

“MISURA DELLA POTENZA ACUSTICA DI MACCHINE AGRICOLE: INDAGINE METODOLOGICA E SPERIMENTALE” *Dott. Diego Annesi*

1 INTRODUZIONE

Ai fini della commercializzazione delle macchine agricole sul mercato europeo, tutti i costruttori devono adempiere a stretti controlli di sicurezza in modo da soddisfare la legislazione comunitaria immettendo così sul mercato macchine sempre più sicure.

L'analisi del livello di potenza acustica è uno dei tanti controlli da effettuare sulla macchine in modo da salvaguardare la salute del lavoratore.

Quando è richiesta una precisa determinazione della potenza sonora, le normative da seguire sono severe e complesse, richiedendo così, nella fase di realizzazione delle misure, strumentazioni e metodi che riescano a garantire una certa attendibilità del dato ottenuto. Le condizioni ambientali, il numero dei microfoni, la posizione della sorgente, il metodo di calcolo della media, sono parametri rigorosamente stabilite ed imposte. I livelli di pressione sonora devono essere misurati in una dozzina di punti per ciascuna delle due e più posizioni in cui deve essere posta la macchina, al fine di ottenere risultati di una certa precisione. La presente nota intende illustrare il metodo di misura ed i risultati ottenuti per la valutazione della potenza sonora di una macchina semovente per la raccolta di frutta in guscio. Si tratta in particolare, della macchina Facma Cimina 300 S modello piuttosto diffuso per la raccolta di nocciole, castagne e noci. Per calcolare il livello di potenza sonora emesso della macchina Facma Cimina 300 S si è adottato la metodica prevista della norma UNI EN ISO 3744 richiamata dalla norma UNI EN 1553:2001. Questa norma prevede che la macchina da esaminare sia posizionata su di una superficie riflettente e intorno alla macchina siano posizionati microfoni in postazioni predefinite su di una superficie fittizia di misura.

Questa superficie di misurazione è un parallelepipedo definito come una superficie di area S che racchiude la sorgente, i cui lati sono paralleli ai lati del parallelepipedo di riferimento e si trovano ad una distanza d (distanza di misurazione) dal parallelepipedo di riferimento racchiudente la macchina oggetto di prova.

Questa misura è stata effettuata presso l'Istituto Sperimentale per la Meccanizzazione Agricola (I.S.M.A.) di Monterotondo (Roma) su prato di cotico erboso e non su di una superficie riflettente

Per ovviare a questa mancanza e per garantire l'attendibilità dei dati del presente lavoro, la misura è stata ripetuta utilizzando una sorgente puntiforme in modo da caratterizzare e verificare l'influenza del manto erboso nella misura della potenza acustica della macchina agricola oggetto di studio.

Le problematiche che si presentano nella misura delle emissioni acustiche di una macchina di grandi dimensioni sono certamente notevoli, soprattutto per quel che riguarda il posizionamento dei microfoni in postazioni predefinite ad una altezza da terra non trascurabile (postazioni microfoniche fino a tre metri); notevole anche la facilità con cui possono essere compromessi i dati acustici in condizioni ambientali non sempre favorevoli dove vento, ma anche rumori provenienti dall'ambiente circostante possono compromettere inevitabilmente i risultati ottenuti.

Per ovviare a queste problematiche sono state messe in atto tutte le precauzioni volte a salvaguardare il dato ottenuto ma anche utilizzando una strumentazione idonea fornita dal centro ricerche dell'I.S.P.E.S.L. di Monte Porzio Catone (RM).

2 MATERIALI E METODI

La prova è stata svolta in diversi giorni consecutivi.

Il primo giorno, presso il Laboratorio Agenti Fisici del D.I.L. - Centro Ricerche dell' I.S.P.E.S.L. di Monte Porzio Catone, è stata testata tutta la strumentazione.

2.1 Strumentazione

La strumentazione impiegata per il rilevamento della potenza sonora è costituita da: microfoni Bruel & Kjaer tipo "2290", i cavi, il calcolatore di potenza sonora Bruel & Kjaer tipo "7507", multiplexer a 8 canali Bruel & Kjaer tipo "2711".

