



PROGETTO SALUTE S.r.l.

www.progettosalutetn.it info@progettosalutetn.it

Prevenzione e sicurezza nel lavoro - Tutela dell'ambiente –
Igiene alimentare – Formazione – Qualità

Via Milano, 118 - 38100 TRENTO - tel. 0461.912765 - fax 0461.913793



Valutazione del rischio da vibrazioni meccaniche nella lavorazione del porfido

1. Premessa

In seguito all'emanazione del D.L.vo 187/05, la Commissione paritetica salute e ambiente del porfido (c/o ESPO – Albiano) ha ritenuto di procedere ad una valutazione del rischio da vibrazioni meccaniche attraverso un'indagine di settore.

Questa strategia appare sostenibile in considerazione della sostanziale omogeneità delle tecniche e delle procedure di estrazione e lavorazione all'interno del settore produttivo del porfido.

Vi sono tuttavia elementi di possibile diversità nelle tecniche di lavorazione che hanno indirizzato la costruzione del campione sottoposto a valutazione.

L'assenza di riferimenti specifici nelle banche dati ammesse dal Decreto citato come fonte di stima del rischio ci ha spinti verso la costruzione di un campione che potesse essere rappresentativo del settore, che è stato sottoposto a misure di vibrazioni sia per il sistema mano-braccio che per il corpo intero.

2. Criteri di costruzione del campione

Il processo produttivo è tradizionalmente suddiviso in tre lavorazioni :

- prima: fase di sfaldatura e cernita
- seconda: lavorazione a spacco per la produzione di cubetti, binderi e piastrelle
- terza: l'esposizione a vibrazioni sussiste unicamente nelle lavorazioni che vengono realizzate con utensili manuali o elettrici (scalpellatura, finitura, bocciardatura, ecc.); la fase lavorativa comprende anche altre lavorazioni tipiche dei materiali lapidei (taglio, lucidatura, fiammatura, lucidatura ecc.) con l'utilizzo di macchine che non comportano esposizione dell'operatore a vibrazioni.

A queste, vanno aggiunte alcune possibili fonti espositive come la movimentazione dei materiali (pale, carrelli, autocarri) e la frantumazione (frantoi).

Le possibili fonti di variabilità dell'esposizione a vibrazioni che sono state prese in considerazione sono:

- ritmo di lavoro (per stima diretta dall'osservazione del lavoro e non indiretta dai dati di produzione)
- tipo di materiale (spessore, durezza, ecc.)

- tipo di strumento utilizzato (mazza o mazzetta nella prima e seconda lavorazione)
- tipo di o macchina utilizzata (marca, modello, anno di costruzione per la seconda e terza lavorazione)
- zona di lavorazione (sono note differenze non occasionali nelle caratteristiche del materiale lavorato nelle zone di Albiano, Lona Lases, Fornace, Cembra e S. Mauro)
- nel caso della movimentazione dei materiali sono state registrate alcune caratteristiche rilevanti per la generazione e trasmissione delle vibrazioni (tipo di superficie percorsa, tipo di sedile, ecc)

La durezza del materiale è stata classificata in base al giudizio fornito sia dal lavoratore che dal capo cantiere della cava oggetto di indagine.

L'indicazione del ritmo di lavoro si è basata sulle seguenti considerazioni:

- **prima lavorazione:** sono stati verificati il numero di colpi al minuto di utilizzo della mazzetta e della mazza. L'indicazione del ritmo di lavoro è stata poi così giudicata:
 N° colpi/minuto di mazzetta superiore a 45: ritmo alto
 N° colpi/minuto di mazzetta compreso fra 40 e 45: ritmo medio
 N° colpi/minuto di mazzetta inferiore a 40: ritmo basso
 N° colpi/minuto di mazza superiore a 5: ritmo alto
 N° colpi/minuto di mazza inferiore a 5: ritmo medio
- **seconda lavorazione (cubettisti):** sono stati verificati il numero di impatti al minuto delle trincee utilizzate. L'indicazione del ritmo di lavoro è stata poi così giudicata:
 N° impatti/minuto superiore a 20: ritmo alto
 N° impatti/minuto inferiore a 20: ritmo medio
- **seconda lavorazione (binderisti):** sono stati verificati il numero di impatti al minuto delle trincee utilizzate. L'indicazione del ritmo di lavoro è stata poi così giudicata:
 N° impatti/minuto superiore a 15: ritmo alto
 N° impatti/minuto inferiore a 15: ritmo medio
- **seconda lavorazione (piastrellisti):** sono stati verificati il numero di impatti al minuto delle trincee utilizzate. L'indicazione del ritmo di lavoro è stata poi così giudicata:
 N° impatti/minuto superiore a 15: ritmo alto
 N° impatti/minuto compreso fra 10 e 15: ritmo medio
 N° impatti/minuto inferiore a 10: ritmo basso

