

CONAMA

LA MISURA DELL'ESPOSIZIONE AL RUMORE IN AGRICOLTURA

Contenuti, interpretazione ed applicazione del D.Lgs. 277/91



**“Documento redatto nell’ambito delle attività previste
dall’Intesa CONAMA - ISPESL del 6 febbraio 1996
e CONAMA - ISMA dell’8 maggio 1997”**

VOLUMETTO PER I TECNICI AGRICOLI

Roma, settembre 1999

LA MISURA DELL'ESPOSIZIONE AL RUMORE IN AGRICOLTURA

Contenuti, interpretazione ed applicazione del D.Lgs. 277/91

Giovanni Santoro (Istituto Sperimentale per la Meccanizzazione Agricola,
Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, Roma)

Gennaro Vassalini (Istituto Sperimentale per la Meccanizzazione Agricola,
Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, Roma)

Luigi Ragni (Università degli Studi di Bologna, Dipartimento di Economia e
Ingegneria Agrarie)

Giorgio Casini Ropa (Università degli Studi di Bologna, Dipartimento di
Economia e Ingegneria Agrarie)

Si ringrazia per la realizzazione della figura in copertina Iliana Niciarelli (Istituto Sperimentale per la Meccanizzazione Agricola, Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, Roma).

La pubblicazione è stata approvata dal gruppo di lavoro CONAMA, sulla sicurezza delle macchine agricole, composto da:

<i>Alberto Cappelli</i>	<i>(Esperto)</i>
<i>Carlo Carnevali</i>	<i>(CONAMA)</i>
<i>Giorgio Casini Ropa</i>	<i>(Università degli Studi di Bologna)</i>
<i>Renato Delmastro</i>	<i>(IMA - Istituto per la Meccanizzazione Agricola)</i>
<i>Giuseppe Dint</i>	<i>(Ricercatore VIII U.F. - DTS ISPESL)</i>
<i>Michele Galdi</i>	<i>(Esperto)</i>
<i>Sandro Liberatori</i>	<i>(CONAMA)</i>
<i>Roberto Limongelli</i>	<i>(CONAMA)</i>
<i>Donato Rotundo</i>	<i>(CONAMA)</i>
<i>Elio Santonocito</i>	<i>(Coordinatore VIII U.F. - DTS ISPESL)</i>
<i>Gennaro Vassalini</i>	<i>(ISMA - Istituto Sperimentale per la Meccanizzazione Agricola)</i>

ed è ufficialmente riconosciuta da:

<i>CIA</i>	<i>(Confederazione Italiana Agricoltori)</i>
<i>COLDIRETTI</i>	<i>(Confederazione Nazionale Coltivatori Diretti)</i>
<i>CONFAGRICOLTURA</i>	<i>(Confederazione Generale Agricoltura)</i>
<i>UNACOMA</i>	<i>(Unione Nazionale Costruttori Macchine Agricole)</i>
<i>UNIMA</i>	<i>(Unione Nazionale Imprese Meccanizzazione Agricola)</i>

**Con il contributo del
Ministero delle Politiche Agricole e Forestali**

INDICE

1. INTRODUZIONE	7
2. IL RUMORE: LA SUA MISURA E GLI EFFETTI SULL'UOMO	9
2.1 GRANDEZZE DI RIFERIMENTO	9
2.1.1 <i>Frequenza, lunghezza d'onda e velocità di propagazione di un suono</i>	9
2.1.2 <i>Ampiezza del suono</i>	11
2.1.3 <i>Campo sonoro libero e campo diffuso</i>	13
2.1.4 <i>Ponderazione in frequenza del rumore</i>	15
2.1.5 <i>Somma di livelli variabili nel tempo e grandezze standardizzate</i>	16
2.1.6 <i>L'analisi in frequenza</i>	17
2.2 EFFETTI DEL RUMORE	18
2.2.1 <i>L'apparato uditivo</i>	18
2.2.2 <i>Effetti sull'organismo umano</i>	19
2.3 STRUMENTI DI MISURA	21
2.3.1 <i>Microfono</i>	21
2.3.2 <i>Fonometro</i>	23
2.3.3 <i>Altre apparecchiature</i>	26
2.3.4 <i>Attrezzature complementari</i>	27
3. II DECRETO LEGISLATIVO 277/91	29
3.1 L'IMPIANTO DEL DECRETO	29
3.2 LETTURA DEL DECRETO	30
3.2.1 <i>Disposizioni generali</i>	30
3.2.2 <i>Il Capo IV - Protezione dei lavoratori contro i rischi di esposizione al rumore durante il lavoro</i>	34
3.2.3 <i>Il Capo V - Norme penali</i>	39
3.2.4 <i>Il Capo VI - Disposizioni transitorie e finali</i>	40
3.2.5 <i>Gli Allegati al Capo IV</i>	40

4. CRITERI GENERALI PER UNA CORRETTA MISURA DELL'ESPOSIZIONE A RUMORE	pagina 42
4.1 <i>CRITERI METROLOGICI</i>	42
4.2 <i>TEMPO DI ESPOSIZIONE A RUMORE</i>	44
5. RUMOROSITA' DELLE MACCHINE AGRICOLE	45
5.1 <i>RISULTATI DI UN'INDAGINE SPERIMENTALE</i>	45
5.2 <i>CONSIDERAZIONI RIASSUNTIVE</i>	45
6. MEZZI DI PROTEZIONE DELL'UDITO	48
6.1 <i>MEZZI ATTIVI</i>	48
6.2 <i>DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALI</i>	49
7. UN ESEMPIO DI RELAZIONE TECNICA	51
ALLEGATO A	69
ALLEGATO B	70
ALLEGATO C	71
BIBLIOGRAFIA	81

1 INTRODUZIONE

La sicurezza dei lavoratori e la salvaguardia della loro salute è problema sempre più considerato ed oggetto di specifica regolamentazione da parte della Comunità e degli stati membri. Ciò può essere inteso come il frutto di un sempre crescente rispetto per l'individuo e di una matura economia della società, che nella prevenzione ha intravisto infine il mezzo più efficace per contenere i costi - diretti ed indiretti - delle malattie e delle invalidità occupazionali.

La storia di una legge, dal suo concepimento alla sua entrata in vigore, è spesso il risultato di contributi eterogenei, non di rado contrastanti e suscettibili di critica. Nella genesi e nella stesura di regole con considerevole spessore tecnico taluni puntualmente riconoscono il pungolo e l'influenza dell'industria privata e della libera imprenditoria, per le quali l'applicazione dei disposti rappresenterebbe un florido mercato per la vendita delle necessarie competenze e tecnologie. Vero è che nelle riunioni comunitarie o interne per l'elaborazione di norme, direttive e regole varie, le rappresentanze tecniche direttamente o indirettamente afferenti al mondo industriale sono da sempre fra le più attive e partecipi. Né stupisce che ciò possa in qualche misura condizionare la definizione di alcuni requisiti di carattere metrologico e strumentale, finendo col tradursi, per esemplificare, nell'obbligo di utilizzare metodologie ed apparecchiature il cui grado di precisione (e il cui costo) può apparire esagerato ed ingiustificato in rapporto alle concrete esigenze della valutazione che si intende effettuare. Per contro, già s'assiste agli effetti di un fenomeno ben noto al libero mercato. La forte domanda di strumentazioni e consulenze generata dall'applicazione delle leggi ha innescato processi competitivi che, nel giro di pochi anni, hanno reso disponibili offerte il cui rapporto qualità/prezzo è assai più elevato di quanto non fosse nel vicino passato.

Prescindendo dalle molte tensioni, contrasti e perplessità, non va in ogni caso dimenticato o sottovalutato che le recenti direttive comunitarie ed i relativi recepimenti in materia di salute e sicurezza muovono da intenti e da principi che sono e restano elevati e "sani".

A fronte delle spese, talvolta sensibili, a tutt'oggi ancora imposte dalle direttive ai datori di lavoro ed ai costruttori per i rilievi e la stesura di relazioni tecniche sulla sicurezza, pare piuttosto ragionevole l'intervento dello Stato, con finanziamenti o con l'istituzione di servizi sparsi sul territorio nazionale. Soprattutto per le piccole imprese questi oneri possono rappresentare un ulteriore e significativo aggravio economico nei bilanci già compromessi da tassazioni e congiunture varie. La partecipazione dello Stato potrebbe peraltro tradursi in una normalizzazione ed unificazione delle procedure e metodologie di valutazione del rischio connesso con l'uso delle macchine, talvolta affidate, com'è dato di rilevare, all'approssimazione ed alla bizzarria del singolo. In tal senso parrebbe doveroso, da parte delle istituzioni, quanto meno un controllo qualitativo dei servizi forniti dalle ditte di consulenza, le quali, non di rado, sono rappresentate da avventurieri e piccoli speculatori digiuni dei più elementari fondamenti di tecnica e buon senso.

In tempi relativamente recenti tre documenti hanno catalizzato l'interesse del mondo economico, industriale e medico-legale: il decreto del Presidente della Repubblica

459/96, il D.Lgs. 277/91 e il D.Lgs. 626/94. In diversa maniera, tali disciplinari chiamano in causa il rumore in quanto fonte primaria di rischio per il lavoratore o per il generico utilizzatore di una macchina.

Il decreto del Presidente della Repubblica 459 rappresenta il tentativo di unificazione ed armonizzazione delle regole in materia di sicurezza generale delle macchine, al fine di certificare il prodotto secondo uno standard riconosciuto da tutto il Mercato Comune. Il dettato contempla il livello sonoro tra i requisiti fondamentali per la sicurezza di un'attrezzatura e fissa livelli di riferimento sulla base dei quali il costruttore dovrà segnalare, su apposito libretto ad uso dell'acquirente, se detti livelli sono o meno superati. Il D.Lgs. 277/91, recepimento di un pacchetto di Direttive CEE sul rischio da inquinanti chimici, fisici e biologici, si occupa invece del lavoratore in prima persona, nel senso che considera la sicurezza individuale, integrando, nello specifico caso del rumore, il valore del livello sonoro all'orecchio del lavoratore con la durata di esposizione all'agente. Tale documento non dimentica comunque di porre l'accento sulle caratteristiche intrinseche della macchina, ossia sulla sua qualità, disponendo che nel caso in cui l'esposizione quotidiana personale supera un determinato valore, chi pone la macchina sul mercato sarà tenuto a corredarla con adeguate informazioni relative al rumore prodotto ed ai rischi conseguenti. Il D.Lgs. 626/94, infine, è dettato di più vasto respiro rispetto ai precedenti, che pure, indirettamente, contiene e richiama. Esso può essere considerato come una sorta di compendio in tema di salute e sicurezza, in ragione dei principi cui si ispira, per le innumerevoli e diverse fonti di rischio considerate e per le altrettante disposizioni comunitarie e nazionali cui implicitamente rimanda.

L'applicazione pratica di questi testi - ed in particolare del D.Lgs. 277/91 - ha sollevato innumerevoli polemiche e problemi anche in riferimento alla sua congruità nei confronti di molte attività in cui l'esposizione al rumore si presenta discontinua nel corso dei cicli di lavoro, come pure in merito all'interpretazione tecnica del dettato, che spesso rende assai gravosa la misura del rumore e difficile la ripetibilità dei rilievi.

Lungi dal vantare doti di esaustività su un argomento che a distanza di otto anni continua a far nascere note tecniche ed informative e dibattiti legali, il presente fascicolo vuole contribuire a far comprendere i principali aspetti su cui si basa la valutazione del rischio da rumore in agricoltura alla luce del D.Lgs. 277/91. Allo scopo sono richiamate le grandezze che caratterizzano il rumore, gli effetti che esso ha sull'uomo e la strumentazione occorrente per la sua misura. Quindi viene illustrato criticamente il testo del Decreto, sono discussi i problemi legati all'acquisizione dei dati con indicazioni orientative sui livelli registrati su alcune macchine agricole rappresentative. Dopo aver descritto i principali mezzi di protezione dell'udito, il lavoro si conclude con un esempio pratico di relazione tecnica ottenuta grazie ad una procedura computerizzata.

2.1 GRANDEZZE DI RIFERIMENTO

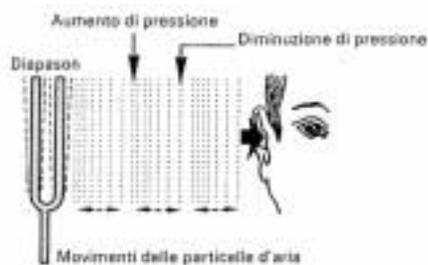


Fig. 1 - L'oscillazione del diapason produce delle variazioni di pressione che si propagano nel mezzo elastico e giungono a sollecitare la membrana del timpano (INSAI, '89).

contatto con il mezzo elastico, ma anche in seguito alla variazione improvvisa di volume di un gas (esplosione), quando un aeriforme, incontrando un corpo solido, crea dei vortici (aria compressa che fuoriesce da un ugello, il rumore del vento), oppure quando colonne d'aria vengono sottoposte ad oscillazioni (strumenti a fiato).

2.1.1 Frequenza, lunghezza d'onda e velocità di propagazione di un suono

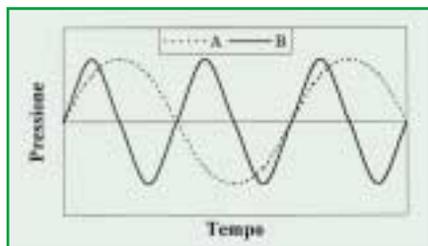


Fig. 2 - La frequenza di un'onda di pressione individua il numero di oscillazioni nel tempo. L'onda B ha frequenza doppia di quella A.

sonora per ripresentarsi allo stesso stato (fig. 2). Per comprendere cosa si intende

Percepiamo un *suono* quando le variazioni di pressione dell'aria prodotte da una sorgente vibrante raggiungono l'organo dell'udito (fig. 1). La trasmissione del suono può avvenire, tuttavia, in mezzi diversi da quelli gassosi - purché elastici - sia liquidi che solidi. Un suono può infatti propagarsi anche per via ossea, ponendo a contatto con la fronte, ad esempio, un corpo oscillante. In assenza di materia, per contro, - cioè nel vuoto - non si ha trasmissione sonora. Il suono non si genera solo quando un elemento solido è posto in vibrazione a

Si è parlato di variazioni di pressione del mezzo elastico come presupposto fondamentale per la formazione, la trasmissione del suono e la sensazione uditiva. Ora, il numero di tali variazioni nel tempo rappresenta quella grandezza fondamentale per caratterizzare qualitativamente un suono che è la *frequenza* (f)¹. Essa è l'inverso del periodo (T), intendendo con quest'ultimo la durata di un ciclo, ossia l'intervallo di tempo impiegato dall'onda sonora per ripresentarsi allo stesso stato (fig. 2). Per comprendere cosa si intende

¹

$$f = \frac{1}{T} \text{ [Hz]}$$

dove:

T = periodo [s].

per frequenza, diremo che, per esempio, ogni tasto del pianoforte produce un suono a frequenza diversa e crescente se i tasti vengono suonati da sinistra verso destra. Per avere un'idea del valore numerico che può assumere tale grandezza si consideri che la nota più grave dello stesso pianoforte ha una frequenza di 27,5 Hz, mentre la più acuta ha una frequenza di 4186 Hz; il diapason internazionale vibra a 440 Hz, la frequenza caratteristica di un motore avente un regime di rotazione di 3000 giri/min è di 50 Hz. La frequenza viene talvolta comunemente indicata con il termine di *tono* od *altezza*. Si definisce come *tono puro* un suono caratterizzato da un'oscillazione sinusoidale avente un'unica frequenza (per es. quella prodotta dal diapason) (fig. 3). Il suono, nella sua accezione strettamente fisica, è invece composto da un tono puro di base e da *toni armonici*, i quali sono dei multipli interi della frequenza di base e determinano il *timbro* (violino, strumenti a fiato) (fig.4).

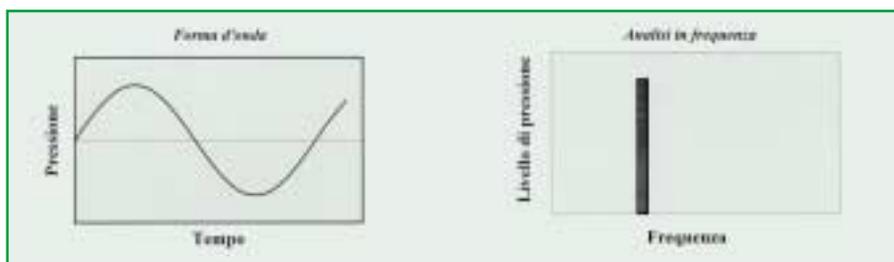


Fig. 3 - Il tono puro è rappresentato da una unica onda oscillatoria ad andamento sinusoidale cui corrisponde una sola frequenza.

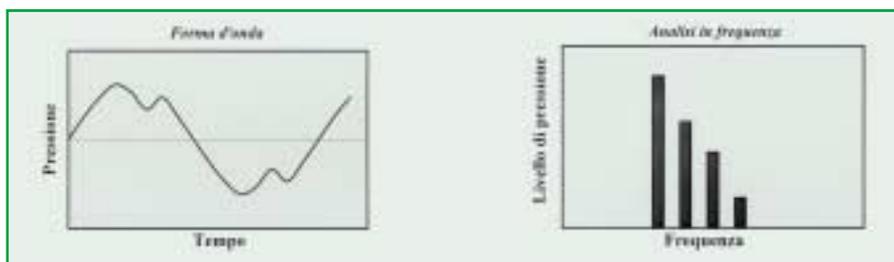


Fig. 4 - Il suono è il risultato della composizione di un tono puro con le sue armoniche (frequenze multiple intere del tono puro di base).

La maggior parte di ciò che udiamo è il risultato di suoni non periodici nel tempo e composti da più frequenze disarmoniche, le quali non si trovano tra loro in rapporto intero (cascata d'acqua, martello pneumatico); in tal caso si parla di *rumore* o, ancor più precisamente, di *rumore a banda larga* (fig. 5). È, tipicamente, il rumore prodotto da macchine ed attrezzature industriali.

Altro parametro importante per la definizione della "qualità" del suono è la *lunghezza d'onda* (λ). Essa è fisicamente definita come la distanza, lungo la direzione di pro-

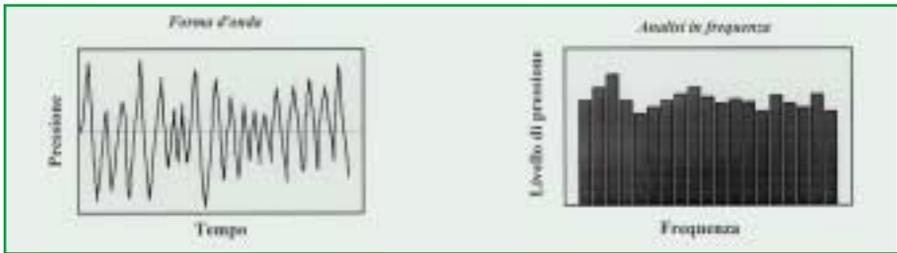


Fig. 5 - Il rumore è un insieme di suoni non periodici, caratterizzati da frequenze non legate fra loro da rapporti interi.

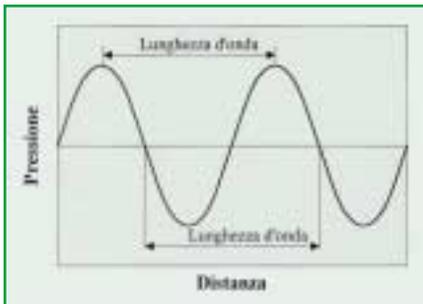


Fig. 6 - Per lunghezza d'onda s'intende la distanza fra due punti omologhi (ad esempio le due cuspidi) di un'onda oscillatoria.

pagazione di un'onda periodica, fra due punti successivi per i quali, ad un dato istante, la fase è la stessa. Più semplicemente, la lunghezza d'onda è la distanza che intercorre tra due stati uguali di un'onda sonora (ad es. tra le cuspidi superiori) (fig. 6).

Detta grandezza è legata alla frequenza ed al periodo, ovvero alla velocità (c) di propagazione dell'onda stessa nel mezzo².

La velocità di propagazione di un'onda sonora è funzione delle caratteristiche del mezzo stesso e della sua

temperatura, mentre è indipendente dalla frequenza di oscillazione. Nell'aria, a 20 °C, la velocità di propagazione risulta pari a circa 340 m/s (1224 km/h). Così, è relativamente semplice calcolare la distanza a cui si è abbattuto un fulmine misurando il tempo che intercorre tra il lampo ed il boato. Riferendosi sempre all'aria, quale mezzo elastico di propagazione, è possibile allora convertire la lunghezza d'onda in frequenza e viceversa. Se si considera il campo delle frequenze udibili dall'uomo, si può affermare che la frequenza più bassa (c.a. 20 Hz) ha una lunghezza d'onda di 17 m, mentre per la frequenza più alta (c.a. 20 kHz) la lunghezza d'onda è pari a 17 mm.

2.1.2 Ampiezza del suono

La "quantità" del suono è invece espressa dall'*ampiezza* (ampiezza) delle variazioni di pressione (fig. 7).

²

$$\lambda = cT \text{ [m]}$$

dove:

c = velocità di propagazione del suono in un dato mezzo elastico [m/s];

T = periodo [s].

L'orecchio umano sano è in grado di percepire la pressione acustica entro un campo molto vasto e che potremmo considerare compreso tra i 20 μPa ed i 20 Pa (Pascal). Tali estremi corrispondono alla soglia di udibilità ed a quella di dolore, mentre il rischio di rottura del timpano si ha per pressioni superiori a 200 Pa. Volendo misurare il suono in Pascal ci si ritroverebbe costretti a lavorare, dunque, con numeri di molte cifre e che male rappresenterebbero, da un punto di vista numerico, l'entità del rumore stesso. Per ovviare a tale inconveniente è stato pertanto introdotto il concetto di *livello di pressione acustica* (L_p)³, la cui unità di misura è il *decibel* (dB). Esso è definito come il logaritmo del rapporto (al quadrato) tra la pressione misurata ed una pressione di riferimento (20 μPa).

Per descrivere l'andamento del rumore nel tempo si usa distinguere tra *rumore stazionario*, *intermittente* ed *impulsivo*. Il primo presenta un andamento costante del livello nel tempo, salvo piccole fluttuazioni, ed anche la composizione delle frequenze si mostra costante (ad esempio: un motore elettrico in funzione a vuoto) (fig. 8). Nel rumore intermittente il livello varia in maniera significativa, secondo fasi facilmente distinguibili, relative, ad esempio, alle diverse condizioni di funzionamento di una macchina; in tal caso anche le frequenze caratteristiche risultano variabili (fig. 9).

