

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE
EMILIA-ROMAGNA
Azienda Unità Sanitaria Locale di Piacenza

Dipartimento di Sanità Pubblica
U.O. Prevenzione e Sicurezza Ambienti di Lavoro

**INDAGINE CONOSCITIVA
DELL'ESPOSIZIONE PERSONALE
DEI LAVORATORI
A FIBRE ARTIFICIALI VETROSE**

1. INTRODUZIONE

Le fibre artificiali vetrose sono fibre costituite da materiali inorganici con struttura molecolare amorfa. Vengono così classificate la lana di vetro e di roccia, la lana di scoria e le fibre ceramiche. Questa tipologia di materiale è utilizzata in svariati settori (edilizia, industria fonderia, ceramica, tessile, trasporti) per le sue proprietà di isolamento termoacustico.

La pericolosità delle fibre minerali dipende dalle caratteristiche morfologico-dimensionali del materiale: infatti, durante le lavorazioni, queste possono frantumarsi trasversalmente in corrispondenza di microfratture che sono presenti sulla fibra in conseguenza del processo attraverso il quale viene prodotta, accorciandosi sempre di più ma lasciando immutato il diametro. E' appunto il rapporto tra la lunghezza e il diametro della fibra che ne condiziona la capacità di raggiungere i diversi tratti dell'apparato respiratorio e di depositarsi in essi.

Le caratteristiche chimiche condizionano invece la tossicità delle fibre e particolare importanza hanno la biosolubilità e la biopersistenza.

Le fibre con elevata biopersistenza producono sperimentalmente infiammazione cronica persistente, fibrosi polmonare, proliferazione di cellule nel polmone e ispessimenti pleurici; sono stati inoltre dimostrati effetti genotossici su culture cellulari con produzione di danni al DNA, aberrazioni cromosomiche, trasformazioni cellulari. Le fibre più lunghe e sottili sono molto più patogene delle fibre corte.

Oltre che attraverso l'apparato respiratorio il contatto con le fibre può avvenire attraverso la cute e le mucose. Le fibre sulla cute agiscono come irritanti su base meccanica (non su base chimica) e possono provocare prurito, arrossamenti, piccole petecchie o emorragie sottocongiuntivali.

1. INDAGINE

Al fine di valutare l'esposizione professionale dei lavoratori a fibre artificiali vetrose, è stata effettuata una indagine conoscitiva.

L'indagine ha riguardato i lavoratori impegnati nelle attività di coibentazione su tubazioni e apparecchiature.

L'attività prevede essenzialmente le seguenti operazioni:

- taglio e dimensionamento dei materiali isolanti;
- applicazione dell'isolante direttamente sulla superficie da rivestire e legatura con fili metallici;
- applicazione delle finiture metalliche mediante fissaggio con viti autofilettanti e rivetti;
- insaccaggio dei materiali di risulta e pulizia finale dell'area di lavoro.



Taglio materiale



Applicazione isolante



I diversi strati di coibente



Posa lamierino

Obiettivo dell'indagine è determinare i livelli di esposizione professionale dei lavoratori alle fibre artificiali vetrose aerodisperse nonché l'esposizione per via cutanea derivante dall'utilizzo di lana minerale classificata R38 Irritante, valutare il rischio ed individuare le misure di prevenzione e protezione necessarie.

3. METODI e STRUMENTI

L'indagine è stata svolta secondo le indicazioni contenute nel metodo WHO 1997 "Determination of airborne fibre number concentration".

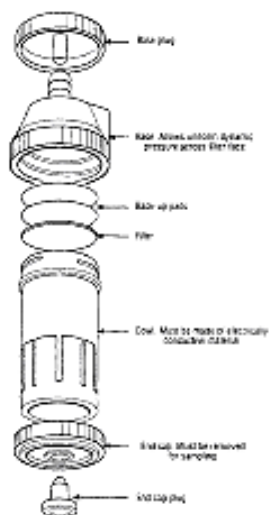


Fig. 1 Exploded view of a personal sampling head

Sono state utilizzate pompe per campionamento personale con flusso operativo di prelievo di 2 litri al minuto.

