

III. AGENTI FISICI

Comunicazioni

Tentativo di standardizzare le risposte soggettive alle vibrazioni trasmesse a tutto il corpo

F. GOBBATO

Istituto di Medicina del Lavoro, Università degli Studi, Trieste

Riassunto. - Viene analizzata la natura delle risposte soggettive alle vibrazioni trasmesse a tutto il corpo e definita la relazione che intercorre tra parametri delle vibrazioni e reazioni psicosensoriali. Viene proposta una standardizzazione del linguaggio nello studio delle risposte soggettive alle vibrazioni e le singole etichette verbali vengono « tarate » in base ai corrispondenti valori di accelerazione. La taratura risponde alla legge di Weber-Fechner.

Summary (Standard Suggestion for Subjective Responses to Whole-body Vibration). - *The nature of subjective responses to whole-body vibration and the quantitative relation between these responses and physical parameters of vibration are analyzed. A standardization approach of language and semantic labeling of subjective responses is proposed. Such an approach is carried out by scaling the commonly used semantic labels and relating the scaled values to WBV parameters, according to the Weber-Fechner's law of sensation.*

Le reazioni psicosensoriali (RPS) alle vibrazioni trasmesse a tutto il corpo (WBV) rappresentano il miglior indice di stress e costituiscono un valido presupposto per definire i limiti di esposizione accettabili. Gli scopi di questa comunicazione sono: 1) definire la relazione che intercorre tra risposte soggettive e caratteri fisici delle WBV; 2) giungere, se possibile, ad una standardizzazione del linguaggio (etichette verbali) da usare nelle interviste (questionario).

Relazione tra RPS e caratteri fisici delle WBV.

Le vibrazioni sono caratterizzate da quattro parametri (frequenza, ampiezza, velocità, accelerazione), tra loro legati dalla seguente relazione:

$$\text{accelerazione} = 2\pi f \text{ (velocità)} = 4\pi^2 f^2 \text{ (ampiezza)}.$$

Sin dalle prime indagini [1-3] sugli effetti psicosensoriali delle WBV sono emerse alcune indicazioni e regole generali:

a) le risposte soggettive sono qualitativamente e quantitativamente correlate ai caratteri fisici delle vibrazioni;

b) quando stimoli diversi provocano sensazioni equivalenti, esiste di solito una relazione inversa fra frequenza ed ampiezza delle vibrazioni;

c) i livelli di equisensazione sono per lo più definiti da valori costanti di velocità o di accelerazione, che sono rispettivamente la prima e la seconda derivata dello spostamento (ampiezza) rispetto al tempo;

d) alle frequenze basse (2-12 Hz) i livelli di equisensazione dipendono dalla accelerazione, mentre alle più alte frequenze (12-70) dipendono dalla velocità.

Diverse equazioni empiriche sono state proposte per definire la relazione tra RPS e WBV ed in particolare quelle di Lippert e di Dieckmann sono le prime a soddisfare alle condizioni sopra enunciate. Per meglio illustrare questi concetti è stato costruito un nomogramma (fig. 1), che consente — nota la frequenza e l'ampiezza — di ottenere direttamente i corrispondenti valori di velocità e di accelerazione. Sul nomogramma viene data soluzione, a scopo esemplificativo, all'equazione di Lippert:

$$K = af^2 \quad (k \text{ da } 0,0698 \text{ a } 5,56), \text{ basse frequenze}$$

$$k = af \quad (k \text{ da } 0,00834 \text{ a } 0,15), \text{ alte frequenze}$$

in cui f = frequenza, a = ampiezza (spostamento) e k assume valori diversi a seconda del tipo di risposta (da « percettibile » a « molesto »). Come si vede in Fig. 1, i punti corrispondenti ai diversi livelli di sensazione si collocano sulla scala dell'accelerazione per le frequenze basse, sulla scala della velocità per le alte frequenze.

Scelta e standardizzazione delle etichette verbali.

Le indagini sulla soggettività si basano sul criterio d'opinione, che consiste nel chiedere al soggetto in esame un giudizio sui fenomeni di stress-strain provocati dallo stimolo a cui è sottoposto. Si usa allo scopo il metodo dell'etichetta verbale, che consiste nell'impiego di parole o frasi preordinate, con cui classificare i diversi

tipi di risposta. Nella Tab. 1 viene riportata una lista di etichette verbali usate da diversi AA., con accanto i valori di accelerazione (g) delle vibrazioni che hanno determinato il tipo di risposta (l'analisi è limitata alle WBV di bassa frequenza). Benché le indagini siano state eseguite con diversi criteri e metodi, i risultati sono relativamente omogenei e confrontabili. Appare quindi giustificato il tentativo di standardizzazione proposto nella Tab. 2. In essa vengono scelte 10 etichette verbali, che rendono possibili 18 combinazioni tra due gradi successivi della scala verbale. Accanto ad ogni etichetta viene riportato il valore (o, meglio, l'intervallo dei valori) di accelerazione che ad essa corrisponde. La scala consente quella flessibilità che è richiesta nelle indagini psicofisiologiche e che deve tener conto delle zone di transizione tra un tipo di risposta e la successiva e soprattutto della variabilità interindividuale ed infraindividuale delle risposte alle vibrazioni. È interessante notare che i valori numerici, associati alla scala verbale, sono direttamente proporzionali al logaritmo dei corrispondenti valori di accelerazione; ciò si accorda con la legge generale di Weber-Fechner, secondo cui l'intensità della RPS è direttamente proporzionale al logaritmo d'intensità dello stimolo.

La correlazione tra punteggio della scala verbale (y) e logaritmo naturale dell'accelerazione (x) è molto elevata ($r = 0,974$) e la regressione si scrive:

$$Y = 6,1524 + 1,0133 X.$$

La regressione consente di perfezionare i valori assegnati alla scala verbale (Tab. 2) e l'aderenza dei risultati alla legge psicofisica di Weber-Fechner conforta nel ritenere che i criteri di standardizzazione del linguaggio adottati siano accettabili e quindi proponibili.

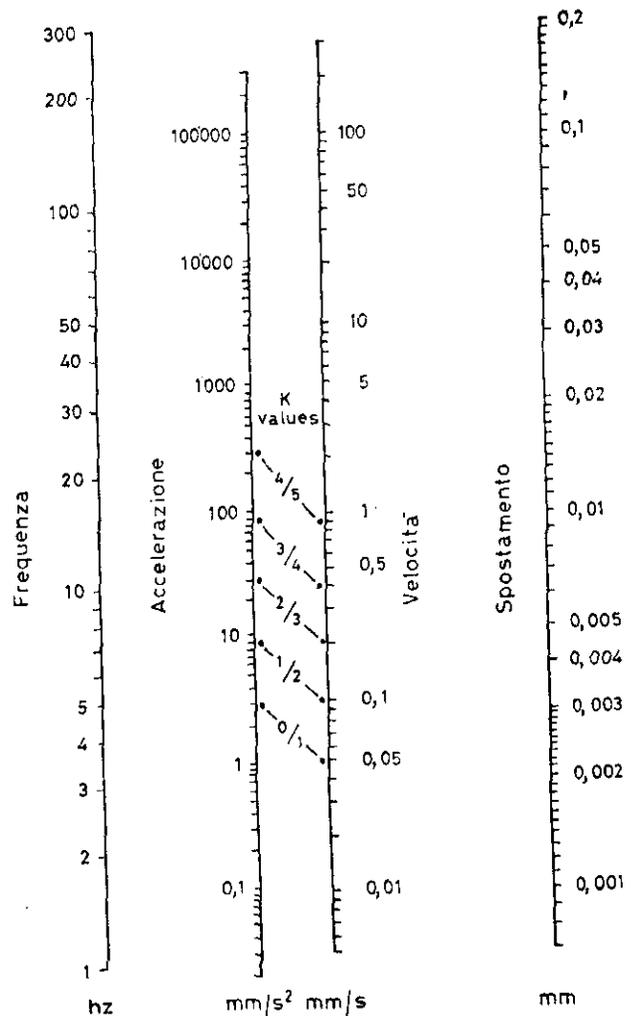


FIG. 1. - Nomogramma per ottenere i valori delle velocità e delle accelerazioni

Tabella 1. - Risposte alle vibrazioni (WBV) a bassa frequenza.

ETICHETTA VERBALE	Accelerazione	Autori
Impercettibile	0,00275	Lippert
Appena percettibile	0,0018-0,0085	Lippert; Helberg
Soglia di percezione	0,0035-0,004	Goldman; Dieckmann; Soliman
Sensazione innegabile	0,015	Helberg e Sperling
Chiaramente percettibile	0,018	Helberg e Sperling
Distintamente percettibile	0,024	Lippert
Chiaramente apprezzabile	0,012-0,04	Dieckmann
Fortemente apprezzabile	0,040-0,12	Dieckmann
Appena accettabile	0,07	Helberg e Sperling
Non disagiata	0,33	Jones e Saunders
Non disagiata	0,4±0,16	Fothergill
Non piacevole	0,12-0,40	Dieckmann
Soglia di tolleranza	0,30-0,40	Goldman
Soglia media di disagio	0,70	Jones e Saunders
Non spiacevole	0,7±0,35	Fothergill
Molto spiacevole	0,4-1,18	Dieckmann
Moderatamente « uncomfortable »	1,1±0,47	Fothergill
« Uncomfortable »	1,20	Jones e Saunders
Spiacevole	1,7±0,83	Fothergill e Griffin
« Uncomfortable »	1,8±0,77	Oborne e Clarke
Molto « uncomfortable »	2,3	Oborne e Clarke
Molto spiacevole	2,7±0,91	Fothergill
Estremamente spiacevole	1,18-3,9	Dieckmann
Intollerabile	3,94	Dieckmann

Tabella 2. - Scelta e taratura delle etichette verbali per la valutazione delle risposte soggettive alle WBV.

