato di Coordinamento di cui all'art. 27/626.

Tale piano operativo si configura come lo strumento necessario per assicurare una condivisione di obiettivi e strategie operative tra i vari soggetti coinvolti al fine di realizzare al meglio la tutela della salute negli ambienti di lavoro.

Inoltre la chiara individuazione nel protocollo dei soggetti abilitati ad occuparsi, nel nostro ambito Provinciale, di tali tematiche tende ad evitare quella molteplicità e frammentarietà di interventi messi in campo, a volte, da soggetti non pienamente abilitati.

Ed è doveroso ricordare in questa Sede che la necessità di un Piano Operativo congiunto fu sottolineata dalle forze sociali un anno fa proprio in occasione di un

Convegno, tenuto presso l'IRST di Povo, sul tema della salute negli ambienti di lavoro e che vide la partecipazione del Sen. Smuraglia.

E nell'auspicio che anche dall'incontro odierno possano nascere iniziative di tale portata auguro a tutti un buon lavoro.

dott.ssa Fiorella Rullo

Sovrintendente Medico Regionale INAIL per il Trentino

Le patologie da silice, un problema che ritorna

dott. Antonio Cristofolini

Nucleo Operativo del Medico Competente
Azienda Provinciale per i Servizi Sanitari - Trento

Negli ultimi anni, interrogando le banche dati dedicate alla letteratura scientifica in campo sanitario, si riscontra un aumento di pubblicazioni su un argomento che si riteneva desueto: la silice, in particolare richiedendo l'associazione "silica & cancer".

Il "mal della pietra" è stato descritto da secoli tra gli scalpellini e i cavatori e, nel corso del XX secolo, fu riconosciuto tra gli addetti a miniere e trafori, i produttori di ceramiche, stoviglie e refrattari, i fonditori di metalli, i sabbiatori, gli addetti all'edilizia.

Nella prima metà del secolo scorso la silicosi polmonare è stata la più frequente e la più grave delle malattie professionali.

Ancora negli anni settanta in Italia venivano denunciati e riconosciuti ogni anno migliaia di casi di silicosi e questa tecnopatia comportava centinaia di casi di morte all'anno.

In corrispondenza con l'evoluzione dello scenario lavorativo (riduzione degli esposti per chiusura di attività produttive, turnover, introduzione di nuove tecnologie ed eliminazione delle lavorazioni più pericolose come la perforazione a secco) la numerosità e la gravità dei nuovi casi di silicosi sono stati progressivamente ridimensionati negli ultimi anni e riguardano in buona parte soggetti anziani con esposizione a polvere iniziata in tempi piuttosto remoti e protratta per lunghi periodi.

I livelli di polverosità che ancor oggi si rilevano in molte attività industriali non garantiscono tuttavia dal rischio di silicosi.

Il valore limite che per anni è stato adottato per la silice cristallina si è rivelato, secondo recenti studi, non tutelativo rispetto all'insorgenza di silicosi in lavoratori esposti per un congruo numero di anni.

E' stato pertanto proposto dalle autorità igienistiche internazionali la riduzione di tale valore fino quantomeno al suo dimezzamento, con evidenti implicazioni sia dal punto di vista del controllo del rischio che dal punto di vista assicurativo.

La silicosi polmonare non è peraltro che l'aspetto più noto dell'attività biologica della silice: fin dal 1950 si considera la malattia silicotica una malattia sistemica generalizzata che, originatasi nel polmone, spesso interessa altri apparati ed organi.

L'associazione tra malattia silicotica e patologie autoimmuni come lupus, artrite reumatoide e sclerodermia è nota da decenni.

Recentemente sono emerse evidenze scientifiche relative all'effetto della esposizione a silice nel favorire la comparsa di malattie renali, sempre su base autoimmune.

L'associazione tra silicosi e cancro polmonare fu dibattuta nel primo dopoguerra, ripresa negli anni settanta in particolare con il lavoro di Barbareschi e collaboratori sul carcinoma polmonare in silicotici professionali della Provincia di Trento.

Le ricerche in questo campo ebbero un impulso dall'interessamento dell'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) che, sulla base di numerosi studi epidemiologici e considerati i risultati degli studi sperimentali, nel 1997 ha valutato come sufficiente l'evidenza di cancerogenicità della silice cristallina, classificandola nel gruppo 1 degli agenti cancerogeni.

La IARC, nella monografia del 1997 ha affermato: "La silice cristallina inalata in forma di quarzo o cristobalite da sorgenti occupazionali è cancerogena per gli umani".

Nella stessa monografia viene fatto notare peraltro che la cancerogenicità negli umani non è stata individuata in tutte le circostanze industriali studiate e pertanto può dipendere dalle caratteristiche intrinseche della silice cristallina o da fattori esterni che interessano la sua attività biologica o la distribuzione dei suoi polimorfi.

Permane pertanto la necessità di approfondire la gravità del rischio di cancerogenicità delle diverse polveri contenenti silice e sulle circostanze di esposizione al rischio nelle diverse attività lavorative.

Per tutti gli aspetti patologici citati si deve comunque richiedere una forte attività di prevenzione, applicando tutti gli accorgimenti organizzativi, tecnici e procedurali utili alla riduzione al minimo dell'esposizione al rischio, tenuto conto delle consolidate conoscenze sulla fattibilità tecnica dell'abbattimento delle polveri nei settori produttivi interessati e permanendo comunque l'obbligo per il datore di lavoro di eliminare o ridurre al minimo il rischio.

In Italia il problema è lontano dall'essere risolto, lo dimostra l'elevato numero di indennizzi per silicosi e patologie correlate, che comportano un enorme costo sociale sia in termini economici sia in termini di danni alla salute e alla speranza e qualità di vita.

Nel contempo è necessario approfondire i problemi legati alle patologie emergenti correlate ad esposizione a silice e presumibilmente promosse anche da esposizioni a basse dosi.

E' evidente il rilievo che la problematica assume in un territorio come la Provincia di Trento dove, tra i comparti lavorativi a rischio di esposizione lavorativa a polveri silicee, si segnala una cospicua attività di estrazione e lavorazione di materiali lapidei ad alto contenuto di silice, concentrata nell'area di alcuni comuni in cui è stata rilevata una prevalenza di mortalità per tumore polmonare significativamente maggiore che nel resto della provincia.

In riferimento a questo contesto e con la consapevolezza della complessità delle problematiche connesse con l'attività biologica delle polveri di silice è stato concepito il Seminario di studio: "Patologie da silice: silicosi, cancro e altre malattie" promosso dalla Direzione Regionale per il Trentino dell'INAIL e dall'Azienda Provinciale per i Servizi Sanitari di Trento.

Esperti italiani di diverse discipline scientifiche hanno portato il loro contributo di conoscenza, maturato anche nel confronto in sedi ed istituzioni internazionali.

L'insieme delle relazioni ha centrato l'obiettivo di presentare un approccio interdisciplinare alle problematiche delle patologie da silice con il contributo dell'epidemiologia, della chimica e della tossicologia, dell'immunologia, dell'igiene industriale e della medicina del lavoro.

Stimolato dall'elevato livello delle comunicazioni scientifiche, il successivo dibattito è riuscito a coinvolgere anche chi opera nelle aziende e chi comunque è, a vario titolo, interessato all'attuazione del sistema di gestione della sicurezza e della salute sul posto di lavoro nei processi produttivi che possono comportare esposizione a polveri silicee.

Erano in effetti presenti ed hanno partecipato ad un'intensa discussione datori di lavoro, tecnici della sicurezza, medici del lavoro, igienisti, operatori degli enti assicurativi e di vigilanza, sindacalisti.

L'aggiornamento delle conoscenze scientifiche risulta particolarmente importante, nella prospettiva della prevenzione primaria, da mettere in atto fin dalla progettazione dei processi di lavoro.

In questa prospettiva devono essere coinvolti tutti i soggetti che intervengono nella gestione delle aziende, sotto la responsabilità del datore di lavoro, nella valutazione dei rischi e nella loro eliminazione in relazione alle conoscenze acquisite in base al progresso tecnico.

PATOLOGIE DA SILICE: SILICOSI, CANCRO ED ALTRE MALATTIE

Effetti sulla salute dell'esposizione a silice cristallina pag. 1

dott. F. Forastiere

Dipartimento di Epidemiologia ASL RME Roma

**Questioni aperte sulla cancerogenesi da quarzo
dopo il giudizio della IARC: ruolo della chimica di
superficie nella variabilità del rischio da silice cristallina** pag. 7

prof.ssa B. Fubini, prof.ssa I. Fenoglio

Dipart. di Chimica IFM Università degli Studi di Torino

**La silice come immunomodulatore e causa
di malattie autoaggressive** pag. 27

dott. C. Rovati, dott. C. Comotti,

U.O. Nefrologia e Dialisi Ospedale S. Chiara – Trento

Il rischio Silice in provincia di Trento pag. 41

dott. A. Piccioni, dott. C. Buffa, dott. C. Correzzola

CON.T.A.R.P. Direzione Regionale INAIL per il Trentino

**Problematiche nella valutazione dell'esposizione
a polveri contenenti silice**

pag. 59

dott. F. Cavariani, dott. L. Bedini

Laboratorio di Igiene Industriale, Dipartimento di Prevenzione, ASL Viterbo

Evoluzione delle esposizioni professionali a silice

pag. 77

dott. F. Carnevale, dott. F. Capacci

Azienda Sanitaria di Firenze, S.PISLL

**Attuali problematiche di gestione del rischio
“silice libera cristallina aerodispersa”
nelle attività estrattive e di scavo**

pag. 93

prof. ing. C. Clerici, prof. ing. M. Patrucco

Politecnico di Torino, Dipartimento Georisorse e Territorio

dott. ing. D. Savoca

Ministero industria e Commissione consultiva permanente

Prevenzione Infortuni e Igiene lavoro (Ministero Lavoro)

Effetti sulla salute dell'esposizione lavorativa a silice cristallina

F. Forastiere

Dipartimento di Epidemiologia, ASL RME

Via Santa Costanza 53, Roma

e-mail: Epiamb1@asplazio.it

Premessa

Gli effetti nocivi per la salute dell'esposizione lavorativa a silice cristallina sono conosciuti da anni, ma solo di recente la ricerca scientifica è stata in grado di stimare con sufficiente accuratezza il rischio di silicosi in relazione ai livelli di esposizione ambientale e da pochi anni si sono consolidate le evidenze relative all'associazione tra esposizione a silice, silicosi e tumore polmonare. Infine, le segnalazioni relative ad altre malattie potenzialmente causate dalla silice, patologie renali ed autoimmuni, sono sempre più numerose. Nel presente contributo sono brevemente considerate le conoscenze scientifiche relative a questi effetti sanitari.

SILICOSI

Il rischio di silicosi per i lavoratori esposti a polveri contenenti silice cristallina in numerose attività produttive è riconosciuto da almeno un secolo. La lesione caratteristica della silicosi, il nodulo silicotico, comprende un'area centrale di necrosi ialina circondata da fibrosi e da un anello di cellule infiammatorie (macrofagi, granulociti, linfociti e cellule giganti). Nelle fasi iniziali della malattia le aree tra i noduli sono relativamente intatte, senza evidenze di fibrosi. Con il tempo si instaura una fibrosi che distorce la normale struttura polmonare e può evolvere in insufficienza respiratoria, ipertensione polmonare, scompenso cardiaco e morte. La silicosi acuta e la silicosi massiva sono forme cliniche particolari relativamente rare.

L'importanza della fase iniziale della silicosi, silicosi semplice, è stata per lunghi anni sottovalutata e spesso non riconosciuta (Greaves, 2000). Non è sufficientemente consolidata, infatti, la nozione che le indagini radiologiche, anche condotte in modo standardizzato con le tecniche e le regole di lettura dell'International Labour Organization (ILO), hanno una sensibilità ridotta nel riconoscere le forme iniziali della patologia. La specificità di queste metodiche, tuttavia, è in genere elevata. In un lavoro del 1993, Hnizdo e coll. hanno valutato l'accuratezza della diagnosi radiografica (secondo i criteri ILO, tre osservatori) rispetto al riscontro autotopico di silicosi in 557 minatori dell'oro in Sud Africa. I valori di sensibilità (per un livello 1/1) erano compresi tra il 23% e il 39%, mentre la specificità era dell'ordine del 96-98%. La sensibilità del test aumentava quando era definito positivo un quadro radiografico di 1/0.

Le ricerche scientifiche degli ultimi anni hanno indicato che i livelli di polverosità che anche oggi si riscontrano in molte attività industriali non garantiscono dal rischio di silicosi. L'OSHA negli Stati Uniti ha per lunghi anni adottato il limite di 0.1 mg/m^3 di silice respirabile (quarzo) per otto ore lavorative. Sulla base di studi condotti in vari paesi (Hnizdo and Sluis-Kremer, 1993; Steenland and Brown, 1995; Kreiss and Zhen, 1996) è stato possibile stimare che un lavoratore esposto per 20 anni a tali concentrazioni ha una probabilità del 5-10% di sviluppare la silicosi. Il rischio raggiunge il 50-60% per esposizioni della durata di 40 anni (Finkelstein, 2000). Tali stime di rischio sono compatibili con i risultati relativi ad uno studio di coorte condotto nel comparto della ceramica di Civita Castellana nel Lazio (Cavariani et al, 1995). Il rischio cumulativo di silicosi (quadro radiografico 1/1) era pari a 48% per i lavoratori con un impiego di 30+ anni. L'ACGIH ha proposto la riduzione del limite a 0.05 mg/m^3 , ma anche se tale valore fosse osservato, ci sarebbe ancora un rischio importante di silicosi per il lavoratori pari a 10-20% per esposizioni della durata di 40 anni (Greaves, 2000).

TUMORE POLMONARE

Sulla base di numerosi studi di coorte e caso controllo, e considerata l'evidenza sperimentale, la Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro di Lione (IARC, 1997) ha valutato come "sufficiente" l'evidenza di cancerogenicità della silice cristallina. Molti studi (condotti anche nella realtà italiana) hanno indicato che i soggetti che hanno già sviluppato un quadro polmonare di silicosi sono più a rischio di tumore polmonare mentre l'evidenza di un effetto cancerogeno diretto della silice, senza silicosi, è stata per lunghi anni più controversa (Forastiere et al., 1986;

Forastiere et al., 1989; Merlo et al., 1991). Sul tema silice/silicosi e tumore polmonare, una rassegna del 1997 (Checkoway and Franzblau, 1997) concludeva che il processo silicotigeno non era necessario per la comparsa di un tumore polmonare. La controversia scientifica, tuttavia, sul ruolo cancerogeno della esposizione a silice è stata anche direttamente guidata da interessi industriali (Soutar et al, 2000; Hessel et al, 2000). In ogni caso, è stato stimato che l'esposizione cumulativa per 40 anni ai livelli raccomandati dall'OSHA (0.1 mg/m^3) comporta un aumento del 50% del rischio di tumore polmonare (Finkelstein, 2000). Cocco et al (2001) hanno recentemente proposto una riflessione sui possibili meccanismi biologici attraverso i quali la silice può contribuire al processo di cancerogenesi.

Risultati interessanti per una valutazione più completa del rischio di tumore polmonare provengono dall'analisi della mortalità per causa di 4269 lavoratori che avevano utilizzato sabbie silicee negli Stati Uniti (Steenland et al, 2001a) e non erano stati esposti ad altri cancerogeni polmonari. Per questi lavoratori è stata eseguita una accurata ricostruzione della esposizione lavorativa, e per ogni soggetto sono stati calcolati indici diversi di esposizione (durata, esposizione cumulativa, esposizione media) (Sanderson et al, 2001). È stato riscontrato un eccesso di rischio per tumore polmonare nella coorte ($\text{SMR}=1.60$, $95\% \text{CI}=1.31-1.93$), un'evidenza che l'abitudine al fumo non spiega più del 10-20% di tale aumento di rischio, e che il tumore polmonare è funzione sia dell'esposizione media sia dell'esposizione cumulativa. Steenland et al (2001b) hanno di recente condotto una metanalisi relativa a dieci studi di coorte per un complessivo numero di 1000 tumori polmonari. In tutti gli studi erano disponibili accurati dati di igiene industriale tali da permettere una ricostruzione retrospettiva degli indici di esposizione individuale. Gli autori concludono confermando il giudizio di cancerogenicità della IARC.

MALATTIE RENALI ED AUTOIMMUNI

L'associazione tra malattia silicotica e forme autoimmuni come il lupus, l'artrite reumatoide, la sclerodermia è nota da decenni sulla base di semplici case-reports. Recenti sono tuttavia le evidenze scientifiche relative al possibile effetto della esposizione a silice nel favorire la comparsa di malattie autoimmuni, comprese le malattie renali (Parks et al., 1999). In un recente studio del Lazio è stato documentato il maggior rischio dei lavoratori della ceramica di contrarre insufficienza renale (Rapiti et al, 1999). Analizzando i dati dello studio di coorte dei lavoratori delle sabbie silicee negli Stati Uniti, Steenland et al (2001c) hanno riscontrato un eccesso di morti per malattie renali e per artrite reumatoide ed un eccesso di casi con insuffi-

cienza renale in trattamento dialitico. In tutti i casi (mortalità per malattie renali, artrite reumatoide, ed insufficienza renale) è stata riscontrata una associazione di tipo dose-risposta con l'esposizione cumulativa a silice.

CONCLUSIONI

L'esposizione di silice libera alle concentrazioni che attualmente si registrano in alcuni ambienti di lavoro non offrono garanzie di protezione dei lavoratori. Deve oggi essere riconosciuto che la silicosi semplice rappresenta comunque uno stato di malattia agli stadi iniziali che comporta un elevato rischio di progressione e di gravi complicanze (tumore polmonare, malattia autoimmune). L'esposizione a silice sembra produrre danni per la salute indipendentemente dal processo silicotigeno. Mentre i programmi di sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti devono considerare la complessità delle patologie potenzialmente indotte da questo inquinante, gli interventi di prevenzione devono ridurre la esposizione anche sostituendo la silice con altri materiali e preparati.

BIBLIOGRAFIA

Cavariani F, Di Pietro A, Miceli M, Forastiere F, Biggeri A, Scavalli P, Petti A, Borgia P. Incidence of silicosis among ceramic workers in central Italy. *Scand J Work Environ Health* 1995; 21 suppl 2:58-62.

Checkoway H, Franzblau A. Is silicosis required for silica-associated lung cancer? *Am J Ind Med*. 2000 Mar;37(3):252-9.

Cocco P. Multifactorial aetiology of lung cancer among silica-exposed workers. *Ann Acad Med Singapore*. 2001 Sep;30(5):468-74.

Finkelstein M. Silica, Silicosis, and Lung Cancer: a Risk Assessment. *Am J Ind Med* 2000; 38:8-18.

Forastiere F, Lagorio S., Michelozzi P., Arca` M., Borgia P., Perucci C.A., Axelson O. Silica, silicosis and lung cancer among ceramic workers: a case referent study. *Am J Ind Med* 1986; 10: 363-370

Forastiere F, Lagorio S, Michelozzi P, Perucci CA, Axelson O. Mortality pattern of silicotics in the Latium Region. *Br J Ind Med* 1989; 46:877-80

Greaves IA. Not-so-simple silicosis: a case for public health action. *Am J Ind Med*. 2000 Mar;37(3):245-51

Hessel PA, Gamble JF, Gee JB, Gibbs G, Green FH, Morgan WK, Mossman BT. Silica, silicosis, and lung cancer: a response to a recent working group report. *J Occup Environ Med*. 2000 Jul;42(7):704-20.

Hnizdo E, Murray J, Sluis-Cremer GK, Thomas RG. Correlation between radiological and pathological diagnosis of silicosis: an autopsy population based study. *Am J Ind Med*. 1993 Oct;24(4):427-45.

Hnizdo E, Sluis-Cremer GK. Risk of silicosis in a cohort of white South African gold miners. *Am J Ind Med*. 1993 Oct;24(4):447-57.

Kreiss K, Zhen B. Risk of silicosis in a Colorado mining community. *Am J Ind Med*. 1996 Nov;30(5):529-39.

Merlo F, Costantini M, Reggiardo G, Ceppi M, Puntoni R. Lung cancer risk among refractory brick workers exposed to crystalline silica: a retrospective cohort study. *Epidemiology* 1991; 2: 299-305.

Parks CG, Conrad K, Cooper GS. Occupational exposure to crystalline silica and autoimmune disease. *Env Health Persp* 1999; 197 suppl.5: 793-802.

Rapiti E, Sperati A, Miceli M, Forastiere F, Di Lallo D, Goldsmith DF. End-stage renal disease among silica-exposed ceramic workers. *Occupational Environmental Medicine* 1999; 56:559-561

Sanderson WT, Steenland K, Deddens JA. Historical respirable quartz exposures of industrial sand workers: 1946-1996. *Am J Ind Med*. 2000 Oct;38(4):389-98.

Soutar CA, Robertson A, Miller BG, Searl A, Bignon J. Epidemiological evidence on the carcinogenicity of silica: factors in scientific judgement. *Ann Occup Hyg*. 2000 Jan;44(1):3-14.

Steenland K, Brown D. Silicosis among gold miners: exposure—response analyses and risk assessment. *Am J Public Health*. 1995 Oct;85(10):1372-7

Steenland K, Sanderson W. Lung cancer among industrial sand workers exposed to crystalline silica. *Am J Epidemiol*. 2001 Apr 1;153(7):695-703.

Steenland K, Mannetje A, Boffetta P et al. Pooled exposure-response analyses and risk assessment for lung cancer in 10 cohorts of silica-exposed workers: an IARC multicentric study. *Cancer Causes and Control* (in stampa).

Steenland K, Sanderson W, Calvert GM. Kidney disease and arthritis in a cohort study of workers exposed to silica. *Epidemiology*. 2001 Jul;12(4):405-12.

Questioni aperte sulla cancerogenesi da quarzo dopo il giudizio della IARC: ruolo della chimica di superficie nella variabilità del rischio da silice cristallina

B. Fubini, I. Fenoglio

Università degli Studi di Torino, Dip. Di Chimica IFM e Centro Interdipartimentale per lo Studio degli Amianti e di altri Particolati Nocivi "Giovanni Scansetti".

Premessa

La IARC (**I**nternational **A**gency for **R**esearch on **C**ancer) nella monografia del 1997 ha affermato "... *la silice cristallina inalata in forma di quarzo o cristobalite da sorgenti occupazionali è cancerogena per gli umani*".

L'asserzione era in realtà preceduta da un commento "... *la cancerogenicità negli umani non è stata individuata in tutte le circostanze industriali studiate. La cancerogenicità può dipendere dalle caratteristiche intrinseche della silice cristallina o da fattori esterni che interessano la sua attività biologica o la distribuzione dei suoi polimorfi*".

La classificazione da parte della IARC della silice cristallina fra i cancerogeni umani è stata controversa e la decisione finale fu lontana dall'essere unanime, tuttavia vi era accordo generale sull'affermazione che **la silice cristallina non è cancerogena in tutte le circostanze**. La silice cristallina può quindi presentare delle differenze che influenzano la sua tossicità e che sono legate sia a diversità nelle caratteristiche intrinseche del minerale, sia all'origine del minerale ed in particolare allo stato della superficie (margini, imperfezioni, funzionalità chimiche) e a fattori esterni quali contatto, associazione, contaminazione da altre sostanze che possono attivare la cancerogenicità.

Questi risultati determinano un campo di variabilità per quanto riguarda il rischio quarzo, come evidenziato da K. Donaldson and P.J.A. Borm in "The quartz hazard: a variable entity" (*Ann. Occup. Hyg.* 42, 287-294, 1998) e B. Fubini in "Surface chemistry and quartz hazard" (*Ann. Occup. Hyg.* 42, 521-530, 1998).

A questo punto sorge la domanda: **la chimica di superficie ha qualcosa a che fare con la patogenicità della silice?**

Le peculiarità della silice sono la causa della complessità del meccanismo della sua tossicità, in particolare:

- a) la covalenza del legame Si-O
 - la SiO₂ si presenta in una grande varietà di forme (stati metastabili)
 - l'origine delle polveri ne determina lo stato della superficie
 - è un solido scarsamente solubile in acqua
- b) l'agente tossico agisce sotto forma di particolato
 - è la superficie delle particelle ad essere in contatto con le cellule e i tessuti.

Infatti la tossicità dei solidi xenobiotici, come i particolati tossici, è molto più difficile da studiare e quantificare rispetto alla tossicità delle molecole tossiche.

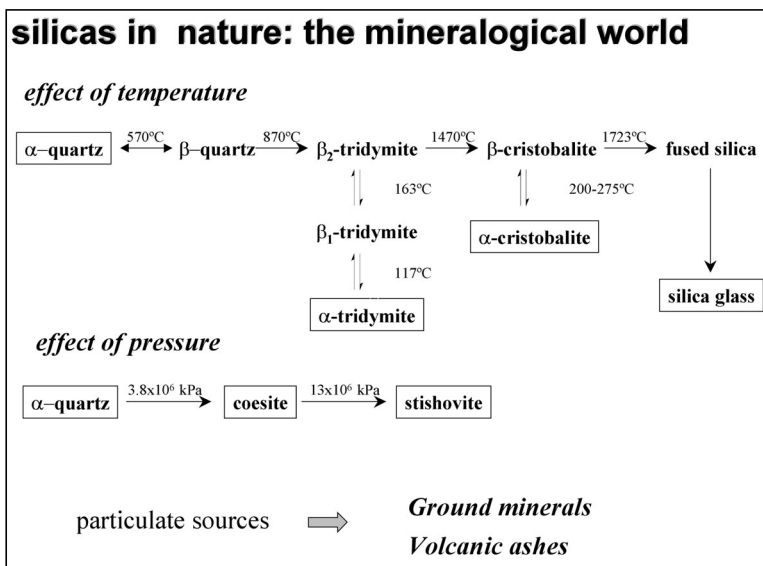
Da un confronto tra molecole tossiche e particolati tossici si evidenziano alcune differenze nel meccanismo di interazione tra corpo estraneo e cellule:

- le molecole tossiche (ad esempio il benzene) intervengono sempre nello stesso modo e la loro tossicità dipende dalla struttura molecolare che determina la reattività della molecola, nel caso di particolato tossico invece (ad esempio polvere di silice), i siti superficiali sono coinvolti nel meccanismo di tossicità e la loro natura non è prevedibile dalla sola composizione chimica poiché dipende dalla storia della particella;
- le molecole tossiche hanno un singolo meccanismo di azione a livello molecolare, al contrario l'interazione tra la particella tossica e la materia vivente è complessa e coinvolge più distretti biologici;
- l'effetto della molecola tossica persiste fino a quando la molecola non viene metabolizzata od espulsa, quello del particolato tossico persiste per lunghi periodi di tempo a meno che esso non venga espulso dai polmoni per opera dei macrofagi.

VARIETÀ DI SILICE ESISTENTI IN NATURA, NELL'AMBIENTE E NEI LUOGHI DI LAVORO

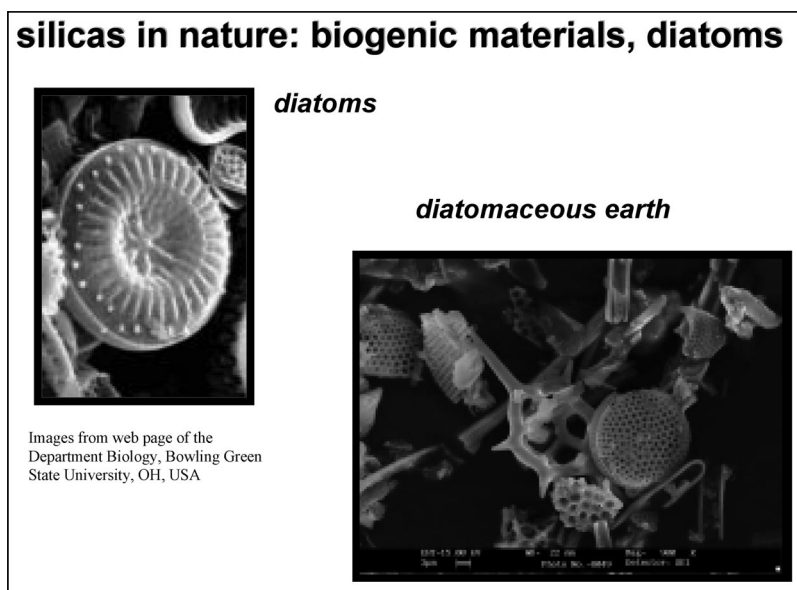
Per quanto riguarda i vari tipi di silice riconosciuti in natura esistono:

silice cristallina	silice amorfa
quarzo tridimite cristobalite coesite stishovite	terre di diatomee (origine organica) vetro siliceo (di natura vulcanica)



La forma di silice cristallina termodinamicamente stabile sulla terra è il quarzo- α . Altre forme di silice cristallina (tridimite- α e cristobalite- α), pur essendo instabili alle condizioni di temperatura e pressione dell'atmosfera terrestre, si trovano in natura in quanto ritornano molto lentamente alla fase stabile.

La silice di natura organogena, diatomite o terra di diatomee, è generalmente amorfa, ma può trasformarsi in silice cristallina (cristobalite) a 800 °C.



LE CARATTERISTICHE CHIMICO FISICHE DELLA SILICE CHE NE DETERMINANO LA TOSSICITA'

In base agli studi effettuati sugli aspetti fisico-chimici della silice cristallina che hanno influenza sulla risposta biologica provocata dalla silice, possiamo notare differenze a livelli via via più dettagliati:

1. diversa cristallinità;
2. diversa origine della polvere (stessa forma cristallina ma differente origine);
3. diversa idrofilia (stesso campione ma variamente riscaldato);
4. superfici fresche confrontate con polveri invecchiate;
5. superfici fresche ma con diversi livelli di contaminanti.

1. Cristallinità

Per quanto riguarda la cristallinità delle varie forme di silice presenti in natura, finora sono riconosciute sicuramente responsabili di silicosi solamente alcune forme cristalline di silice ed in particolare quarzo, tridimite e cristobalite. E' invece in discussione la tossicità di coesite, silice vetrosa di origine vulcanica e terra di diatomee. La relazione tra cristallinità e tossicità della silice può essere così riassunta**:

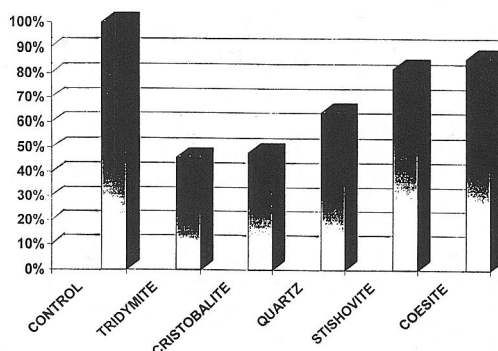
silice naturale			silice artificiale	
cristallina:	amorfa:		cristallina	amorfa
quarzo a	origine biologica d		porosils d	silice preparata
tridimite a	(terra di diatomee) d			chimicamente i
cristobalite a	origine vulcanica d			vetro di terre silicee d
coesite d	(silice vetrosa)			
stishovite i				

** **tossicità: a** accertata, **d** dibattuta, **i** considerata inerte.

La diversa reattività dei cinque polimorfi cristallini della silice si osserva anche in esperimenti di citotossicità su cellule macrofagiche.

cellular response to the various silica polymorphs

(confluent culture of mouse-monocyte-macrophage J774 cells)



cytotoxicity varies from one polymorph to the other

2. Origine della polvere (stessa cristallinità ma differente origine)

E' stato visto che polveri dello stesso polimorfo silice cristallina ma originatesi in modo diverso hanno notevoli differenze nell'attività biologica.

Sono state studiate polveri di cristobalite ottenute in modo diverso ed in particolare:

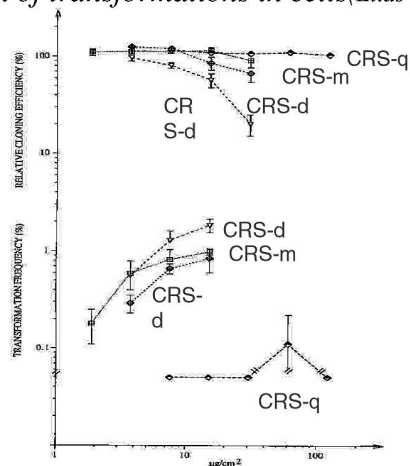
- per macinazione di cristalli di cristobalite naturale;
- per calcinazione di terra di diatomee con conseguente cristallizzazione in cristobalite;
- per riscaldamento di polvere di quarzo ad alte temperature ($> 1300^{\circ}\text{C}$) con conseguente trasformazione in cristobalite.