La calibrazione della pompa è stata effettuata con flussimetro a bolla, prima e dopo il campionamento.

I filtri utilizzati sono in esteri misti di cellulosa con griglia, diametro 25 mm e porosità $0,8 - 1,2 \mu\text{m}$, alloggiati in porta filtro a faccia aperta provvisto di estensione cilindrica in materiale plastico conduttivo (vedi figura).

Le teste di campionamento sono state predisposte in laboratorio, così come la rimozione e l'estrazione del filtro a campionamento ultimato.

Per ogni prelievo è stata compilata una scheda al fine di registrare tutte le informazioni relative alla situazione in cui il prelievo è stato effettuato e sulle condizioni in cui lo stesso è stato eseguito.

I 12 campionamenti sono stati effettuati in tre giornate, due delle quali consecutive, su quattro operatori.

In particolare sono state seguite le attività di coibentazione di tubazioni di diverso diametro (da 6 a 40 pollici) poste all'interno della centrale in fase di ristrutturazione.

Il materiale utilizzato era costituito da materassini di fibra isolante "Superwool 607 Blanket" dello spessore di 50 mm e da materassini di lana di roccia "Tervol - Lana minerale" con spessore variabile tra 40 e 120 mm.

La coibentazione prevedeva il posizionamento di un solo strato di fibra isolante oppure la sovrapposizione di più strati, uno di fibra isolante e uno o due di lana di roccia, a seconda delle caratteristiche della condotta da rivestire.

Le attività di posa in opera di materiale coibente e di posa in opera del lamierino di copertura sono state svolte indistintamente dai quattro lavoratori coinvolti. Non è quindi stato possibile assegnare una specifica mansione agli operatori che sono stati identificati come gruppo omogeneo.

La durata dei singoli prelievi è compresa tra un massimo di 364 ed un minimo di 180 minuti in dipendenza delle condizioni di polverosità riscontrate durante i campionamenti.

Il conteggio delle fibre è stata effettuato da ARPA Emilia-Romagna Laboratorio “Amianto, Polveri e Fibre” Sezione di Reggio Emilia.

Sono state conteggiate le fibre respirabili, definite dal metodo WHO 1997: particelle di forma allungata avente un rapporto tra lunghezza e diametro superiore a 3.

E' stato assunto quale valore limite di riferimento, il TLV-TWA (2004) dell'ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienist) pari a 1 f/cc per le fibre vetrose sintetiche, lana di vetro, lana di roccia, lana di scoria, fibre di vetro a filamento continuo e per scopi speciali.

Questi valori (TLV-TWA) rappresentano “le concentrazioni medie ponderate nel tempo per una giornata lavorativa di 8 ore e per 40 ore settimanali, alle quali si ritiene che la maggior parte dei lavoratori possa essere esposta, giorno dopo giorno, senza effetti negativi ...”; questi limiti per loro stessa definizione non costituiscono una linea di demarcazione netta tra concentrazioni sicure e concentrazioni pericolose.



Per poter confrontare i risultati ottenuti con il valore limite adottato è stata calcolata l'esposizione media sull'intera giornata lavorativa (Cesp.g) per ogni lavoratore mediante la seguente formula:

$$\text{Cesp.g} = \text{Cesp.misurata} * \text{Te/To}$$

dove:

Te = tempo di esposizione all'inquinante (si è assegnato il tempo di esposizione dichiarato, pari a 8 ore. Nel caso in cui l'esposizione sia diversa dalle 8 ore la formula dovrà essere corretta con il nuovo valore assegnato)

To = tempo di riferimento di 8 ore

Cesp. mis. = concentrazione media ponderata nel tempo di campionamento

Per la valutazione dell'esposizione ad inquinanti aerodispersi vengono applicati i criteri contenuti nella norma UNI EN 689/1997 “Guida alla valutazione dell'esposizione per inalazione a composti chimici ai fini del confronto con i valori limite e strategia di misurazione”, nel criterio statistico (Appendice D).

