

3.2. CAMPIONAMENTI¹

Nella costruzione delle gallerie, i lavoratori, oltre ad un elevato rischio legato alle problematiche infortunistiche, sono esposti a sostanze pericolose per la salute.

Il DPR 320/56 “Norme per la prevenzione degli infortuni e l’igiene del lavoro in sotterraneo” obbliga il datore di lavoro ad effettuare delle misure di inquinanti aerodispersi, quali anidride carbonica (CO₂), ossido di carbonio (CO), gas nitrosi (NO e NO₂), idrogeno solforato (H₂S) e silice libera (SiO₂).

Fermo restando l’obbligo delle valutazioni ambientali, eseguite dalle aziende coinvolte nella costruzione della tratta ad alta velocità Firenze - Bologna, le strutture ASL delle regioni Emilia-Romagna e Toscana eseguono indagini ambientali. Le misurazioni che vengono effettuate dall’organo di vigilanza si possono prefiggere svariati obiettivi:

- conoscere l’entità del rischio;
- controllare l’affidabilità delle misure e della valutazione del rischio che comunque le imprese sono tenute a fare (Art. 4 D.Lgs 626/94, DPR 320/56 per le polveri e i gas nei lavori di scavo);
- valutare l’efficacia delle bonifiche ambientali imposte alle aziende;
- rafforzare i contenuti prescrittivi

In Italia non esistono valori limite di concentrazione ad inquinanti quali polveri, silice libera cristallina e i gas CO, NO, NO₂, SO₂. La legislazione italiana sancisce il principio di diminuzione del rischio al minimo tecnologicamente attuabile. Tuttavia è uso comune utilizzare, come riferimento, i valori limite previsti dall’ACGIH (America Conference of Governmental Industrial Hygienists).

3.2.1 INDAGINI ESEGUITE

La strategia utilizzata dai servizi della ASL è stata quella di identificare alcuni tipi di inquinanti da utilizzare come indicatori di verifica delle misure di prevenzione realizzate. In base alle risorse presenti nei servizi sono state individuate alcune priorità di intervento per valutare l’entità del rischio, pertanto sono state campionate le seguenti sostanze:

- POLVERI quali PNOC (Particelle Non Altrimenti Classificabili), come frazione inalabile e Frazione Respirabile (FR) e silice cristallina. Le polveri rappresentano un evidente disagio per i lavoratori e sono correlate ad un rischio particolarmente elevato per il tenore di quarzo cristallino presente.
- GAS DI SCARICO, quali monossido di azoto, biossido di azoto, biossido di zolfo e monossido di carbonio poiché questi gas possono determinare effetti sia acuti che cronici sull’apparato respiratorio.

I sopralluoghi mirati alle indagini ambientali di inquinanti aerodispersi sono stati effettuati utilizzando la seguente strategia:

- campionamenti personali, effettuati con strumento indossato dal lavoratore che lo segue in tutti i suoi spostamenti. Forniscono indicazioni sull’esposizione personale del lavoratore all’agente campionato;
- campionamenti in postazioni fisse. Tali misure sono utilizzate per valutare l’entità degli agenti inquinanti negli ambienti e l’esposizione indiretta dei lavoratori .

¹ Si precisa che i dati riportati nel presente capitolo, in base ad ulteriori approfondimenti, sono stati aggiornati rispetto ai risultati pubblicati nei precedenti report

Inoltre, nel 2001, è stata condotta anche un'indagine sulle emissioni degli automezzi operanti nelle gallerie. Le misure sono state effettuate utilizzando uno strumento (opacimetro) che misura la fumosità dei gas di scarico dei mezzi diesel. L'obiettivo dell'indagine era di verificare, utilizzando il particolato come indicatore, lo stato di manutenzione dei mezzi.

In totale sono state eseguite 44 misure (non riportate in tabella 3.2.1) su un campione rappresentativo delle diverse tipologie di macchine impiegate (dumper, autobetoniere, escavatori...).

Le tabelle seguenti riportano il numero e la tipologia delle misure di polveri e gas eseguite suddivise per galleria.

