

Aspetti di valutazione e gestione del rischio associato alle fasi di generazione e riutilizzo del marino di galleria

*Original*

Aspetti di valutazione e gestione del rischio associato alle fasi di generazione e riutilizzo del marino di galleria / Patrucco, Mario; Labagnara, Davide; Coggiola, M.; Pira, Enrico. - In: GEAM. GEOINGEGNERIA AMBIENTALE E MINERARIA. - ISSN 1121-9041. - 133(2011), pp. 69-84.

*Availability:*

This version is available at: 11583/2460395 since:

*Publisher:*

Torino : Associazione mineraria subalpina.

*Published*

DOI:

*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)

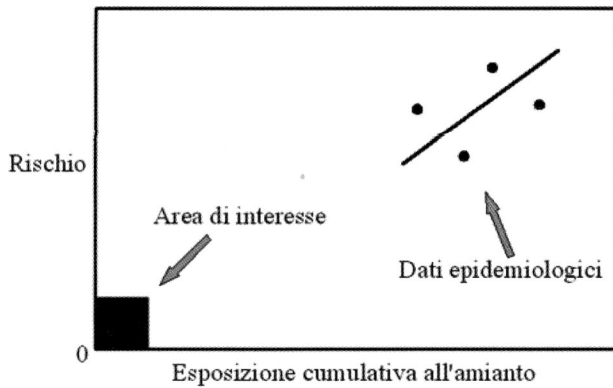


Fig. 6 – Andamento della relazione dose-risposta. Evolution of dose-response relationship.

certamente escluso per ovvi motivi: in tale fase il marino subirebbe trattamenti di frantumazione tali da determinare certamente una nuova importante dispersione di fibre, esponendo ad un rischio inaccettabile gli addetti.

È quindi essenziale identificare e quantificare la possibile presenza di minerali di amianto nell'ammasso da scavare. Di seguito sono sintetizzati i risultati dello studio esteso su tale questione, oggetto della nota in corso di accettazione su rivista scientifica di settore dal titolo "Predictive assessment of the asbestos content in the Western Italian Alps: an essential tool for an effective approach to Risk Analysis and Management in Tunneling operations and muck reuse", autori D. Labagnara, M. Patrucco, P. Rossetti, V. Pellegrino.

probabilità di osservare l'effetto negativo) è tuttora da definire il valore soglia il cui rispetto garantisce l'effetto nullo (Figura 6).

Considerando la lunga durata della latenza (tempo intercorso tra l'inizio dell'esposizione e la manifestazione della malattia) sono attesi ancora, nonostante il divieto d'uso dell'amianto, casi di mesotelioma negli ex esposti ad amianto.

### 5. La realizzazione di gallerie in formazioni potenzialmente critiche

L'esempio di Tabella 4 mostra la possibile dispersione di fibre in caso

di attraversamento di uno strato di potenza molto modesta di roccia contenente amianto. Nell'esempio è anche evidenziata la "strana" situazione con riferimento alla caratterizzazione del marino ai fini del riuso.

L'esempio chiarisce come lo scenario ipotizzato comporti:

- da un lato un drammatico superamento del valore limite di esposizione indicato - per le lavorazioni di cui all'Art. 246 - dal D.Lgs. 81/08, pari a 100 fibre/dm<sup>3</sup>,
- dall'altro la generazione di un marino che nel suo insieme risulta destinabile al riuso ai sensi dell'Allegato V della Parte Quarta del D.Lgs. 152/2006. Il riuso deve però deve essere

### 5.1. Indagini preliminari in formazioni con potenziale presenza di minerali di amianto - riferimento alle Alpi occidentali italiane

Le tecniche utilizzate per la ricerca di minerali di amianto in ammassi rocciosi possono essere

Tab. 4 - Considerazioni sull'emissione di fibre da una frattura mineralizzata ad amianto. Considerations on the pollution due to a fibrous tremolite-bearing vein.