ETICHETTA VERBALE	Scala grezza	Accelerazione	Scala tarata
Impercettibile	0	< 0,002	0,00
Soglia di percezione	0/1-1	0,002-0,004	0,20
Chiaramente percettibile	2-2/3	0,01 -0,03	2,02
Chiaramente apprezzabile	3-3/4	0,05 -0,10	3,28
Appena accettabile	4-4/5	0,10 -0,30	4,22
Soglia di disagio	5-5/6	0,40 -0,60	5,10
Lievemente « uncomfortable »	5/6-6	0,60 -1,20	5,66
Molto « uncomfortable »	6/7-7	1,20 -2,20	6,27
Intollerabile	7-7/8	2,20 -3,20	6,71
Dannoso	> 8	> 3,20	—

BIBLIOGRAFIA

1. FOTHERGILL, L.C. & GRIFFIN, M.J. 1977. The subjective magnitude of whole-body vibration. *Ergonomics*. **20**: 521-533.
2. OBORNE, D.J. & CLARKE, M.J. 1974. The determination of equal comfort zones for whole-body vibration. *Ergonomics*. **17**: 769-782.
3. OBORNE, D.J. 1976. A critical assessment of studies relating wholebody vibration to passenger comfort. *Ergonomics*. **19**: 751-774.

Vibrazioni di martelli pneumatici: tecniche di misura e valutazione igienistico-industriale

M. BOVENZI (a), F. DI MARINO (b), L. PETRONIO (a), P. MORICH (b)

(a) Istituto di Medicina del Lavoro; (b) Istituto di Meccanica Applicata alle Macchine; Università degli Studi, Trieste

Riassunto. - Gli A.A. riportano i risultati di un'indagine tesa a valutare le vibrazioni generate da utensili di tipo percussorio e discutono gli accorgimenti tecnici necessari per un'accurata misura delle vibrazioni mano-braccio. Un martello da sbancamento ed una trivella generano vibrazioni di bassa frequenza, mentre un secondo martello da sbancamento presenta uno spettro a larga banda. Da ultimo vengono illustrati gli spettri di frequenza di un martello scalpellatore, ove si dimostra che l'usura meccanica è causa di importanti aumenti dei livelli di accelerazione delle vibrazioni lungo tutte le frequenze esplorate.

Summary (Measurement Techniques and Hygienic Aspects of Hand-arm Vibration of Pneumatic Percussion Tools). - *The authors report the results of measurement of hand-arm vibration of percussion tools. The methodological approach is also emphasized. A rock drill and a wimble produce low frequency vibrations, while another rock drill presents a broad band spectrum. The frequency spectra of a chipping hammer are reported. An old and unused hammer generate higher acceleration levels than a new, well balanced, one.*

Lo studio delle vibrazioni degli utensili percussori comporta la risoluzione di alcuni problemi inerenti alla tecnica di misura e ciò in relazione al fatto che tali utensili generano vibrazioni con elevato fattore di cresta. In pratica è necessario:

a) provvedere ad un rigido accoppiamento utensile-accelerometro mediante avvitarlo del trasduttore nello spessore dello strumento vibrante;

b) l'elemento sensibile del *pick up* (es. cristallo piezoelettrico) deve possedere una notevole resistenza agli urti e transienti e la frequenza di risonanza dell'accelerometro deve essere la più alta possibile (150-180 KHz), onde evitare il fenomeno del « DC zero shift » tipico dei comuni accelerometri, che si manifesta in una sovrastima dei livelli di accelerazione nella parte bassa dello spettro [1, 2]; alternativamente si può usare un filtro meccanico in grado di attenuare gli effetti dovuti alla risonanza del trasduttore;

c) è opportuno evitare che i segnali in uscita dal *pick up* determinino un sovraccarico delle varie componenti della strumentazione di misura.

Nella presente relazione vengono presentati gli spettri delle vibrazioni prodotte da tre martelli penuma-

tici e da una trivella, rilevati ottemperando ai requisiti tecnici sopraesposti.

MATERIALI E METODI.

Le vibrazioni sono state rilevate sul campo utilizzando un accelerometro per fenomeni impulsivi (B & K 8309), un fonometro impulsivo di precisione (B & K 2209) ed un tape record (B & K 7003). L'accelerometro è stato montato sull'impugnatura degli utensili lungo i tre assi X, Y, Z. Il set di strumenti di misura presentava una risposta costante in frequenza ($\pm 0,5$ dB) tra 2 e 12.500 Hz. In laboratorio i segnali registrati su nastro magnetico sono stati inviati ad un analizzatore in tempo reale a banda stretta (B & K 2031). Per poter confrontare i livelli di accelerazione rms (m/s^2) delle vibrazioni degli utensili con i criteri di rischio della proposta ISO/5349 DIS, gli spettri a banda costante (2,5 Hz) sono stati trasformati in 1/3 d'ottava mediante un calcolatore (HP 9825) ed un plotter (HP 9872).

RISULTATI E DISCUSSIONE.

Nella Fig. 1 sono riportati gli spettri delle vibrazioni di due martelli di sbancamento e di una trivella impiegati in edilizia e in lavori stradali. I tre utensili pesavano rispettivamente 30, 14,5 e 21 kg. Il martello A e la trivella generano vibrazioni di bassa frequenza con picchi di accelerazione di 30 e 11 m/s^2 rispettivamente a 20 e 31,5 Hz; tale andamento spettrale è tipico degli utensili pesanti a percussione e dalla letteratura è noto che elevati livelli di ampiezza alle basse frequenze sono causa di lesioni osteoarticolari a carico dei segmenti ossei degli arti superiori nei lavoratori che operano con questo tipo di utensili. Lo spettro del martello B, invece, è caratterizzato da elevati livelli di accelerazione (40-100 m/s^2) che si mantengono costanti in tutta la gamma delle frequenze esaminate (8-1000 Hz). Risulta evidente in questo caso il potenziale lesivo delle vibrazioni del martello, in quanto vengono ampiamente superati i limiti di rischio raccomandati dall'ISO nelle bande di frequenza tra 8 e 400 Hz.

Di un martello scalpellatore vengono presentati due spettri di frequenza (Fig. 2) che dimostrano le variazioni dei livelli delle vibrazioni generate da questo utensile in rapporto alle condizioni di manutenzione

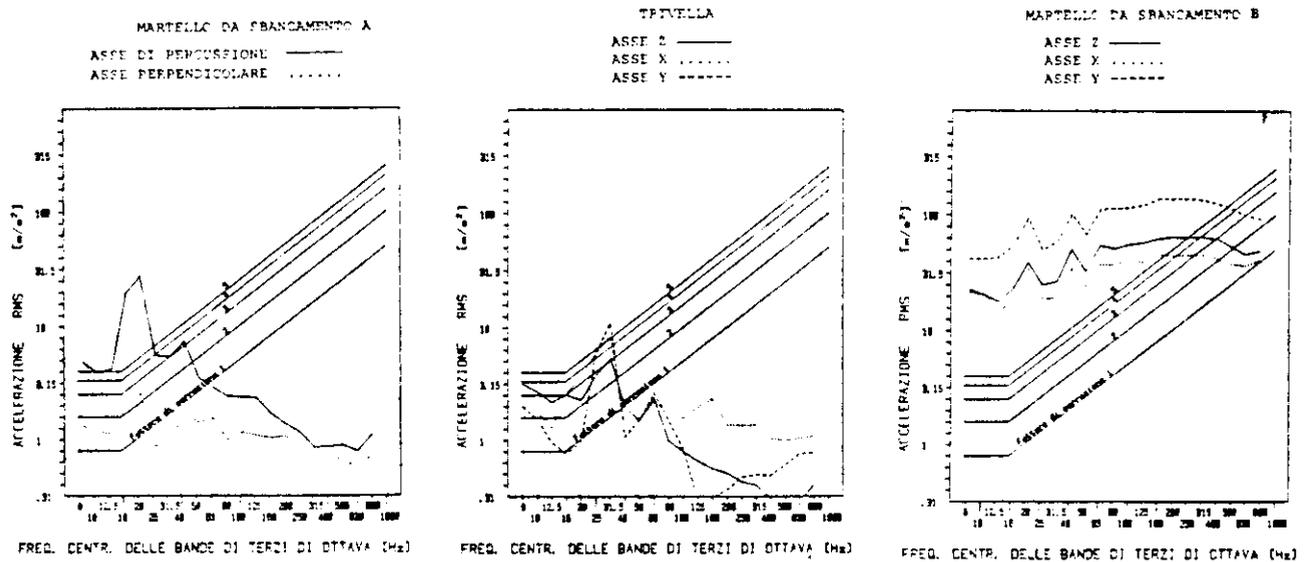


FIG. 1. - Spettri delle vibrazioni di due martelli da sbancamento e di una trivella: livelli di accelerazione rms (m/s^2) in funzione della frequenza in bande di 1/3 di ottava

meccanica. Si evidenzia che l'usura, i giochi ed i conseguenti sbilanciamenti dinamici delle parti meccaniche dell'attrezzo provocano un importante aumento dei livelli di accelerazione in tutte le bande di frequenza esplorate; in particolare, tale incremento è dell'ordine di 9,1 dB e di 7,9 dB, rispettivamente alla frequenza

fondamentale di 40 Hz e alla frequenza multipla superiore di 80 Hz. Ne deriva l'opportunità e la necessità di frequenti revisioni meccaniche degli strumenti vibranti, dato che il rischio specifico di osteoartropatia e di angioneurosi dipende principalmente dalle caratteristiche fisiche delle vibrazioni prodotte dagli utensili.