Un rumore impulsivo è infine un fenomeno di brevissima durata (millesimi di secondo) caratterizzato da un picco di pressione acustica (esplosione, colpo di un'arma da fuoco) (fig. 10).

In natura, le variazioni della pressione acustica sono frequentemente di entità variabile nel tempo. Pertanto, al fine di ottenere un valore rappresentativo del contenuto energetico "medio" della pressione, quest'ultima viene comune-

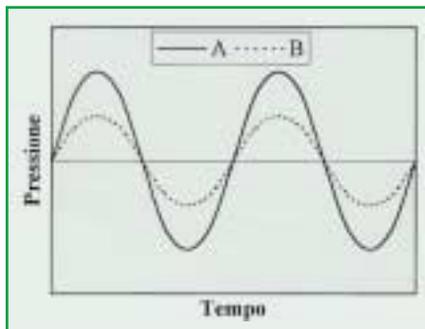


Fig. 7 - L'onda di pressione acustica A, pur avendo la stessa frequenza di quella B, presenta un'ampiezza doppia.

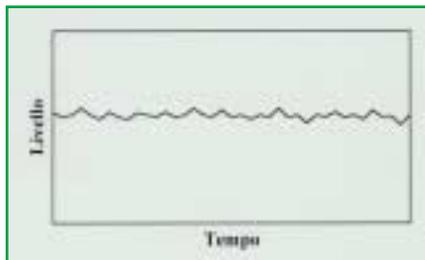


Fig. 8 - Il rumore stazionario è caratterizzato da modeste variazioni di livello nel tempo.

3

$$L_p = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2} \text{ [dB]}$$

dove:

p = pressione acustica misurata [Pa];

p₀ = pressione acustica di riferimento = 20 μPa (\approx soglia di udibilità).

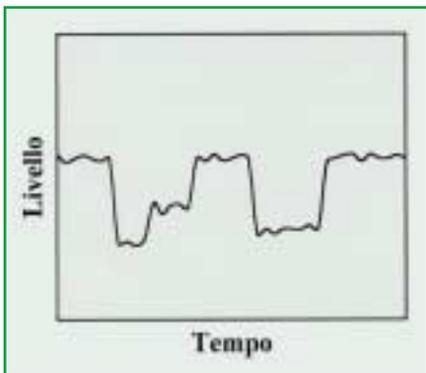


Fig. 9 - Il rumore periodico presenta una successione di fasi a livello variabile.

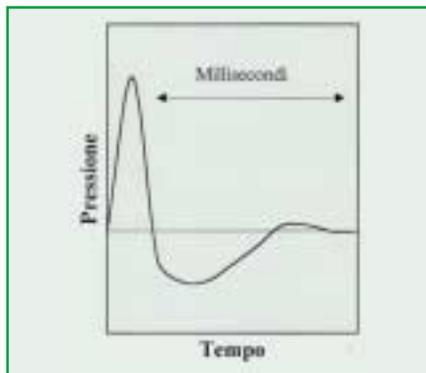


Fig. 10 - Il rumore impulsivo è contraddistinto da uno o più picchi istantanei ed isolati della pressione acustica.

mente espressa in termini di *livello equivalente continuo* ($L_{eq,Te}$), che altro non è se non il livello di pressione acustica integrato nel tempo (T_e)⁴ (fig. 11).

2.1.3 Campo sonoro libero e campo diffuso

Si definisce *campo sonoro libero* la condizione in cui l'onda sonora, generata dalla sorgente, può propagarsi liberamente in tutte le direzioni, poiché non vi sono superfici riflettenti o tali superfici assorbono efficacemente il suono.

Un suono che, viceversa, incontra un ostacolo (ad es.: una parete) viene in parte riflesso, in parte viene assorbito ed in parte trasmesso (fig. 12). Riflessione, assorbimento e trasmissione sono legate alle caratteristiche del materiale ed alle dimensioni dell'ostacolo stesso, oltreché alla lunghezza d'onda del segnale sonoro. Le onde corte (alte frequenze) vengono facilmente assorbite anche da materiali di spessore ridot-



Fig. 11 - Se il livello della pressione acustica - come spesso accade - è di entità variabile nel tempo, il suo valore "medio" è dato dal livello equivalente continuo.

$$L_{eq,Te} = 10 \log \left\{ \frac{1}{T_e} \int_0^{T_e} \left[\frac{p(t)}{p_0} \right]^2 dt \right\} \quad [\text{dB}]$$

dove:

T_e = tempo di campionamento del rumore (s);

p = pressione acustica istantanea (Pa);

p_0 = pressione di riferimento (20 μ Pa).

to, mentre quelle lunghe tendono ad attraversare od aggirare l'ostacolo oppure vengono da esso riflesse.

Nel caso di una sorgente *puntiforme*⁵ e se l'onda è libera di propagarsi in tutte le direzioni, l'amplitudine della pressione si dimezza al raddoppiare della distanza (fig. 13), mentre il livello subisce una diminuzione di 6 dB (fig. 14). Se la sorgente è *lineare*⁶ il livello della pressione acustica diminuisce invece di 3 dB ad ogni raddoppio della distanza di misurazione.

Un *campo sonoro diffuso* è caratterizzato dalla presenza di superfici ed oggetti in grado di riflettere l'onda acustica incidente. Le riflessioni sono il prodotto di un notevole numero di onde sonore aventi direzione diversa. Le riflessioni multiple danno luogo al fenomeno della *riverberazione*, la quale si estingue in maniera progressiva al cessare dell'emissione dell'onda da parte della sorgente. Con *tempo di riverberazione* si intende il tempo necessario a provocare una diminuzione di 60 dB a partire dall'istante di esclusione della sorgente sonora.

In un locale chiuso si sommano solitamente fenomeni di campo libero e di campo diffuso. In prossimità della sorgente prevarrà la prima condizione, con le regole già viste per la propagazione del suono prodotto da sorgenti puntiformi o lineari. In tal caso le caratteristiche acustiche dell'ambiente hanno scarsa influenza sul livello sonoro. Allontanandosi dalla sorgente comincia invece ad avere sempre più importanza il suono riflesso ed, in tal senso, le proprietà as-

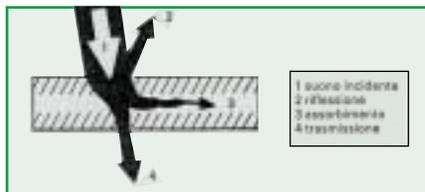


Fig. 12 - Un'onda sonora che incontra un ostacolo in parte viene riflessa, in parte viene assorbita ed in parte trasmessa oltre l'ostacolo stesso (INSAI, '89).

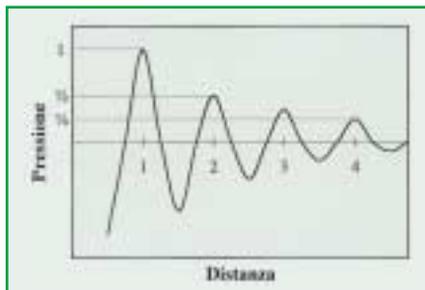


Fig. 13 - Nella propagazione di un'onda di pressione acustica in campo libero generata da una sorgente puntiforme si verifica un dimezzamento della amplitudine per ogni raddoppio della distanza.

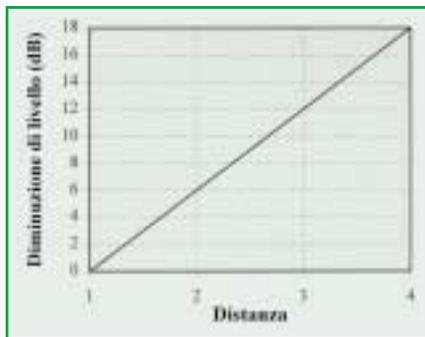


Fig. 14 - Il livello della pressione acustica, sempre nel caso di sorgente puntiforme e di campo libero, subisce una diminuzione di 6 dB ad ogni raddoppio della distanza dalla sorgente.

⁵ È considerata *puntiforme* una sorgente la cui dimensione massima è almeno tre volte inferiore alla distanza di misurazione.

⁶ Una sorgente è considerata *lineare* se una delle sue dimensioni è tre volte più grande della distanza di misurazione (ad es. un'autostrada molto trafficata).

sorbenti e riflettenti delle pareti del locale. Si chiama *raggio di riverberazione* la distanza per la quale il suono diretto e quello diffuso raggiungono lo stesso livello.

2.1.4 Ponderazione in frequenza del rumore

S'è detto che l'organo dell'udito dell'uomo è capace di percepire suoni aventi frequenze comprese fra circa 20 Hz e 20 kHz. Al di sotto ed al di sopra di questi valori si hanno i cosiddetti *infrasuoni* ed *ultrasuoni*.

L'orecchio presenta tuttavia una differente sensibilità in funzione delle frequenze che caratterizzano il rumore. Un suono di un certo livello con frequenza di 1000 Hz, per esempio, non produce lo stesso effetto di un suono, del medesimo livello, con frequenza di 50 Hz. A tale riguardo sono state realizzate delle curve

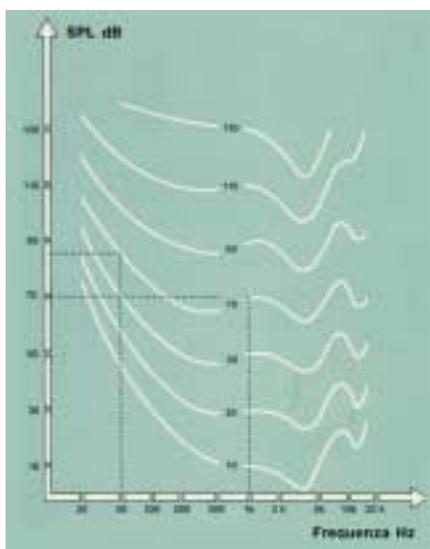


Fig. 15 - Attraverso le curve di equal sensazione sonora è possibile determinare che livelli occorrono per produrre, a diversa frequenza, la stessa sensazione soggettiva di amplitudine. Nell'esempio, un segnale a 50 Hz deve avere un livello di 15 dB superiore ad un segnale a 1000 Hz (SPL = Livello di pressione acustica) (Brüel & Kjær, '86).

di *isosonia* (egual sensazione sonora) le quali consentono di determinare il livello di pressione acustica che, al variare della frequenza, dà luogo alla stessa sensazione soggettiva (fig. 15). Al fine di valutare da un punto di vista bio-fisico un determinato rumore, anche in funzione dei danni che può provocare all'apparato uditivo, la pressione viene "ponderata", cioè "filtrata" in funzione della propria frequenza, secondo "filtri" specifici e standardizzati i quali riproducono, grossomodo, l'andamento delle curve di isosonia. Si viene così a definire il *livello equivalente continuo in curva di ponderazione*. Nell'ambito dello spettro dell'udibile le singole pressioni che caratterizzano un rumore in banda larga vengono "trattate" (attenuate o amplificate) secondo un certo filtro per essere quindi "sommate" in modo tale da fornire un valore globale del livello di rumore. Uno dei filtri più comunemente adottati nelle misure di rumore all'orecchio dell'esposto è quello "A", il quale è in grado di riprodurre assai fedelmente la trasmissione acustica dell'orecchio umano per bassi livelli, ma

filtri di ponderazione specifici possono essere impiegati per medi ed elevati livelli ("B" e "C"), sebbene questi ultimi non siano correlati in maniera soddisfacente con le prove di sensazione soggettiva. Altri filtri vengono usati per rumori specifici (rumore prodotto dagli aerei) (fig. 16).

Adottando la curva "A" si viene a definire il *livello equivalente continuo in curva di ponderazione A* ($L_{Aeq,Te}$)⁷, la cui unità di misura è il dB(A).

2.1.5 Somma di livelli variabili nel tempo e grandezze standardizzate

Se il rumore anziché essere considerato come livello sonoro variabile con continuità nel tempo è descritto come successione di differenti livelli associati ad intervalli di tempo definiti, il livello equivalente può essere ottenuto "sommando" i differenti livelli (ponderati o meno) nel tempo⁸ (fig. 17).

Nell'ambito di una giornata lavorativa la durata dell'esposizione al rumore varia naturalmente da lavoratore a lavoratore. Al fine di classificare l'esposizione individuale - e pertanto il rischio conseguente - secondo un criterio standardizzato, a livello comunitario (ISO, CEE) il $L_{Aeq,Te}$ è stato riferito a 8 ore di esposizione quotidiana, venendo così a definire *l'esposizione quotidiana personale di un lavoratore al rumore* ($L_{EP,d}$)⁹. Il $L_{EP,d}$ diminuisce di 3 dB(A) per ogni dimezzamento del tempo di esposizione (fig. 18).

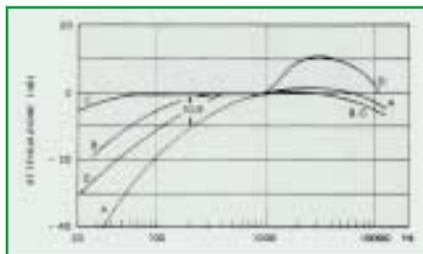


Fig. 16 - L'orecchio umano presenta una diversa risposta in funzione della frequenza del rumore. Pertanto la pressione sonora viene filtrata (attenuata o amplificata) a seconda, appunto, della sua frequenza. Così, per il filtro A, se il livello ha una frequenza di 200 Hz occorre aggiungere 10,9 dB per avere lo stesso effetto di un livello a 1000 Hz.

7

$$L_{Aeq,Te} = 10 \log \left\{ \frac{1}{T_e} \int_0^{T_e} \left[\frac{p_A(t)}{p_0} \right]^2 dt \right\} \quad [\text{dB(A)}]$$

dove:

T_e = tempo di esposizione al rumore (o tempo di campionamento) (s);

p_A = pressione acustica istantanea ponderata A (Pa);

p_0 = pressione di riferimento (20 μ Pa).

Se il tempo di campionamento si ritiene rappresentativo dell'intera durata di esposizione a rumore (T_e) si pone comunemente: $L_{Aeq,Te} \equiv L_{Aeq}$.

8

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i} \cdot t_i \right] [\text{dB}]$$

dove:

L_i = singoli livelli sonori (dB). (Se si utilizzano livelli ponderati A si ottiene il livello equivalente in curva di ponderazione A, espresso in dB(A));

t_i = tempi corrispondenti ai singoli livelli (s);

$$T = \sum_{i=1}^n t_i \quad [\text{s}]; \quad L_{eq} \equiv L_{eq,Te} \quad (\text{vedi nota 7}).$$

9

$$L_{EP,d} = L_{Aeq,Te} + 10 \log \frac{T_e}{T_0} \quad [\text{dB(A)}]$$

dove:

$L_{Aeq,Te}$ = livello equivalente della pressione acustica ponderata "A" relativa alla reale durata di esposizione giornaliera al rumore T_e [dB(A)];

$T_0 = 8 \text{ h}$.

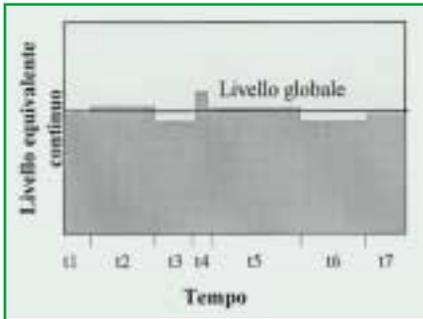


Fig. 17 - Se si conoscono i singoli livelli equivalenti di rumore corrispondenti, ad es., ai tempi $t_1 \div t_7$, si può facilmente calcolare il livello equivalente globale.

Se il livello di esposizione risulta variabile da un giorno all'altro è prevista la possibilità di "mediare" tale livello, ad es. per una settimana lavorativa di riferimento pari a 5 giorni. In tal caso si ottiene l'*esposizione settimanale professionale di un lavoratore a rumore* ($L_{EP,w}$)¹⁰ (fig. 19).

Altro importante parametro assunto come indicatore del rischio di danno uditivo è il valore massimo (picco) della *pressione acustica istantanea non ponderata* raggiunto nel corso dell'esposizione. Il picco di pressione, pur avendo carattere transitorio, può infatti determinare eventi traumatici a carico del timpano e finanche la sua rottura.

2.1.6 L'analisi in frequenza

Quando si vuole conoscere con dettaglio il livello della pressione acustica di un rumore in funzione della frequenza si ricorre all'analisi in frequenza suddividendo la gamma da esaminare (ad es. tra 20 Hz e 20 kHz) in una successione di "contenito-

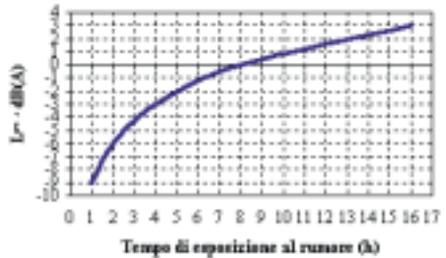


Fig. 18 - La formula per il calcolo dell'esposizione quotidiana personale di un lavoratore al rumore ($L_{EP,d}$) stabilisce che ad ogni dimezzamento del tempo di esposizione corrisponde una diminuzione di livello pari 3 dB(A).

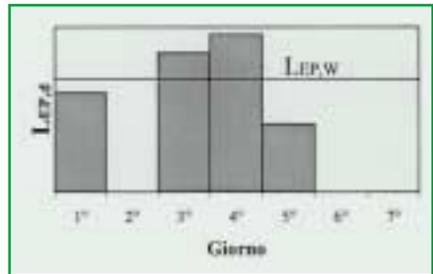


Fig. 19 - Un altro parametro per rapportare allo stesso criterio l'esposizione a rumore di lavoratori soggetti a $L_{EP,d}$ diversi nel corso della settimana è l'esposizione settimanale professionale di un lavoratore a rumore ($L_{EP,w}$), che fa riferimento ad una settimana standard di 5 giorni di lavoro.

¹⁰

$$L_{EP,w} = 10 \log \left[\frac{1}{5} \sum_{k=1}^m 10^{0.1(L_{EP,d}^k)} \right] \text{ [dB(A)]}$$

dove:

($L_{EP,d}^k$) k = valori di $L_{EP,d}$ per ciascuno degli m giorni di esposizione della settimana considerata [dB(A)];
 m = numero dei giorni di esposizione a rumore.

ri" (bande), caratterizzati da un estremo inferiore ed un estremo superiore di frequenza, all'interno dei quali ricade ogni pressione sonora avente una frequenza compresa fra detti estremi. La banda di riferimento universalmente adottata copre l'ampiezza di un'ottava¹¹. Ciascuna banda d'ottava ha un proprio centro di frequenza che individua la banda stessa. Così, ad es., una pressione a 20 Hz viene misurata nella banda d'ottava con frequenza nominale di 16 Hz, che ha per estremi 11,2 Hz e 22,4 Hz. Se si vuole un'analisi più dettagliata si può operare per frazioni di bande d'ottava (1/3 d'ottava, 1/12 d'ottava ecc.). In tal caso il "contenitore" si restringe progressivamente al crescere della frammentazione della banda: la banda di 1/3 d'ottava con frequenza nominale di 16 Hz conterrà, per es., le pressioni sonore oscillanti fra 14,3 Hz e 18 Hz.

2.2 EFFETTI DEL RUMORE

2.2.1 L'apparato uditivo

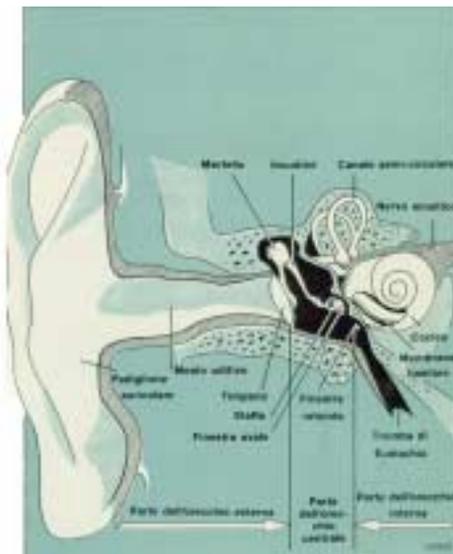


Fig. 20 - Schema anatomico dell'organo dell'udito (Brüel & Kjær, '86).

L'organo dell'udito viene anatomicamente suddiviso in tre regioni: esterna, media ed interna (fig. 20). La prima comprende il padiglione auricolare, atto a raccogliere l'onda di pressione, ed il meato acustico, lungo il quale l'onda stessa si incanala per raggiungere il timpano, che segna il confine con la parte media dell'orecchio. La membrana timpanica è a sua volta collegata ad una catena di tre ossicini (martello, incudine, staffa) - dislocati nella parte centrale - i quali, fungendo da leve, trasferiscono le vibrazioni prodotte dal timpano alla regione interna dell'orecchio, costituita dai canali semicircolari, sede dell'equilibrio, e dalla coclea. Quest'ultima ha forma di chiocciola, è riempita di liquido e separata in due parti dalla membrana basilare. Sotto la stimolazione della staffa, ultimo dei tre ossicini dell'orecchio medio, il liquido cocleare sollecita la membrana

basilare sulla quale si trovano migliaia di cellule sensoriali (cellule del Corti). Dette cellule trasformano le variazioni di pressione in impulsi nervosi, che vengono, quindi, trasferiti al cervello.

¹¹ Con ottava s'intende la gamma in cui si ha il raddoppio della frequenza. Per es.: da 707 Hz a 1414 Hz. Il termine è legato al fatto che il raddoppio della frequenza si ha coprendo otto note della scala musicale diatonica.

2.2.2 Effetti sull'organismo umano

Gli effetti che il rumore provoca sull'uomo non riguardano soltanto la funzione uditiva.

Per quanto concerne il rumore cui sono esposti gli operatori agricoli, gli effetti possono essere indicativamente riassunti come segue:

EFFETTI	SINTOMI
Effetti specifici a carico dell'organo uditivo	Affaticamento uditivo ed ipoacusia (abbassamento della soglia uditiva), che possono assumere carattere transitorio o irreversibile, di grado più o meno severo, in funzione delle lesioni dell'orecchio medio ma, soprattutto, della distruzione più o meno consistente delle cellule del Corti.
Effetti neuro-endocrini a carico del sistema nervoso centrale e periferico e della psiche in genere	Aumento della frequenza di pulsazione delle arterie cerebrali con insorgenza di cefalee, stordimenti, affaticamenti, spossatezza ed irritabilità, diminuzione della capacità di concentrazione.
Effetti di tipo psico-somatico a carico del sistema cardiocircolatorio, digerente, respiratorio, visivo e genitale	Aumento della pressione arteriosa, aumento ed irregolarità del battito cardiaco, vasocostrizione periferica, spasmi dell'apparato digerente, aumento della peristalsi (contrazioni) intestinali, dell'acidità gastrica, con possibile insorgenza di gastriti, gastro-duodeniti, ulcera; aumento della frequenza respiratoria e diminuzione del volume inspirato, abbassamento dell'acuità visiva e restrizione del campo visivo.
Effetti di carattere psico-sociale	Difficoltà di trasmissione e comprensione della parola, perdita di efficienza e di attenzione, sensazione generale di fastidio e "sentimento di scontentezza riferito al rumore che l'individuo sa o crede che possa agire su di lui in modo negativo" (definizione CEE del 1974). Il rumore di fondo può peraltro costituire pericolo in quanto maschera eventuali segnali di allarme.