Per i calcoli si è utilizzata la logica di calcolo ALTREX (“Analyse Log-normale et Traitement des mesures d'Exposition”) messo a disposizione da INRS, che consente l'applicazione del criterio statistico della norma UNI EN 689/1997.

Per la valutazione dell'esposizione cutanea è stato utilizzato “MoVaRisCh”, il modello delle Regioni Emilia Romagna, Toscana e Lombardia per la valutazione del rischio da agenti chimici pericolosi per la salute ad uso delle piccole e medie imprese.

4. RISULTATI

Esposizione a fibre minerali aerodisperse:

GIORNATA	OPERATORE	TEMPO di prelievo (minuti)	C _{esp,g} in f/cc
12 ottobre 2005	A	355	0.03
	B	339	0.04
	C	345	0.22
	D	342	0.05
13 ottobre 2005	A	243	0.03
	D	364	0.01
	C	235	0.18
	B	351	0.13
21 ottobre 2005	D	180	0.11
	E	185	0.11
	C	185	0.30
	B	183	0.08

TLV-TWA	Media aritmetica	Media geometrica	Deviazione geometrica standard
1 f/cc	0,11 f/cc	0,07 f/cc	2.69

Media aritmetica riferita alle singole giornate di campionamento **in f/cc**:

	12.10.05	13.10.05	21.10.05
	0.03	0.03	0.11
	0.04	0.01	0.11
	0.22	0.18	0.30
	0.05	0.13	0.08
Media aritmetica	0.09	0.09	0.15

Valori di esposizione dei singoli lavoratori campionati nel corso delle tre giornate **in f/cc**:

	A	B	C	D	E
12.10.05	0.03	0.04	0.22	0.05	---
13.10.05	0.03	0.13	0.18	0.01	---
21.10.05	---	0.08	0.30	0.11	0.11

	Valore al di sopra del Valore Limite
	Valore compreso tra 1/10 del VL e il Valore Limite
	Valore al di sotto di 1/10 del Valore Limite

Il riferimento ad 1/10 del Valore Limite è considerato, anche all'interno della procedura formale della Norma UNI EN 689 Appendice C, come indicatore di un'esposizione al di sotto del Valore Limite.

Dall'analisi della tabella emerge che:

- uno degli operatori ha ottenuto, su tutti e tre i turni campionati, valori di esposizione compresi tra 1/10 del VL e il Valore Limite (restando comunque al di sotto di $\frac{1}{2}$ del VL);
- il 50% dei dati espositivi misurati sono al di sotto di 1/10 del Valore limite (pari a 1 f/cc) e tre dei valori evidenziati in arancio superano di pochissimo le 0,1 f/cc (0,13 – 0,11 – 0,11).

Si è così evidenziata una situazione espositiva sufficientemente sotto controllo rispetto alla conformità al Valore Limite, a condizione che non si verifichino significative modifiche delle situazioni lavorative, anche se non si hanno valori di Cesp,g francamente posizionati nella così detta “zona verde” (sei valori su 12 in “zona arancio”).

5. VALUTAZIONE DEI RISULTATI

5.1 UNI EN 689 – APPENDICE D

Criterio statistico per il confronto della concentrazione dell'esposizione professionale con i valori limite

Questa valutazione di tipo statistico (applicabile con almeno 6 misure) definisce la probabilità di superamento del valore limite, prefissato nel caso specifico come TLV-TWA, con il relativo intervallo di confidenza, partendo dal rapporto tra concentrazione (C) per ogni lavoratore e il relativo TLV-TWA.

I calcoli sono stati effettuati utilizzando la logica di calcolo **ALTREX**.

Il programma di calcolo, prima di procedere all'elaborazione dei dati, verifica che siano rispettati i criteri di applicabilità previsti dalla Norma, quali il numero di esposizione superiore a sei, la distribuzione log-normale dei dati (adattamento alla retta di Henry) e l'omogeneità del gruppo d'esposizioni, valutata attraverso il valore della deviazione standard geometrica (Gsd); in genere si può considerare omogeneo un gruppo di esposti con Gsd uguale o inferiore a 2,50.