Di esse sono stati condotti test sul potenziale di trasformazione cellulare (in vitro), (Elias *et al.*, 2000) e sulla fibrogenicità (in vivo), (Hemenway *et al.*, 1994), (Honnon *et al.* in via di pubblicazione) evidenziando che le polveri di cristobalite formatesi per riscaldamento di polveri di quarzo non determinano trasformazioni cellulari, mentre le altre due forme (per macinazione di cristobalite e per trasformazione di terra di diatomee) determinano invece notevoli trasformazioni.

cellular response to different specimens of the same polymorph

four cristobalite of different origin

evaluation of transformations in cells (Elias et al., in press)



factors other from crystallinity determine cellular response

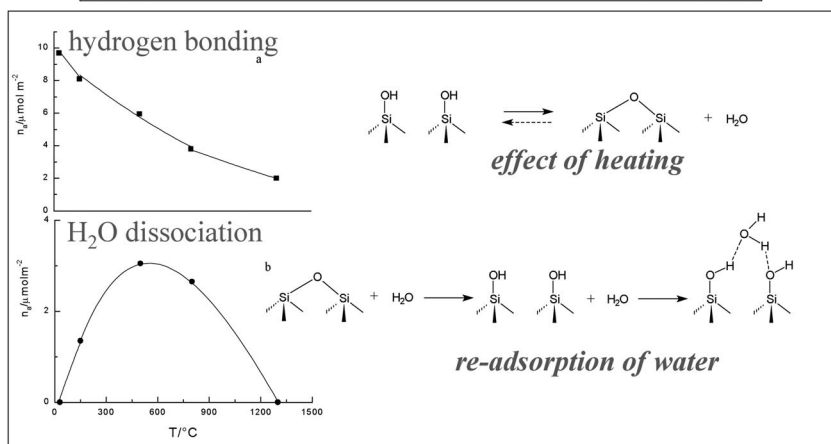
Fubini et al. Chem. Res. Toxicol. **12**, 737-745 (1999)

3. Effetto dei trattamenti termici sull'idrofilia/idrofobicità della superficie

La diversa affinità con l'acqua (capacità di adsorbire acqua fortemente- sostanza idrofila- o debolmente -sostanza idrofoba-) della silice ne determina un diverso comportamento nell'attività biologica.

increase in hydrophobicity upon heating

water adsorbed as a function of the thermal treatment

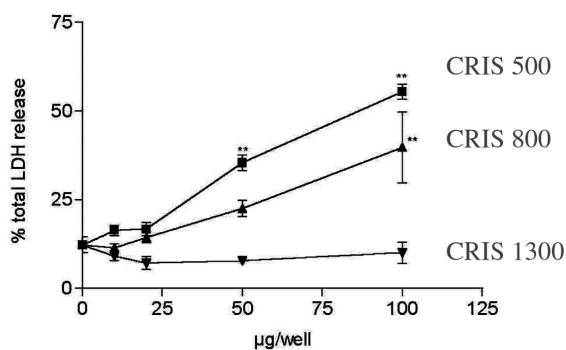


Fubini et al. Chem. Res.Toxicol. **12**, 737-745 (1999)

In particolare è stato riscontrato un aumento di caratteristiche idrofobe con il riscaldamento, che determina minore reattività, cioè minore produzione di radicali liberi. Infatti è stato verificato sperimentalmente che la stessa silice scaldata a 500 $^\circ\text{C}$ risulta citotossica, mentre non lo è più se scaldata a 800-1300 $^\circ\text{C}$.

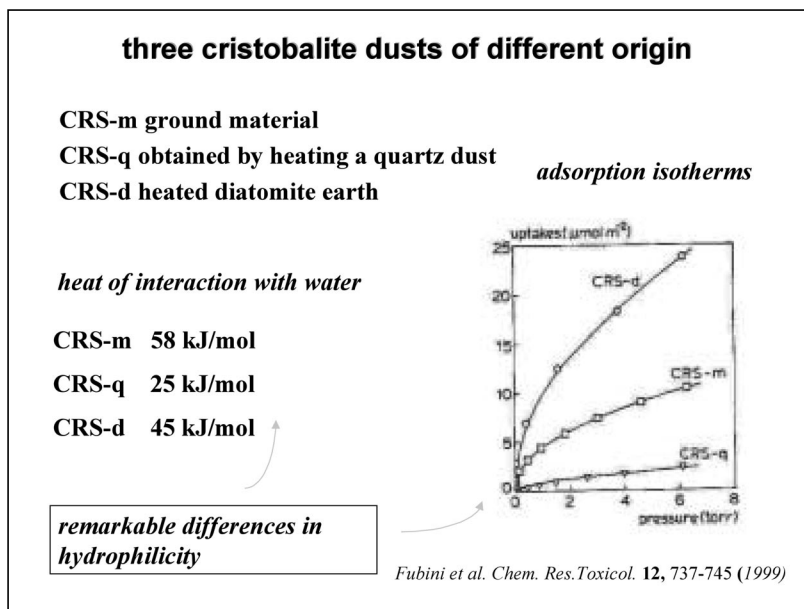
hydrophilicity-hydrophobicity and cytotoxicity

cytotoxicity of variously heated cristobalite on alveolar macrophages, measured by the extent of LDH release.



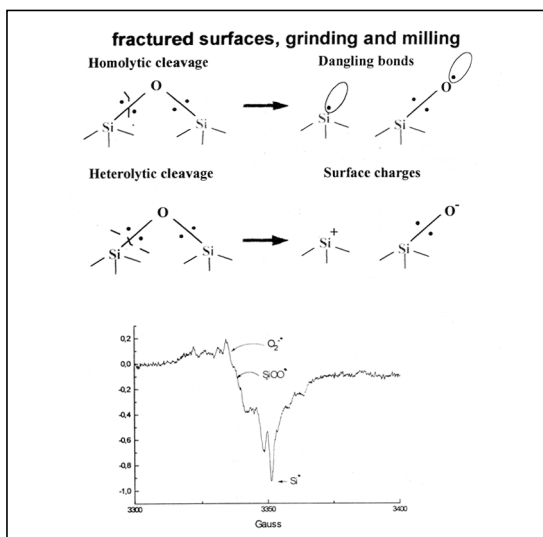
Fubini et al. Chem. Res.Toxicol. **12**, 737-745 (1999)

Polveri di diversa origine possono avere gradi di idrofilia diversi e questo ne influenza l'attività biologica:

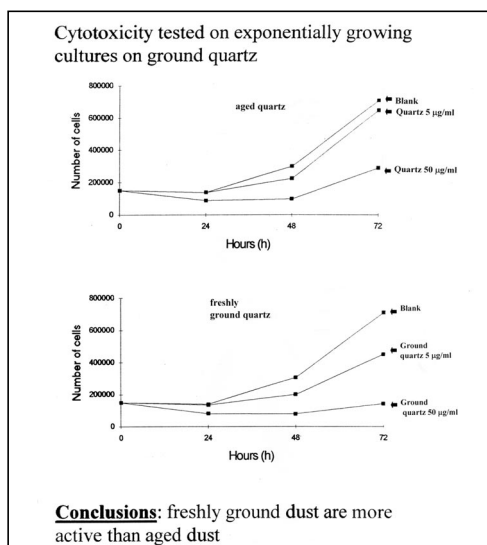


4. Superfici fresche confrontate con polveri vecchie

Nelle fasi di frantumazione della silice cristallina si possono generare radicali. Infatti durante la macinazione si possono rompere i legami covalenti Si-O della silice generando radicali di superficie.

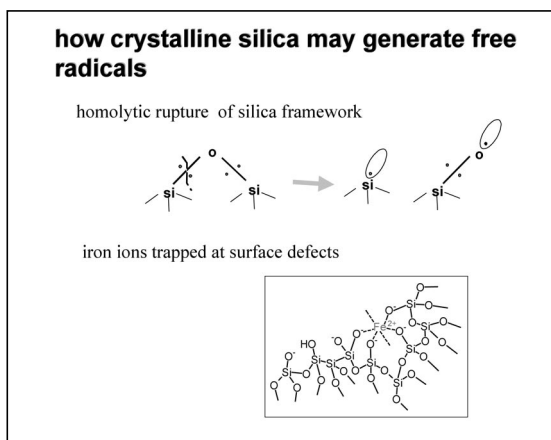


Gli studi finora eseguiti hanno evidenziato che le superfici fresche, o superfici di rottura recenti, sono molto più patogene in quanto più attive per quanto riguarda questo aspetto, cioè la formazione di radicali liberi.

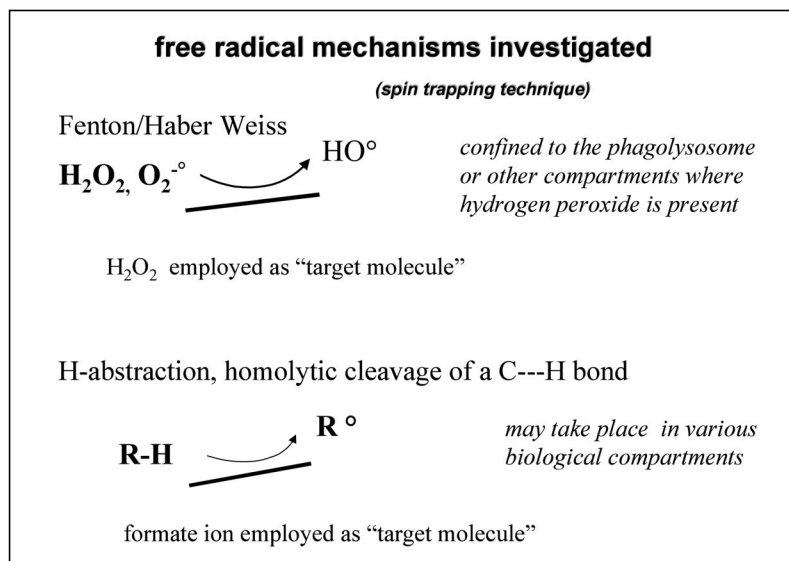


5. Superfici fresche ma con differenti livelli di contaminanti.

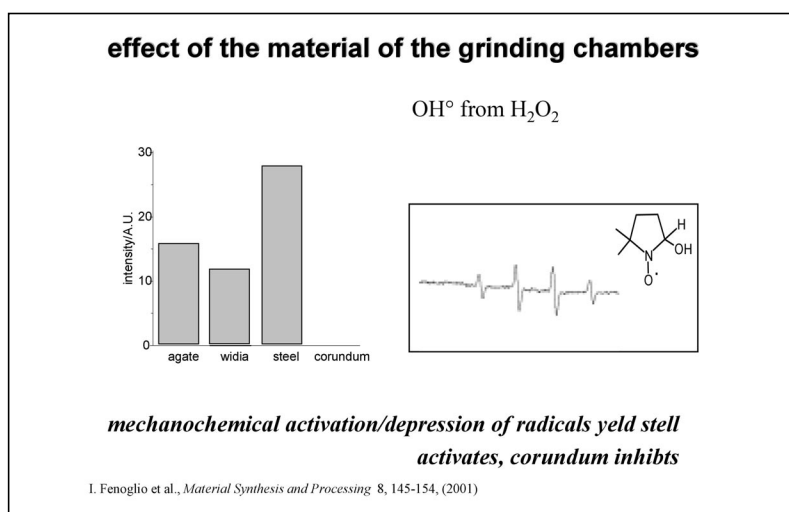
L'attività dannosa o patogena è legata alla formazione dei radicali liberi. La superficie della silice è in grado di catalizzare la formazione di questi radicali a causa della presenza di due tipi di siti superficiali: i radicali di superficie che si possono generare durante le operazioni di frantumazione e macinazione e ioni di transizione, quali il ferro, con un alto grado di insaturazione coordinativa. Entrambi questi siti superficiali (radicali di superficie e ioni metallici) possono costituire centri capaci di generare radicali liberi in un mezzo acquoso.

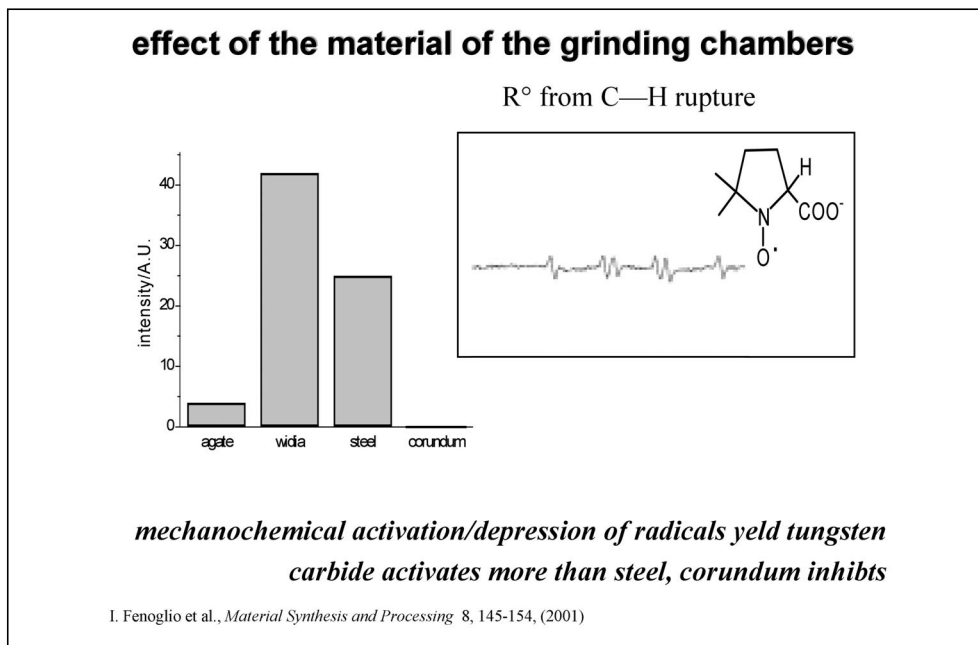


In merito sono stati investigati due meccanismi che comportano reazioni da parte di radicali liberi:



La generazione di radicali liberi varia in funzione delle caratteristiche specifiche dei metalli presenti in tracce come contaminanti nella polvere di quarzo. La contaminazione può essere dovuta alla natura stessa del minerale o può avvenire nelle fasi successive della sua lavorazione, in particolare durante la macinazione. Il quarzo, essendo un materiale molto duro, provoca infatti un'erosione del materiale della giara. I metalli rilasciati possono reagire con i centri radicalici e le cariche che si formano durante la macinazione diventando reattivi.





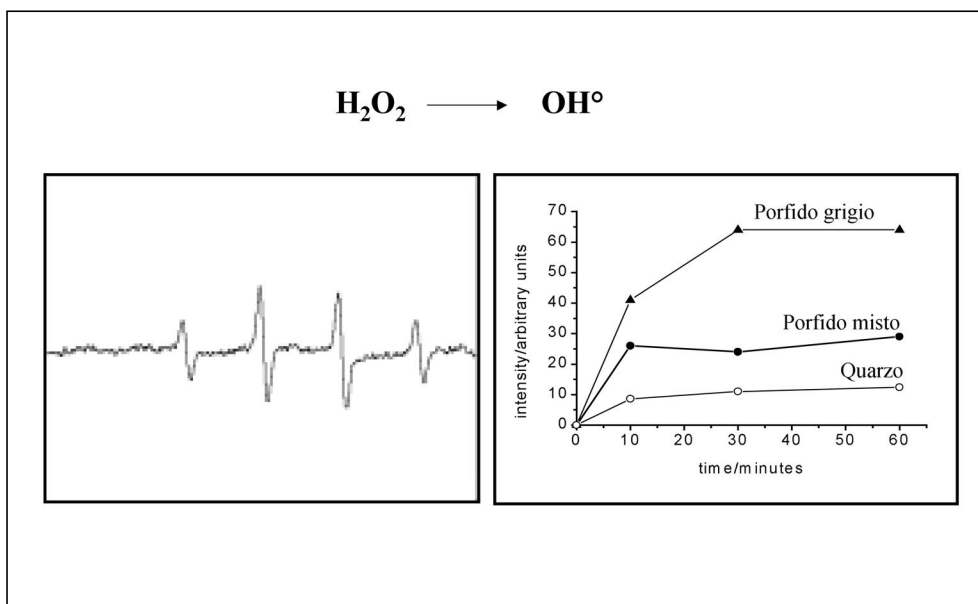
La reattività dipende dal materiale di cui è composta la giara, in particolare sono state individuate queste correlazioni:

Sostanza	Componente	Numero radicali liberi
Widia	carburo di tungsteno	elevatissimo
Agata	silice amorfa	bassissimo
Acciaio	ferro	elevato
Corindone	alluminio	nullo

Da questa tabella si ricava quindi che la silice contaminata con ferro è molto reattiva, mentre è poco reattiva se contaminata con alluminio.

In effetti la variabilità dei dati epidemiologici per tumore al polmone registrata nei diversi settori minerari (IARC, 1997) può essere collegata alle reazioni metallo-chimiche sulle superficie del quarzo, cioè a impurezze di metalli diversi acquisite durante le lavorazioni.

A queste reazioni metallo-chimiche può essere attribuita la maggior attività di alcuni tipi di rocce contenenti quarzo rispetto ad altre: ad esempio nel porfido abbiamo una grande reattività che dipende dalla composizione del minerale, in particolare **il porfido grigio è più attivo del porfido misto ed entrambi sono più attivi del quarzo.**

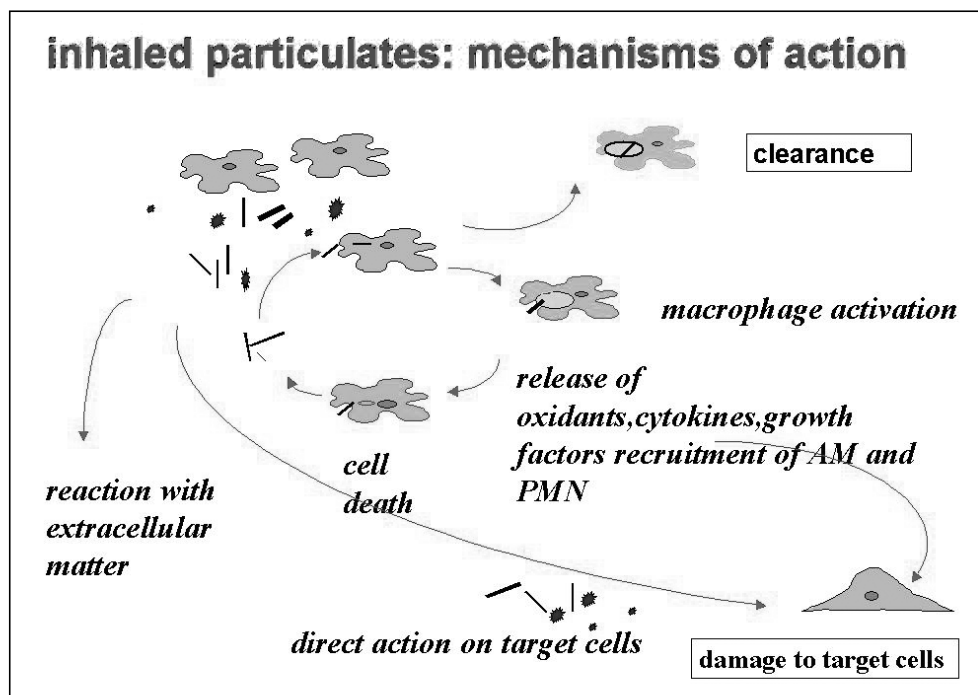


IMPATTO DELLE VARIE PROPRIETA' FISICO-CHIMICHE SUL MECCANISMO PATOGENETICO DELLA SILICE

Andiamo ora ad investigare il meccanismo patogenetico del particolato che viene inalato.

Quando un minerale (corpo estraneo) entra in contatto con una cellula le interazioni tra minerale e cellula possono portare ad un rifiuto (reazione al corpo estraneo) per cui alcune cellule tentano di distruggere il minerale, oppure i tessuti si adattano alla superficie del minerale (come nel caso di esseri viventi che producono gusci o scheletri utilizzando minerali). È stato dimostrato che alcune cellule distinguono tra le diverse facce cristallografiche di un certo materiale, su alcune di esse le cellule proliferano su altre avviene l'apoptosi (Kam *et al.* 1994). In ogni caso è stata riscontrata una grande specificità nelle interazioni tra la cellula e la superficie del minerale.

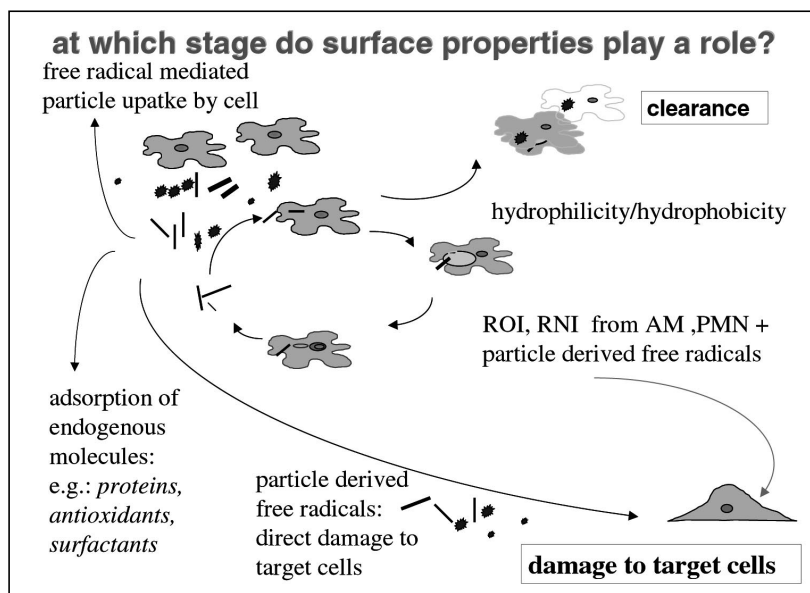
Il meccanismo di azione del particolato inalato nelle sue possibili interazioni con le cellule viventi viene schematizzato nella figura seguente:



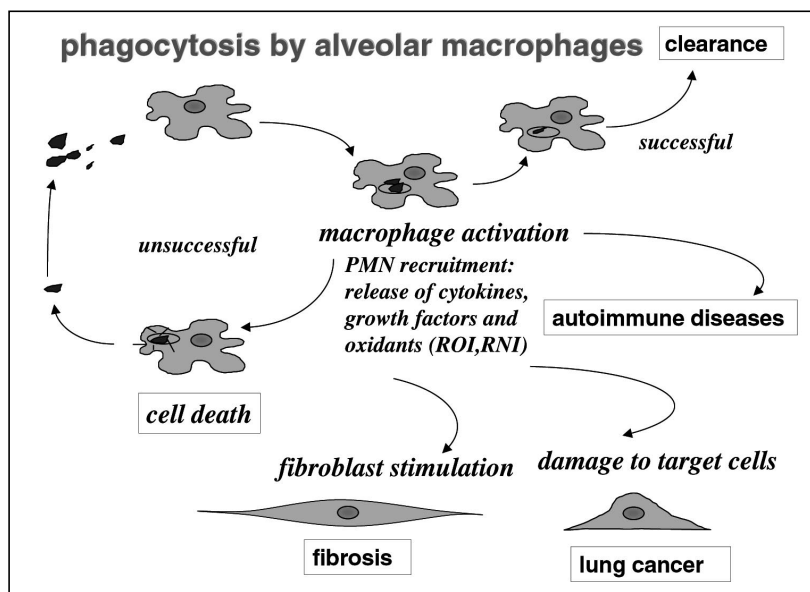
- il particolato può reagire con materiale extracellulare,
- in alcuni casi il particolato viene eliminato dai macrofagi attraverso un meccanismo di trasporto (clearance),
- in altri vi è l'attivazione dei macrofagi che però non riescono ad eliminare il particolato e di conseguenza muoiono liberando sostanze lisosomiali (ossidanti, citochine, grow-factors di AM e PMN) che possono danneggiare cellule bersaglio,
- il particolato stesso può infine colpire direttamente le cellule bersaglio danneggiandole.

A questo punto è fondamentale capire qual è la caratteristica fisico chimica che determina la tossicità del minerale. Le molte ricerche svolte non hanno mai evidenziato un unico aspetto causa di patogenicità bensì **nel caso di particolati tossici molte caratteristiche contribuiscono alla loro tossicità.**

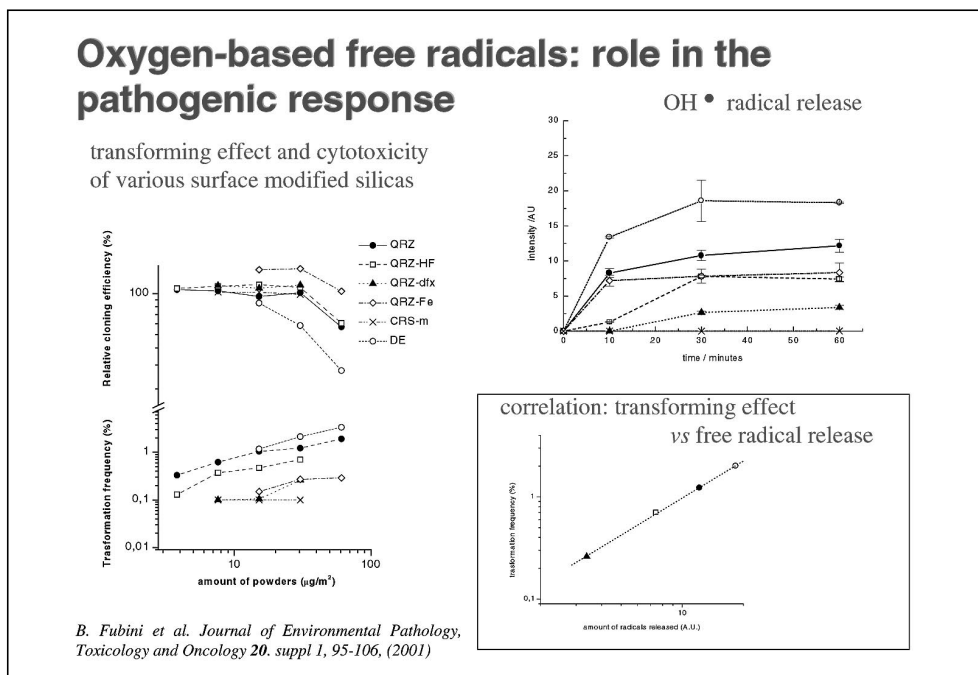
E' interessante capire anche qual è il **ruolo della superficie** nei vari stadi o meglio a che stadio le caratteristiche di superficie intervengano.



Per l'attivazione del macrofago bastano piccole quantità di silice ed un insuccesso nel meccanismo di clearance può portare a varie patologie: malattie autoimmuni, fibrosi e cancro al polmone. Dato che le malattie autoimmuni si hanno per la sola attivazione del macrofago, i TLV per tali patologie sono bassi.



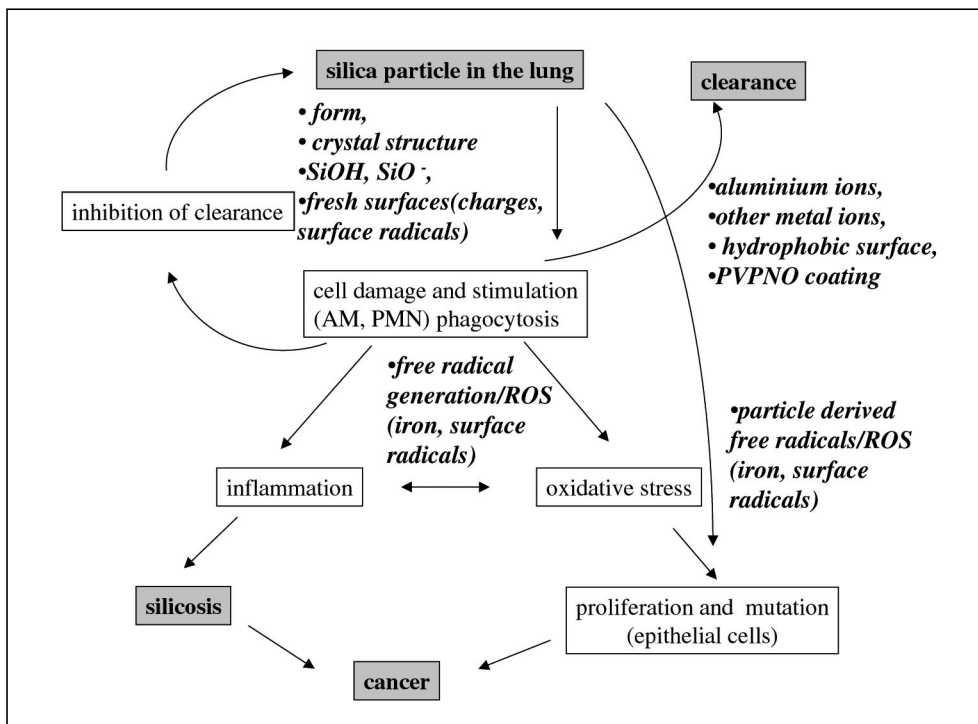
La presenza di radicali liberi ha un proprio ruolo nella risposta patogenetica.



Gli effetti della silice sulla salute possono essere ricondotti, sulla base della attuali conoscenze, essenzialmente a tre tipologie di disturbi o patologie:

- **silicosi cronica o acuta** (una delle più vecchie malattie professionali);
- **cancro al polmone** (in base alla monografia della IARC del 1997, ma ancora in discussione);
- **malattie autoimmuni** (recentemente riferite - artrite reumatoide, sclerodermia, lupus, disfunzioni renali croniche).

Il meccanismo di azione della particella contenente silice all'interno del polmone può essere quindi così riassunto:



CONCLUSIONI

La silice cristallina non dovrebbe essere regolamentata tutta allo stesso modo.

La polvere cristallina può essere divisa in:

- frantumata di recente;
- invecchiata;
- nascosta dentro una matrice di minerali differenti, ad esempio argilla;
- originata ad alta temperatura, ad esempio ceneri volatili.

Inoltre la polvere pura è diversa dalla polvere contaminata.

Una regolamentazione definitiva per la silice cristallina dovrebbe essere rimandata fino a quando non saranno state scelte le possibili fonti occupazionali di polvere di silice cancerogena.

Nel frattempo dovrebbero essere condotte ricerche sperimentali volte a determinare le circostanze nelle quali le polveri di quarzo e di cristobalite divengono cancerogene ed il ruolo dei cambiamenti nelle proprietà di superficie correlati.

Come andrebbero impostate tali ricerche?

Per quanto sia ormai chiaro a tutti che esiste una grande variabilità nella patogenicità delle polveri di silice cristallina dovuta a diversi fattori, si notano nella più recente letteratura sull'argomento (vedi ad es. il recente volume di Journal of Environmental Pathology, Toxicology and Oncology, 20 Suppl, 2001 tutto dedicato alla silice) e nell'impostazione delle ricerche commissionate dalle singole industrie due tendenze relativamente limitative:

- Gli studi sulle modificazioni biologiche indotte da silice, sia *in vitro* che *in vivo*, usano tecniche di analisi sofisticate ed arrivano a dosare fattori un tempo perfino ignoti, quali le varie citochine, NO, NF-kB, ma spesso si basano su un solo o pochi campioni di quarzo. Anche quando dedicati a paragonare polveri diverse questi lavori non tengono in conto che l'effetto delle polveri di silice cristallina è verosimilmente multifattoriale, ma si ostinano ad ipotizzare che esista una sola proprietà chimico fisica coinvolta. Logicamente i risultati, complessi e contraddittori, non permettono di identificarla.
- Le industrie che trattano sorgenti di polvere di silice cristallina con proprietà specifiche che potrebbero far presupporre un potenziale patogeno piuttosto ridotto, es. particelle ricoperte di argilla o caolino, polveri generate in miscele varie ad alta temperatura (es. ceneri volanti) tendono a programmare ricerche aventi lo scopo di confermare che quella particolare polvere non è patogena, in genere con test *in vivo* mirati. La polvere specifica può poi venire dichiarata meno patogena o pure non-patogena, con conseguente esonero da determinate precauzioni, ma tali studi non permettono certo di procedere nella ricerca sistematica sulle cause che rendono una polvere di quarzo patogeno.

Una alternativa a tali tipi di studi è uno studio sistematico interlaboratori con un certo numero di polveri "modello" di silice cristallina preparati ad hoc, di modo che le differenze in attività biologica, eventualmente riscontrate, possano essere ricondotte ed associate a quella data proprietà chimico-fisica. Solo enti di ricerca super-partes potrebbero finanziare uno studio del genere che dovrebbe vedere le tappe seguenti:

1. Preparazione di campioni di silice cristallina (quarzo e cristobalite) di dimensioni respirabili con diverse proprietà di superficie es. pure, contaminate da alluminio, da ferro, ricoperte da materiale organico, macinate di fresco ecc....
2. Caratterizzazione delle polveri (micromorfologia, stato della superficie, reattività)
3. Test *cell free* mirate ad individuare proprietà delle polveri sospettate di contribuire al potenziale patogeno quale rilascio di radicali liberi, idrofobia, rilascio selettivo di ioni ecc...

4. Test cellulari *in vitro* miranti a diversi *end points* quali rilascio di fattori infiammatori (es TNF beta, NO), danno al DNA e trasformazione morfologica delle cellule, attivazione di geni codificanti per determinate proteine
5. Test *in vivo* su ratti o altri mammiferi per convalidare i risultati ottenuti ai punti 3 e 4.

La sequenza dal punto 1 al punto 5 dovrebbe vedere progressivamente un numero decrescente di campioni impiegati e i punti 2-4 costituire uno specie di screening delle polveri per eseguire gli esperimenti al punto successivo.

Questo approccio, e solo questo, può permettere di identificare quali caratteristiche rendono patogena una polvere di silice, ed in particolare quali comportano lo sviluppo di silicosi (attività fibrogenica) quali portano anche ad effetti cancerogeni e quali siano implicate nello sviluppo di malattie autoimmuni. Su questa base si potrà:

- Prevedere il grado di patogenicità di una data sorgente di silice cristallina e regolamentare adeguatamente l'esposizione ad essa
- Raccogliere le informazioni sull'interazione cellule/superficie indispensabili per l'elaborazione di un modello molecolare di patogenicità.