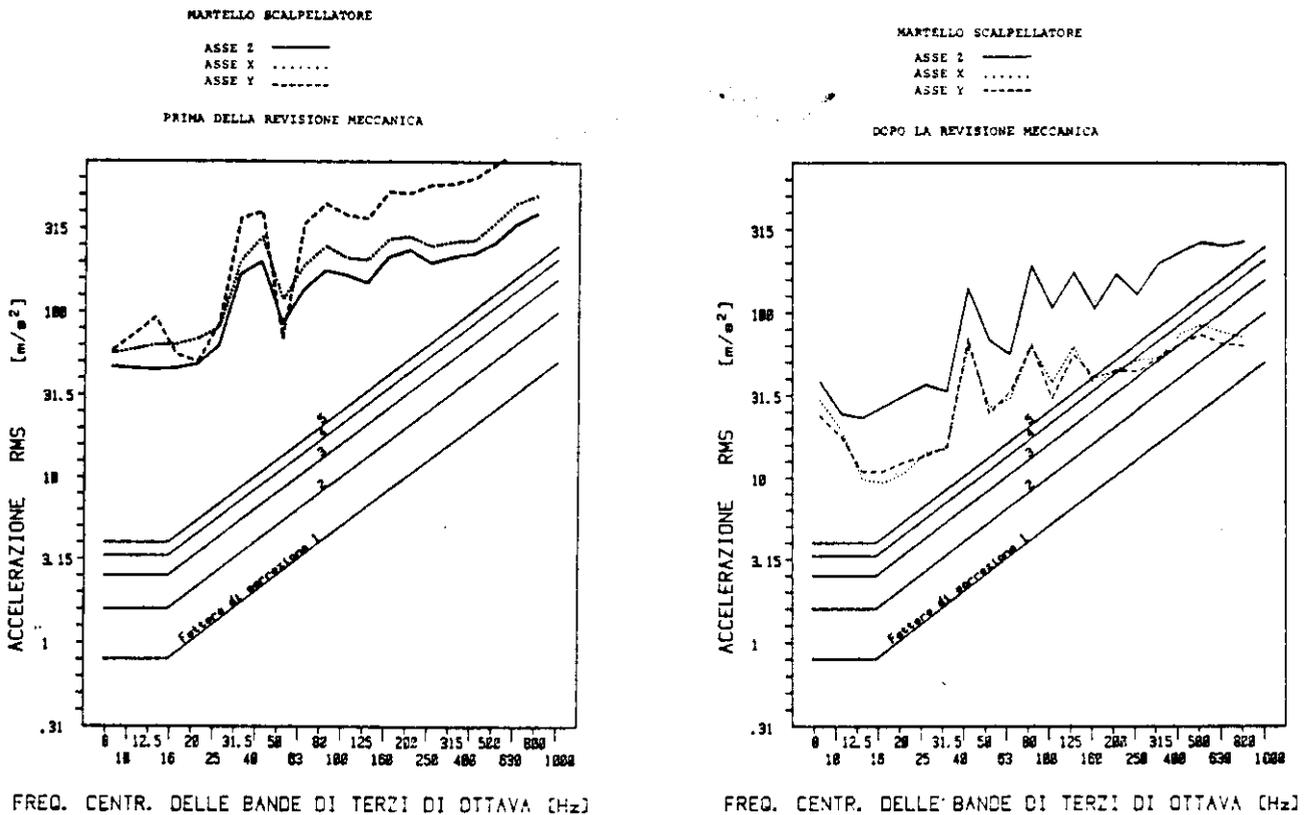


FIG. 2. - Differenza dei livelli di accelerazione generati da un martello scalpellatore in rapporto alle condizioni di manutenzione meccanica

BIBLIOGRAFIA

1. REDWOOD, R.A., BEALE, K.P. & WISEMAN, A.S. 1977. Measurement of hand arm vibration levels caused by chipping hammers of two design. *Ann. Occup. Hyg.* **20**: 369-373.
2. BOVENZI, M., PETRONIO, L. & DI MARINO, F. 1980. Note metodologiche ed esperienze sulla misura delle vibrazioni generate da utensili portatili di tipo percussorio. *Med. Lav.* **3**: 235-343.

Nuovi criteri di valutazione della rumorosità in ambienti di lavoro

P. BATTINI (a), R. FRANCALANCI (b) e P. DONATI (b)

(a) USL n. 10/A, Firenze;

(b) USL n. 20/B, Firenze

Riassunto. - *Gli autori studiano il rumore in 13 vetrerie divise in due classi, la prima artigiano-artistica e la seconda industriale. Verificano sia il rumore continuo che impulsivo. Sulla base dei suggerimenti del gruppo di studio B della Commissione ISO TC43SC, hanno calcolato il livello percepito usando il metodo Mark VII; tale livello è stato confrontato con i valori riscontrati utilizzando la curva di ponderazione D).*

Summary (New Criteria for Noise Level Evaluation in Working Environments). - *The authors divided the glassworks under investigation into two groups according to the type of manufacture; that is, the industrial, mechanical-hollow type and the traditional, craftwork type. Both continuous and impulse noises were studied for each of the glassworks. On the basis of the suggestions of the B Committee of the ISO TC43SC, the authors discuss whether or not to characterize the noise by frequency even with a D weighting filter. Moreover, the authors, again with reference to the indications of the aforesaid committee, have calculated the Perceived Level using the Mark VII method, having found this last a good subjective index for noise characterization.*

Negli ultimi anni sono stati pubblicati numerosi lavori dai quali traspare una insoddisfazione circa i filtri di ponderazione con i quali vengono pesati i livelli di pressione sonora rilevati negli ambienti di lavoro [1-3]. Tali filtri di pesatura, nati dalle isofo- niche di Fletcher e Munson sono conosciuti come A, B e C ed operano tagli alle basse frequenze (fino ad 1 kHz). Il loro uso doveva essere funzione della intensità del rumore complesso rilevato, ma, indipendentemente da queste condizioni e soprattutto per ragioni di praticità, si è affermato l'uso del filtro A. Successivamente furono proposti altri filtri di ponderazione, quali il D, D₂ ed E¹. Nel 1975 Bruel [2], al congresso internazionale «L'Uomo e il Rumore», tenutosi a Torino, ha risollevato alcuni interrogativi circa la validità dell'uso delle scale di ponderazione comunemente usate nella valutazione del rumore, indipendentemente e dalla intensità e dalla distribuzione in frequenze di esso. L'autore suggerì, in quella occasione, la pesatura del rumore stazionario mediante filtro D, il quale invece è tuttora usato solo per i rilevamenti di rumorosità di jet e degli Aircraft. La formulazione di tale ipotesi di lavoro si basa sul fatto

che quest'ultimo filtro esalta il range di frequenze compreso tra 1500-4000 Hz, proprio dove è più evidente la prevalenza delle ipoacusie professionali. Nel 1977 sono stati resi noti i risultati del gruppo di studio B della Commissione ISO TC/43/SC 1 il cui compito era stato quello di correlare i rumori quasi stazionari con le relative sensazioni soggettive. A tale scopo furono considerati 21 tipi di rumore diverso e la soggettività di 400 soggetti.

Le conclusioni a cui tale gruppo pervenne si possono così riassumere:

1) disaccordo fra sensazioni soggettive e filtri di ponderazione A, B, C e D: tra questi però il più adatto sembrava essere il filtro D;

2) gli indici di valutazione della sensazione soggettiva più idonei sembravano essere quelli di Zwicker e Stevens.

Accettata questa ultima ipotesi, noi, avendo a disposizione i dati relativi a 13 vetrerie diverse, dopo filtrato mediante circuiti di ponderazione A e D i rumori che avevamo registrato in dB lineare abbiamo voluto valutare l'accordo tra dB (D) e i valori calcolati del *Perceived Level* (PL) di Stevens [3]. Tali calcoli sono stati effettuati con il metodo corretto dello Stevens nel 1972 e conosciuto come Mark VII. La correzione principale apportata all'iniziale indice di Stevens (Mark VI) è basata sui seguenti punti fondamentali:

1) il tono puro di riferimento è centrato a 3150 Hz, anziché a 1000 Hz e ad esso è assegnato un livello di 32 dB, riferito a 20 μ Pa, corrispondente a 1 sone;

2) il fattore di correzione (F), dovuto all'effetto di mascheramento, è ora variabile con il livello di sensazione sonora.

Come riportato in Tab. 1, il calcolo del Mark VII viene effettuato per passi successivi:

1) trasformazione del livello di pressione sonora da dB lin. in sones per ciascun centro banda mediante apposita tabella;

2) utilizzazione del massimo valore espresso in sones (S_m) per calcolare il fattore F;

3) somma di tutti i sones (ΣS) calcolati nei centri banda dello spettro;

Tabella 3. - Valori del PL (in dB), dB(A) e dB(D) di 83 misure in 10 vetrerie artigiane.

PL	dB(D)	dB(A)
77.....	76,2	71,5
79.....	78,5-81,5	72-73
81.....	79,0	73
82.....	82,0-83,0	76-79
83.....	82,0-85,0	78-81
84.....	84,5-87,0	79-80
85.....	85,7-89,7	79-81
86.....	84,0-86,0	81-82
87.....	86,5-88,7	81,5-82
88.....	89,7	86
89.....	87,5-90,0	84-86
90.....	87,7-92,5	83-87
91.....	90,5-92,5	83-87,5
92.....	91,0-93,5	85-90
93.....	91,0-95,5	87-91
94.....	93,5-95,2	88-90,5
95.....	93,5-96,0	86-92
96.....	95,2-96,5	90-91,5
97.....	96,5-97,0	90-91,5
98.....	98-101,1	91,5-92
99.....	101,5	94
101.....	102,0	104
102.....	99,5	92
109.....	109,0	97-102

Per verificare tale ipotesi, viene calcolato il valore t secondo la formula:

$$t_{\text{calcolato}} = \sum d_i \sqrt{\frac{n-1}{n \sum d_i^2 - (\sum d_i)^2}}$$

dove: $n = n$. di misure;

$d_i =$ differenze di valori accoppiati;

e confrontato con i valori di t_{α} tabulati da Student, funzione di α e dei gradi di libertà.