Causa la diversa sensibilità individuale, la risposta dell'uomo all'agente rumore, definito per livello, frequenza e durata di esposizione, non è facilmente quantificabile. Secondo una suddivisione basata su gradi crescenti di lesività, Cosa e Nicoli ('74) distinguono tuttavia gli effetti rapportandoli a sei gamme di livello di rumore:

LIVELLI	EFFETTI
0 ÷ 35 dB(A)	rumore che non arreca fastidio né danno
36 ÷ 65 dB(A)	rumore fastidioso e molesto, che può disturbare il sonno ed il riposo
66 ÷ 85 dB(A)	rumore che disturba ed affatica, capace di provocare danno psichico e neurovegetativo ed in alcuni casi danno uditivo
86 ÷ 115 dB(A)	rumore che produce danno psichico e neurovegetativo, che determina effetti specifici a livello auricolare e che può indurre malattia psicosomatica
116 ÷ 130 dB(A)	rumore pericoloso: prevalgono gli effetti specifici su quelli psichici e neurovegetativi
131 ÷ 150 dB(A) ed oltre	rumore molto pericoloso, impossibile da sopportare senza adeguata protezione; insorgenza immediata o comunque molto rapida del danno

La normativa ISO (Organizzazione Internazionale per la Standardizzazione) ha elaborato delle relazioni tra la dose di rumore assorbita dal lavoratore nel tempo e conseguente innalzamento della soglia uditiva (livello minimo di rumore udibile). A titolo di esempio si prenda in considerazione una popolazione maschile di 50 anni d'età, esposta quotidianamente ad un livello medio di rumore pari a 90 dB(A) per 30 anni (8 ore al giorno, 5 giorni a settimana, 50 settimane all'anno). Se si considera tollerabile un valore di soglia uditiva pari a 27 dB (valore "frontiera"), il modello ISO fa prevedere che l'11,5 % dei lavoratori della popolazione esposta presenterà - dopo trent'anni - un danno uditivo tale da comportare un innalzamento della soglia a 27 dB(A). Si sottolinea che si tratta di un handicap provocato solamente dal rumore. Per l'effetto congiunto dell'età, detta percentuale cresce infatti al 18 %. La scelta del valore "frontiera", a partire dal quale si ammette che sussista un danno uditivo, è naturalmente arbitraria e legata ad aspetti sociali ed economici, i quali possono assumere un peso differente da Paese a Paese.

Si tenga tuttavia presente, ad esempio, per farsi un'idea della corrispondenza tra livello di rumore e acuità acustica, che un udito normale presenta una soglia di circa 10 dB, il rumore presente in un bosco è stimabile attorno ai 20 dB e quello di una biblioteca attorno ai 40 dB. Il 18 % dei lavoratori cinquantenni sopra considerati faticherà, non di rado, anche per effetto del rumore di fondo, a comprendere il parlato (fig. 21).

Il limite ritenuto "di sicurezza" per l'insorgenza di danni uditivi è pressoché universalmente riconosciuto pari ad 80 dB(A), per 8 ore giornaliere e cinque giornate settimanali di esposizione, benché, negli individui più suscettibili, livelli compresi fra 70

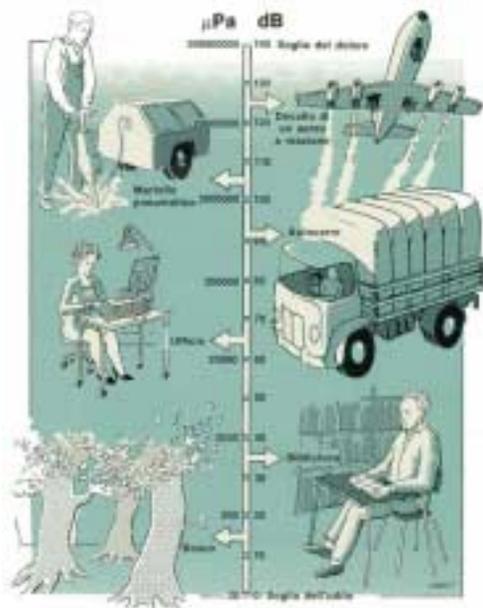


Fig. 21 - Rumore di alcuni caratteristici ambienti ed attività (Brüel & Kjær, '86).

dB(A) ed 80 dB(A) possono provocare una sorta di "sensibilizzazione" dell'orecchio interno che lo renderebbe più debole nei confronti delle stimolazioni a rumori di livello superiore. Valori compresi fra 85 e 90 dB(A) sono comunque considerati responsabili di comportare un rischio da rumore abbastanza contenuto. Estremamente dannose e da evitare in maniera perentoria sono invece le esposizioni a livelli superiori a 120 dB(A). Un rumore continuo a 130 dB(A) può causare anche in brevissimo tempo, danni irreversibili dell'udito.

Lesioni acustiche possono essere causate anche da rumore transitorio se l'onda di pressione raggiunge determinati valori. Il valore di soglia della pressione acustica istantanea non ponderata, internazionalmente accettato, al di sopra del quale sussiste rischio di rottura del timpano è 200 Pa (140 dB, se la pressione è espressa come livello, L_p).

2.3 STRUMENTI DI MISURA

La valutazione del rumore all'orecchio del lavoratore viene solitamente effettuata a partire da una catena strumentale così composta:

- a) microfono; b) cavo di prolunga del microfono; c) fonometro (fig. 22).

2.3.1 Microfono

I microfoni attualmente più in uso sono del tipo a condensatore e sono essenzialmente costituiti da una griglia esterna di protezione, da un diaframma metallico in tensione e da un contropiatto. Tra quest'ultimi, che costituiscono le due piastre parallele del condensatore, è interposta, quale mezzo dielettrico, l'aria. Attraverso il collegamento elettrico del contropiatto, opportunamente isolato dall'involucro protettivo del microfono, il condensatore viene polarizzato. Per effetto delle variazioni di pressione esercitate sul diaframma, si viene a determinare una variazione della capacità del condensatore, generando una tensione di uscita proporzionale alla pressione stessa (fig. 23). La carica sul contropiatto può essere applicata mediante un alimentatore esterno (microfoni esternamente polarizzati) o attraverso un sottile strato di "elettretre" (microfoni prepolarizzati). I microfoni impiegati su fonometri por-

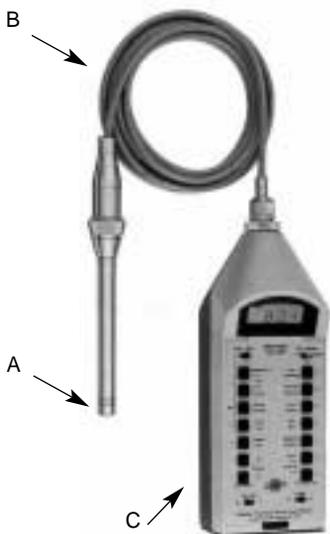


Fig. 22 - La strumentazione più frequentemente usata per la misura del rumore nel campo sanitario-legale è costituita da un microfono (A), con il suo cavo di prolunga (B), e da un fonometro (C), analogico o digitale, per la lettura diretta del livello equivalente continuo della pressione acustica ponderata, integrato su un intervallo di misura prestabilito (es.: $L_{Aeq,Te}$), e del valore di picco del livello della pressione acustica istantanea non ponderata (Brüel & Kjær, '90).

giori (1"). Queste ultime, viceversa, sono più sensibili delle prime per quanto riguarda la risposta nei confronti delle basse pressioni sonore. Le capsule microfoniche più comunemente adottate per la misura del rumore in ambiente di lavoro sono quelle da 1/2"; esse rappresentano il miglior compromesso tra direttività e risposta all'onda di pressione.

Altra caratteristica fondamentale di un microfono è la *sensibilità a circuito aperto*, termine col quale viene indicata la tensione di uscita del microfono (non collegato al preamplificatore) in funzione della pressione che grava sul diaframma della capsula. Tale grandezza ha per

tatili sono per lo più del tipo prepolarizzato.

In ogni caso il microfono viene collegato ad un preamplificatore, il quale ha funzione di convertire le alte impedenze di uscita del microfono in basse impedenze compatibili con l'ingresso delle apparecchiature. Nelle apparecchiature portatili il preamplificatore è solitamente situato subito a monte della capsula microfonica, all'interno dell'asta di supporto della capsula stessa.

Una delle principali caratteristiche del microfono è la *direttività*, parametro che indica la capacità di risposta del microfono in funzione della direzione di provenienza dell'onda sonora. In generale i microfoni sono considerati "omnidirezionali"; sono cioè sensibili al suono proveniente da qualsiasi direzione. Tuttavia le capsule di dimensioni più piccole (1/8" e 1/4"), grazie alla loro ridotta influenza sul campo sonoro, presentano una migliore "omnidirezionalità" - per quanto concerne le frequenze audio - rispetto alle capsule di dimensioni mag-

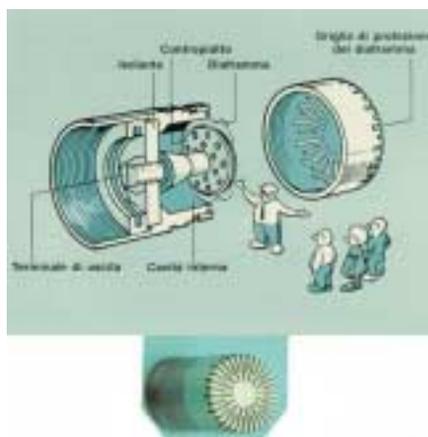


Fig. 23 - I microfoni più usati funzionano secondo il principio del condensatore. Sotto la griglia esterna di protezione sono collocati il diaframma ed il contropiatto, separati dall'aria (Brüel & Kjær, '86, '89).

**Calibration Chart for
Condenser Microphone
Cartridge Type 4165**

Serial No.517088.....

Open Circuit Sensitivity at 1013 mbar

-70.4 dB re. 1 V per Pa or 47.9 mV per Pa

This Calibration is traceable to the National Bureau of Standards, Washington D.C.

Open Circuit Correction Factor:

$K_0^* = +0.4$ dB

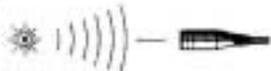
Cartridge Capacitance:

$C = 19.5$ pF

Leakage Resistance tested at 52% relative humidity
> 1018 Ω

Frequency Response Characteristic:

The upper curve is the open circuit free field characteristic, valid for the Microphone Cartridge with protecting grid. Sound waves perpendicular to diaphragm (see Fig.). The lower curve is the open circuit pressure response recorded with electrostatic actuator.



* Subtract the gain of the preamplifier (see back of this card) from K_0 to get the actual correction factor K . (See instruction manual for the use of K .)

1 Pa = 1 N/m² = 10 dynes/cm² = 10 dyber

SC 0089

Fig. 24 - Prospetto della carta di calibrazione di un microfono da 1/2". È molto importante impostare sul fonometro, ai fini di una corretta lettura, il fattore di correzione K_0 , che nell'esempio è pari a 0,4 dB (Brüel & Kjær, '76).

si intende infine la differenza tra i livelli più alti e più bassi di pressione sonora che il microfono può misurare.

Nelle misure all'orecchio del lavoratore la capsula microfonica viene solitamente posta in prossimità del meato acustico tramite un sostegno applicato ad un leggero cappello. È importante, al fine di non creare perturbazioni del campo sonoro dovuto alla vicinanza della testa, che la capsula si trovi ad un'adequata distanza dalla testa stessa.

2.3.2 Fonometro

I fonometri oggi più utilizzati sono del tipo a lettura digitale (fig. 25) e si compongono essenzialmente dei seguenti elementi: a) circuito di pesatura con specifici filtri; b) amplificatore del segnale; c) circuito di preselezione delle costanti di tempo; d) circuito integratore; e) circuito di memorizzazione.

unità di misura il mV/Pa. Valori medi di sensibilità a circuito aperto sono compresi tra 10 e 50 mV/Pa (a 250 Hz). Ancor più importante è la *sensibilità in carica*, che è quella che si ha quando il microfono viene collegato al preamplificatore: essa viene calcolata sommando il "guadagno" dell'amplificatore alla sensibilità a circuito aperto del microfono. L'amplificatore vero e proprio (che riceve il segnale preamplificato) possiede un segnale di riferimento interno ed opera correttamente quando tale segnale coincide con la sensibilità in carica del microfono e del preamplificatore. Occorre cioè effettuare una correzione sottraendo dal "guadagno" del preamplificatore il fattore di correzione che varia da microfono a microfono ed è indicato su apposita documentazione tecnica (fig. 24).

Ulteriori parametri descrittivi del microfono sono la *risposta in frequenza* e la *gamma di risposta in frequenza*. La prima caratterizza il modo in cui varia la sensibilità a circuito aperto al variare della frequenza dell'onda che investe il diaframma, rappresentando, quindi, la risposta in pressione del microfono. La seconda indica invece lo spettro delle frequenze per le quali il microfono presenta - a meno di una certa tolleranza per gli estremi - una normale risposta (ad es. da 4 Hz a 20 kHz). Con il termine di *gamma dinamica*

Il segnale proveniente dal microfono e dal preamplificatore - proporzionale alla pressione sonora - viene attenuato (o amplificato) in funzione della frequenza propria della pressione stessa secondo un filtro elettronico che riproduce le curve di ponderazione standardizzate (A, B, C). In parallelo coi filtri di pesatura è collegato un ulteriore filtro che ha il compito di tagliare le frequenze non rientranti nella gamma di misura. A monte del circuito di pesatura è quasi sempre previsto un indicatore di sovraccarico, grazie al quale si può controllare se la pressione acustica ha raggiunto, nel corso della misura, valori tali da invalidare la misura stessa. Il circuito di pesatura può peraltro venire escluso consentendo una misura della pressione acustica "lineare", cioè non ponderata.

Il circuito di preselezione delle costanti di tempo consente di ottenere una lettura più o meno "pronta" in funzione delle fluttuazioni del livello di pressione sonora. Si hanno solitamente tre modi di operare, a seconda che si voglia una risposta lenta (S: slow), veloce (F: fast) o impulsiva (I: impulse). Se le fluttuazioni sono molto rapide ed il fonometro è impostato in "S", l'indicatore non riuscirà ad aggiornare fedelmente le letture in funzione delle variazioni di pressione. Per contro, una notevole fluttuazione numerica può comportare una confusione nella lettura, sì che, sempre nel caso di una variazione rapida del livello sonoro, può essere preferita la risposta lenta. La costante di tempo "I" si rende invece necessaria per la misura di rumore caratterizzato da impulsi isolati (rumori transitori). Le tre risposte definite sono individuate dalla *costante di tempo*, che risulta, rispettivamente, di 1 s (S), 125 ms (F), 35 ms (I).

Il circuito di integrazione (o di "media"), presente ormai su tutti i fonometri, consente di impostare una definita durata di campionamento del rumore in base alla quale i livelli istantanei della pressione sonora, ponderati o lineari, vengono integrati nel tempo di campionamento per dare, infine, il valore di $L_{Aeq,Te}$ (o $L_{eq,Te}$) ("Rivelatore di RMS", fig. 26).

La *calibrazione* del fonometro può essere eseguita impiegando un segnale di riferimento esterno applicato alla capsula microfonica tramite un generatore acustico detto *pistonofono* (fig. 27) oppure può avvenire grazie ad un segnale interno prodotto dallo stesso fonometro. Nella pratica la calibrazione viene effettuata a partire dal segnale interno, che presenta una maggiore precisione rispetto a quello prodot-



Fig. 25 - Fonometro digitale integratore dell'ultima generazione, concepito per rispondere alle esigenze di rilievo poste dal D.Lgs. 277/91 (Brüel & Kjær, '93).

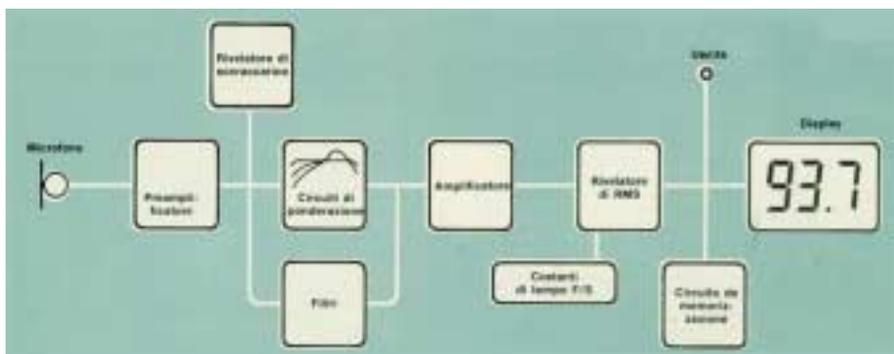


Fig. 26 - Diagramma a blocchi dei circuiti caratteristici di un fonometro integratore (Brüel & Kjær, 1986).



Fig. 27 - Il pistonofono è un piccolo strumento, da applicare sulla capsula microfonica, che genera un segnale acustico di riferimento (ad una data frequenza) grazie al quale si può controllare il corretto funzionamento della catena strumentale (microfono, cavo di prolunga, fonometro) (Brüel & Kjær, '90).

to dal pistonofono. Quest'ultimo viene utilizzato più che altro per verificare la correttezza operativa della catena strumentale.

Diverso è invece il concetto di *taratura* dell'apparecchiatura. Per avere certezza che tutta la catena strumentale (microfono, pistonofono, fonometro) funzioni correttamente, questa deve venire periodicamente sottoposta ad un complesso controllo ed "aggiustamento" effettuato con una strumentazione campione da centri riconosciuti, i quali forniscono un certificato di taratura che può avere validità nazionale o internazionale (ad. es. Istituto Galileo Ferraris di Torino).

Le apparecchiature più sofisticate presentano molte funzioni di trattamento dei dati secondo indici standardizzati in funzione del tipo di rumore oggetto di misura (nell'ambiente di lavoro, urbano ecc.). Fra di essi un importante parametro è il valore di picco della pressione acustica istantanea non ponderata raggiunto nel corso della misura. Un circuito di memoria completa infine la strumentazione, consentendo di collezionare numerosi dati - previa impostazione delle caratteristiche di campionamento - i quali

possono essere richiamati sul display del fonometro o trasferiti in un PC per successive elaborazioni.

Per quanto riguarda le specifiche tecniche, risultano importanti le indicazioni sulla precisione strumentale, che viene stabilita dalle normative del Comitato Elettrotecnico Internazionale (IEC 651 e IEC 804). Le direttive CEE, cui è ispirato il D.Lgs. 277, prescrivono, per l'appunto, che i fonometri da utilizzare nelle misure debbono appartenere al gruppo 1.

Questi strumenti subiscono incessanti evoluzioni in funzione del progredire delle tecnologie elettroniche e delle esigenze che via via si pongono. Oltre ad un miglioramento della fedeltà di misura, ad una riduzione delle dimensioni, ad un'espansione delle funzioni strumentali, si osserva un continuo adeguamento degli strumenti in risposta alle metodologie prescritte dalle normative. Le apparecchiature di fabbrica più recente presentano, per esempio, la possibilità di effettuare la misura di un livello equivalente ponderato A contemporaneamente alla misura del livello della pressione acustica istantanea massima (picco), consentendo, talvolta, un notevole risparmio del tempo dedicato ai rilievi.

2.3.3 Altre apparecchiature

Per la misura del rumore, soprattutto quando si vuole condurre un'analisi delle frequenze che caratterizzano il suono stesso, si può fare ricorso ad un analizzatore in frequenza (fig. 28) il quale fornisce i valori del livello equivalente per bande d'ottava o frazioni di banda d'ottava.

Il livello equivalente globale ottenuto con l'analisi in frequenza sarà in ogni caso dato dalla "somma" dei livelli misurati in ciascuna banda all'interno della gamma di frequenza cui si vuole riferire la misura stessa. L'analizzatore può essere collegato direttamente al preamplificatore e, quindi, al microfono, oppure può ricevere il segnale da un registratore a nastro magnetico. Esso possiede solitamente molte funzioni, tra cui quelle già descritte per il fonometro (integrazione, segnalazione di sovraccarico, di picco ecc.). Si tratta in ogni caso di strumenti molto costosi e complessi, il cui utilizzo viene giustificato nell'ambito di ricerche in cui sia fondamentale conoscere le componenti spettrali del rumore, come accade per gli interventi di bonifica acustica e per gli studi bio-dinamici sulla risposta dose-effetto.

Strumento, all'opposto, di notevole semplicità e praticità d'impiego è il *dosimetro*. Si tratta di un apparecchietto di ridotte dimensioni che viene applicato all'operatore, per lo più in corrispondenza della tasca di una giacca od altro indumento da lavoro. Esso misura il rumore nell'arco di tutta la giornata di lavoro e fornisce il valore della "dose" di rumore attraverso cui, noto il tempo di esposizione, si può risalire al livello equivalente¹². L'inconveniente di tale strumento è



Fig. 28 - Nelle ricerche in cui si vuole conoscere la composizione spettrale del rumore si può ricorrere ad un analizzatore in bande d'ottava o di frazioni d'ottava (Brüel & Kjør, '93).



Fig. 29 - Nelle misure di rumore in cui è inevitabile la presenza dell'operatore, il microfono viene solitamente collegato ad un caschetto, tramite opportuno supporto, e in modo tale da trovarsi ad almeno 100 mm di distanza dall'orecchio. Tale casco dovrà risultare il più leggero e confortevole possibile, ma, soprattutto, dovrà presentare dimensioni e conformazione tali da non perturbare significativamente il campo sonoro in prossimità del microfono (in tal senso, risulterebbe opportuna l'eliminazione della visiera del casco ancora visibile in figura).

nella conduzione dei mezzi (ad es. il trattore). Se la misura del rumore è effettuata a partire da un microfono collegato tramite un adeguato supporto ad un leggero caschetto, occorrerà che la capsula si trovi posta in prossimità del meato acustico e ad una distanza minima, di fronte ad esso, pari a 100 mm (UNI, CEE)(fig. 29). La dislocazione di taluni elementi delle macchine, fonti di rumore, può far sì che le due orecchie si trovino esposte ad un diverso livello di rumore, il quale dipende peraltro dalla posizione assunta dalla testa nel corso della lavorazione (nelle lavorazioni del terreno l'operatore, ad es., spesso si volta all'indietro per controllare l'attrezzatura collegata al trattore). Occorrerà pertanto prevedere un doppio supporto per il microfono al fine di consentire la misura su entrambi i lati della testa.

che la vicinanza del microfono al corpo dell'operatore può creare delle perturbazioni del campo sonoro tali da compromettere la validità della misura, se la tolleranza è piuttosto ristretta ($1 \div 2$ dB(A)); i modelli più vecchi tagliano la pressione acustica al di sotto di un certo valore (ad es. 80 dB(A)), ma, soprattutto, si tratta spesso di strumenti di classe 2 e, come tali, non rispondenti alle specifiche imposte dalle norme (recentemente, tuttavia, sono stati posti in commercio anche apparecchi di classe 1, con microfono separato, con molte funzioni, tra cui la memorizzazione del valore di picco, sì che si tratta, in sostanza, di piccoli fonometri da tasca).