BIBLIOGRAFIA

K. Donaldson and P.J.A. Borm in "The quartz hazard: a variable entity" *Ann. Occup. Hyg.* 42, 287-294, (1998).

Z. Elias, O. Poirot, M.C. Danière, F. Terzetti, A.M. Marande, S. Dzwigaj, H. Pezerat, I. Fenoglio and B. Fubini Comparative study of cytotoxicity and morphological transformation of Syrian hamster embryo cells induced by silica with different surface properties, *Toxicol. in vitro*, **14**, 409-422, (2000).

I. Fenoglio, G. Martra, L. Prandi, M. Tomatis, B. Fubini The Role of Mechanochemistry in the Pulmonary Toxicity caused by Particulate Minerals, *Material Synthesis and Processing* 8, 145-154, (2001).

B. Fubini, G. Zanetti, S. Altília, R. Tiozzo, D. Lison and U. Saffiotti Relationship between surface properties and cellular responses to crystalline silica: studies on heat-treated cristobalite *Chem. Res. Toxicol.* 12, 737-745, (1999).

B. Fubini, I. Fenoglio, Z. Elias and O. Poirot On the Variability of the Biological Responses to Silicas: Effect of Origin, Crystallinity and State of the Surface on the Generation of Reactive Oxygen Species and Consequent Morphological Transformations in Cells *Journal of Environmental Pathology Toxicology and Oncology*, 20, 87-100, (2001).

B. Fubini in "Surface chemistry and quartz hazard" *Ann. Occup. Hyg.* 42, 521-530, (1998).

Hemenway D.R., Absher M.P., Fubini B., Trombley L., Vacek P., Volante M. and Cavenago A. Surface functionalities are related to biological response and transport of crystalline silica. *Inhaled Particles VII*, *Ann. Occup. Hyg.*, **38**, 447-454, (1994).

Kam M., Perl-Treves D., Sfez R. and Addadi I. Specificity in the recognition of crystals by antibodies *J. Molec. Recogn.* 7, 257-264 (1994).

IARC Monographs on the Evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. *Silica, some silicates, coal dusts para-aramid fibrils* Lyon, Lyon, France, vol. 68. (1997).

La silice come immunomodulatore e causa di malattie autoaggressive

C. Rovati, C. Comotti

U.O. Nefrologia e Dialisi Ospedale S. Chiara – Trento

La possibilità della esistenza di un legame tra patologia autoaggressiva ed esposizione cronica alla silice, è riportata in letteratura fin dall'inizio del secolo appena concluso.

Infatti, già nel 1914 Bramwell descriveva la comparsa di sclerodermia in 5 soggetti facenti parte di un gruppo di 19 operai impiegati nella edilizia o nelle miniere.

Nel 1957 Erasmus riportava una alta incidenza di sclerodermia nei lavoratori di una miniera d'oro sudafricana e pochi anni più tardi Rodnan e collaboratori riferivano di aver riscontrato una prevalenza del 43% di sclerodermia in un gruppo di 150 operai che comprendeva lavoratori delle miniere di carbone, delle fonderie, tagliatori di pietre e ceramisti (19).

Nel 1970 Schuchart dimostrava la associazione di sclerodermia e silicosi in ben 49 soggetti da lui studiati per la patologia polmonare e del tutto recentemente (1985) Houstein e Ziegler sottolineavano che il 77% dei loro malati di sclerodermia avevano una anamnesi occupazionale positiva per esposizione cronica alla silice (19).

Ovviamente non mancano in letteratura le segnalazioni contrarie che tendono a disconoscere la rilevanza statistica della associazione tra patologie autoimmuni ed esposizione alla silice, infatti Ruettner dichiara che nella sua ampia esperienza di Patologo ha riscontrato solo 7 casi di connettivopatia (4 casi di sclerodermia e 3 di LES) su oltre 2000 autopsie di silicotici.

D'altra parte ancora negli anni '80 Luis-Cremer ribadisce in uno studio caso-controllo la rilevanza della associazione delle due patologie e sottolinea la maggiore importanza della intensità della esposizione al tossico ambientale rispetto alla durata della stessa, osservazione che verrebbe confermata in un recente studio di Cowie eseguito su minatori sudafricani di razza negra (19).

Una associazione non casuale tra artrite reumatoide e silicosi viene ripetutamente riferita in letteratura seppure con frequenza nettamente inferiore alla sclerodermia.

I rapporti tra esposizione cronica alla silice e nefropatie sono molto più sfumati, in quanto i riferimenti bibliografici meno recenti sono aneddotici e non univoci, riportando lesioni istologiche diverse con quadri di compromissione funzionale estremamente differenti e quindi ingenerando il sospetto della non responsabilità

della patologia da silice nella comparsa della nefropatia, che potrebbe essere invece secondaria ad altri fattori (ipertensione, diabete, aterosclerosi, patologia immunitaria non correlata alla silice, ...).

D'altra parte le numerose osservazioni di patologia glomerulare più o meno rapidamente evolutiva in associazione con quadri polmonari particolarmente impegnativi o in concomitanza alle diverse connettivopatie segnalate nei lavoratori esposti cronicamente alla silice diventano sempre più intriganti e meritano uno studio più approfondito per cercare di giungere ad una conclusione sul ruolo patogenetico della silice nel determinismo della comparsa della patologia sistemica e quindi anche della nefropatia (4,20).

Analizziamo dapprima i rapporti tra esposizione cronica alla silice ed i vari quadri di patologia connettivica.

SCLERODERMIA

La sclerodermia è caratterizzata da un abnorme accumulo di tessuto connettivo (fibrosi) nella cute ed in altri organi in conseguenza di alterazioni del microcircolo e della funzione immunitaria, ha una incidenza di 10 casi per milione di popolazione, predilige l'età giovanile ed il sesso femminile in 9 casi su 10. Può essere classificata in una forma diffusa che coinvolge tutta la superficie corporea, dimostra un precoce e grave impegno pluriviscerale ed assume un decorso rapidamente evolutivo ed in una forma limitata dove il coinvolgimento cutaneo è caratterizzato da strie o chiazze di fibrosi, manca un impegno viscerale ed il grado di evolutività è molto modesto. Il quadro clinico della sclerodermia è caratterizzato dalla comparsa del fenomeno di Raynaud e di teleangiectasie e successivamente da gradi diversi di fibrosi cutanea associata o meno a calcinosi ed ulcerazioni ed anche a coinvolgimento osteoarticolare (artriti, tendiniti, ecc.).

L'impegno viscerale è costituito da insufficienza ventilatoria per fibrosi polmonare, miocardiopatia di tipo restrittivo, ipotonia esofagea ed intestinale per fibrosi della muscolatura liscia, insufficienza renale conseguente alle gravi lesioni vascolari renali ed infine da "sicca syndrome" per fibrosi delle ghiandole lacrimali e salivari. Dal punto di vista laboratoristico è presente positività del fattore reumatoide nel 30% dei casi, degli anticorpi antinucleo nel 90%, anticentromero nel 60% ed anti Scl70 nel 40% dei casi (22).

Per la sclerodermia associata ad esposizione cronica alla silice si possono segnalare le seguenti peculiarità. Costituisce la patologia connettivica più frequentemente (30%) documentata nei soggetti esposti alla silice, compare dopo tempi variabili (da 5 a 20 anni) di esposizione al tossico ambientale ed osserva una incidenza di 170/10⁶ soggetti (9) esposti all'anno, con netta predilezione per il sesso maschile (ovviamente in conseguenza della attività lavorativa), frequentemente pre-

senza sclerosi cutanea delle estremità e di alcuni segmenti prossimali. Dal punto di vista clinico si assiste ad un coinvolgimento viscerale particolarmente importante, specialmente a livello dell'apparato respiratorio, dove nel 70% dei casi è presente fibrosi polmonare e nel 40% dei casi si associano segni e sintomi di silicosi (1,10).

Frequente è la presenza di disturbi del transito esofageo (40%) e la concomitanza di una sindrome secca (60%), mentre rari sono il coinvolgimento renale e cardiaco. La peculiarità laboratoristica è rappresentata dalla rarità della positività degli anticorpi anticentromero (16) nonché dalla frequente positività degli anticorpi anti-topoisomerasi (11).

ARTRITE REUMATOIDE

L'artrite reumatoide è una malattia infiammatoria cronica che colpisce le articolazioni sinoviali, ha una incidenza di 200 casi per milione di popolazione, predilige l'età media ed il sesso femminile. Le alterazioni più importanti sono costituite da lesioni articolari, formazione di noduli reumatoidi cutanei e negli organi interni ed infine da vasculite reumatoide che predilige i piccoli vasi di ogni organo ed apparato. Il quadro clinico è caratterizzato da poliartrite a distribuzione simmetrica ad andamento centripeto ed aggiuntivo, a cui talora si aggiungono manifestazioni borsitiche e tendinittiche.

Al quadro articolare sicuramente prevalente possono associarsi segni di coinvolgimento cutaneo sottoforma di noduli reumatoidi e di lesioni vasculitiche; cardiaco come endocardite, miocardite e pericardite; renale sottoforma di amiloidosi o vasculite renale; polmonare come pleurite, pneumopatia nodulare o fibrosi polmonare; del SNC sottoforma di vasculite cerebrale ed infine delle ghiandole lacrimali e salivari sottoforma di sindrome secca (22).

Dal punto di vista laboratoristico vi è positività del fattore reumatoide nel 75% e degli anticorpi antinucleo nel 25% dei casi.

Nei soggetti esposti cronicamente alla silice l'incidenza è di 1000-1200 casi / anno per milione di soggetti contaminati mediante una esposizione di molti anni e l'età di insorgenza è medio avanzata, ciò che determina una prevalenza di detta patologia inferiore a quella della sclerodermia, infatti essa rappresenta il 20% di tutte le connettiviti correlate alla silice (8).

Il quadro clinico dell'artrite reumatoide nei pazienti con esposizione cronica alla silice è caratterizzato da una maggiore frequenza delle erosioni ossee, da un maggiore coinvolgimento dell'apparato respiratorio, infatti la frequenza dei noduli polmonari è 20 volte superiore in questi pazienti rispetto ai malati di artrite reumatoide senza esposizione alla silice, osservazione peraltro già sapientemente segnalata da Caplan da quasi mezzo secolo; in dette pazienti discreta è l'associazione con la silicosi polmonare, più frequente la presenza del fenomeno di Raynaud e la asso-

ciazione con la sindrome di Sjogren, anche il quadro laboratoristico è più florido, infatti il fattore reumatoide è positivo nel 100% dei casi e gli anticorpi antinucleo sono presenti nel 40% dei casi (1,10).

LUPUS ERITEMATOSO SISTEMICO

Il Lupus Eritematoso Sistemico (LES) è una malattia infiammatoria cronica a patogenesi autoimmune, che coinvolge molti organi ed apparati tra cui per frequenza e gravità spiccano la cute, le articolazioni, il sangue, le sierose, il rene ed il sistema nervoso centrale.

Le alterazioni anatomiche più importanti sono caratterizzate dalla necrosi fibrinoide delle pareti vascolari, dalla essudazione fibrinosa delle sierose, dalle lesioni vasculitiche in molti organi e dalla proliferazione della membrana sinoviale delle articolazioni.

Il quadro clinico estremamente polimorfo comprende alterazioni ematologiche (anemia, leucopenia, piastrinopenia); delle mucose (ulcere, afte buccali); cardiache (pericardite, miocardite ed endocardite); gastroenteriche (sierosite peritoneale, vasculite intestinale, pancreatite); renali (glomerulonefrite); cutanee (eritema a farfalla, livedo reticularis); articolari (artrite simmetrica delle piccole articolazioni, erratica delle grandi articolazioni); polmonari (sierosite pleurica, polmonite interstiziale); del SNC (cerebrite, nevrossite, manifestazioni comiziali e psicotiche) (22).

Il quadro laboratoristico è estremamente ricco e variegato infatti si reperta positività degli anticorpi antinucleo nel 100% dei casi, degli anticorpi anti DNA a doppia elica nel 70%, dell'anticorpo anti Sm ed anti RNP nel 30% e dell'anticorpo anti LaSSB nel 40% dei casi (22).

Il LES nei soggetti esposti rappresenta il 15% delle connettiviti silice-correlate, compare in genere dopo 10-15 anni di esposizione al tossico ambientale. Poco frequente l'associazione con la silicosi, costanti le manifestazioni polmonari, cutanee ed articolari, moderatamente frequente l'impegno renale ed ininfluente la associazione con la S. di Sjogren (3,6,10).

POLIMIOSITE – DERMATOMIOSITE

La polimiosite – dermatomiosite è una malattia infiammatoria cronica a carico della muscolatura scheletrica associata a lesioni vasculitiche della cute e più raramente degli organi interni. Preferenza il sesso femminile con una incidenza di 5 casi per milione di abitanti. La polimiosite colpisce preferenzialmente gli adulti, mentre la dermatomiosite colpisce tutte le età compresa quella infantile, frequente è la associazione con la sclerodermia e le neoplasie.

Il quadro clinico è dominato dalla debolezza muscolare specie a livello dei cingoli e delle masse muscolari prossimali degli arti talora associata a mialgie e contratture muscolari; da lesioni cutanee costituite da fenomeno di Raynaud, rash, papule violacee, ulcere cutanee e calcinosi cutanee; da manifestazioni gastroenteriche come miosite esofagea ed ulcera duodenale vasculitica ed infine da coinvolgimento polmonare sottoforma di pneumopatia interstiziale ed insufficienza ventilatoria per deficit dei muscoli respiratori (22).

Il quadro laboratoristico è caratterizzato dalla elevazione degli enzimi muscolari e dalla positività degli anticorpi antinucleo nel 50% dei casi ed anti Jo1 nel 30%.

Nei lavoratori esposti la dermatomiosite rende conto di meno del 10% delle connettiviti correlate alla silice, può comparire piuttosto precocemente durante l'esposizione al tossico ambientale, si associa frequentemente ad artrite non erosiva ed alla sindrome di Sjogren, è connotata da un impegno polmonare costante e grave con importante fibrosi interstiziale, ed è infine caratterizzata dalla severità delle lesioni miositiche e delle manifestazioni vasculitiche cutanee (10).

SINDROME DI SJOGREN

La Sindrome di Sjogren è una malattia infiammatoria cronica che coinvolge le ghiandole esocrine dell'organismo ed è caratterizzata dalla associazione di xerofthalmia e xerostomia.

La forma primaria non raggiunge il 40% dei casi, mentre la forma secondaria è molto più frequente in quanto entra a far parte del quadro clinico delle altre connettiviti, di cui la artrite reumatoide è la più interessata, seguono il LES e la sclerodermia.

Il quadro clinico è costituito da cherato-congiuntivite secca con fotofobia; xerostomia con possibilità di infezioni del cavo orale e delle ghiandole salivari; xerodermia; riduzione delle secrezioni dell'apparato gastroenterico con comparsa di gastrite cronica e pancreatite ed infine dalla frequente associazione con la presenza di fenomeno di Raynaud e di artrite simmetrica. Meno frequentemente si possono presentare segni di coinvolgimento renale (tubulopatia), polmonari (fibrosi interstiziale) e muscolari (miosite) (22).

Il quadro laboratoristico è caratterizzato dalla positività degli anticorpi antinucleo e degli anticorpi anti SSA ed anti SSB nel 70% dei casi.

Da sottolineare infine che nelle forme associate ad esposizione alla silice, la sindrome di Sjogren è sempre di accompagnamento ad altre connettiviti (9).

VASCULITI

Le vasculiti costituiscono un gruppo di manifestazioni morbose caratterizzate da infiammazione e necrosi della parete dei vasi (arterie e vene) di vario calibro e di qualsiasi distretto corporeo. Si riconoscono vasculiti primarie dove l'impegno vascolare è l'unica manifestazione e vasculiti secondarie che si associano ad altre malattie (connettiviti, neoplasie, ecc.) (22).

Le modalità classificative delle vasculiti possono basarsi su criteri diversi: anatomico, istopatologico, patogenetico, ecc., ma il criterio che sembra più rispondente alle necessità cliniche è senza dubbio il criterio anatomico, cioè la possibilità di differenziare i vari tipi di vasculite a seconda del calibro dei vasi colpiti.

Pertanto si distinguono:

- a. vasculiti dei grandi vasi: arterite a cellule giganti, arterite di Takayasu;
- b. vasculiti dei vasi di medio calibro: poliarterite nodosa, sindrome mucocutanea;
- c. vasculiti dei piccoli vasi: granulomatosi di Wegener, sindrome di Churg e Strauss, poliangite microscopica, porpora di Schonlein-Henoch, vasculite crioglobulinemica ed angite cutanea leucocitoclastica (22).

Ma anche il criterio patogenetico è estremamente utile per differenziare i vari tipi di vasculite sistemica. Infatti nella genesi delle lesioni vascolari sono implicati numerosi meccanismi patogenetici, ciascuno dei quali può essere coinvolto in maniera preponderante nel realizzare un determinato tipo di vasculite assumendone quindi la responsabilità diretta nella espressione del quadro istologico e clinico.

Secondo la letteratura più accreditata risultano coinvolti:

- a. immunocomplessi circolanti: in genere caratterizzati dall'essere in eccesso di antigene, dall'avere una costante di sedimentazione di 19 s, dal persistere a lungo in circolo per la coesistenza di una ridotta capacità di clearance del sistema reticolo-endoteliale e quindi dall'essere in grado di depositarsi nella parete vascolare con attivazione locale del complemento e richiamo in loco dei polimorfonucleati. Questo meccanismo patogenetico sembra essere responsabile di quadri specifici di vasculite sistemica come la poliarterite nodosa e la poliangite microscopica;
- b. risposta immune cellulo-mediata: secondo la quale l'antigene causale determina attivazione dei T linfociti con conseguente produzione di linfocine e richiamo in loco dei macrofagi che producono enzimi lisosomiali in grado di determinare il danno vascolare e che si trasformano in cellule epitelioidi con tendenza a formare i granulomi. Questo meccanismo patogenetico sembra essere operativo nella realizzazione del quadro istopatologico della granulomatosi di Wegener e nella sindrome di Churg e Strauss;

- c. anticorpi contro gli antigeni dei neutrofili (ANCA). In realtà si tratta di anticorpi diretti contro gli enzimi provenienti dai lisosomi dei leucociti che possono essere suddivisi in cANCA quando sono diretti contro la proteinasi 3 lisosomiale dei neutrofili e dei monociti ed in pANCA quando sono diretti contro la mieloperoxidasi lisosomiale dei neutrofili. Questi anticorpi promuovono l'adesione dei neutrofili all'endotelio e facilitano la traslocazione degli enzimi dai granuli intracitoplasmatici alla membrana cellulare dei neutrofili che possono così spiegare l'azione dannosa sulla parete vascolare agendo del tutto indisturbati in quanto gli ANCA proteggono gli enzimi dall'azione inibente degli inattivatori. Questo meccanismo patogenetico sembra essere operativo nel determinismo della granulomatosi di Wegener e nella poliangite microscopica (22).

Passiamo ora in rassegna i vari quadri clinici di vasculite sistemica.

Poliarterite nodosa (PAN)

Costituita da una infiammazione necrotizzante mediata da immunocomplessi, delle arterie di medio e piccolo calibro, **SENZA** lesioni vasculitiche delle arteriole, capillari e venule e quindi senza glomerulonefrite; frequentemente invece si associano trombosi endovascolari e presenza di microaneurismi. L'incidenza è modesta, totalizzando meno di 10 casi per milione di abitanti all'anno, viene interessato prevalentemente il sesso maschile nella 4^a e 5^a decade di vita.

I sintomi sono legati da una parte ad una sofferenza generica dell'organismo (astenia, febbre, perdita di peso, ecc.) e dall'altra al grave coinvolgimento delle arterie di medio e piccolo calibro di ogni distretto corporeo e quindi infarto del miocardio per trombosi coronarica, lesioni ischemico-infartuali dell'apparato digerente, infarti renali o emorragie intraparenchimali, necrosi di gruppi muscolari ed infine mononeurite multipla per occlusione trombotica dei vasa nervorum, pressoché assente l'impegno polmonare (2,22).

Poliangite microscopica (Micro PAN)

Costituita da una infiammazione necrotizzante, mediata da immunocomplessi, dei vasi di piccolo calibro cioè delle arteriole, dei capillari e delle venule e quindi **CON** glomerulonefrite. L'incidenza e l'età di comparsa sono del tutto simili alla PAN classica come anche i sintomi sistemici. Si differenzia nettamente da essa per il tipo di coinvolgimento renale sottoforma di glomerulonefrite necrotizzante focale e proliferativa extracapillare che è spesso causa di insufficienza renale rapidamente progressiva e per l'interessamento polmonare sottoforma di infiltrati multipli talora bilaterali che possono associarsi ad emoftoe (13). L'associazione non infrequente delle due patologie appena descritte realizza la sindrome pulmono-renale. In questo tipo di vasculite sistemica sono costantemente assenti le lesioni trom-

botiche e microaneurismatiche dei vasi, mentre, se ricercati, gli ANCA risultano positivi nell'85% dei casi, di tipo pANCA nell'80% e cANCA nel 20% dei casi (22).

Granulomatosi di Wegener (G.W.)

Costituita da una infiammazione granulomatosa interessante le alte e le basse vie aeree associata a vasculite necrotizzante dei vasi di medio e piccolo calibro (arterie, arteriole, capillari e venule) e quindi anche a glomerulonefrite.

L'incidenza è di circa 5 casi per milione di abitanti, interessa prevalentemente il sesso maschile nella 5^a e 6^a decade di vita. I sintomi sistemici sono simili alle altre forme di vasculite (astenia, febbre, dimagrimento, anemizzazione, ecc.), possono essere interessati tutti gli organi ed apparati come l'apparato locomotore sottoforma di artralgie migranti, il sistema nervoso periferico con mononeurite multipla o polineurite simmetrica, la cute con porpora palpabile o noduli spesso ulcerati ed infine l'occhio sottoforma di sclerite, uveite ed anche neurite ottica.

Ma la connotazione più tipica della malattia è costituita dal coinvolgimento dell'apparato respiratorio con manifestazioni di sinusite cronica, condrite nasale, otite media, cordite laringea e con la comparsa di infiltrati polmonari spesso multipli e tendenti alla escavazione, talora complicati da versamento pleurico e dal concomitante coinvolgimento dell'apparato uropoietico sottoforma di glomerulonefrite necrotizzante focale e proliferativa extracapillare talora associata a granulomatosi dell'interstizio causa di insufficienza renale rapidamente progressiva. L'assommarsi delle due patologie realizza la sindrome pulmono-renale (13). Rare ma non eccezionali le lesioni trombotiche dei vasi, mentre gli ANCA risultano positivi nel 90% dei casi, nella grande maggioranza sottoforma di cANCA (90% dei casi) (22).

Vasculiti associate alla esposizione alla silice

La maggior parte della casistica riportata in letteratura presenta un quadro clinico caratterizzato da insufficienza renale rapidamente progressiva sostenuta da una glomerulonefrite necrotizzante e proliferativa extracapillare a cui in genere si associano sintomi sistemici, poliartralgie, emoftoe o emorragia polmonare, porpora cutanea palpabile e polineuropatia. Comunque solamente nell'ultimo decennio, la possibilità di determinare gli ANCA ha permesso di chiarire il concetto che la esposizione cronica alla silice si associa prevalentemente a due tipi di vasculite: la poliangite microscopica e la granulomatosi di Wegener (6,21).

Poliangite microscopica in soggetti esposti alla silice

In letteratura vengono riportati poco meno di 50 casi di poliangite microscopica in pazienti che avevano avuto una lunga esposizione alla silice, di cui il 40% soffriva di silicosi.

Il quadro clinico è caratterizzato costantemente da una insufficienza renale rapidamente progressiva sostenuta da una glomerulonefrite necrotizzante con prolife-

razione extracapillare che nel 30% dei casi costituisce l'unico segno della patologia vasculitica (18). Mentre nella maggior parte dei casi il quadro clinico è più ricco in quanto frequentemente è presente un coinvolgimento polmonare sottoforma di infiltrati isolati o multipli spesso causa di manifestazioni emoftoiche, un interessamento del sistema nervoso centrale caratterizzato da accessi comiziali o del sistema nervoso periferico come mononeurite multipla. Gli ANCA vengono riportati positivi nel 95% dei casi, di cui 85% pANCA e 15% cANCA (5).

Comunque il dato più appariscente dalla revisione della letteratura è costituito dalla nozione che i soggetti con esposizione cronica alla silice hanno un rischio di sviluppare poliangite microscopica fino a 14 volte superiore alla popolazione normale (21).

Granulomatosi di Wegener in soggetti esposti alla silice

Vengono riferiti più di 20 casi di G.W. in soggetti che avevano avuto una lunga esposizione alla silice e di cui un discreto numero soffriva anche di silicosi. Il quadro clinico è caratterizzato da insufficienza renale a rapida evoluzione sostenuta da glomerulonefrite necrotizzante con semilune epiteliali nell'85% dei casi, a cui si associa con percentuale analoga un coinvolgimento polmonare costituito da infiltrati multipli talora escavati, che sono causa di manifestazioni emoftoiche in oltre il 30% dei casi. Anche l'impegno delle alte vie aeree è spesso presente, manifestandosi in circa il 60% dei soggetti sofferenti di detta patologia. La ricerca degli ANCA da risultati positivi nel 90% dei casi, di cui 80% sottoforma di cANCA e 20% di pANCA (12,21).

Anche per questa patologia è importante sottolineare che i soggetti con esposizione cronica alla silice hanno un rischio di sviluppare la granulomatosi di Wegener fino a 7 volte superiore alla popolazione normale (7,14).

I dati epidemiologici fin qui riportati suggeriscono l'ipotesi che esista un rapporto patogenetico tra esposizione alla silice e la comparsa di una patologia autoimmune così varia e complessa. Perché ciò sia plausibile è necessario che la silice venga considerata non come un materiale inerte ma piuttosto una sostanza dotata di un elevato potenziale immunogeno. In effetti numerose evidenze sperimentali sembrano suffragare questa seconda possibilità.

Pertanto verranno riferite alcune delle possibili azioni della silice sulle cellule immunocompetenti che dimostrano la elevata capacità immunomodulante della sostanza.

E' infatti accertato che la silice è in grado di:

- a. attivare il macrofago, stimolando la sua capacità a produrre IL1, a processare l'antigene e facilitare l'interazione con i T linfociti (20);

- b. indurre modificazioni delle membrane cellulare ed intracitoplasmatiche del macrofago con liberazione di enzimi capaci di determinare danno tissutale con slatentizzazione di antigeni prima segregati (9);
- c. regolare la espressione sulla membrana cellulare del macrofago degli antigeni di istocompatibilità di classe II, indispensabili per una adeguata presentazione dell'antigene al T linfocita (9);
- d. facilitare la produzione di citokine, alcune delle quali dotate di elevata capacità fibrogenica (vedasi l'elevata frequenza della sclerodermia) (10,17);
- e. comportarsi come superantigene, cioè mostrare la capacità di legarsi direttamente al linfocita, senza la intermediazione del macrofago, e quindi stimolare massicciamente un numero elevato di T linfociti (vedasi l'elevata frequenza di autoanticorpi multipli) (21,23);
- f. riattivare la funzione helper di T linfociti tolleranti mediante contatto con neoantigeni slatentizzati (9);
- g. comportarsi come attivatore policlonare di quella piccola quota di cellule B che non sono mai diventate tolleranti per gli autoantigeni per effetto degli antigeni provenienti dalle cellule apoptotiche (23);
- h. determinare una alterazione nella omeostasi del network idiotipo-antidiotipo che può scatenare una inarrestabile produzione di autoanticorpi;
- i. inoltre la silice potrebbe avere un ruolo anche nella produzione degli ANCA, in quanto essa potrebbe determinare una attivazione dei macrofagi con liberazione di citokine in grado di richiamare in loco i leucociti che, in seguito a lisi, potrebbero liberare enzimi lisosomiali, a loro volta captati e riprocessati dai macrofagi in modo da assumere una potenziale capacità immunogena e quindi evocare la produzione degli ANCA (5);
- j. infine non è escludibile un condizionamento genetico tale da rendere la stimolazione operata dalla silice particolarmente efficiente nell'avvio dell'orchestra immunologica (5,15).

Da quanto sovraesposto è estremamente suggestivo che queste molteplici azioni possano assumere un ruolo nella comparsa dell'alterazione immunitaria, comunque ulteriori studi sulla fisiopatologia dell'associazione tra esposizione cronica alla silice e malattie autoimmuni sono necessari per conferire ulteriore supporto a questi ipotetici meccanismi patogenetici.

BIBLIOGRAFIA

1. Alcaix D., Koeger A.C., Arnaud J., Camus J.P.
Silices et collagénoses
Sem. Hop 65:4,133;1989
2. Arnalich F., Lahoz C., Picazo M.L., Monereo A. et alii
Polyarteritis nodosa and necrotizing glomerulonephritis associated with long-standing silicosis
Nephron 51:544;1989
3. Bolton W.K., Suratt P.M., Sturgill B.C.
Rapidly progressive silicon nephropathy
Am. J. Med 71:823;1981
4. Calvert G.M., Steenland K., Palu S.
End-stage renal disease among silica-exposed gold miners
Jama 277,15:1219;1997
5. Gregorini G., Tira P., Frizza J., D'Haese P.C. et alii
ANCA-associated diseases and silica exposure
Clin. Rev. In Allergy and Immunol 15:21;1997
6. Hogan S.L., Satterly K.K., Dooley M.A., Nachman P.M., Jennette J.C., Falk R.J.
Silica exposure in anti-neutrophil cytoplasmic autoantibody-associated glomerulonephritis and lupus nephritis
J. Am. Soc. Nephrol 12:134;2001
7. Kallenberg C. G. M.
Renal disease, another effect of silica exposure?
Nephrol. Dial. Transplant 10:1117;1995
8. Klockars M., Koskela R.S., Jarvinen E., Kolari P.J., Rossi A.
Silica exposure and rheumatoid arthritis
Br. Med. J. 294:997;1987
9. Koeger A.C.
Responsabilité de l'exposition à la silice dans les connectivites
Presse Med 23,1:11;1994

10. Koeger A.C., Long T., Alcaix D., Milleron B. et alii
Silica-associated connective tissue disease
Medicine 74,5:221;1995
11. MC Hugh N.J., Whyte J., Harvey G., Haustein U.F.
Anti topoisomerase I antibodies in silica-associated systemic sclerosis
Arthritis Rheum 37:1198;1994
12. Neyer U., Woss E., Neuweiler J.
Wegener's granulomatosis associated with silicosis
Nephrol. Dial. Transplant. 9:559;1994
13. Niles J.L., Bottinger E.P., Saurina G.R., Kelly K.J. et alii
The syndrome of lung hemorrhage and nephritis is usually an ANCA-associated condition
Arch. Intern. Med 156:440;1996
14. Nuyts G.D., Van Vlem E., De Vos A., Daelemans R.A., Rorive G. et alii
Wegener granulomatosis is associated to exposure to silicon compounds
Nephrol. Dial. Transplant. 10:1162;1995
15. Privalova L.I., Katsnelson B.A., Sharapova N.T., Kislitsina N.S.
On the relationship between activation and breakdown of macrophages in the pathogenesis of silicosis
Med. Lav. 86,6:511;1995
16. Sanchez-Roman J., Wichmann I., Salaberri J., Varola J.M., Nunes R.A.
Multiple clinical and biological autoimmune manifestations in 50 workers after occupational exposure to silica
Ann. Rheum. Dis. 52:534;1993
17. Schmidt J.A., Oliver C.N., Lepe Zuniga J.L., Green I., Gery I.
Silica-stimulated monocytes release fibroblast proliferation factors identical to interleukin 1
J. Clin. Invest. 73:1462;1984
18. Sherson D., Jorgensen F.
Rapidly progressive crescentic glomerulonephritis in a sandblaster with silicosis
Br. J. Ind. Med. 46:675;1989
19. Silicosis and silicate disease committee
Disease associated with exposure to silica and nonfibrous silicate minerals
Arch. Pathol. Lab. Med. 112:673;1988

20. Steenland K., Goldsmith D.F.
Silica exposure and autoimmune diseases
Am. J. Ind. Med. 28:603;1995
21. Tervaert J.W.C., Stegeman C.A., Kallemborg C.G.M.
Silicon exposure and vasculitis
Curr. Opin. Rheumatol. 10:12;1998
22. Todesco S., Gamban P.F.
Malattie Reumatiche II Edizione
Mc Graw-Hill Italia - Milano 1998
23. Ueki A., Yamaguchi M., Ueki H., Watanabe Y., Ohsawa G. et alii
Polyclonal human T cell activation by silicate in vitro
Immunology 82:332;1994

Il rischio Silice in Provincia di Trento

A. Piccioni, C. Buffa, C. Correzzola

CON.T.A.R.P. - INAIL Direzione Regionale per il Trentino

Nel presente lavoro viene esaminata la situazione del rischio professionale da inalazione di silice libera cristallina negli ambienti di lavoro in Provincia di Trento; verranno analizzati in un primo momento i dati disponibili di esposizione dei lavoratori a polveri contenenti silice nei vari settori lavorativi, di seguito verranno riportati i risultati di un'inchiesta epidemiologica relativa ai casi di silicosi professionale riconosciuta dall'INAIL.

L'analisi dell'esposizione professionale a polveri respirabili contenenti silice libera cristallina è stata fatta sulla base dei numerosi campionamenti di tipo personale effettuati dalla Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione (CON.T.A.R.P.) della Direzione Regionale INAIL per il Trentino tra il 1995 ed il 2000. La maggior parte dei campionamenti è relativa a lavoratori impegnati del settore dell'estrazione e lavorazione del porfido, per cui per questo settore è stato possibile esaminare la situazione più nel dettaglio.

