

Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia
Aziende sanitarie ASUGI, ASUFC e ASFO
DIPARTIMENTI DI PREVENZIONE
Strutture di Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro

Dott.ssa A. Muran, Dott.ssa D. Calligaro, ing. Giuseppina Di Guida
SCPSAL di Azienda Sanitaria Universitaria Giuliano Isontina

dott. Alex Dusefante, dott. Antonello Poles
SCPSAL di Azienda Sanitaria Universitaria Friuli Centrale

Dott.ssa. Claudia Luisa D'Alessandro, dott.ssa Maria Luisa Zanette, dott.ssa Morena Calderan
SCPSAL di Azienda Sanitaria Friuli Occidentale

PIANO MIRATO DI PREVENZIONE

“Silice libera cristallina in edilizia”

*CAMPAGNA DI PROMOZIONE DELLA SALUTE NEL
SETTORE DELL'EDILIZIA*

*LE BUONE PRASSI PER LA PREVENZIONE DEL RISCHIO
CANCEROGENO DA ESPOSIZIONE A SILICE LIBERA
CRISTALLINA*

1 INTRODUZIONE

L'edilizia è un settore economico in cui è ben nota l'esposizione a polveri miste, mentre è generalmente sottovalutata la presenza tra queste di Silice Libera Cristallina (SLC).

Il rischio di esposizione a SLC è presente sia delle ristrutturazioni di fabbricati che nelle costruzioni civili ex novo, nelle diverse fasi lavorative in cui le maestranze operano direttamente con materiali quali ad es. mattoni, mattoni refrattari, sabbia abrasiva, piastrelle, collanti per rivestimenti, malte, intonaci, calcestruzzo, cemento ecc. L'esposizione può coinvolgere anche maestranze non adibite direttamente alle lavorazioni con tali materiali, a causa della dispersione delle polveri.

Tra il 2020 e il 2022 il settore economico dell'edilizia è stato interessato da un notevole incremento dell'attività iniziato grazie alle agevolazioni fiscali sugli interventi di ristrutturazione edilizia ed efficientamento energetico disposte dal c.d. decreto "Rilancio" (Decreto Legge n. 34 del 2020) e i successivi aggiornamenti normativi.

Contestualmente, con il D.lgs 44 del 1/6/2020, entrato in vigore il 24/6/2020, in attuazione della Direttiva UE 2017/2398, i *"lavori comportanti esposizione a polvere di silice cristallina respirabile, generata da un procedimento di lavorazione"*, sono stati introdotti nell'elenco dei processi ed agenti comportanti rischio d'esposizione cancerogeno all'allegato XLII del D.lgs 81/08.

Per la silice è stato inoltre stabilito un valore limite d'esposizione professionale pari a $0,1 \text{ mg/m}^3$.

Stante pertanto la rilevanza del problema "silice" nel settore edile, il gruppo di lavoro ha provveduto a redigere il presente documento di buone prassi per la prevenzione del rischio cancerogeno da esposizione a SLC con l'obiettivo di promuovere la tutela della salute dei lavoratori del settore edile attraverso l'incremento della consapevolezza del rischio cancerogeno derivato dall'esposizione inalatoria a tale agente e al contenimento dell'esposizione per la prevenzione delle neoplasie polmonari.

Il presente documento è rivolto ai Datori di Lavoro, agli RSPP e ai medici competenti delle Imprese di costruzioni edili che operano nella Regione Friuli Venezia Giulia e alle loro associazioni di categoria con l'intento pertanto di aggiornarle sulla recente normativa e incrementare la loro attenzione ed impegno sul versante della prevenzione e del rispetto del recente limite di esposizione professionale ora fissato anche per la SLC.

2 LAVORATORI ESPOSTI A SILICE

L'esposizione a SLC rappresenta tutt'oggi un problema rilevante a livello globale. Si stima che nel mondo risultino esposti a SLC 2 milioni di lavoratori negli Stati Uniti, 500.000 in Giappone, più di 25 milioni in Cina, 11.5 milioni in India [1]. Secondo le valutazioni del CAREX (CARcinogen EXposure), il sistema informativo internazionale sulle esposizioni professionali a cancerogeni, risalenti al 1999, il numero degli esposti a silice cristallina in Europa ammontava alla fine degli anni '90 a più di tre milioni di persone, di cui il 67% nel comparto delle costruzioni [2]. Uno studio pubblicato negli anni 2000 riportava che, tra il 1990 e il 1993,

degli 11 milioni di lavoratori del settore edile dell'Unione Europea circa la metà risultava esposta a sostanze cancerogene sul posto di lavoro, di cui il 19% a SLC [3].

Dai dati epidemiologici disponibili si stima che ogni anno in Unione Europea 7.000 persone muoiano per tumore polmonare attribuibile all'esposizione a SLC ed 8.000 sviluppino una malattia polmonare conseguente a tale esposizione [4].

Nel 1999 lo studio CAREX ha stimato che il numero degli esposti a SLC in Italia si aggirava attorno a 280.000, con un 41% appartenente al comparto delle costruzioni [2]. In Italia tra il 2000 ed il 2015 su un numero stimato di circa 280.000 lavoratori esposti a SLC, 6.317 risultavano deceduti a causa della silicosi; tra gli esposti 1.372 avevano avuto ricoveri ospedalieri per silicosi. I lavoratori maggiormente esposti risultano essere minatori, ceramisti, muratori e marmisti [1].

Nel settore edile l'esposizione tende a presentarsi durante l'esecuzione di diverse attività lavorative, quali sabbiatura abrasiva, martellamento, perforazione di rocce o pozzi, perforazione del calcestruzzo, miscelatura e finitura del cemento, taglio e segatura di mattoni e blocchi di cemento, scavi e lavori in autostrada; numerosi studi svolti in diversi paesi dell'Unione Europea hanno evidenziato il frequente superamento dei limiti di esposizione consigliati dall'ACGIH per la SLC respirabile (0.025 mg/m³). In particolare attività connesse alle costruzioni quali scavi e movimentazione terra, realizzazione di fondamenta, demolizione di parti in calcestruzzo e di strutture edilizie, restauro o rifacimento di facciate e pareti interne possono comportare esposizioni talora molte volte superiori a quelle raccomandate dalle principali società scientifiche.

Uno studio italiano del 2011 ha mostrato come le lavorazioni maggiormente a rischio di superare i limiti di esposizione siano il taglio di mattoni, la spazzolatura delle pareti esterne ed il taglio di pietra serena ed in generale la demolizione di intonaci e di parti interne di edifici, in quanto caratterizzate dall'impiego di utensili ad alta velocità, quali frullini, trapani o martelli pneumatici [5]

3 NOZIONI SULLA SILICE LIBERA CRISTALLINA E SUOI EFFETTI SULLA SALUTE

La silice, o biossido di silicio (SiO₂), è un composto molto comune in natura, formato da silicio (Si) e ossigeno (O) che, combinandosi con altri elementi chimici, vanno a formare i silicati, minerali costituenti il 75% della crosta terrestre.