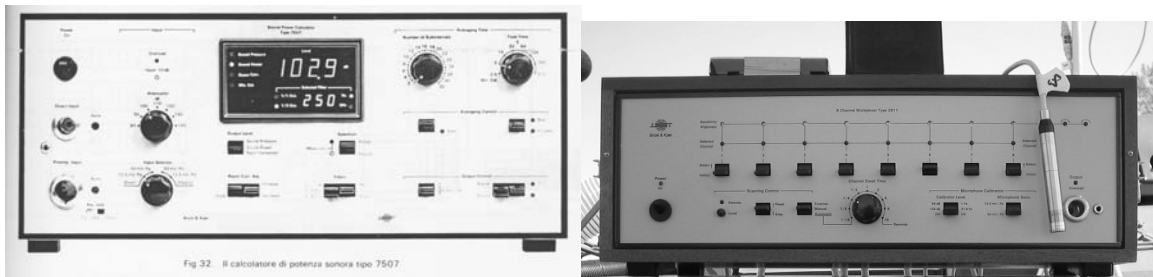


Fig. 1 calcolatore di potenza sonora Bruel & Kjaer tipo "7507"

Fig. 2 multiplexer a 8 canali Bruel & Kjaer tipo "2711"

La sorgente puntiforme oggetto di studio garantisce una produzione costante di rumore standardizzato nell'area circostante alla superficie stessa.



Fig. 3 . Sorgente puntiforme Bruel & Kjaer tipo "4204"

Macchina esaminata

Facma Cimina 300 S

La raccogliitrice semovente FACMA, tipo "Cimina 300", è una macchina operatrice agricola, azionabile da un solo operatore, che trova impiego nella raccolta di frutta in guscio sfruttando l'effetto aspirante di una corrente d'aria per raccogliere da terra il prodotto ed insaccarlo.



Fig. 4 Facma Cimina 300 S in azione nella raccolta di nocciole.

2.2 Descrizione della prova

Nella camera riverberante del laboratorio del centro ricerche dell'I.S.P.E.S.L di Monte Porzio Catone (RM), è stata installata una sorgente di prova e intorno ad essa è stato creato il parallelepipedo di misura necessario per il calcolo del valore della sua potenza sonora al fine di provare e testare tutta la strumentazione necessaria per la prova in campo.

Tutto il necessario per la prova è stato posizionato in idonei contenitori per poi essere trasportato sul posto della misura effettuata presso il centro ricerche dell' I.S.M.A. (Istituto Sperimentale Meccanizzazione Agricola) di Monterotondo (RM).

Il giorno successivo, una volta arrivato sul piazzale individuato per eseguire le misure acustiche, è stata delimitata tramite dei "picchetti" in ferro conficcati nel terreno e uniti tra di loro da un filo bianco, la superficie di base del parallelepipedo di misura, così come previsto dalla normativa UNI EN ISO 3744 utilizzata, relativamente al tipo di macchina oggetto della prova.

Tutti i "picchetti" sono stati verniciati in arancione in modo da renderli visibili sia per le normali operazioni di misura, sia per ragioni di sicurezza.

E' stata infine verificata la distanza richiesta dalla UNI EN ISO 3744 tra la macchina in prova e gli ostacoli fissi.

Infatti è stato rispettato il valore minimo di 13 metri (dato richiesto dalla norma UNI EN ISO 3744) dagli ostacoli fissi e si è provveduto nella realizzazione del parallelepipedo di misura. La ditta FACMA proprietaria della Cimina 300 S ha trasportato, con l'ausilio di un autocarro, la macchina in questione presso il centro ricerche dell' I.S.M.A..

Un operaio specializzato ha posizionato la Facma Cimina 300 S al centro della superficie di base del parallelepipedo di misura; in modo da salvaguardare la distanza minima "d" di un metro tra il parallelepipedo di misura e quello di riferimento. (fig.5)

La strumentazione di misura è stata collocata nei pressi della macchina su di un tavolo e tutti i microfoni sono stati posizionati ad altezze variabili, tramite apposite aste, secondo uno schema prestabilito, delimitato dal parallelepipedo di misura e dalla norma UNI EN ISO 3744 .