Per quanto riguarda lo studio epidemiologico sono stati esaminati 593 casi di silicosi riconosciute dall'INAIL tra il 1978 ed il 2000 nell'area territoriale corrispondente alle Sedi di Trento e Rovereto, evidenziando l'andamento del fenomeno nel tempo, il grado di invalidità, l'età anagrafica, la durata del periodo di esposizione, il settore lavorativo di provenienza e per i casi di rendita a superstiti, ove possibile, l'eventuale causa di morte correlata.

A - I dati ambientali

Premessa

Gli accertamenti strumentali da parte dell'INAIL sul rischio silice negli ambienti di lavoro sono una diretta conseguenza dell'applicazione del premio supplementare per silicosi e asbestosi, stabilito dal D.P.R. n. 1124 del 30 giugno 1965 (Testo Unico delle disposizioni per l'assicurazione obbligatoria contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali) al Titolo I - Capo VIII – Disposizioni speciali per la silicosi e asbestosi: "I datori di lavoro, che svolgono lavorazioni previste

nella tabella allegato n. 8, sono tenuti a corrispondere un premio supplementare, fissato in relazione all'incidenza dei salari specifici riflettenti gli operai esposti ad inalazioni di silice libera o di amianto in concentrazione tale da determinare il rischio, sul complesso delle mercedi erogate a tutti gli operai dello stesso stabilimento, opificio, cantiere, ecc." (art. 153).

In base a quanto disposto dal T.U. (D.P.R. n.1124/1965) il premio supplementare silicosi era originariamente applicato a tutte le lavorazioni indicate nella tabella dell'Allegato n. 8, di seguito riportata.

TABELLA DELLE LAVORAZIONI PER LE QUALI È OBBLIGATORIA L'ASSICURAZIONE CONTRO LA SILICOSI E L'ASBESTOSI

MALATTIE	LAVORAZIONI
Silicosi anche associata a tubercolosi	a) Lavori nelle miniere e cave in sotterraneo e lavori in sotterraneo in genere, lavori nelle miniere e cave a cielo aperto e lavori di scavo a cielo aperto, in presenza di roccia contenente silice libera o che comunque espongano all'inalazione di polvere di silice libera. b) Lavori di frantumazione, macinazione, manipolazione di rocce, materiali ed abrasivi contenenti silice o che comunque espongano all'inalazione di polvere di silice libera. c) Taglio, lavorazione, preparazione, levigatura, smerigliatura, molatura, lucidatura, adattamento in opera, delle rocce e di altri materiali contenenti silice libera o che comunque espongano all'inalazione di polvere di silice libera. Taglio, levigatura, smerigliatura, molatura, lucidatura, eseguiti con impiego di materiali contenenti silice libera (escluse le operazioni di molatura di utensili, aventi carattere occasionale) o che comunque espongano all'inalazione di polvere di silice libera. d) Produzione di mole e abrasivi in genere, di refrattari, di ceramiche, di cemento e del vetro, limitatamente alle operazioni su materiali contenenti silice libera o che comunque espongono all'inalazione di polvere di silice libera. e) Lavori nelle industrie siderurgiche, metallurgiche, meccaniche, nei quali si usino o si trattino materiali contenenti silice libera o che comunque espongano all'inalazione di polvere di silice libera. f) Produzione di laterizi, comprese le cave di argilla, ed altre lavorazioni nelle quali si usino o si trattino materiali contenenti silice libera o che comunque espongano all'inalazione di polvere di silice libera.
Asbestosi anche associata a tubercolosi	Estrazione e successive lavorazioni dell'amianto nelle miniere; lavori nelle manifatture e lavori che comportano impiego ed applicazione di amianto e di materiali che lo contengono o che comunque espongano ad inalazione di polvere di amianto.

Successivamente la Corte di Cassazione, con sentenze n. 321 del 17.01.1986 e n. 2230 del 28.03.1986, ha puntualizzato i limiti dell'obbligo al pagamento del premio supplementare, che è dovuto unicamente dalle aziende esercenti le lavorazioni tabellate nel cui ambiente di lavoro risulti accertato un effettivo rischio di contrarre la silicosi e/o l'asbestosi.

Proprio per ottemperare a queste disposizioni da allora l'INAIL ha intensificato e implementato, per il tramite del suo ufficio tecnico CONTARP, le attività di monitoraggio strumentale e di studio nei vari ambienti di lavoro in merito al rischio da polveri silicee aerodisperse. Nel seguito sono esposti i risultati di detti accertamenti effettuati nell'ambito della Provincia di Trento negli ultimi 6 anni.

Metodiche di campionamento ed analisi

Per la determinazione dell'esposizione alle polveri, tenuto conto della necessità di valutare il rischio cui gli addetti alle singole mansioni sono esposti, i campionamenti del particolato aerodisperso (limitatamente alla frazione "respirabile" così come definita dal D. L.vo n. 277/91) vengono effettuati a livello "personale", operando con prelevatori portatili, indossati direttamente dal lavoratore per testarne l'esposizione individuale.

Per il campionamento si è fatto uso di:

- campionatori SKC di tipo personale, operanti con flusso aspirante di 1.9 ± 0.1 l/min;
- cicloni SKC capaci di selezionare la frazione respirabile, così come definita dalla curva di ritenzione di Johannesburg;
- membrane filtranti in argento mod. FM25-08 della Osmonics di porosità 0.8 μ m e diametro 25 mm.

La determinazione della quantità di polvere respirabile campionata è stata effettuata con metodo gravimetrico a pesata differenziale utilizzando una bilancia METTLER M3-micro (sensibilità 1/1.000.000 gr).

Le analisi per la ricerca ed il dosaggio del quarzo sono state eseguite direttamente sui filtri tramite la tecnica della diffrattometria a raggi X (tecnica XRD) presso il laboratorio della CON.T.A.R.P. della Direzione Centrale dell'INAIL di Roma, utilizzando l'apparecchio automatico Philips PW 1800 Generator, servito da un Personal Computer (X ray tube: Cu LFF 50KV 40 mA).

Risultati e discussione

I principali settori e attività lavorative che nel passato sono stati considerati a rischio silice in Provincia di Trento, erano:

- **settore delle costruzioni edili**, con particolare riguardo alle fasi di scavo e perforazione sia all'aperto che in galleria;
- **settore industriale**: produzione e lavorazione ceramiche, industria siderurgica, cementifici, produzione e lavorazione materiali refrattari, abrasivi, laterizi; ecc.;
- **estrazione e lavorazione di materiali inerti**;
- **estrazione e lavorazione di materiali lapidei** in particolare pietre da taglio quali porfidi, graniti, tonaliti, ecc.

Più di recente i dati raccolti con gli accertamenti strumentali effettuati nel periodo 1995-2000 riguardano più specificatamente i 4 settori seguenti:

1. estrazione e lavorazione marmi, graniti e basalti;
2. estrazione e lavorazione materiali inerti;
3. industrie ceramiche;
4. estrazione e lavorazione porfido.

Complessivamente sono stati effettuati un totale di 535 campionamenti. I risultati di tali campionamenti vengono presentati in Tabella 1, sia in termini di concentrazione di quarzo nella frazione respirabile delle polveri (mg/m^3), sia di tenore in quarzo nelle polveri espresso in termini percentuali. Le medie riportate in questa tabella sono del tipo aritmetico.

Tabella n. 1

Livelli di inquinamento da polveri di quarzo nella frazione respirabile e tenori in quarzo nelle polveri respirabili.

Campionamenti 1995-2000

Settore lavorativo	Numero campioni	Concentrazione quarzo nella frazione respirabile (mg/m^3)			Tenore in quarzo nelle polveri respirabili (%)		
		min.	max	media	min.	max	media
Estrazione e lavorazione marmi, graniti e basalti	22	0,007	0,260	0,061	1,0	28,4	10,6
Estrazione e lavorazione materiali inerti	9	0,003	0,141	0,035	1,9	14,7	5,3
Industrie ceramiche	29	0,036	0,330	0,100	4,3	20,1	11,4
Estrazione e lavorazione porfido	475	0,002	0,713	0,073	2,5	56,0	19,9

L'analisi di questi dati, con riguardo al rischio per la salute dei lavoratori, va ovviamente fatta con riferimento ai principali indici di valutazione utilizzati dagli addetti ai lavori e proposti dalle varie organizzazioni internazionali che si occupano di sicurezza e salute nei luoghi di lavoro.

Prime tra tutte l'ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) che propone un limite di esposizione professionale (TLV-TWA), preso a riferimento quasi unanimemente a livello internazionale, definito come "concentrazione media ponderata nel tempo, su una giornata lavorativa convenzionale di 8 ore e di 40 ore lavorative settimanali, alla quale si ritiene che quasi tutti i lavoratori possano essere ripetutamente esposti, giorno dopo giorno, senza effetti negativi". Il TLV-TWA per la silice libera cristallina aerodispersa assume oggi il valore di 0.05 mg/m^3 , occorre precisare che l'ACGIH non propone un criterio per confrontare i dati sperimentali con tale limite, lascia infatti ampia discrezionalità all'igienista industriale. Il National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) propone un limite TLV di 0.050 mg/m^3 , ma differisce dall'ACGIH perchè indica la necessità di mediare su giornate lavorative di 10 ore. La World Health Organization (W.H.O.) raccomanda a sua volta un valore di soglia pari a 0.04 mg/m^3 .

Nella Figura 1 viene indicata per il settore estrazione e lavorazione marmi, graniti e basalti, la distribuzione dei livelli di silice libera cristallina nella frazione di polveri respirabili, espressi come percentuale sul totale dei campionamenti del settore. Sebbene in oltre il 50% dei risultati la concentrazione di quarzo risulti non elevata, dal momento che comunque i dati risultano fortemente condizionati dalla natura mineralogica del materiale in lavorazione presso il laboratorio durante il monitoraggio, è sintomatico che sussistano dei campioni attestanti condizioni di rischio preoccupanti ($> 0.15 \text{ mg/m}^3$).

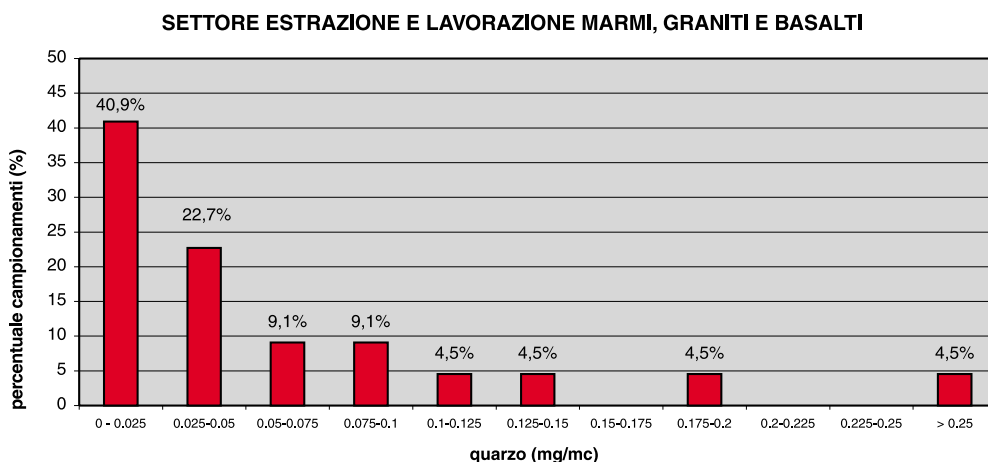


Fig. 1 - Settore estrazione e lavorazione marmi, graniti e basalti: concentrazione di quarzo nella frazione respirabile della polvere. Campionamenti 1995-2000

Analogamente nella Figura 2 si riporta la distribuzione corrispondente al settore delle industrie ceramiche; in questo caso il dato risulta più distribuito ed attestante comunque un rischio concreto di inalazione di silice libera cristallina da parte dei lavoratori.

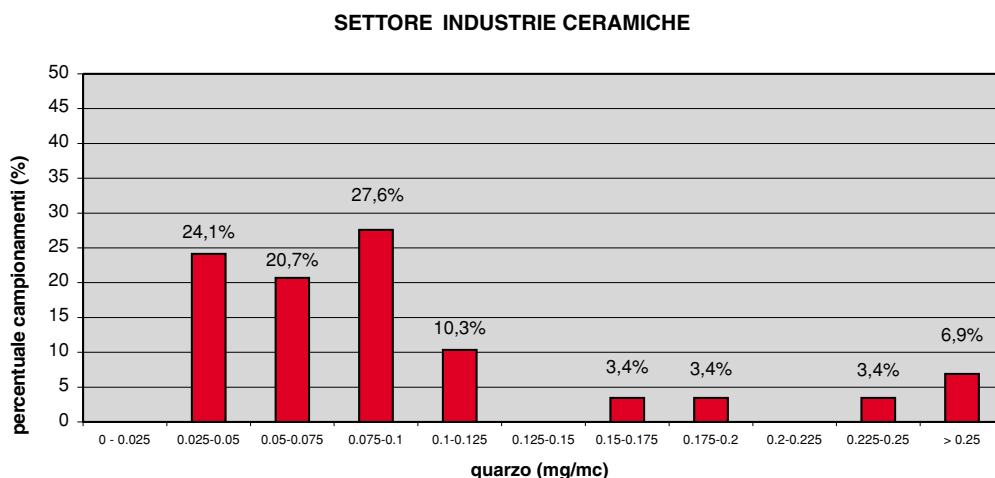


Fig. 2 - Settore industrie ceramiche: concentrazione di quarzo nella frazione respirabile della polvere. Campionamenti 1995-2000

Nella Figura 3 sono riportati i risultati relativi al settore estrazione e lavorazione del porfido. La distribuzione in questo caso, dato l'elevato numero di campionamenti effettuati in questo settore (475 su 535 totali), assume un andamento più regolare tipico di una distribuzione di tipo lognormale e quindi è possibile fare in merito delle considerazioni più dettagliate.

Settore del porfido

Il settore del porfido rappresenta senz'altro in Trentino un'importante realtà produttiva, sia in termini economici che di addetti. L'attività è concentrata nel Trentino orientale, in val di Cembra e nella zona dell'altopiano di Pinè, e interessa gli espandimenti lavici della cosiddetta piattaforma porfirica atesina; la roccia estratta e lavorata è petrograficamente una ignimbrite riolitica o riodacitica, ad elevato contenuto in quarzo, comunemente denominata "porfido". Proprio l'elevato tenore in quarzo della roccia estratta (mediamente pari al 20%) determina una situazione di lavoro potenzialmente a rischio di silicosi.

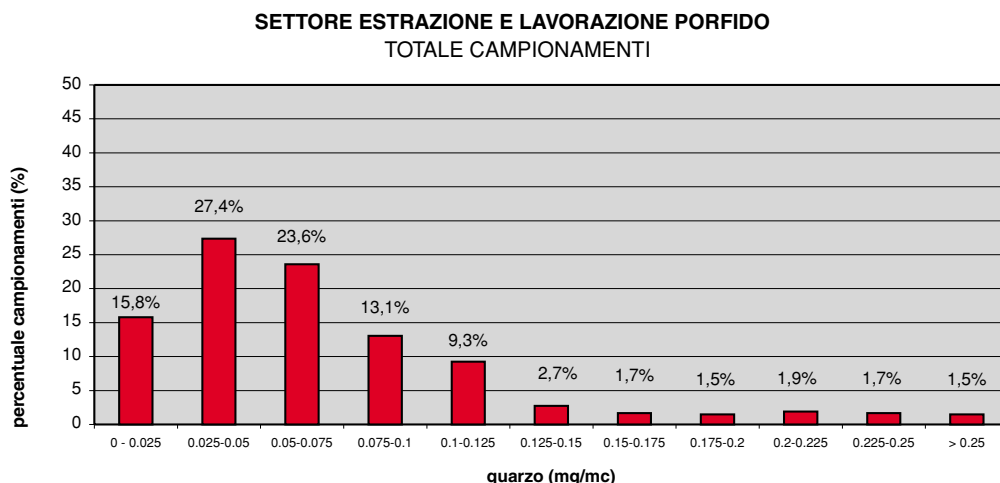


Fig. 3 – Settore estrazione e lavorazione del porfido: concentrazione di quarzo nella frazione respirabile della polvere. Campionamenti 1995-2000

In Tabella 2 sono riportati i risultati dei campionamenti effettuati sui lavoratori del settore distinti per mansione, in particolare le diverse maestranze per quanto possibile sono state raggruppate in 4 gruppi omogenei di mansioni ed un gruppo misto:

1. addetti alla movimentazione (palisti, mulettisti, ecc.);
2. manovali di cava (o cernitori);
3. piastrellisti o cubettisti;
4. segantini (addetti al taglio di lastre);
5. altre mansioni (scalpellino, fiammatore, fresatore, addetto lucidatrice, bancalatore, coordinatore, meccanico, manutentore, addetto frantoio, controllore pesa, binderista, operaio jolly, ecc.).

Tabella n. 2

*Settore estrazione e lavorazione del porfido: livelli di inquinamento da polveri di quarzo nella frazione respirabile e tenori in quarzo nelle polveri respirabili.
Campionamenti 1995-2000*

Mansione	Numero campioni	Concentrazione quarzo nella frazione respirabile (mg/m ³)			Tenore in quarzo nelle polveri respirabili (%)		
		min.	max	media	min.	max	media
Addetti alla movimentazione	57	0.006	0.104	0.032	3.7	31.8	14.3
Manovali di cava	183	0.002	0.278	0.072	2.9	45.8	20.4
Piastrellisti e cubettisti	140	0.006	0.713	0.088	3.4	56.0	22.6
Segantini	54	0.013	0.229	0.069	2.5	33.4	17.8
Altre mansioni*	41	0.011	0.604	0.087	2.8	27.9	19.2
Totali	475	0.002	0.713	0.073	2.5	56.0	19.9

*scalpellino, fiammatore, fresatore, addetto lucidatrice, bancalatore, coordinatore, meccanico, manutentore, addetto frantoio, controllore pesa, binderista, jolly, ecc.

Dalla Tabella n. 2 emerge come gli addetti alla movimentazione siano esposti a concentrazioni di quarzo nelle polveri respirabili mediamente pari a 0.032 mg/m³, molto più bassi di quelli delle altre 3 mansioni (manovali = 0.072 mg/m³, piastrellisti-cubettisti = 0.088 mg/m³, segantini = 0.069 mg/m³).

Non è invece possibile fare alcuna considerazione sul quinto gruppo, data l'estrema varietà delle mansioni. Le medie riportate in tabella sono del tipo aritmetico.

Nelle Figure 4, 5, 6 e 7 viene indicata per i 4 gruppi omogenei individuati (addetti alla movimentazione, cernitori, piastrellisti e cubettisti, segantini) la distribuzione dei livelli di silice libera cristallina nella frazione di polveri respirabili, in percentuale sui campionamenti del singolo gruppo.

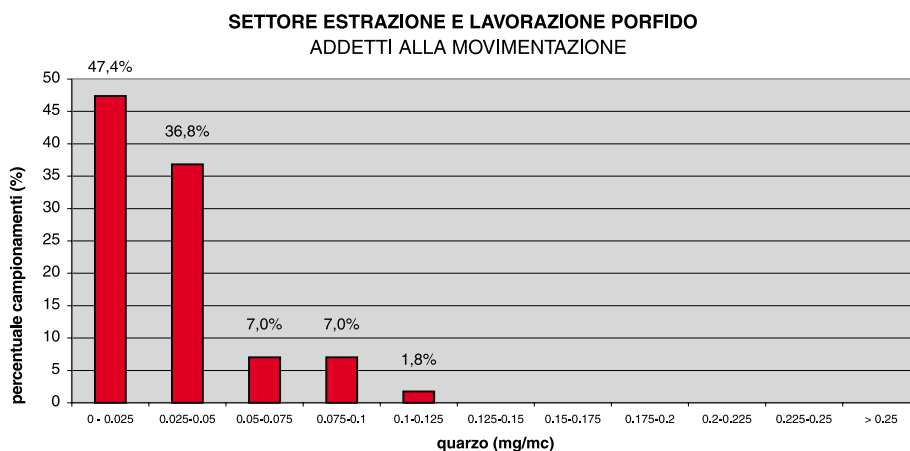


Fig. 4 – Settore estrazione e lavorazione del porfido: addetti alla movimentazione. Concentrazione di quarzo nella frazione respirabile della polvere. Campionamenti 1995-2000

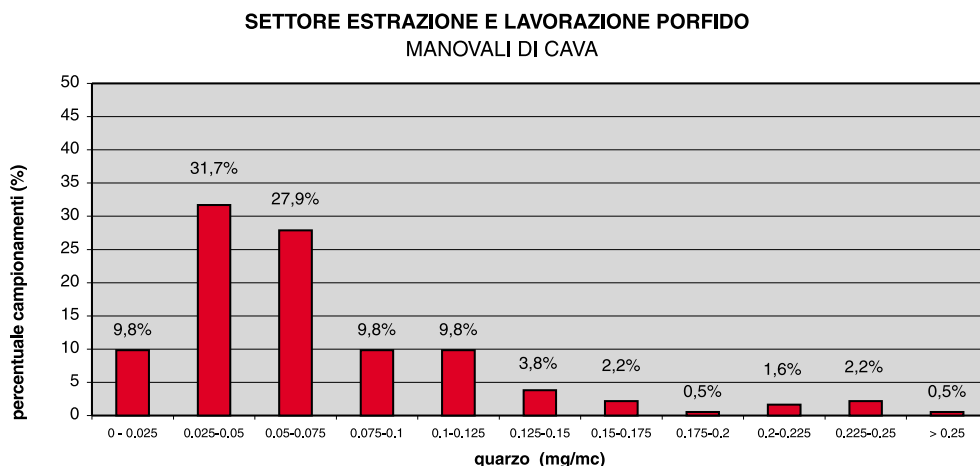


Fig. 5 – Settore estrazione e lavorazione del porfido: *manovali di cava*. Concentrazione di quarzo nella frazione respirabile della polvere. Campionamenti 1995-2000

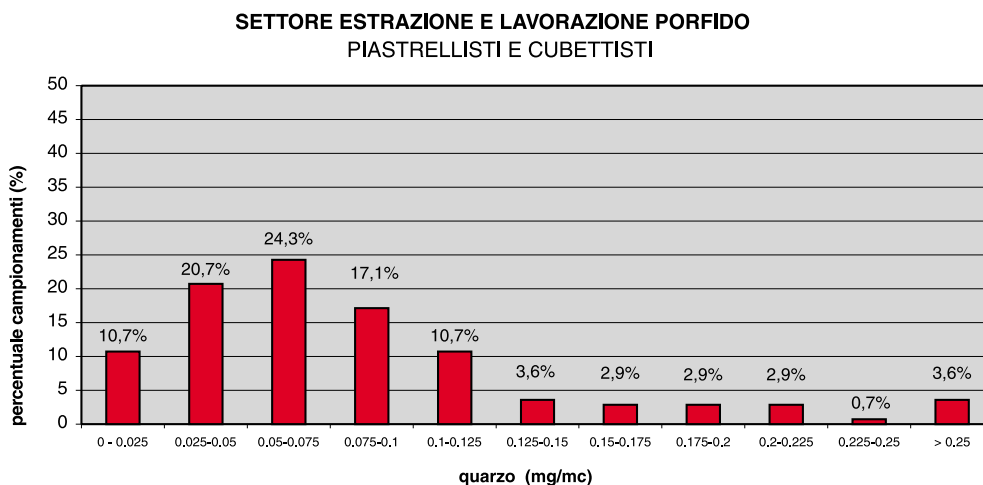
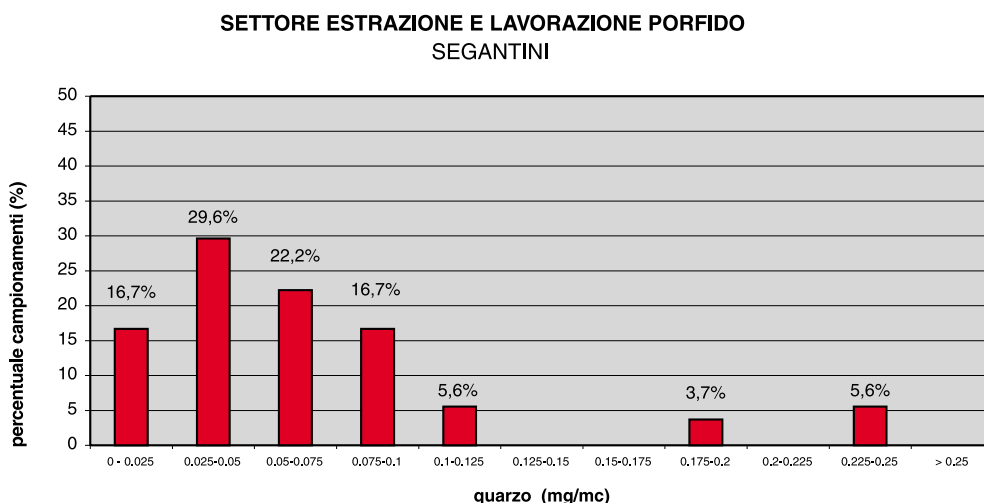


Fig. 6 – Settore estrazione e lavorazione del porfido: *piastrellisti e cubettisti*. Concentrazione di quarzo nella frazione respirabile della polvere. Campionamenti 1995-2000



*Fig. 7 – Settore estrazione e lavorazione del porfido: **segantini**. Concentrazione di quarzo nella frazione respirabile della polvere. Campionamenti 1995-2000*

Il quadro sin qui delineato vede per le varie mansioni, in misura più o meno marcata, la distribuzione dei livelli di inquinamento a cavallo di quelli che sono gli indici di riferimento che definiscono la presenza del rischio. Ne consegue che il settore del porfido, da un punto di vista prevenzionale, non possa non essere considerato potenzialmente a rischio di esposizione a silice libera cristallina aerodispersa.

B – I dati epidemiologici

Introduzione

Lo studio epidemiologico ha riguardato un periodo di osservazione che va dal 1978 al 2000; in particolare si è cercato di rintracciare tutte le pratiche relative a casi di silicosi riconosciute e indennizzate dall'INAIL in Provincia di Trento. Nel passato la gestione da parte dell'istituto dei dati amministrativi e clinici relativi alle malattie professionali era improntata ad un uso esclusivamente interno e le stesse procedure informatiche erano strutturate a questo scopo; tutto questo ha fatto sì che attualmente non risulta possibile una completa rintracciabilità delle informazioni tramite le sole ricerche informatiche.

Lo studio è stato quindi condotto consultando direttamente le pratiche cartacee originali ancora conservate negli archivi dell'INAIL, che però purtroppo non risultano completi, in quanto sono previste periodiche procedure di snellimento degli archivi "morti", che hanno comportato progressivamente l'eliminazione di alcune pratiche (invio al macero).

In conclusione è stato possibile analizzare direttamente in totale 593 pratiche relative a casi di silicosi riconosciute tra i lavoratori della provincia di Trento tra il 1978 ed il 2000; si stima che esse rappresentino circa 85% - 90% del totale dei casi riconosciuti.

Delle pratiche rintracciate non tutte risultavano complete, alcune delle informazioni utili erano disponibili solo in parte, ne consegue che nel prosieguo dell'esposizione le singole tabelle e figure riportate si riferiscono di volta in volta ad un campione differente, che verrà opportunamente segnalato.

Risultati e discussione

Tutti i 593 casi rintracciati riguardano persone di sesso maschile.

La silicosi si è manifestata nel corso degli anni con andamento calante in modo sostanzialmente progressivo a partire da un massimo riscontrato nel 1982 (Figura 8); negli ultimi 5 anni (1996-2000) i casi riconosciuti sono solo 13, pari al 2.4 % del campione esaminato.

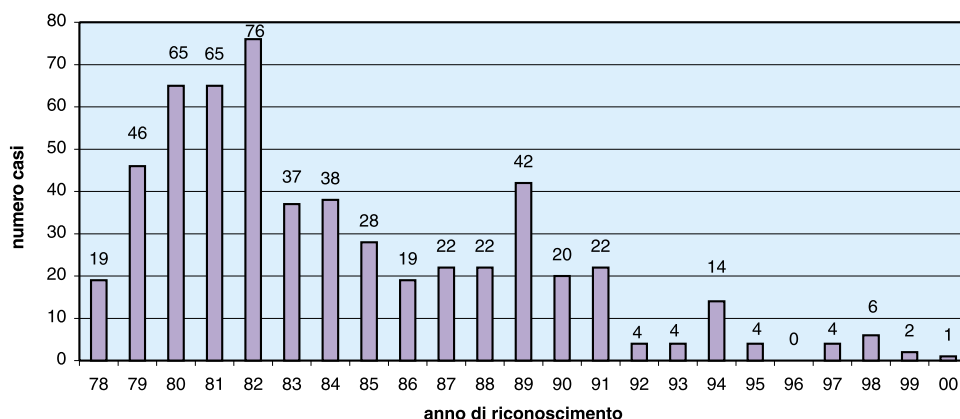


Fig. 8 – Distribuzione dei casi di silicosi riconosciuti in Provincia di Trento negli anni tra il 1978 ed il 2000 (totale casi analizzati 560)

Per quanto riguarda l'inabilità accertata dall'INAIL per i casi di silicosi in Figura 9 riportiamo l'andamento della distribuzione del grado di invalidità tra i silicotici riconosciuti. Il grado di invalidità medio risulta pari al 36%, inoltre, come si può vedere, nel 57% dei casi il grado di invalidità è inferiore al 30%; mentre solo per il 6,8% dei casi si riscontrano valori compresi tra 91 e 100% di invalidità.

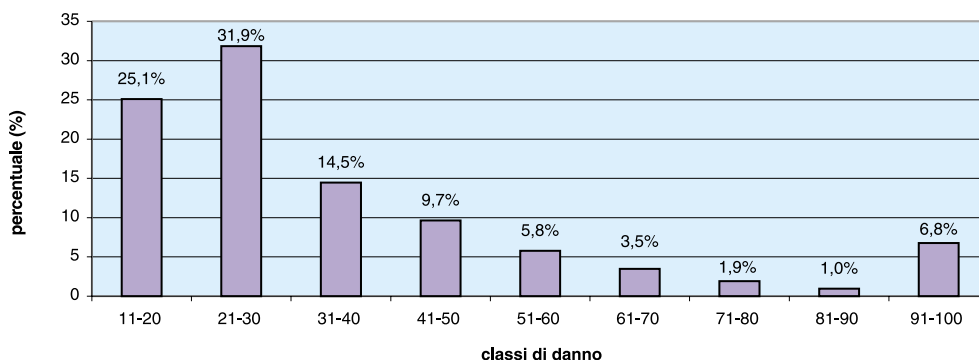


Fig. 9 – Distribuzione dei gradi di invalidità nei casi di silicosi riconosciuti in Provincia di Trento negli anni tra il 1978 ed il 2000 (totale casi analizzati 518)

La Figura 10 mostra la distribuzione dell'età dei lavoratori al momento del riconoscimento della silicosi; in essa si rileva un andamento abbastanza regolare a cavallo di un valore massimo (centrato) relativo alla fascia dai 55 ai 59 anni.

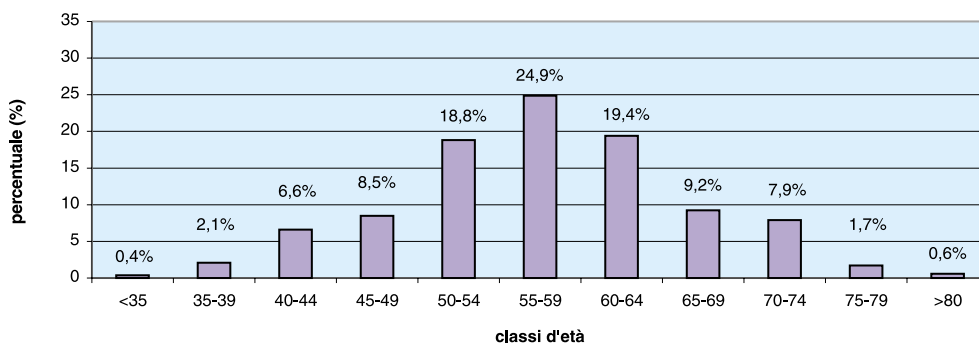


Fig. 10 – Distribuzione dell'età dei lavoratori all'epoca del riconoscimento della silicosi in Provincia di Trento negli anni tra il 1978 ed il 2000 (totale casi esaminati 531)

Per quanto riguarda la durata del periodo di esposizione professionale al rischio silice, dalla Figura 11 si rileva una notevole variabilità del dato: il valore medio si attesta comunque sul 22.5%, mentre il valore più ricorrente, fra 26 e 30 anni di esposizione, ben si raccorda con l'età media di riconoscimento rilevata in Figura 10.