Le aziende nelle quali sono state effettuate le misure sono state scelte in modo casuale da un elenco di 80 aziende fornito dalla Commissione paritetica.

3. Riassunto delle misure

Nel periodo aprile – luglio 2006 sono state effettuate n.119 misure di vibrazioni così suddivise:

Tipo di misura	Numero
Sistema mano braccio	68
Corpo intero	51
TOTALE	119

Lavorazione	Numero misure
Prima	24
Seconda	36
Terza	8
Movimentazione	45
Frantoi	6
TOTALE	119

Il dettaglio delle n. 119 misure è riportato nell'allegato 1.

I dati di vibrazione sono espressi come valore medio e come deviazione standard (DS), che descrive sinteticamente la dispersione dei valori misurati intorno al valore medio. Valori elevati di DS ci hanno indotti ad approfondire le variabili che potevano aver influenzato la dispersione dei valori alla ricerca dei fattori di rischio più rilevanti.

Per i rilievi delle vibrazioni trasmesse al corpo intero è stato utilizzato un analizzatore SVAN 948 collegato con un accelerometro triassiale modello SV 3143M1 inserito in un piatto semirigido di gomma interposto tra i glutei del conducente ed il piano del sedile per le misurazioni delle vibrazioni trasmesse a tutto il corpo.

Per le vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio è stato utilizzato un analizzatore SVAN 948 collegato con un accelerometro modello SV 3023A1 fissato ad apposita impugnatura. Nel caso di attrezzature che devono essere tenute con entrambi le mani, la misurazione è stata eseguita su ogni mano.

L'intera strumentazione è stata calibrata nel 2005 ed è conforme alle specifiche definite dal D.Lgs. 187/2005 e alle norme ISO 8041 e ISO 2631. Sono state rilevate contemporaneamente le accelerazioni longitudinali (asse x), trasversali (asse y) e verticali (asse z).

4. Definizioni e parametri

4.1 Vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio

Le metodiche valutative del rischio da esposizione a vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio sono definite dalla norma ISO 5349 (2001) e si basano sulla misura del valore quadratico medio r.m.s. dell'accelerazione ponderata in frequenza, espressa in m/s^2 . Tale quantità va rilevata lungo ciascuna delle tre componenti assiali del vettore accelerazione. A tal fine lo standard ISO 5349 (1997) definisce il sistema di assi cartesiani di misura x,y,z. La curva di ponderazione in frequenza W_h definita dallo standard è la stessa per ciascuno dei tre assi. L'intervallo di interesse igienistico si estende da 8 Hz a 1000 Hz.

La valutazione dell'esposizione a vibrazioni mano-braccio si basa sul calcolo dell'esposizione giornaliera $A(8)$ espressa come l'accelerazione continua equivalente su 8 ore, calcolata come radice quadrata della somma dei quadrati (valore totale) dei valori quadratici medi delle accelerazioni ponderate in frequenza, determinati sui tre assi ortogonali a_{wx} , a_{wy} e a_{wz} .

$$A(8) = a_{(w) \text{ sum}} \sqrt{Te/8}$$

dove

$$a_{(w) \text{ sum}} [m/s^2]: (a_{wx}^2 + a_{wy}^2 + a_{wz}^2)^{1/2}$$

Te [ore]: tempo di esposizione giornaliero alle vibrazioni

Nel caso in cui il lavoratore sia esposto a differenti valori di vibrazioni, come nel caso di più utensili vibranti nell'arco della giornata lavorativa, l'esposizione quotidiana a vibrazioni $A(8)$, in m/s^2 , sarà ottenuta mediante l'espressione:

$$A(8) = \left(\frac{1}{8} \sum_i^N A^2(w)_{\text{sum},i} T_i \right)^{1/2}$$

dove

$A^2(w)_{\text{sum},i}$ [m/s^2]: somma vettoriale dell'accelerazione ponderata in frequenza relativa all'operazione i-esima.