Il termine "silice libera" si riferisce al biossido di silicio, non combinato con altri elementi chimici e si può trovare in natura in due forme che si differenziano per la disposizione interna degli atomi di silicio e ossigeno, disposti secondo uno schema ordinato nella **silice libera cristallina** (SLC) e in forma casuale nella **silice amorfa**.

Le principali forme di SLC sono:

-il **quarzo**, che rappresenta la forma più comune in natura, presente in concentrazioni variabili in diverse rocce quali l'arenaria, il granito e l'ardesia, ma anche nella sabbia e nell'argilla;

-la **tridimite** e la **cristobalite**, presenti in natura nella lava vulcanica, ma che si possono formare anche come prodotti intermedi, o prodotti finiti intenzionalmente voluti, in diversi processi industriali in cui i minerali

contenenti silice vengono sottoposti ad alte temperature (fonderie, industria ceramica, produzione di mattoni refrattari ecc.).

La forma più comune di silice amorfa in natura è costituita dalla terra di diatomee, che sono fossili di alghe microscopiche con scheletro siliceo. Anche le polveri di terra di diatomee possono contenere percentuali di silice cristallina variabili dallo 0,1 al 4% [6].

L'inalazione di polveri contenenti SLC può provocare danni ai polmoni, ma anche ad altri distretti corporei.

Gli effetti della SLC sulla salute sono correlati all'inalazione della quota di polvere che può penetrare profondamente nei polmoni, chiamata frazione respirabile.

Benchè i meccanismi di difesa naturale dell'organismo possano eliminare buona parte della polvere respirabile inalata, tuttavia, in caso di esposizioni prolungate, la frazione respirabile diventa difficile da rimuovere dai polmoni e il suo accumulo può comportare, nel lungo termine, danni irreversibili per la salute.

Le forme cristalline di silice possono essere responsabili di patologie dell'apparato respiratorio, anche molto invalidanti come la silicosi (pneumoconiosi sclerogena causata dall'inalazione di particelle di SLC di dimensioni respirabili, che si depositano negli alveoli polmonari innescando una reazione infiammatoria che si estende anche all'interstizio polmonare con conseguente fibrosi interstiziale), i tumori polmonari e alcune malattie autoimmuni. Il rischio di ammalare cresce con l'aumentare della quantità di polveri inalate.

Vengono classificate con la denominazione di PNOC (Particulate Not Otherwise Classified- Particelle Non Altrimenti Classificate) le polveri di materiali che presentano un contenuto in silice libera cristallina inferiore all'1%, non determinanti pneumoconiosi, ma che possono dar luogo all'insorgenza di bronchiti croniche [7].

Uno dei comparti in cui è più frequente l'esposizione a SLC è l'edilizia, contesto nel quale vengono lavorati molteplici materiali e componenti per costruzione, tra cui mattoni, malte, intonaci, calcestruzzo, cemento, granito, quarzite, tritati di sabbia, con contenuti percentuali differenti di SLC, ma pericolosi se utilizzati a secco. [4]. Particolarmente pericolose risultano le operazioni di preparazione di malte cementizie e calcestruzzi, la sabbiatura delle facciate di edifici, le demolizioni, l'utilizzo di strumenti vibranti su calce e calcestruzzo, le operazioni di taglio, di perforazione, di abrasione e pulizia a secco.

Diverse sono le fonti minerali contenenti SLC. Nella tabella che segue, tratta dalla Guida alle Buone Pratiche edita dall'European Network on Silica (NEPSI, aggiornamento ottobre 2020) sono indicati i livelli di SLC in alcune fonti minerali [8]:

Tabella tratta da Guida alle Buone Prassi NEPSI

FONTI MINERALI	% DI SILICE CRISTALLINA
Aggregati	0-100%
Argilla plastica (ball clay)	5-50%
Basalto	Fino al 5%
Diatomite naturale	5-30%

Dolerite	Fino al 15%
Selce	Superiore al 90%
Granito	Fino al 30%
Arenaria a grana grossa	Superiore all'80%
Minerali ferrosi	7-15%
Calcare	Generalmente inferiore all'1%
Quarzite	Superiore al 95%
Sabbia	Superiore al 90%
Arenaria	Superiore al 90%
Scisti	40-60%
Ardesia	Fino al 40%

Le dimensioni delle particelle di silice (soprattutto quelle < 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 [4]

Sotto si riportano le patologie indotte dall'inalazione di SLC respirabile [6]:

1) Malattie polmonari:	<ul style="list-style-type: none"> • Silicosi cronica <ul style="list-style-type: none"> - a decorso cronico semplice - a decorso cronico complicato con fibrosi massiva progressiva (PMF)
	<ul style="list-style-type: none"> • silicosi accelerata
	<ul style="list-style-type: none"> • Forma acuta o silicoproteinosi
	<ul style="list-style-type: none"> • Silicosi cronica interstiziale diffusa
2) Malattie polmonari ed extrapolmonari silice-correlate	<ul style="list-style-type: none"> • Linfadenopatia silicotica a carico dei linfonodi ilari e perilari del polmone
	<ul style="list-style-type: none"> • tubercolosi polmonare/extrapolmonare
	<ul style="list-style-type: none"> • Broncopneumopatia cronica ostruttiva (BPCO)
	<ul style="list-style-type: none"> • Malattie autoimmuni (sclerodermia, artrite reumatoide-S. di Caplan, LES, vasculiti autoimmuni tra cui la Poliangeite microscopica, la Granulomatosi di Wegener, vasculiti con interessamento renale)
3) Cancro del polmone	

4 SILICOSI E TUMORI POLMONARI

L'International Agency for Research on Cancer (IARC) fin dal 1997 aveva incluso la SLC tra i cancerogeni polmonari, inserendola nel gruppo 1 (agenti per cui vi è sufficiente evidenza di cancerogenicità per l'uomo).

In questa prima valutazione della IARC era già emersa l'evidenza che i lavoratori portatori di silicosi avevano maggior rischio di sviluppare il tumore polmonare rispetto ai non silicotici e ai non esposti.

In una seconda pubblicazione la IARC (monografia 100C del 2012) [9] ha condotto ulteriori e più raffinati studi statistici giungendo alle seguenti conclusioni:

- Il rischio relativo di cancro polmonare (rischio di malattia dei lavoratori esposti rispetto al rischio dei non esposti) aumenta all'aumentare dell'esposizione cumulativa a SLC;
- Il rischio relativo di sviluppare il cancro del polmone è più elevato nei silicotici rispetto ai lavoratori esposti non silicotici

Nel 2013 uno studio di coorte su lavoratori cinesi, monitorati per 44 anni, ha dimostrato un progressivo aumento del rischio relativo di ammalare di cancro del polmone all'aumentare dell'esposizione cumulativa per i lavoratori esposti a SLC, sia portatori di silicosi che non silicotici, con valori di rischio relativo più elevati nei soggetti con più elevata esposizione cumulativa, sia fumatori che non fumatori (effetto sinergico fumo di sigaretta –silice) [10]

Una più recente metanalisi ha riassunto i risultati degli studi volti a definire la relazione tra esposizione alla silice cristallina ed il rischio di tumore del polmone pubblicati fino ai primi mesi del 2016, confermando un aumento dose dipendente del rischio di neoplasie polmonari nei lavoratori esposti a silice cristallina, indipendentemente dalla concomitanza o meno di silicosi polmonare [11].