TAB. 3.2.1. – Numero e tipologia di misure di polveri (PNOC + FR) effettuate suddivise per galleria

Galleria	1998	1999	2000	2001	2002	TOT
Galleria Pianoro	0	3	5	8	6	22
Galleria Sadurano	0	4	0	0	0	4
Galleria Monte Bibebe	0	7	0	0	4	11
Galleria Raticosa	0	12	14	0	8	34
Galleria Scheggianico	22	2	0	0	0	24
Galleria Firenzuola	45	16	6	17	32	116
Galleria Borgo Rinzelli	1	0	0	0	0	1
Galleria di Vaglia	15	0	18	10	0	43
Galleria Artificiale Sesto	0	0	0	40	0	40
TOTALE	83	44	43	75	50	295

TAB. 3.2.2 - Numero e tipologia di misure di gas (SO₂, NO₂, NO, CO, H₂S, BENZENE) effettuate suddivise per galleria

Galleria	1998	1999	2000	2001	2002	TOT
Galleria Pianoro	0	10	23	5	0	38
Galleria Sadurano	0	17	17	0	0	34
Galleria Monte Bibebe	0	2	16	0	0	18
Galleria Raticosa	0	2	221	0	66	289
Galleria Scheggianico	0	9	0	0	0	9
Galleria Firenzuola	8	68	149	686	251	1162
Galleria Borgo Rinzelli	0	0	0	0	0	0
Galleria di Vaglia	21	102	72	248	0	443
Galleria Artificiale Sesto	0	0	0	0	0	0
TOTALE	29	210	498	939	317	1993

Le differenze nella frequenza delle misure nelle diverse gallerie sono dovute alla valutazione, da parte dei servizi delle AUSL, degli elementi che possono influire sul livello di rischio, fra i quali si

ricordano: le modalità di scavo, il tipo di roccia, la lunghezza delle gallerie, l'organizzazione e la programmazione del lavoro, i particolari problemi riscontrati o segnalati.

Nel corso di questi cinque anni di attività è stata effettuata una prima analisi delle diverse fasi lavorative, che ha permesso di individuare quelle più a rischio; in seguito, le misurazioni sono state concentrate soprattutto sulle fasi più critiche quali lo scavo e lo smarino. Inoltre sono state indagate nuove tecniche di scavo, in particolare quelle che prevedono l'uso della fresa a piena sezione (Tunnel Boring Machine – TBM)

Il confronto delle misure viene fatto rispetto ai valori limite proposti dalla ACGIH prendendo come riferimento il TLV-TWA e/o il TLV-STEL.

Il TLV-TWA è definito come il limite di soglia, cioè la concentrazione media ponderata nel tempo, su una giornata lavorativa convenzionale di otto ore e su quaranta ore lavorative settimanali, al quale quasi tutti i lavoratori possono essere ripetutamente esposti, giorno dopo giorno senza effetti negativi.

Il TLV-STEL è definito come la concentrazione alla quale si ritiene che i lavoratori possono essere esposti per un breve periodo senza che insorgano: irritazione, danno cronico o irreversibile del tessuto, riduzione dello stato di vigilanza di grado sufficiente ad accrescere le probabilità di infortuni o influire sulle capacità di mettersi in salvo o ridurre l'efficienza lavorativa, sempre nel presupposto che il TLV-TWA non venga superato.

Altro parametro che normalmente viene usato per la valutazione dei dati è il livello d'azione che è normalmente individuato nella pratica igienistico - industriale come valore al di sopra del quale la situazione non può essere considerata sotto controllo, per cui si devono mettere in atto ulteriori misure preventive e protettive. Tale valore è normalmente individuato come il 50% del TLV.

3.2.2 RISCHIO POLVERI

La figura 3.2.3 riporta la collocazione delle misure di PNOC (frazione inspirabile più frazione respirabile) rispetto ai corrispondenti TLV (10 mg/m^3 e 3 mg/m^3 rispettivamente) relativamente al periodo 01/01/1998- 31/12/2002. Come è possibile notare dall'esame della figura:

- a) vi è una diminuzione nel corso degli anni delle misure superiori al TLV-TWA;
- b) nel 2002 sono state misurate solo concentrazioni di polveri inferiori al TLV-TWA.