Fig. 5 macchina Farma Cimina 300 S al centro del parallelepipedo di misura.

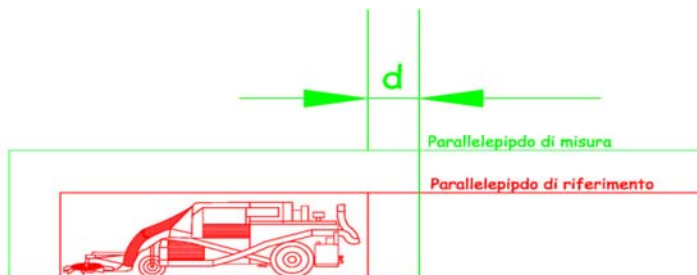


Fig. 6 . Disegno raffigurante il parallelepipedo di misura e di riferimento e la relativa distanza "d".

Le cinque facce del parallelepipedo sono state considerate a sé stanti e suddivise in modo da ottenere il più piccolo numero di aree rettangolari parziali il cui lato ha avuto una lunghezza massima pari a 3 d. (fig. 7 e 8)

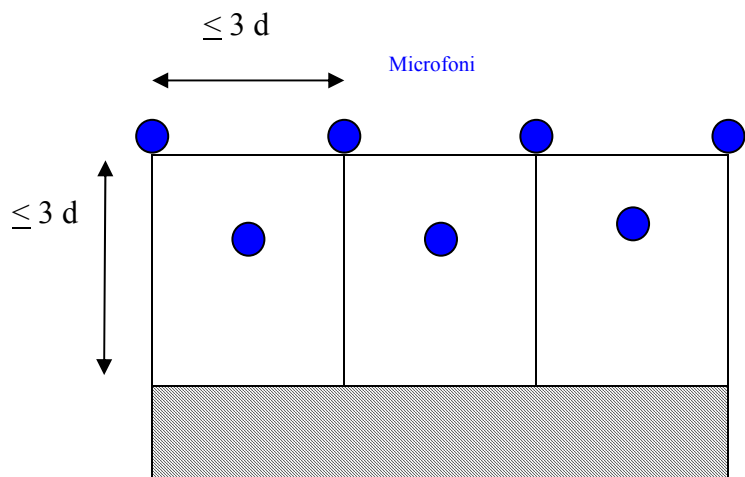


Fig.7 divisione della superficie di misurazione in aree elementari e posizionamento dei microfoni .

Le postazioni microfoniche si trovano nel centro e in ogni angolo di ciascuna area parziale eccetto gli angoli che intersecano la superficie riflettente di appoggio della macchina.

Tutti i microfoni, prima di essere posizionati, sono stati calibrati tramite il calibratore Bruel & Kjaer tipo "4231", che genera un suono sinusoidale a 1kHz il cui livello è pari a 94 dB.

La calibrazione è resa necessaria ogni volta che si sono spostati i microfoni nella varie postazioni in modo da verificare se i livelli ottenuti fossero attendibili.

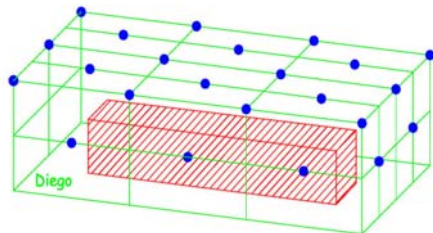


Fig.8 Disegno raffigurante le postazioni microfoniche dove il parallelepipedo tratteggiato racchiude la macchina mentre quello esterno raffigura il parallelepipedo dove sono posizionati i microfoni .

Dopo aver posizionato tutti i microfoni, della faccia da misurare, si è proceduto con la rilevazione in modo che la medesima, non fosse influenzata da rumori transitori indesiderati.

Tale problema è emerso poiché nella zona sono transitati spesso aerei a bassa quota e i treni della vicina linea ferroviaria.