APPROFONDIMENTO

Lo studio dell'effetto cancerogeno della SLC sul polmone è in continuo aggiornamento. In una recente pubblicazione [12] è stata confermato un incremento del rischio di sviluppare un tumore al polmone all'aumento dei livelli di dose cumulativa di silice

Livelli di dose mg/m ³ / anno	RR	IC 95%
<0,50	1,14	1,05-1,23
0,50-0,99	1,34	1,05 - 1,71
1,00-1,99	1,14	1,00 - 1,30
2,00-2,99	1,47	1,05 - 2,06
3,00-3,99	1,44	0,99 - 2,11
≥ 4,00	1,64	1,20 - 2,24

In considerazione di queste evidenze scientifiche, alcuni autori canadesi hanno recentemente predisposto dei modelli previsionali in grado di predire il vantaggio in termini di casi di tumore evitati e conseguente beneficio economico atteso, derivante dall'applicazione delle misure di prevenzione disponibili nel settore delle costruzioni e rivolte al contenimento dei livelli di esposizione a SLC. E' interessante notare come questo studio dimostri che attraverso l'uso combinato di misure quali la bagnatura dei materiali durante le lavorazioni polverose, l'aspirazione delle polveri alla fonte e l'utilizzo corretto dei dispositivi di protezione personale, si ottiene il massimo risparmio in termini di casi di malattia (oltre 100 nuovi tumori polmonari evitati in un anno solare, su un numero stimato di circa 90000 lavoratori esposti nel settore delle costruzioni) e in termini puramente economici per la collettività (circa 45 milioni di dollari). [13]

SOVRAPPREMIO ASSICURATIVO INAIL

Come è noto il D.P.R. 1124/1965 prevedeva il pagamento di un premio assicurativo supplementare all'INAIL contro la silicosi per le lavorazioni incluse nell'allegato n.8 della stessa norma. A fronte del numero oramai esiguo di silicosi denunciate all'Istituto assicuratore, l'INAIL ha provveduto dal 1° gennaio 2019 ad abolire il pagamento del premio supplementare contro la silicosi dovuto dai datori di lavoro che svolgono le lavorazioni previste nell'allegato n. 8 del Testo Unico sull'assicurazione obbligatoria -DPR 1124/1965 (riferimento art. 1, comma 1126, lettera l, della legge 30/12/2018, n. 145 -legge di bilancio 2019).

Si sottolinea che il rischio della silicosi non va confuso con il rischio d'insorgenza di neoplasie polmonari collegato con l'esposizione a SLC. Entrambi sono oggi ricompresi nel pagamento del consueto premio assicurativo annuale. Lo stesso Istituto assicuratore in un comunicato relativo all'abolizione del sovrappremio sottolinea che in ogni caso rimane alta l'attenzione su tale rischio attraverso azioni di incentivazione che favoriscano misure di prevenzione efficaci [14].

Pur trattandosi pertanto di un rischio storicamente ben noto, come testimonia l'elenco delle lavorazioni tabellate sotto riportate nell'all.8 del DPR 1124/1965, considerate per presunzione giuridica a rischio di determinare la silicosi, la reale incidenza di silicosi e malattie SLC correlate nei lavoratori dell'edilizia non è ancora conosciuta, in quanto si basa esclusivamente su riconoscimenti assicurativi (INAIL), non essendo stato istituito un sistema di rilevazione attivo dei casi.

Tabella delle lavorazioni per le quali è obbligatoria l'assicurazione contro la silicosi e l'asbestosi e del periodo massimo d'indennizzabilità dalla cessazione del lavoro.

MALATTIE	LAVORAZIONI
Silicosi anche associata a tubercolosi	<p>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 alla inalazione di polvere di silice libera</p> <p>b) Lavori di frantumazione, macinazione, manipolazione di rocce, materiali ed abrasivi contenenti silice libera o che comunque espongano alla inalazione di polvere di silice libera</p> <p>c) Taglio, lavorazione, preparazione, levigatura, smerigliatura, molatura, lucidatura, adattamento in opera, delle rocce e di altri materiali contenenti silice libera o che comunque espongano alla inalazione di polvere di silice libera</p> <p>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 alla inalazione di polvere di silice libera</p> <p>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 espongano alla inalazione di polvere di silice libera</p> <p>e) Lavori nelle industrie siderurgiche, metallurgiche, meccaniche, nei quali si usino o si trattino materiali contenenti silice libera o che comunque espongano alla inalazione di polvere di silice libera</p> <p>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</p>
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

LA VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE A SILICE LIBERA CRISTALLINA IN AMBIENTE DI LAVORO

I procedimenti di lavorazione che generano SLC sono attività che espongono ad agenti cancerogeni, così come intesi all'articolo 234 del D.Lgs. 81/2008.

L'allegato XLII al D.Lgs. 81/2008, richiamato all'articolo 234 c. 1, lett. a) punto 2 indica, infatti, tra l'elenco di sostanze, miscele e processi che comportano la presenza di agenti cancerogeni anche i "Lavori comportanti esposizione a polvere di silice cristallina respirabile, generata da un procedimento di lavorazione".

In quest'ambito il datore di lavoro è tenuto per prima cosa ad attuare una serie di misure previste all'art. 235, finalizzate ad evitare o ridurre l'esposizione al cancerogeno. Raggiunto il livello di esposizione più basso possibile, il datore di lavoro ha l'obbligo di valutare tale esposizione e riportarne gli esiti nel documento di valutazione dei rischi (DVR).

Nella valutazione dell'esposizione, il datore di lavoro dovrà "tener conto, in particolare, delle caratteristiche delle lavorazioni, della loro durata e della loro frequenza, dei quantitativi di agenti cancerogeni o mutageni prodotti ovvero utilizzati, della loro concentrazione, della capacità degli stessi di penetrare nell'organismo

per le diverse vie di assorbimento, anche in relazione al loro stato di aggregazione e, qualora allo stato solido, se in massa compatta o in scaglie o in forma polverulenta e se o meno contenuti in una matrice solida che ne riduce o ne impedisce la fuoriuscita. La valutazione deve tener conto di tutti i possibili modi di esposizione, compreso quello in cui vi è assorbimento cutaneo” (art.236)

In relazione ai risultati di tale valutazione, il datore di lavoro adatta le misure preventive e protettive, previste dalla norma, alla particolarità delle situazioni lavorative. In occasione di modifiche del processo produttivo ed in ogni caso trascorsi tre anni dall’ultima valutazione, il datore di lavoro effettua nuovamente la valutazione dell’esposizione.