Gli andamenti di cui sopra possono essere in parte considerati una conseguenza del miglioramento delle condizioni di igiene; tuttavia quanto messo in evidenza nel punto b) , può essere anche legato al fatto che, per diversi campioni effettuati nel 2002, sono state monitorate lavorazioni poco polverose.

Dato che il rischio tossicologico legato alla polvere è aggravato dalla presenza di silice nella roccia stessa, nel corso del 2001 è stata iniziata un'indagine focalizzata a valutare la situazione delle gallerie rispetto al contenuto in quarzo cristallino nella frazione respirabile della polvere. In figura 3.2.3 bis, è stata riportata la collocazione delle misure di quarzo cristallino rispetto al TLV-TWA di ACGIH ($0,05 \text{ mg/m}^3$).

La silice libera cristallina è un inquinante che, oltre a comportare un rischio di danno al polmone (silicosi), è stata anche studiata per il rischio di tipo cancerogeno legato alla sua inalazione. In particolare, la IARC (International Agency for Research on Cancer) ha classificato di recente (monografia 68/1997) la silice libera cristallina nel gruppo 1 (cancerogeno riconosciuto per l'uomo); l'ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienist) inserisce la silice

libera cristallina nel gruppo A2 (cancerogeno sospetto per l'uomo). Per questi motivi, e poiché i livelli di rischio sono elevati, nel corso del 2002 si è proseguito il lavoro d'indagine e valutazione dell'inquinante oltre che l'attività di vigilanza costante sul corretto utilizzo delle misure di protezione collettiva ed individuale.

FIG. 3.2.3 - Collocazione delle misure di PNOC rispetto ai TLV-TWA

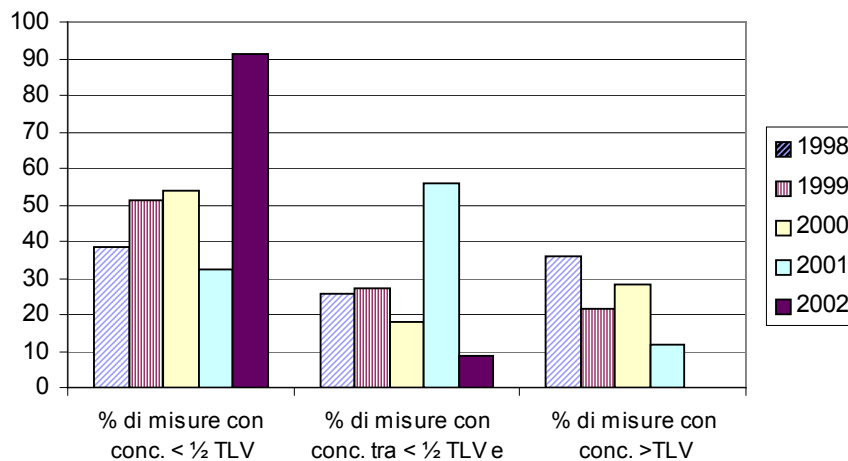
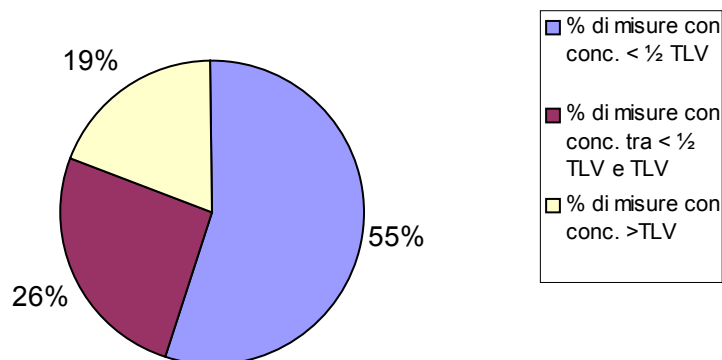


FIG. 3.2.3 bis - Collocazione delle misure di Quarzo Cristallino rispetto ai TLV-TWA (2001-2002)



3.2.3 RISCHIO GAS DI SCARICO PROVENIENTI DAI MOTORI DIESEL

Le misure di gas aerodispersi, ottenute da campionamenti ambientali e personali, effettuate in varie gallerie e in diverse fasi lavorative, sono state raggruppate per una prima valutazione complessiva.