L'ipotesi nulla ($H_0: \bar{d} = 0$) è verificata quando $t_{\text{calcolato}}$ è minore di t_{tabulato} .

I risultati di tali test sono riportati in Tab. 4. Da essa emerge come l'ipotesi sia verificata solo per le serie di dati relativi al PL e dB (D) e sia rigettata per i valori di PL e dB (A).

In altri termini, si può affermare che non esiste differenza significativa tra il valore calcolato del PL ed il valore sperimentale del dB (D), comunque siano raggruppate le vetrerie. Pertanto, da quanto emerso dall'esame statistico dei dati, può essere affermato che in presenza di rumore stazionario e/o fluttuante, i livelli di pressione sonora ottenuti con filtro di ponderazione D si accordano molto con l'indice soggettivo PL. Confortati dai risultati ottenuti, è nostra intenzione estendere lo studio ad altri ambienti di lavoro caratterizzati dal tipo di rumore esaminato.

Tabella 4. - Confronto delle medie di 2 serie di dati accoppiati. Test basato sulla legge di Student.

	$t_{\text{calcolato}}$	t_{α}
Totali vetrerie artigiane	PL—dB(A) 23,340	$\eta = 83$
	PL—dB(D) — 1,952	$\nu = 82$ $\alpha = 0,05$
Totali vetrerie industriali	PL—dB(A) 19,93	$\eta = 36$
	PL—dB(D) 0,860	$\nu = 35$ $\alpha = 0,05$
Totali vetrerie (artigiane + industriali)	PL—dB(A) 28,555	$\eta = 119$
	PL—dB(D) — 1,297	$\nu = 118$ $\alpha = 0,05$

BIBLIOGRAFIA

1. KRITER, K.D. 1970. *The effects of noise on man*. Academic Press.
2. ROSSI, G. & VIGONE, M. (Eds). 1976. *Atti del Congresso Internazionale L'uomo e il Rumore*. Torino, 1975. Minerva Medica.
3. STEVENS, S.S. 1972. Perceived level of noise by Mark VII and decibels. *J. Acoust. Soc. Am.* **51** (2): 594-596.

Valore e significato delle misurazioni fonometriche sporadiche: quantizzazione probabilistica

E. CROVATO (a), M. RE (a), O. MALVANI (b), M.G. GARAGIOLA (a), P. PERITI (c),
A. MORELLI DI POPOLO (d) e C. MORELLI DI POPOLO (e)

(a) Istituto Medicina Preventiva dei Lavoratori; (b) Centro Studi e Ricerche Tossicologia Industriale; (c) Istituto Patologia Generale; (d) Consulente perito amministrativo; (e) Consulente perito agrario; Università degli Studi, Pavia

Riassunto. - In caso di esposizioni a rumori di intensità variabile nel tempo, l'uso di strumenti ad integrazione consente la valutazione del rischio tramite il « livello equivalente ». In assenza di tale strumentazione anche rilievi fonometrici del livello istantaneo di rumore possono essere soddisfacenti, purché adeguatamente programmati in base alla conoscenza dei cicli e delle fasi lavorative durante l'intero turno di lavoro. Il calcolo degli indici parziali per le singole fasi lavorative e dell'indice globale di esposizione, è stato automatizzato con un programma di calcolo in linguaggio SOA, utilizzabile su mini-elaboratore TI-59.

Summary (A method for Quantitative Evaluation of Variable Noise Exposure Through Measurements by Sound Level Meter SL-meter). - When sound level varies significantly during the workday, occupational exposure to noise can be directly evaluated by use of adequate instrumentation, such as statistical analyzers for ambient and « personal » use. Measurements by SL-meter are satisfactory for evaluation of variable noise exposure if a proper measurement program covering all working phases is followed. Computation of fractional (for single working phases) and total (for daily exposure) noise dose is performed by a micro-computer program in AOS language.

INTRODUZIONE.

L'esigenza di elaborare con metodologia statistica i risultati di indagini ambientali al fine di una verifica del loro valore e significato, può essere soddisfatta nel caso dell'esposizione professionale a rumore con adeguate soluzioni tecnologiche. Esistono infatti alcuni tipi di strumentazione (analizzatori statistici di livello di rumore nell'ambiente e rilevatori-elaboratori dei dati di esposizione individuale) che anche in presenza di rumori molto variabili nel tempo consentono di definire con precisione il grado di rischio effettivo, fornendo il valore del livello equivalente Leq insieme ad altri indici di valutazione [1]. Anche misure di tipo

fonometrico istantanee, se adeguatamente programmate ed elaborate, consentono di determinare in modo soddisfacente il grado di esposizione effettiva in presenza di rumore variabile; la procedura da noi adottata in tali casi è qui descritta.

METODO.

Il procedimento di valutazione consiste di tre momenti. Il primo è lo studio analitico del ciclo lavorativo, con l'identificazione delle singole fasi lavorative caratterizzate da uno specifico livello di rumore, al fine di definirne l'esatta durata nel turno. Il secondo consiste nella determinazione fonometrica (eventualmente con registrazione grafica) dei livelli sonori medi per ciascuna fase lavorativa; il terzo è rappresentato dalla elaborazione dei dati sperimentali mediante i criteri di valutazione proposti dall'ACGIH [2] e ripresi, con alcune modifiche dei limiti permessi di esposizione, dalla normativa OSHA e NIOSH [3, 4]. In particolare si ricorda che l'esposizione massima consentita (EMC) ad ogni singolo livello di rumore è così espressa in funzione dell'intensità in dBA:

$$EMC = \frac{480}{2^{0,2(L_{dBA}-1)}} ;$$

dove: $L = 90$ dBA (OSHA) oppure 85 dBA (ACGIH).

Il livello equivalente globale che risulta dalle esposizioni agli n rumori singoli è espresso come:

$$Leq = \frac{\log \sum_{i=1}^n \frac{EE_i}{EMC_i}}{0,2 \log 2} + L ;$$

dove:

EE_i = tempo di esposizione effettiva al rumore i -esimo;

Posters

Il rumore impulsivo in un'industria metalmeccanica: confronto tra due metodi di misure

M. BOVENZI (a), F. DI MARINO (b), C. NEGRO (a), A. FIORITO (a), D. POZZETTO (b),
e L. PETRONIO (a)

(a) Istituto di Medicina del Lavoro; (b) Istituto di Meccanica applicata alle Macchine; Università degli Studi, Trieste

Riassunto. - In un'industria metalmeccanica sono state effettuate misure del rumore impulsivo generato da 2 trince, 2 presse, 1 punzonatrice. Sono stati utilizzati due diversi metodi di rilevamento: con dosimetro individuale avente gamma dinamica 80-140 dB, campo di frequenza 10Hz-10KHz, capacità di risposta a picchi di rumore di durata minima di 0,1 m/s, e mediante tecnica oscilloscopica, applicando poi per il calcolo di L_{Aeq} del rumore impulsivo, la formula proposta da Martin e Atherley. Si è avuta un'ottima corrispondenza tra le misure effettuate. Gli autori ritengono che l'utilizzo di dosimetri con le caratteristiche sopra riportate garantisca un'accurata misura del L_{Aeq} del rumore impattivo industriale.

Summary (Impact Noise in Metallurgic Industry: Comparison Between Two Methods of Measurement). *Impact noise produced by shears, punch-presses and hand metal-punch have been measured in a metallurgic plant. Two different methods have been used: 1) personal dosimeter with dynamic range 80-140 dB, frequency range 10Hz-10kHz and response to noise as short as 0.1 m/s 2) oscilloscopic technique. In this case L_{Aeq} for impulse noise has been calculated using the Martin and Atherley [1] formula. An excellent correspondence between the two methods resulted. The authors believe that personal dosimeter as that tested in this study, guarantees an accurate determination of L_{Aeq} of impulse noise.*

Il rumore rappresenta uno dei principali rischi dell'industria metalmeccanica, tuttavia la valutazione del rischio risulta oltremodo difficoltosa in quanto ci si trova dinanzi, il più delle volte, a molteplici fonti di rumore di tipo stazionario e non. D'altra parte, il possibile effetto di potenziamento tra rumore continuo e rumore impulsivo rende necessaria, accanto a misure del livello equivalente del rumore continuo e/o fluttuante, una precisa valutazione del rumore impattivo e ciò non sempre è possibile per difficoltà tecniche inerenti tale tipo di misure. Uno dei più usati metodi di rilevamento del rumore impattivo di origine industriale, elaborato estendendo a tale tipo di rumore il principio dell'eguale energia ($q = 3$ dB), è quello proposto da Atherley e Martin [1]: tale metodo, basato sulla conoscenza di una serie di parametri, quali una

accurata misura del livello di picco, il tempo di salita e il tempo di decadimento dell'onda di pressione sonora ($1/e$), la frequenza di ripetizione degli impatti, richiede una strumentazione sofisticata e costosa.

Scopo della nostra indagine è stato quello di verificare se metodi di misura del rumore impulsivo basati sulla dosimetria individuale siano confrontabili con quanto proposto dagli autori anglosassoni.

MATERIALI E METODI.

In un'industria metalmeccanica produttrice di bombole di acciaio speciale è stato misurato il rumore impattivo generato da due trince, 2 presse, 1 punzonatrice.

Sono stati utilizzati 2 diversi metodi di rilevamento:

a) dosimetro individuale della ditta Brüel & Kjaer (B & K 4428) con le seguenti caratteristiche: gamma dinamica 80-140 dB, campo di frequenza 10 Hz-10kHz, capacità di risposta a picchi di rumore di durata minima di 0,1 m sec;

b) tecnica oscilloscopica basata sull'uso di un fonometro impulsivo di precisione (B & K 2209) equipaggiato con un microfono da 1/4" (B & K 4136) e collegato con un oscilloscopio a memoria (HP 1201A).