Nel concreto, per una valutazione iniziale dell’esposizione a SLC nell’ambito delle costruzioni edili e, in particolare, nel caso delle ristrutturazioni, appare pertanto utile, adottando il c.d. principio di precauzione, ritenere altamente probabile la presenza di SLC nei materiali e nei manufatti oggetto delle lavorazioni.

Da ciò discende che, a meno che non possa essere esclusa con certezza la presenza di SLC (es. costruzione di edifici con materiali esenti da SLC, quali legno), sarà necessario procedere ad una stima quantitativa dell’esposizione degli addetti. Tale stima è ottenibile prioritariamente attraverso misure, ossia campionamenti personali in ambiente di lavoro, della concentrazione aerodispersa di SLC.

APPROFONDIMENTO

Nel settore edile l’esposizione a polveri contenenti SLC appare tuttavia sottovalutata rispetto ad altri rischi tipici del comparto, sebbene, per la natura delle lavorazioni e le tipologie di materiali utilizzati, rappresenti ragionevolmente una delle più rilevanti fonti di esposizione occupazionale. [4]

In un recente studio italiano pubblicato nel 2020 [6] nel settore delle costruzioni (in particolare costruzione, ricostruzione e ristrutturazione di edifici- codice ATECO 41.20.00) sono state individuate le maggiori percentuali di superamento dei valori limite di SLC in una casistica di campionamenti personali effettuati nel periodo 2005-2014. In particolare, su un totale di 80 campionamenti personali disponibili, nel 18,8% dei casi veniva superato il BOELV stabilito dalla Direttiva Europea 2019/130 (0.1 mg/m³); nel 32,5% veniva superato l’OEL proposto dallo SCOEL (0.05 mg/m³) e nel 56,3% veniva superato il TLV proposto dall’ACGIH (0,025 mg/m³) [15].

Un articolo scientifico pubblicato su Int.J.Occ. and Env. Health nel 2014 da Scarselli A. et al. ha riscontrato 1387 casi di esposizione a SLC in diversi settori industriali italiani tra il 1996 e il 2012, evidenziando tra quelli più a rischio il settore delle costruzioni (su 505 misurazioni, il 93% risultava superiore al limite proposto dall’ACGIH con una media geometrica di 0,045 mg/m³) [16].

I LIMITI DI ESPOSIZIONE A SILICE LIBERA CRISTALLINA

Nel tempo autorevoli Agenzie e Organismi internazionali che si occupano di sicurezza sul lavoro hanno proposto dei limiti indicativi d’esposizione a SLC che negli anni sono stati man mano aggiornati e ridotti.

Nel 2020 l’Italia ha recepito, con il DLGS 44 dd. 1/6/2020, la direttiva europea UE 2017/2398 introducendo il valore limite di esposizione a SLC, frazione respirabile, definito in 0,1 mg/m³ (allegato XLIII al D.Lgs.

81/2008). Tale limite è espresso come concentrazione di SLC nell'aria, in condizioni standard ed è riferito ad un periodo di otto ore.

Al fine di poter dimostrare in modo affidabile il rispetto dei limiti di esposizione si fa riferimento alla norma UNI EN 689:2019 che definisce le modalità di gestione delle misurazioni degli agenti chimici aerodispersi e i criteri di validazione delle stesse.

Tale valutazione diventa fondamentale ai fini di ottemperare a una corretta valutazione del rischio e all'adozione di tutte le misure preventive e di tutela della salute dei lavoratori. La misurazione dei livelli di esposizione rappresenta infatti il migliore indicatore di efficacia delle misure di prevenzione adottate.

Tuttavia, dal momento che nel comparto delle costruzioni edili potrebbero presentarsi oggettive difficoltà nella programmazione, pianificazione ed esecuzione delle campagne di rilievi utili a fornire dati attendibili e affidabili, è possibile utilizzare "cautelativamente", in prima battuta, una quantificazione del rischio basata su misurazioni preesistenti, effettuate in luoghi di lavoro con cicli tecnologici e processi di lavorazione simili a quello in esame, dall'azienda stessa o anche reperibili in banche dati [17].

FOCUS TECNICO:

1) RICOGNIZIONE DEI METODI DI CAMPIONAMENTO DI SILICE LIBERA CRISTALLINA IN AMBIENTE DI LAVORO

Relativamente alle metodiche di campionamento e analisi dei campioni finalizzati al monitoraggio in ambiente di lavoro della silice libera cristallina, è previsto l'utilizzo di cicloni che garantiscono il rispetto della convenzione respirabile di cui alla UNI EN 481:1994 (diametro di taglio al 50% pari a 4 µm).

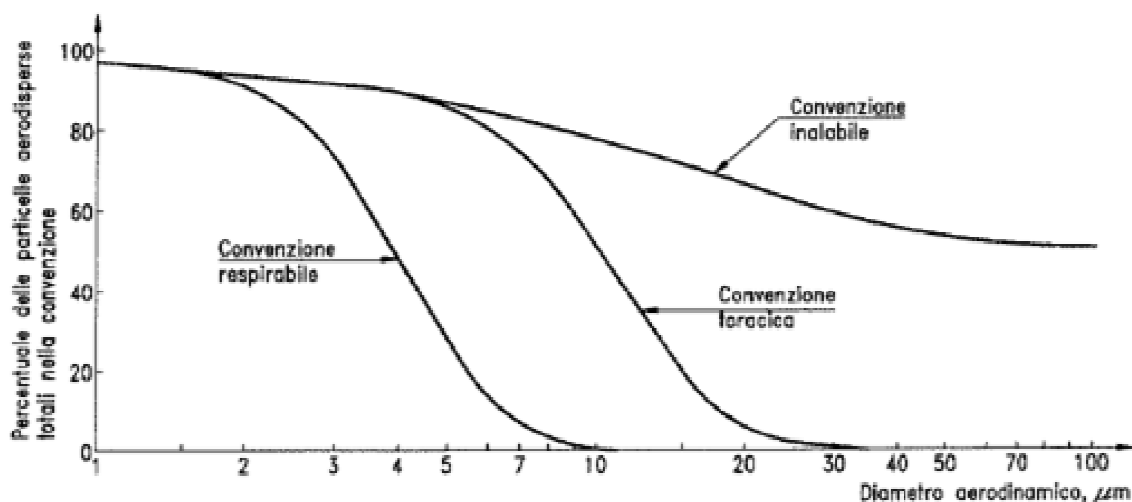


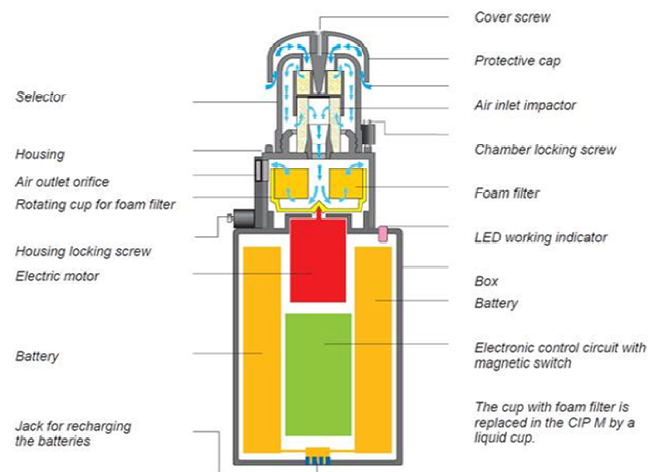
Fig. 1 - Le convenzioni inalabile, toracica, respirabile come percentuali delle particelle aerodisperse totali