T_i [ore]: tempo di esposizione relativo all'operazione i-esima

3.1 Vibrazioni trasmesse al corpo intero

Le metodiche valutative del rischio da esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo intero sono definite dalla norma ISO 2631 (1997) e si basano sulla misura del valore quadratico medio r.m.s. dell'accelerazione ponderata in frequenza, espressa in m/s^2 . Tale quantità va rilevata lungo ciascuna delle tre componenti assiali del vettore accelerazione. A tal fine lo standard ISO 2631 (1997) definisce il sistema di assi cartesiani e specifici filtri di ponderazione in frequenza, definiti per ciascuno dei tre assi di misura x,y,z e per ciascuna delle differenti posture del corpo esposto a vibrazioni: eretta, seduta, supina. L'intervallo di frequenze di interesse igienistico, per i possibili effetti sul comfort e sulla salute, si estende da 1 Hz a 80 Hz.

Il valore totale di vibrazioni a cui è esposto il corpo si determina, in accordo con lo standard, mediante la seguente relazione:

$$a_v [m/s^2] = (k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2)$$

ove k_x e k_y assumono valore 1,4, nel caso di esposizioni in posizione seduta, e valore unitario per la posizione eretta, mentre il coefficiente k_z assume in entrambe i casi valore unitario. Per quanto riguarda gli effetti sulla salute è da considerarsi unicamente l'esposizione lungo la componente assiale dominante, moltiplicata per l'appropriato fattore correttivo k . La valutazione dell'esposizione a vibrazioni si basa sul calcolo dell'esposizione giornaliera $A(8)$ espressa come l'accelerazione continua equivalente su 8 ore, calcolata come il più alto dei valori quadratici medi delle accelerazioni ponderate in frequenza, determinati sui tre assi ortogonali conformemente alla norma ISO 2631-1 (1997) ovvero:

$$A(8) = a_v \sqrt{Te/8}$$

dove

$a_v [m/s^2]$: il più alto dei valori quadratici medi delle accelerazioni ponderate in frequenza, determinati sui tre assi x,y e z moltiplicato per il rispettivo coefficiente correttivo k .

Te [ore]: tempo di esposizione giornaliero alle vibrazioni

Nel caso in cui il lavoratore sia esposto a differenti valori di vibrazioni, analogamente al caso delle vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio, l'esposizione quotidiana a vibrazioni $A(8)$, in m/s^2 , sarà ottenuta mediante l'espressione:

$$A(8) = \left(\frac{1}{8} \sum_i^N a_{v,i}^2 T_i \right)^{1/2}$$

dove

$a_{v,i}^2 [m/s^2]$: il più alto dei valori quadratici medi delle accelerazioni dell'operazione i-esima.

T_i [ore]: tempo di esposizione relativo all'operazione i-esima

5 Criteri di valutazione del rischio

I livelli di rischio per l'esposizione a vibrazioni meccaniche previsti dal D.Lgs 187/2005 sono riportati nella tabella sottostante:

Tipo di vibrazioni	Limite di esposizione A(8)	Esposizione che fa scattare l'azione A(8)
Vibrazioni corpo intero	1,15 m/s ²	0,5 m/s ²
Vibrazioni mano-braccio	5 m/s ²	2,5 m/s ²

Il livello d'azione rappresenta quel valore di esposizione a partire dal quale devono essere attuate specifiche misure di tutela per i soggetti esposti. Tali misure includono la formazione dei lavoratori sul rischio specifico, l'attuazione di interventi mirati alla riduzione del rischio, il controllo sanitario periodico dei soggetti esposti.