Le figure 3.2.4 e 3.2.5 illustrano la collocazione dei valori di concentrazione rispettivamente dei principali gas di scarico e del singolo inquinante biossido di azoto (NO₂) rispetto ai valori limite TLV-STEL relativamente agli anni 1998-2002.

In entrambe le figure si evidenzia una riduzione nel tempo delle misure eccedenti il valore limite dovuta all'incremento dell'attività di vigilanza sulla manutenzione periodica dei dispositivi di abbattimento installati sulle macchine, sul corretto dimensionamento e sul buon funzionamento dell'impianto di ventilazione che ha portato alla messa in atto di vari sistemi di bonifica.

FIG. 3.2.4 – Distribuzione delle misure dei principali gas di scarico rispetto ai TLV-STEL

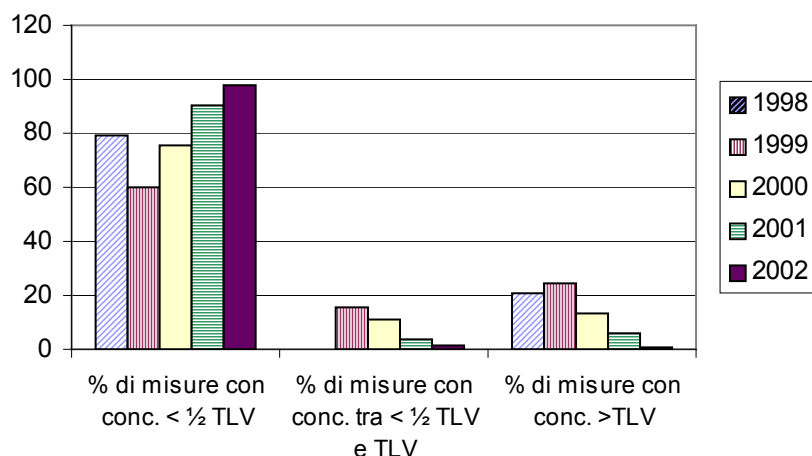
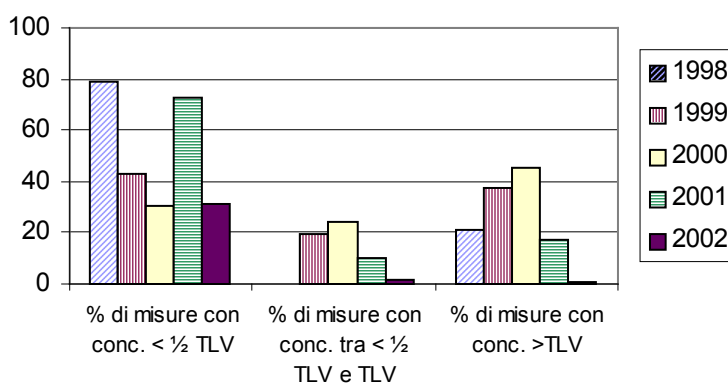


FIG. 3.2.5 – Distribuzione dei valori delle misure di NO₂ rispetto ai TLV-STEL



I dati ottenuti negli anni 1998-2002, relativi a NO₂, sono stati elaborati anche in funzione delle gallerie (figura 3.2.7) e delle postazioni di lavoro (figura 3.2.6). In quest'ultima figura si può vedere che la postazione con valori più a rischio è risultata quella dell'autista (interno dumper), in accordo

con quanto prevedibile dalla letteratura [2,3] che riporta che NO è soggetto a parziale ossidazione a NO₂, spiegando così l'aumento la concentrazione di quest'ultimo inquinante procedendo dal punto di emissione verso il punto di uscita dell'aria dalla galleria.