Sistemi di campionamento più utilizzati (cicloni):

- DORR OLIVER

- LIPPMAN
- GS-3
- GS-1
- HIGGINS-DEWELL
- SELETTORE SKC.

All'utilizzo di cicloni, che prevedono il deposito su filtro delle polveri aspirate, recentemente si è aggiunto il campionatore personale CIP10-R nel quale la polvere non viene raccolta su filtro ma intrappolata all'interno di una schiuma poliuretana (flusso di campionamento 10 l/min).

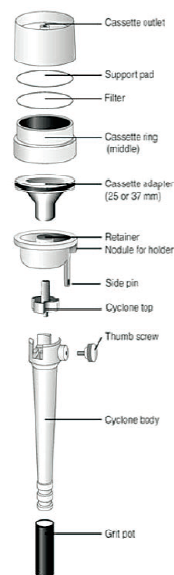


La determinazione della SLC sulla frazione di polvere respirabile campionata viene eseguita con il metodo diffrattometrico a raggi X (DRX).

I cicloni maggiormente utilizzati sono il DORR OLIVER e il GS-3 che prevedono l'applicazione, sul supporto fisso, di cassette portafiltri precaricate con filtri (25 o 37 mm, porosità 5 µm in PVC o argento, quest'ultimo non prevede condizionamento) e impostazione del flusso di campionamento rispettivamente di 1,7 e 2,75 l/min ± 0,1 l/min al fine di garantire il rispetto della convenzione.



Dorr Oliver



GS-3

Per la pesata è necessaria una bilancia analitica con sensibilità 0,01 mg, preferibilmente 0,001 mg.

Riferimenti [5] [15];

UNI EN 689:2019;

UNI EN 482:2021;

UNI EN 481:1994;

Metodo UNICHIM 2010:2011 (sostituisce M.U. 285/2003);

Metodo NIOSH 7500;

Metodo MDHS 101/2.

2) MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE SILICE LIBERA CRISTALLINA

L'esposizione a polveri contenenti SLC nel settore edilizio risulta essere un rischio ad oggi rilevante, ma tuttavia meno indagata e sottovalutata rispetto ad altri rischi occupazionali. Sono molteplici i fattori che determinano l'esposizione lavorativa:

- tipo e durata di esposizione
- materiali utilizzati
- ubicazione
- sistemi di abbattimento della polvere e relativi sistemi di controllo

L'art. 15 del Dlgs 81/08 indica le misure generali di tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori nei

luoghi di lavoro e ne definisce le priorità. Si riporta una sintesi, in linea con tali principi, delle misure di prevenzione e protezione da realizzare nell'ambito delle lavorazioni a rischio:

1) Riduzione del rischio alla fonte

- Privilegiare la scelta di attrezzature adeguate alla tipologia di lavorazione da svolgere: ad esempio, per l'esecuzione di tracce, si potrebbero utilizzare *scanalatori/roditori* (figura 1 e 2) in sostituzione ai tradizionali martelli demolitori;
- Prevedere attrezzi muniti di erogatore di acqua nebulizzata;
- Garantire la costante bagnatura delle superfici e dei manufatti nelle fasi di taglio e demolizione;
- Asportare immediatamente le macerie;

Figura 1 - Scanalatore



Figura 2 - Smerigliatrice ad acqua



2) Installazioni Impiantistiche per il controllo

Una seconda misura per gestire il rischio consiste nel prevedere l'adozione di sistemi di controllo a livello impiantistico. Questo comporta:

- Prevedere un'attrezzatura per taglio e perforazione con aspirazione integrata. L'applicazione dell'aspirazione alle attrezzature di lavoro risulta essere una misura necessaria per permettere di ridurre la quantità di polvere generata durante le attività di taglio (Figura 3 – *sega circolare con depolverizzatore*). È inoltre possibile dotare le attrezzature, ad esempio smerigliatrici o seghe circolari, di protezioni da installare per impedire la fuoriuscita di particelle di polvere (Fig. 4 – *protezione antipolvere per seghe circolari e per smerigliatrici*).

- **In ambienti confinati, è opportuno prevedere una ventilazione generale che garantisca l'aspirazione della polvere che deve essere opportunamente filtrata prima della reimmissione all'esterno in ambienti urbanizzati;**

- In ambienti esterni, non urbanizzati, è possibile in alternativa provvedere al soffiaggio di aria a una portata che garantisca una velocità dell'aria per l'allontanamento delle polveri dalla zona respiratoria del lavoratore.

Figura 3 - Sega circolare con depolverizzatore



Figura 4 - Protezioni antipolvere per seghe circolari e smerigliatrici



3) Organizzazione e procedure di lavoro

La predisposizione e l'adozione di procedure di lavoro inerenti all'utilizzo di attrezzature e sistemi di contenimento delle polveri per la riduzione dell'esposizione, nonché la manutenzione ordinaria delle attrezzature, garantiscono l'abbattimento della dispersione di polveri. Tali misure devono essere inserite nei POS e/o nei PSC. Pertanto, il POS dovrà contenere procedure operative per:

- L'utilizzo di attrezzature e di sistemi che garantiscano il contenimento delle polveri al fine di ridurre l'esposizione, distinti per le varie fasi di lavoro;
- La manutenzione ordinaria delle attrezzature, stabilendo la periodicità;
- Gestione della viabilità dei mezzi nelle aree di cantiere;
- Garantire la pulizia dei luoghi di lavoro.

4) Dispositivi di Protezione Individuale

Considerando le misure sopra elencate e nonostante sia prioritario attuare misure che comportino una protezione di tipo collettivo, è necessario prendere in considerazione l'utilizzo di idonei DPI per le vie respiratorie. Tale misura prevede adeguata formazione e addestramento non solo per il corretto utilizzo, ma talvolta anche nella scelta del DPI in quanto, in funzione della lavorazione, possono essere necessarie tipologie di DPI differenti.