Il livello di picco e il tempo di decadimento dell'impulso sono stati ricavati dalla forma dell'onda visualizzata sull'oscilloscopio. Tali parametri e il numero di impulsi della sorgente per il turno di lavoro sono stati utilizzati per il calcolo di L_{Aeq} del rumore impattivo secondo la seguente formula, proposta da Atherley e Martin [1]:

$$L_{Aeq} = 85,4 + 20 \log_{10} (p_h) + 10 \log_{10} (n) + \\ + 10 \log_{10} (t_c) + 10 \log_{10} (1 - e^{-2/t_c} e^n) ;$$

dove:

p_h = livello di picco;

n = numero di impatti/s;

t_c = tempo impiegato dall'impulso per decadere a 0,37 % del p_h .

RISULTATI E DISCUSSIONE.

Nella Fig. 1 sono riportati alcuni esempi delle forme di onda di pressione sonora visualizzate sull'oscilloscopio a memoria e utilizzate per calcolare il L_{Aeq} secondo la formula sopra riportata. Nella tabella (Tab. 1) sono indicati i valori di L_{Aeq} rilevati con metodo oscilloscopico e con il dosimetro individuale (rispettivamente colonne A e B) su ciascuna sorgente di rumore impulsivo analizzata singolarmente. Dai dati riportati, che rappresentano i valori medi di 10 misure per singola postazione, emerge chiaramente l'ottima corrispondenza tra le misure effettuate con le due diverse metodiche.

Si ritiene pertanto che il semplice utilizzo di dosimetri con le caratteristiche dinamiche sopra riportate, garantisca un'accurata misura del rumore impulsivo di origine industriale.

I metodi dosimetrici inoltre sono preferibili in presenza di molteplici sorgenti di rumore impulsivo: infatti, in condizioni di completo regime operativo di tutte le macchine, i L_{Aeq} del rumore delle presse e della punzonatrice (Tab. 1, colonna C) risultano essere sensibilmente più elevati di quelli misurati sulla sorgente singolarmente in funzione. Infatti, mentre il dosimetro integra automaticamente nel tempo anche il rumore impulsivo proveniente dalle altre macchine, le tecniche oscilloscopiche obbligherebbero in tal caso a molteplici e indaginosi rilievi per il calcolo del L_{Aeq} .

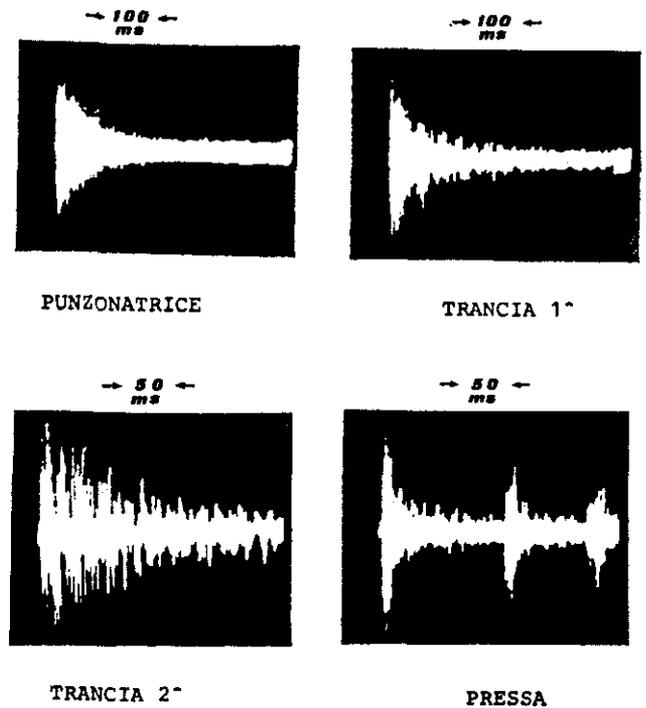


FIG. 1. - Forme dell'onda di pressione sonora visualizzate sull'oscilloscopio ed utilizzate per il calcolo del L_{Aeq} secondo Atherley & Martin [1]

Tabella 1. - Confronto tra L_{Aeq} rilevati presso le macchine sorgenti di rumore impulsivo con metodo oscilloscopico e dosimetrico (valori medi di 10 misure per postazione).

	dB peak	Pa	t_e m/s	Numero impatti/die	L_{Aeq}	L_{Aeq}	L_{Aeq}
					oscilloscopio	dosimetro singola macchina	dosimetro 7,5 ore
					A	B	C
Trancia 1	132,8	87,3	150	844	100,9	101,4	101,4
Trancia 2	127,0	44,8	220	750	96,3	96,5	97,0
Pressa 1	126,0	39,9	100	1.125	93,6	94,4	97,3
Pressa 2	122,0	25,2	300	1.125	94,4	94,1	98,0
Punzonatrice	121,0	22,4	250	1.784	94,6	94,3	97,4

BIBLIOGRAFIA

1. ATHERLEY, G.R.C. & MARTIN, A.M. 1971. Equivalent continuous noise level as a measure of injury from impact and impulse noise *Ann. Occup. Hyg.* 14: 11-23.

Criteri di valutazione della rumorosità per il personale dell'industria petrolchimica fornito di cabine fonoisolanti

A. CASTAGNOLI e G. VENDRAMIN

Istituto di Medicina del Lavoro, Università Cattolica del Sacro Cuore, Roma

Riassunto. - *Gli impianti nell'industria petrolchimica sono spesso forniti di cabine o stanze fonoisolanti dove il personale, adibito prevalentemente ad attività di controllo in sale motori, pompe o compressori, ha la possibilità di trascorrere la maggior parte del turno lavorativo. Durante queste pause di esposizione al rumore, con livelli sonori inferiori a 75 dB(A), se di sufficiente durata, il personale ha la possibilità di recuperare parzialmente o totalmente lo spostamento temporaneo di soglia (TTS) contratto durante l'attività di controllo. Vengono riportati i livelli sonori medi, il tempo di esposizione di ogni controllo, la durata delle pause ed il numero dei controlli in alcune sale compressori, pompe e motori e vengono espresse delle riserve sulla validità di applicazione dei limiti proposti dagli Igienisti Industriali Americani. Per tener conto dell'effetto benefico delle pause sono state infatti elaborate, nelle due Germanie, delle norme che consentono di stabilire, in base al tempo di pausa, alla durata dell'esposizione, al livello sonoro del rumore ed al numero dei controlli durante il turno lavorativo, se sussistono delle condizioni di rischio di un danno all'udito per il personale. Si propongono perciò per questi ambienti di lavoro dei test audiometrici per stabilire la validità di queste normative.*

Summary (Evaluation Criteria for Workers in Petrochemical Industry in Plants with Phono-insulating Rooms). - *The plants in the petrochemical industry have cabins or phonoinsulating rooms where the staff assigned prevalently to control activity in motors pumps or compressors rooms can pass the most part of the shift. During the breaks of exposure to noise with sound level lower than 75 dB(A), if it has enough length, the staff has the possibility to recover partially or completely the temporary threshold change (TTS) contracted during the control activity. Carrying out medium sound levels, every control exposition time, the breaks length and the control number in some compressors, pumps and motors rooms, and are expressed some reserves about the validity of the limits application suggested by the American Industrial Hygienists. Considering the positive effect of the breaks in the two Germanies some rules have been elaborated to offer the possibility to establish on the ground of the break time, the exposition length, the sound noise level and the control numbers during the shift, if they are some risk conditions of a damage bearing for the staff. For those work environments audiometer test to establish the validity of those standards are suggested.*

INTRODUZIONE.

Nell'industria petrolchimica in molti reparti (sale pompe, sale motori e sale compressori) esistono, per il personale adibito prevalentemente ad attività di controllo, delle cabine o dei locali fonoisolanti, dove il livello sonoro è inferiore a 75 dB(A). Durante la sosta all'interno di questi locali, che può essere più o meno lunga a seconda delle circostanze, si ha una pausa nell'esposizione al rumore ed il personale ha quindi la possibilità di recuperare l'eventuale spostamento temporaneo di soglia (TTS) contratto durante l'attività di controllo nell'ambiente rumoroso. Il recupero può essere parziale o totale; normalmente la singola pausa non è sufficiente per il recupero completo dell'udito, che può però essere conseguito nell'intervallo tra due turni lavorativi. Il tempo di pausa viene ritenuto sufficiente, se nella maggior parte delle persone esposte lo spostamento temporaneo di soglia diminuisce di almeno 5 dB rispetto a quello in assenza di pausa.

CRITERI DI VALUTAZIONE.

I criteri di valutazione della maggior parte dei Paesi europei [1], che si basano sul livello sonoro equivalente in dB(A) calcolato con un fattore di scambio uguale a 3, in quanto il rischio di un danno all'udito viene determinato dall'energia sonora totale, alla quale è esposto un individuo nelle 40 ore settimanali, non sono idonei a una valutazione per questi particolari ambienti di lavoro. L'esposizione per n volte a uno stesso rumore Intervallata da pause sarebbe infatti identica a una sola esposizione continua della stessa durata complessiva dei periodi parziali di esposizione.

Anche il criterio recentemente adottato dall'ENPI [2] (Valori limite di esposizione al rumore in ambienti di lavoro), che si basa sul livello sonoro equivalente in dB(A) con un fattore di scambio uguale a 5, per tener conto degli effetti benefici di una esposizione intermittente, sottovaluta il ruolo importante rappresentato da adeguate pause dopo l'esposizione al rumore.

Per tener conto dell'effetto benefico delle pause, viceversa, sia nella Germania Occidentale che Orientale, vengono previsti dei diversi criteri di valutazione per

il personale adibito ad attività periodiche di controllo che dispone di locali insonorizzati per trascorrere le pause tra un intervento e l'altro. Per stabilire se esistono delle condizioni di rischio di un danno all'udito, vengono infatti utilizzati due diversi grafici, che sono riportati nella Fig. 1 [3] e nella Fig. 2 [4, 5].