Il valore limite rappresenta il livello di esposizione il cui superamento è vietato e deve essere prevenuto, in quanto esso comporta un rischio inaccettabile per un soggetto che vi sia esposto in assenza di dispositivi di protezione.

6. Valutazione dei risultati

6.1 PRIMA LAVORAZIONE

Numero misure	Valore medio a _{w,sum} (m/s ²)	DS
24	11,08	4,36

Dalle misure effettuate, la fase di sfaldatura con mazza e mazzetta induce livelli di vibrazione significativi al sistema mano braccio. La fase di cernita invece non espone a vibrazioni. All'interno della fase di sfaldatura, l'uso della mazzetta e della mazza occupa una parte del tempo che può variare sulla base delle caratteristiche del materiale che usualmente non supera la metà del tempo dedicato alla sfaldatura.

Dal momento che l'esposizione a vibrazioni è legato unicamente all'uso della mazza e della mazzetta, è necessario ponderare tale uso sul tempo di lavoro.

La durata temporale effettiva della fase di sfaldatura è sostanzialmente omogeneo fra i vari operatori e si colloca intorno alla metà del tempo lavorativo, con minime variazioni giornaliere e topografiche dovute al tipo di materiale sfaldato.

L'uso della mazza è invece più variabile, occupando comunque una parte esigua dell'attività complessiva, e sembra legato prevalentemente al tipo di materiale e solo in parte a procedure lavorative personali.

Nella fase di sfaldatura, il ritmo di lavoro, la durezza e lo spessore del materiale influenzano l'esposizione a vibrazioni.

Ritmo di lavoro	N. misure	Valore medio $a_{w,sum}$ (m/s²)	DS
Basso	4	7,48	0,43
Medio	14	10,87	4,16
Alto	6	13,95	4,71

Durezza	N. misure	$a_{w,sum}$ (m/s²)	DS
Media	19	10,24	3,91
Alta	5	14,26	4,96

Spessore	N. misure	$a_{w,sum}$ (m/s²)	DS
Inferiore a 8 cm	12	8,15	1,03
Superiore a 8 cm	12	14,01	4,47

Ma le differenze descritte dalle tabelle sopra riportate e la maggiore dispersione dei dati intorno al valore medio sono condizionate dall'uso della mazza. Infatti, escludendo la lavorazione con mazza, la differenza fra i vari sottogruppi si riduce notevolmente risultando poco significativa:

Ritmo di lavoro	N. misure	$a_{w,sum}$ (m/s²)	DS
Basso (senza mazza)	4	7,48	0,43
Medio (senza mazza)	10	8,38	0,32
Alto (senza mazza)	3	9,66	0,45

Durezza	N. misure	$a_{w,sum}$ (m/s²)	DS
Media (senza mazza)	15	8,34	1,03
Alta (senza mazza)	2	8,84	0,17

Spessore	N. misure	$a_{w,sum}$ (m/s²)	DS
Inferiore a 8 cm (senza mazza)	12	8,15	1,03
Superiore a 8 cm (senza mazza)	5	9,00	0,47

Se si restringe l'osservazione alla sola lavorazione con mazza, si sono ottenuti valori molto elevati di vibrazione, compresi fra 16,0 e 18,5 m/s². Il confronto fra valori medi è riportato dalla tabella successiva:

Mazza	N. misure	$a_{w,sum}$ (m/s²)	DS
No	17	8,40	0,97
Si	7	17,58	0,85

Valutazione dell'esposizione a vibrazioni A(8) per i manovali

Per calcolare l'esposizione a vibrazioni dei manovali sono state considerate due categorie temporali di utilizzo effettivo della mazzetta ¹, in quanto è noto che in alcune cave l'uso della mazzetta è ridotto rispetto alle altre per la migliore sfaldabilità del materiale. Per ogni categoria è stato calcolato A(8) al variare del ritmo di lavoro. Inoltre ai fini del rispetto dei valori limite è stato calcolato il tempo effettivo massimo giornaliero di utilizzo della mazza.