Numero di C _{esp,g}	Media Aritmetica	Gsd	Adattamento log-normale (SI/NO)
12	0,11 f/cc	2,69	SI

Verificate le condizioni di applicabilità della Norma viene calcolata la probabilità di superamento del Valore Limite ed il relativo intervallo di confidenza; nel nostro caso viene stimata una Gsd di 2,69 che depone per una non omogeneità del gruppo.

Se la serie di esposizioni rilevate si adatta ad una distribuzione log-normale ma non corrisponde ad un gruppo omogeneo (Gsd>2,5) è sempre possibile calcolare le percentuali di superamento del VLEP ma non è possibile assegnare i parametri calcolati e applicare il criterio decisionale a quel gruppo di esposti: in questo caso il gruppo selezionato non è risultato omogeneo ed è possibile ipotizzare al suo interno lavoratori con esposizioni differenti.

In base alla probabilità (**Pn**) di superamento del valore limite si possono avere tre possibilità:

PROBABILITA'	SITUAZIONE	
< 0,1%	VERDE	L'esposizione è ben al di sotto del valore limite; non sono necessarie altre misurazioni, a meno che si verifichino modifiche significative delle condizioni di esercizio.
0,1% ÷ 5%	ARANCIO	La situazione sembra al di sotto del valore limite ma va confermata con misurazioni periodiche.
> 5%	ROSSA	La probabilità di superamento del valore limite è troppo elevata; si devono attuare provvedimenti adeguati al più presto per ridurre l'esposizione. Appena completati questi interventi si dovrebbe eseguire una nuova valutazione dell'esposizione professionale.

La probabilità di NON conformità al valore limite calcolata è di 0,42% (con un intervallo di confidenza compreso tra 0,01 e 7,61%) che fa ricadere il campione nella ZONA ARANCIO previste dalla UNI EN 689 per Pn tra 0,1 e 5%: *la situazione sembra al di sotto del valore limite ma va confermata con misurazioni periodiche.*

ANALISI DELLA VARIANZA

E' stata effettuata l'analisi della varianza in relazione a due variabili esplicative, Giornate e Lavoratori, per verificare se, sulla base del nostro campione, era possibile evidenziare una variabilità dei dati legata a questi due parametri.