2.3.4 Attrezzature complementari

La misura del rumore, come anche previsto dal Decreto, va preferenzialmente effettuata in assenza dell'operatore, il cui corpo può perturbare il campo sonoro. Nel caso delle macchine agricole spesso non risulta possibile escludere il lavoratore, impegnato nel governo o

12

$$L_{Aeq,Te} = 70 + 10 \log \frac{8D}{Te} \text{ [dB(A)]}$$

dove:

D = dose di rumore (visualizzata direttamente dal dosimetro) [%];

Te = durata dell'esposizione [h].

Nel caso in cui l'operatore sia vincolato in una posizione grossomodo costante nel corso del lavoro potrà essere vantaggiosamente utilizzato un sistema di fissaggio del microfono alle strutture circostanti. Detto dispositivo dovrà comunque presentare caratteristiche dimensionali tali da non influire significativamente sul campo sonoro.

Il rilevatore dovrà posizionarsi quanto più lontano possibile dall'esposto a rumore. Se questi deve necessariamente operare in prossimità dell'esposto ed in un ambiente caratterizzato da una ridotta volumetria (ad es. all'interno di una cabina) occorrerà verificare che la sua presenza non perturbi in maniera significativa il campo acustico oggetto della misura.

3 IL DECRETO LEGISLATIVO 277/91

3.1 L'IMPIANTO DEL DECRETO

Il Decreto Legislativo 15 agosto 1991, n. 277, viene pubblicato sul Supplemento ordinario della Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Serie generale n. 200, in data Martedì 27 agosto 1991. La copertina titola: "Attuazione delle direttive n. 80/1107/CEE, n. 82/605/CEE, n. 83/477/CEE, n. 86/188/CEE e n. 88/642/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro, a norma dell'art. 7 della legge 30 luglio 1990, n. 212"¹³.

Il Decreto - emanato dal Presidente della Repubblica su proposta del Ministro per il coordinamento delle politiche comunitarie e di concerto con i Ministri degli affari esteri, di grazia e giustizia, del tesoro, del lavoro e della previdenza sociale, dell'industria, del commercio e dell'artigianato - si articola in sei Capi ed otto Allegati:

Capo I - "Norme generali";

Capo II - "Protezione dei lavoratori contro i rischi connessi all'esposizione al piombo metallico ed ai suoi composti ionici durante il lavoro";

Capo III - "Protezione dei lavoratori contro i rischi connessi all'esposizione ad amianto durante il lavoro";

Capo IV - "Protezione dei lavoratori contro i rischi di esposizione al rumore durante il lavoro";

Capo V - "Norme penali";

Capo VI - "Disposizioni transitorie e finali";

Allegato I: "Attività lavorative più comunemente note che comportano esposizione al piombo";

Allegato II: "Criteri per l'effettuazione del controllo clinico dei lavoratori esposti al piombo";

Allegato III: "Metodi di analisi per la misurazione degli indicatori biologici del piombo nell'aria";

Allegato IV: "Metodi di prelievo e dosaggio per la misurazione della concentrazione del piombo nell'aria";

¹³ Legge 30 luglio 1990, n. 212: "Delega al Governo per l'attuazione di direttive delle Comunità europee in materia di sanità e di protezione dei lavoratori".

Art. 7.: "Protezione dei lavoratori": "1. Il decreto in materia in protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizioni ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro sarà informato ai seguenti principi e criteri direttivi, in aggiunta a quelli contenuti nelle direttive da attuare: a) prevedere la riconduzione, in attesa del riassetto della normativa generale sulla sicurezza del lavoro, alle disposizioni vigenti in materia, ivi comprese quelle di cui al decreto del Presidente della Repubblica 19 marzo 1956, n. 303 (N.d.A.: vedi nota 14), recante norme generali per l'igiene del lavoro, per quanto riguarda il campo di applicazione, i soggetti tutelati, gli obblighi generali e particolari; b) fissare gli obblighi generali per datori di lavoro, dirigenti, preposti e lavoratori diretti a garantire in modo coordinato l'impiego dei mezzi, l'osservanza delle condizioni e le altre finalità di prevenzione e di tutela dei lavoratori; c) prevedere la definizione delle competenze, dei requisiti professionali e delle responsabilità del medico incaricato della sorveglianza sanitaria dei lavoratori; d) disciplinare l'obbligo di notifica, ovvero di far luogo ad altre forme di comunicazione, da parte del datore di lavoro alle autorità competenti per attività che possano comportare rischi particolari di esposizione a determinati agenti chimici, fisici o biologici, da coordinarsi con analoghi obblighi previsti dalla normativa vigente [...]".

Allegato V: “Metodi di prelievo ed analisi per la misurazione della concentrazione delle fibre di amianto nell’aria”;

Allegato VI: “Criteri per la misura del rumore”;

Allegato VII: “Criteri per il controllo della funzione uditiva dei lavoratori”;

Allegato VIII: “Modalità di campionatura degli agenti chimici e di valutazione dei risultati”.

3.2 LETTURA DEL DECRETO

3.2.1 Disposizioni generali

In questo paragrafo vengono richiamati e discussi i punti di maggior interesse relativi ai soli Capi ed Allegati attinenti l’esposizione a rumore.

CAPO I

Attività soggette (Art. 1)

Al comma 2 si sottolinea che le “Norme generali” debbono essere osservate in aggiunta a quanto previsto al Capo IV, in particolare, ed in tutti i casi, si applica l’Art. 8 (*Allontanamento temporaneo dall’esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici*) e l’Art. 9 (*Altre misure*).

Il comma 3 indica che il Decreto si applica ai lavoratori subordinati o ad essi equiparati ai sensi dell’art. 3 del Decreto del Presidente della Repubblica 19 marzo 1956, n. 303¹⁴. Si fa osservare che vanno considerati lavoratori subordinati anche gli avventizi ed il personale a tempo determinato.

Definizioni (Art. 3)

Al comma 1 vengono indicati i requisiti del “medico competente” (lettera c) e viene identificato “l’organo di vigilanza” (lettera d). È medico competente: “un medico, ove possibile dipendente del S.S.N., in possesso di uno dei seguenti titoli: specializzazione in medicina del lavoro o in medicina preventiva dei lavoratori e psicotecnica, in tossicologia industriale o specializzazione equipollente; docenza in medicina del lavoro o in medicina preventiva dei lavoratori e psicotecnica o in tossicologia industriale o in igiene industriale o in fisiologia ed igiene del lavoro; libera docenza nelle discipline suddette”. L’organo di vigilanza afferisce al S.S.N. (A.S.L.), fatte salve le disposizioni previste da norme speciali.

¹⁴ Decreto del Presidente della Repubblica 19 marzo 1956, n. 303: “Norme generali per l’igiene del lavoro”. Art. 3 - Definizione di lavoratore subordinato: Agli effetti dell’Art. 1 (N.d.A., “Attività soggette”), per lavoratore subordinato si intende colui che fuori dal proprio domicilio presta il proprio lavoro alle dipendenze e sotto la direzione altrui, con o senza retribuzione, anche al solo scopo di apprendere un mestiere, un’arte od una professione. Sempre agli effetti dell’art. 1 sono equiparati ai lavoratori subordinati i soci di società e di enti in genere cooperativi, anche di fatto, che prestino la loro attività per conto delle società o degli enti stessi”.

Misure di tutela (Art. 4)

Il comma 1 è di estrema importanza, in quanto definisce quali sono le misure generali che rientrano nel campo di applicazione del Capo IV. In dettaglio occorre prevedere:

- a) valutazione da parte del datore di lavoro dei rischi per la salute e la sicurezza;
- b) utilizzazione limitata dell'agente sul luogo di lavoro;
- c) limitazione al minimo del numero dei lavoratori che sono o possono essere esposti;
- d) controllo dell'esposizione dei lavoratori mediante la misurazione dell'agente [...];
- e) misure da attuare, quando sia superato un valore limite, per identificare le cause del superamento ed ovviarvi;
- f) misure tecniche di prevenzione;
- g) misure di protezione collettiva;
- h) uso di segnali di avvertimento e di sicurezza;
- i) misure di protezione comportanti l'applicazione di procedimenti e metodi di lavoro appropriati;
- l) misure di protezione individuale, da adottare soltanto quando non sia possibile evitare in altro modo un'esposizione pericolosa;
- m) misure di emergenza da attuare in caso di esposizione anormale;
- n) misure igieniche;
- o) informazione e formazione completa e periodica dei lavoratori ovvero dei loro rappresentanti su:
 - 1) i rischi connessi con l'esposizione dei lavoratori all'agente e le misure tecniche di prevenzione;
 - 2) i metodi di valutazione dei rischi, l'indicazione dei valori limite e, ove fissate, le misure da prendere o già prese per motivi di urgenza, in caso di loro superamento, per ovviarvi;
- p) attuazione di un controllo sanitario dei lavoratori prima dell'esposizione e, in seguito, ad intervalli regolari nonché, qualora trattasi di esposizione ad agenti con effetti a lungo termine (N.d.A.: vedi il rumore), prolungamento del controllo dopo la cessazione dell'attività comportante l'esposizione;
- q) tenuta ed aggiornamento di registri indicanti livelli di esposizione, di elenchi di lavoratori esposti e di cartelle sanitarie e di rischio. I modelli e le modalità di tenuta dei registri, degli elenchi e delle cartelle relative all'agente disciplinato sono determinati con decreto del Presidente del Consiglio dei ministri, di iniziativa dei ministri del lavoro e della previdenza sociale e della sanità;
- r) accesso dei lavoratori ovvero dei loro rappresentanti ai risultati delle misure di esposizione ed ai risultati collettivi non nominativi degli esami indicativi dell'esposizione;
- s) accesso di ogni lavoratore interessato ai risultati dei propri controlli sanitari, in particolare a quelli degli esami biologici indicativi dell'esposizione;
- t) accesso dei lavoratori ovvero dei loro rappresentanti ad un'informazione adeguata, atta a migliorare le loro conoscenze dei pericoli cui sono esposti;
- u) un sistema di notifica alle competenti autorità statali, ovvero locali, delle attività che comportano esposizione all'agente oggetto di disciplina, con l'indicazione dei dati da comunicare".

Il comma 2 specifica che: “Ai fini del presente decreto si intendono per rappresentanti dei lavoratori i loro rappresentanti nell'unità produttiva, ovvero nell'azienda, come definiti dalla normativa vigente, ovvero dai contratti collettivi applicabili”.

Obblighi dei datori di lavoro, dei dirigenti e dei preposti (Art. 5)

Datori di lavoro, dirigenti e preposti:

(dal comma 1):

“[...]”

b) informano i lavoratori nonché i loro rappresentanti sui rischi specifici dovuti all'esposizione all'agente ed alle mansioni dei lavoratori medesimi e delle misure di prevenzione adottate, anche mediante dettagliate disposizioni e istruzioni lavorative, volte anche a salvaguardare il controllo strumentale; forniscono ai medesimi informazioni anonime collettive contenute nei registri di cui all'art. 4 comma 1 lettera q, e, tramite il medico competente, i risultati anonimi collettivi degli accertamenti clinici e strumentali effettuati, nonché indicazioni sul significato di detti risultati; informano altresì i lavoratori sulle misure da osservare nei casi di emergenza o di guasti;

c) permettono ai lavoratori di verificare, mediante loro rappresentanti, l'applicazione delle misure di tutela della salute e di sicurezza;

d) forniscono ai lavoratori i necessari ed idonei mezzi di protezione;

e) provvedono ad un adeguato addestramento all'uso dei mezzi individuali di protezione;

f) dispongono ed esigono l'osservanza da parte dei singoli lavoratori delle disposizioni aziendali e delle norme, nonché l'uso appropriato dei mezzi individuali e collettivi di protezione messi a loro disposizione ed accertano che vi siano le condizioni per adempiere alle norme e disposizioni aziendali medesime;

g) esigono l'osservanza da parte del medico competente degli obblighi previsti dal presente decreto, informandolo sui procedimenti produttivi e sugli agenti inerenti all'attività”.

Il comma 2 prevede, in sostanza, che i datori di lavoro, i dirigenti e i preposti informino eventuali lavoratori autonomi o titolari di imprese che prestino servizio, a qualsiasi titolo, presso l'azienda, sui rischi conseguenti all'esposizione all'agente, se esso è presente, nonché sulle modalità e le misure adottate per prevenire detti rischi.

Il comma 3 prescrive che i titolari di aziende i cui lavoratori prestano servizio presso altre strutture debbono comunque rispettare le disposizioni volte a salvaguardarne la salute e la sicurezza nell'ambito dell'ambiente ospite.

Il comma 4 stabilisce che datori di lavoro, dirigenti e preposti dell'azienda che impiega proprio personale in altra azienda e i titolari di tale seconda azienda debbono collaborare all'attuazione delle misure di tutela (Art. 4), coordinando gli interventi di protezione e prevenzione dei rischi.

Obblighi dei lavoratori (Art. 6)

“1. I lavoratori:

a) osservano, oltre le norme del presente decreto, le disposizioni ed istruzioni impartite dal datore di lavoro, dai dirigenti e dai preposti ai fini della protezione collettiva ed individuale;

b) usano con cura ed in modo appropriato i dispositivi di sicurezza, i mezzi individuali e collettivi di protezione, forniti o predisposti dal datore di lavoro;

c) segnalano immediatamente al datore di lavoro, al dirigente ed al preposto le deficienze dei suddetti dispositivi e mezzi, nonché le altre eventuali condizioni di pericolo di cui vengano a conoscenza, adoperandosi direttamente, in caso di urgenza nell'ambito delle loro competenze e possibilità, per eliminare o ridurre dette deficienze o pericoli;

d) non rimuovono o modificano, senza autorizzazione, i dispositivi di sicurezza, di segnalazione, di misurazione ed i mezzi individuali e collettivi di protezione;

e) non compiono di propria iniziativa operazioni o manovre non di loro competenza che possono compromettere la protezione o la sicurezza;

f) si sottopongono ai controlli sanitari previsti nei loro riguardi.”

Obblighi del medico competente (Art. 7)

Detti obblighi possono essere così riassunti: il medico competente accerta lo stato di salute dei lavoratori e fa richiesta di sottoporre gli stessi ad eventuali esami integrativi, il tutto a cura e spese del datore di lavoro; esprime il giudizio di idoneità all'impiego del lavoratore; redige ed aggiorna, per ciascun lavoratore, una cartella sanitaria e di rischio da custodire, in forma riservata, presso il datore; informa i lavoratori, ed eventualmente i loro rappresentanti, sul significato del controllo sanitario; informa i lavoratori interessati sul risultato del controllo sanitario; visita gli ambienti di lavoro almeno due volte l'anno collaborando alla programmazione del controllo dell'esposizione dei lavoratori.

Allontanamento temporaneo dall'esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici (Art. 8)

L'articolo prevede che se, per motivi sanitari, il lavoratore viene temporaneamente allontanato dall'attività che comporta un'esposizione all'agente nocivo, a questi dev'essere assegnato, per quanto possibile, un altro posto di lavoro nell'ambito della medesima azienda. Il lavoratore che viene adibito a mansioni inferiori conserva comunque la sua retribuzione e la sua qualifica originarie. Se, per contro, il lavoratore viene chiamato a svolgere mansioni equivalenti o superiori si applicano le norme previste dall'art. 13 della legge 20 maggio 1970, n. 300¹⁵. Il periodo massimo di allontanamento del dipendente dal suo posto di lavoro viene determinato dai CCL stipulati dalle associazioni sindacali di categoria.

¹⁵ Legge 20 maggio 1970, n. 300: "Norme per la tutela della libertà e dignità dei lavoratori, della libertà sindacale e dell'attività sindacale nei luoghi di lavoro e norme sul collocamento". "Art. 13. (Mansioni del lavoratore). - L'articolo 2103 del codice civile è sostituito dal seguente: 'Il prestatore di lavoro deve essere adibito alle mansioni per le quali è stato assunto o a quelle corrispondenti alla categoria superiore che abbia successivamente acquisito ovvero a mansioni equivalenti alle ultime effettivamente svolte, senza alcuna diminuzione della retribuzione. Nel caso di assegnazioni a mansioni superiori il prestatore ha diritto al trattamento corrispondente all'attività svolta e l'assegnazione stessa diviene definitiva, ove la medesima non abbia avuto luogo per sostituzione di lavoratore assente con diritto alla conservazione del posto, dopo un periodo fissato dai contratti collettivi, e comunque non superiore a tre mesi. Egli non può essere trasferito da una unità produttiva ad un'altra se non per comprovate ragioni tecniche, organizzative e produttive. Ogni patto contrario è nullo" (vedi successivi D.L. 3 febbraio 1993, n. 29 e D.L. 31 marzo 1998, n. 80).

Altre Misure (Art. 9)

Detto articolo stabilisce che il datore di lavoro, il dirigente ed il preposto debbono adottare adeguati provvedimenti per evitare che le misure tecniche volte alla tutela della salute e sicurezza dei lavoratori possano causare rischi per la popolazione e un danno per l'ambiente esterno.

3.2.2 Il Capo IV

PROTEZIONE DEI LAVORATORI CONTRO I RISCHI DI ESPOSIZIONE AL RUMORE DURANTE IL LAVORO

Definizioni (Art. 39)

Vengono in questo contesto indicate le grandezze, e le relative espressioni, prese come riferimento per la valutazione del rischio da esposizione a rumore.

a) *esposizione quotidiana personale di un lavoratore al rumore* ($L_{EP,d}$).

È l'esposizione quotidiana personale misurata, calcolata e riferita ad 8 h giornaliere:

$$L_{EP,d} = L_{Aeq,Te} + 10 \log_{10} \frac{T_e}{T_0} \quad [dB(A)]$$

con:

$$L_{Aeq,Te} = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{T_e} \int_0^{T_e} \left[\frac{p_A(t)}{p_0} \right]^2 dt \right\} \quad [dB(A)]$$

dove:

T_e = durata quotidiana dell'esposizione personale di un lavoratore al rumore, compreso il lavoro straordinario;

T_0 = durata di riferimento = 8 h (= 28800 s);

p_0 = pressione acustica di riferimento = 20 μ Pa;

p_A = pressione acustica istantanea ponderata A [Pa] misurata all'altezza dell'orecchio della persona nel corso del lavoro, preferibilmente in sua assenza, secondo una tecnica che minimizzi gli effetti sul campo sonoro (se il microfono è posizionato molto vicino al corpo, occorre adottare opportune misure al fine di non perturbare il campo sonoro o di creare un campo sonoro equivalente, vedi note di Allegato VI).

b) *esposizione settimanale professionale di un lavoratore al rumore* ($L_{EP,w}$).

È la "media" settimanale dei valori giornalieri di $L_{EP,d}$, calcolata sui giorni lavorativi della settimana:

$$L_{EP,w} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{5} \sum_{k=1}^m 10^{0,1(L_{EP,d})^k} \right] [dB(A)]$$

dove:

$(L_{EP,d})^k = L_{EP,d}$ per ciascuno degli m giorni di lavoro della settimana considerata.

Valutazione del rischio (Art. 40)

Il datore di lavoro deve procedere ad una preliminare valutazione del rumore durante il lavoro al fine di individuare i luoghi ed identificare i lavoratori che possono essere esposti ad un $L_{EP,d}$ (oppure ad un $L_{EP,w}$, se il primo è variabile nel corso della settimana lavorativa) superiore ad 80 dB(A). Se detto valore è da ritenere superato occorrerà procedere ad una misurazione secondo i criteri tecnici riportati nell'Allegato VI.

Da quanto indicato si ritiene che la valutazione preliminare possa essere di carattere anche non strumentale o che, comunque, la strumentazione e le modalità di verifica del livello di esposizione non necessariamente debbano soddisfare i requisiti tecnici indicati nell'allegato VI. Tale stima è ragionevole nei luoghi di lavoro caratterizzati dall'assenza di macchine o dalla presenza di macchine che non suscitino un apprezzabile disturbo. Diverso è il caso in cui il rumore all'orecchio del lavoratore raggiunge, ad esempio, un livello superiore ai 75 dB(A). In tali condizioni non pare possibile prescindere da una dettagliata misurazione fonometrica per la determinazione del superamento del limite. La valutazione, naturalmente demandata a personale competente, è programmata ed effettuata ad opportuni intervalli (ogni volta che si ritiene che il rumore possa variare in maniera significativa), sotto la diretta responsabilità del datore di lavoro. Anche in tal caso, fattori intrinseci alle macchine (loro invecchiamento) e riferibili alle condizioni di lavoro (materiali e substrati lavorati, tempi di lavoro) possono comportare una significativa variazione del livello di esposizione, tale, di fatto, se comporta il passaggio da un scaglione di rischio all'altro (vedi art. 42 e successivi). Se risulta relativamente agevole un riesame dell'esposizione in conseguenza di una modifica dei tempi di lavoro, nella pratica la stima di una variazione del livello di rumore resta affidata alla sensibilità, al buon senso, ed alla responsabilità del singolo. Si può ritenere ragionevole, in campo agricolo - ma la scelta è del tutto arbitraria - che occorra ripetere le misure fonometriche almeno ogni 2 anni. Il datore è peraltro tenuto a redigere, a conservare e a mettere a disposizione dell'organo di vigilanza una relazione contenente i criteri e le modalità di effettuazione delle valutazioni con l'indicazione degli intervalli programmati per le misure nonché della strumentazione utilizzata.

Misure tecniche, organizzative e procedurali (Art. 41)

Di estrema importanza il comma 1, che si applica indipendentemente dai risultati della valutazione del rischio cui sono soggetti i lavoratori. Esso recita: "Il datore di lavoro riduce al minimo, in relazione alle conoscenze acquisite in base al progresso tecnico, i rischi derivanti dall'esposizione al rumore mediante misure tecniche, organizzative e procedurali concretamente attuabili, privilegiando gli interventi alla fonte". Ciò significa che, in teoria, il datore dovrebbe acquistare le macchine meno rumorose, procedere, ove possibile, ad interventi di bonifica acustica delle attrezzature, organizzare il lavoro in modo che risulti minima l'esposizione a rumore. Naturalmente la disposizione soggiace a vincoli di vario ordine, prima di tutto economici, ma anche tecnici e di organizzazione del lavoro. Non si può di fatto ignorare che l'acquisto di un'attrezzatura sia condizionato dal suo costo, che molte macchine non ammettano

interventi di bonifica, che i calendari colturali richiedano talvolta una tempestività tale da non consentire una diluizione dei tempi di lavoro.