1.Utilizzo effettivo della mazzetta pari a 100 minuti/giorno ² durante le operazioni di sfaldatura:

- **con ritmo basso: A(8) = 3,42 m/s².**

Partendo da questo livello di esposizione (dovuto all'uso della mazzetta), il superamento del limite di esposizione si avrebbe con 21 minuti di uso effettivo della mazza³

- **con ritmo medio: A(8) = 3,83 m/s².**

Partendo da questo livello di esposizione (dovuto all'uso della mazzetta), il superamento del limite di esposizione si avrebbe con 17 minuti di uso effettivo della mazza³

- **con ritmo alto: A(8) = 4,41 m/s².**

Partendo da questo livello di esposizione (dovuto all'uso della mazzetta), il superamento del limite di esposizione si avrebbe con 9 minuti di uso effettivo della mazza³

2.Utilizzo effettivo della mazzetta pari a 60 minuti/giorno durante le operazioni di sfaldatura:

- **con ritmo basso: A(8) = 2,65 m/s².**

Partendo da questo livello di esposizione (dovuto all'uso della mazzetta), il superamento del limite di esposizione si avrebbe con 29 minuti di uso effettivo della mazza³

- **con ritmo medio: A(8) = 2,96 m/s².**

Partendo da questo livello di esposizione (dovuto all'uso della mazzetta), il superamento del limite di esposizione si avrebbe con 26 minuti di uso effettivo della mazza³

- **con ritmo alto: A(8) = 3,42 m/s².**

Partendo da questo livello di esposizione (dovuto all'uso della mazzetta), il superamento del limite di esposizione si avrebbe con 21 minuti di uso effettivo della mazza³

¹ Il tempo di sfaldatura si compone di un tempo effettivo di utilizzo della mazzetta e di un tempo dedicato a spostamenti, osservazioni e posizionamenti del materiale da lavorare. Questa suddivisione è stata assunta dall'osservazione ripetuta ed analitica di filmati dell'attività lavorativa

² Tale categoria corrisponde alla metà del tempo di sfaldatura (200 minuti/giorno) e ad un tempo massimo di utilizzo effettivo giornaliero della mazzetta in cava. Questo valore è stato assunto dall'osservazione ripetuta ed analitica di filmati dell'attività lavorativa

³ Il tempo d'uso della mazza deve essere inteso come tempo d'uso effettivo (nel quale si realizza l'esposizione a vibrazioni) e corrisponde a circa la metà del tempo in cui il lavoratore impugna la mazza. Questo valore è stato assunto dall'osservazione ripetuta ed analitica di filmati dell'attività lavorativa

6.2 SECONDA LAVORAZIONE

6.2.1 Produzione di cubetti e binderi

Numero misure	Valore medio $a_{w,sum}$ (m/s ²)	DS	Media impatti/min.
21	6,31	1,37	20,3

La produzione di binderi comporta un'esposizione a livelli di vibrazioni nettamente più elevati rispetto alla produzione di cubetti

PRODUZIONE	N. lavoratori	Valore medio $a_{w,sum}$ (m/s ²)	DS
Cubetti	16	5,82	0,59
Binderi	5	8,59	0,22

La durezza del materiale condiziona livelli di vibrazione sensibilmente più elevati solo nella produzione di binderi.

DUREZZA MATERIALE	N. lavoratori	Valore medio $a_{w,sum}$ (m/s ²)	DS
Media (compresi binderi)	17	5,98	1,29
Alta (compresi binderi)	4	7,38	1,52
Media (esclusi binderi)	15	5,77	0,63
Alta (esclusi binderi)	2	6,07	0,08

Il tipo di macchina non sembra condizionare in modo evidente l'esposizione a vibrazioni.

TIPO DI MACCHINA	N. lavoratori	Valore medio $a_{w,sum}$ (m/s ²)	DS
Mini K2000	4	5,94	0,45
Hydrotek	6	6,29	1,19
MEC	3	6,16	0,23
Steinex	4	6,13	1,47

L'uso della mazzetta comporta un'esposizione maggiore a vibrazioni. Anche in questo caso la produzione di binderi sembra condizionare l'esposizione a vibrazioni.