APPROFONDIMENTO

- Dispositivi di Protezione Individuali per le vie respiratorie -

L'utilizzo del DPI deve avvenire a valle dell'attuazione delle misure di prevenzione collettive già richiamate nel testo. Nel caso, infatti, dei respiratori a filtro (che attingono aria dall'ambiente circostante), la concentrazione di SLC, e in generale di polveri contenenti SLC, nell'aria filtrata dal dispositivo è direttamente dipendente dalla concentrazione dell'inquinante in aria ambiente, anche adoperando un filtro con elevato Fattore di Protezione Operativo; altrettanto importante è il tempo di impiego del dispositivo, il cui materiale filtrante tenderà via via a saturarsi. Il ricorso a respiratori isolanti (indipendenti dall'aria ambiente) per l'utilizzo continuativo, non può essere considerato una valida alternativa in quanto si tratta di DPI che sovraccaricano in modo eccessivo l'utilizzatore e devono essere destinati esclusivamente ad operazioni particolari ad elevato rischio e per limitati periodi di tempo.

Il Respiratore, oltre a fornire un adeguato livello di protezione all'operatore, deve essere ergonomico, non deve limitare il campo visivo, deve essere compatibile con l'eventuale presenza di occhiali e aderire perfettamente al volto (motivo per cui non è adatto il suo utilizzo in presenza di barba, baffi e basette lunghe). Laddove sia necessario indossare simultaneamente diversi tipi di DPI (ad esempio protezioni per il capo, per il rumore e per le polveri), questi devono essere tra loro compatibili.

Riferimenti normativi:

- TITOLO III - USO DELLE ATTREZZATURE DI LAVORO E DEI DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE D.Lgs. 09 aprile 2008 n. 81 CAPO II - USO DEI DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE – articoli dal 74 al 79, allegato VIII.
- Essendo la SLC inclusa nell'allegato XLII del DLgs 81/08, quindi ricompresa a pieno titolo tra i cancerogeni, si richiama inoltre il TITOLO IX - SOSTANZE PERICOLOSE, CAPO II - PROTEZIONE DA AGENTI CANCEROGENI E MUTAGENI, Articolo 238 (Misure tecniche), comma 1.

Schema indicativo di ausilio per la scelta dei DPI in funzione di alcune lavorazioni (*):

Attività	Facciale Filtrante	Semimaschera	Maschera intera	Elettrorespiratore	Con adduzione di aria esterna
Rettifica superficie		→			
Taglio/Pulizi a giunti murari			→		
Demolizione meccanica	→				
Sabbiatura ad umido	→				
Sabbiatura a secco			→		
Pulizia		→			
Miscelazione	→				

(*) Schema modificato da: <http://depts.washington.edu/frcg/> Field Research & Consultation Group University of Washington

Di seguito si riportano integralmente alcuni risultati relativi alla valutazione di efficacia delle misure di prevenzione e protezione in alcune tipologie di lavorazioni comportanti un'esposizione a SLC di operai edili nell'ambito del "Progetto Salute in Edilizia" (NIS), condotto nel 2007 in Regione Emilia Romagna in collaborazione fra il Dipartimento di Sanità Pubblica e l'Ente Scuola Edile CPT di Piacenza [18].

Allo studio hanno partecipato il Servizio Prevenzione e Sicurezza Ambienti di Lavoro Area Nord dell'Azienda USL di Modena e il Laboratorio Amianto Polveri e Fibre dell'Arpa Sezione di Reggio Emilia.

Allo scopo sono state indagate, in particolare, le attrezzature per l'esecuzione di tracce per impiantistica, già in possesso delle aziende, dotate di un sistema di aspirazione delle polveri in prossimità della sorgente di formazione delle polveri (una scanalatrice e due diversi modelli di mola flessibile).

Per il campionamento è stato utilizzato lo strumento a lettura diretta della concentrazione di polveri aerodisperse HAZ DUST IV che consente una valutazione dell'esposizione personale.

Per valutare l'efficacia delle prestazioni delle attrezzature dotate di aspirazione, si è proceduto ad effettuare misurazioni che garantivano, il più possibile, il controllo delle variabili relative alle lavorazioni.

Le misurazioni sono state eseguite in successione, senza intervalli, garantendo la stessa tipologia di lavorazione (manufatto e operatore) e la stessa situazione ambientale (clima, areazione naturale, altre lavorazioni coinvolte); ciò ha consentito di valutare i risultati dell'esposizione con la sola variabile della presenza/assenza del sistema di aspirazione sull'attrezzatura.

- **UTILIZZO DI SCANALATRICE HILTI DC SE 20 CON ASPIRATORE HILTI VCD 50 - VOLUME ASPIRATO DICHIARATO = 180 m³/h:**

nelle rilevazioni che hanno riguardato la scanalatrice è stata determinata sia la frazione inspirabile, che quella respirabile.

Le prove effettuate alternativamente, con dispositivo allacciato e senza, sono state ripetute, in sequenza, per tre volte.

Al termine i dati rilevati, costituiti da coppie di valori di concentrazione di polvere areodispersa (determinati sull'attrezzo in fase di lavoro con aspirazione e senza) sono stati utilizzati per valutare l'efficacia del dispositivo.

Con la stessa modalità si è proceduto successivamente, determinando la frazione respirabile.

I dati delle rilevazioni effettuate sono riportati nelle seguenti tabelle:

RISTRUTTURAZIONE INTERNA

ATTIVITÀ: Esecuzione tracce per impiantistica			
ATTREZZATURE: Scanalatrice HILTI DC SE 20			
MATERIALI: Mattoni pieni, Gasbeton [®] , Mattone forato			
FRAZIONE INSPIRABILE (mg/m³)			
TEMPO minuti	Aspirazione allacciata	TEMPO minuti	Senza aspirazione
10:40	4,2	10:40	46,4
10:00	7,0	9:30	40,4
12:10	4,0	9:40	42,9
Media 5,1		Media 43,3	

RISTRUTTURAZIONE INTERNA

ATTIVITÀ: Esecuzione tracce per impiantistica			
ATTREZZATURE: Scanalatrice HILTI DC SE 20			
MATERIALI: Mattoni pieni, Gasbeton [®] , Mattone forato			
FRAZIONE RESPIRABILE (mg/m³)			
TEMPO minuti	Aspirazione allacciata	TEMPO minuti	Senza aspirazione
10:40	1,5	11:00	27,0
10:50	0,8	16:20	12,6
11:40	0,2	9:30	10,9
Media 0,8		Media 16,8	

L’analisi dei valori di esposizione riportati illustrano il contributo, in termini di contenimento dell’aerodispersione delle polveri, realizzato dall’attrezzatura con l’aspirazione allacciata e in funzione per entrambe le frazioni granulometriche considerate.