Il comma 2 prevede inoltre che debba essere apposta una segnaletica appropriata nei luoghi di lavoro in cui l'esposizione quotidiana personale possa superare i 90 dB(A) oppure il valore massimo (picco) della pressione acustica istantanea non ponderata possa superare i 200 Pa ($L_p = 140$ dB); detti luoghi (comma 3) debbono inoltre essere, quando possibile, perimetrati e ad accesso limitato.

Informazione e formazione (Art. 42)

In questo articolo vengono riportati i provvedimenti da adottare in funzione delle prime due classi di rischio.

Se il $L_{EP,d}$ supera gli 80 dB(A), il datore di lavoro deve informare i lavoratori, oppure i loro rappresentanti, su:

- a) i rischi per l'udito da esposizione a rumore;
- b) quali misure sono adottate dalla norma presente;
- c) quali misure di protezione sono previste per i lavoratori;
- d) la funzione dei mezzi individuali di protezione, le circostanze in cui essi vanno usati e le modalità d'uso;
- e) il significato ed il ruolo del controllo sanitario;
- f) i risultati ed il significato della valutazione del rischio.

Se viene superato il limite di 85 dB(A), il datore di lavoro deve informare i lavoratori su:

- a) il corretto uso dei mezzi di protezione dell'udito;
- b) l'uso corretto delle attrezzature, per ridurre al minimo i rischi per l'udito se queste, utilizzate continuamente, danno luogo ad un'esposizione quotidiana personale pari o superiore ad 85 dB(A).

Risulta importante sottolineare che la valutazione del rischio, e la conseguente applicazione delle disposizioni, va fatta in funzione del $L_{EP,d}$. In tal senso, non consentendo il Decreto di mediare sui valori quotidiani riferiti all'intero ciclo di lavoro, occorrerà considerare il valore di $L_{EP,d}$ più elevato tra quelli registrati.

Uso dei mezzi individuali di protezione dell'udito (Art. 43)

Se il lavoratore è esposto ad un $L_{EP,d}$ superiore ad 85 dB(A), il datore di lavoro deve fornirgli i mezzi individuali di protezione dell'udito (comma 1); essi vengono considerati adeguati se sono in grado di mantenere un livello di rischio uguale od inferiore a quello derivante da un'esposizione quotidiana personale di 90 dB(A) (comma 3). Una verifica di questo tipo richiede competenze e mezzi tecnici sofisticati. In generale, considerati i livelli caratterizzanti l'esposizione a rumore in agricoltura, tale requisito dovrebbe essere facilmente soddisfatto da una cuffia fono-isolante o da tamponi di tipo omologato. I mezzi di protezione devono essere adattati al lavoratore, in funzione delle sue condizioni di lavoro (comma 2). Il comma 4 considera la fascia di rischio più severa tra quelle fissate dal decreto. In particolare, i lavoratori il cui $L_{EP,d}$ supera i 90 dB(A) sono tenuti ad utilizzare i mezzi individuali forniti dal datore (comma 4). Se tale utilizzo comporta rischi di incidenti occorrerà adottare adeguate misure per ov-

viarvi. Lavoratori o rappresentanti debbono essere consultati in merito alla scelta dei mezzi individuali (comma 6). A tale riguardo pare scontato che le indicazioni del personale non possano che limitarsi ad una richiesta di confort e di sicurezza dei mezzi, non potendo certo esprimersi, i medesimi, circa l'adeguatezza e l'efficacia tecnica degli stessi.

Controllo sanitario (Art. 44)

Il comma 1 indica che i lavoratori esposti ad un valore di $L_{EP,d}$ superiore ad 85 dB(A) debbono essere sottoposti ad un controllo sanitario che prevede (comma 2):

a) una visita preventiva ed un esame della funzione uditiva secondo i requisiti riportati nell'Allegato VII, allo scopo di accertare che non vi siano controindicazioni nei riguardi del lavoro svolto ed esprimere un giudizio di idoneità;

b) visite periodiche, sempre integrate dall'esame della funzione uditiva, per la formulazione personale del giudizio di idoneità. La prima visita periodica va effettuata non oltre un anno dopo quella preventiva.

Al comma 3 è precisato che la frequenza delle visite successive viene stabilita dal medico competente e che gli intervalli non possono superare i due anni se il lavoratore è esposto ad un $L_{EP,d}$ non superiore a 90 dB(A), riducendosi ad un anno se il $L_{EP,d}$ supera i 90 dB(A). L'esame medico può essere esteso anche a lavoratori esposti ad un $L_{EP,d}$ compreso fra 80 e 85 dB(A), se questi ne fanno richiesta e ottengono parere favorevole dal medico competente (comma 4). Il datore, sulla base del parere del medico competente, deve adottare misure preventive e protettive per favorire il recupero della funzione uditiva del lavoratore. Avverso a tale misure è ammesso ricorso da parte dei lavoratori (comma 6).

Superamento dei valori limite di esposizione (Art. 45)

L'importanza di questo articolo risiede nel fatto che indica la procedura da seguire nel caso in cui sia stato accertato un valore di $L_{EP,d}$ superiore a 90 dB(A) o un valore massimo (picco) della pressione acustica istantanea non ponderata superiore a 200 Pa (140 dB). Verificata tale condizione, il datore deve attuare tutte le misure possibili di contenimento del rumore previste dall'Art. 41, comma 1. Se il $L_{EP,d}$ o il picco della pressione acustica istantanea risultano, da una successiva valutazione, ancora superiori a detti limiti, il datore deve comunicare all'organo di vigilanza, entro trenta giorni dall'accertamento del superamento, le misure tecniche, organizzative e procedurali adottate dandone notizia ai lavoratori oppure ai loro rappresentanti.

Nuove apparecchiature, nuovi impianti e ristrutturazioni (Art. 46)

Tale articolo riprende e sviluppa i concetti e le disposizioni espressi dall'art. 41 comma 1. In particolare, indica che la progettazione e la costruzione di impianti, macchine e apparecchiature, ma anche le sole modifiche, ampliamenti, ristrutturazioni di fabbriche e impianti già realizzati debbono essere effettuati nell'ottica di ridurre al minimo il rischio da rumore (comma 1). Il datore, in generale, dovrà privilegiare, all'atto dell'acquisto, le attrezzature meno rumorose. In tal senso, a prescindere dai vincoli

economici già in precedenza considerati, non sempre paiono disponibili gli strumenti per valutare questa caratteristica della macchina, benché l'applicazione del D.P.R. 459/96 potrà sempre più puntualmente contribuire ad orientare l'acquirente. Il comma 2 prevede infine che le nuove attrezzature di lavoro suscettibili di comportare un $L_{EP,d}$ superiore a 85 dB(A) debbono essere corredate da un'opportuna informazione circa il rumore prodotto e i rischi conseguenti. Detto ultimo comma coinvolge dunque il costruttore delle stesse attrezzature, il quale è tenuto a commercializzare la macchina con un opuscolo contenente tali informazioni (dovrà essere chiaramente specificato il tempo di esposizione utilizzato per il calcolo del $L_{EP,d}$).

*Lavorazioni che comportano variazioni considerevoli
dell'esposizione quotidiana personale (Art. 47)*

L'articolo, in sostanza, prevede la possibilità di richiedere una deroga al disposto dell'art. 43 laddove l'esposizione personale quotidiana risulti assai variabile da una giornata lavorativa all'altra, a condizione, tuttavia, che il valore di $L_{EP,w}$ non superi i 90 dB(A). Si tenga presente che tale deroga riguarda solo ed esclusivamente l'uso dei mezzi individuali di protezione dell'udito. Tale richiesta va inoltrata all'organo di vigilanza (comma 2).

Deroghe per situazioni lavorative particolari (Art. 48)

Altre deroghe possono essere richieste dal datore di lavoro e sempre per ciò che riguarda esclusivamente l'applicazione dell'art. 43 nei seguenti casi (comma 2):

a) in situazioni eccezionali, nelle quali non sia possibile, con misure tecniche e organizzative, compreso l'utilizzo dei mezzi individuali di protezione, ridurre il $L_{EP,d}$ al di sotto dei 90 dB(A);

b) se i lavoratori svolgono compiti particolari, sono esposti ad un $L_{EP,d}$ superiore a 90 dB(A) e l'utilizzo dei mezzi individuali comporta un aggravio non evitabile del rischio per la sicurezza e la salute dei medesimi.

I commi 2÷4 regolamentano tali deroghe, indicando le informazioni e le disposizioni previste per la loro richiesta. In particolare il comma 4 stabilisce che le deroghe sono concesse dal Ministro del lavoro e della previdenza sociale, d'accordo con i Ministri della sanità e dell'industria, del commercio e dell'artigianato, sentita la commissione consultiva per la prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro. Il comma 6 dà un'idea del peso attribuito a queste deroghe: "Il Ministero del lavoro e della previdenza sociale trasmette ogni due anni alla Commissione delle Comunità Europee il prospetto globale delle deroghe concesse ai sensi del presente articolo".

Registrazione dell'esposizione dei lavoratori (Art. 49)

I lavoratori esposti ad un valore di $L_{EP,d}$ superiore a 90 dB(A) (oppure ad un valore massimo (picco) della pressione acustica istantanea non ponderata superiore a 200 Pa (140 dB)) vanno iscritti nel registro di cui all'art. 4, comma 1, lettera q. L'iscrizione al registro riguarda comunque tutti gli esposti, come indicato dalle norme gene-

rali. Si ricorda che i modelli per la tenuta dei registri vanno richiesti al Ministero del lavoro o della sanità. Il registro è istituito ed aggiornato dal datore di lavoro (Comma 2). Lo stesso datore deve provvedere a:

a) consegnare copia del registro all'ISPESL (Istituto per la Sicurezza e la Prevenzione nel Lavoro) e alla ASL del territorio. A quest'ultima deve comunicare, ogni tre anni, o in qualsiasi momento, se l'ISPESL ne fa richiesta, le variazioni sopravvenute;

b) consegnare, su richiesta, copia del registro all'organo di vigilanza ed all'Istituto Superiore di Sanità;

c) comunicare all'ISPESL ed all'ASL del territorio l'eventuale cessazione di un rapporto di lavoro, contestualmente alle variazioni del registro sopravvenute dall'ultima comunicazione;

d) consegnare il registro all'ISPESL ed all'ASL del territorio in caso di cessazione dell'attività;

e) all'atto di assunzione di un nuovo lavoratore che sia stato esposto ad un $L_{EP,d}$ superiore a 90 dB(A) (o ad un valore di picco della pressione acustica istantanea non ponderata superiore a 200 Pa), richiedere all'ISPESL ed all'ASL del territorio copia delle annotazioni individuali;

f) comunicare ai lavoratori che ne facciano richiesta, tramite il medico competente, le annotazioni individuali contenute nel registro e nella cartella sanitaria e di rischio.

3.2.3. Il Capo V - Norme penali

Sottolineando il carattere penale delle contravvenzioni per l'inosservanza del Decreto, il Capo prevede i seguenti articoli e, per esemplificare, le seguenti ammende:

Art. 50 - *Contravvenzioni commesse dai datori di lavoro e dai dirigenti*: da £. 2 milioni (ad es. per non aver permesso ai lavoratori di verificare l'applicazione delle misure di sicurezza; art. 5 comma 1, lettera c) fino a £. 50 milioni (ad es. per non aver effettuato una nuova valutazione del rischio da rumore essendo mutate le condizioni di lavoro; art. 40, comma 5).

Art. 51 - *Contravvenzioni commesse dai preposti*: da £. 1 milione (ad es. per non aver addestrato i lavoratori al corretto uso dei mezzi individuali di protezione; art. 5, comma 1, lettera e) fino a 10 milioni (ad es. per non aver fornito i mezzi individuali di protezione dell'udito a lavoratori esposti ad un $L_{EP,d}$ superiore ad 85 dB(A); art. 43, comma 1).

Art. 52 - *Contravvenzioni commesse dai lavoratori*: da £. 300 mila (ad es. per non aver usato in modo appropriato i mezzi di protezione; art. 6, comma 1, lettera b) fino a £. 2 milioni (ad es. per non aver usato i mezzi individuali in caso di esposizione ad un $L_{EP,d}$ superiore a 90 dB(A); art. 43, comma 4).

Art. 53 - *Contravvenzioni commesse dal medico competente*: da £. 400 mila (ad es. per non aver comunicato ai lavoratori interessati, tramite il datore di lavoro, le annotazioni individuali contenute nel registro e nella cartella sanitaria e di rischio; art. 49, comma 3, lettera f) fino a £. 6 milioni (ad es. per non aver visitato gli ambienti di lavoro almeno due volte l'anno; art. 7, comma 6).

Art. 54 - *Contravvenzioni commesse dai produttori e dai commercianti*: da £. 15 milioni a £. 40 milioni per non aver rispettato l'art. 46. Il provvedimento interessa non

solo costruttori e commercianti, ma anche chi noleggia, cede in locazione o installa gli impianti o le attrezzature fonte di rumore.

3.2.4 Il Capo VI - Disposizioni transitorie e finali

Di specifico interesse, nell'ambito del presente Capo, che prevede gli art. 55-59, sono i seguenti commi:

Comma 1 (art. 58): per quanto non espressamente o diversamente regolamentato dal Decreto, si applicano per il rumore e per gli agenti di cui ai Capi II e III, le norme vigenti, ed in particolare il D.P.R. 19 marzo 1956, n. 303 (vedi nota 14).

Comma 1, lettera c (art. 59): limitatamente al rumore non si applicano gli art. 4¹⁶ e 5¹⁷ del D.P.R. citato; limitatamente al danno uditivo non si applica l'art. 24¹⁸; la voce "rumori" va depennata dalla tabella allegata¹⁹.

3.2.5 - Gli Allegati al Capo IV

Allegato VI - Criteri per la misurazione del rumore (art. 40, comma 2)

Si riportano le voci fondamentali ai fini del presente contributo:

"A - 1. Generalità.

1.1. Le esposizioni personali di cui all'art. 39 sono:

- i) misurate direttamente con fonometri integratori, oppure:
- ii) calcolate partendo da misure della pressione acustica, integrando per il tempo di esposizione.

1.2. Le misurazioni possono essere effettuate nei posti di lavoro occupati dai lavoratori o con strumenti fissati sulla persona. La localizzazione e la durata delle misurazioni debbono essere congrue ai fini della rappresentatività dei valori ottenuti.

A - 2. Apparecchiature.

2.1. I fonometri utilizzati devono essere conformi alle prescrizioni della norma IEC 651 gruppo 1; essi devono essere muniti di indicatore di sovraccarico [...].

¹⁶ Art. 4: "Obblighi dei datori di lavoro, dei dirigenti e dei preposti" (Capo II: "Obblighi dei datori di lavoro, dei dirigenti, dei preposti e dei lavoratori"): "I datori di lavoro, i dirigenti e i preposti che esercitano, dirigono o sovrintendono alle attività indicate all'art. 1 (N.d.A.: "Attività soggette"), devono, nell'ambito delle rispettive attribuzioni e competenze: a) attuare le misure igieniche previste nel presente decreto; b) rendere edotti i lavoratori dei rischi specifici cui sono esposti e portare a loro conoscenza i modi di prevenire i danni dai rischi predetti; c) fornire ai lavoratori i necessari mezzi di protezione; d) disporre ed esigere che i singoli lavoratori osservino le norme di igiene ed usino i mezzi di protezione messi a loro disposizione".

¹⁷ Art. 5 ("Obblighi dei lavoratori"): "I lavoratori devono: a) osservare, oltre le norme del presente decreto, le misure disposte dal datore di lavoro ai fini dell'igiene; b) usare con cura i dispositivi tecnico-sanitari e gli altri mezzi di protezione predisposti o forniti dal datore di lavoro; c) segnalare al datore di lavoro, al dirigente o ai preposti le deficienze dei dispositivi e dei mezzi di protezione suddetti; d) non rimuovere o modificare detti dispositivi e mezzi di protezione, senza averne ottenuta l'autorizzazione".

¹⁸ Art. 24 ("Rumori e scuotimenti"): "Nelle lavorazioni che producono scuotimenti, vibrazioni o rumori dannosi ai lavoratori devono adottarsi i provvedimenti consigliati dalla tecnica per diminuirne l'intensità".

¹⁹ "Tabella delle lavorazioni per le quali vige l'obbligo delle visite mediche preventive e periodiche".

Ove vengano utilizzati fonometri integratori questi dovranno essere conformi alle prescrizioni della norma 804 gruppo 1 [...].

2.2. Lo strumento utilizzato per misurare direttamente il valore massimo (picco) della pressione acustica istantanea non ponderata deve avere una costante di tempo di salita non superiore a 100 microsecondi.

2.3. Tutta la strumentazione deve essere tarata ad intervalli non superiori ad un anno e ricontrollata prima di ogni intervento.

A - 3. Misurazioni.

3.1. La misurazione della pressione acustica in presenza della persona interessata deve tenere conto delle perturbazioni causate dalla stessa al campo di pressione: si considera non perturbata la misura se potrà essere eseguita a 0,1 metri di distanza dalla testa all'altezza dell'orecchio [...].

3.3. Di ogni misurazione deve essere indicata anche l'incertezza di cui la medesima è affetta (errore casuale)".

Allegato VII - Criteri per il controllo della funzione uditiva dei lavoratori (Art. 44, comma 2)

L'Allegato prescrive che il controllo debba rispondere alle indicazioni della medicina del lavoro e, oltre agli esami periodici stabiliti con la frequenza di cui all'art. 44, deve prevedere un esame prima e dopo un anno dall'esposizione al rumore. Gli esami devono comprendere almeno un'otoscopia ed un controllo audiometrico in accordo anche con quanto disposto dalla ISO 6189/1983 e dalla ISO 389/1979.

4 CRITERI GENERALI PER UNA CORRETTA MISURA DELL'ESPOSIZIONE A RUMORE

Una valutazione dell'esposizione a rumore dell'impiegato agricolo conforme alle prescrizioni del D.Lgs. 277/91 parte necessariamente dall'analisi delle mansioni da egli svolte nell'arco del ciclo di lavoro. Occorrerà cioè individuare, per prima cosa, le attrezzature usate, fonte di rumore, e la loro durata quotidiana di utilizzo. Ma, ai fini di una corretta misura, riveste una fondamentale importanza anche la rappresentatività delle condizioni di funzionamento delle macchine e la conoscenza dell'effettiva durata di esposizione a rumore.

4.1 CRITERI METROLOGICI

Il livello di rumore relativo ad una determinata operazione, $L_{Aeq,Te}$, è funzione - come visto - del valore della pressione sonora integrata nel tempo, T_e , in cui si svolge l'operazione stessa. Per un'aratura, ad es., che comporta un'esposizione effettiva a rumore di 6 h, il $L_{Aeq,Te}$ esatto sarà dato da un rilievo che "medi" il valore istantaneo di L_{Aeq} per tutta la durata delle 6 h. Acquisizioni di questo tipo sono in pratica, come intuibile, del tutto improponibili (a meno che non si ricorra al dosimetro). Si procederà cioè ad un campionamento del rumore di durata assai più breve, che "interpreti", il più fedelmente possibile, la reale esposizione complessiva (fig. 30). A tal fine si forniscono le seguenti indicazioni di massima:

a) *regolazione dell'attrezzatura:*

1) il rilievo vero e proprio dovrà essere preceduto da una prova nella quale il lavoratore individua ed imposta l'attrezzatura per un corretto ed ordinario utilizzo. In particolare, per molte macchine agricole risulta fondamentale la regolazione dell'acceleratore, la scelta della velocità d'avanzamento e dei parametri di lavoro (ad. es. profondità di lavorazione). Potenza impegnata e regime di rotazione rappresentano infatti i parametri maggiormente influenti sul livello di rumore prodotto dalle macchine agricole. Nei casi in cui si prevede un'ampia possibilità di regolazione dell'acceleratore, ai fini della valutazione secondo il D.Lgs. 277/91, è consigliabile impostare il massimo regime motore. Ciò consentirà di valutare la condizione di maggior rischio, evitando



Fig. 30 - Una corretta valutazione dell'esposizione a rumore parte da un rilievo (o da una serie di rilievi) che rappresenti il più fedelmente possibile la reale lavorazione agricola. Risulteranno a tal fine fondamentali la regolazione dell'attrezzatura e le condizioni dei substrati o dei materiali lavorati.

che il livello possa risultare sottostimato nel corso di un eventuale verifica dell'organo di controllo (ASL);

2) è opportuno effettuare le misure allo stabilizzarsi delle temperature dei fluidi motore ed idraulici. In linea di massima, tale condizione si può ritenere raggiunta dopo un tempo dall'accensione della macchina pari a circa 30 min. Una certa influenza può essere peraltro determinata dalla temperatura ambiente. Come noto, nei motori endotermici, la potenza subisce un apprezzabile incremento al diminuire della temperatura esterna. Sarà dunque buona regola effettuare i rilievi in condizioni ambientali il più possibile vicine a quelle che mediamente caratterizzano le lavorazioni vere e proprie (se l'operazione vera e propria si effettua in estate sarà bene eseguire i rilievi in questa stagione);

3) nel caso di attrezzature dotate di cabina con elementi apribili (ad es. finestrini, tettuccio, portiere di una trattoria) risulterà determinante effettuare il rilievo nelle precise condizioni in cui verrà svolta la lavorazione. Variazioni di livello equivalente conseguenti all'apertura di una cabina insonorizzata sono valutabili nell'ordine dei 10÷15 dB(A). Se tale condizione risulta difficilmente controllabile, si suggerisce, come già visto per la regolazione dell'acceleratore, di considerare la condizione di maggior rischio (cabina aperta). Sempre per quanto concerne le cabine andrà valutata l'influenza sul rumore dovuta a dispositivi a funzionamento selezionabile, quali, ad esempio, l'impianto di climatizzazione.

b) durata delle misure e condizioni di rilievo:

1) occorrerà considerare tutte le condizioni per le quali, nel corso della lavorazione, il rumore può cambiare significativamente di livello (per l'aratura: ritorni a vuoto, svolte alle testate, variazioni della profondità di lavoro ecc.). Si individuerà quindi un segmento di lavorazione rappresentativo dell'intero ciclo per poi procedere al rilievo in continuo del rumore. In alternativa, o per lavorazioni caratterizzate da fasi molto lunghe, il rilievo potrà essere frammentato in diverse parti, ciascuna delle quali corrispondente a una singola fase. Il livello complessivo sarà allora determinato analiticamente conoscendo i singoli livelli ed il tempo durante il quale sussistono detti livelli (formula di nota 8). Se l'impiego delle macchine comporta imprevedibili fluttuazioni delle condizioni di funzionamento, come accade, ad es. nei trasporti, il rilievo andrà eseguito col criterio della randomizzazione;

2) è consigliabile la più alta frammentazione della misura, al fine di cogliere la maggiore variabilità del livello di rumore nel corso del ciclo di lavoro. Ciò consentirà di studiare con maggiore rigore le condizioni cui competono i più alti livelli ed il peso che essi possono avere sul livello globale;

3) al momento del rilievo le condizioni fisico-meccaniche dei substrati o dei materiali lavorati debbono essere rispondenti a quelle che caratterizzano le lavorazioni vere e proprie. A titolo di esempio, risulta grandemente influente il grado di lavorabilità del terreno, determinato primariamente dal suo contenuto idrico;

4) bisognerà aver cura di evitare le acquisizioni in prossimità di strutture (ad es. un fabbricato) che possano perturbare transitoriamente il campo sonoro oggetto della misura.