<p>Dati di ingresso:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sezione della galleria = 100 m<sup>2</sup>, diametro <math>\cong</math> 11 m</li> <li>- presenza di frattura mineralizzata ad amianto di 1 cm, con angolo di 25° rispetto al tracciato della galleria</li> <li>- contenuto di amianto in fibre nella frattura = 2 % (in massa)</li> <li>- massa volumica della roccia <math>\cong</math> 2,5 g/cm<sup>3</sup>, massa volumica della componente fibrosa <math>\cong</math> 3 g/cm<sup>3</sup></li> </ul>	
<p>Si determina (1° step):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- volume totale della frattura interessata dallo scavo <math>\cong</math> 2 m<sup>3</sup></li> <li>- massa totale della frattura interessata dallo scavo <math>\cong</math> 5000 kg</li> <li>- massa totale di amianto in fibre <math>\cong</math> 100 kg</li> </ul>	<p>Stranezza normativa</p> <p>Si noti anche che dal punto di vista della destinazione del materiale, considerando il tratto di galleria pari a 23 m tagliato dalla frattura, si avrebbe:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- volume totale dello scavo = 2200 m<sup>3</sup></li> <li>- massa totale scavata = 5500 t</li> <li>- percentuale, in massa, di amianto totale = 0,004%</li> <li>- la percentuale di amianto è nettamente inferiore al valore di legge (0,1% in massa).</li> </ul>
<p>Si ipotizza:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 10% (10 kg) di componente fibrosa dispersa in fibre respirabili durante lo scavo</li> <li>- volume di una fibra di amianto (cilindrica) <math>\cong</math> 32 <math>\mu</math>m<sup>3</sup> = 32 * 10<sup>-12</sup> cm<sup>3</sup></li> </ul>	<p><b>Il materiale è inviabile al centro di riuso</b></p>
<p>Si determina (2° step):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- massa di una fibra di amianto <math>\approx</math> 96 * 10<sup>-12</sup> g = 96 * 10<sup>-15</sup> kg</li> </ul>	
<p><b>Risultato: numero di fibre disperse <math>\approx</math> 1 * 10<sup>14</sup></b></p>	

suddivise in due tipologie, anche in accordo con U.S. Army Corps of Engineers (2001):

1. indagini geologiche, utili per identificare zone indiziate per presenza di minerali di amianto nelle quali eseguire approfondimenti di analisi;
2. sondaggi geognostici:
  - a distruzione; che permettono, mediante l'analisi dei fluidi di perforazione, di confermare l'eventuale presenza di amianto, ma non la quantificazione, a causa della friabilità delle zone mineralizzate che può introdurre incertezze di entità non definibile;
  - a prelievo di testimone, che possono soddisfare l'esigenza di identificare la concentrazione di amianto su un breve tratto analizzato (minore di 5 metri, corrispondente al minimo dettaglio necessario). Questo approccio prevede il calcolo del valore medio della concentrazione di una serie di campioni estratti da un tratto di carota di sondaggio, preparati e analizzati. Il valore medio, una volta ottenuto, può essere confrontato con quelli calcolati nei tratti adiacenti, in modo

da disporre dell'evoluzione della concentrazione di amianto lungo tutta la carota.

Il campionamento realizzabile sulla carota può a sua volta essere di tipo:

1. statistico, nel quale la carota viene divisa in tratti di lunghezza costante da cui prelevare campioni con un intervallo predefinito. Questo approccio implica peraltro la possibilità di sottovalutare la concentrazione di amianto nel caso in cui le fratture contenenti lo stesso non siano intercettate;
2. ragionato, nel quale l'analista definisce a priori dei tratti omogenei di lunghezza variabile da cui estrarre i campioni. Anche tale metodo, basato sull'ispezione visiva della carota, può portare a problemi: l'individuazione dei tratti omogenei e il prelievo dei campioni sono, infatti, azioni basate su giudizio soggettivo da parte dell'analista.

Entrambe queste metodiche di campionamento sono inoltre affette da non irrilevanti incertezze sul valore di concentrazione di amianto ascrivibili a:

- A. campionamento, che comprende:
- l'incertezza fondamentale,

associata alle grandi fluttuazioni a breve distanza della concentrazione di amianto nella carota;

- l'incertezza di sondaggio. La deviazione della traiettoria del sondaggio è in genere irrilevante ai fini dell'analisi, tuttavia possono accadere mescolamenti di materiali di profondità diversa, perdite della componente fina nel fluido di perforazione, ecc.;
- l'incertezza dell'estrazione del campione. Pur riducendo al minimo la quantità di energia necessaria all'estrazione del campione dalla carota si può comunque verificare una dispersione di fibre di amianto che, come già accennato, sono spesso debolmente legate alla matrice rocciosa. Tale fenomeno deve anche essere preso in considerazione con riferimento al rischio di esposizione per gli analisti (Figura 7).