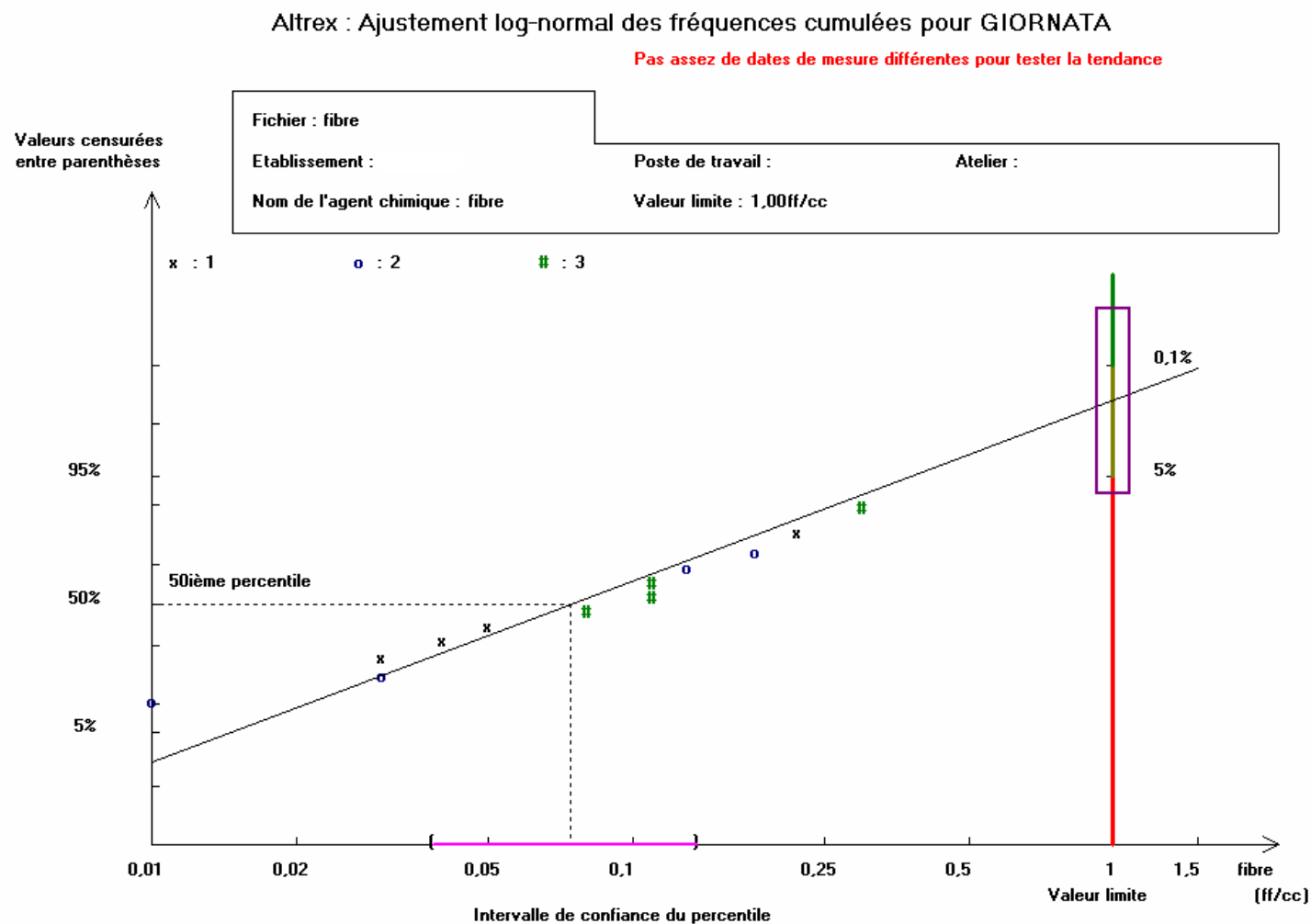
Valori di P inferiori a 5% indicano differenze statisticamente significative fra i dati.

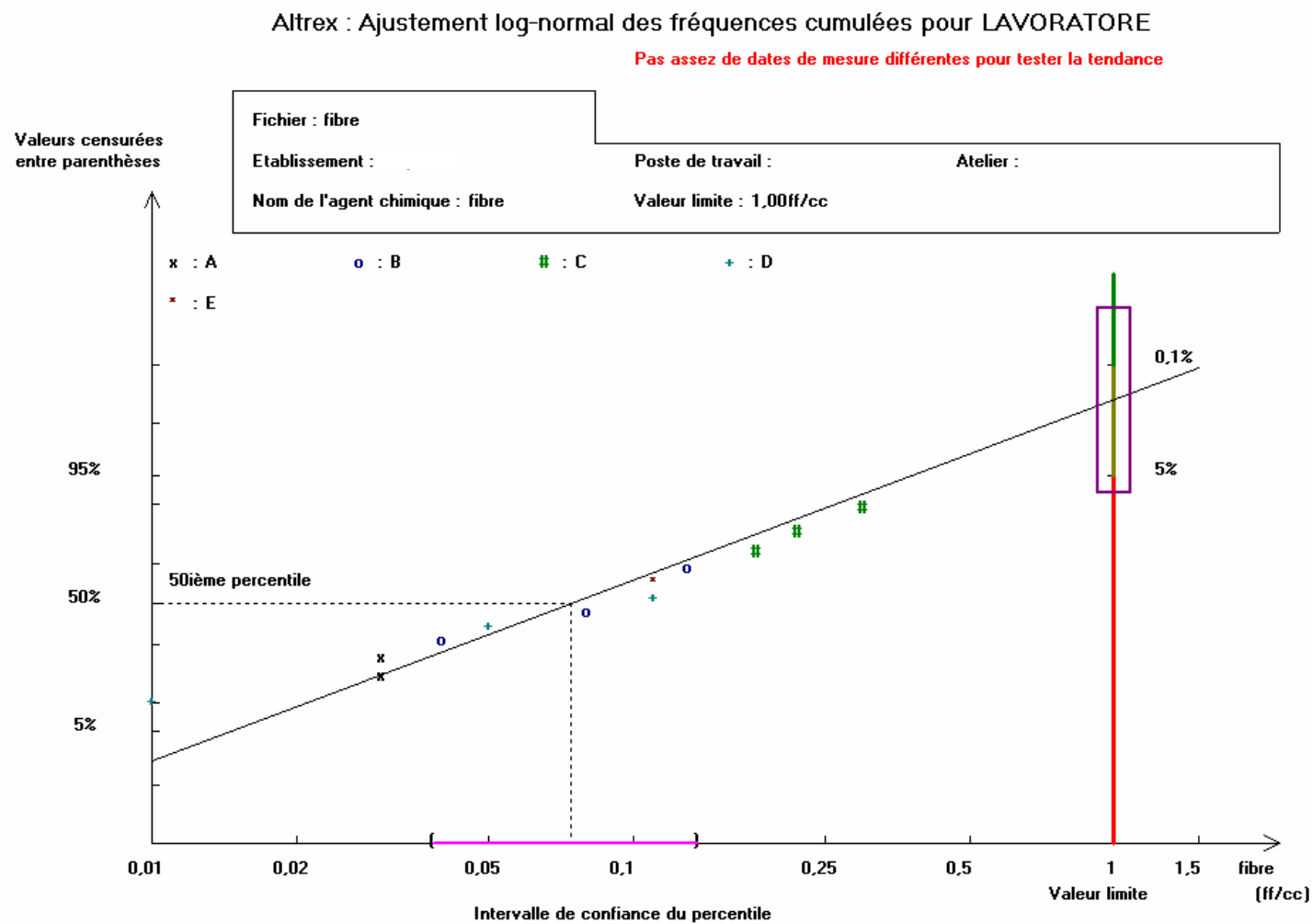
VARIABILI ESPLICATIVE	N	N esp	Valore di P	Differenza statisticamente significativa
GIORNATE	3	12	39,90%	NO
LAVORATORI	5	12	8,74%	NO