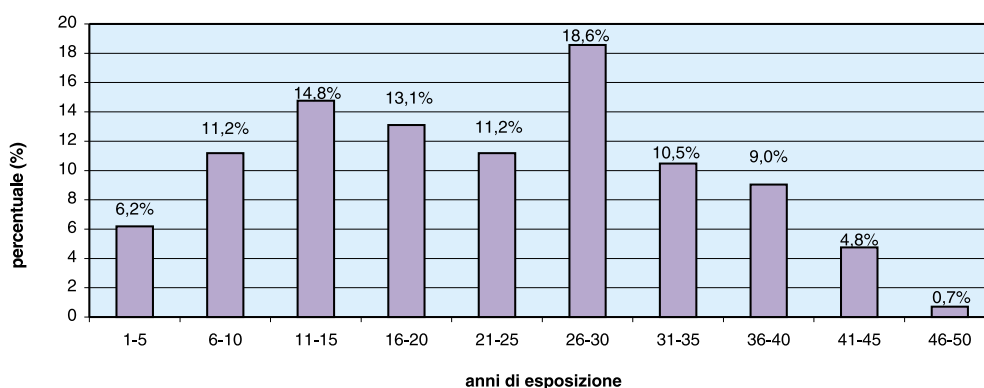


Fig. 11 – Distribuzione della durata in anni dell'esposizione professionale al rischio silice (totale casi esaminati 420).

In merito all'attività lavorativa svolta dai silicotici in 419 dei casi esaminati è stato possibile ricostruire a quale settore produttivo potenzialmente a rischio il lavoratore appartenesse; i risultati sono esposti in Figura 12. Escludendo una grossa percentuale di soggetti per i quali non è possibile fare alcuna considerazione (34.4%) - si tratta di coloro che nel corso della vita lavorativa hanno lavorato promiscuamente in diversi settori - emerge che la maggiore incidenza si registra per i lavoratori impegnati nei lavori edili: costruzioni, scavi, strade, ecc. (27.9%). Sono invece in numero inferiore i casi di silicosi riconosciute per lavoratori del settore estrazione e lavorazione del porfido (13.4%), impegnati in attività industriali (11.7%) e adibiti a lavorazione in miniere e cave di inerti (10%).

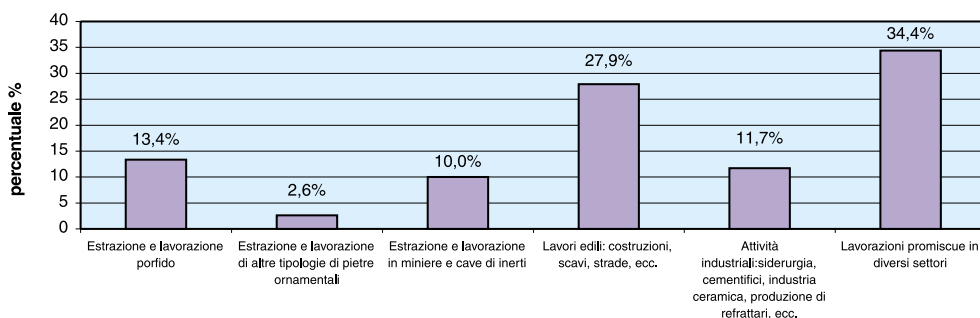


Fig. 12 – Distribuzione dei casi esaminati per settore lavorativo di provenienza (totale casi esaminati 419)

Relativamente ai lavoratori impegnati nel settore dei lavori edili è stato possibile distinguere tra coloro che sono stati impegnati in cantieri esclusivamente in galleria, quelli in alternativa impegnati esclusivamente in cantieri all'aperto e quelli che hanno negli anni lavorato sia in cantieri sotterranei che all'aperto; i dati sono riportati in Tabella 3.

Tabella n. 3

Settore lavori edili. Ripartizione delle silicosi per tipologia di attività lavorativa (casi esaminati 117)

Tipologia di attività lavorativa	Numero casi	Percentuale	Tempo medio di esposizione in anni
Lavorazioni esclusivamente in galleria	43	37 %	14
Lavorazioni esclusivamente all'aperto	18	15 %	23
Lavorazioni promiscue	56	48 %	8 in galleria 24 all'aperto

Analogamente la Tabella 4 riporta i dati relativi al settore estrazione e lavorazione del porfido. In questo caso le silicosi riconosciute hanno interessato prevalentemente lavoratori con mansione di cubettista-piastrellista e in misura minore gli addetti manovali di cava. La diversità del dato delle due mansioni può comunque dipendere anche dal fatto che nel settore esaminato cubettisti e piastrellisti sono più numerosi dei manovali di cava.

Tabella n. 4

Settore estrazione e lavorazione del porfido. Distribuzione percentuale dei casi di silicosi per mansione.

Mansione	Percentuale
Manovali	33 %
Cubettisti-piastrellisti	63 %
Addetti alla movimentazione	2%
Indeterminati	2%

Delle 593 pratiche analizzate, 253 riguardano persone ad oggi decedute.

L'età dei lavoratori al momento del decesso, risulta prevalentemente compresa tra 60 e 79 anni, con un picco nella fascia tra i 70 e i 74 anni; in Figura 13 è riportata la relativa distribuzione.

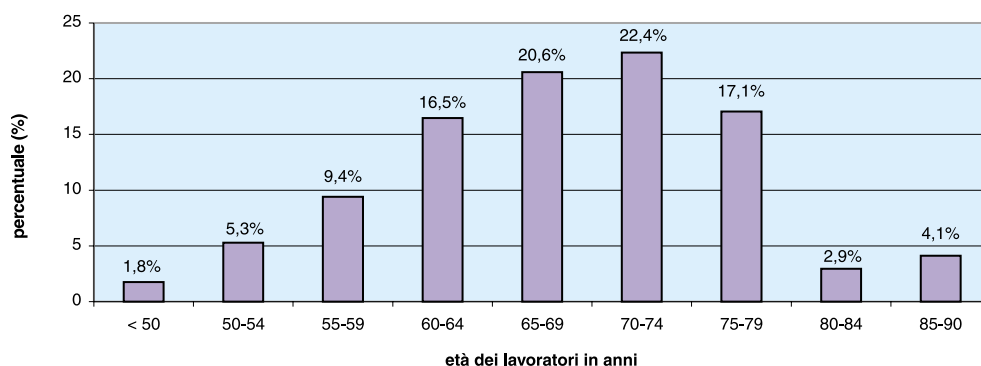


Fig. 13 – Distribuzione dell'età dei lavoratori al momento del decesso (totale casi esaminati 170)

Relativamente ai silicotici deceduti è stato possibile al momento rintracciare ed analizzare direttamente solo 92 pratiche, relative a casi con "rendite a superstiti"; tutte le altre purtroppo non sono più reperibili. Per 50 di queste è stato possibile esaminare anche la cartella clinica e risalire quindi alla causa di morte riconosciuta; nella Tabella 5 sono raccolti i relativi dati.

Nel verificare il tipo di correlazione esistente tra la causa di morte e la malattia professionale emerge come nel 42% dei casi esaminati siano state individuate forme tumorali polmonari come concausa di morte. Tale informazione a nostro parere risulta importante, anche se occorre porre attenzione al fatto che il dato è ottenuto su un campione numericamente limitato e non totalmente rappresentativo, quindi non può essere direttamente estrapolato all'intera popolazione dei soggetti affetti da silicosi.

Tabella n. 5

Silicosi indennizzate e correlata causa di morte (casi esaminati 50)

<i>Causa di morte</i>	<i>Numero casi</i>	<i>Percentuale</i>
SILICOSI CAUSA PRIMARIA DI MORTE	11	22%
FORME TUMORALI POLMONARI (SILICOSI COME CONCAUSA)	21	42%
ALTRE PATOLOGIE CARDIORESPIRATORIE (SILICOSI COME CONCAUSA)	18	36%

BIBLIOGRAFIA

Bartolomei G., Corsi M., Dalcin R., D'amico G., Gatto P., Nardin M., Rossi D., Sacerdoti M., Semenza E.: Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 21 Trento, Serv. Geol. d'Italia, Roma, 1969, pp. 1-79.

Casciani G., Ripanucci G., Verdel U.: La silice libera in natura e nei prodotti artificiali, Guida al riconoscimento di alcune fonti di rischio di malattie professionali, Inail, Roma, 1992, pp. 111-214.

Cerisola R., Perrone G., Piccioni A., Pol G., Verdel U.: Valutazione del rischio assicurativo da silice nella realtà trentina dell'estrazione e lavorazione del porfido, Atti del 4° Convegno: Le Giornate di Corvara, 1998, pp. 161-167.

Curro' Dossi A.: Metodi di abbattimento e cenni sulla lavorazione del porfido nel Trentino - Alto Adige, Atti del Symposium internazionale sui giacimenti minerari delle Alpi, Trento, 1966, pp.1085-1105.

De Santa A., Maddalena R., Radam R.: Esposizione a quarzo nella lavorazione del porfido: indagine di comparto, Atti del 4° Convegno: Le Giornate di Corvara, 1998, pp. 157-160.

De Santa A., Radam R., Berri A., Massola A.: Particolarità nell'utilizzo di TLV per il quarzo nella lavorazione del porfido, Atti del 18° Congresso Nazionale AIDII, Trento, 2000, pp. 46-49.

ESPO - Provincia Autonoma Di Trento (Autori Vari): Progetto Cava Tipo: miglioramento delle tecniche di coltivazione, dell'organizzazione del ciclo produttivo e delle condizioni di lavoro nel settore del porfido, Rapporto conclusivo a cura di Lorenzo Cadrobbi, Albiano (Tn), 1999.

Ripanucci G.: Guida metodologica per l'accertamento del rischio silicosi, Inail, Roma, 1992, pp. 1-52.

Verdel U., Piccioni A., Cerisola R.: Report on pollution by quartz dust in mining and manufacturing of porphyry in Italy, Trento Province, Proceedings 9th Int. Conf. Occup. Resp. Diseases, Kyoto, 1997, pp. 1029-1032.

American Council of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH): TLVs and BEIs, 2000.

Sartorelli E.: Trattato di medicina del lavoro, Piccin Editore, 1981, Padova, pp. 192-197.

Crepet M.: Igiene e sicurezza negli ambienti di lavoro, Dott. M. Ragno Editore, 1984, Roma, pp. 12-23.

Paustenbach B.J., Occupational exposure limits, Pharmacokinetics and unusual work schedules in Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, 2nd ed., 1978, John Wiley and sons Inc., vol. 3A, cap. 6, pp. 150-223

Verdel U., Piccioni A., Cerisola R. & Perrone G.: Inquinamento da polvere di quarzo e danni provocati nell'estrazione e lavorazione del porfido in Trentino, Rivista degli Infortuni e delle Malattie Professionali, 1998, Fasc. 6, pp. 747-758.

Problematiche nella valutazione dell'esposizione a polveri contenenti silice

F.Cavariani, L.Bedini

Laboratorio di Igiene Industriale, Dipartimento di Prevenzione, ASL Viterbo

Riassunto

Le metodologie relative alla valutazione dell'esposizione a polveri contenenti silice cristallina, che rappresentano da tempo un campo importante dell'igiene industriale, hanno risentito della evoluzione nelle acquisizioni tecniche e scientifiche, con particolare riferimento alle "variazioni nel tempo" della curva di respirabilità delle polveri e dello sviluppo dell'elettronica, influenzando in tal modo le strategie, i metodi di campionamento, di analisi e i valori limite di riferimento. Attualmente permangono notevoli carenze nella identificazione e nella definizione del rischio nei settori d'uso e nelle attività lavorative che impiegano materiali contenenti silice cristallina; mancano riferimenti consolidati per una definizione di matrici di esposizione specifiche della mansione a rischio. Non esistono tuttora banche dati fruibili per la gestione del rischio e per le bonifiche, né sono state emanate dagli Enti competenti valori limite di riferimento o linee guida per una corretta etichettatura dei prodotti e per apporre una segnaletica di pericolo in presenza di dispersione di tali polveri. Nonostante ciò, alcune situazioni lavorative sono state seguite e valutate nel tempo, come la produzione ceramica nel Lazio e le attività connesse all'estrazione e lavorazione del porfido in Trentino. Per tali situazioni si offre la possibilità di ricostruire la dose cumulata dei lavoratori addetti, come ulteriore contributo alla comprensione dei determinanti delle principali patologie associate all'inalazione di silice cristallina. Non ultima, viene sottolineata la necessità di definire a livello nazionale, protocolli standard di riferimento per gli aspetti sia sanitari che di igiene industriale riguardanti la valutazione del danno e del rischio da silice.

Introduzione

Le possibilità di essere addetti ad attività a rischio di significativa esposizione a silice cristallina sono molte elevate: dalla lavorazione delle pietre, all'edilizia, dalla foggatura nell'industria ceramica alla fusione dei metalli, poiché i materiali che contengono tale minerale sono estremamente comuni in natura.

La silice è molto diffusa sia in forma amorfa che cristallina (*o quarzo*), rappresentando circa il 12% in peso di tutta la crosta terrestre (*Klein, 1993*) e la polvere di silice si libera in aria nel corso di operazioni che prevedono la frantumazione, la movimentazione o la macinazione di rocce, di sabbia, di cemento e di alcuni minerali.

Le dimensioni delle particelle della silice (*soprattutto quelle inferiori a 5 mm di diametro*), le caratteristiche di superficie (*materiali frantumati di recente*) e la tipologia della sua struttura cristallina (*presenza di elementi bioreattivi sulla superficie*) possono influenzarne la tossicità esacerbandone l'effetto.

Inalare particelle che contengono quarzo può causare quella che si chiama una pneumoconiosi (*Niosh, 1994*); questa si instaura per la reazione fibrotica dei tessuti del polmone quale reazione alle polveri contenenti silice cristallina ed il rischio di ammalarsi cresce con l'aumentare della quantità di polveri inalate.

In generale la esposizione a polveri contenenti silice provoca un significativo danno alla salute che si evidenzia con una più elevata morbilità (*anche ad apparati diversi da quello polmonare, come i reni*) (*Boujemaa, 1994*) e spesso con una morte prematura.

L'unico modo per prevenire questi effetti nocivi è limitare l'inalazione di silice e organismi internazionali, come l'Organizzazione Mondiale della Sanità (*W.h.o., 1986*) e molti stati, hanno indicato "*standard di esposizione*" per il controllo delle polveri contenenti silice cristallina nei luoghi di lavoro (*Niosh, 1975*).

Storicamente la messa a punto di campionatori di polveri e di sistemi di controllo delle polveri nei luoghi di lavoro (*vedi figura 1*) si è sviluppata motivata proprio dal riconoscimento che l'esposizione a polveri contenenti silice cristallina (*con le tre forme polimorfe: alfa-quarzo, cristobalite e tridimite*) era causa di gravi patologie polmonari, quali la silicosi, silicosi, la silico-tubercolosi (*Snider, 1978*) e, da ultimo, di tumori al polmone (*Peters, 1986*).



Figura 1

Di conseguenza, l'evoluzione dei limiti fissati per l'esposizione a polveri e le tecniche di igiene industriale predisposte per valutare la *compliance* con tali limiti, è stata incentrata sul controllo della silice (N.i.o.s.h., 1984). Diverse apparecchiature e strumenti sono stati via via impiegati per quantificare i livelli espositivi dei lavoratori, dall'uso di impinger seguito dal conteggio delle particelle, ai filtri usati con cicloni che selezionano specifici diametri aerodinamici delle particelle, con successiva analisi gravimetrica (Lipmann, 1983; Lioy, 1984; Glenn, 1986).

Nel corso degli ultimi 40 anni (Michael, 1975) i valori limite di esposizione sono diminuiti numerose volte a seguito dell'aggiornamento delle valutazioni sugli effetti di diverse concentrazioni (vedi figura 2).

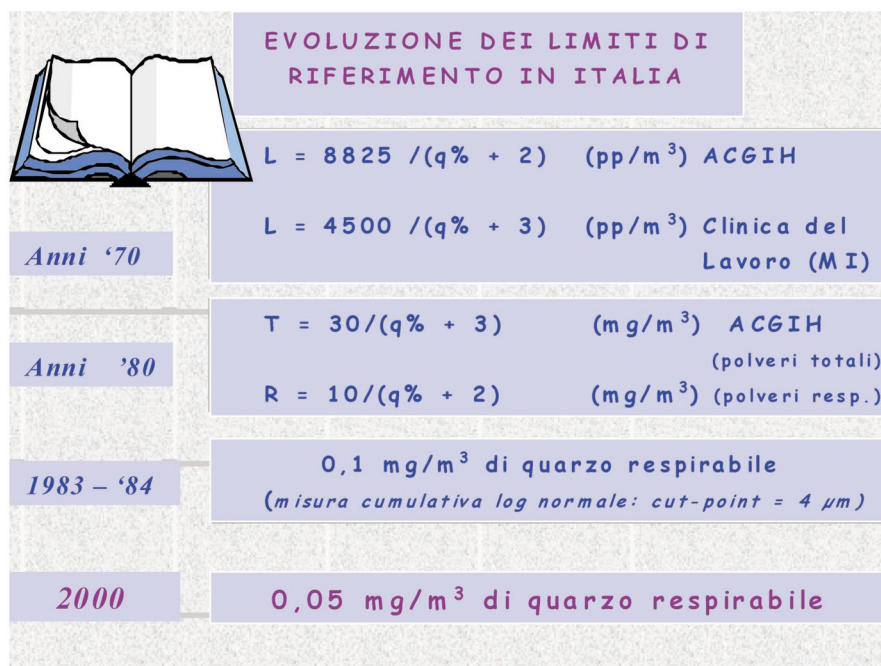


Figura 2

Per l'esposizione a silice si pone inoltre il problema dei suoi possibili effetti cancerogeni; nel 1987, infatti, l'*Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro* (Iarc, 1987), che effettua tali studi per Organizzazione mondiale per la sanità, ha classificato la silice cristallina nel *gruppo 2A*, cioè fra le sostanze con sufficiente evidenza carcinogenetica sull'animale, ma limitata evidenza nell'uomo.

Dopo 10 anni, la stessa Agenzia (Iarc, 1997) ha rivisto la classificazione, ponendo la silice cristallina nella *Classe 1*, che è quella delle sostanze per cui si rileva che "sufficiente evidenza di cancerogenicità indica che esiste un rapporto causale tra esposizione e tumori nell'uomo"; questo la pone tra i potenti cancerogeni per l'uomo, nella stessa categoria dell'asbesto: è quindi molto probabile che i lavoratori esposti sperimentino un rischio più elevato di ammalarsi di tumore polmonare.

SVILUPPO DI LINEE GUIDA PER VALUTARE L'ESPOSIZIONE

Probabilmente il primo metodo di campionamento e valutazione dell'esposizione è stato l'impinger "*Greenburg-Smith*", sviluppato nel 1925 dal *Bureau of Mines* statunitense, assieme alla *American Society of Heating and Ventilation Engineers* e

l'U.S. Public Health Services, rimasto in uso per oltre 30 anni come metodo di elezione negli Stati Uniti per le miniere e le industrie. Una versione di dimensioni ridotte, più conosciuta in Europa, è il cosiddetto "*midget impinger*", usato per la conta di particelle di polvere e più maneggevole per l'utilizzo sul campo (*Drinker, 1954; Mercer, 1973*).

In tale ambito le particelle campionate, con diametro aerodinamico superiore a 0.75 mm, in soluzione idroalcolica, venivano contate utilizzando le tecniche di conteggio adattate dal metodo usato abitualmente per la conta del plancton in acqua di mare ed il risultato era espresso come milioni di particelle per piede cubico (*mppcf*) o come particelle per centimetro cubo (*pp/cc*) (*Ayer, 1969*).

Nel 1962, l'A.C.G.I.H. (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*) riconobbe che il rischio per la salute era direttamente correlato alla concentrazione di silice cristallina (*indicato anche come quarzo o silice libera cristallina*) nella polvere ed adottò un *Threshold Limit Value (TLV)* (*Acgih, 1962*), non inteso come limite legale, ma solo come linea guida per gli igienisti industriali, pari a :

$$TLV = \frac{250}{\% \text{ quarzo} + 5} mppcf$$

in cui il limite per le polveri aerodisperse veniva diminuito dall'incremento della concentrazione di silice.

Tale limite è stato poi modificato nel 1970, in analogia con quello per le polveri fastidiose di 30 *mppcf*:

$$TLV = \frac{300}{\% \text{ quarzo} + 10} mppcf$$

Nel 1968, comunque, basandosi sulle crescenti evidenze epidemiologiche comparse nella letteratura scientifica e sulle indicazioni emerse dalla *Johannesburg Pneumoconiosis Conference*, l'A.C.G.I.H. aveva proposto un TLV della sola frazione respirabile, concepito su un campionamento selettivo misurato gravimetricamente, di 0.1 mg/m^3 , valore che si riteneva potesse fornire una protezione equivalente a quella di 10 *mppcf* di polveri totali con una concentrazione di quarzo pari al 25 % (*situazione di riferimento nelle miniere di granito del Vermont, che sembrava dare sufficienti garanzie di sicurezza*) (*Ayer, 1968*).

In analogia fu proposto il limite gravimetrico di 5 mg/m^3 per le polveri respirabili non fibrogene: l'A.C.G.I.H. basò tale assunzione a partire dal limite di 15 mg/m^3 per le polveri totali e supponendo una presenza percentuale della frazione respira-

bile pari a circa un terzo. A partire da tali valori limite fu quindi proposto ed adottato un limite gravimetrico per la polvere respirabile che si riteneva analogo a quello fissato con la conta delle particelle:

$$TLV = \frac{10}{\% \text{ quarzo} + 2} \text{ mg/m}^3$$

Nel 1986 fu adottato un limite che richiedeva la diretta misura della silice cristallina respirabile (a - *quarzo*) pari a 0.1 mg/m^3 , con un dimezzamento del valore nel caso della presenza di *crystalite* e/o *tridimite*.

Nel 2000 l'A.C.G.I.H. ha adottato il valore limite di 0.05 mg/m^3 per il quarzo respirabile (A.c.g.i.h., 2001).

LA DEFINIZIONE DI POLVERE RESPIRABILE

Punto critico per la valutazione dell'esposizione a silice, è la definizione di polveri respirabili e degli strumenti per la loro determinazione. Tale definizione è stata al centro di accesi dibattiti in molti simposi, articoli scientifici e prese di posizione di organismi tecnici.

Nel 1968, l'A.C.G.I.H. aveva definito cinque frazioni dimensionali per la caratterizzazione delle polveri pneumoconio gene, proponendo una specifica definizione per le polveri che avevano capacità di deporsi nei polmoni umani, delineando una curva di efficienza che doveva essere rispettata dai selettori della frazione respirabile delle polveri per una corretta deposizione sul filtro per l'analisi gravimetrica successiva (*Aerosol Technology Committee, 1970*), secondo la tabella seguente:

<i>Diametro aerodinamico (sfera di densità unitaria) μm</i>	Percentuale di passaggio Attraverso il selettore
2,0	90
2,5	75
3,5 (4,0) *	50
5,0	25
10,0	0

* *Modifica successiva dell'A.C.G.I.H. in accordo con le definizioni adottate dalla comunità scientifica internazionale.*

Un altro aspetto della questione è quello relativo al selettore da usare per raccogliere la frazione respirabile così definita: tra i più diffusi vi è il ciclone in nylon da 10 mm, tipo *Door-Oliver*, con però un ulteriore problema subito emerso relativamente al flusso di campionamento da utilizzare, poiché modificandolo (1,4 - 1,7 - 2.0 litri/minuto), veniva a cambiare l'efficienza della curva di taglio aerodinamico della polvere raccolta.

In tal senso diversi approcci metodologici sono stati seguiti (*fattori di correzione, cicloni di diversa concezione, etc.*) senza che si sia giunti a procedure standardizzate tali da rendere i risultati ottenuti confrontabili in maniera accettabile (Tomb, 1969; Caplan, 1977; Bartley, 1982; Niosh, 1984).

I PROBLEMI TECNICO-OPERATIVI IN ITALIA

Attualmente in Italia i separatori granulometrici della frazione respirabile più usati sono quelli di tipo *Door-Oliver*, *Casella* e *SKC*, che differiscono tra loro per il *cut-point* dichiarato, per i flussi di campionamento ed all'uso comparato, manifestano differenze sino al 30 % nei risultati ottenuti.

La mancanza di linee guida consolidate incide notevolmente nelle scelte operate dalle strutture che operano nel campo e si riflettono nei risultati divulgati, anche alla luce delle indicazioni contenute nella EN 481 della Comunità Europea, che suggerisce un *cut-point* di 4,25 μm che non trova riscontro nei cicloni presenti sul mercato e rendendo quindi difficile poter confrontare i dati raccolti da strutture diverse.

Va comunque detto che le esperienze sul campo di relativa numerosità permettono, anche a partire da diverse condizioni operative, significative conclusioni: l'elaborazione realizzata sugli oltre 1500 campioni di polveri prodotti dalla *Contarp* – *Inail* e dal *Laboratorio di Igiene Industriale* della *ASL di Viterbo* con metodiche diverse e in campagne di misura differenti, ma contemporanee, nelle aziende ceramiche del Comprensorio di Civita Castellana, hanno mostrato una buona concordanza sia a livello di precisione che di accuratezza (vedi figura 3).

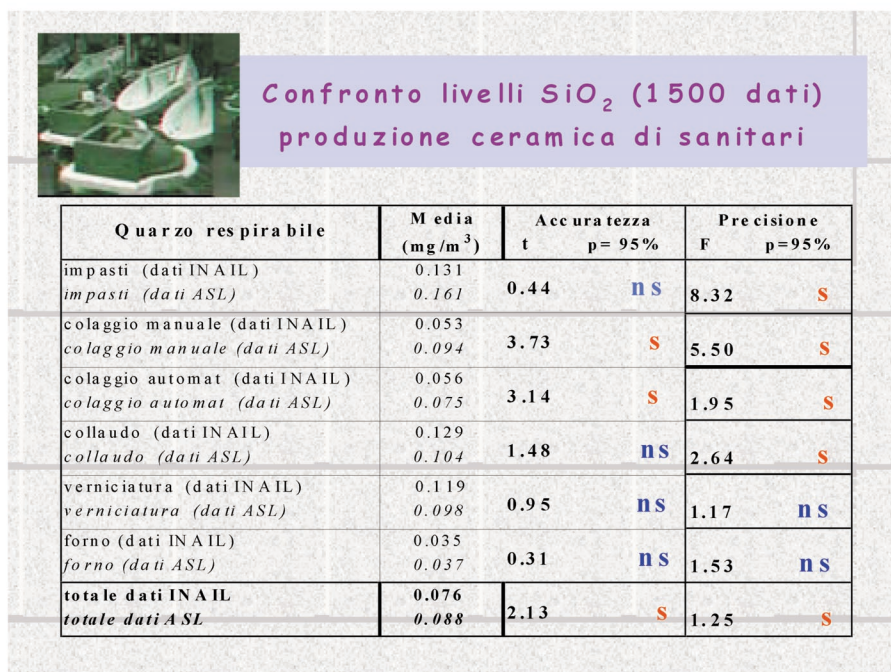


Figura 3

Su questo gruppo di lavoratori, circa 4000, è infatti in corso uno studio teso a determinare una stima della dose cumulata (*CEI o Cumulative Exposure Index*, vedi figura 4) per correlarla con gli effetti sulla salute, attuali ed in prospettiva, della loro esposizione a silice (Steeland, 1995).

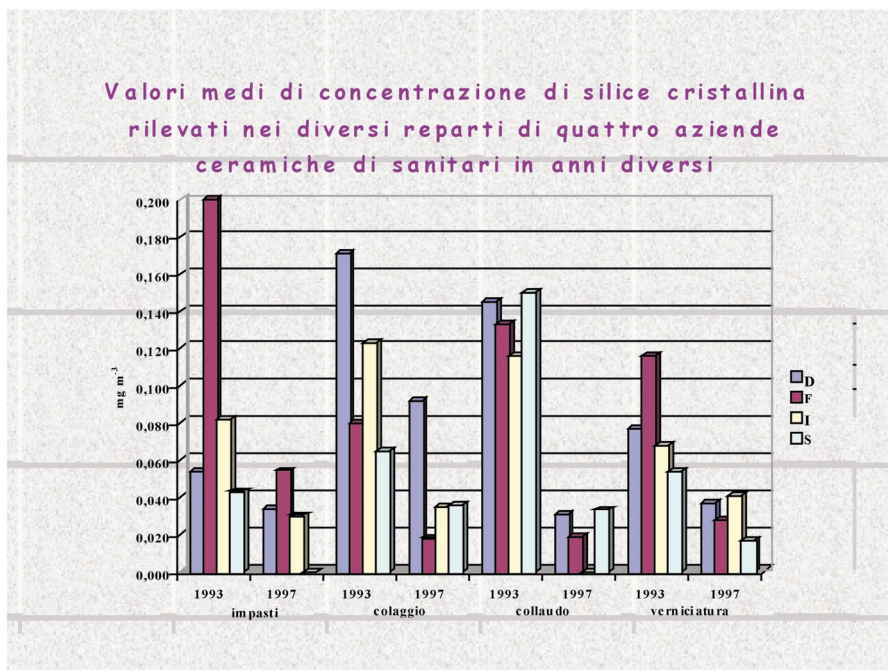


Figura 4

Il confronto tra strutture analitiche diverse ha permesso di rafforzare la coerenza formale della base di dati storici disponibili (*circa 25 anni di osservazione, vedi figura 5*) per una migliore definizione della esposizione sperimentata da questi lavoratori nel corso degli anni (*Cattani, 1999*), con l'obiettivo più generale di giungere ad una più "solida" comprensione dei determinanti della malattia più frequente, la silicosi, che colpisce attualmente circa l'8% di tale popolazione lavorativa (*Cavariani, 1995*).



Figura 5

Un analogo studio è stato avviato sulla popolazione dei cavaatori di porfido del Trentino: a partire dai dati disponibili e pubblicati, si è proceduto alla ricostruzione dei livelli espositivi per varie mansioni dagli anni '60. Da livelli significativi di esposizione si evidenzia un trend in diminuzione per gli ultimi anni (vedi figura 6), ma se si analizzano separatamente le mansioni lavorative più importanti, si manifesta per alcune addirittura un aumento dei livelli espositivi (vedi figure 7,8 e 9), segnalando anche in questo settore produttivo, la necessità di urgenti azioni correttive e di prevenzione.