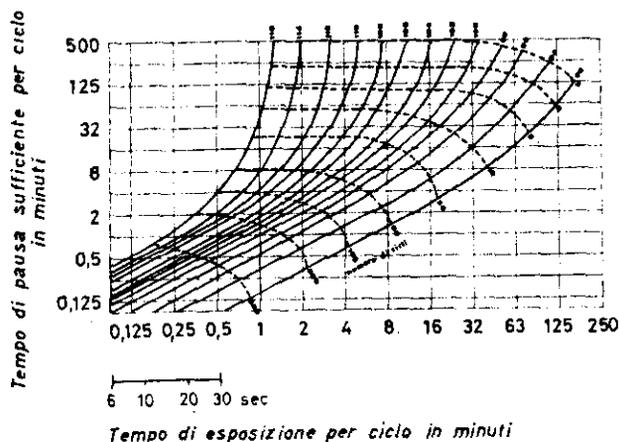


FIG. 1. - Durata delle pause sufficienti in funzione del tempo di esposizione e del livello sonoro in dB(A) con una esposizione periodica intermittente al rumore

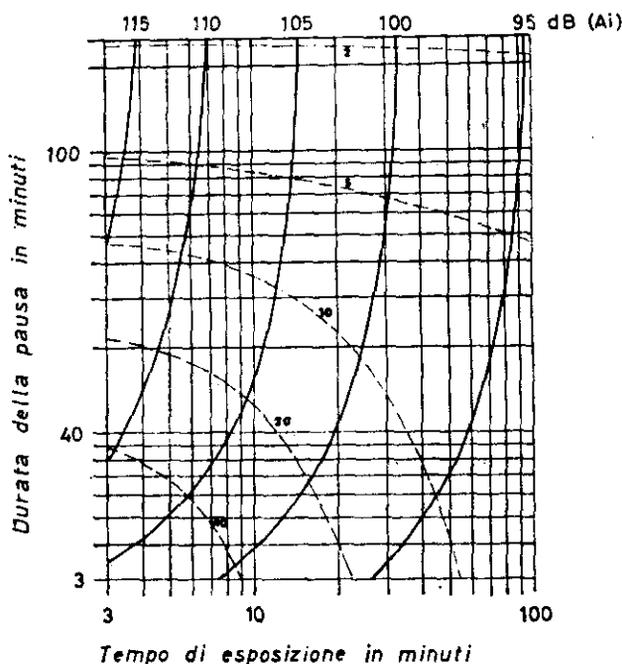


FIG. 2. - Livelli sonori massimi consentiti con un'esposizione periodica intermittente al rumore

Sulle ascisse sono indicati i tempi di esposizione per ogni ciclo, sulle ordinate i tempi di pausa necessari, mentre come parametri su due serie di curve sono riportati i livelli sonori in dB(A) e il numero dei periodi massimi consentiti di intervento durante il turno lavorativo. Se sono note la durata dell'esposizione al rumore e il livello sonoro in dB(A), si può ricavare sulle ordinate la durata della pausa sufficiente per un recupero. Se la

durata effettiva della pausa è minore, l'esposizione al rumore deve essere considerata rischiosa per l'udito.

Nella Fig. 3 è riportato un altro grafico avente sulle ascisse la durata delle pause, sulle ordinate il tempo di esposizione e come parametro ΔL la differenza tra il livello sonoro di esposizione e il valore limite relativo a 8 ore di lavoro.

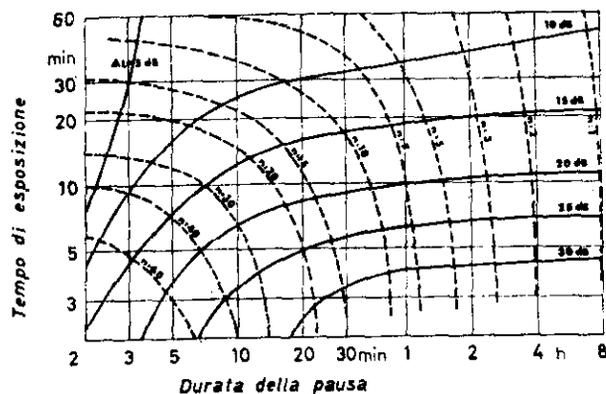


FIG. 3. - Relazione tra il superamento ΔL del valore limite di esposizione al rumore, il tempo di esposizione, la durata delle pause ed il numero dei cicli giornalieri con una esposizione periodica intermittente al rumore

Dai grafici si può constatare che al crescere del tempo di esposizione al rumore, aumenta il tempo di pausa necessario e diminuiscono il tempo totale di esposizione durante il turno lavorativo giornaliero e il numero dei periodi di controllo massimi consentiti. Sono perciò preferibili dei controlli più numerosi e più brevi.

RISULTATI OTTENUTI.

Per meglio confrontare questi diversi criteri di valutazione sono riportati in Tab. 1 i risultati di una serie di indagini eseguite in alcune sale motori, moto-compressori, moto-pompe di diverse Centrali di spinta di oleodotti e gasdotti. Nella tabella sono indicati i livelli di esposizione in dB(A) durante l'attività di controllo, la durata e il numero degli interventi nell'ambiente rumoroso, il tempo di pausa ed il relativo livello sonoro in dB(A), il livello sonoro continuo equivalente in dB(A) relativo al turno giornaliero e calcolato con fattore di scambio 3 e 5 e se sussistono condizioni di rischio secondo i tre diagrammi sopra riportati. Un esame di questa tabella dà una conferma immediata di quanto espresso sui criteri di valutazione. In base ai valori del livello sonoro equivalente in dB(A) si può constatare una notevole differenza (fino a 7 dB) tra i valori calcolati con i due fattori di scambio e che condizioni di rischio di un danno all'udito secondo questi valori vengono esclusi a volte se si utilizzano i grafici delle Fig. 1, 2, e 3. Fra questi grafici quello più valido sembra essere quello della Germania Occidentale (Fig. 1), mentre troppo permissivo appare il criterio della Germania Orientale (Fig. 2).

Tabella 1. - Valutazione delle condizioni di rischio secondo i valori del livello sonoro equivalente in dB(A) e secondo tre diversi diagrammi validi per l'esposizione periodica intermittente per il personale adibito ad attività di controllo in Centrali di spinta di gasdotti e oleodotti.

PERSONALE ADIBITO AL CONTROLLO	Livello sonoro di esposizione in dB(A)	Tempo di esposizione di ogni controllo in minuti	Durata di ciasuna pausa in minuti	Livello sonoro in dB(A) durante le pause	Numero dei controlli	Livello sonoro continuo equivalente in dB(A) relativo al turno lavorativo		Condizioni di rischio per il personale secondo				
						q = 3	q = 5	Fig. 1	Fig. 2	Fig. 3		
										Limite di 85 dB(A)	Limite di 90 dB(A)	
<i>Sala moto-pompe:</i>												
1 ^a Centrale di spinta ..	104	10	70	65	6	95	89	no	no	no	no	
2 ^a Centrale di spinta ..	106	10	70	70	6	97	91	si	no	si	no	
1 ^a Centrale di spinta dopo l'insonorizzazione dei motori	95	10	70	60	6	86	80	no	no	no	no	
2 ^a Centrale di spinta dopo l'insonorizzazione dei motori	96	10	70	62	6	87	81	no	no	no	no	
<i>Sala moto-compressori:</i>												
Centrale di compressione di un metanodotto	98	30	30	74	8	95	93	si	no	si	no	
<i>Sala motori:</i>												
Scarico navi	108	8	112	72	4	96	89	si	si	si	no	
1 ^a Centrale P.O.L.	108	10	50	70	8	100	95	si	si	si	no	
2 ^a Centrale P.O.L.	104	10	50	61	8	96	91	no	no	no	no	
3 ^a Centrale P.O.L.	107	5	55	68	8	96	89	no	no	no	no	

CONCLUSIONI.

In base ai risultati ottenuti e alla notevole differenza tra i criteri di valutazione è evidente che per stabilire la validità delle norme tedesche sono necessari dei controlli statistici in un grosso complesso petrolchimico integrati con esami audiometrici.

L'intensità del peggioramento della soglia uditiva temporanea (TTS) dopo un turno lavorativo è infatti una misura approssimata della diminuzione permanente di udito corretta (PTS) da attendersi in media dopo 10 anni.

Contemporaneamente alle misure di rumorosità bisognerà perciò effettuare dei test audiometrici [3] su almeno 10 persone con una perdita di udito non corretta inferiore a 20 dB per le frequenze di 3.000, 4.000 e 6.000 Hz

determinando per le stesse frequenze le soglie uditive S_1 prima dell'esposizione al rumore e dopo almeno 14 ore di riposo e S_2 10 minuti dopo la fine del turno lavorativo e calcolando per ogni persona esaminata la differenza della soglia uditiva S_2-S_1 e il valore medio aritmetico della differenza S_2-S_1 per ogni frequenza del test. Se la media aritmetica S_2-S_1 in almeno una frequenza del test è inferiore a 5 dB, le condizioni ambientali relative alla rumorosità risultano soddisfacenti, mentre se è superiore a 10 dB si può presumere la possibilità di un rischio di danno all'udito.

Un confronto tra le misure del rumore e il criterio basato sui test di esposizione dovrebbe consentire di valutare con maggiore attendibilità la esposizione al rumore del personale di questi particolari ambienti di lavoro.