L'analisi della varianza, sulla base del numero di campioni realizzati, non mette in evidenza una differenza di esposizione fra le giornate e fra i lavoratori esposti.

La distribuzione log-normale dei dati (adattamento alla retta di Henry) relativi alle due variabili considerate, GIORNATE e LAVORATORI, è illustrata nei seguenti grafici.

Distribuzione log normale dei valori di esposizione personale ($C_{esp,g}$) con riferimento alla variabile “GIORNATE”



Distribuzione log normale dei valori di esposizione personale ($C_{\text{esp,g}}$) con riferimento alla variabile “LAVORATORI”

5.2 VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE CUTANEA: il metodo MoVaRisCh

E' un sistema di valutazione del rischio basato su un modello grafico che assegna un valore numerico ad una serie di fattori o parametri che intervengono nella determinazione del rischio pesando, per ognuno di essi con uno specifico fattore, l'importanza assoluta e reciproca sul risultato valutativo finale.

Il rischio R per le valutazioni del rischio derivanti dall'esposizione ad agenti chimici pericolosi è il prodotto del Pericolo (P) per l'esposizione (E)

$$R = P \times E$$

Il pericolo P rappresenta l'indice di pericolosità intrinseca di una sostanza o di un preparato che nell'applicazione di questo modello viene identificato con le frasi di rischio R che sono utilizzate nella classificazione secondo la Direttiva Europea 67/548/CEE e successive modifiche.

L'esposizione E rappresenta il livello di esposizione dei soggetti nella specifica attività lavorativa.

L'indice di esposizione per via cutanea E_{cute} viene determinato attraverso una semplice matrice che tiene conto di due variabili:

TIPOLOGIA D'USO	LIVELLI DI CONTATTO CUTANEO
in inclusione in matrice	contatto accidentale
con dispersione significativa	contatto esteso
in sistema chiuso	nessun contatto
controllato e non dispersivo	contatto discontinuo

Sono state prese in esame le schede di sicurezza dei prodotti utilizzati e identificate la classificazione del preparato/sostanza secondo i Decreti Legislativi 52/97, 285/98 e nei Decreti Ministeriali 28/04/1997 e 14/06/2002.