- [2] Bollettino VERT n°1 Giugno 1995 – “Gas inquinanti dei motori diesel nella costruzione di gallerie” AUYA/INSAI/TBGV
 [3] K. Wörsdorfer, Verhalten von NO und NO₂ in Abwettern, Glückauf-Forschungshefte 53 (1990) 1

FIG. 3.2.6 - Misure di NO₂ rispetto ai TLV-STEL per zona di lavoro

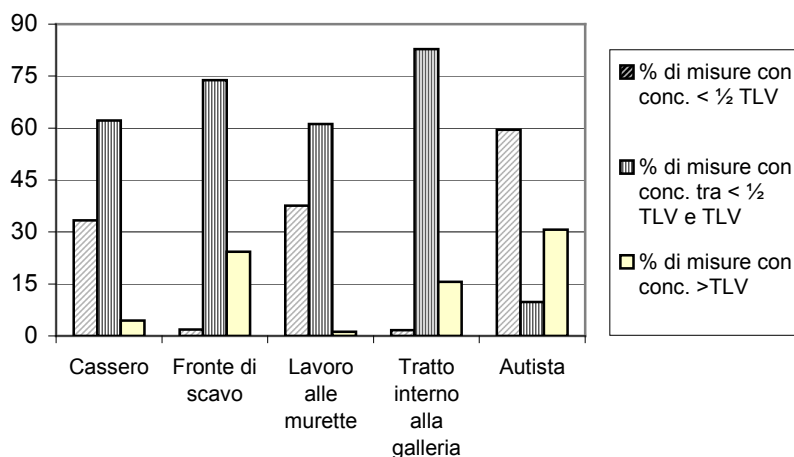
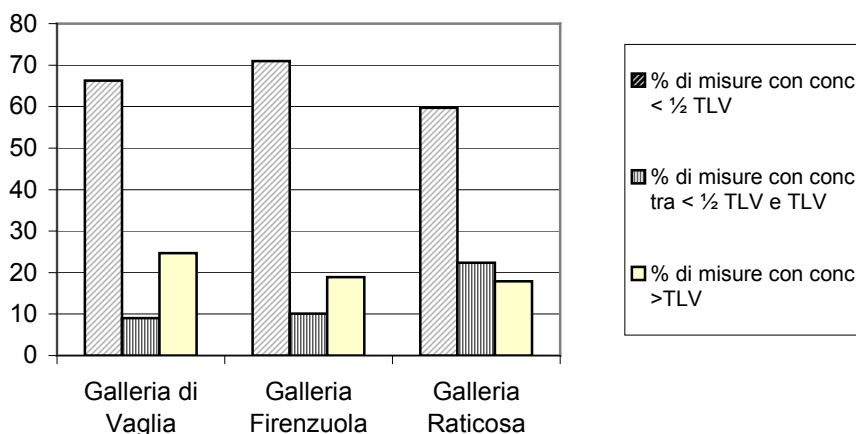


FIG. 3.2.7 - Misure di NO₂ rispetto ai TLV-STEL per galleria



L'indagine con opacimetro sulle emissioni dei mezzi diesel, già descritta nel paragrafo “indagini eseguite”, ha rilevato su 44 misure solo 2 situazioni (pari al 4,2%) di valori superiori a quelli consentiti per la circolazione stradale testimoniando, ulteriormente, l'efficacia degli interventi sulla manutenzione dei mezzi (finalizzati a migliorare la qualità dell'aria in galleria).