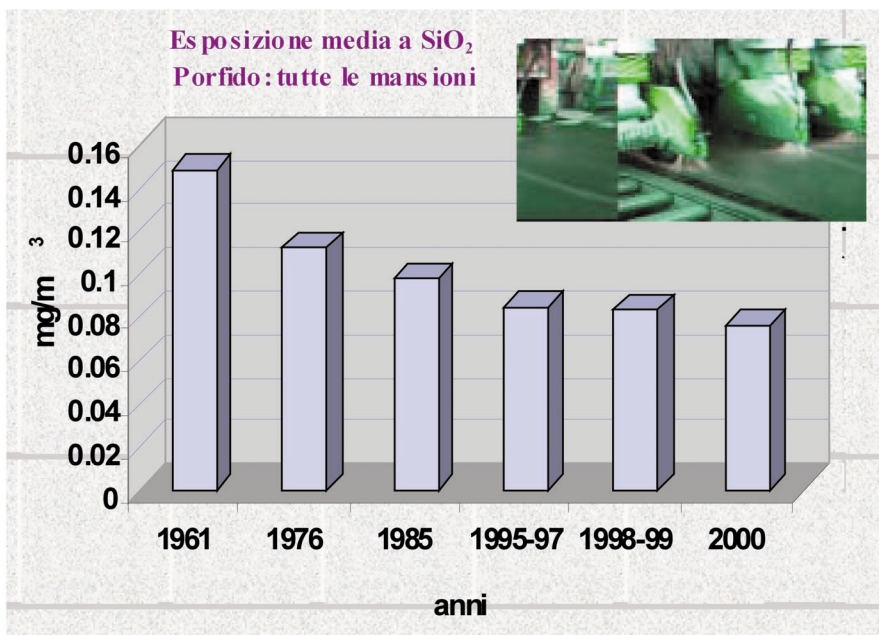


Figura 6

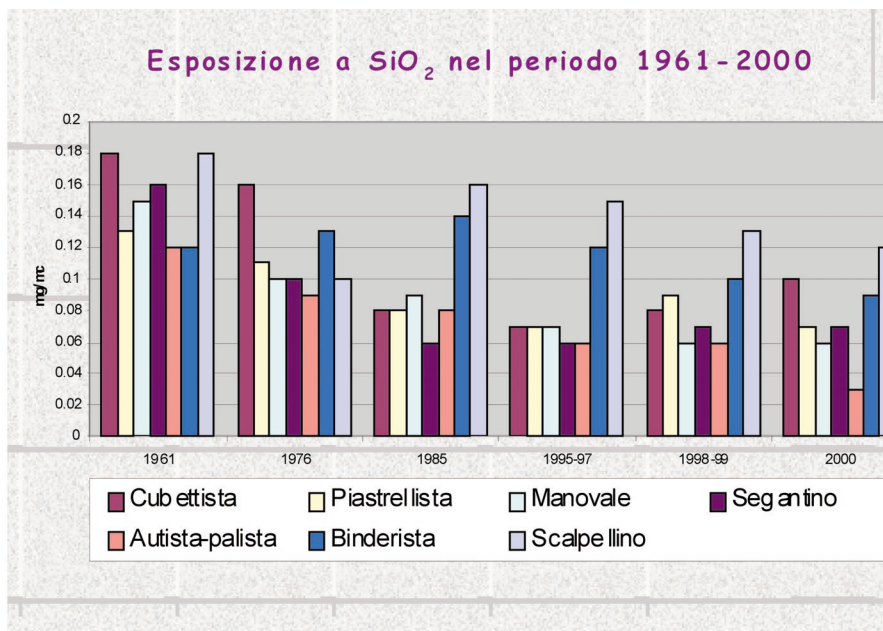


Figura 7

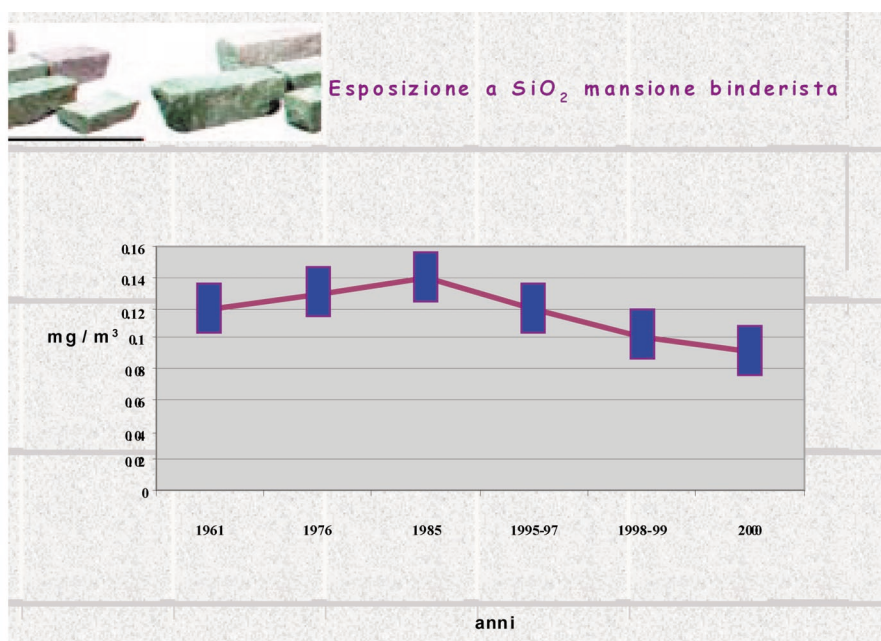


Figura 8

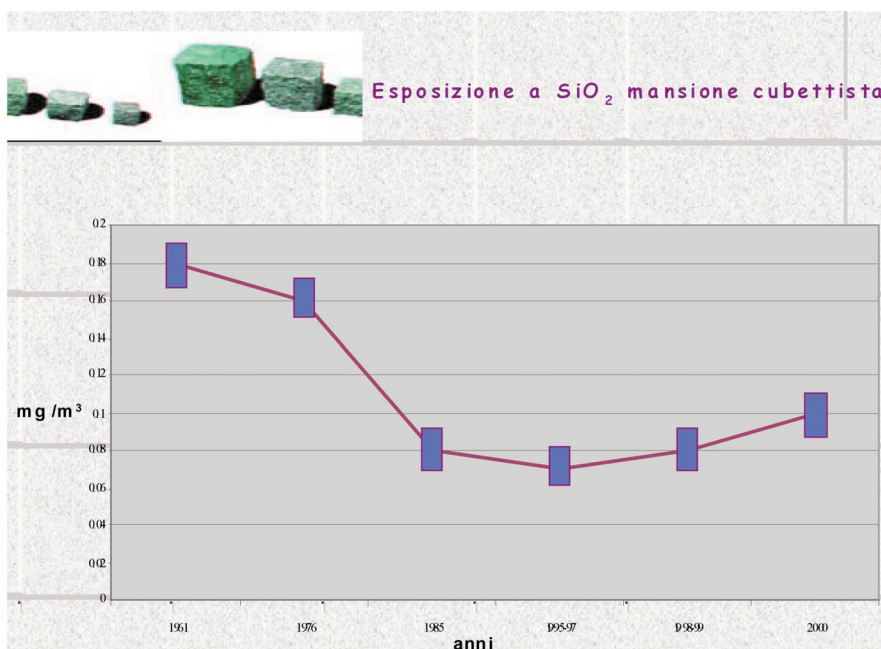


Figura 9

LA SILICOSI

La tecnopatia più diffusa dovuta alla esposizione a silice cristallina, la silicosi, è nel mondo (*O.m.s., 2000*) e in Italia ancora drammaticamente frequente (*Carnevale, 1999*). Conosciuta e presente nella letteratura greca e romana, viene descritta sistematicamente per la prima volta nel 1700 dal medico padovano, considerato il precursore della odierna medicina del lavoro, Bernardino Ramazzini (*Ramazzini, 1908*), ma già due secoli prima, Georgius Agricola (*Agricola, 1912*) aveva descritto i disturbi nei minatori, legandone la genesi alla presenza delle polveri nell'ambiente di lavoro.

L'Inail ha attualmente, a causa della silicosi, in gestione 80.000 rendite dirette o versate a superstiti ed i costi assicurativi che ne conseguono sono dell'ordine di 1.000 miliardi l'anno, sfiorando il 10 % dell'intero costo degli infortuni e delle malattie professionali (*Verdel, 1998*), ma anche in questi anni la silicosi continua a rappresentare oltre il 5 % di tutte le oltre 25.000 denunce di malattia professionale che ogni anno pervengono all'Istituto assicuratore (*Inail, 2001*).

In ultima analisi emerge quindi che la esposizione a silice cristallina continua a rappresentare un rilevante problema di sanità pubblica in diversi settori produttivi italiani e che diversi ritardi e carenze non hanno ostacolato la diffusione, ed in particolare:

- ***Carenze nel misurare sistematicamente il rischio nei diversi settori produttivi interessati e nell'informare/formare i lavoratori ed i datori di lavoro su tale pericolo.***

Non è disponibile ancora oggi un repertorio esaustivo di materiali pericolosi, né si è stilato un elenco di attività produttive in cui è sicuramente necessario intraprendere azioni e attivare misure per prevenire l'inalazione di polveri silicotigene: accanto a settori considerati tradizionalmente a rischio (*attività minerarie e di scavo, ceramica, edilizia*) si aggiungono continuamente settori assolutamente nuovi, ma ugualmente a rischio (*si possono citare ad esempio quelli della sabbiatura con sabbie quarzifere nella confezione di blue jeans per ottenere l'effetto "slavatatura" o del restauro edilizio per togliere i "graffiti" di vernice spray*).

- ***Scarso sviluppo di strutture tecniche specializzate nella valutazione del rischio.***
La maggior parte delle esposizioni lavorative a polveri sono dovute a polveri miste con un contenuto variabile di quarzo. Misurare il rischio necessita di campionamenti delle polveri aerodisperse nell'ambiente di lavoro e la loro analisi: ciò richiede disponibilità di tecnici, laboratori attrezzati e speciali apparecchiature.

ture. In Italia (*ma anche in paesi come gli USA*) sono pochissime le strutture, sia pubbliche che private, in grado di effettuare correttamente tali analisi; inoltre mancano precise normative, guide tecniche di riferimento od obblighi di legge per effettuare queste misure. In Italia i controlli senz'altro più diffusi sono stati quelli effettuati dall'Inail, ma hanno sempre avuto la funzione, come si è accennato, di determinare l'eventuale sovrappremio assicurativo e non quello di attivare azioni preventive.

- ***Mancanza di valori limite di riferimento per la silice cristallina e di sistematici controlli nei luoghi di lavoro.***

Sono mancate (*e mancano*) una politica nazionale per valutare appieno il fenomeno e strategie locali (*salvo rari casi*) per sorvegliarne l'andamento e controllarne le caratteristiche. I cambiamenti tecnologici e produttivi necessitano di una continua attenzione e capacità di comprenderne i mutamenti nell'ambito della nocività, per la continua introduzione di nuove modalità di lavoro e di sostanze chimiche nei cicli produttivi, troppo spesso pericolosi per l'uomo: limitate risorse, umane e tecniche, sono da sempre destinate a verifiche pianificate. In conclusione, si effettua pochissima vigilanza tecnicamente qualificata nei luoghi di lavoro.

- ***Scarsa qualità della sorveglianza sanitaria.***

Nella nostra legislazione è obbligatorio da oltre 35 anni sottoporre a sorveglianza sanitaria, anche tramite radiografia del torace, i lavoratori esposti a polveri contenenti silice (*e amianto*), ma ciò non è stato accompagnato da linee guida di aggiornamento (*per i più diffusi livelli espositivi attuali, non appare di alcuna utilità diagnostica effettuare una radiografia annuale al torace*), né da doverosi controlli sulla qualità di tali accertamenti, con il risultato che ogni anno si espongono inutilmente a dannose dosi di radiazioni ionizzanti un elevato numero di persone senza alcun reale vantaggio di diagnosi precoce e con una indebita esposizione a raggi X.

- ***Assenza della registrazione delle esposizioni.***

Nonostante un chiaro rapporto tra dose ed effetto, non è obbligatorio registrare i livelli di esposizione degli esposti a tale rischio, non essendoci peraltro obblighi di monitorare le attività a rischio per confermare la presenza di quarzo in aria o per evitare livelli espositivi elevati.

Questi forse gli aspetti principali di una vicenda non conclusa, pur se negli ultimi anni, la discussione scientifica sugli effetti sanitari cronici ed irreversibili dovuti alla esposizione a polveri di silice sta avendo una grande risonanza in tutto il mondo, ed anche recentemente in Italia diversi operatori della prevenzione si sono pronunciati sulla necessità di sollecitare un'azione straordinaria degli Istituti nazio-

nali (Istituto superiore di sanità, Istituto per la sicurezza e la prevenzione nei luoghi di lavoro, Istituto nazionale per l'assicurazione contro gli infortuni sul lavoro) per attivare un programma speciale sul rischio silice.

Un programma che dovrebbe prevedere la istituzione di gruppi di lavoro di esperti, finalizzati alla definizione di linee guida, disciplinari tecnici e normative di riferimento in merito alle questioni sottese alla problematica della prevenzione dei rischi legati alla esposizione, professionale e non, alla silice cristallina, a partire dalla definizione dei settori produttivi attualmente a rischio, nonché dalla descrizione del quadro dei danni ai lavoratori dovuti ad esposizioni pregresse in Italia.

In particolare si è concordato che gli enti e le istituzioni interessati, in pieno accordo con i Dipartimenti di Prevenzione delle Aziende Sanitarie Locali e le Agenzie per l'Ambiente, nell'ambito di una più ampia integrazione delle competenze e delle risorse, debbano intraprendere iniziative di collaborazione per approfondire gli studi sui seguenti argomenti:

- metodologie di campionamento ed analisi della silice aerodispersa;
- indicazioni metodologiche sulla valutazione e gestione del rischio;
- valori limite di esposizione in ambienti di vita e di lavoro;
- ricostruzione retrospettiva dell'esposizione nelle varie attività produttive;
- definizione dei comparti produttivi interessati dall'uso e dall'esposizione a silice;
- uso delle fonti amministrative (assicurative, previdenziali) ai fini della stima numerica degli esposti a rischio;
- costruzione di matrici mansione/esposizione per i principali settori produttivi a rischio;
- costruzione di un repertorio delle attività produttive e dei materiali a rischio;
- storia della esposizione a silice in Italia;
- studio delle cause di morte dei lavoratori esposti;
- epidemiologia della silicosi;
- qualità, sensibilità e specificità delle metodologie diagnostiche;
- effetti sanitari della silice: silicosi, tumori polmonari ed altre patologie;
- sorveglianza sanitaria degli esposti;
- educazione alla salute ed informazione sui rischi;
- interventi di riduzione del rischio e di bonifica dei posti di lavoro;
- etichettatura dei prodotti, dei preparati e dei materiali contenenti quarzo;
- problemi assicurativi, previdenziali e di indennizzo.

Su questi (numerosi e irrisolti) temi viene auspicato un coinvolgimento da parte di tutti i soggetti istituzionali e sociali, con l'avvio di azioni programmate che possano attivare sinergicamente i soggetti e le strutture interessati ad affrontare e risolvere i problemi connessi alla gestione del rischio silice ancora oggi presenti in Italia.

BIBLIOGRAFIA

ACGIH, American Conference of Governmental Industrial Hygienists: Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices, Fifth Edition, American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Cincinnati, 1986, pp 523-525

ACGIH, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 2001, Threshold limit values for chemical substances and physical agents - Biological exposure indices 2001 – Cincinnati, OH;

Aerosol Technology Committee: Guide for Respirable Mass Sampling, Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 31:133-137, 1970.

Agricola G., 1912, De re metallica, in Mining Magazine, London;

Ayer HE, Sutton GW, Davis IH: Size-Selective Gravimetric Sampling in Dusty Industries. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 29:336-341, 1968

Ayer, HE: The Proposed ACGIH Mass Limits for Quartz: Review and Evaluation. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 30:117-125, 1969.

Bartley DL, Breuer GM: Analysis and Optimization of the Performance of the 10-mm Cyclone. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 43: 520-528, 1982.

Boujemaa W., Lauwerys R., Bernard A., 1994, Early indicators of renal dysfunction in silicotic workers. Scand. J. Work Environ. Health, 136: 855-62;

Caplan KJ, Doemeny LJ, Sorenson SD. Performance Characteristics of the 10-mm Cyclone Respirable Mass Sampler: Part I – Monodisperse Studies. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 38: 83-95, 1977.

Carnevale F., Baldasseroni A., 1999, Mal da lavoro Storia della salute dei lavoratori, Editori Laterza, Bari, VI – La silicosi: un'epidemia di lunga durata, 297-320;

Cavariani F. et al., Incidence of silicosis among ceramic workers in central Italy, Scand. J. Work Environ. Health, 1995; 21 suppl. 2: 58-62;

Cattani G., Cavariani F., 1999, Valutazione dell'esposizione a silice cristallina nel comprensorio ceramico di Civita Castellana, in Atti del 18° Congresso A.I.D.I.I., Trento, 165-182;

Drinker P, Hatch T: Industrial Dust, Second Edition. McGraw-Hill Book Co.Inc., New York, 1954, pp 147-155.

Glenn RE, Kraft B: Air Sampling for Particulates. In Merchant JA, Boehlecke BA, Taylor G, Pickett-Harner M: Occupational Respiratory Diseases, DHHS (NIOSH) Publication No. 86-102, Superintendent of Documents, Washington DC, 1986, pp 69-82.

Klein C., 1993, Rocks, minerals and dusty world, in G.D.Guthrie, B.T.Mossman, Eds.Reviews in mineralogy, Vol.28, Health effects of mineral dusts, Chelsea, Book Crafters;

Iarc, 1987, Silica and some silicates. Lyon, International Agency for Research on Cancer, Iarc Monographs on evaluation of carcinogenic risk to humans, Vol.42;

Iarc, 1997, Silica, some silicates, coal dust and para-aramid fibrils. Lyon, International Agency for Research on Cancer, Iarc Monographs on evaluation of carcinogenic risk to humans, Vol.68;

Inail, 2001, Rapporto annuale 2000, Roma;

Lioy PJ, Lippmann M, Phalen RF: Rationale for Particle Size-Selective Air Sampling. Ann. Am. Conf. Ind. Hyg. 11:27-34, 1984.

Lippman M: Size-Selective Health Hazard Sampling. In Lioy PJ, Lioy MJY: Air Sampling Instruments 6th Edition, pp H1-H22, ACGIH, Cincinnati, 1983.

Mercer TT: Aerosol Technology in Hazard Evaluation. Academic Press, New York, 1973. pp 151-154.

Michael H., Utidjian D., 1975, Criteria documents, recommendations for a crystalline silica standard, Journal of Occupational Medicine, 17, 775-783;

Niosh, National Institute for Occupational Safety and Health, 1975, Criteria for a recommended standard. Occupational exposure to silica, Washington DC, US Printing Office, DHEW –NIOSH, Publ.N° 75-120;

Niosh, National Institute for Occupational Safety and Health; Manual of Analytical Methods, Third Edition. Method 0600-Nuisance Dust, Respirable, Revised February 15, 1984. DHHS(NIOSH) Publication No 84-100 (NIOSH Publications Dissemination, 4676 Columbia Parkway, Cincinnati, OH 45226), 1984.

Niosh, 1994, Work-related lung disease surveillance report 1994. Cincinnati, Ohio. National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS Publication Niosh, 94-120;

O.m.s., La silicosi, Promemoria n.238, Maggio 2000, Geneva;

Peters JM: Silicosis. In: Occupational Respiratory Disease. Editors: Merchant JA, Boehlecke BA, Taylor G, Pickett-Harner M. DHHS (NIOSH) Publication No. 86-102, (1986).

Ramazzini B., 1908, Le malattie degli artefici, trad. G.M. Levi, Società editrice del "Corriere Sanitario", Milano;

Snider D.E., 1978, The relationship between tuberculosis and silicosis. Am.Rev.Respir.Dis. 118:455-460;

Steeland K., Brown D., 1995, Silicosis among gold miners: exposure-response analysis and risk assessment. Am.J.Public Health, 85:1372-1377;

Tomb T.F., Treaftis H.N., Review of Published Experimental Calibrations Performed on the 10 Millimeter Nylon Cyclone. Mining Enforcement and Safety Administration, Informational Report 1040, 1976.

Verdel U., 1998 (luglio-ottobre), Un problema tecnico ultracinquantennale: la valutazione del rischio assicurativo da silice libera cristallina, Inail, Rivista degli infortuni e delle malattie professionali, n.4-5, 487-499;

W.h.o., 1986, Recommended health-based limits in occupational exposure to selected minerals dusts (silica, coal), Report of a W.h.o. Expert Committee, W.h.o. Technical Report Series, n. 734, Geneve;

Wagner G.R., 1996, Screening and surveillance of workers exposed to mineral dusts, World Health Organization, Geneva.

Evoluzione delle esposizioni professionali a silice

F. Carnevale, F. Capacci

Azienda sanitaria di Firenze, S. PISLL
via della Cupola, 64
50145 Firenze
Tel 055342331; Fax 055301293
e.m.: salute.occupazionale@dada.it

GLI EFFETTI DELLA SILICE E LE VALUTAZIONI DI CANCEROGENICITÀ

In un lavoro del 1891 viene riportato che la stragrande maggioranza dei 46.000 scalpellini e dei 2.000 scultori operanti in Italia *“a cagione della frequenza e gravità delle malattie polmonari, vadano incontro alle malattie lente degli organi respiratori, catarri bronchiali cronici, broncorree, bronchiectasie, enfisema polmonare, cirrosi polmonare (litopneumoconiosi) e tubercolosi”*... *“è raro che possano continuare il lavoro oltre il 55° anno e molti debbono smettere anche prima”*. Secondo lo stesso autore *“l'aria inspirata dagli scalpellini conterrebbe in media circa 5 centigrammi di polvere per litro, cosicchè, lavorando 12 ore giornaliere, inalerebbero 600 grammi di polvere al giorno”* (Paladini, 1891).

E' questa la prima stima che si conosca, anche se grossolana, riguardante l'esposizione a polveri silicotigene credibilmente correlata con danni di tipo respiratorio di grave entità ed è in questo contesto che, nel 1904, fu istituita una Commissione per lo studio delle malattie professionali con il compito di raccogliere informazioni direttamente dalle aziende minerarie. Purtroppo l'esito dell'indagine fu fortemente penalizzato dalla scarsa partecipazione e collaborazione all'iniziativa. Ma, nonostante l'incompletezza od i palesi errori delle risposte inviate alla Commissione sulle malattie predominanti o “speciali” per ciascun gruppo di minatori, i dati raccolti fornirono elementi sufficienti a compensare il silenzio e la reticenza dimostrati: *“sebbene da tutte le miniere del regno, ascendenti a 1.061, si siano avute solo 269 schede, delle quali 154 fossero state degne di spoglio, pure dalla medesima risultava lo stato compassionevole della vita degli operai, le pessime condizioni igieniche dei medesimi, l'insalubrità e povertà delle acque, l'umidità delle gallerie, l'azione nociva del polviglio, dei gas irritanti, deleteri od irrespirabili”* (Giordano, 1906).

Siamo nel 1906 e il lavoro avviene ancora quasi esclusivamente con attrezzi di tipo manuale. Solo in alcune circostanze, come nella perforazione della galleria del Sempione conclusa nei primi anni del secolo, avevano fatto la loro comparsa i martelli pneumatici che, almeno per alcuni decenni, produrranno un salto quantitativo nell'esposizione a polveri. Tale concetto è ben espresso anche in un'opera letteraria diaristica di un minatore italiano che ha lavorato nelle miniere di carbone in Belgio negli anni '60: *"E' doveroso anche notare che con l'avvento del martello pneumatico la percentualità di ammalati ai polmoni è cresciuta si può dire del mille per cento. Ora la mina ti segna un limite: dopo il limite, il sanatorio. Prima no, al tempo di nonno piccone la polvere non esisteva e così un minatore tirava avanti anche fino a ottant'anni. Sicchè ai vecchi tempi anche gli ergastolani facevano una bella vita, non come noi. Però erano costretti. ..."* (Rossetti, 1989).

Nel corso degli ultimi 30 anni le posizioni assicurative gestite dall'INAIL per la copertura del rischio di silicosi sono calate a perpendicolo, da molte centinaia di migliaia a circa 20.000 odierne. Complessivamente i titolari di rendita, sia diretta che versata ai superstiti, sono oggi 80.000 con un costo per l'INAIL (al 1997) dell'ordine di 1.000 miliardi all'anno, quasi il 10% dell'intero costo degli infortuni e delle malattie professionali (Verdel, 1998). L'assicurazione, è bene ricordarlo, tutela dalla silicosi, malattia oggi praticamente estinta nella maggioranza dei paesi industrializzati e ricade in una gestione speciale, obbligatoria per le aziende dove esiste il rischio specifico di inalazione di polveri silicee. L'entità del premio è funzione del rapporto tra le mercedi degli esposti e quelle del totale delle maestranze, secondo una tabella attualmente fissata dal D.M. 20 giugno 1988, con applicazione di tassi variabili fino ad un massimo del 9,2 % e la possibilità di oscillazioni ulteriori fino al 35 % sulla base di due fattori: l'entità intrinseca del rischio e la constatata attuazione di misure tecniche di prevenzione e di lotta contro le polveri. Tale situazione appare intricata e con alcune contraddizioni; infatti l'oggetto dell'assicurazione è una malattia che non dovrebbe esistere, a meno che non si chiarisca che sono assicurati gli effetti neoplastici. Inoltre, nel caso di un'esposizione e, quindi, di un rischio più elevato, occorrerebbe ricorrere a tutti i mezzi per modificare tale situazione compresa la comunicazione agli organi competenti di un sospetto reato continuativo.

Nel corso del tempo la maggior parte delle malattie da lavoro sono risultate modificate dai diversi livelli di produzione e molti quadri patologici sono scomparsi o magari sostituiti da altri. Per la silicosi i momenti causali si sono conservati sostanzialmente inalterati per molti decenni ma è cambiata nel tempo l'incidenza tra i lavoratori dei diversi settori industriali e si sono evolute le caratteristiche morfologiche e cliniche di tale patologia. Sino ai primi decenni del Novecento, la malattia era esclusivo appannaggio dei lavoratori dell'industria estrattiva, delle cave e

delle pietre, quindi ha accompagnato la nascita dell'industria metallurgica e metalmeccanica mentre scarso interesse è sempre stato dedicato alle esposizioni a silice nell'industria delle costruzioni. Se inizialmente l'espressione clinica della silicosi era tipicamente modificata dalle complicanze infettive come la tubercolosi, in seguito essa si è trasformata in una malattia più precisamente cronica che poteva consentire la continuazione del lavoro di chi ne era colpito per un periodo più "accettabile", grazie alla minore frequenza delle complicanze infettive per effetto dell'introduzione di pochi ed elementari accorgimenti: la lavorazione a umido nelle miniere e l'impiego di polveri miste, non esclusivamente silicee, facilitato dalla compatibilità di tali materiali con le esigenze tecnologiche nelle varie industrie. Raramente, ove si escludano alcuni prodotti abrasivi e la sabbiatura con graniglia metallica, è stato posto il problema della sostituzione della silice con altri materiali non silicotigeni.

Il quadro più frequente di silicosi è diventato quello della "silicosi semplice" o "silicosi cronica non complicata", ma il tumore del polmone e la tubercolosi continuano a costituire una seria possibilità evolutiva per i lavoratori esposti (I.A. Graves, 2000).

Il rapporto tra esposizione a silice ed insorgenza di silicosi è stato diffusamente studiato ed i risultati degli studi più recenti appaiono tra loro coerenti (Hnizdo 1993, Kreiss 1996, Steenland 1995). Secondo il modello descritto da tali studi, lavoratori con un'esposizione cumulativa inferiore a 2.0 mg.anno/m^3 (equivalenti ad una esposizione media a $0,04 \text{ mg/m}^3$ per oltre 45 anni) hanno un rischio di silicosi pari al 20% confrontato con quello di oltre il 62% di coloro con una esposizione di oltre 2.0 mg.anno/m^3 . Un lavoratore esposto per oltre 20 anni ad una media di $0,1 \text{ mg/m}^3$ di silice respirabile ha il 30% di possibilità di contrarre silicosi (1/0 secondo ILO o superiore); se tale esposizione si protrae in maniera continuativa per 45 anni, la possibilità di contrarre silicosi raggiunge il 90%.

Il dibattito sulla cancerogenicità della silice ha avuto alterne vicende fino al documento IARC del 1997 che ha classificato la silice e la cristobalite come cancerogene per l'uomo (gruppo 1) nell'ambito di esposizioni professionali in alcuni particolari settori lavorativi. Il gruppo di lavoro IARC ha infatti rilevato che effetti cancerogeni sull'uomo non sono evidenziabili in tutte le attività industriali studiate e sono pertanto attribuibili a particolari caratteristiche della silice cristallina od a fattori esterni che possono influenzare la sua attività biologica o la sua distribuzione (IARC, 1997). Inadeguata appare, invece, l'evidenza di cancerogenicità per l'uomo della silice amorfa (classificata dalla IARC nel gruppo 3). Gli esperimenti su animali confermano la cancerogenicità per il quarzo e la cristobalite e la possibile cancerogenicità per la tridimite mentre inadeguata è l'evidenza per la terra di diatomee non calcinata e per la silice sintetica amorfa. Tale valutazione è stata confermata anche recentemente in un importante rapporto tedesco del 2001 (HVBG, 2001).

I risultati del gruppo di lavoro IARC sono stati accolti dalla comunità scientifica con atteggiamenti non univoci e comunque ricchi di “distinguo”.

I principali Istituti che producono norme, quali l'ACGIH (1999) e la German MAK Commission (DFG, 1999), hanno ritenuto di dover rivedere le evidenze di cancerogenicità, concludendo che l'esposizione a silice e lo sviluppo di silicosi sono associate ad un aumentato rischio di cancro al polmone e rivedendo di conseguenza anche i rispettivi limiti di esposizione. L'ACGIH nel 2000 ha portato anche il TLV per il quarzo respirabile a $0,05 \text{ mg/m}^3$, valore già in vigore per tridimite e cristobalite dal 1995.

Il DFG ha aggiornato nel 1999 i valori MAK per le “*polveri silicee fini*” e per le “*polveri fini di silicati*” in vigore dal 1984, modificandone nel contempo la definizione in quella di “*biossido di silicio cristallino, come p.e. quarzo, tridimite e cristobalite*” e specificando che la dimostrata correlazione tra esposizione a polveri di silice ed aumentato rischio di cancro al polmone giustifica la classificazione della silice tra i cancerogeni noti per l'uomo (categoria 1) e la necessità di porre in atto specifiche azioni di prevenzione dei tumori polmonari.

Pur senza negare che l'azione di prevenzione della silicosi è prioritaria, specialmente nei paesi in via di sviluppo, alcuni ricercatori ritengono prematuro concludere che l'eliminazione di nuovi casi di silicosi implichi necessariamente l'eliminazione dell'eccesso di rischio di tumori polmonari correlati alla silice, in quanto le rispettive relazioni causa/effetto possono non procedere parallelamente ed omogeneamente (Checkoway, 2000). In altri rimane la convinzione che un eccesso di rischio di tumore polmonare correlato con la silice si possa riscontrare tra lavoratori portatori di silicosi (C.A. Soutar e coll., 2000) mentre c'è chi avanza contestazioni sulla consistenza dei risultati degli studi epidemiologici disponibili, sostenendo la mancanza di chiare relazioni dose risposta ed osservando come gli studi nei quali i lavoratori con silicosi sono stati identificati in maniera completa e non tramite registri di tipo assicurativo, non supportano una associazione tra silicosi e tumore del polmone (A. Hessel e coll. 2000). L'interpretazione prevalente è tuttavia che l'aumento del rischio di cancro associato alla silicosi sia reale e coerente con il modello generale d'interpretazione degli effetti cancerogeni della silice cristallina; tuttavia esso riflette livelli d'esposizione molto elevati e non deve essere estrapolato ai soggetti con bassi livelli d'esposizione, concetto questo non nuovo ma neppure abituale nelle valutazioni di cancerogenicità (Amadori, 2000). I soggetti che hanno già sviluppato un quadro polmonare di silicosi sono più a rischio di tumore polmonare mentre l'evidenza di un effetto cancerogeno diretto della silice, senza silicosi, è più controverso. Una esposizione cumulativa per 40 anni ai livelli di $0,1 \text{ mg/m}^3$ comporterebbe un aumento del 50% del rischio di tumore polmonare (Forastiere, 2000).

RICOSTRUZIONE DELLE ESPOSIZIONI

La silice rappresenta, dopo l'ossigeno, l'elemento chimico più abbondante in natura; è il 28,15% in massa di tutta la crosta terrestre e il quarzo da solo ne è il 12% in volume.

Delle forme cristalline del biossido di silice (SiO_2), di cui è stata studiata l'attività biologica, quarzo, tridimite, cristobalite e coesite sono caratterizzate da una configurazione tetraedrica degli atomi all'interno dei cristalli che, almeno secondo alcune teorie, è il requisito responsabile dell'attività fibrogenica. La composizione media in quarzo di alcune rocce è riportata in tabella 1.

Tabella 1. Composizione percentuale media in quarzo di alcune rocce*

Sedimentarie		Magmatiche	
Arenarie	82	Rioliti	33
Argille grigie	37	Graniti	29
Scisti	20	Granodioriti	22
		Daciti	20
		Andesiti	6
		Dioriti	0,3

* da Carmichael, 1989, modificata

Le principali attività nelle quali i lavoratori possono essere esposti a silice cristallina sono elencate in tabella 2 che mostra, nell'ultima colonna ed ove disponibile, la percentuale di campioni di polveri respirabili raccolti dal NIOSH nel periodo 1972-1982, con contenuto in silice superiore di almeno 2 volte il livello di esposizione permesso (PEL) secondo lo standard OSHA allora in vigore (NIOSH 1996, 1997).

Tabella 2. Principali attività nelle quali i lavoratori possono essere esposti a silice cristallina

SETTORE INDUSTRIALE OD ATTIVITA'	SPECIFICA OPERAZIONE O MANSIONE	MATERIALE SORGENTE	% DI RILIEVI > 2 VOLTE IL PEL*
Agricoltura	Aratura, mietitura, uso di macchine	Suolo	63
Estrazione in miniera e relative operazione di macinazione	La maggior parte delle mansioni sia nel sottosuolo che in superficie, in ogni tipo di miniera	Minerali e rocce associate	57
Estrazione in cava e relative operazioni di macinazione	Macinatura delle pietre, lavorazione di sabbia e ghiaia, taglio di pietre da monumenti, sabbiatura, lavorazione dell'ardesia, calcinazione di diatomi	Arenarie, graniti, selci, sabbia, ghiaia, ardesia, terra di diatomee	
Edilizia	Sabbiatura, costruzione strade gallerie edifici, escavazioni, movimento terra, lavori di muratura, lavorazione del calcestruzzo, demolizioni	Sabbia, calcestruzzo, rocce, suolo, calce ed intonaci.	30
Vetro e fibre di vetro	Lavorazione delle materie prime, installazione e riparazione di refrattari	Sabbia, quarzo macinato e materiali refrattari	11
Cemento	Lavorazione delle materie prime	Argille, sabbia, calcare, terra di diatomee	12
Abrasivi	Produzione del silicato di carburo Fabbricazione di prodotti abrasivi	Sabbia, tripoli, arenarie.	16
Ceramica, compresi mattoni, articoli sanitari, porcellane, terraglie, refrattari e vetrine	Miscelazione, modellatura, smaltatura a vetrino o a spruzzo, rifinitura.	Argille, scisti, selci, sabbia, quarzite, terra di diatomee	23
Fonderie ed acciaierie	Preparazione dei refrattari e riparazione dei forni	Materiale refrattario	23
Silicio e ferro silicio	Manipolazione delle materie prime	Sabbia	
Prima fusione di materiali ferrosi e non ferrosi	Getto, distaffatura, sabbiatura, installazione e riparazione dei forni	Sabbia, materiale refrattario	9
Carpenteria meccanica	Sabbiatura	Sabbia	13
Cantieri navali	Sabbiatura	Sabbia	
Gomma e plastica	Manipolazione delle materie prime	Cariche (tripoli, terra di diatomee)	9
Vernici	Manipolazione delle materie prime	Cariche (tripoli, terra di diatomee, farina di silice)	
Saponi e cosmetici	Saponi abrasivi, polveri lucidanti	Farine di silice	
Asfalti e coibenti da tetto	Carico ed applicazione	Sabbia ed aggregati, terra di diatomee	
Prodotti chimici per l'agricoltura	Manipolazione e triturazione delle materie prime	Minerali e rocce fosfatiche	13
Gioielleria	Taglio, molatura, pulimentatura, lucidatura	Gemme o pietre semi preziose, abrasivi	

* PEL calcolato secondo la formula: $10 \text{ mg/m}^3 / (\% \text{SiO}_2 + 2)$; dati forniti dal NIOSH e riferiti al periodo 1972-1982

Anche nel periodo tra il 1980 ed il 1992, nel corso di indagini eseguite dall'OSHA, quarzo respirabile è stato ritrovato in campioni prelevati in 255 differenti tipologie di industrie (oltre a quella mineraria). Nel 48 % di queste industrie l'esposizione media dei lavoratori è risultata eccedente rispetto al PEL.