- B. Preparazione del campione, intesa come l'insieme delle incertezze connesse alle contaminazioni, alle perdite, ai cambiamenti fisici e chimici, agli errori umani, ecc. Nell'analisi di campioni rocciosi le maggiori incer-



Fig. 7 – Fasi di campionamento. La nebulizzazione d'acqua riduce la dispersione di fibre.  
Phases of sampling. The water spray reduces the dispersion of fibers.

tezze di preparazione possono sorgere in quanto il campione grezzo, solitamente di 100-200 grammi, deve essere ridotto di dimensioni (comminuzione) e di massa (inquantatura) per ottenere il campione da sottoporre ad analisi;

- C. propria del metodo di analisi. Tutto ciò premesso, valgono le seguenti considerazioni:
- data la distribuzione potenzialmente molto disomogenea delle fratture mineralizzate ad amianto, le tecniche geostatistiche sono di difficile applicazione, rendendo conseguentemente aleatoria la possibilità di localizzazione mirata dei sondaggi aggiuntivi;
  - i sondaggi dalla superficie non possono di norma garantire da soli un sufficiente grado di rappresentatività per la valutazione del contenuto di amianto che sarà localmente incontrato durante lo scavo nel caso di gallerie con coperture importanti (oltre un centinaio di metri). I carotaggi in avanzamento dal fronte della galleria sono quindi sempre necessari per ottenere informazioni a scala locale rappresentative della presenza di amianto;
  - la totale garanzia di assenza di amianto nella roccia da abbattere, qualora geologicamente indiziata, è comunque impossibile da garantire, rendendo così obbligatoria la massima cautela in tutte le operazioni.

## 6. Approccio in Prevention through Design nella costruzione di gallerie in ammassi potenzialmente contenenti minerali critici

Quando le indagini predette evidenziano la possibile presenza di minerali di riconosciuta nocività nell'ammasso da scavare è necessario pianificare una serie di interventi, richiamati in Tabella 5 in ordine gerarchico.

### 6.1. Interventi sul fattore di pericolo

Al fine di eliminare il fattore di pericolo occorrerebbe variare il tracciato della galleria, così da non intersecare le formazioni geologiche indiziate per possibile contenuto in minerali di riconosciuta criticità.

Tali interventi risultano però spesso non realizzabili: ad esempio, per quanto riguarda l'amianto, si può osservare (Figura 8) come la maggior parte delle valli delle Alpi Occidentali è intersecata della Zona Piemontese, unità ofiolitica potenzialmente contenente amianto che si estende per circa 200 km dalla Valle Osso-la (nel Nord) al Gruppo di Voltri (nell'entroterra di Genova).

### 6.2. Interventi sulla generazione fattore di pericolo

La scelta del metodo di scavo deve essere compiuta, oltre che in

funzione delle caratteristiche geomeccaniche e litologiche del materiale attraversato, della sezione di scavo, della forma e della lunghezza della galleria (in Tabella 6 è ricordato il concetto di RQD, indice utile alla classificazione geomeccanica degli ammassi rocciosi, e sono rappresentate le prestazioni medie, espresse in metri di avanzamento per giornata di lavoro, ipotizzabili per i diversi sistemi di scavo), anche in relazione alla capacità della stessa di limitare la formazione dell'inquinante.

L'avanzamento mediante esplosivo, tecnica che comporta la comminuzione spinta di una parte del materiale, può provocare la dispersione delle particelle critiche lungo la galleria in modo difficilmente prevedibile e gestibile a causa della drammatica perturbazione indotta nei flussi di ventilazione.