- **UTILIZZO DI MOLA HILTI DC 230 S - CON ASPIRATORE HILTI VCU 40 VOLUME ASPIRATO DICHIARATO = 210 m³/h:**

si è proceduto con le stesse modalità presso un cantiere per la realizzazione di struttura d’edilizia residenziale effettuando la determinazione sulla sola frazione respirabile e prendendo in considerazione lavori di taglio delle strutture murarie, effettuate con mola “flessibile” su forati per la realizzazione delle tracce per l’alloggiamento degli impianti.

Le risultanze delle esposizioni sono contenute nella seguente tabella:

EDILIZIA RESIDENZIALE

ATTIVITÀ: Esecuzione tracce per impiantistica			
ATTREZZATURE: Mola Flessibile HILTI DC 230 S			
MATERIALI: Mattone forato			
FRAZIONE RESPIRABILE (mg/m³)			
TEMPO minuti	Aspirazione allacciata	TEMPO minuti	Senza aspirazione
17:40	21,6	19:32	45,4
17:50	Lettura rigettata	24:10	24,8
18:50	11,4	21:50	63,2
13:30	13,0	11:20	80,6
Media 15,3		Media 53,5	

Anche per l’attrezzatura mola “flessibile” risulta evidente il controllo esercitato dal dispositivo di aspirazione, fornito dal costruttore, allacciato e in funzione. Si deve comunque osservare che questo dispositivo di aspirazione necessita, rispetto a quello precedentemente analizzato sulla scanalatrice, di una maggiore capacità di controllo dell’operatore sul suo corretto posizionamento. In caso di mancata effettuazione di tale pratica nell’utilizzo i margini di efficacia risultano più facilmente compromessi rispetto al precedente.

• **UTILIZZO DI MOLA SPIT SM 230 CON ASPIRATORE HILTI VCU 40 VOLUME ASPIRATO DICHIARATO = 210 m³/h:**

valutazioni d’uguale natura sono state effettuate in un altro cantiere edile di ristrutturazione su una mola “flessibile”. In queste determinazioni è stato modificato lo schema di lavoro a cause delle differenti modalità operative della lavorazione.

Sono state svolte determinazioni in mattinata senza dispositivo aspirante (4 campioni) e al pomeriggio determinazioni con dispositivo di aspirazione (due campioni). Le caratteristiche della struttura sia per natura dei materiali che per conformazione degli ambienti e le condizioni metereologiche sono state giudicate sovrapponibili. Le attività di taglio hanno interessato strutture costituite da materiali di diversa natura (mattoni pieni, forati, cemento e pietra).

I risultati sono illustrati nelle seguenti tabelle:

RISTRUTTURAZIONE INTERNA

Pompa con ciclone GS3			
ATTIVITÀ: Esecuzione tracce per impiantistica			
ATTREZZATURE: Mola Spit SM 230			
MATERIALI: Mattone pieno, pietra, cemento, mattone forato			
Frazione Respirabile (mg/m³)			
TEMPO minuti	Aspirazione allacciata	TEMPO minuti	Senza aspirazione
33	8,0	38	24,9
		34	14,6
33	4,9	22	73,3
		24	18,2
Media 6.5		Media 32,8	

RISTRUTTURAZIONE INTERNA

Pompa con ciclone GS3			
ATTIVITÀ: Esecuzione tracce per impiantistica			
ATTREZZATURE: Mola Spit SM 230			
MATERIALI: Mattone pieno, pietra, cemento, mattone forato			
Silice Libera Cristallina (µg/m³)			
TEMPO minuti	Aspirazione allacciata	TEMPO minuti	Senza aspirazione
33	672	38	1584
		34	1058
33	346	22	4965
		24	1120
Media 509		Media 2182	

È disponibile in rete, nei siti commerciali, una serie di soluzioni tecniche delle quali si propone una breve e non esaustiva rassegna.

Figura 5 - Sistema di bagnatura in opere di demolizione



Figura 6 - Seghe circolari ad acqua



Figura 7 - Sega a disco con sistema di bagnatura



Figura 8 - Sega a disco con sistema di cattura



SORVEGLIANZA SANITARIA

A far data dal 24/6/2020, con l'inclusione della SLC nel titolo IX-capo II (protezione da agenti cancerogeni e mutageni) del D.lgs 81/08, per i lavoratori esposti a tale rischio è richiesta l'applicazione di tutti i dettami previsti per gli agenti cancerogeni, tra i quali la sorveglianza sanitaria (art.242 c.1 D.lgs 81/08), gli obblighi informativi, la possibilità di proseguire la sorveglianza sanitaria dopo la cessazione dell'esposizione (art.242 c.6 D.lgs 81/08), l'inclusione nel registro istituito ai sensi dell'art. 243.

Non risultano abrogati, alla data di pubblicazione di questo documento, gli accertamenti previsti al capo VIII del D.P.R. 1124/1965, avente oggetto le "disposizioni speciali per la silicosi e l'asbestosi", comprendenti la visita medica precedente all'adibizione nei lavori specificati all'allegato 8 del medesimo D.P.R. con periodicità annuale, in linea con i dettami dell'art. 41 c.2 lett b) D.lgs 81/08.

Per quanto attiene al protocollo di sorveglianza sanitaria, preso atto dell'esistenza di indicazioni predisposte a livello nazionale [19] e di una proposta elaborata a livello regionale da un gruppo di lavoro coordinato dal Centro Regionale Unico Amianto del Friuli Venezia Giulia (documento in attesa di pubblicazione), questo gruppo di lavoro ritiene di non dover fornire ulteriori indicazioni sull'argomento.

MALATTIE PROFESSIONALI SILICE CORRELATE

In caso di riscontro di patologia che può assumere il carattere di natura professionale, il medico competente ha l'obbligo di segnalare il caso, come ben noto, redigendo il primo certificato di malattia professionale/denuncia/referto giudiziario.

In relazione all'esposizione a silice si riportano nelle sottostanti tabelle le malattie per le quali è obbligatoria la denuncia ai sensi e per gli effetti dell'articolo 139 del testo unico approvato con decreto del Presidente della Repubblica 30 giugno 1965, n. 1124, e successive modifiche e integrazioni (DECRETO del MINISTERO DEL LAVORO E DELLE POLITICHE SOCIALI – 10/6/2014 -G.U. serie generale n.212 del 12/09/2014)

LISTA I - MALATTIE LA CUI ORIGINE LAVORATIVA È DI ELEVATA PROBABILITÀ

AGENTI E LAVORAZIONI		MALATTIE	CODICE IDENTIFICATIVO	
01	SILICE LIBERA CRISTALLINA	SILICOSI POLMONARE	I.4.01.	J62.8
02	POLVERI MISTE A BASSO CONTENUTO IN SILICE LIBERA CRISTALLINA	<i>PNEUMOCONIOSI FIBROGENE:</i>		
		PNEUMOCONIOSI DEI MINATORI DI CARBONE	I.4.02.	J60
		SIDEROSILICOSI, LIPAROSI, ALTRE	I.4.02.	J62.8
42	SILICE LIBERA CRISTALLINA in forma di quarzo e cristobalite [^]	TUMORE DEL POLMONE [^]	I.6.42.	C34