Il motore della Facma Cimina 300 S è stato adeguatamente riscaldato e stabilizzato alla temperatura normale di funzionamento, per poi essere portato al regime di operatività che il costruttore ha dichiarato essere di 1250 rpm.

L'acquisizione da parte del calcolatore di potenza sonora Bruel & Kjaer tipo "7507", è stata eseguita con la modalità in automatico.

Tale impostazione ha permesso, dopo aver impostato il tempo di misura (TOTAL TIME) e il numero di microfoni (NUMBER OF SUBINTERVALS) relativi alla faccia del parallelepipedo di misura interessata dalla rilevazione, di stabilire il numero di scansioni.

Il tempo di misura scelto per ogni faccia è stato di 64 secondi e sulla base del numero di microfoni presente su faccia, il multiplexer Bruel & Kjaer tipo "2711" ha stabilito in automatico il tempo di media e quindi il numero di scansioni su ogni postazione microfonica. Lo strumento ha effettuato un campionamento continuo per 64 s su tutti i microfoni e il tempo di campionamento T per ogni microfono è dato dalla relazione: $T = T_m/N$

dove : T_m è il tempo totale di misura (nel nostro caso è di 64 s).

N è il numero di microfoni (da un minimo di 5 a un massimo di 8).

Una volta trascorsi i 64 secondi lo strumento forniva i seguenti valori:

1) Livello equivalente globale di rumore (L_{eq}), espresso in dB e ponderato A, della pressione sonora riferito alla singola faccia o sezione di faccia del parallelepipedo di misura.

2) Livello equivalente globale di rumore (L_{eq}), espresso in dB e non ponderato (L_{in}), riferito ad ogni banda di 1/3 di ottava da 100 Hz a 10.000 Hz.

In modo analogo è stata effettuata svolta la misura della potenza sonora della sorgente puntiforme ma la strumentazione utilizzata è un fonometro integratore Bruel & Kjaer tipo "2260 Investigator" il cui microfono è stato posizionato su delle apposite aste.

La misura della potenza sonora della sorgente Bruel & Kjaer tipo "2260 Investigator" si è resa necessaria per quantificare l'influenza del manto erboso nella misura della potenza sonora della macchina Facma Cimina 300 S e per verificare se il coefficiente di correzione ricavato dai dati di letteratura (manuali di buona pratica dell'I.S.P.E.S.L.) sia corretto.



Fig. 9 Immagine raffigurante la sorgente oggetto di prova e il relativo microfono posizionato su apposita asta.

Intorno alla sorgente Bruel & Kjaer è stato creato il parallelepipedo di misura rispettando le distanze imposte dalla norma UNI EN ISO 3744. (fig.10)

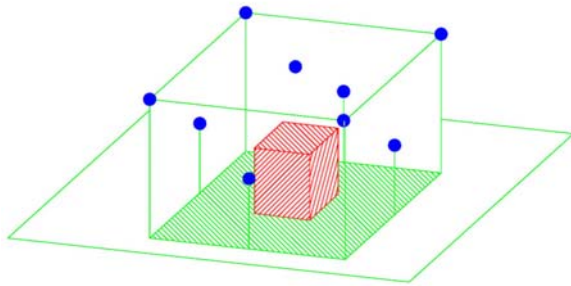


Fig. 10 . Disegno raffigurante la sorgente puntiforme Bruel & Kjaer tipo "4204" parallelepipedo tratteggiato e le relative postazioni microfoniche posizionate sul parallelepipedo esterno non tratteggiato.

2.3 Ambiente di prova

Valori ambientali

Dalla stazione di monitoraggio situata in prossimità del piazzale dove è stata svolta la misura, sono stati ottenuti i seguenti valori climatici mediati riferiti ai giorni oggetto di prova.

Temperatura media:	22	°C
Pressione atmosferica	1017	mb
Radiazione solare	768	W/mq
Velocità del vento	12,7	m/s

2.4 Piazzale per la prova

La misura è stata effettuata su di un piazzale in terra battuta presso il centro ricerche dell'I.S.M.A. di Monterotondo (RM).