Per quanto riguarda lo scavo con macchine ad attacco puntuale si nota che l'utilizzo del martello idraulico ad elevata energia d'urto ("martellone") può avere effetti fortemente negativi in quanto può dar luogo all'emissione di grandi quantità di polveri prodotte per l'effetto della rottura della roccia e della caduta della stessa dal fronte, come discusso da Pelizza et al. (1994) (Figura 9a).

L'utilizzo di minatori continui può consentire un sostanziale vantaggio: essi possono essere dotati di ugelli che, nebulizzando liquidi e schiume ad alta pressione nella zona di contatto utensile-roccia, conten-

Tab.5 – Gerarchia degli interventi di prevenzione.  
*Hierarchy of prevention interventions.*

Prevenzione – interventi tecnici / organizzativi / procedurali	
A. Interventi sul fattore di pericolo	– eliminazione / sostituzione
B. Interventi sulla generazione del fattore di pericolo	– scelta a livello progettuale di soluzioni impiantistiche, macchine e procedure atte a limitare la formazione
C. Interventi sulla dispersione del fattore di pericolo nell'ambiente di lavoro	– confinamento fisico – asportazione
D. Interventi sull'ambiente di lavoro	– trattamento ambientale, ricambi di aria, ecc.

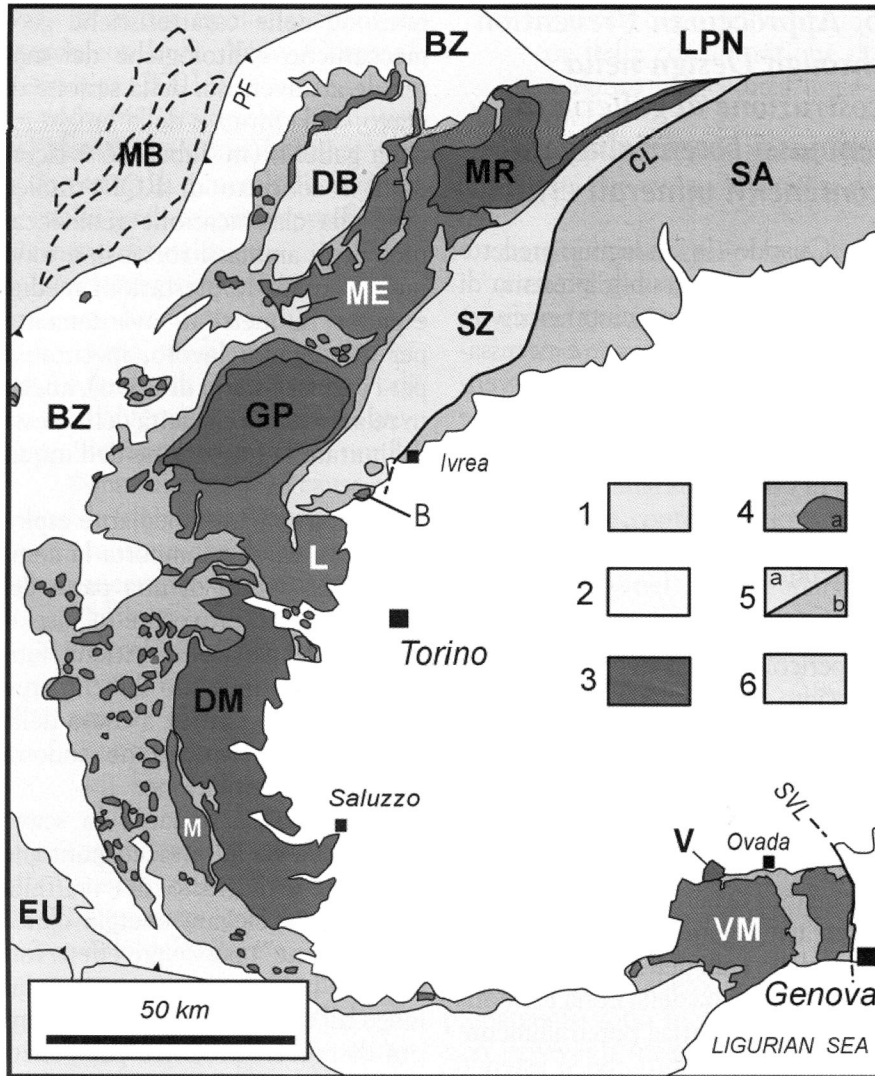
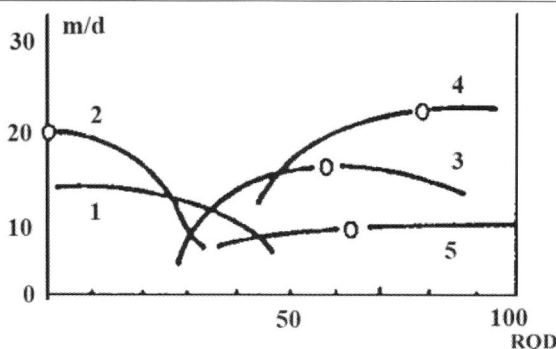