3.2.4 VALORI DI ESPOSIZIONE PER MANSIONE

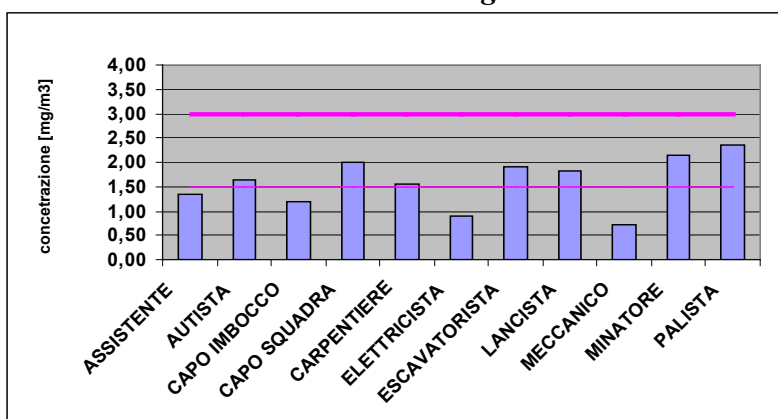
Nel 2001 è stata eseguita l'analisi delle valutazioni dell'esposizione giornaliera e/o settimanale dei lavoratori agli inquinanti aerodispersi: polveri (Frazione Respirabile e Quarzo Cristallino) e gas (NO₂, NO, CO).

Le figure 3.2.8 e 3.2.10 riportano, per le mansioni più comuni presenti in galleria, la collocazione dei valori medi di esposizione giornaliera e/o settimanale confrontate con i valori limite TLV-TWA previsti dalla ACGIH.

I dati sono stati *estratti dalle relazioni redatte dall'impresa principale nell'anno 2001*. Poiché sono riferiti a un periodo limitato di tempo e a gallerie in cui può essere diversa l'organizzazione del lavoro, sono riportati unicamente con lo scopo di dare un'idea dell'entità del fenomeno ma non possono essere utilizzati per estrapolare esposizioni di gruppo omogeneo.

La fig. 3.2.8 si riferisce ai valori di polvere aerodispersa sotto forma di frazione respirabile.

FIG. 3.2.8 - Valori medi di esposizione a polvere misurati come frazione respirabile e confronto con il TLV-TWA = 3 mg/m³

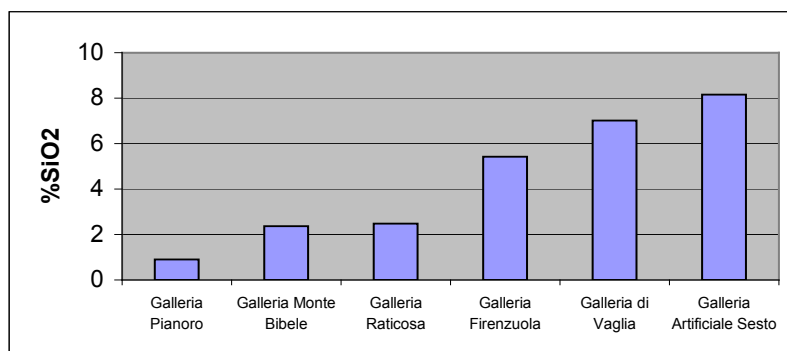


E' possibile notare che per molte mansioni (autista, caposquadra, carpentiere, escavatorista, lancista, minatore, palista) sono stati ottenuti valori di esposizione medi a polvere sotto forma di frazione respirabile compresi fra la metà del TLV-TWA e il TLV-TWA, mentre per nessuna mansione sono stati ottenuti valori superiori al TLV-TWA di 3 mg/m³.

Si fa tuttavia presente che la definizione di PNOC fornita dall'ACGIH per la quale si applica il valore limite di 3 mg/m³ riguarda polveri che abbiano un contenuto di silice libera cristallina inferiore all'1% in peso.