Nel caso di lavorazioni tra filari, dove la massa fogliare può rappresentare una su-

perficie assorbente e/o riflettente nei riguardi dell'onda sonora, occorrerà effettuare i rilievi in condizioni di sviluppo vegetativo simili a quelle che caratterizzano la reale lavorazione;

5) in osservanza di quanto previsto dal Decreto, occorrerà effettuare più di una ripetizione del rilievo allo scopo di fornire il valore della deviazione standard fra le misure.

4.2 TEMPO DI ESPOSIZIONE AL RUMORE

Tale valutazione deve scaturire da un'attenta stima del reale impiego delle macchine, considerando non già un tempo medio, ma - prudenzialmente - la durata massima prevedibile di utilizzo giornaliero dell'attrezzatura. Sarà in ogni caso opportuno sottrarre alla durata di reale impiego della macchina tutti i tempi in cui l'operatore si assenta dal luogo di lavoro (quando cioè cessa l'esposizione a rumore) (fig. 31). Come noto, ad un dimezzamento del tempo di esposizione, corrisponde un decremento di 3 dB(A) del valore di $L_{EP,d}$ (formula di nota 9, fig. 18). Risulta in tal senso molto importante valutare con esattezza le esposizioni di breve durata. Un'approssimazione di mezz'ora può risultare irrilevante su una lavorazione di 8 h, mentre può assumere un peso determinante se l'attrezzatura è impiegata per 2 h. Infatti, se il lavoratore è esposto ad un $L_{Aeq,Te}$ pari a 92 dB(A) per 8 h e 7,5 h, il relativo $L_{EP,d}$ sarà, rispettivamente, 92 dB(A) e 91,7 dB(A), mentre se è esposto per 2 h e 1,5 h il suo $L_{EP,d}$ risulterà pari a 86,0 dB(A) e 84,7 dB(A).

Per la valutazione del rumore nel caso di un utilizzo di attrezzature diverse esponenti il lavoratore a livelli differenti nell'arco della medesima giornata di lavoro, si procederà al calcolo del $L_{EP,d}$ utilizzando la già citata formula di nota 8.



Fig. 31 - È importante stimare con attenzione e prudenza il reale tempo di esposizione a rumore, sottraendo dalle ore di reale utilizzo delle attrezzature il tempo in cui l'operatore si allontana, per motivi diversi, dalle stesse attrezzature (Case IH).

5 RUMOROSITÀ DELLE MACCHINE AGRICOLE

5.1 RISULTATI DI UN'INDAGINE SPERIMENTALE

Nell'allegato C vengono forniti, a scopo orientativo, i risultati di misure di rumore effettuate all'orecchio dell'utilizzatore di alcune attrezzature agricole. I dati, collezionati dall'ISMA, fanno riferimento a macchine ed accoppiamenti di macchine - raggruppate per vaste categorie - impiegati in ordinarie lavorazioni agricole. Nel caso dei trattori cabinati vengono forniti i valori della rumorosità sia con la cabina chiusa che aperta. Per alcune attrezzature si riportano i risultati di misure effettuate con regolazione dell'acceleratore in posizione "normale" e a regime massimo, al fine di cogliere le variazioni della rumorosità nell'ambito di una gamma di funzionamento in cui l'attrezzatura può in concreto operare. Per una più ampia, sintetica ed esaustiva cognizione del rumore cui sono soggetti gli operatori agricoli, sono successivamente riportati anche valori di massima relativi ad attrezzature non considerate nelle tabelle e tratti dalla letteratura scientifica.

5.2 CONSIDERAZIONI RIASSUNTIVE

Durante le lavorazioni agricole - se si considera una loro durata ordinaria - l'operatore è spesso esposto a livelli di rumore tali da rientrare nel campo di applicazione del Decreto (fig. 32).

Le attrezzature più rappresentative che danno luogo ai livelli più elevati di rumore sono le trattrici prive di cabina per le quali il L_{Aeq} frequentemente raggiunge valori compresi fra 85 e 95 dB(A), in funzione anche del tipo di operatrice utilizzata e dei parametri di esercizio della trattrice stessa. Ancor più rumorose risultano le trattrici cingolate, per le quali il livello può facilmente superare i 100 dB(A). In tal caso, anche un utilizzo assai breve (1 h) fa sì che l'esposizione ricada nella classe di rischio più severa fissata dal Decreto ($L_{EP,d} > 90$ dB(A)). In condizioni di esercizio, anche per le trattrici dotate di cabina si possono raggiungere valori tali che, se la durata del lavoro - come spesso accade - supera le 6 ÷ 8 ore, il $L_{EP,d}$ si attesta su valori di 80 ÷ 85 dB(A). Si torna a sottolineare peraltro che l'apertura dei finestrini e/o degli altri elementi apribili della cabina - purché insonorizzata - (parabrezza, tettuccio, lunotto) può comportare innalzamenti considerevoli del livello di rumore all'orecchio del conducente (10 ÷ 15 dB(A)) (fig. 33). Una fluttuazione del regime di rotazione, dovuta ad una diversa regolazione dell'acceleratore, pur rimanendo all'interno della gamma compatibile con un regolare funzionamento delle macchine, è responsabile di causare una variazione del valore di L_{Aeq} spesso superiore a 3 dB(A). Per quanto concerne, più specificatamente, l'influenza della macchina collegata al trattore, si segnala che un'attrezzatura dotata di utensili rotanti ad alta velocità (ad. es. una zappatrice rotativa) che risulti assai prossima al posto di guida può comportare, rispetto ad un'operatrice dotata di utensili fissi, un notevole innalzamento del livello equivalente (anche di 6 dB(A)).



Fig. 32 - Valori indicativi del livello di rumore (L_{Aeq}) cui è esposto l'utilizzatore di alcune rappresentative macchine agricole.

Tale incremento è tanto più considerevole quanto più è silenziosa la motrice. Significativo è il caso delle macchine per trattamenti antiparassitari dotate di ventilatore (atomizzatori ed irroratrici ad aeroconvezione): utilizzando un trattore che, di per sé, a regime di potenza massima, dà luogo ad un L_{Aeq} pari a 87÷88 dB(A), la macchina collegata può comportare un innalzamento della rumorosità compreso fra i 3 e i 15 dB(A).

Anche le macchine per la raccolta dei prodotti (raccoltrici di pomodoro, mietitrebbie) comportano esposizioni a rumore considerevoli e valutabili, in termini di L_{Aeq} , attorno ai 90 ÷ 95 dB(A), se si tratta di macchine prive di cabina, mentre il L_{Aeq} scen-



Fig. 33 - L'apertura di una cabina insonorizzata comporta un innalzamento del rumore all'orecchio del conducente che può raggiungere anche i 10 ÷ 15 dB(A).

de a valori analoghi a quelli delle trattrici se si tratta di attrezzature dotate di cabina insonorizzata.

Una categoria di macchine particolarmente rumorose è rappresentata dalle motozappatrici e dai motocoltivatori, siano essi equipaggiati di utensili per la lavorazione del terreno che per i lavori di falciatura. Queste macchine difficilmente espongono gli utilizzatori a livelli inferiori a 90 dB(A). Anche in campo forestale vengono usate attrezzature molto rischiose: le motoseghe possono facilmente comportare esposizioni superiori a 100 dB(A). Non bisogna peraltro trascurare macchine di impiego anche marginale in agricoltura (ad es. i taglia-siepi) ma che espongono l'operatore a livelli assai elevati (>100 dB(A)). Lo stesso dicasi per le attrezzature di cui può essere dotata una piccola officina o

una falegnameria aziendale. Attrezzi come una mola smerigliatrice od una piallatrice possono comportare livelli superiori a 100 dB(A).

Per quanto concerne invece il valore massimo (picco) della pressione acustica istantanea non ponderata, le attrezzature sopra considerate non comportano, salvo forse casi eccezionali e casuali, un superamento della soglia fissata a 200 Pa (140 dB).

6 MEZZI DI PROTEZIONE DELL'UDITO

6.1 MEZZI ATTIVI

Nell'ambito delle macchine agricole gli interventi di contenimento del rumore, intesi come bonifiche delle attrezzature già in essere, risultano quasi sempre inattuabili. Si tratta infatti di macchine che non si prestano a modifiche meccaniche, se non previste ed attuate dal costruttore stesso. Un intervento effettuato a posteriori - quale, ad esempio, l'interposizione di materiale fonoisolante tra un motore e la sua cofanatura - può anzi pregiudicare seriamente il funzionamento dell'attrezzatura, venendo a costituire una fonte di pericolo per l'utilizzatore. La sostituzione su un trattore di un silenziatore di scarico originale con un modello ritenuto più efficiente può contravvenire con le disposizioni previste dal codice di omologazione. Con l'entrata in vigore del D.P.R. 459/96 sulla sicurezza delle macchine, una qualsiasi modifica della macchina farà decadere quella garanzia di sicurezza espressa con la certificazione e la marcatura "CE", sì che risulterà illecito, di fatto, ogni intervento sull'attrezzatura che ne modifichi il suo standard commerciale.

Il solo modo di controllare e mantenere ai minimi livelli il rumore prodotto dalle macchine agricole è curare scrupolosamente la manutenzione ordinaria e straordinaria delle macchine stesse (fig. 34). A tale riguardo risulterà opportuno:

- controllare tutta la bulloneria accessibile dall'esterno dell'attrezzatura. Un cofano od un carter mal serrato possono entrare in vibrazione e costituire, ad es., una fonte di rumore secondaria;
- curare le finiture delle cabine insonorizzate. Le guarnizioni logore o discontinue delle portiere, dei finestrini, del parabrezza, del lunotto e del tettuccio apribile possono rappresentare dei ponti acustici di ingresso della pressione sonora;
- sostituire periodicamente i silenziatori di scarico e i filtri di aspirazione dell'aria, o comunque verificare che non presentino intasamenti o perforazioni;
- effettuare con rigore gli interventi periodici di lubrificazione delle parti meccaniche in movimento; controllare la tensione delle cinghie di trasmissione;
- verificare ed effettuare tempestivamente le eventuali riparazioni qualora si manifestasse un disfunzionamento dell'attrezzatura che generi un incremento apprezzabile di rumore (ad. es. un cuscinetto usurato).



Fig. 34 - Una corretta e scrupolosa manutenzione delle attrezzature agricole rappresenta spesso il solo modo di contenere attivamente il rumore (Conama).

6.2 DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALI

Il rumore all'orecchio del lavoratore può essere efficacemente attenuato con un sistema, di varia tipologia, che isoli l'apparato uditivo dall'ambiente esterno.

I caschi risultano i mezzi più efficaci di protezione passiva, dando luogo ad un'attenuazione globale valutabile attorno a 25-30 dB. Il loro impiego in campo agricolo risulta tuttavia limitato dal fatto che essi sono pesanti, comportano un notevole impaccio funzionale e una certa riduzione della visibilità.



SNR	H	M	L
28	33	25	17

Fig. 35 - Una buona cuffia deve possedere caratteristiche congiunte di efficacia fonoisolante e leggerezza, permettendo inoltre di percepire eventuali segnali di allarme. Nella scelta della cuffia è importante verificare che si tratti di un modello sottoposto a collaudo funzionale secondo gli standard europei (UNI EN 352 parte 1 "protettori auricolari. Requisiti di sicurezza e prove. Cuffie") (BILSOM, 1988).

Le cuffie (fig. 35) risultano a tutt'oggi i sistemi più diffusi: consentono una riduzione globale - a seconda dei modelli - compresa fra 22 ed i 34 dB; sono assai meglio tollerate dagli utilizzatori, benché ne sia sconsigliato un impiego continuativo superiore alla mezz'ora, onde evitare l'insorgenza di cefalee o, in qualche caso, di stordimenti.

Da considerare con maggiore attenzione, rispetto a quanto è avvenuto fin ora, l'impiego di inserti (fig. 36). Si tratta di elementi realizzati in materiali differenti, aventi forma propria (in gomma, resine, silicone) o modellabili (in cotone, fibra di vetro, cera-cotone, gommapiuma) per essere introdotti a



SNR	H	M	L
30	32	27	25



SNR	H	M	L
25	25	21	20

Fig. 36 - Due modelli di inserti auricolari: a sinistra un tipo modellabile in polimero espanso; a destra un tipo preformato in elastometro termoplastico. Si tratta di sistemi ben tollerati dall'utilizzatore; il secondo modello può essere riutilizzato dopo lavaggio in acqua tiepida e sapone neutro. Per entrambi il costruttore ha dichiarato i risultati dei test sulle prestazioni (UNI EN 352 parte 2 "Protettori auricolari. Requisiti di sicurezza e prove. Inserti") (CABOT SAFETY, 1998).

pressione nel meato acustico. La loro capacità di attenuazione è simile a quella delle cuffie, attestandosi su valori generalmente compresi fra 21 ed i 34 dB. Tali mezzi possono peraltro causare - benché eccezionalmente ed in caso di utilizzo prolungato - dermatiti ed otiti, ma presentano il vantaggio di un'estrema leggerezza ed un minimo fastidio.

Per tutti i dispositivi di protezione individuali (DPI) dell'udito risulta importante, al momento della scelta e dell'acquisto, verificare che il mezzo stesso sia stato sottoposto ad un collaudo funzionale, secondo gli standard europei (ad es.: UNI EN 352-1, UNI EN 352-2), che ne attesti la capacità di attenuazione.

La capacità di attenuazione del DPI deve essere fornita dal fabbricante e può essere espressa nei seguenti modi:

APV: indica l'attenuazione sonora del DPI in dB per uno spettro di frequenza, in bande di ottava, che va da 125 Hz a 8 kHz ma che a volte include anche la frequenza di 63 Hz.

H, M, L: indica l'attenuazione sonora del DPI in dB con 3 valori: **H** per le alte frequenze, **M** per le medie e **L** per le basse.

SNR (Simplified Noise Reduction): indica l'attenuazione sonora semplificata "complessiva" del DPI in dB con un singolo valore.

7 UN ESEMPIO DI RELAZIONE TECNICA

La relazione rispondente ai requisiti espressi dal D.Lgs. 277/91 dovrà presentare caratteristiche di sinteticità e completezza, risultando di agevole e chiara lettura.

Oltre ad una parte introduttiva di inquadramento dell'azienda il documento conterrà le seguenti indicazioni:

- nominativi degli esposti a rumore;
- attrezzature utilizzate;
- metodologia seguita per i rilievi fonometrici;
- rumore all'orecchio del lavoratore in funzione delle attrezzature utilizzate, ovvero, per ciascuna attrezzatura (o complesso di attrezzature funzionanti contemporaneamente: valore del livello continuo equivalente della pressione acustica ponderata A (L_{Aeq}) e valore massimo (picco) della pressione acustica istantanea non ponderata (p_{max});
- calendari di lavoro, su base annua, degli esposti a rumore con l'indicazione di:
 - durata quotidiana di esposizione a rumore per ciascuna attrezzatura utilizzata;
 - valore dell'esposizione quotidiana personale ($L_{EP,d}$);
 - valore di p_{max} , se supera i 200 Pa (140 dB);
 - valore dell'esposizione settimanale ($L_{EP,w}$), se i valori di $L_{EP,d}$ sono variabili da un giorno all'altro della settimana;
- valutazione conclusiva: individuazione della classe di rischio per ciascun lavoratore esposto a rumore.

Risulta fondamentale considerare alcuni punti:

- * la classe di rischio va stabilita in funzione del valore di $L_{EP,d}$ massimo raggiunto nel corso del ciclo di lavoro, anche se esso è variabile durante il ciclo di lavoro (anno) e ciò impone la valutazione del $L_{EP,w}$;
- * a titolo precauzionale è bene che i calendari di lavoro vengano firmati dai singoli esposti a rumore e dal datore di lavoro al fine di evitare eventuali contestazioni;
- * occorrerà indicare gli intervalli programmati per la valutazione del rumore. Ogni qualvolta l'esposizione varia (modifica dei tempi di lavoro, acquisto di una nuova attrezzatura ecc.) rispetto a quanto indicato, va comunque prodotto un aggiornamento della relazione.

A scopo esemplificativo, nelle pagine successive viene riprodotta la relazione sull'esposizione a rumore di un'azienda agricola di medio-piccole dimensioni. Il documento è stato redatto a partire da dati collezionati con l'ausilio di una specifica moduliistica e di un programma di elaborazione e stampa messi a punto dall'ISMA. Per ragioni di sintesi si riportano alcune pagine di un solo calendario di lavoro.

RELAZIONE SULL'ESPOSIZIONE AL RUMORE
DEI LAVORATORI SUBORDINATI
(D.Lgs. 277/91)

Denominazione dell'azienda: *Fontana Grande*

Ubicazione: Via G. Bagnoli, 2 - 40050 Vigorso di Budrio (BO)

Datore di lavoro: Sig. Mario Rossi

Rilievi e relazione svolti da: Istituto Sperimentale per la Meccanizzazione Agricola (MiPAF), Via della Pascolare, 16 - 00016 MONTEROTONDO (ROMA)

INDICE

1. INQUADRAMENTO DELL'AZIENDA	pagina 57
1.1 <i>CARATTERISTICHE AZIENDALI</i>	57
1.2 <i>ELENCO DEI LAVORATORI ESPOSTI A RUMORE</i>	57
1.3 <i>ATTREZZATURE UTILIZZATE E LORO CODICI DI RIFERIMENTO</i>	57
1.3.1 <i>Trattori e semoventi</i>	57
1.3.2 <i>Operatrici e attrezzature a punto fisso</i>	58
2. CRITERI GENERALI PER LA VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE A RUMORE	59
2.1 <i>METODOLOGIA</i>	59
2.2 <i>STRUMENTAZIONE UTILIZZATA</i>	59
3. ATTREZZATURE ESPONENTI I LAVORATORI A RUMORE E RELATIVE MISURE FONOMETRICHE	61
4. CALENDARI PERSONALI PER CIASCUN LAVORATORE ESPOSTO A RUMORE	62
5. VISTO PER I TEMPI DI LAVORO	66
6. VALUTAZIONE CONCLUSIVA	67
ALLEGATO A (Certificato di taratura della strumentazione)	69
ALLEGATO B (D.Lgs. 277/91)	70

1. INQUADRAMENTO DELL'AZIENDA

1.1 CARATTERISTICHE AZIENDALI

L'azienda, denominata "Fontana Grande", di proprietà del Sig. Mario Rossi, è ubicata in Vigorso di Budrio (BO), c.a.p. 40050, in via G. Bagnoli, 2. Essa ha giacitura pianeggiante, è di tipo irriguo, e presenta un'estensione complessiva pari a 23 Ha.

Le colture praticate e le rispettive estensioni sono le seguenti:

- frumento tenero: 7,3 Ha;
- barbabietola da zucchero: 3,1 Ha;
- erba medica: 2,7 Ha;
- sorgo: 3,3 Ha;
- patata: 1 Ha;
- lino: 1,1 Ha;
- altre specie: 0,5 Ha;
- tare: 4 Ha.

I principali fabbricati in dotazione all'azienda e le relative superfici sono i seguenti:

- casa colonica con funzione di abitazione, mensa, ufficio, spogliatoi e magazzino, 70 m²;
- magazzino e locali ricovero attrezzi (ex stalla con fienile), 200 m²;
- locali ricovero attrezzi (ex casella), 60 m²;
- magazzino (ex porcilaia), 36 m².

1.2 ELENCO DEI LAVORATORI ESPOSTI A RUMORE

(cognome e nome/età/qualifica):

- 1) VERDI GIOVANNI/43/operaio agricolo a tempo indeterminato;
- 2) BIANCHI GIUSEPPE/30/operaio agricolo a tempo determinato;
- 3) ESPOSITO MARIA/27/impiegata agricola;
- 4) NERI CLAUDIO/37/operaio agricolo a tempo determinato.

1.3 ATTREZZATURE UTILIZZATE E LORO CODICI DI RIFERIMENTO ¹

1.3.1 Trattori e semoventi

- A: trattore standard 4RM, senza cabina, 25 kW (34 CV)/1973 [...];
B: trattore standard 2RM, senza cabina, 30 kW (41 CV)/1964 [...];
C: trattore standard 4RM, con cabina, 59 kW (80 CV)/1989 [...];

¹ Riportare, per ogni attrezzatura, marca, modello, n. di serie del motore ed eventuale numero di telaio.

D: trattore standard 2RM, senza cabina, 9,6 kW (13 CV)/1969 [...];
E: motofalciatrice con barra falciante alternativa [...];
F: motocoltivatore con zappatrice [...];
G: motocoltivatore con zappatrice [...];
H: seminatrice di precisione con distribuzione meccanica [...];
I: trebbiatrice per foraggiere [...].

1.3.2 Operatrici e attrezzature a punto fisso

1: spandiconcime centrifugo portato azionato dalla p.d.p. [...];
2: scavapatate allineatore portato azionato dalla p.d.p. [...];
3: trinciaerba portato azionato dalla p.d.p. [...];
4: ruspa portata[...];
5: aratro rovesciatore monovomere portato [...];
6: erpice a telaio rigido (a denti fissi apribile) portato [...];
7: erpice a denti elastici portato [...];
8: rullo compressore trainato [...];
9: estirpatore portato [...];
10: carro rimorchio monoasse [...];
11: carro rimorchio a doppio asse [...];
12: trebbiatrice per cereali [...];
13: calibratrice per frutta [...];
14: irroratrice a polverizzazione meccanica [...];
15: livellatrice (spianatrice) [...].