METODI DI CAMPIONAMENTO ED ANALISI

I dati disponibili in letteratura per i vari periodi rispecchiano una omogenea evoluzione delle strategie e delle metodiche di campionamento, dello sviluppo dei metodi di analisi ed anche dei diversi significati assegnati ai valori limite.

Le prime determinazioni dei TLV per la silice libera cristallina facevano riferimento a metodi "per conta" delle particelle e sulla considerazione che la tossicità delle polveri fosse inversamente proporzionale alla loro concentrazione in quarzo. Per tutta la prima metà del Novecento le tecniche di campionamento delle polveri aerodisperse utilizzarono una varietà di strumenti (conimetri, Owen's jets, precipitatori, impingers) ed i livelli di esposizione venivano ricavati mediante lettura al microscopio ottico e riportati come particelle per unità di volume.

I metodi di analisi per conta, utili nel valutare l'efficacia degli interventi tesi a ridurre la polverosità degli ambienti di lavoro, erano però troppo indaginosi, poco riproducibili, costosi ed inadeguati a determinare il rischio per la salute.

Nei primi anni '70 sono stati introdotti e si sono subito diffusi metodi diversi fondati sulla deposizione o cattura su filtri delle polveri totali e quindi sulla selezione della frazione "respirabile" ed analisi "per pesata", più semplice, meno costosa e meglio correlabile con i problemi sanitari, oppure per conta mediante diffrazione a raggi X o spettrometria all'infrarosso. La procedura standard più utilizzata è il Metodo NIOSH 7500. Più di recente sono state introdotte metodiche di analisi delle superfici in microscopia elettronica o "*laser microprobe mass analysis*".

Anche in Italia, sino alla seconda metà degli anni '50 praticamente non sono state eseguite indagini ambientali relative all'inquinamento da silice cristallina nei luoghi di lavoro. Quindi, fino ai primi anni '70, è stata raccolta una gran massa di dati concernenti l'accertamento della presenza di silice libera in materiali naturali e artificiali, spesso grazie a rapporti convenzionali con strutture universitarie (Casciani e coll., 1982) prima che, nel corso degli anni '70, si sviluppasse la capacità e la pratica di indagare l'inquinamento da polveri silicotigene negli ambienti di lavoro mediante metodi di campionamento e di analisi. Dal 1991 le metodiche sono state standardizzate, secondo quanto previsto dall'allegato VIII del D.Lgs. 277/91, con misurazioni condotte in base alla convenzione di Johannesburg.

I dati storici relativi a valutazioni di esposizione nei diversi settori lavorativi devono anche tenere conto dell'evoluzione delle strategie e delle tecniche di campionamento ed analisi sopra descritte.

Alcuni esempi tratti da dati “storici” sono i seguenti:

MINIERE:

Stima delle esposizioni a silice cristallina respirabile (mg/m³)

20 miniere cinesi (Dosemeci e coll., 1995)	Periodo 1950-59 *	Periodo 1981-87 *
Lavorazioni sotterranee	4,89	0,39
Lavorazioni di superficie	1,75	0,27
	3,45	0,42
Miniere di tungsteno	4,99	0,64
Miniere di ferro e rame	0,75	0,20
Miniere di stagno	3,49	0,45
2 miniere della Sardegna (Carta e coll., 1994)	Periodo 1945-60 **	Periodo 1981-88 **
Miniera di piombo	3	1,6
Miniera di zinco	5	1,7
1 miniera finlandese ()	Prima del 1965 ***	Dopo il 1981 ***
Miniera di rame	0,16	0,08
(media di quarzo = 18,3 %)		

CAVE

In India (Fulekar & Alam Khan, 1995) in 5 cave di ardesia (silice 40-50 %), nel 1991 sono stati misurati livelli personali di polvere respirabile pari a 0,06-1,12 mg/m³, minori rispettivamente di 10 e 100 volte in confronto con analoghi dati riferiti agli anni 1982 e 1971

COSTRUZIONI

In edilizia sono stati misurati i seguenti valori di esposizione in alcune lavorazioni a rischio:

Mansione	Valori di esposizione	Paese
Perforazione di rocce	> 0,1 mg/m ³ (anche 50 volte)	USA (Lofgren, 1993)
Sabbiatura	> 0,1 mg/m ³ nel 67 % di 87 campionamenti	Hong Kong (Ng e coll., 1987)
Uso di calcestruzzo	0,45-2,1 mg/m ³	Finlandia (Riala, 1988)

CERAMICA

In 59 aziende italiane produttrici di piastrelle di ceramica di tutti i tipi sono stati eseguiti campionamenti personali presso tutti i reparti. Assumendo come riferimento per la valutazione del livello di esposizione il vecchio TLV ACGIH per il quarzo respirabile di 0,1 mg/m³, i dati raccolti dimostrano che tale limite è superato in poco più del 17 % dei casi, mentre in poco meno del 60 % dei casi il livello di esposizione al quarzo respirabile si mantiene al di sotto del nuovo limite di 0,05 mg/m³. Nei reparti in cui l'impasto in polvere viene preparato e lavorato, è più elevata tanto la mediana dei livelli di esposizione misurati quanto la percentuale dei superamenti del limite di 0,1 mg/m³ (Timellini e coll., 2000).

DIBATTITO SU STANDARD E TLV

Sulla base della considerazione che la tossicità delle polveri fosse inversamente proporzionale alla loro concentrazione in quarzo, i principali enti regolatori, compresa ACGIH, adottarono inizialmente la seguente formula per la determinazione del valore limite soglia con metodi analitici per pesata:

$$TLV = \frac{K}{\% \text{ quarzo}} \text{ mppcf (milioni di particelle per piede cubico)}$$

dove K rappresenta un coefficiente calcolato sulla base della revisione degli studi, sanitari ed impiantistici, disponibili ed al denominatore è introdotta una costante di compensazione. Fino alla fine degli anni 60 la formula utilizzata è stata la seguente:

$$TLV = \frac{250}{\% \text{ quarzo} + 5} \text{ mppcf}$$

Nel 1970, per rendere il TLV per la silice libera cristallina più coerente con quello in vigore per le polveri inerti (fissato in 30 mppcf) il valore di K fu portato a 300 ed al denominatore venne introdotta una costante uguale a 10:

$$TLV = \frac{300}{\% \text{ quarzo} + 10} \text{ mppcf}$$

Molti studi condotti tra lavoratori negli USA dopo il 1937, anno in cui erano stati imposti alle aziende controlli sulla polverosità degli ambienti di lavoro, sembravano dimostrare che esposizioni inferiori a 5 mppcf non si accompagnano a sviluppo di silicosi. Poiché il contenuto medio in quarzo nelle principali attività lavorative era stimato del 25%, applicando la formula sopra rivista, il TLV risultava di 9 mppcf (ACGIH, 1980).

Con l'avvento dei metodi di campionamento con filtri dimensionali e di analisi "per pesata", dalla comparazione con le precedenti determinazioni per conta fu posto in evidenza che il TLV di 9-10 mppcf per le polveri di granito corrispondeva ad un contenuto di quarzo respirabile attorno a 0,1 mg/m³. La formula che generalizza questo rapporto è la seguente:

$$\text{TLV} = \frac{10}{\% \text{ di quarzo respirabile}} \text{ mg/m}^3$$

Tale formula generale, soddisfacente nel caso di polveri con percentuale di quarzo superiore al 5%, è stata corretta con l'introduzione al denominatore di una costante idonea ad evitare i livelli eccessivi di esposizione a polveri respirabili che si sarebbero ottenuti applicando la formula per percentuali di quarzo inferiori al 5%:

$$\text{TLV} = \frac{10}{\% \text{ di quarzo respirabile} + 2} \text{ mg/m}^3$$

Il valore 2 scelto per la costante aggiunta al denominatore della formula è giustificato dalla considerazione che, nel caso in cui la percentuale di quarzo respirabile fosse zero, il livello accettabile di polveri nell'aria così calcolato risulterebbe uguale a 5 mg/m³, uguale pertanto all'OSHA PEL ed anche al TLV ACGIH per le polveri respirabili allora in vigore.

Nel 1983 l'ACGIH ha proposto di definire il TLV per la silice cristallina in 0,1 mg/m³, anche al fine di renderlo conforme a quelli utilizzati per le altre polveri tossiche e semplificare così il calcolo del TLV per miscele contenenti quarzo, tridimite e cristobalite (ACGIH, 1989). Tale proposta è diventata operativa nel 1986, ma nel 1995 il TLV per tridimite e cristobalite viene ridotto a 0,05 mg/m³ e nel 2000 tale indicazione viene data anche per il quarzo.

Negli Stati Uniti sono sostanzialmente tre gli enti regolatori che propongono limiti di esposizione professionale per la silice cristallina respirabile:

Il *valore limite soglia (TLV) dell'ACGIH*, oggi stabilito, come già ricordato, in 0,05 mg/m³ e, pertanto, allineato con il REL del NIOSH che, a lungo, è stato so-

stanzialmente il più cautelativo limite proposto per le polveri aerodisperse con contenuto in silice cristallina; tale valore, peraltro risulta meno cautelativo del limite proposto dall'OSHA nel caso di esposizioni a polveri con percentuale di SiO_2 inferiori a 2%;

Il limite di esposizione permesso (PEL) dell'OSHA, basato sulla formula adottata anche dall'ACGIH fino al 1986, tiene conto della concentrazione di SiO_2 presente nelle polveri (Williams e coll., 1995).

In Italia la valutazione del rischio di silicosi, impostata sulla determinazione delle concentrazioni delle polveri "respirabili", ha riconosciuto quale limite per il "rischio assicurabile" il valore di $0,05 \text{ mg/m}^3$ di quarzo respirabile. Tale impostazione è stata ribadita da una nota del Ministero del Lavoro del 3.12.1991. Nel gennaio del 1998, uno degli organi del Ministero del Lavoro, sulla scia della valutazione di cancerogenicità della silice cristallina fatta dalla IARC, ha raccomandato di ridurre ulteriormente la soglia assicurativa, portandola a $0,03 \text{ mg/m}^3$.

INIZIATIVE DI PREVENZIONE E CONCLUSIONI

Studi recenti suggeriscono che il rischio di silicosi (categoria ILO 1/1 o superiore) dopo una esposizione per 30 anni a valori pari a $0,1 \text{ mg/m}^3$ è stimato con buona probabilità dell'ordine del 25%. In analoghe circostanze, il rischio di tumore polmonare potrebbe superare il 30%. Una riduzione dell'esposizione a polveri a $0,05 \text{ mg/m}^3$ ridurrebbe il rischio di silicosi a meno del 5% e, analogamente, ci si potrebbe attendere anche una riduzione per il rischio di cancro del polmone (Filkelstein, 2000).

Vi sono peraltro autori che sostengono che già il rispetto di livelli di esposizione $<0,1 \text{ mg/m}^3$ sarebbe in grado di controllare l'incidenza di silicosi e così pure quella del tumore del polmone che non appare aumentata a tali livelli di esposizione (Moore, 2000). Per ottenere tale risultato ogni standard dovrebbe essere integrato con alcune indicazioni fondamentali tali da renderlo un "*full and comprehensive silica standard*" comprendente:

- l'indicazione dei prodotti alternativi per la sostituzione della silice;
- le misure impiantistiche e tecniche per il controllo delle esposizioni;
- i criteri per training e formazione;
- le caratteristiche dei dispositivi per la protezione delle vie respiratorie;
- i programmi di screening e di sorveglianza sanitaria.

Negli USA circa 2.000.000 di lavoratori risultano esposti a silice cristallina e di questi 100.000 sono a più alto rischio. Come già ricordato, oltre il 30% dei campioni prelevati dall'OSHA dal 1982 al 1991 risultavano superare il PEL allora in vigo-

re. In considerazione di queste circostanze, l'OSHA ha inserito la lotta alla silice tra le proprie priorità (OSHA Priority Planning Process) e, fin dal 1997, anno della riclassificazione a cura dello IARC della silice cristallina tra i cancerogeni, ha intrapreso una forte iniziativa tesa a rivedere i valori limite di esposizione (Haber, 2000).

Analogo atteggiamento è stato assunto dall'ILO/WHO che, nel programma 1995 (ILO/WHO International Program, 1995) ha posto, quale obiettivo a breve termine, la promozione di Programmi Nazionali per la riduzione dell'incidenza di silicosi entro l'anno 2010 e, sul lungo periodo, l'eliminazione della silicosi come patologia professionale entro l'anno 2030, attraverso programmi di cooperazione internazionale.

I maggiori sforzi dovranno essere indirizzati all'eliminazione della silice cristallina da tutti i processi industriali per i quali esistono materiali alternativi meno tossici e ad incrementare misure di prevenzione più severe, in grado di influire sui livelli di esposizione. Ogni esposizione lavorativa per la quale esiste il rischio di superamento di $0,05 \text{ mg/m}^3$ di polvere silicea respirabile, deve essere frequentemente sottoposta a monitoraggio.

Sul versante della ricerca, rimangono aperte alcune fondamentali questioni relative ai meccanismi patogenetici della silicosi, tra cui:

- quali sono le proprietà chimico-fisiche implicate nei vari stadi del meccanismo patogenetico proposto;
- in che modo l'*origine* di una polvere silicea ne determina il potenziale patogenetico;
- qual'è il possibile ruolo giocato da "*fattori esterni*" con meccanismo di tipo chimico (Fubini, 2000).

Al fine di una migliore definizione dei risultati degli studi epidemiologici, riveste particolare importanza una più corretta definizione delle esposizioni tramite la ricerca degli elementi utili alla determinazione dell'esposizione cumulativa (NOAEL per 45 anni = $0.007\text{-}0.1 \text{ mg/m}^3$ di silice cristallina respirabile e LOAEL = $0.008\text{-}0.252$) (Rice and Stayner, 1995), tra cui l'intensità dell'esposizione, la durata dell'esposizione, il tempo dalla prima esposizione ed il tipo di silice cristallina presente.

L'eliminazione della silicosi appare dunque un obiettivo raggiungibile attraverso gli sforzi congiunti delle istituzioni di controllo, degli enti regolatori e delle industrie, tesi a fornire e ad applicare strumenti idonei al controllo ed alla riduzione delle esposizioni, azione preventiva fondamentale per ottenere la riduzione di tutti i rischi correlati, compreso quello cancerogeno.

Nell'opinione di alcuni esperti già il rispetto del limite di esposizione di $0,1 \text{ mg/m}^3$, sarebbe stato in grado di ridurre il rischio di silicosi, se effettivamente applicato. Anche i sostenitori della necessità del nuovo limite di $0,05 \text{ mg/m}^3$ per il

quarzo respirabile ammettono che uno dei motivi per cui la silicosi non è stata ancora eliminata risiede nel fatto che i limiti di esposizione, sia raccomandati che obbligatori, non trovano corretta applicazione ed auspicano un serio controllo sul campo e la diffusione di standard tecnico-igienistici adeguati (Wyart-Remy, 2000).

BIBLIOGRAFIA

ACGIH: Documentation on the threshold limit values. 4th edition, 1980

ACGIH: Documentation on the threshold limit values. 6th edition, 1989

ACGIH: Valori limite di soglia. Indici biologici di esposizione. ACGIH 2000. Supplemento al vol. 2 n.1 AIDII, 2001

Amadori D., Silicosi e cancerogenesi, (Extended Abstracts) Cristalline Silica and Oncogenesis, Bologna October 24, 2000

Carmichael R.S.: Practical handbook of physical properties of rocks and minerals. Boca Raton, FL, CRC Press, 1989

Carta P., Cocco P., Pichiri, G.: Lung cancer mortality and airways obstruction among metal miners exposed to silica and low levels of radon daughters. Am.J.Ind.Med. 4, 489-506, 1994

Casciani G., Ripanucci G., Verdel U.: La silice libera in natura e nei prodotti artificiali, Monografie tecniche sulle malattie professionali, INAIL, Roma 1982.

Castellet Y, Ballarà G., L'attività di segagione e lavorazione di marmi e pietre ornamentali: Le rocce granitiche e i loro termini commerciali, in: Seminario di studi INAIL sul tema "Analisi del rischio assicurato", Chia - Domus De Maria (CA) - 23-24 giugno 1997, Edizioni INAIL, Roma 1998, pp. 243-252.

Cerisola R., Perrone G.B., Piccioni A., Pol G., L'evoluzione tecnica dei refrattari, elemento determinante nel superamento del rischio silicosi dell'Acciaieria di Bolzano, in: Seminario di studi INAIL sul tema "Analisi del rischio assicurato", Chia - Domus De Maria (CA) - 23-24 giugno 1997, Edizioni INAIL, Roma 1998, pp. 275-230.

Checkoway H., Franzblau A.: Is silicosis required for silica-associated lung cancer? *Am.J.Ind.Med.*, 37, 252-259, 2000

Dosemeci M. e coll., Historical total and respirable silica dust exposure levels in mines and pottery factories in China, *Scand. J. Work Environ. Health*, 21 suppl. 2, 1995, 39-43.

Ferdinandi M., Paoletti L., Puledda S., Livelli di concentrazione della silice cristallina in un sito urbano, in: Seminario di studi INAIL sul tema "Analisi del rischio assicurato", Chia - Domus De Maria (CA) - 23-24 giugno 1997, Edizioni INAIL, Roma 1998, pp. 219-230.

Finkelstein M.M., Silica, silicosis, and lung cancer: a risk assessment, *Am. J. Ind. Med.*, 38, 2000, 8-18.

Freeman C.S., Grossman E.A., Silica exposures in the United States between 1980 and 1992, *Scand. J. Work Environ. Health*, 21 suppl. 2, 1995, 47-49.

Forastiere F., Effetti sulla salute dell'esposizione lavorativa a silice cristallina, (Extended Abstracts) Cristalline Silica and Oncogenesis, Bologna October 24, 2000.

Fubini B., The role Surface Chemistry in the Variability of Crystalline Silica Hazard, (Extended Abstracts) Cristalline Silica and Oncogenesis, Bologna October 24, 2000

Fulekar

Giordano A.: L'arte mineraria nell'insegnamento, in: Atti del I Congresso Internazionale delle malattie del lavoro, Tipografia Reggiani, Milano pp. 315-318, 1906

Goldsmith D.F., Wagner G.R., Saffiotti U., Rabovsky J., Leigh J., Future research needs in the silica, silicosis and cancer fields, *Scand. J. Work Environ. Health*, 21 suppl. 2, 1995, 115-117.

Graves I.A., Not-so-simple silicosis: a case for public health action, *Am. J. Ind. Med.*, 37, 2000, 245-251.

Guénel P., Breum N.O., Lynge E., Exposure to silica dust in the Danish stone industry, *Scand. J. Work Environ. Health*, 15, 1989, 147-153.

Haber, R. Crystalline Silica: The US Approach, (Extended Abstracts) Cristalline Silica and Oncogenesis, Bologna October 24, 2000

Hnizdo E., Murray J., Sluis Cremer G.K., Thomas R.G.: Correlation between radiological and pathological diagnosis of silicosis: an autopsy population based study. *Am.J.Ind.Med.*, 24, 427-445, 1993

HVBG: Silica and lung cancer: a summary of epidemiological studies. BIA Report 2/2001

IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, vol. 42. Silica and some silicates, IARC, Lyon 1987.

IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, vol. 68. Silica, Coal Dust and para-Aramid Fibrils, IARC, Lyon 1997.

Iotti A., Rimoldi B., Tripi L., Valutazione del rischio da silice nel settore lapideo, in: Seminario di studi INAIL sul tema "Analisi del rischio assicurato", Chia - Domus De Maria (CA) - 23-24 giugno 1997, Edizioni INAIL, Roma 1998, pp. 253-263.

Iotti A., Rimoldi B., Le gallerie: esposizione a silice durante gli scavi, in: Seminario di studi INAIL sul tema "Analisi del rischio assicurato", Chia - Domus De Maria (CA) - 23-24 giugno 1997, Edizioni INAIL, Roma 1998, pp. 293-297.

Kimiko A., Christopher J.P., Evaluation of crystalline silica as a threshold carcinogen, Scand. J. Work Environ. Health, 21 suppl. 2, 1995, 95-98.

Lofgren D.J.: Silica exposure for concrete workers and masons. Appl. Occup. Environ. Hyg., 8, 832-836, 1993

Moore M., Crystalline Silica in the Ceramic Industry: Occurrence, Use, Biological Activity and Industrial Hygiene, (Extended Abstracts) Crystalline Silica and Oncogenesis, Bologna October 24, 2000.

Ng T.P., Tsin T.W., O'Kelly F.J., Chan S.L. A survey of the respiratory health of silica-exposed gemstone workers in Hong Kong. Am. Rev. Respir. Dis., 135, 1249-1254, 1987

OSHA, Silica (Crystalline), <http://www.osha.gov/oshinfo/priorities/silica.html>

Paladini, R. La litopneumoconiosi degli scalpellini e degli scultori, Giornale della Reale Società Italiana, 13, 1891, pp. 241-267.

Pattarini R., Ansuini R., Coato F., Cristofolini A., Manuale di prevenzione nella lavorazione dei materiali lapidei, Voll. 1-2, USSL 21 Morbegno, USSL 26 Bussolengo, 1993.

Piccioni R., Rughi D., Analisi del rischio da polveri nel comprensorio ceramico di Civita Castellana (VT), in: Seminario di studi INAIL sul tema "Analisi del rischio assicurato", Chia - Domus De Maria (CA) - 23-24 giugno 1997, Edizioni INAIL, Roma 1998, pp. 231-242.

Riala R.: Dust and quartz exposure of Finnish construction site cleaners. Ann. Occup. Hyg., 32, 215-220, 1988

Rossetti, R. Schiena di vetro, memorie di un minatore, Einaudi, Torino 1989.

Steenland K., Brown D.: Silicosis among gold miners: exposure response analyses and risk assessment. Am.J.Publ.Health 85, 1372-1377, 1995

Tartanen T., Jaakkola J., Tossainen A., Silica, silicosis and cancer in Finland, Scand. J. Work Environ. Health, 21 suppl., 1995, 84-86.

Timellini G. e Fregni G., Il controllo dell'esposizione alla silice cristallina in ceramica. Aspetti tecnici ed economici, (Extended Abstracts) Crystalline Silica and Oncogenesis, Bologna October 24, 2000.

Verdel U, Un problema tecnico ultracinquantennale: la valutazione del rischio assicurativo da silice libera cristallina, Riv. Inf. Mal. Prof., 4-5, 487-499, 1998.

Williams P.L., Parker M.S., Middendorf P.J., Respirable Free Silica: A Comparison of the Occupational Exposure Limits, Am. Ind. Hyg. As. J. 56, 1995, 1229-1231.

Wyart-Remy M. Crystalline Silica: The EU Regulatory Approach, (Extended Abstracts) Crystalline Silica and Oncogenesis, Bologna October 24, 2000

Attuali problematiche di gestione del rischio "silice libera cristallina aerodispersa" nelle attività estrattive e di scavo

C. Clerici (1), M. Patrucco (1*), D. Savoca (2*)

(1) prof. ing., Politecnico di Torino, Dip. Georisorse e Territorio

(2) dott. ing., Ministero Industria e Commissione consultiva permanente
Prevenzione infortuni e igiene lavoro (Ministero lavoro)

Riassunto

La relazione compendia alcune considerazioni relative alla particolare criticità del problema particolari aerodispersi contenenti silice libera cristallina nelle attività estrattive.

Premessa l'evidente necessita' di un approccio sistematico alla questione, vengono proposti alcuni risultati preliminari frutto di estrazioni da una banca dati allo scopo concepita ed attualmente in corso di elaborazione, di cui sono inoltre discussi i criteri di impostazione e gestione.

Premessa

L'attenzione dedicata alla riduzione della esposizione professionale a polveri contenenti silice libera cristallina negli ambienti industriali ha avuto come risultato (dato INAIL) un progressivo calo del numero nazionale dei casi di silicosi e silicosi acuta riconosciuti.

Peraltro, come noto, nel '96 la IARC – International Agency on Research for Cancer, nel documento "Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans, Volume 68: Silica, Silicates, Dusts and Organic Fibres /1/ ", afferma che "There is sufficient evidence in humans for the carcinogenicity of inhaled crystalline silica in the forms of quartz or cristobalite from occupational sources", il che

* ACGIH member

ovviamente ha confermato l'esistenza di altre gravi criticità connesse con l'esposizione ai particolati aerodispersi contenenti silice cristallina (¹): quarzo e cristobalite vanno cioè considerati cancerogeni di gruppo 1 (²).

Nel documento IARC la valutazione di cui sopra è peraltro corredata dalla seguente precisazione:

NOTE: In making the overall evaluation the Working Group noted that carcinogenicity was not detected in all industrial circumstances studied. Carcinogenicity may be dependent on inherent characteristics of crystalline silica or on external factors affecting its biological activity or distribution of its polymorphs

in quanto solo in una serie di studi epidemiologici e relativamente ad alcuni polimorfismi della silice libera cristallina è emerso chiaramente il nesso causale tra esposizione a quarzo respirabile e cancro.

La questione è tutt'ora oggetto di analisi, finalizzate ad identificare con precisione le caratteristiche critiche delle particelle. Va peraltro sottolineato che tra i fattori che giocano un ruolo importante nei confronti della cancerogenicità sono confermati quelli connessi con l'origine della particella, quali tempo trascorso dalla sua generazione, temperatura e pressione a cui è stato sottoposto il materiale originario durante il processo, forma che la particella ha assunto a seguito delle sollecitazioni meccaniche subite (peculiari delle lavorazioni che l'hanno generata), stato chimico superficiale ed eventuale presenza di ioni metallici (es ferro, da impurità connesse alla genesi o da degrado dei materiali con cui ha avuto luogo il contatto) /4/5/6/.

Per quanto qui ci riguarda è comunque da rilevare che molte fra le condizioni "sfavorevoli" sono certamente tipiche delle particelle generate in occasione di lavorazioni estrattive e di annessa comminazione e classificazione, e più in generale nelle attività di scavo afferenti al comparto della cantieristica.

PROBLEMI DI VIGILANZA NEL SETTORE ESTRATTIVO

L'esposizione a silice libera cristallina rappresenta uno dei maggiori problemi di igiene del lavoro nel settore estrattivo, ed ha pertanto ricevuto particolare attenzione a livello comunitario: l'Organo Permanente dell'Unione Europea per la sicurezza e la salute dei lavoratori nelle miniere di carbone e nelle altre industrie estrattive, con riferimento a polveri minerali contenenti silice cristallina libera, ha ema-

¹ Il citato risultato delle analisi curate dalla IARC ha ufficializzato quanto da tempo discusso in materia (si veda ad esempio: E.Occella: "orientamenti per la definizione dei livelli di azione delle polveri aerodisperse nelle miniere e nelle cave, anche in relazione con la loro nocività specifica" /2/).

² Pur ascrivendo tali particolati al Gruppo A2 (Suspected Human Carcinogen) e non al Gruppo A1 (Confirmed Human Carcinogen), la ACGIH nel documento 2001 TLVs and BEIs /3/ ha ridotto il TLV-TWA del quarzo a 0,05 mg / m³, equiparandolo quindi a quello proposto per tridimite e cristobalite.

nato la proposta ai Governi membri n. 5761/5/85, adottata il 20 dicembre 1990 /7/, con la quale sono stati fissati limiti di esposizione per tale agente inquinante, è stata prevista un'attività di sorveglianza delle polveri in sospensione ed è stata stabilita infine la necessità di una sorveglianza sanitaria.

La raccomandazione comunitaria è stata recepita in modo puntuale ed innovativo da quasi tutti gli Stati membri, mentre in Italia si è ritenuto di ignorare del tutto la proposta europea, probabilmente a causa del fatto che tale tipologia di norma non deve essere obbligatoriamente recepita nell'Ordinamento nazionale. Di conseguenza alla raccomandazione comunitaria è stata data pochissima diffusione in ambito nazionale, ed essa non risulta nemmeno essere presa a riferimento per le necessarie azioni di tutela igienico ambientale.

In assenza di specifiche ed aggiornate disposizioni nazionali ⁽³⁾, si accettano, con l'esclusione di alcuni settori degli Organi di vigilanza e della magistratura, i limiti di esposizione emanati dall'ACGIH, i quali naturalmente debbono essere utilizzati in ambito prevenzionistico con le cautele ed il significato che a tali limiti sono attribuiti da parte della stessa ACGIH ⁽⁴⁾.

La posizione precedente è quella condivisa dal Corpo Nazionale delle Miniere del Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato, competente in materia di vigilanza nelle attività estrattive di miniera, ritenendo doveroso garantire agli operatori minerari una chiara linea di riferimento normativo, anche in considerazione delle specifiche e gravose problematiche da affrontare, specialmente nei luoghi di lavoro in sotterraneo.

A seguito della classificazione da parte dello IARC della frazione respirabile della silice libera cristallina presente nell'ambiente dei luoghi di lavoro quale sostanza certamente cancerogena, l'attenzione per la tutela dei lavoratori esposti a silice nel settore estrattivo, specialmente per le lavorazioni interessanti minerali ad elevato tenore in quarzo, è stata fortemente accentuata.

In tale situazione, l'Organo di vigilanza minerario ha ritenuto di effettuare interventi di segnalazione circa la necessità di valutare il rischio da esposizione a silice cristallina negli ambienti di lavoro tenendo conto dei possibili effetti cancerogeni dell'esposizione stessa, pertanto con maggiore attenzione per gli interventi di tipo tecnico, organizzativo e procedurale.

³ Il DPR n. 128/1959 /8/, che definisce le norme di polizia nelle miniere e nelle cave, prevedeva, all'articolo 636, limiti di esposizione per polveri con percentuale in silice superiore al 10%. A seguito della emanazione della Legge 246/84 /9/ l'Art 259, e' stato sostituito come segue: "con decreto del Ministro dell'Industria e dell'Artigianato, di concerto con il Ministro della Sanita', sentito il Consiglio superiore delle miniere, saranno stabiliti i limiti del contenuto in polveri espresso in rapporti ponderali e/o volumetrici e le altre caratteristiche dell'atmosfera ammissibile in sotterraneo". La situazione non ha subito ulteriori evoluzioni se non per quanto concerne il problema amianto.

⁴ E' appena il caso di ricordare che cio' ha comportato qualche problema interpretativo, segnatamente con riferimento alle differenti curve di partizione previste per il campionamento (v. /10/ ed /11/).

CRITERI DI APPROCCIO AL PROBLEMA

Per affrontare in modo scientifico una siffatta criticità e' indispensabile seguire un approccio sistematico, che consenta di giungere a risultati efficaci in termini di limitazione delle esposizioni dei lavoratori, e nel quale vanno tenute in conto le considerazioni che seguono:

- a) *e' concetto di buona tecnica -ancor prima che di adempimento ai dettami della normativa- che in presenza di un agente materiale di pericolo (a maggior ragione se costituito da una sostanza cancerogena) l'annullamento del rischio e' direttamente conseguibile con la sostituzione nel ciclo produttivo di tale sostanza con altra non nociva;*
- b) *e' peraltro ovvio che tale approccio e' impraticabile nel caso di molte attivita' per i seguenti due motivi:
il quarzo e' il minerale piu' diffuso nella litosfera, di cui rappresenta il 12% circa; e' pero presente in modo quasi ubiquitario, in quanto le rocce contenenti quarzo come costituente essenziale sono molte (rocce eruttive acide, sedimentarie, scisti cristallini); ne consegue che moltissime attivita' estrattive o di scavo vengono in qualche modo ad interessare formazioni contenenti quarzo in tenori piu' o meno elevati ⁽⁵⁾;
il quarzo costituisce anche una importante materia prima minerale, non sostituibile, utilizzata in molte attivita' industriali, quali vetrerie, fonderie, industrie ceramiche, dei refrattari, ecc..
In questi casi pertanto la sola possibilita' consiste nel limitare al minimo le esposizioni degli addetti (ed ovviamente le emissioni ed immissioni);*
- c) *l'unico approccio corretto ad un problema e' quantificarne l'entita' e le caratteristiche, ossia rendere disponibili dati statisticamente significativi sull'argomento. Cio' tra l'altro richiede uno sforzo "ideologico" notevole in quanto ancora oggi non e' chiaramente recepita da tutti gli operatori dei comparti ai quali ci si riferisce la necessita' di dar luogo a campagne sistematiche di rilevamento (corredate dalle indispensabili informazioni "al contorno"), superando la posizione di semplice riferimento a dati desunti da analogie od a risultati di misurazioni spot (v.ad es. /12/);*
- d) *un prezioso aiuto per i tecnici del settore puo' essere costituito dalla informazione circa le condizioni igienico ambientali ottenute-ottenibili in condizioni assimilabili, costituendo tale informazione tanto stimolo al miglioramento quanto*

⁵ E' appena il caso di ricordare che anche nell'estrazione di pietre prevalentemente non quarzose sono comunque rilevabili percentuali non trascurabili di quarzo nelle polveri aerodisperse.

referimento in fase di definizione di un obiettivo tecnico di riduzione (criterio già proposto in /13/);

- e) a corollario e' chiaro che uno strumento di ricerca corredato anche da indicazioni sulle possibili soluzioni di riduzione delle condizioni espositive puo' costituire un riferimento pratico di non trascurabile utilita'.*

L'IMPOSTAZIONE DI UNO STRUMENTO DI MONITORAGGIO SISTEMATICO DELLA SITUAZIONE

Da molti anni il Dipartimento Georisorse e Territorio (ed in passato l'Istituto di Arte Mineraria in esso confluito) opera istituzionalmente anche nel campo della Sicurezza del lavoro nell'ambito delle attivita' estrattive e di scavo, sviluppando ricerche (princ.rif. da /14/ a /26/) ed effettuando lavoro di certificazione: e' stata dunque possibile una raccolta di dati relativi alle condizioni di inquinamento da particolati aerodispersi nei luoghi di lavoro, originariamente strutturata sotto forma di banca dati in cui sono compendiate i risultati relativi a:

- condizioni di inquinamento ambientale da particolati aerodispersi in luoghi di lavoro;
- condizioni espositive di addetti a varie mansioni (prevalentemente da campionamenti personali);
- indicazioni sulle tecniche di bonifica adottate e sulla relativa efficacia.