Fibra isolante Superwool 607 Blanket

“In base al test del metodo B4 dell'Allegato 5 della Direttiva 67/548/CEE, non è irritante per la pelle.”

Lana di roccia Tervol – Lana minerale

“R38 IRRITANTE”

A partire dalle informazioni fornite dal produttore si è proceduto alla valutazione dell'esposizione cutanea con il metodo MoVaRisCh solo per la Lana di Roccia Tervol, considerandone la tipologia d'uso CONTROLLATA E NON DISPERSIVA (*lavorazioni in cui sono coinvolti solo limitati gruppi selezionati di lavoratori, adeguatamente esperti dello specifico processo, e in cui sono disponibili sistemi di controllo adeguati a controllare e contenere l'esposizione*) e il livello di contatto cutaneo ESTESO (*numero di eventi giornalieri superiore a 10*).

Matrice per la valutazione dell'esposizione cutanea

	NESSUN CONTATTO	CONTATTO ACCIDENTALE	CONTATTO DISCONTINUO	CONTATTO ESTESO
SISTEMA CHIUSO	BASSO	BASSO	MEDIO	ALTO
INCLUSIONE IN MATRICE	BASSO	MEDIO	MEDIO	ALTO
USO CONTROLLATO	BASSO	MEDIO	ALTO	MOLTO ALTO
USO DISPERSIVO	BASSO	ALTO	ALTO	MOLTO ALTO

VALORE DA ASSEGNARE AD E_{CUTE}	
BASSO	1
MEDIO	3
ALTO	7
MOLTO ALTO	10

Incrociando le due variabili nella matrice si ottiene un valore dell'esposizione cutanea MOLTO ALTO a cui il modello attribuisce un valore E_{cute} pari a 10

Il valore di P è invece assegnato dal coefficiente attribuito alla frase R38, pari a 2,25.

Si procede quindi al calcolo di R:

$$R = 2,25 \times 10 = 22,5$$

Criterio per la valutazione del rischio da agenti chimici pericolosi:

	VALORI DI RISCHIO (R)	CLASSIFICAZIONE
MODERATO	$0,1 \leq R < 15$	RISCHIO MODERATO Consultare il medico competente
	$15 \leq R < 21$	INTERVALLO DI INCERTEZZA E' necessario, prima della classificazione in rischio moderato, rivedere con scrupolo l'assegnazione dei vari punteggi e rivedere le misure di prevenzione e protezione adottate. Consultare il medico competente
SUPERIORE AL MODERATO	$21 \leq R < 40$	RISCHIO SUPERIORE AL MODERATO Applicare gli articoli 72-sexies, septies, decies e undecies
	$40 < R \leq 80$	ZONA DI RISCHIO ELEVATO
	$R > 80$	ZONA DI GRAVE RISCHIO (...)

Il valore di R ottenuto si colloca, anche se per poco, in una zona di rischio considerata **Superiore al moderato**.

6. MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE

L'indagine ha evidenziato un livello di **esposizione dei lavoratori a fibre artificiali vetrose aerodisperse** al di sotto dei valori limiti di riferimento e con una bassa percentuale di probabilità di superamento nel tempo di tale limite ($P_n = 0,42\%$ ai sensi della norma UNI EN 689).

L'impresa deve comunque attuare quelle misure di prevenzione e protezione che risultano idonee ad eliminare o ridurre al minimo il rischio derivante da esposizione ad agenti chimici pericolosi come previsto dall'art. 72-quinques del D. Lgs. 626/94:

- « a) *progettazione e organizzazione dei sistemi di lavorazione sul luogo di lavoro;*
- b) *fornitura di attrezzature idonee per il lavoro specifico e relative procedure di manutenzione adeguate;*
- c) *riduzione al minimo del numero di lavoratori che sono o potrebbero essere esposti;*
- d) *riduzione al minimo della durata e dell'intensità dell'esposizione;*
- e) *misure igieniche adeguate;*
- f) *riduzione al minimo della quantità di agenti presenti sul luogo di lavoro in funzione della necessità della lavorazione;*
- g) *metodi di lavoro appropriati comprese le disposizioni che garantiscono la sicurezza nella manipolazione, nell'immagazzinamento e nel trasporto sul luogo di lavoro di agenti chimici pericolosi nonché dei rifiuti che contengono detti agenti chimici.»*