BIBLIOGRAFIA

1. ISO R1999. 1981. *Assessment of Occupational Noise Exposure for Hearing Conservation Purposes.*
2. E.N.P.I. 1979. *Valori limite di esposizione al rumore in ambienti di lavoro.* Quaderni di Securitas. 64.
3. VDI Richtlinie 2058 Blatt 2. *Beurteilung von Arbeitslärm am Arbeitsplatz hinsichtlich Gehörschäden.*
4. TGL 10687 Blatt 2. *Schallschutz-Zulässiger Lärm.*
5. SCHIRMER, W. 1974. *Lärmmesstechnik.* Verlag Tribüne. Berlin.
6. KRAAK, W. & WEISSING, H. 1970. *Schallpegelmessstechnik.* Verlag Technik. Berlin.

Segnalazione del rischio di sordità professionale nell'industria primaria dell'alluminio

E. CLONFERO (a), M.S. CORTESE (a) e D. BRIGNOLI (b)

(a) Istituto di Medicina del Lavoro, Università degli Studi, Padova;

(b) Servizio Prevenzione SAVVA, Alluminio Veneto S.p.A., Porto Marghera (Venezia)

Riassunto. - Vengono riportati i risultati di uno studio sul rischio da rumore in una industria produttrice primaria di alluminio (reparti elettrolisi e fonderia). I valori dosimetrici individuali eseguiti per mansione hanno evidenziato l'esistenza di un rischio elevato e l'indagine audiometrica degli esposti ha rilevato la presenza di un discreto numero di sordità professionali tra i lavoratori a più alta esposizione. Viene segnalato infine che l'andamento audiometrico medio è simile a quello di altre aziende a noto rischio di sordità professionale e che questa lavorazione non è soggetta a tutela assicurativa.

Summary (Occupational Hearing Loss in Primary Aluminium Industry). - A study on occupational hearing loss in potroom and foundry workers of a primary aluminium plant is reported. L_{eq} values, job evaluated, were found to be high and audiometric measurements in longterm exposed workers showed many cases of noise induced hearing disability. Moreover, the average audiometric loss in aluminium workers were alike to that found in a wellknown high risk population, as metal workers. In authors' opinion noise risk in aluminium industry must be ensured at law.

Gli studi finora effettuati sui rischi lavorativi nella industria primaria dell'alluminio si sono occupati quasi esclusivamente della presenza in questo ambiente di lavoro di fluoruri, polveri, irritanti respiratori e sostanze cancerogene, mentre il rischio da rumore non è segnalato [1] in tutta la sua importanza. Scopo del presente studio è la verifica della presenza e dell'entità di tale rischio tra questi lavoratori.

MATERIALE E METODI.

Le misurazioni ambientali sono state eseguite monitorando di continuo con dosimetri personali a costante dinamica imp le 7 mansioni più rappresentative che si svolgono ai reparti elettrolisi e fonderia; sono state eseguite inoltre alcune misurazioni integrate di punta sempre con la stessa strumentazione.

La funzione uditiva è stata valutata con audiometria tonale in cabina silente, l'esame è stato praticato almeno dopo un'ora dal termine del turno di lavoro. Delle 298 audiometrie eseguite sono state incluse nel presente studio solamente 216 audiogrammi di soggetti che avessero solo un'esposizione lavorativa nell'indu-

stria primaria dell'alluminio; che non avessero rischi extra lavorativi di sordità da rumore; che non presentassero quadri audiometrici « non classificabili ».

Gli audiogrammi sono stati classificati seguendo il metodo proposto da Merluzzi e coll. [2].

RISULTATI.

I valori di rumorosità ambientale compaiono in Tab. 1.

I livelli equivalenti al reparto forni elettrolitici variano da un minimo di 95,2 dBA imp nella mansione di alluminatore ad un massimo di 107,5 dBA imp nella mansione di alzatraverse; i livelli integrati di punta sono elevati con un massimo di pericolosità nella mansione di prelevatore. In tutte le mansioni ad esclusione dell'alluminatore sono presenti picchi di rumore superiori a 130 dBA.

I livelli di rumorosità nel reparto fonderia appaiono inferiori, ma sempre superiori a 90 dBA. La consistenza del rischio ambientale è confermata dall'analisi degli audiogrammi che compare in Tab. 2.

Tabella 1. - Rilievi dosimetrici in dBA imp nell'industria primaria dell'alluminio.

POSIZIONE	L_{eq}	Livelli di punta
<i>Reparto forni elettrolitici:</i>		
Fornaio	96,5	110,2 presenti picchi > 130 dBA
Prelevatore	102,0	121,1 presenti picchi > 130 dBA
Cambia anodi	97,5	111,3 presenti picchi > 130 dBA
Alluminatore	95,2	102,5 presenti picchi > 130 dBA
Alzatraverse	107,5	116,5 presenti picchi > 130 dBA
<i>Reparto fonderia:</i>		
Fonditore	98,5	110/115 dBA SLOW
Segantino	94,9	100,9 dBA SLOW

Tabella 2. - *Produzione primaria dell'alluminio: reperto audiometrico e anzianità lavorativa.*

CLASSE DI ESPOSIZIONE IN ANNI	N. dei casi	Classificazione audiometrica (in %) (a)		
		0/1	2/3	4/5
0-9	97	81,4	14,4	4,1
10-19	91	67,0	23,1	9,9
>20	28	49,9	35,7	14,3

(a) Secondo Merluzzi.

Il numero di soggetti con perdite uditive medie e gravi aumenta considerevolmente nelle classi con più lunga anzianità lavorativa raggiungendo negli esposti da più di 20 anni circa il 15%.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI.

Il nostro studio evidenzia in maniera inequivocabile l'esistenza in questo tipo di industria di un notevole rischio di sordità professionale, rischio che ha dato esito nel corso degli anni a un discreto numero di ipoacusie da rumore con interessamento anche delle frequenze cosiddette sociali tra questi lavoratori.

Il rischio da rumore nei reparti elettrolisi e fonderia, che appare legato all'uso di macchine operatrici rumorose come la rompicrosta e la cambia anodi o di operazioni come la prelevazione del metallo con aria compressa o come l'alzata delle traverse con imbullonatrici automatiche, può a nostro avviso essere notevolmente ridotto in molte delle sopra citate mansioni, anche te-

nendo conto che il rumore di fondo in questo tipo di azienda è molto basso (intorno ai 70 dBA). Abbiamo infine paragonato i risultati audiometrici nell'industria primaria dell'alluminio con quelli ricavati da una simile indagine [3] in una carpenteria pesante, lavorazione quest'ultima notoriamente ad alto rischio.

Il confronto (Fig. 1) mette in evidenza perdite audiometriche medie nell'industria primaria dell'alluminio solo lievemente inferiori a quelle riscontrate nell'azienda metalmeccanica; è da segnalare che il nostro gruppo di lavoratori presentava una minore esposizione ($11,0 \pm 6,9$ anni) rispetto ai carpentieri ($16,2 \pm 8,1$ anni); le età dei due gruppi erano rispettivamente di $41,9 \pm 8,7$ e di $37,7 \pm 10,3$ anni. Appare quindi ingiustificata la non tutela assicurativa di questi lavoratori.

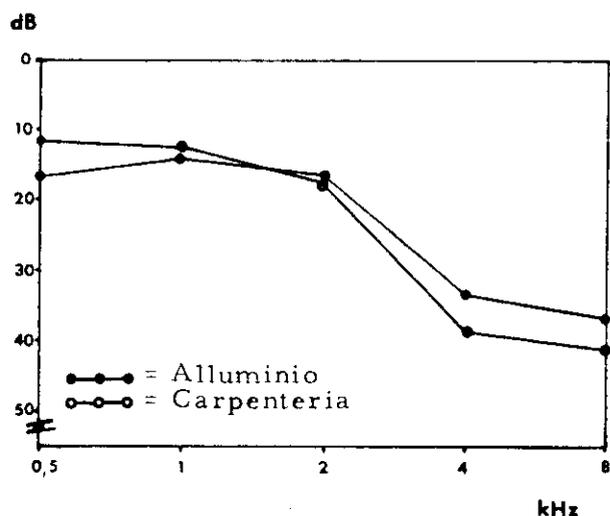


FIG. 1 - Perdite audiometriche medie in un'industria primaria di alluminio (n. 216) ed in una carpenteria pesante (n. 104)

BIBLIOGRAFIA

- HUGHES, J.P. 1977. *Health protection in primary aluminium production*. International Primary Aluminium Institute, London.
- MERLUZZI, F., CORNACCHIA, L., PARIGI, G. & TERRANA, T., 1979. Metodologia di esecuzione del controllo dell'udito dei lavoratori esposti al rumore. *Nuovo Arch. Ital. Otol.* 7: 695.
- CLONFERO, E. 1980. Previsione della perdita uditiva professionale mediante dosimetria personale. In: *Atti del Convegno: L'uomo, l'ambiente, il rumore*. Padova, 7-8 marzo 1980. CRS Amplifon, Milano, pp. 61-65.

Rumore in agricoltura: proposta di un criterio di misura della esposizione. Nota preliminare

O. MALVANI (a), E. CROVATO (b), M. RE (b), M.G. GARAGIOLA (b), A. MORELLI DI POPOLO (c) e
C. MORELLI DI POPOLO (d)

(a) Centro Studi e Ricerche di Tossicologia Industriale; (b) Istituto di Medicina Preventiva dei Lavoratori e Psicotecnica;
(c) Consulente perito amministrativo; (d) Consulente perito agrario; Università degli Studi, Pavia

Riassunto. - La comunicazione si propone di fornire un criterio di misura della esposizione all'inquinamento acustico in agricoltura. Come modello aziendale fu scelta una impresa agricola moderna; il monitoraggio della esposizione individuale al rumore fu eseguito mediante l'uso di « analizzatori statistici personali », lungo un intero anno solare, durante la coltivazione di cereali estivi. Vennero dedotti: gli indici di rischio analitici per ogni fase lavorativa; gli indici di rischio per ciascun lavoratore operante nella linea di coltivazione, comprensivi di tutte le fasi di lavoro svolte nel corso dell'intero anno solare.