2. CRITERI GENERALI PER LA VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE A RUMORE

2.1 METODOLOGIA

Le diverse condizioni di funzionamento in cui possono operare le macchine del centro aziendale, a causa della regolazione dell'acceleratore e del diverso impegno di potenza (resistenza del terreno, profondità delle lavorazioni, ecc.) possono rendere scarsamente rappresentativo un campionamento di durata anche ragguardevole. Al fine di valutare la situazione di massimo rischio, il rilievo del rumore all'orecchio del lavoratore è stato effettuato, quando prevista una leva dell'acceleratore e quando l'accorgimento non risultava pregiudizievole con un sicuro funzionamento delle macchine, con quest'ultima nella posizione di fondo corsa (regime massimo). Nel caso di accoppiamenti del trattore con attrezzature collegate alla p.d.p. e necessariamente funzionanti a regime standard (spandiconcime), i rilievi sono stati effettuati per il valore prestabilito del regime di rotazione della p.d.p. Le misure sono state in ogni caso condotte in condizioni quanto più possibile ordinarie e rappresentative per quanto riguarda i substrati o i materiali lavorati (ad es.: umidità, zollosità residua dei terreni, profondità delle lavorazioni ecc.).

Per ciascuna attrezzatura, o accoppiamento di attrezzature, sono stati rilevati, con due misure separate, nelle medesime condizioni di funzionamento, il valore del **livello continuo equivalente di pressione acustica ponderata A (L_{Aeq})** e il valore massimo (picco) della **pressione acustica istantanea non ponderata (p_{max})** (quest'ultima è fornita in termini di livello, L_{pmax}). In base al valore di L_{Aeq} e del tempo di esposizione quotidiana a rumore è stata calcolata l'**esposizione quotidiana personale di un lavoratore al rumore ($L_{EP,d}$)**. Risultando variabile il $L_{EP,d}$, nel corso dei giorni, si è proceduto, disponendo di un dettagliato calendario annuale di lavoro, alla determinazione dell'**esposizione settimanale professionale di un lavoratore al rumore ($L_{EP,w}$)**.

L'apertura dei finestrini e delle portiere comporta un notevole innalzamento del L_{Aeq} . In ordinarie condizioni di utilizzo la cabina è spesso mantenuta aperta o, comunque, risulta impossibile prevedere i tempi in cui essa è parzialmente o totalmente chiusa. Ciò detto è parso ragionevole considerarla sempre aperta, nella condizione, ossia, di massimo rischio.

Nel complesso, la valutazione dell'esposizione condotta in questa sede, in sintonia con i concetti ispiratori del D.Lgs. 277/91, è da intendersi cautelativa, a garanzia di una variabilità del livello di rumore e dei tempi di esposizione non facilmente quantificabili.

2.2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per il rilievo del **livello continuo equivalente di pressione acustica ponderata A (L_{Aeq})** e del valore massimo (picco) della **pressione acustica istantanea non ponderata (p_{max})** è stata impiegata la seguente catena strumentale:

- a) microfono a condensatore Brüel & Kjær, tipo 4155, n. 1618398;

- b) cavo di collegamento al fonometro B & K, tipo AO 0027;
- c) fonometro integratore B & K, tipo 2231, n. 1608396.

La capsula microfonica è stata collocata, tramite adeguato supporto solidale ad un cappello in materiale plastico, alla distanza di 0,1 m dall'orecchio dell'esposto a rumore.

La strumentazione impiegata, rispondente ai requisiti tecnici previsti dal D.Lgs. 277/91 (IEC 651 classe 1 e IEC 804 classe 1), è stata sottoposta alla taratura annuale obbligatoria come da copia conforme del certificato in **Allegato A**.

3. ATTREZZATURE ESPONENTI I LAVORATORI A RUMORE E RELATIVE MISURE FONOMETRICHE: LIVELLO CONTINUO EQUIVALENTE DELLA PRESSIONE ACUSTICA PONDERATA A (L_{Aeq}); VALORE MASSIMO (PICCO) DEL LIVELLO DI PRESSIONE ACUSTICA ISTANTANEA NON PONDERATA (L_{pmax}).

Macchine a sé e accoppiamenti di attrezzature (indicati col segno +)

Rif. (pagg. 57, 58)	Reg. motore [min ⁻¹]	L_{Aeq} [dB(A)]	σ	L_{pmax} [dB]	Note
A+3	2300	94,2	0,7	115,2	
D+14		96,3	0,9	122,6	
B+2	2300	92,2	0,6	109,1	
B+6	2300	92,5	0,4	110,0	
C+9	2500	89,6	0,1	118,6	
B+15	2300	93,3	0,9	111,9	
C+7	2500	89,2	0,2	118,1	
C+5	2500	89,0	0,1	109,0	
I		85,4	1,8	104,2	
G		89,2	0,6	108,9	
F		96,4	0,6	113,0	
13		78,8	0,6	104,0	
E		98,9	0,5	118,0	(1)
H/co		92,9	0,2	116,5	
H/op		91,2	0,2	115,0	(2)
B+4	2200	89,9	1,5	109,4	(3)
B+1	1650	87,9	0,7	106,8	
D+8		98,0	1,0	115,5	
C+10/11		87,8	1,8	111,7	(3)
D+10/11		92,9	2,9	120,5	
B+10/11			88,5	1,9	114,4
12		92,4	1,3	114,9	

Note:

I valori più elevati della deviazione standard σ (riferita al L_{Aeq}) sono dovuti alla necessità di frazionare la misura in brevi intervalli, al fine di considerare condizioni diverse di utilizzo (o funzionamento) delle macchine.

Il regime di rotazione del motore è stato rilevato solo se la macchina è dotata di contagiri proprio.

1) co: conducente.

2) op: operatore.

3) La misura con 13 è analoga a quella con 12.

4. CALENDARI PERSONALI PER CIASCUN LAVORATORE ESPOSTO A RUMORE

g: giorno;

E.g.: esposizione giornaliera complessiva;

T: esposizione riferita all'attrezzatura;

+: indica un accoppiamento di attrezzature;

i: indica la medesima attrezzatura di cui al rigo sopra.

1) VERDI GIOVANNI

g	E.g. (h)	Riferimento attrezzatura		Riferimento attrezzatura			Riferimento attrezzatura		L _{EP,d} [dB(A)]	L _{EP,w} [dB(A)]
		L _{Aeq} [dB(A)]	T (h)	L _{Aeq} [dB(A)]	T (h)	L _{Aeq} [dB(A)]	T (h)			
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19	2	B+11	88,5	2					82,5	
20										
21										75,5
22										
23										
24										
25	2	C+9	89,6	2					83,6	
26	2	C+7	89,2	2					83,2	
27	6	B+6	92,5	1	B+1	87,9	5		87,8	
28	3	F	96,4	3					92,1	87,3
29										
30										
31	6	C+7	89,2	6					88,0	
32										
33										
34										
35	1	D+14	96,3	1					87,3	83,6

g	E.g. (h)	Riferimento attrezzatura		Riferimento attrezzatura			Riferimento attrezzatura			L _{EP,d} [dB(A)]	L _{EP,W} [dB(A)]	
		L _{Aeq} [dB(A)]	T (h)	L _{Aeq} [dB(A)]	T (h)	L _{Aeq} [dB(A)]	T (h)					
36												
37												
38												
39												
40												
41												
42												
43												
44												
45												
46	1	B+11	88,5	1						79,5		
47												
48												
49												
50												
51												
52												
53	1,5	E	98,9	1,5						91,6		
54	1	D+10	92,9	1						83,9		
55												
56											85,3	
57												
58												
59	2,5	F	96,4	2,5						91,3		
60												
61												
62	4	G	89,2	4						86,2		
63	6	B+1	87,9	5	C+11	87,8	1			86,6	86,5	
64												
65												
66	4,5	G	89,2	4	H/co	92,9	0,5			87,3		
67	6	H/co	92,9	6						91,7		
68	6	i	92,9	3	D+8	98,0	3			94,9		
69	5	i	92,9	5						90,9		
70	10	i	92,9	5	D+8	98,0	4	D+14	96,3	1	96,9	93,5
71												
72												
73	7	B+6	92,5	7						91,9		
74	7	i	92,5	7						91,9		
75	4	D+14	96,3	4						93,3		
76	6	B+1	87,9	5	C+11	87,8	1			86,6		
77	3	G	89,2	3						84,9	90,8	
78												

g	E.g. (h)	Riferimento attrezzatura		Riferimento attrezzatura			Riferimento attrezzatura		L _{EP,d} [dB(A)]	L _{EP,W} [dB(A)]
		L _{Aeq} [dB(A)]	T (h)	L _{Aeq} [dB(A)]	T (h)	L _{Aeq} [dB(A)]	T (h)			
79										
80	4	G	89,2	4					86,2	
81	5	D+14	96,3	5					94,3	
82	3	H/co	92,6	3					88,6	
83										
84										88,8
85										
86										
87	4	G	89,2	4					86,2	
88	5	i	89,2	2	D+14	96,3	3		92,6	
89	6	B+6	92,5	6					91,3	
90	2	G	89,2	2					83,2	
91										88,8
92										
93										
94										
95										
96										
97										
98										
99										
100										
101										
330	6	C+9	89,6	6					88,4	
331										
332										
333										
334										
335										
336										81,3
337										
338										
339										
340										
341										
342										
343										
344										
345										
346										
347	3	F	96,4	3					92,1	
348										

g	E.g. (h)	Riferimento attrezzatura			Riferimento attrezzatura			Riferimento attrezzatura			L _{EP,d} [dB(A)]	L _{EP,w} [dB(A)]	
		L _{Aeq} [dB(A)]	T (h)		L _{Aeq} [dB(A)]	T (h)		L _{Aeq} [dB(A)]	T (h)				
349	1	C+9	89,6	1							80,6	85,4	
350													
351													
352													
353													
354													
355													
356													
357													
358													
359													
360													
361													
362													
363													
364													
365													

L_{EP,d} max = 96,9 dB(A)

L_{EP,w} max = 93,5 dB(A)

5. VISTO PER I TEMPI DI LAVORO

Dipendente:

Firma

1) VERDI GIOVANNI

.....

2) BIANCHI GIUSEPPE

.....

3) ESPOSITO MARIA

.....

4) NERI CLAUDIO

.....

Il datore di lavoro:

ROSSI MARIO

.....

6. VALUTAZIONE CONCLUSIVA

Dall'analisi fonometrica condotta e dalla determinazione dei tempi di esposizione a rumore giornalieri, nel corso dell'annata lavorativa, è risultato che l'**esposizione settimanale professionale di un lavoratore a rumore** $L_{EP,w}$ raggiunge per tutti i lavoratori valori > 80 dB(A). Si è proceduto, pertanto, alla determinazione dell'**esposizione quotidiana personale di un lavoratore al rumore** ($L_{EP,d}$). Essa si attesta, per ciascun lavoratore, sui seguenti valori massimi^(*):

- | | |
|----------------------|-------------------------------------|
| 1) VERDI GIOVANNI, | $L_{EP,d} > 90$ dB(A); |
| 2) BIANCHI GIUSEPPE, | 85 dB(A) $< L_{EP,d} < 90$ dB(A); |
| 3) ESPOSITO MARIA, | $L_{EP,d} > 90$ dB(A); |
| 4) NERI CLAUDIO, | $L_{EP,d} > 90$ dB(A). |

Il valore massimo (picco) della **pressione acustica istantanea non ponderata** (p_{max}) in nessun caso è risultato superiore a 200 Pa (140 dB, come L_{pmax}).

Si applicheranno, pertanto, le disposizioni generali e particolari previste dal D.Lgs. 277/91 (*) di cui si fornisce copia conforme in **Allegato B**.

Fatti salvo eventuali acquisti di nuove attrezzature o modifiche dei tempi di lavoro, considerando che l'invecchiamento delle macchine utilizzate può comportare una modifica apprezzabile dell'esposizione a rumore, l'intervallo di valutazione viene posto pari ad anni due.

L'incaricato per i rilievi

Il responsabile della relazione

.....

.....

Monterotondo,

(*) Occorre fare riferimento alla classe di valore del $L_{EP,d}$ massimo rilevato nel corso del ciclo di lavoro.

ALLEGATO A

Brüel & Kjær 
Brüel & Kjær Italiana S.r.l.

Via Trabucchi 1
20090 Capena (MI)

Telefono: 02 - 57604181
Telex: 320217 (brue I)
Fax: 02 - 57604324

Certificato di Taratura

Il fonometro tipo 2231 SN 1608196 con il
microfono tipo 6155 SN 1672196 risultano
conformi alle specifiche tecniche B&K e alle normative IEC 651 classe 1
(imp.) e IEC 804 classe 1.

Mentre i sottoelencati strumenti sono conformi alle specifiche tecniche
B&K.

Filtro tipo 1 SN 1

Calibratore tipo 4250 SN 1622321

data 12/93


Brüel & Kjær Italiana S.r.l.

ALLEGATO B

Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale", n. 200 del 27 agosto 1991 - Serie generale

Spedizione in abbonamento postale - Gruppo 1 (70%)

GAZZETTA UFFICIALE

DELLA REPUBBLICA ITALIANA

PARTE PRIMA

Roma - Martedì, 27 agosto 1991

SI PUBBLICA TUTTI
I GIORNI NON FESTIVI

DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DI GRAZIA E GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA ARENULA 70 - 00100 ROMA
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - LIBRERIA DELLO STATO - PIAZZA G. VERDI 10 - 00100 ROMA - CENTRALINO 85001

N. 53

DECRETO LEGISLATIVO 15 agosto 1991, n. 277.

Attuazione delle direttive n. 80/1107/CEE, n. 82/605/CEE, n. 83/477/CEE, n. 86/188/CEE e n. 88/642/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro, a norma dell'art. 7 della legge 30 luglio 1990, n. 212.

ALLEGATO C

LAVORI INIZIALI DEL TERRENO			
Attrezzature	Regime motore [min ⁻¹]	L _{Aeq} [dB(A)]	L _{pmax} [dB]
Trattore cingolato senza cabina 47 kW/64 CV 1963 + escavatore a cucchiaio rovescio portato	-	92,3	113,1
Trattore DT senza cabina 50 kW/68 CV 1982 + pala caricatrice portata	-	83,8	116,4
Trattore DT senza cabina 63 kW/85 CV 1974 + pala caricatrice portata	-	88,8	115,3
Trattore DT senza cabina 51kW/70 CV 1975 + livellatrice portata	-	84,2	110,1
Trattore 2RM senza cabina 30 kW/41 CV 1964 + livellatrice portata	1800	92,2	115,7
Trattore 2RM senza cabina 30 kW/41 CV 1964 + livellatrice portata	2300	93,3	111,9
Trattore DT senza cabina 74 kW/100 CV 1975 + livellatrice portata	1500	87,0	111,6
Trattore 2RM senza cabina 50 kW/68 CV 1980 + scavafossi portato azionato dalla p.d.p.	2300	90,0	108,5
Trattore DT con cabina 59 kW/80 CV 1986 + scavafossi portato azionato dalla p.d.p.	-	81,8 - 93,6	106,1 - 112,2
Trattore DT con cabina 85 kW/115 CV 1985 + scavafossi portato azionato dalla p.d.p.	-	78,8 - 91,5	118,9 - 116,6
Trattore DT senza cabina 74 kW/100 CV 1975 + estirpatore portato	2200	96,6	115,2
Trattore DT senza cabina 74 kW/100 CV 1975 + estirpatore portato	2400	98,1	116,2
Trattore DT con cabina 59 kW/80 CV 1989 + estirpatore portato	2000	84,4 - 86,3	119,1 - 107,4
Trattore DT con cabina 59 kW/80 CV 1989 + estirpatore portato	2500	87,5 - 89,6	112,5 - 118,6
Trattore 2RM senza cabina 30 kW/41 CV 1964 + ruspa portata	1600	87,0	108,8
Trattore 2RM senza cabina 30 kW/41 CV 1964 + ruspa portata	2200	89,9	109,4
LAVORI DI DIROMPIMENTO DEL TERRENO			
Trattore DT con cabina 59 kW/80 CV 1989 + aratro monovomere portato	2000	85,0 - 85,2	111,4 - 108,3
Trattore DT con cabina 59 kW/80 CV 1989 + aratro monovomere portato	2500	87,3 - 89,0	117,0 - 109,0
Trattore cingolato senza cabina 33 kW/45 CV 1967 + aratrato monovomere trainato	Normale	95,1	115,4

LAVORI DI DIROMPIIMENTO DEL TERRENO			
Attrezzature	Regime motore [min ⁻¹]	L _{Aeq} [dB(A)]	L _{pmax} [dB]
Trattore cingolato senza cabina 33 kW/45 CV 1967 + aratrato monovomere trainato	Massimo	97,2	116,7
Trattore cingolato senza cabina 46 kW/62 CV 1984 + aratrato monovomere trainato	1700	96,0	117,1
Trattore cingolato senza cabina 46 kW/62 CV 1984 + aratrato monovomere trainato	2400	98,9	119,4
Trattore cingolato senza cabina 103 kW/140 CV 1963 + aratrato bivomere trainato	-	100,3	119,7
Trattore cingolato senza cabina 46 kW/62 CV 1984 + aratrato bivomere trainato	1800	97,0	117,3
Trattore cingolato senza cabina 46 kW/62 CV 1984 + aratrato bivomere trainato	2400	100,4	120,6
PREPARAZIONE DEL LETTO DI SEMINA E LAVORI COLTURALI			
Trattore DT con cabina 59 kW/80 CV 1989 + erpice a denti elastici portato	2000	84,0 - 84,7	108,7 - 107,9
Trattore DT con cabina 59 kW/80 CV 1989 + erpice a denti elastici portato	2500	86,4 - 89,2	113,2 - 118,1
Trattore DT con cabina 132 kW/180 CV 1985 + erpice a denti rotanti portato azionato dalla p.d.p.	-	79,9 - 93,5	106,9 - 109,7
Trattore 2RM senza cabina 50 kW/68 CV 1980 + erpice a denti rotanti azionato dalla p.d.p.	2250	93,7	114,0
Trattore 2RM senza cabina 18 kW/25 CV 1975 + erpice a telaio rigido portato	Normale	86,9	112,1
Trattore 2RM senza cabina 18 kW/25 CV 1975 + erpice a telaio rigido portato	Massimo	92,8	112,7
Trattore 2RM senza cabina 21 kW/28 CV 1973 + erpice a telaio rigido portato	2400	92,1	115,2
Trattore 2RM senza cabina 33 kW/45 CV 1972 + erpice a telaio rigido portato	2100	93,6	117,7
Trattore 2RM senza cabina 30 kW/41 CV 1964 + erpice a telaio rigido portato	1700	90,3	114,4
Trattore 2RM senza cabina 30 kW/41 CV 1964 + erpice a telaio rigido portato	2300	92,5	110,0
Trattore 2RM senza cabina 50 kW/68 CV 1980 + erpice Howard portato	2500	92,8	111,4
Trattore 2RM senza cabina 10 kW/13 CV 1969 + erpice Howard portato	Normale	95,3	119,9
Trattore 2RM senza cabina 10 kW/13 CV 1969 + erpice Howard portato	Massimo	99,1	124,8
Trattore cingolato senza cabina 46 kW/62 CV 1984 + erpice a dischi trainato	1800	99,6	120,5
Trattore cingolato senza cabina 46 kW/62 CV 1984 + erpice a dischi trainato	2500	102,7	123,3

PREPARAZIONE DEL LETTO DI SEMINA E LAVORI COLTURALI			
Attrezzature	Regime motore [min ⁻¹]	L _{Aeq} [dB(A)]	L _{pmax} [dB]
Trattore cingolato senza cabina 46 kW/62 CV 1984 + erpice a dischi trainato	1800	99,7	119,6
Trattore cingolato senza cabina 46 kW/62 CV 1984 + erpice a dischi trainato	2500	102,9	121,4
Trattore cingolato con cabina 121 kW/165 CV 1994 + erpice a dischi trainato	-	97,3 - 97,6	124,6 - 130,1
Trattore DT con cabina 59 kW/80 CV 1989 + erpice a dischi portato	2000	85,6 - 86,4	114,6 - 108,8
Trattore DT con cabina 59 kW/80 CV 1989 + erpice a dischi portato	2500	88,0 - 88,6	111,8 - 110,3
Trattore 2RM senza cabina 37 kW/50 CV 1971 + assolcatore portato	1700	89,0	116,3
Trattore 2RM senza cabina 37 kW/50 CV 1971 + assolcatore portato	2100	91,9	116,8
Trattore cingolato senza cabina 33 kW/45 CV 1967 + rullo compressore trainato	Normale	93,4	117,1
Trattore cingolato senza cabina 33 kW/45 CV 1967 + rullo compressore trainato	Massimo	97,8	115,7
Trattore 2RM senza cabina 21 kW/28 CV 1973 + rullo compressore trainato	1600	87,5	111,0
Trattore 2RM senza cabina 21 kW/28 CV 1973 + rullo compressore trainato	2300	92,3	114,0
Trattore 2RM senza cabina 10 kW/13 CV 1969 + rullo compressore trainato	Normale	91,8	114,9
Trattore 2RM senza cabina 10 kW/13 CV 1969 + rullo compressore trainato	Massimo	98,0	115,5
Trattore DT senza cabina 44 kW/60 CV 1975 + zappatrice portata azionata dalla p.d.p.	2000	96,3	119,4
Trattore DT senza cabina 44 kW/60 CV 1975 + zappatrice portata azionata dalla p.d.p.	2100	97,2	119,0
Trattore DT senza cabina 74 kW/100 CV 1975 + zappatrice portata azionata dalla p.d.p.	1950	97,1	116,6
Trattore 2RM senza cabina 50 kW/68 CV 1980 + zappatrice portata azionata dalla p.d.p.	2250	93,5	111,0
Trattore 2RM senza cabina 37 kW/50 CV 1971 + zappatrice portata azionata dalla p.d.p.	1900	91,6	116,0
Trattore 2RM senza cabina 37 kW/50 CV 1971 + zappatrice portata azionata dalla p.d.p.	2100	91,2	114,3
Motocoltivatore con zappatrice	Normale	95,6	116,3
Motocoltivatore con zappatrice	Massimo	101,2	118,9
Motocoltivatore con zappatrice	Normale	94,7	116,2
Motocoltivatore con zappatrice	Massimo	99,2	118,6
Motocoltivatore con zappatrice	Normale	89,5	117,0
Motocoltivatore con zappatrice	Massimo	96,4	113,0