MAZZETTA	N. lavoratori	N. lavoratori addetti prod. binderi	Valore medio $a_{w,sum}$ (m/s ²)	DS
NO	8	-	5,66	0,63
2 colpi/minuto	7	2	7,04	1,29
3 colpi/minuto	3	3	8,40	0,19

Valutazione dell'esposizione a vibrazioni A(8) per cubettisti e binderisti

Per calcolare il valore A(8) di cubettisti e binderisti si è considerato che il tempo effettivo di esposizione alla sorgente vibrazionale (spacco) sia pari ad 1/3 del tempo effettivo di lavoro. In particolare considerando 420 minuti di lavoro, il tempo di esposizione è stato considerato pari a 140 minuti. Per i cubettisti il calcolo è stato fatto considerando due categorie distinte in base al numero di colpi della trancia, considerando che il valore medio è pari a 20 impatti/minuto. Per i binderisti è stato preso il valore medio delle trince misurate.

1. Cubettisti

- con un numero di impatti/minuto pari o inferiore a 20: $A(8) = 3,06 \text{ m/s}^2$
- con un numero di impatti/minuto superiore a 20: $A(8) = 3,35 \text{ m/s}^2$

2. Binderisti

$$A(8) = 4,64 \text{ m/s}^2$$

6.2.2 Produzione di piastrelle

Numero misure	Valore medio $a_{w,sum} \text{ (m/s}^2\text{)}$	DS	Media impatti/min.	Media colpi mazzetta/min.
14	2,13	0,22	11,6	5,1

La durezza del materiale e il tipo di macchina utilizzata non condizionano l'esposizione a vibrazioni.

L'uso della mazzetta comporta un lieve incremento nell'esposizione a vibrazioni.

MAZZETTA	N. lavoratori	Valore medio $a_{w,sum} \text{ (m/s}^2\text{)}$	DS
Colpi inferiori o uguali a 5	10	2,02	0,13
Colpi superiori a 5	4	2,41	0,14

Esposizione a vibrazioni A(8) per i piastrellisti

Per i piastrellisti il calcolo di A(8) è stato effettuato considerando che il tempo effettivo di spacco è pari ad 1/4 del tempo effettivo di lavoro. In particolare considerando 420 minuti di lavoro, il tempo di esposizione è stato considerato pari a 105 minuti. Il valore di esposizione a vibrazioni è stato calcolato per due categorie considerando rispettivamente il valore medio delle piastrellatrici ($2,13 \text{ m/s}^2$) ed il valore medio del gruppo che utilizza di più la mazzetta per la rifinitura del materiale con un numero di colpi superiore a 5 ($2,41 \text{ m/s}^2$):

- con il valore medio delle piastrellatrici: $A(8) = 1,00 \text{ m/s}^2$
- con un utilizzo della mazzetta superiore a 5 colpi al minuto: $A(8) = 1,13 \text{ m/s}^2$

6.3 TERZA LAVORAZIONE

Numero misure	Valore medio	DS	Intervallo
8	10,0	1,7	7,7 – 11,7

Sono state sottoposte a misura le lavorazioni

- finitura con scalpello
- smerigliatrice angolare stayer sa 10a con disco abrasivo per pietra lucidatura lastre
- rifinitura con mola portatile Bosch GPO 12
- bocciardatura manuale.

Dal momento che in tali lavorazioni vengono utilizzate ambedue le mani, la misura di vibrazioni è stata ripetuta sullo stesso soggetto per le due estremità.

I valori maggiori sono stati registrati nell'uso della smerigliatrice e nella bocciardatura.

Esposizione a vibrazioni A(8) per la terza lavorazione

E' stato calcolato il livello di esposizione a vibrazioni A(8) al variare del tempo di esposizione effettivo per ciascuna sorgente considerata. I valori utilizzati nel calcolo riguardano l'arto risultato più sollecitato desunto dalle misurazioni.