Summary (The Noise in the Farm: a Criterion to Measure the Exposition). - A criterion to measure noise exposition in agricultural work is proposed. This criterion was applied to monitor noise in a modern farm with personal statistical analyzers for one year during the cultivation of summer cereals: wheat, barley, oats. We observed: a) the noise dose for each specific task; b) the noise dose for each farmer during the year including all the tasks.

INTRODUZIONE.

Sono stati presi in esame i rischi professionali in agricoltura, nella consapevolezza che buona parte della popolazione dei lavoratori ne è interessata. La sempre più frequente meccanicizzazione delle lavorazioni rurali espone i lavoratori agricoli in modo frequente e ripetuto ad una serie di rischi di natura fisica (rumore, vibrazioni, scuotimenti) che possono in tal modo assumere il carattere di rischi professionali. Nell'ambito di questi, si è valutato il rischio da rumore a cui sono esposti i lavoratori di una moderna impresa agricola, attrezzata cioè con strumenti di lavoro per la maggior parte meccanici.

STRUMENTI E METODI.

La sperimentazione è stata condotta in una azienda agricola della pianura Padana; si è deciso di indagare l'esposizione al rumore durante la coltivazione a cereali estivi (grano, orzo, avena) di 1.150 pertiche milanesi,

tenendo presente che 1 pertica milanese equivale a 0,6545179 ettari = 654,5179 m².

Il rumore a cui è esposto ciascun lavoratore è stato valutato mediante l'utilizzo di analizzatori statistici personali della Ditta Metrosonic, già brillantemente sperimentati in altra occasione [1]; tale strumentazione ha fornito il valore del livello equivalente minuto per minuto e il livello equivalente cumulativo per tutto il tempo della registrazione.

Per poter utilizzare i criteri disponibili di valutazione del rischio da rumore (confronto fra esposizione massima consentita e esposizione presunta giornaliera) si è fatta l'ipotesi che ciascuna lavorazione fosse equamente distribuita nei sei giorni delle settimane durante le quali veniva eseguita, per cui è stato possibile prevederne la durata media giornaliera. Il calcolo del tempo di esposizione massima consentita è stato eseguito utilizzando la relazione elaborata, con fattore di esposizione uguale a 5, ponendo 8 ore il tempo di esposizione massima consentita a 85 dBA:

$$\text{Log}_{10} y = -0,06 X + 6$$

dove: y = tempo di esposizione massima consentito espresso in ore;

x = valore di L_{eq} in dBA.

Per fattore di esposizione s'intende il numero di dBA per il quale si dimezza o si raddoppia il tempo di esposizione.

RISULTATI.

Nella Tab. 1 sono riportati rispettivamente la descrizione (Parte I) e i risultati (Parte II) della sperimentazione; l'indice di rischio parziale (I.R. parziale) per fase lavorativa riportato nella tabella è il rapporto fra la durata della esposizione media giornaliera e l'esposizione massima consentita (EMC in m') a quella intensità di rumore. Inoltre, per ogni addetto, esclusi i cosiddetti terzi cui vengono affidate solo alcune lavorazioni, è stato possibile mettere in evidenza la distribuzione nell'anno dell'indice di rischio comprensivo di tutte le fasi di lavoro svolte nell'ambito della linea di coltivazione dei cereali estivi; la descrizione di questa distribuzione è riportata nella Tab. 2.

Tabella 1. - *Linea di coltivazione: cereali estivi (grano, orzo, avena). Perticbe lavorate: 1.150. Valutazione della esposizione al rumore nel corso della lavorazione annuale.*

PARTE I			PARTE II					
LAVORAZIONE: MACCHINA	Condizioni di impiego della macchina	L _{eq} dBA	Durata com- plessiva della lavorazione nell'anno	Numero d'ordine delle settimane lavorative	EMC m' per giornata lavorativa	I. R. parziale	Lavoratore addetto	
1) Aratura: Trattore con aratro (105 HP)	Cabina chiusa	90,8	165 h	40 ^a , 41 ^a , 42 ^a	214'	2,57	CL	
2) Concimazione chimica: Trattore (64 HP)	Cabina aperta	85	100 h	3 ^a , 11 ^a , 42 ^a , 43 ^a , 44 ^a	480'	0,42	AD, AG, CL, LU	
3) Erpicatura: Trattore con erpice rotativo (88 HP)	Cabina aperta	86	75 h	42 ^a , 43 ^a , 44 ^a	415'	0,6	AD	
4) Semina: Trattore (45 HP)	Senza cabina	87	115 h	42 ^a , 43 ^a , 44 ^a	362'	1,06	LU	
5) Rullatura: Trattore (64 HP) ..	Cabina aperta	85	29 h	8 ^a , 9 ^a , 42 ^a , 43 ^a 44 ^a	480'	0,12	AD, AG, CL, LU	
6) Diserbo: Trattore (40 HP)	Senza cabina	90,5	57,5 h	12 ^a , 13 ^a	223'	1,29	AG	
7) Trebbiatura: Mietitrebbia	Senza cabina	95,7	75 h	26 ^a , 27 ^a , 28 ^a	109'	2,29	Conto terzi	
8) Carico cereali: Trattore con pala pneumatica (88 HP)	Cabina chiusa	81,8	18 h	1 ^a , 52 ^a	741'	0,005	AG	
9) Varie: Trattore con pala pneu- matica (88 HP)	Cabina chiusa	81,8	7 h	1 ^a , 52 ^a	741'	0,002	AG	

Tabella 2. - *Linea di coltivazione cereali estivi. Distribuzione dell'indice di rischio nel corso dell'anno solare riferita a ciascun addetto.*

SETTIMANE LAVORATIVE	3	8	9	10	11	12	13	40	41	42	43	44			
LAVORATORE CL															
<i>I.R. parziale:</i>															
- aratura	—	—	—	—	—	—	—	—	2,57	2,57	2,57	—	—		
- rullatura	—	—	0,12	0,12	—	—	—	—	—	—	0,12	0,12	0,12		
- concimazione chimica ..	0,42	—	—	—	0,42	—	—	—	—	—	0,42	0,42	0,42		
I.R. COMPLESSIVO ...	0,42	—	0,12	0,12	—	0,42	—	—	—	—	2,57	2,57	3,11	0,54	0,54
LAVORATORE AD															
<i>I.R. parziale:</i>															
- erpicatura	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,6	0,6	0,6		
- rullatura	—	—	0,12	0,12	—	—	—	—	—	—	0,12	0,12	0,12		
- concimazione chimica ..	0,42	—	—	—	0,42	—	—	—	—	—	0,42	0,42	0,42		
I.R. COMPLESSIVO ...	0,42	—	0,12	0,12	—	0,42	—	—	—	—	1,14	1,14	1,14		
LAVORATORE LU															
<i>I.R. parziale:</i>															
- semina	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,06	1,06	1,06		
- rullatura	—	—	0,12	0,12	—	—	—	—	—	—	0,12	0,12	0,12		
- concimazione chimica ..	0,42	—	—	—	0,42	—	—	—	—	—	0,42	0,42	0,42		
I.R. COMPLESSIVO ...	0,42	—	0,12	0,12	—	0,42	—	—	—	—	1,6	1,6	1,6		
LAVORATORE AG															
<i>I.R. parziale:</i>															
- rullatura	—	—	0,12	0,12	—	—	—	—	—	—	0,12	0,12	0,12		
- concimazione chimica ..	0,42	—	—	—	0,42	—	—	—	—	—	0,42	0,42	0,42		
- diserbo	—	—	—	—	—	1,29	1,29	—	—	—	—	—	—		
- carico cereali	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005		
- varie	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002		
I.R. COMPLESSIVO ...	0,007	0,427	0,007	0,127	0,127	0,007	0,427	1,297	1,297	0,007	0,007	0,007	0,547	0,547	0,547

Analisi dei risultati.

Dall'analisi della Tab. 1 si può evidenziare che:

a) il trattore da 88 HP produce una intensità di rumore di circa 4,2 dBA più elevata, se utilizzato con cabina aperta piuttosto che chiusa;

b) l'indice di rischio parziale per fase lavorativa supera in almeno 4 occasioni il valore massimo accettabile uguale ad 1.

Dall'analisi della Tab. 2 si può evidenziare che:

a) tutti i lavoratori superano per almeno 2 settimane nell'anno l'indice di rischio uguale ad 1;

b) l'indice di rischio più elevato, 3,11, è stato attribuito al lavoratore CL nella 42ª settimana, durante la quale svolge le lavorazioni di aratura, rullatura e concimazione chimica.

CONCLUSIONI.

La sperimentazione condotta in questa fase preliminare, su una sola linea di coltivazione, porta a concludere che è necessario programmare un piano di protezione dell'udito per i lavoratori dell'agricoltura; tale programma potrebbe comprendere le seguenti iniziative:

1) fornire ogni trattore di cabina insonorizzata da utilizzarsi naturalmente chiusa; l'accorgimento è utile anche per limitare la esposizione alle polveri organiche e a tutti quei prodotti, insetticidi, concimi e diserbanti, generalmente distribuiti dal trattore;

2) effettuare una corretta analisi delle esigenze di lavoro al fine di eseguire una equa distribuzione, fra gli addetti, delle lavorazioni più rischiose;

3) rendere edotti anche i lavoratori part-time, i cosiddetti terzi, del rischio parziale cui sono esposti;

4) eseguire la visita audiometrica agli addetti, sia all'assunzione che periodicamente.

BIBLIOGRAFIA

1. CROVATO, E. & coll. 1980. Valutazione della esposizione effettiva al rischio da rumore in una industria petrolchimica. *Atti del 43º Congresso Nazionale della Società Italiana di Medicina del Lavoro ed Igiene Industriale*. Parma, 1-4 ottobre 1980.