PREPARAZIONE DEL LETTO DI SEMINA E LAVORI COLTURALI			
Attrezzature	Regime motore [min ⁻¹]	L _{Aeq} [dB(A)]	L _{pmax} [dB]
Motocoltivatore con zappatrice	Normale	84,0	107,3
Motocoltivatore con zappatrice	Massimo	89,2	108,9
Motocoltivatore con zappatrice	-	93,1	112,8
Motocoltivatore con zappatrice	Normale	93,3	110,5
Motocoltivatore con zappatrice	Massimo	96,5	113,6
FERTILIZZAZIONE			
Trattore DT con cabina 59 kW/80 CV 1986 + spandiconcime centrifugo portato azionato dalla p.d.p.	-	78,5	117,4
Trattore DT senza cabina 44 kW/60 CV 1975 + spandiconcime centrifugo portato azionato dalla p.d.p.	1500	94,2	116,4
Trattore 2RM senza cabina 33 kW/45 CV 1972 + spandiconcime centrifugo portato azionato dalla p.d.p.	1600	89,1	111,4
Trattore 2RM senza cabina 37 kW/50 CV 1971 + spandiconcime centrifugo portato azionato dalla p.d.p.	1600	88,8	111,2
Trattore 2RM senza cabina 30 kW/41 CV 1964 + spandiconcime centrifugo portato azionato dalla p.d.p.	1650	87,9	106,8
SEMINA			
Seminatrice parcellare distr. meccanica semovente	Normale	82,0	112,0
Seminatrice parcellare distr. meccanica semovente	Massimo	85,2	122,4
Seminatrice di precisione distr. meccanica semovente (conducente)	Normale	92,3	112,3
Seminatrice di precisione distr. meccanica semovente (conducente)	Massimo	92,9	116,5
Seminatrice di precisione distr. meccanica semovente (operatore)	Normale	89,9	112,8
Seminatrice di precisione distr. meccanica semovente (operatore)	Massimo	91,2	115,0
Trattore 2RM senza cabina 33 kW/45 CV 1972 + seminatrice univ. a righe portata	1800	89,3	113,0
Trattore 2RM senza cabina 33 kW/45 CV 1972 + seminatrice univ. a righe portata	2200	91,0	120,3
Trattore cingolato senza cabina 30 kW/41 CV 1964 + seminatrice univ. a righe trainata	1700	98,6	120,2
Seminatrice di precisione distr. pnem. semovente	-	93,5	111,0
Seminatrice di precisione distr. pnem. semovente	Normale	78,1	106,9

SEMINA			
Attrezzature	Regime motore [min ⁻¹]	L _{Aeq} [dB(A)]	L _{pmax} [dB]
Seminatrice di precisione distr. pnem. semovente	Massimo	86,3	108,9
Autoseminatrice semovente	-	94,5	116,6
DISTRIBUZIONE DEI FITOFARMACI			
Trattore 2RM senza cabina 33 kW/45 CV 1972 + irroratrice a polverizzazione mecc. portata azionata dalla p.d.p.	1600	86,7	109,4
Trattore 2RM senza cabina 37 kW/50 CV 1971 + irroratrice a barre orizz. con lancia portata azionata dalla p.d.p. (conducente)	-	85,0	109,8
Trattore 2RM senza cabina 37 kW/50 CV 1971 + irroratrice a barre orizz. con lancia portata azionata dalla p.d.p. (operatore)	-	77,3	-
Trattore 2RM senza cabina 37 kW/50 CV 1971 + irroratrice a lance trainata azionata dalla p.d.p. (conducente)	-	80,5	104,5
Trattore 2RM senza cabina 37 kW/50 CV 1971 + irroratrice a lance trainata azionata dalla p.d.p. (operatore)	-	<75	-
Trattore 2RM senza cabina 10 kW/13 CV 1969 + irroratrice a polverizzazione meccanica portata azionata dalla p.d.p.	Normale	90,6	114,9
Trattore 2RM senza cabina 10 kW/13 CV 1969 + irroratrice a polverizzazione meccanica portata azionata dalla p.d.p.	Massimo	96,3	122,6
SVILUPPO E MANUTENZIONE DELLE PIANTE			
Trattore DT senza cabina 57 kW/78 CV 1977 + frangisarmenti portato azionato dalla p.d.p.	-	98,3	120,2
Trattore 2RM senza cabina 51 kW/70 CV 1967 + frangisarmenti portato azionato dalla p.d.p.	-	100,1	120,0
Trattore 4RM senza cabina 29 kW/40 CV 1988 + frangisarmenti portato azionato dalla p.d.p.	-	99,3	119,0
Trattore DT senza cabina 51 kW/70 CV 1975 + frangisarmenti portato azionato dalla p.d.p.	-	99,1	118,4
Trattore DT senza cabina 57 kW/78 CV 1977 + frangisarmenti portato azionato dalla p.d.p.	Minimo	91,6	113,2
Trattore DT senza cabina 57 kW/78 CV 1977 + frangisarmenti portato azionato dalla p.d.p.	Normale	92,0	114,6
Trattore DT senza cabina 57 kW/78 CV 1977 + frangisarmenti portato azionato dalla p.d.p.	Massimo	93,4	110,0
Trattore DT senza cabina 44 kW/60 CV 1975 + frangisarmenti portato azionato dalla p.d.p.	1800	97,2	120,3
Trattore DT senza cabina 44 kW/60 CV 1975 + frangisarmenti portato azionato dalla p.d.p.	2100	98,2	120,8
Trattore 2RM senza cabina 50 kW/68 CV 1980 + frangisarmenti portato azionato dalla p.d.p.	2250	95,0	112,7

FORAGGICOLTURA			
Attrezzature	Regime motore [min ⁻¹]	L _{Aeq} [dB(A)]	L _{pmax} [dB]
Trattore 2RM senza cabina 51 kW/70 CV 1967 + falciatrice rotativa post. portata azionata dalla p.d.p.	-	100,2	116,2
Trattore DT senza cabina 57 kW/78 CV 1977 + falciatrice rotativa post. portata azionata dalla p.d.p.	-	95,8	115,0
Trattore DT senza cabina 51 kW/70 CV 1975 + falciatrice rotativa post. portata azionata dalla p.d.p.	-	99,8	114,9
Trattore DT senza cabina 57 kW/78 CV 1977 + falciatrice rotativa post. portata azionata dalla p.d.p.	-	90,0	109,9
Trattore DT senza cabina 57 kW/78 CV 1977 + falciacondizionatrice a dischi trainata azionata dalla p.d.p.	-	97,7	114,6
Trattore DT con cabina 85 kW/115 CV 1985 + falciacondizionatrice a dischi trainata azionata dalla p.d.p.	-	82,6 - 96,4	117,9 - 113,5
Trattore DT con cabina 59 kW/80 CV 1986 + falciacondizionatrice a dischi trainata azionata dalla p.d.p.	-	78,0 - 86,2	113,1 - 111,8
Falciacondizionatrice semovente	-	87,3 - 89,5	122,3 - 116,6
Trattore 2RM senza cabina 21 kW/28 CV 1973 + ranghinatore a pettine portato	1300	84,7	107,5
Motofalciatrice con barra falciante alternativa	Normale	89,7	112,3
Motofalciatrice con barra falciante alternativa	Massimo	99,1	135,8
Motofalciatrice con barra falciante alternativa	Normale	91,4	115,8
Motofalciatrice con barra falciante alternativa	Massimo	97,6	117,7
Motofalciatrice con barra falciante alternativa	Normale	90,7	111,7
Motofalciatrice con barra falciante alternativa	Massimo	94,5	112,8
Motofalciatrice con barra falciante alternativa	Normale	91,9	113,6
Motofalciatrice con barra falciante alternativa	Massimo	98,9	118,0
Trattore 2RM senza cabina 37 kW/50 CV 1971 + barra falciante alternativa lat. portata azionata dalla p.d.p.	-	89,5	113,4
Trattore DT senza cabina 25 kW/34 CV 1973 + trinciaerba portata azionata dalla p.d.p.	1600	89,9	118,0
Trattore DT senza cabina 25 kW/34 CV 1973 + trinciaerba portata azionata dalla p.d.p.	2300	94,2	115,2

RACCOLTA DELLE PRODUZIONI			
Attrezzature	Regime motore [min ⁻¹]	L _{Aeq} [dB(A)]	L _{pmax} [dB]
Trattore 2RM senza cabina 30 kW/41 CV 1964 + scavapatate allineatore portato azionato dalla p.d.p.	1500	89,0	106,4
Trattore 2RM senza cabina 30 kW/41 CV 1964 + scavapatate allineatore portato azionato dalla p.d.p.	2300	92,2	109,1
Falciatriniciatrice mais semovente	-	94,0 - 96,0	123,4 - 120,1
Mietitrebbiatrice parcellare	-	90,1	112,1
TRASPORTO			
Trattore 2RM senza cabina 26 kW/35 CV 1960 + carro rimorchio monoasse	-	85,4	112,9
Trattore 2RM senza cabina 18 kW/25 CV 1975 + carro rimorchio monoasse	-	87,2	112,2
Trattore DT senza cabina 44 kW/60 CV 1975 + carro rimorchio monoasse	500 ÷ 2100	91,5	119,5
Trattore 2RM senza cabina 37 kW/50 CV 1971 + carro rimorchio monoasse	1400	83,2	113,2
Trattore 2RM senza cabina 10 kW/13 CV 1969 + carro rimorchio monoasse	-	92,9	120,5
Trattore DT con cabina 132 kW/180 CV 1985 + carro rimorchio a doppio asse	-	73,6 - 82,6	113,9 - 112,3
Trattore 2RM senza cabina 15 kW/21 CV 1965 + carro rimorchio a doppio asse	-	91,7	123,8
Trattore 2RM senza cabina 21 kW/28 CV 1973 + carro rimorchio a doppio asse	-	88,9	111,9
Trattore 2RM senza cabina 33 kW/45 CV 1972 + carro rimorchio a doppio asse	-	91,6	113,7
Trattore 2RM senza cabina 50 kW/68 CV 1980 + carro rimorchio a doppio asse	-	92,4	114,7
Trattore DT con cabina 59 kW/80 CV 1989 + carro rimorchio a doppio asse	1800 ÷ 2500	87,4 - 87,8	111,7 - 120,5
Trattore 2RM senza cabina 30 kW/41 CV 1964 + carro rimorchio a doppio asse	-	88,5	114,4
Camion	-	80,2	114,3

STOCCAGGIO, PREPARAZIONE E DISTRIBUZIONE DEGLI ALIMENTI ⁽¹⁾			
Attrezzature	Regime motore [min ⁻¹]	L _{Aeq} [dB(A)]	L _{pmax} [dB]
Trattore DT con cabina 65 kW/88 CV 1983 + carro miscelatore trainato azionato dalla p.d.p. ⁽²⁾	-	88,9	125,6
Trattore DT con cabina 65 kW/88 CV 1983 + carro miscelatore trainato azionato dalla p.d.p. + trasportatore a coclea ⁽³⁾	-	65,2	100,9
Trattore DT con cabina 65 kW/88 CV 1983 + carro miscelatore trainato azionato dalla p.d.p. + desilatore semovente ⁽⁴⁾	-	88,3	108,5
Trattore DT con cabina 65 kW/88 CV 1983 + carro miscelatore trainato azionato dalla p.d.p. + trattore cingolato senza cabina 37 kW/50 CV 1977 + srotolatrice di balle azionata dalla p.d.p. ⁽⁵⁾	-	89,5	113,5
Trattore DT con cabina 85 kW/115 CV 1985 + carro miscelatore trainato azionato dalla p.d.p. ⁽⁶⁾	-	79,3 - 86,6	119,9 - 111,1
Trattore DT senza cabina 57 kW/78 CV 1977 + mulino per cereali + trasportatore a coclea ⁽⁷⁾	-	100,3	113,0

⁽¹⁾ Operatore all'interno o nei pressi del trattore.

⁽²⁾ Distribuzione insilato alle mangiatoie e trasporto (operatore dentro, finestrini aperti).

⁽³⁾ Carico sfarinati (operatore fuori).

⁽⁴⁾ Desilamento e carico (operatore fuori).

⁽⁵⁾ Trinciatura balle e carico (operatore fuori).

⁽⁶⁾ Distribuzione alle mangiatoie (operatore dentro, finestrino sin. aperto).

⁽⁷⁾ Sfarinatura cereali (operatore fuori).

OFFICINA			
Attrezzature	Regime motore [min ⁻¹]	L _{Aeq} [dB(A)]	L _{pmax} [dB]
Mola smeriglio grande	-	95,3	115,5
Mola smeriglio piccola	-	92,6	109,3
Mola smeriglio piccola + compressore piccolo	-	95,5	121,1
Mola smeriglio grande + compressore piccolo	-	100,6	120,0
Compressore grande	-	77,3	92,8
Saldatrice a filo	-	85,8	116,3
Idropulitrice	-	85,4	103,9
Frullino grande	-	99,4	116,6
Frullino piccolo	-	99,0	120,6
Trapano elettrico a mano + compressore piccolo	-	95,7	110,0
FALEGNAMERIA			
Piallatrice elettrica da banco	-	104,0	119,6
Sega circolare da banco grande	-	95,3	114,0
Sega circolare da banco piccola	-	94,1	108,4
Levigatrice a nastro	-	88,7	104,0
ZOOTECNIA			
Sala mungitura in tandem	-	75,6	96,7
Sala latte (frigorifero,compressore)	-	81,4	105,5
IRRIGAZIONE			
Cabina di pompaggio	-	105,0	125,0
VARIE			
Carrello elevatore	-	86,2	125,4
Trattore 2RM senza cabina 50 kW/68 CV 1980 + carrello elevatore	-	80,7	110,2
Betoniera	-	70,0	101,0
Gruppo elettrogeno	-	79,0	111,1
Motosega	-	102,7	121,6
Motosega	-	105,2	124,8
Decespugliatore a spalla	-	96,6	121,5
Decespugliatore a spalla	-	97,8	122,9

VARIE			
Attrezzature	Regime motore [min ⁻¹]	L _{Aeq} [dB(A)]	L _{pmax} [dB]
Decespugliatore a spalla	Normale	96,7	128,3
Decespugliatore a spalla	Massimo	100,6	124,3
Trattore DT con cabina 65 kW/88 CV 1983 + de- cespugliatore a braccio snodato portato azionato dalla p.d.p.	-	89,0 - 97,9	115,4 - 116,2
Trattore DT con cabina 59 kW/80 CV 1986 + de- cespugliatore a braccio snodato portato azionato dalla p.d.p.	-	89,4 - 95,4	110,1 - 113,2
Tosaerba	-	89,7	110,0
Vaglio ventilatore fisso	-	85,5	104,1
Vaglio ventilatore	-	88,4	107,7
Sgranacalatri fissa	-	72,9	119,7
Sgusciatrice fissa per sementi	-	85,3	112,3
Cilindro calibratore per sementi	-	<70	-
Tagliasiepi	Normale	102,2	121,3
Tagliasiepi	Massimo	109,6	124,7
Tagliasiepi	-	104,2	123,8
Calibratrice per frutta	-	78,8	104,0
Trebbiatrice per foraggiere	-	85,4	104,2
Trebbiatrice per cereali parcellare	-	92,4	114,9
Trebbiatrice per cereali	-	90,1	129,0
Trebbiatrice per cereali	-	92,4	114,9
Sbaccellatrice fissa + cilindro calibratore per se- menti	-	81,1	103,3

Rumorosità all'orecchio dell'utilizzatore di attrezzature agricole.

L_{Aeq}: livello continuo equivalente della pressione acustica ponderata A;

L_{pmax}: livello massimo (picco) della pressione acustica istantanea non ponderata.

2RM: trattore a due ruote motrici;

4RM: trattore a 4 ruote motrici isodiametriche;

DT: trattore a doppia trazione.

Dopo il valore della potenza viene riportato l'anno di fabbricazione del trattore.

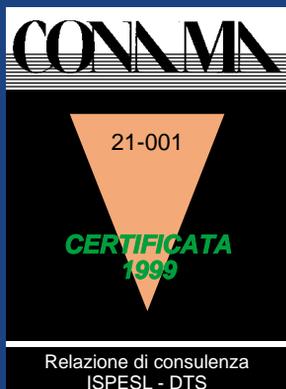
Il simbolo + indica un accoppiamento di macchine o la contemporanea presenza di più macchine in funzione sul luogo di lavoro.

Di talune attrezzature (o accoppiamenti di attrezzature) sono stati effettuati rilievi a regime di rotazione del motore "normale" e con l'acceleratore a fondo corsa ("massimo"). Il valore del regime (normale, massimo) è riportato solo se si tratta di attrezzature dotate di contagiri proprio. Nel caso delle macchine con cabina sono forniti i valori di rumorosità sia con cabina chiusa (numero a sinistra) che aperta (a destra).

BIBLIOGRAFIA

- ARTUSO M. L., CAPELLI G., *Il rumore in agricoltura: livello sonoro di alcune macchine agricole e dose di rumore per gli operatori*, Macchine e Motori Agricoli-IMA 1982, (4), 47-62.
- BARDUCCI I., COSA M., IBBA G., *Rilevazione, analisi e valutazione del rumore negli ambienti di lavoro*, in: Atti del convegno A.I.A. - E.N.P.I. "Il rumore negli ambienti di lavoro", Monteporzio Catone (Roma), 24 - 26 maggio 1976.
- COSA M., *Affogati nel rumore*, Il Messaggero, Roma, pag. 8, 30 marzo 1988.
- COSA M., *Rumore e vibrazioni. Effetti, valutazioni e criteri di difesa*, Maggioli, Rimini, 1990.
- COSA M., NICOLI M., *Azione patogena del rumore urbano sull'uomo e sulla comunità*, in: Atti del Convegno Nazionale di Studio: "Fattori socio-patogeni del modo di vita urbano", Roma, 26-27 aprile 1974.
- DAVIS H., PARRAK H., ELDREDGE D. M., *Hazards of intense sound and ultrasound*, Ann. Otol., n° 58, 732, 1949.
- ENGSTROM H., ENGSTROM B., ADES H. W., *Effect of Noise on Corti's Organ*, in: Atti del Convegno Internazionale "L'uomo e il rumore", Torino, 7 - 10 giugno 1975.
- FORTEZZA F. et Al., *Considerazioni sul rumore emesso dai trattori agricoli in funzione della tipologia costruttiva e dell'età del mezzo*, in: Atti del Convegno Nazionale "Lavoro e salute in agricoltura", Punta Ala, 5 - 8 ottobre 1993, 113-116.
- HOHMANN B., SCHMUCKLI F., *Rumore pericoloso per l'udito negli ambienti di lavoro*, Istituto Nazionale Svizzero di Assicurazione contro gli Infortuni (INSAI) (marzo 1989).
- PESSINA D., *Prove OCSE di rumorosità su trattori con telai e cabine di sicurezza*, Rivista di Ingegneria Agraria, 1985, (1), 33-45.
- TRAMPE BROCH J., *Acoustic Noise Measurements*, B & K, 1973.
- VICENTINI M. et Al., *Valutazione del rumore cui sono esposti gli addetti alle macchine agricole nelle fasi lavorative di varie colture sul territorio della regione Toscana*, in: Atti del Convegno Nazionale "Lavoro e salute in agricoltura", Punta Ala, 5 - 8 ottobre 1993, 21-28.
- VIOLANTI S. et Al., *Il rischio da rumore in agricoltura: valutazione dell'esposizione dei dipendenti di un'azienda agricola*, in: Atti del Convegno "Rumore e vibrazioni - Valutazione, prevenzione e bonifica in ambiente di lavoro", Modena, 20-21-22 ottobre 1994, 383-387.
- 77/311/CEE, *Direttiva del consiglio concernente il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati Membri relative al livello sonoro all'orecchio dei conducenti dei trattori agricoli o forestali a ruote*, 29 marzo 1977.
- Decreto del Presidente della Repubblica del 24 luglio 1996 n. 459 - *Regolamento per l'attuazione delle direttive 89/392/CEE, 91/368/CEE, 93/44/CEE e 93/68/CEE concernenti il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alle macchine*, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Roma - Venerdì, 6 settembre 1996.
- Brüel & Kjær, *La misura del suono*, materiale divulgativo, 1986.
- B&K, *Microfoni di misura*, materiale divulgativo, 1989.
- B&K, *Manuale fonometro 2231*, 1990.
- Commission of the European Communities, Directorate General for Social affairs - Health Protection Directorate: *Effects of noise on man*, Luxemburg, 18-19 novembre 1974.
- Decreto Legislativo 15 agosto 1991, n. 277 - *Attuazione delle direttive n. 80/1107/CEE, n. 82/605/CEE, n. 83/477/CEE, n. 86/188/CEE e n. 88/642/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro, a norma dell'art. 7 della legge 30 luglio 1990, n. 212*, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Parte Prima, Roma - Martedì, 27 agosto 1991.
- Decreto Legislativo 19 settembre 1994, n.626 - *Attuazione delle direttive 89/391 CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE e 90/679/CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro*, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Roma - Sabato, 12 novembre 1994.
- ISO (International Organization for Standardization) 1999, *Acoustique - Détermination de l'exposition au bruit en milieu professionnel et estimation du dommage auditif induit par le bruit*, 1990 (F).

NON ACCONTENTARTI DI UNA QUALUNQUE “MACCHINA AGRICOLA”, SCEGLI QUELLA CON IL MARCHIO



GARANZIA CERTIFICATA DI PRESTAZIONI E SICUREZZA

IL MARCHIO CONAMA È RICONOSCIUTO DA:

- MIPAF (Ministero delle Politiche Agricole e Forestali)
- CIA (Confederazione Italiana Agricoltori)
- COLDIRETTI (Confederazione Nazionale Coltivatori Diretti)
- CONFAGRICOLTURA (Confederazione Generale Agricoltura)
- UNACOMA (Unione Nazionale Costruttori Macchine Agricole)
- UNIMA (Unione Nazionale Imprese Meccanizzazione Agricola)
- DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft) - GERMANIA
- BLT (Bundesanstalt für Landtechnik) - AUSTRIA
- CEMAGREF (Centre National du Machinisme Agricole du Génie Rural des Eaux et Forêts) - FRANCIA
- DIAS (Danish Institute of Agricultural Sciences) - DANIMARCA
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) - U.N.
- FAT (Agrarwirtschaft und Landtechnik) - SVIZZERA
- EMA (Estacion de Meccanica Agricola) - SPAGNA
- CRA (Agricultural Research Centre) - BELGIO
- CEMA (Generalitat de Catalunya - Departament d'Agricoltura, Ramadeira, Pesca) - SPAGNA
- HIAE (Hungarian Institute of Agricultural Engineering) - UNGHERIA
- ITCF (Institut Technique des Céréales et des Fourrages) - FRANCIA
- SRI (Silsoe Research Institute) - GRAN BRETAGNA

CONAMA Srl - Consorzio Nazionale Meccanizzazione Agricola
Via L.Spallanzani, 22/A - 00161 ROMA
Tel. 064403137 - 064403872 Fax 064403712 email: info@CONAMA.it
www.conama.it