LISTA II - MALATTIE LA CUI ORIGINE LAVORATIVA È DI LIMITATA PROBABILITÀ

AGENTI E LAVORAZIONI		MALATTIE	CODICE IDENTIFICATIVO	
05	SILICE LIBERA CRISTALLINA	SCLERODERMIA	II.1.05.	M34.9
		ARTRITE REUMATOIDE	II.1.05.	M06
		LUPUS ERITEMATOSO SISTEMICO	II.1.05	M32.9

LISTA III - MALATTIE LA CUI ORIGINE LAVORATIVA È POSSIBILE

AGENTI E LAVORAZIONI		MALATTIE	CODICE IDENTIFICATIVO	
01	SILICE LIBERA CRISTALLINA	POLIANGITE MICROSCOPICA	III.1.01.	M30.8
		GRANULOMATOSI DI WEGENER	III.1.01.	M31.3

CONCLUSIONI

L'esposizione a polveri respirabili contenenti SLC rappresenta oggi un'importante questione di sanità pubblica, anche a livello locale, in ragione della recente inclusione di questo agente nel novero dei cancerogeni certi e della conseguente evoluzione normativa. Ciononostante, il rischio derivante dall'inalazione di SLC appare tuttora poco noto e sottostimato in molti settori produttivi nei quali è presente, e tra questi, in particolar modo, il settore edile.

Il presente documento si propone l'obiettivo di promuovere la conoscenza sul rischio cancerogeno correlato con l'esposizione a SLC e trova collocazione nell'ambito del Piano Regionale della Prevenzione 2021-2025 della Regione Friuli Venezia Giulia, a sua volta emanazione di quello nazionale. Questo documento costituisce parte integrante di un Piano Mirato della Prevenzione che comporterà ulteriori successivi passaggi a carattere formativo e di verifica dell'efficacia delle misure intraprese.

Questo elaborato deve intendersi pertanto come uno strumento di lavoro, suscettibile di ulteriori aggiustamenti, modifiche e miglioramenti che di volta in volta potranno derivare dall'evoluzione della letteratura scientifica, nonché dal dibattito e dai contributi forniti dalle diverse figure coinvolte nella gestione della salute e sicurezza dei lavoratori.

BIBLIOGRAFIA

- [1] F. Cavariani, A. Angelini, C. Minoia. L'esposizione a silicosi nel mondo e in Italia. *Igiene & Sicurezza del Lavoro* 3/2020: 143-148
- [2] Network Italiano Silice, convegno "Per la silice cristallina c'è prevenzione effettiva?", Tirrenia 18/05/2007
- [3] D. Consonni et al., Lung Cancer risk among bricklayers in a pooled analysis of case-control studies. *Int.J. of Cancer*, 136: 360-371
- [4] Fulvio Cavariani. Prevenzione dell'esposizione a polveri con silice in edilizia. *Igiene & Sicurezza del Lavoro* 4/2022: 203-208
- [5] G. Miscetti, P. Bodo, P. Garofani, E.P. Abbritti, G. Luciani, M. Mazzanti, L. Bessi, G. Marsili. Indagine conoscitiva sull'esposizione personale dei lavoratori a silice libera cristallina in edilizia. *La Medicina del Lavoro* 2011; 102, 4: 370-381
- [6] Luigi Di Lorenzo. Patologie respiratorie-Silicosi. Trattato di Medicina del Lavoro di L.Alessio- G.Franco- F.Tomei vol.II, ed. PICCIN 2015 cap.133: 1457-1484
- [7] A. Campopiano, S. Casciardi, M. Del Gaudio, F. Fioravanti, D. Lega, D. Ramires. Esposizione a polveri respirabili nelle cave di materiali calcarei: misura della concentrazione di silice cristallina. *Prevenzione Oggi*. Gennaio- marzo 2007- Vol. 3, n. 1: 19-31.
- [8] NEPSI- Guida alle buone pratiche per la tutela della salute dei lavoratori attraverso la corretta gestione e uso della silice cristallina e dei prodotti che la contengono- aggiornamento ottobre 2020- [GUIDE.NEPSI.EU](https://www.nepsi.eu)
- [9] International Agency for Research on Cancer (IARC), Monografia 100C, ed.2012
- [10] Liu Y, et al. Exposure –response analysis and risk assesmente for lung cancer in relationship to silica exposure: a 44 –year cohort study of 34,018 workers. *Am.J.Epidemiol* 2013;178:1424-33.
- [11] Poinen-Rughooputh S, Rughooputh MS, Guo Y, et al. Occupational exposure to silica dust and risk of lung cancer: an updated meta-analysis of epidemiological studies. *BMC Public Health* 2016;16:1137
- [12] Fatemeh Shahbazi et al. The effect of silica exposure on the risk of lung cancer-a dose response meta-analysis". *Cancer Epidemiology* vol. 75 (2021) <https://doi.org/10.1016/j.canep.2021.102024>
- [13] Mofidi et al. *BMC Public Health* (2020) 20:210 "A probabilistic approach for economic evaluation of occupational health and safety interventions: a case study of silica exposure reduction interventions in the construction sector". <https://doi.org/10.1186/s12889-020-8307-7>
- [14] INAIL-Le tariffe dei premi – Le principali novità- 2019- pag.14
- [15] G. Scancarello, B.Banchi, G.Bruno. S. Dugheri, N. Mucci, G. Arcangeli, F. Capacci, a. Marinaccio, M.C. Aprea. Creazione di una banca dati delle concentrazioni occupazionali e ambientali di silice libera cristallina ai fini della valutazione delle esposizioni pregresse e attuali. *La Medicina del Lavoro* 2020; 111,2: 133-150
- [16] A. Scarselli et al., Valutazione dell'esposizione sul posto di lavoro alla silice cristallina respirabile in Italia. *Int. J. Occ.Env.&H.*, 2014 – 20 (4): 301-307
- [17] Volume "Banca dati esposizione silice - Rapporto 2000 – 2019", Ed. INAIL – anno 2019, consultabile sul web (<https://www.inail.it/cs/internet/comunicazione/pubblicazioni/catalogo-generale/pubbl-banca-dati-esposizione-silice.html>)
- [18] NIS Progetto Salute Edilizia: Dipartimenti di Sanità Pubblica- AUSL di Piacenza e di Modena - Arpa sez. Reggio Emilia, Laboratorio Amianto Polveri e Fibre- Ente Scuola Edile di Piacenza- CPT: "Settore delle Costruzioni Edili"- Approfondimento sulle misure di prevenzione e protezione per la riduzione della esposizione a polveri contenenti silice libera cristallina- maggio 2007
- [19] INAIL. Network italiano Silice. La valutazione dell'esposizione professionale a silice libera cristallina. Edizione 2015