I colori verde, giallo e rosso indicano rispettivamente che il livello A(8) è inferiore alla soglia d'azione, compreso fra la soglia d'azione ed il valore limite e superiore al valore limite:

Finitura con scalpello:

Tempo di esposizione	10 minuti	20 minuti	30 minuti	40 minuti	50 minuti	Oltre 95 minuti
A(8)	1,63	2,30	2,82	3,25	3,63	> 5,0

Lucidatura lastre con smerigliatrice angolare portatile:

Tempo di esposizione	10 minuti	20 minuti	30 minuti	40 minuti	50 minuti	Oltre 88 minuti
A(8)	1,68	2,38	2,92	3,37	3,77	> 5,0

Rifinitura con mola portatile:

Tempo di esposizione	10 minuti	20 minuti	30 minuti	40 minuti	50 minuti	Oltre 170 minuti
A(8)	1,21	1,72	2,10	2,43	2,71	> 5,0

Bocciardatura manuale:

Tempo di esposizione	10 minuti	20 minuti	30 minuti	40 minuti	50 minuti	Oltre 92 minuti
A(8)	1,65	2,33	2,85	3,29	3,68	> 5,0

6.4 MOVIMENTAZIONE DEI MATERIALI

Numero misure	Valore medio $k a_{w,max}$ (m/s ²)	DS	Intervallo
45	0,76	0,19	0,31 – 0,99

Nessuno dei valori misurati ha superato il limite di esposizione a vibrazioni per il corpo intero.

MEZZO	N. misure	Valore medio $k a_{w,max}$ (m/s ²)	DS
Autocarro	7	0,67	0,26
Escavatore	2	0,80	0,01
Carrello diesel	8	0,82	0,19
Carrello elettrico	3	0,45	0,09
Pala gommata	25	0,81	0,14

Ad eccezione della maggior parte dei carrelli, tutti gli altri mezzi sono dotati di sedile ammortizzato.

L'anno di costruzione e il sistema di trasporto (benna o forche) non hanno mostrato di influenzare le vibrazioni al corpo intero a differenza invece della zona operativa delle pale:

Zona operativa pale gommate (tutte con sedile ammortizzato)	N. misure	Valore medio $k a_{w,max}$ (m/s ²)	DS	Intervallo
Piazzale	9	0,67	0,14	0,45 – 0,82
Cava	16	0,89	0,07	0,75 – 0,96

All'interno delle misure effettuate in cava, la regolarità della superficie ha mostrato di contribuire in misura vicina al 10% ai livelli di vibrazione totali:

Superficie cava (pale gommate)	N. misure	Valore medio $k a_{w,max}$ (m/s ²)	DS	Intervallo
Accidentata	3	0,95	0,05	0,90 – 0,96
Media o bassa irregolarità	10	0,86	0,07	0,76 – 0,98

Analogamente alle pale, anche per l'autocarro la superficie di transito è risultata determinante per la generazione di vibrazioni.

Superficie cava (autocarro)	N. misure	Valore medio $k a_{w,max}$ (m/s ²)	DS	Intervallo
Accidentata	4	0,83	0,02	0,72 – 0,89
Media irregolarità	2	0,53	0,18	0,40 – 0,65
Strada asfaltata	1	0,31	-	-

Valutazione dell'esposizione a vibrazioni A(8) nella movimentazione dei materiali

E' stato calcolato il livello di esposizione a vibrazioni A(8) al variare delle ore giornaliere di utilizzo nelle seguenti attività di movimentazione dei materiali. I colori verde e giallo indicano rispettivamente che il livello A(8) è inferiore alla soglia d'azione e compreso fra la soglia d'azione ed il valore limite di esposizione stabilito dal D.Lgs 187/05.

Guida pale gommate in cava:

Tempo di esposizione	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h
A(8)	0,44	0,54	0,63	0,70	0,77	0,83

Guida pale gommate su piazzale:

Tempo di esposizione	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h
A(8)	0,34	0,41	0,47	0,53	0,58	0,63

Guida autocarro su superficie accidentata:

Tempo di esposizione	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h
A(8)	0,42	0,51	0,59	0,66	0,72	0,78

Guida autocarro su superficie a media irregolarità:

Tempo di esposizione	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h
A(8)	0,27	0,32	0,37	0,42	0,46	0,50

Guida carrello elettrico:

Tempo di esposizione	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h
A(8)	0,23	0,28	0,32	0,36	0,39	0,42

Guida carrello diesel:

Tempo di esposizione	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h
A(8)	0,41	0,50	0,58	0,65	0,71	0,77

Guida escavatore:

Tempo di esposizione	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h
A(8)	0,40	0,49	0,57	0,64	0,70	0,76

6.5 FRANTOI

Numero misure	Valore medio k $a_{w,max}$ (m/s²)	DS	Intervallo
6	0,13	0,06	0,09 – 0,178

Le misure effettuate in varie zone di passaggio e controllo presso due impianti di frantumazione portano ad evidenziare che i livelli di accelerazione trasmessi al corpo intero sono sensibilmente inferiori alle soglie d'azione stabiliti dal D.Lgs 187/05.