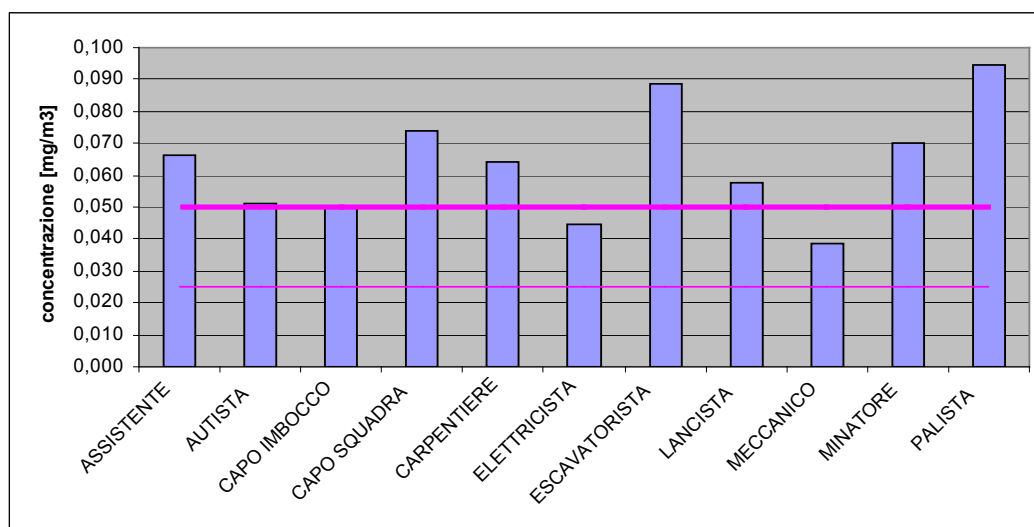
Nella figura 3.2.9 è illustrata una stima approssimativa, ricavata dai dati di esposizione, della percentuale in peso di silice libera cristallina nelle gallerie dei cantieri TAV.

FIG. 3.2.9.- Valori medi di % di silice libera cristallina per galleria estratti dai valori di esposizione



Nella figura 3.2.10 è illustrata la collocazione dei valori medi di silice libera cristallina per mansione.

FIG. 3.2.10 - Valori medi di esposizione a SiO₂ e confronto con il TLV-TWA di 0,05 mg/m³



Risulta che per tutte le mansioni sono stati ottenuti valori di esposizione medi superiori a metà del TLV-TWA (0,025 mg/m³). Inoltre, per le mansioni che comportano la presenza più o meno continuativa sul fronte di scavo (assistente, caposquadra, carpentiere, escavatorista, lancista, il minatore, palista) sono stati ottenuti valori di esposizione superiori al TLV-TWA (0,05 mg/m³).

Mentre risultano relativamente contenute le concentrazioni di polvere sotto forma di frazione respirabile, è notevole l'esposizione dei lavoratori a silice libera cristallina. Questo fatto è spiegato con l'elevata percentuale di silice presente nel terreno di scavo

Per ridurre la concentrazione di polvere aerodispersa presente sul fronte di scavo, e di conseguenza di silice libera cristallina, è previsto, quando questi accorgimenti non compromettono la sicurezza della viabilità e del fronte di scavo, l'inumidimento del manto stradale, del marino durante la sua rimozione e del fronte durante lo scavo.

Tuttavia in alcune gallerie i fronti risultano instabili a breve termine ed è spesso pertanto inattuabile la bagnatura del fronte durante le operazioni di scavo. Inoltre, la presenza talvolta di terreni con elevati contenuti in argilla non consentono la bagnatura del manto stradale.

Le procedure aziendali prevedono l'obbligo di utilizzo, durante le lavorazioni considerate maggiormente polverose che avvengono al fronte (scavo, spritz beton, perforazione ...) , di dispositivi di protezione individuale contro l'inalazione di polvere.

Un discorso a parte merita il problema legato all'elevata esposizione che risulta per la mansione escavatorista. L'escavatorista è l'operatore addetto alla manovra dei mezzi (escavatori) che operano sul fronte di scavo. Molte gallerie o fronti di scavo sono classificate grisucose ai sensi del capo X del DPR 320/56. Ai sensi dell'art. 73 di tale DPR, le macchine, le condutture elettriche e le apparecchiature presenti devono essere di tipo antideflagrante. Non essendo allo stato attuale disponibile per tutti i mezzi un sistema di ventilazione e di condizionamento delle cabine delle macchine operatrici idoneo ad operare nelle gallerie a rischio grisou, chi è addetto alla manovra delle macchine operatrici spesso lavora lasciando il finestrino aperto rimanendo così esposto alla polvere prodotta (nonché agli elevati livelli di rumore e condizioni climatiche disagiati se non a volta stressanti).