Fig. 8 – Rappresentazione semplificata delle Alpi occidentali. 1: Dominio Elvetico (MB: Monte Bianco); 2-4: Dominio Pennidico, 2: Zona Brianzonese (BZ) e Falde Pennidiche inferiori (LPN); 3: Massicci Cristallini Interni del Monte Rosa (MR), Gran Paradiso (GP), Dora Maira (DM) e Valosio (V); 4: Zona Piemontese, L: Massiccio ultrabásico di Lanzo, M: metaofioliti del Monviso, VM: Massiccio di Voltri. 5: Dominio Austroalpino: a: Falda della Dent-Blanche (DB), del Mt. Emilius (ME) e Zona Sesia-Lanzo (SZ); b: Dominio Sudalpino (SA). 6: Falda dei Flysch dell'Embrunais-Ubaye (EU). CL: Linea Canavese; SVL: Linea Sestri-Voltaggio; PF: Fronte Penninico. B: miniera di crisotilo di Balangero. Modificato da Castelli et al. (2002). Simplified tectonic sketch-map of the western Alps. 1: Helvetic Domain (MB: Mont Blanc – Aiguilles Rouges). 2-4: Penninic Domain, 2: Briançonnais Zone (BZ) and Lower Pennine Nappes (LPN); 3: Internal Crystalline Massifs of Monte Rosa (MR), Gran Paradiso (GP), Dora Maira (DM) and Valosio (V); 4: Piemonte Zone (a: main ophiolitic bodies), L: Lanzo Ultramafic Massif, M: Monviso ophiolites, VM: Voltri Massif. 5: Austro-alpine Domain: a: Dent-Blanche nappe (DB), Mt. Emilius nappe (ME) and Sesia Zone (SZ); b: undifferentiated Southalpine Domain (SA). 6: Embrunais-Ubaye Flysch Nappe (EU). CL: Canavese Line; SVL: Sestri-Voltaggio Line; PF: Penninic Thrust Front. B = Balangero chrysotile mine. Modified after Castelli et al. (2002).

Tab. 6 – Indice RQD e prestazioni medie dei mezzi di abbattimento.  
RQD Index and average performance of the mining techniques.

RQD	Rock Quality Classification	
<25%	Molto povera	RQD = lunghezza cumulativa dei pezzi di carota di sondaggio maggiori di 10 cm sul totale delle lunghezze dei carotaggi effettuati.
25-50%	Povera	
50-75%	Abbastanza buona	
75-90%	Buona	
90-100%	Eccellente	



Prestazioni medie dei sistemi di abbattimento della roccia:  
1. pale o scavatori e scudo di protezione;  
2. scudo meccanizzato;  
3. frese ad attacco puntuale;  
4. frese a piena sezione;  
5. esplosivo.

gono la dispersione delle polveri derivanti dalla disgregazione della roccia (Figura 9b). Tale caratteristica, comunque preziosa nelle comuni situazioni di scavo, assume importanza determinante qualora si debba operare in formazioni contenenti sostanze aerodispersibili altamente nocive.

Con riferimento all'avanzamento a piena sezione, è interessante considerare che le macchine TBM in cui per ragioni fisiologiche è esercitato il confinamento tra la testa di abbattimento e l'ambiente retrostante possono essere meglio gestite dal punto di vista del problema "generazione e contenimento delle polveri aerodispersibili" rispetto a quelle prive di tale caratteristica. In particolare è il caso della