7.0 Conclusioni

Nella tabella sottostante si riporta una sintesi in merito alla valutazione del rischio da vibrazioni meccaniche nella lavorazione del porfido suddivisa per attività monitorata:

Attività	Rischio da vibrazioni meccaniche
Prima lavorazione: manovali	La fase di sfaldatura con mazza e mazzetta induce livelli di vibrazione significativi al sistema mano braccio. La fase di cernita invece non espone a vibrazioni. Considerando il tempo massimo giornaliero di utilizzo effettivo della mazzetta con un ritmo alto di lavoro l'esposizione a vibrazioni trasmesse al sistema mano braccio risulta inferiore al valore limite stabilito dal D.Lgs 187/05. In tale situazione ai fini del rispetto del valore limite il tempo effettivo massimo giornaliero di utilizzo della mazza è risultato pari a 9 minuti. Tale tempo deve essere inteso come tempo d'uso effettivo (corrispondente a circa la metà del tempo in cui l'operatore impugna la mazza). Con ritmi di lavoro medi e bassi i livelli di esposizione sono sempre superiori alla soglia d'azione ma sensibilmente inferiori al valore limite.
Seconda lavorazione: cubettisti	L'esposizione a vibrazioni trasmesse al sistema mano braccio, considerando un numero di impatti al minuto maggiore del valore medio rilevato, risulta superiore alla soglia d'azione ma sensibilmente inferiore al valore limite.
Seconda lavorazione: binderisti	Considerando il valore medio delle vibrazioni prodotte dalle trince per binderi l'esposizione a vibrazioni trasmesse al sistema mano braccio risulta di poco inferiore al valore limite.
Seconda lavorazione: piastrellisti	L'esposizione a vibrazioni trasmesse al sistema mano braccio risultano inferiori alla soglia d'azione stabilita dal D.Lgs 187/05 anche considerando un utilizzo della mazzetta per la rifinitura della piastrella con un numero di colpi al minuto superiore a 5.
Terza lavorazione	L'esposizione a vibrazioni dipende dal tipo di lavorazione/attrezzatura. I valori maggiori si rilevano nell'uso delle smerigliatrici e nella bocciardatura manuale con tempi massimi di lavorazione di circa 90 minuti/giorno per non avere una esposizione a vibrazioni superiore al valore limite.
Movimentazione dei materiali	Nessuno dei valori misurati ha superato il limite di esposizione a vibrazioni per il corpo intero. La guida delle pale gommate può comportare una esposizione superiore alla soglia d'azione se si superano le 2,5 ore di utilizzo in cava e le 4 ore di utilizzo su piazzale. L'esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo intero derivante dalla

	<p>guida degli autocarri dipende dalla superficie di transito. Utilizzando autocarri su superfici di cava accidentate per 3 ore al giorno si superano le soglie d'azione.</p> <p>L'utilizzo di carrelli elevatori elettrici anche per 7 ore al giorno non comporta esposizioni superiori alle soglie d'azione.</p> <p>L'utilizzo sia di carrelli elevatori diesel che di escavatori per tempi pari alle 3 ore comporta una esposizione a vibrazioni pari alla soglia d'azione.</p>
Frantoi	<p>I livelli di vibrazione misurati presso le zone di passaggio e di controllo degli impianti di frantumazione sono sensibilmente inferiori alla soglia d'azione stabilita dal D.Lgs 187/05 per l'esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo intero.</p>

Trento, 24 agosto 2006

Dott. Ing. Luca Montrone
Iscritto all'albo n°2256

Dott. Azelio De Santa
Specialista in Medicina del Lavoro
ed Igiene e Medicina Preventiva