In considerazione dei grossi quantitativi di materiale che nelle attività in oggetto risultano utilizzati nonché delle modalità operative messe in atto, **si richiamano alcune misure di particolare rilevanza ai fini del controllo dell'esposizione dei lavoratori:**

- ☒ delimitazione delle zone di lavoro e attuazione di misure di contenimento atte a limitare la dispersione delle fibre in ambiente (es. telonatura delle zone sottostanti l'area di intervento e delle aree in cui viene tagliato il materiale, confinamento dell'area);
- ☒ effettuazione di un'accurata pulizia dell'area alla fine del turno di lavoro, con raccolta del materiale di risulta e insaccaggio dello stesso, evitando di formare cumuli non protetti di materiale di scarto nelle zone di lavoro;
- ☒ adozione di metodi di lavoro, ove possibile, atti a ridurre al minimo l'esposizione dei lavoratori, come l'umidificazione del materiale per contenere la dispersione di fibre o l'utilizzo di aspiratori.

L'azienda ha fornito ai lavoratori Dispositivi di Protezione Individuale (Facciale Filtrante P3). In merito si sottolinea l'importanza della formazione e dell'addestramento al corretto utilizzo anche attraverso l'applicazione di una adeguata procedura di uso e manutenzione del dispositivo; si ritiene poi necessario, in considerazione di quanto osservato, che venga previsto l'utilizzo delle protezioni per le vie respiratorie anche per coloro che effettuano l'applicazione delle finiture metalliche sopra il materiale coibente, in quanto anche questa attività, per le modalità con cui viene effettuata e per la particolarità di alcune zone di lavoro, comporta un'esposizione dei lavoratori interessati. Non è poi possibile, come in precedenza evidenziato, fare una distinzione di mansione tra chi effettua la posa del coibente e chi monta il lamierino, dato che queste operazioni vengono svolte indistintamente, nell'arco della giornata da tutti gli operatori.

In relazione all'**esposizione cutanea** dei lavoratori a lana di roccia (R38 – irritante) è stato evidenziato un rischio Superiore al Moderato, che comporta per l'azienda oltre alle misure generali per la prevenzione dei rischi citate nel precedente paragrafo 4.2, anche l'individuazione di misure specifiche di protezione e prevenzione previste all'articolo 72-sexies del D. Lgs. 626/94:

- «a) progettazione di appropriati processi lavorativi e controlli tecnici, nonché uso di attrezzature e materiali adeguati;*
- b) appropriate misure organizzative e di protezione collettive alla fonte del rischio;*
- c) misure di protezione individuali, compresi i dispositivi di protezione individuali, qualora non si riesca a prevenire con altri mezzi l'esposizione;*
- d) sorveglianza sanitaria dei lavoratori a norma degli articoli 72-decies e 72-undecies.»*

L'azienda ha provveduto a fornire ai lavoratori i seguenti dispositivi di protezione individuale:

- ✓ tuta in tyvek con cappuccio, protezione per rischio chimico tipo 6/5 (EN 1149)
- ✓ guanti in pelle fiore di bovina, protezione contro i rischi meccanici (2 1 2 2 – EN 388)
- ✓ occhiali con lenti di sicurezza trasparenti per la protezione da rischi meccanici (urti di energia inferiore = sfere da 6 mm a 45 m/sec)

In merito agli occhiali di protezione si ritiene opportuno consigliare una valutazione da parte dell'azienda in merito alla possibilità di individuare un DPI idoneo per la protezione da polvere grossolana (tipologia indicata all'interno del foglio informativo fornito dallo stesso produttore).

Si richiama, anche per questi DPI, l'importanza di un'adeguata formazione per il loro utilizzo e l'applicazione di una corretta procedura di uso e manutenzione.