La banca dati, tutt'ora in evoluzione, comprende attualmente oltre 450 dati inseriti, derivanti in gran parte da certificati, integrati con dati reperiti in letteratura (es. da /27/ a /30/).

La struttura di base della banca dati si fonda sui punti caratterizzanti seguenti:

CRITERI DI IMPOSTAZIONE DEL FOGLIO ELETTRONICO	
I dati sono al momento relativi a quattro settori industriali, a cui corrispondono diverse tipologie di attività occupazionali:	• settore industriale 1: unità estrattive • settore industriale 2: trattamento solidi minerari • settore industriale 3: cantieristica civile • settore industriale 4: altre attività industriali
Tipologie di attività occupazionali esplicitate per ogni settore industriale:	settore industriale 1: unità estrattive • <i>cave al monte per pietre ornamentali</i> • <i>cave al monte per granulati da frantumazione</i> • <i>cave di pianura per ghiaie e sabbie da classificazione (con draga)</i> • <i>cave di pianura per inerti da frantumazione</i> • <i>attività estrattive in sotterraneo</i> • <i>miniere a cielo aperto</i>
	settore industriale 2: trattamento solidi minerari • <i>impianti di trattamento unità estrattive</i> • <i>laboratori pietre ornamentali</i>
	settore industriale 3: cantieristica civile • <i>cantieristica civile a cielo aperto</i> • <i>cantieristica civile in sotterraneo</i>
	settore industriale 4: altre attività industriali • <i>industria dei laterizi</i> • <i>industria ceramica</i> • <i>fonderie</i> • <i>vetrerie</i> • <i>impianti produzione argilla espansa</i> • <i>impianti produzione calcestruzzo</i> • <i>impianti produzione cemento</i> • <i>impianti di betonaggio</i>
A ogni sottogruppo competono una serie di mansioni di riferimento, che raggruppano in classi generali una serie di operazioni peculiari delle attività specifiche degli addetti all'interno delle diverse realtà occupazionali.	

Sulla base del foglio MS-Excel, contenente la banca dati e' stata impostata la stesura di un programma di gestione dati sviluppato in Vbasic, (ambiente di programmazione ritenuto adatto per realizzare un software “user friendly”, tecnicamente completo ed efficiente).

Nelle immagini della tabella seguente sono riprodotte alcune “paginate” del programma attualmente allo stadio di release b (⁶).

⁶ Lo strumento peraltro e' stato sin dall'inizio impostato in modo da garantire la massima flessibilita' possibile, ad esempio in termini di inserimento di nuove tipologie industriali o mansioni.

Vedete per Inserimento ed Estrazione dei dati

Immissione:

1. inserimento di una nuova azienda: Nuovo Sito.
2. selezione di un'azienda già archiviata: Dati Sito.
3. inserimento dei parametri generali del prelievo: Dati Campionamento.
4. inserimento dei parametri specifici e dei risultati del prelievo per un addetto di una azienda già registrata: Campionamento Personale.

Estrazione:

5. estrazione per Dati Generali: es. ubicazione ditte.
6. estrazione per Dati Personali: es. mansioni.
7. estrazione per Range di Valori:
es. classi di PR.

Inserimento Nuovo Sito

Regione Sociale	
Identificazione Sito	
Regione	Piemonte
Provincia	<Selezionare una Provincia>
Comune	<Selezionare un Comune>
Codice Settore Industriale	<Selezionare una Codice>
Tipologia Attività Occupazionale	
Nome Cognome Addetti	
Aggiungi Addetto Rimuovi Addetto	
Tipologia di Rocce o Materiali Lavorati	☐ <Selezionare una o più Rocce> ☐ alabastro ☐ andesite ☐ ardesia ☐ arenaria ☐ argilla ☐ argillite ☐ argilloscisti
Conferma Annulla	

Inserimento Campioni

Dati Sito **Dati Campionamento** **Campionamento Personale** **Campionamento di Area**

Ragione Sociale:

Identificazione Sito:

Comune:

Provincia:

Regione:

Tipologia di Rocce o Materiali Lavorati:

Codice Settore Industriale:

Tipologia Attività Occupazionale:

Nome Cognome Addetti:

1

Inserimento Campioni

Dati Sito **Dati Campionamento** **Campionamento Personale** **Campionamento di Area**

Data (GMA):

Durata Campionamento:

Tipo di Campionamento:

Primaria Roccia o Materiale Lavorato:

Secondaria Roccia o Materiale Lavorato:

Terziaria Roccia o Materiale Lavorato:

Macchine Rilevanti per il Campionamento:

Soluzione Tecnica di Riduzione:

Descrizione della Soluzione:

Macchine Rilevanti per il Campionamento:

Soluzione Tecnica di Riduzione:

Descrizione della Soluzione:

Macchine Rilevanti per il Campionamento:

Soluzione Tecnica di Riduzione:

Descrizione della Soluzione:

10

Inserimento Campioni

Dati Sito **Dati Campionamento** **Campionamento Personale** **Campionamento di Area**

Nome e Cognome Addetto: <Selezionare un Addetto>

Mansione di riferimento: <Selezionare una Mansione>

Operazione Principale (I Roccia): <Selezionare una Mansione>

Operazione Secondaria (II Roccia): addetto perforazione

Operazione Secondaria (III Roccia): addetto esplosivi

D.P.I.: addetto carico

Metodo Analisi Polveri e Quarzo: addetto trasporti

addetto armature prima fase

addetto rivestimento finale

addetto martellone

<Selezionare una Metodologia>

Polveri Respirabili **Polveri Inalabili** **Polveri Toraciche**

Curva di Taglio del Preselettore: <Selezionare una Curva di Taglio>

Massa Frazione Respirabile [mg/m³]:

% Quarzo Frazione Respirabile:

Massa Quarzo Fraz. Resp. [mg/m³]:

P.R. Polv. Fraz. Resp. TLV 3 mg/m³:

P.R. Quarzo Resp. TLV 0.1 mg/m³:

P.R. Quarzo Resp. TLV 0.05 mg/m³:

33

Conferma Annulla

Estrazione Banca Dati

Dati Generali **Dati Personali** **Dati di Area** **Range di Valori**

Ragione sociale

☐ betononaggio

☐ betononaggio

☐ betononaggio

☐ betononaggio

Provincia

☐ Agrigento

☐ Alessandria

☐ Ancona

☐ Aosta

Codice Settore Industriale

☐ altre attività industriali

☐ cantieristica civile

☐ trattamento solidi minerali

☐ unità estrattiva

Tipologia di Rocce o Materiali Lavorati

☐ alabastro

☐ andesite

☐ ardesia

☐ arenaria

Comune

☐ ABANO TERME

☐ ABBADIA CERRETO

☐ ABBADIA LARIANA

☐ ABBADIA SAN SALVATORE

Regione

☐ Abruzzo

☐ Basilicata

☐ Calabria

☐ Campania

Tipologia Attività Occupazionale

☐ impianto di betonaggio

☐ produzione argilla espansa

☐ impianto produzione calcestruzzo

☐ impianto produzione cemento

Mesi

☐ 1

☐ 2

☐ 3

☐ 4

Anni

☐ 1980

☐ 1981

☐ 1982

☐ 1983

Stagioni

☐ Primavera

☐ Estate

☐ Autunno

☐ Inverno

Globale Video Riassuntivo Excel Globale Excel Annulla

Estrazione Banca Dati

Dati Generali	Dati Personali	Dati di Area	Range di Valori
☐ Nome e Cognome Addetto ☐ Carlo Clerici ☐ Mario Patrucco ☐ Domenico Savoca ☐ Stefano Francese		☐ Mansione di riferimento ☐ addetto abbattimento meccanico (palista esca) ☐ addetto armature ☐ addetto armature prima fase ☐ addetto caricamento e scarico	
☐ Operazione Roccia Primaria ☐ addetto aiuto scavo ☐ addetto alimentazione frantoio ☐ addetto armatura telaio ☐ addetto autista		☐ Primaria Roccia o Materiale Lavorato ☐ alabastro ☐ andesite ☐ ardesia ☐ arenaria	
☐ Operazione Roccia Secondaria ☐ addetto aiuto scavo ☐ addetto alimentazione frantoio ☐ addetto armatura telaio ☐ addetto autista		☐ Secondaria Roccia o Materiale Lavorato ☐ alabastro ☐ andesite ☐ ardesia ☐ arenaria	
☐ Operazione Roccia Terziaria ☐ addetto aiuto scavo ☐ addetto alimentazione frantoio ☐ addetto armatura telaio ☐ addetto autista		☐ Terziaria Roccia o Materiale Lavorato ☐ alabastro ☐ andesite ☐ ardesia ☐ arenaria	

Estrazione Banca Dati

Dati Generali	Dati Personali	Dati di Area	Range di Valori
☐ Soluzione Tecnica Riduzione ☐ non presenti ☐ cappe aspiranti ☐ banco aspirante ☐ cabina in sovrappressione ☐ box in depressione ☐ coltivazioni minerarie altern.	☐ Metodo Analisi Polveri e Qz ☐ MOCF ☐ probabile MOCF ☐ GCG ☐ IR ☐ pesata di precisione ☐ scansione laser	☐ Curva Taglio Preselettore ☐ ACGIH - 1985 - (D50 3.5 um) ☐ ISO - CEN 1993 (Norma EN 48) ☐ B.R.M.C. 1952 - Johannesburg ☐ frazione toracica ISO - CEN 19	
☐ Massa Frazione Respirabile Minimo Massimo	☐ % Quarzo Fraz. Respirabile Minimo Massimo	☐ Massa Quarzo Fraz. Resp. Minimo Massimo	
☐ P.R. Polv. Fraz. Resp. TLV 3 Minimo Massimo	☐ P.R. Quarzo Resp. TLV 0.1 Minimo Massimo	☐ P.R. Quarzo Resp. TLV 0.05 Minimo Massimo	
☐ Massa Polveri Inalabili Minimo Massimo	☐ % Quarzo Polveri Inalabili ☒ qualunque valore ☐ < 1 % ☐ > 1 %	☐ Tipo di Campionamento ☒ Personale ☐ di Area	
☐ Tutti gli altri dati			

RISULTATI PRELIMINARI DI ESTRAZIONE

Una estrazione su una release preliminare di foglio dati ha permesso pervenire ai risultati compendati nei diagrammi riprodotti di seguito.

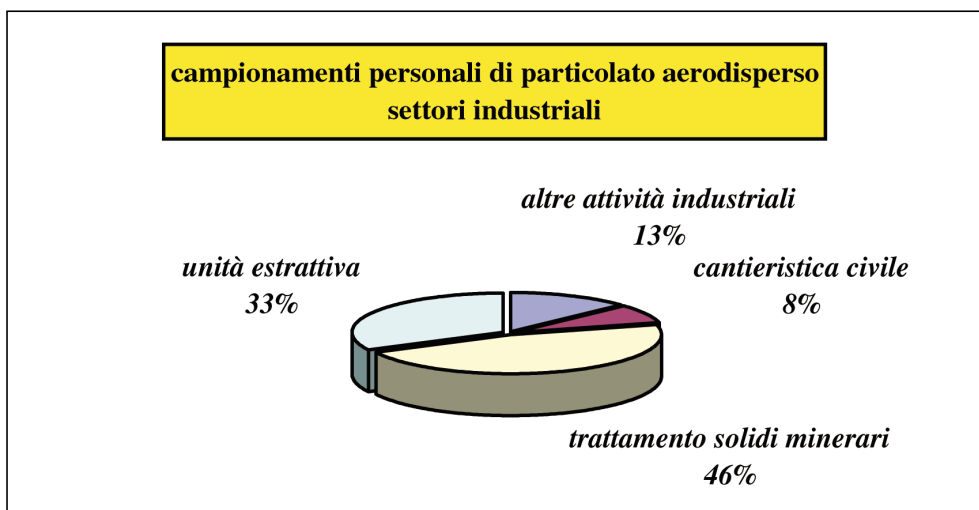


Grafico 1 Percentuale dei campioni, afferenti ai singoli settori industriali indagati, rispetto al numero totale dei campionamenti

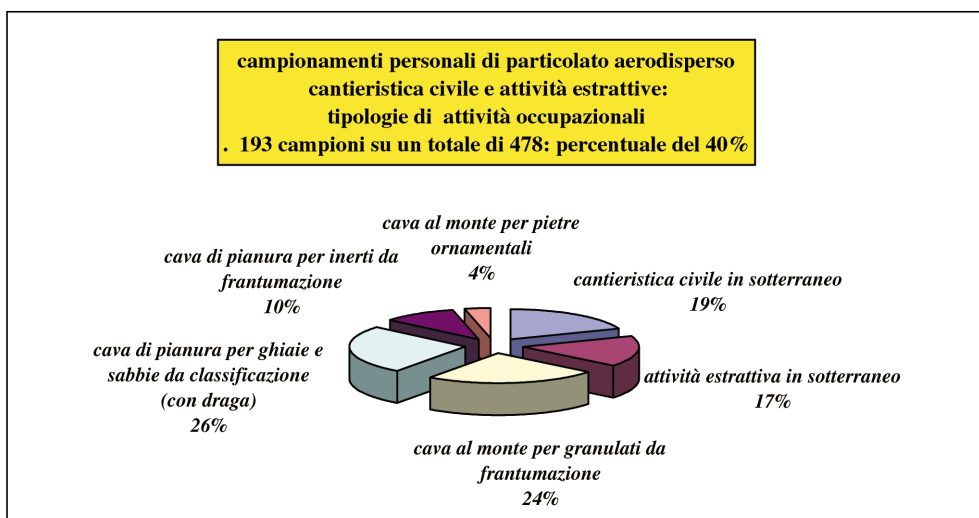


Grafico 2 Percentuale dei campioni, afferenti alle diverse tipologie di unità estrattive e cantieristica civile, rispetto al numero dei campionamenti afferenti a questi due settori industriali.

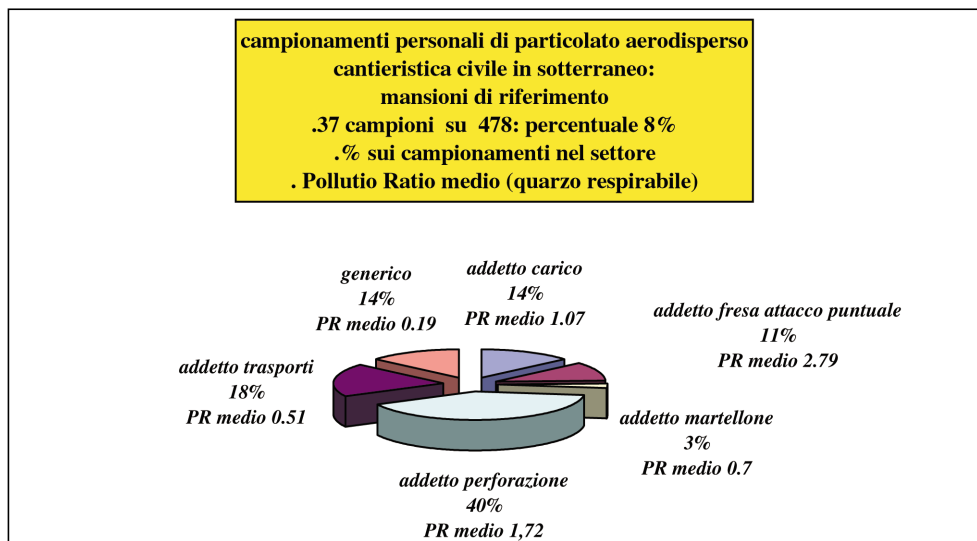


Grafico 3 La tipologia “cantieristica civile in sotterraneo”: esposizione media al quarzo respirabile riferita al TLV-TWA di $0,1 \text{ mg/m}^3$ e percentuale dei campionamenti nelle diverse mansioni di riferimento.

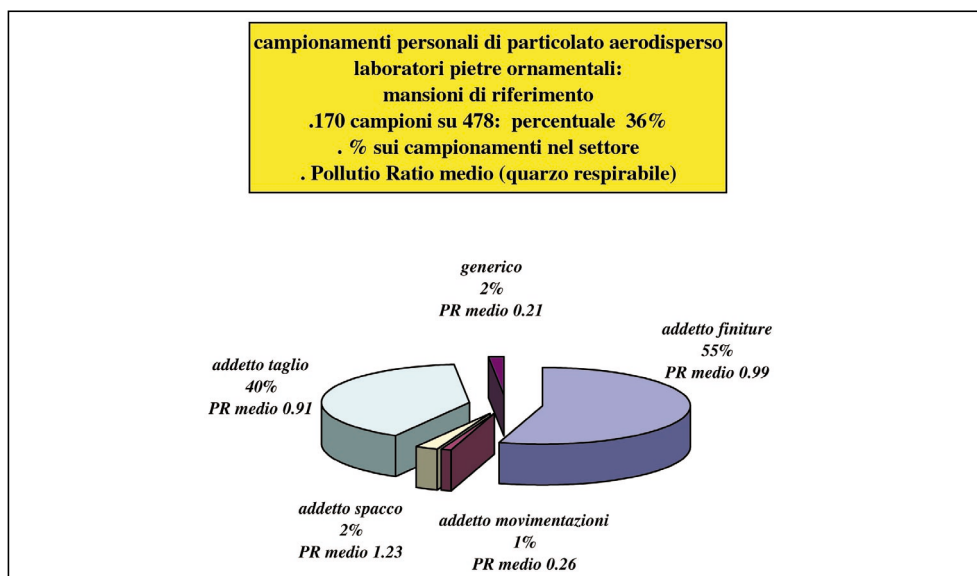


Grafico 4 La tipologia “laboratori di pietre ornamentali”: esposizione media al quarzo respirabile riferita al TLV-TWA di $0,1 \text{ mg/m}^3$ e percentuale dei campionamenti nelle diverse mansioni di riferimento.

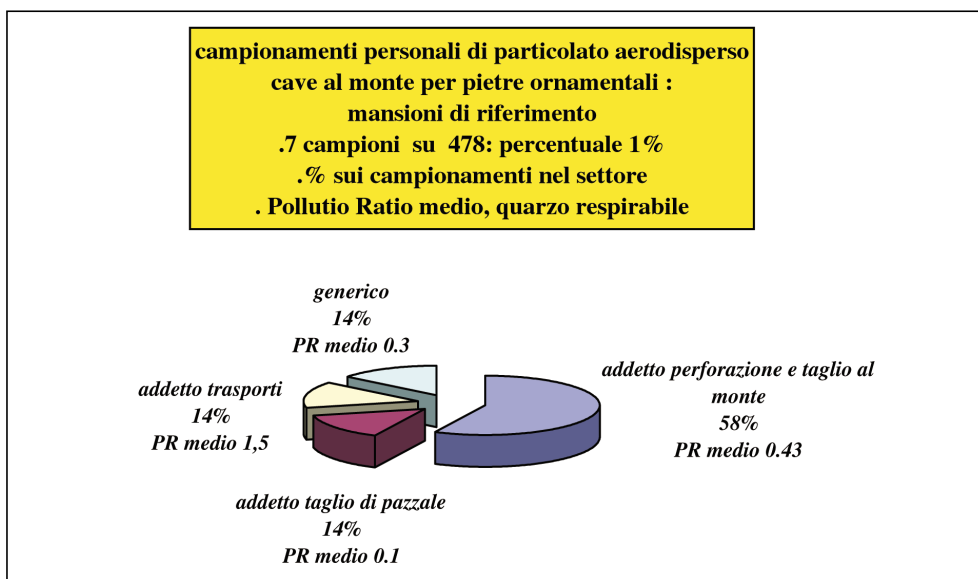


Grafico 5 La tipologia “cave al monte per pietre ornamentali”: esposizione media al quarzo respirabile riferita al TLV-TWA di 0,1 mg/m³ e percentuale dei campionamenti nelle diverse mansioni di riferimento._

CONCLUSIONI

Come appare evidente dai diagrammi presentati, la situazione connessa con lo svolgimento di molte delle mansioni tipiche delle attività estrattive e di scavo comporta livelli espositivi mediamente prossimi od eccedenti il valore tecnico di riferimento adottato, con “punte” talora sconcertanti.

Va comunque precisato che con i dati a disposizione (purtroppo al momento pochi per ciascuna realtà industriale e con rarissimi casi di rilevamenti ripetuti sui quali applicare criteri quali i metodi NIOSH od IBN per la valutazione della significatività dei campioni), sono possibili allo stato attuale soltanto comparazioni per dati accorpati derivanti da imprese differenti, seppur ovviamente rientranti nelle macro tipologie preliminarmente identificate.

Così stando le cose in sostanza il significato dei risultati delle estrazioni presenta valore di riferimento, ma non può essere adoperato come dato assoluto.

Va peraltro sottolineato che la situazione al riguardo dovrebbe nel tempo migliorare, dato che anche nei comparti in questione vanno, seppur lentamente, affacciandosi i concetti di qualità, a cui potrà seguire la applicazione di tecniche moderne di verifica e gestione delle condizioni di sicurezza del lavoro, quali ad esempio le metodiche di approccio OHSAS 18001 e 18002 /31/.

Al momento non si può che auspicare, in attesa di poter disporre dati più razionalmente raccolti, una maggiore attenzione, volta quanto meno ad evitare situazioni espositive chiaramente indebite, derivanti dall'impiego di mezzi obsoleti e comunque inadeguati (addirittura privi di cabine e comunque privi di impianti di condizionamento e filtrazione dell'aria) o non correttamente mantenuti, e da procedure operative palesemente scorrette.

Lo strumento in corso di sviluppo, una volta perfezionato ed appoggiato su server per la consultazione e l'aggiornamento sistematico in linea, potrà quindi costituire un supporto di qualche utilità tanto per i tecnici della sicurezza aziendali, quanto per i funzionari dell'Organo di vigilanza. Ove opportunamente implementata con informazioni circa le insorgenze di malattie professionali, ci si augura potrà inoltre anche costituire riferimento per un affinamento delle correlazioni in campo epidemiologico.

BIBLIOGRAFIA

1. International Agency for Research on Cancer (IARC): Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks of Chemicals to Humans. Silica, Some Silicates, Coal Dust and Pararamid Fibrils, IARC Vol. 68, IARC Scientific Publications, Lyon, 1998.
2. E.Occella: "Orientamenti per la definizione dei livelli di azione delle polveri aerodisperse nelle miniere e nelle cave, anche in relazione con la loro nocività specifica", Bolletino AMS, 2,3, giugno settembre, Torino, 1986.
3. American Conference of Governmental Industrial Hygienists: Threshold Limit Values for Chemical Substances and Biological Exposure Indices, yearly A.C.G.I.H. Pub., 2001 ed., Cincinnati, OH, ISBN 1-882417-36-4);
4. B.Fubini: "Health effect of silica", The surface properties of silicas, Legrand J.P., pp. 415 – 464. J Wiley and Sons, London, 1998.
5. B.Fubini: "Surface Chemistry and Quartz Hazard", Ann. Occup. Hyg., V. 42, N 8, pp. 521 – 530. British Occupational Hygiene Society. Elsevier Science Ltd., London, 1998, ISBN 0003 – 4878/98.
6. B.Fubini: "The role of Surface Chemistry in the Variability of Crystalline Silica Hazard", Congresso 'Silice cristallina e oncogenesi', Bologna, 24 ottobre 2000, Atti Centro Ceramico Bologna, Bologna, 2000.
7. SHCMOEI - Organo Permanente dell'Unione Europea per la sicurezza e la salute dei lavoratori nelle miniere di carbone e nelle altre industrie estrattive, proposta ai Governi membri n. 5761/5/85, adott. 20/12/90, Luxembourg, 1990.

8. Decreto Presidente della Repubblica 9 aprile 1959, n.128. Norme di polizia delle miniere e delle cave (G.U. 11 aprile 1959, n.87, suppl.ord.)
9. Legge 15 giugno 1984, n.246. Integrazioni e modifiche al DPR 128/59, contenente norme di polizia delle miniere e delle cave, non che' alla Legge 6 ottobre 1982, n.752, concernente l'attuazione della politica mineraria (G.U. 23 giugno 1984, n.172)
10. D.Lgs 15 Agosto 1991, n.277: Attuazione delle direttive 80/1107/CEE, 82/605/CEE, 83/477/CEE, 86/188/CEE e 88/642/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro, a norma dell'art. 7 della legge 30 luglio 1990, n. 212 (G.U. 27 agosto 1991, n. 200, suppl. ord.).
11. Norma UNI-ISO 7708 qualita' dell'aria,: definizioni delle frazioni granulometriche per il campionamento relativo agli effetti sanitari, UNI, Milano, 1998
12. M.Patrucchio: "Procedure di campionamento e valutazione del significato dei campioni: una rassegna sullo stato dell'arte", III Congresso Italo-Brasiliano di Ingegneria Mineraria, Verona, 26-27 settembre 94, Atti pp. 398-401, (ed. a cura di A.N.I.M., ed. PEI), Parma, 1994.
13. M.Patrucchio: "Valutazione del rischio da rumore in cava". Conv.Naz. 'Materiali Lapidari: La prevenzione dei rischi per l'ambiente e per i lavoratori', Morbegno, 30 settembre - 1 ottobre '93, Atti pp. 227-248, (ed. Tip. Bettini), Sondrio, 1993.
14. L.Faina; M.Patrucchio; D.Savoca: "La valutazione dei rischi ed il documento di sicurezza e salute nelle attivita' estrattive a cielo aperto", European Commission S.H.C.M.O.E.I. - Workshop on Risk Assessment, Gubbio, 20-23 giugno 1996. Versione estesa plurilingue Atti in corso di stampa - versione in lingua inglese: Guidelines for risk assesment in Italian mines, pubbl.in Doc.No 5619/96 EN - S.H.C.M.O.E.I., Luxembourg, 17 July 1996. pp. 47-71, e in Doc.No 5619/1/96 EN - S.H.C.M.O.E.I., Luxembourg, 17 January 1997, pp. 46-71, Luxembourg, 1996.
15. M.Patrucchio: Sicurezza ed ambiente di lavoro - vol 2 parte 4, PARTICOLATI AERODISPERSI, in corso di stampa, Collana Politeko, Torino
16. M.Patrucchio: "Capitolo 6 Il taglio mediante filo (e relative appendici 3 4 5 6)" in aavv Manuale per la prevenzione e la sicurezza nelle cave di Valtellina e Valchiavenna, ed a cura di Amministrazione provinciale di Sondrio - servizio cave e torbiere - Atti Bonazzi grafica, pp. 85-108, 236-243, Sondrio, 1996.
17. M.Patrucchio: coordinamento e partecipazione con AA.VV. dei temi Ambiente acustico e Particolati aerodispersi del Modulo 2 'Ambiente di lavoro', prodotto multimediale 'Progetto sicuro', COREP, Torino, 1998.
18. E.Martini, M.Patrucchio: "Controlli di polverosità presso gli impianti di trattamento della Miniera di Balangero". IV International Conference on Asbestos, Torino, 26-30 maggio 1980, Atti pp. 627-657 (ed. a cura di Ist. Arte Min. Politecnico di Torino, Ass. Min. Subalpina), Torino, 1980.

19. C.Clerici, M.Patrucco: "Problemi di inquinamento particolato nell'attività di cava: aspetti generali del controllo e della riduzione". Giornata di Studio su Problemi ambientali dell'attività di cava in Piemonte, Torino, 13 marzo 1985. Pubbl. Bollettino Ass. Min. Subalpina, XXIII, 1, pp. 123-131, ed. S.P.E. Torino, 1986.
20. C.Clerici, G.Gecchele, G.Longo, M.Patrucco: "Auxiliary ventilation plant and air dispersed particulates: an experimental study in the stopes of an Italian talc mine". VIth International Pneumoconiosis Conference, (NIOSH, ILO, BOM, MSHA, OSHA), Pittsburg (USA), 23-26 agosto 1988. Atti pp. 1011-1018 (ed by DHHS, NIOSH), 1990, Pittsburg. Ripubbl. in Bollettino Ass. Min. Subalpina, XXVI, 4, pp. 599-607, Lit. Geda, Torino, 1989.
21. C.Clerici, M.Clerico, M.Patrucco, E.Lauria, M.Woitowicz, M.Diociauti, L.Paoletti, M.Pisani: "Air dispersed fiber pollution in the surroundings of some Italian asbestos industries", VII International Conference on Chemistry for Protection of the Environment. Lublino (Polonia), 4-7 Settembre 89. Ripubbl. in GEAM-Bollettino Ass. Min. Subalpina, XXIX, 4, pp. 383-388, Lit. Geda, Torino, 1992, ISSN 1121-9041
22. G.Bozzola; G.Ramon; L.Ramon; M.Patrucco: "Controllo automatico di processo e risvolti sulle condizioni igienico ambientali: risultati conseguiti in un impianto di trattamento di minerale quarzoso". Conv.Naz. 'Materiali Lapidari: La prevenzione dei rischi per l'ambiente e per i lavoratori', Morbegno, 30 settembre - 1 ottobre 1993, Atti pp. 673-682, (ed. Tip. Bettini), Sondrio, 1993.
23. S.Pelizza; G.Benedetto; M.Patrucco: "Workplace environmental conditions and innovative tunnel driving techniques: measurement and control". International Congress 'Tunnelling and ground conditions', Cairo (Egitto), 3-7 aprile 94, Atti pp. 617-623, (ed Balkema), Rotterdam, 1994, ISBN 90-5410-363-9
24. G.Carosso; M.Patrucco: "Airborne dust pollution and workers exposure conditions at an Italian cement production unit: measurements results and analysis attempts". 4th Symposium on Respirable Dust in the Mineral Industries, 8-10 novembre 1994, Pittsburgh, 1994.
25. M.Patrucco: "L'impiego del calcestruzzo proiettato in cantieri di scavo in sotterraneo: aspetti di sicurezza del lavoro", Giornata di Studio 'Il calcestruzzo proiettato - impiego e tecnologie', (SIG - Società Italiana Gallerie), Milano, 11 novembre 1994, Atti pp. 206-219. SIG, Milano, 1994.
26. P.Grella; F.Luda; M.Patrucco: "Problematiche igienico ambientali negli impianti di produzione di cava: soluzioni sperimentate e risultati ottenuti". Convegno De Re Metallica - Miniere e Materie Prime alle soglie del 3° millennio, (Politecnico di Torino, Ass. Min. Subalpina, Dip. Georisorse, Musep Attr. Per la didattica e la ricerca), Torino, 1-2 dicembre 94, Atti pp. 385-396 (ed CELID), Torino. 1994.
27. A.Iotti, B.Rimoldi, L.Tripì "Valutazione del rischio da silice nel settore lapideo", Convegno 'Analisi del Rischio Assicurato', Chia - Domus De Maria (CA), 23 - 24 giugno 1997, Quaderni della rivista Infortuni e Malattie professionali, Atti, pp. 253 - 263, ed, INAIL, Roma, 1998.

28. B.Rimoldi, L.Tripì "Rischio di inquinamento da polveri nelle lavorazioni a secco in alcune aziende artigiane del settore lapideo in Lombardia: indagine ai fini prevenzionali", Convegno 'Analisi del Rischio Assicurato', Chia - Domus De Maria (CA), 23 - 24 giugno 1997, Quaderni della rivista Infortuni e Malattie professionali, Atti, pp. 265 - 273, ed, INAIL, Roma, 1998.
29. A.Iotti, B.Rimoldi "Le gallerie: esposizione a silice durante gli scavi", Convegno 'Analisi del Rischio Assicurato', Chia - Domus De Maria (CA), 23 - 24 giugno 1997, Quaderni della rivista Infortuni e Malattie professionali, Atti, pp. 293 - 297, ed, INAIL, Roma, 1998.
30. B.Rimoldi, F.Caselli "Il documento di sicurezza e salute (D.Lgs. 624/96): il caso delle cave di ghiaia e sabbia", 4° Convegno: Le IV Giornate di Corvara, Corvara Alta Badia (BZ), 25-27 marzo 1998, Atti, pp 151 - 156, AIDII, Sez.Triveneta, Bolzano, 1998.
31. M.Patrucco, D.Savoca: "Attuazione e conservazione della sicurezza nell'ambito della normativa vigente", Conv. 'Le tecnologie dei materiali lapidei alla sfida del nuovo millennio' (Università di Cassino), Cassino, 23-24 Settembre, 1999, Atti in corso di stampa.

Impaginazione e stampa digitale:

ROTOOFFSET PAGANELLA s.n.c.

I-38100 TRENTO • Via L. Marchetti, 20/22

tel. 0461.232596 • Fax 0461.265112

www.rotoffset.it • e-mail: info@rotoffset.it