Questo piazzale, anche se rispecchia le caratteristiche di un campo libero, diversamente da quanto espressamente richiesto dalla UNI EN ISO 3744, non è dotato di superficie riflettente poiché il suolo è ricoperto da un manto erboso.

Per ovviare a questo vincolo, è stato introdotto un coefficiente di correzione specifico ricavato da dati di letteratura esistenti sui manuali di buona pratica edito dall'I.S.P.E.S.L. che tiene conto dell'assorbimento acustico dovuto al manto erboso, da aggiungere al livello di pressione acustica ottenuto su ogni superficie del parallelepipedo oggetto della misura.

Detto coefficiente di correzione non è stato applicato alla superficie superiore del parallelepipedo di misura.

Per accertare l'influenza del manto erboso nella misura si è proceduto con la caratterizzazione ambientale tramite il calcolo della potenza sonora emessa da una sorgente puntiforme Bruel & Kjaer tipo "4204".

Questa sorgente ha la caratteristica di fornire un valore costante nel tempo di emissioni sonore; misurando il valore che arriva ai microfoni si è riuscito a verificare l'influenza del manto erboso verificando il coefficiente di correzione analitico rilevato dai dati di letteratura dell'I.S.PE.S.L.

3 RISULTATI

Calcolo del rumore di fondo.

Il rumore di fondo è stato misurato con un fonometro CELL tipo "593" rispondente alle norme IEC 61672-1-2 (ex IEC 651) e CEI EN 61672-1-2 (ex 804 gruppo I) per fonometri integratori di precisione e preventivamente calibrato con un calibratore acustico CEL tipo 284/2 rispondente alle norme IEC 942 classe 1L per un tempo di misura non inferiori ai 3 minuti. Le misure sono state ripetute per 3 volte.

Il livello equivalente calcolato come rumore emerso dalla media delle tre misure risulta essere **49,2 ± 0,7 dB(A)**.

Livello di pressione sonora temporale medio ($L_{peq,T}$)

I livelli di pressione sonora temporali medi, misurati utilizzando un fonometro integratore corrispondente alla IEC 804, gruppo 1 per strumenti di precisione, sono definiti dalla norma UNI EN ISO 3744 come "Il livello di pressione sonora di un suono stazionario e costante che, durante un intervallo di misurazione T, fornisce lo stesso valore quadratico medio di pressione sonora del suono variabile nel tempo preso in considerazione:

$$\begin{aligned} L_{peq,T} &= 10 \lg \left[\frac{1}{T} \int_0^T 10^{0,1L_p(t)} dt \right] \text{dB} \\ &= 10 \lg \left[\frac{1}{T} \int_0^T \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt \right] \text{dB} \end{aligned}$$

Livello di pressione sonora sull'intera superficie di misura. (L_{pA})

È la media energetica dei livelli di pressione sonora temporali medi in corrispondenza di tutte le postazioni microfoniche sulla superficie di misurazione, ai quali sono state applicate le correzioni dovute al rumore di fondo (K_{1A}) e la correzione delle condizioni ambientali (K_{2A}):

$$L_{pA} = L'_{pA} - K_{1A} - K_{2A} \text{ Dove:}$$

L'_{pA} = Livello di pressione sonora.

K_{1A} = Fattore di correzione per rumore di fondo.

K_{2A} = Fattore di correzione per riflessioni.

In tabella si riassumono i L_{Aeq} , ponderati A, relativi alle facce del parallelepipedo di misura realizzato per la macchina Fagma Cimina 300 S

Tabella 1 . Valori misurati riferiti alla Facma Cimina 300 S

Facma Cimina 300 S	Sorgente in funzione		
	L _{Aeq} misurato dB(A)	Attenuazione calcolata per terreno erboso	L _{Aeq} corretto dB(A)
Faccia 1	84,5	0,7	85,2
Faccia 2	83,3	1,7	85,0
Faccia 3	81,9	0,7	82,6
Faccia 4	75,8	1,7	77,5
Faccia 5	85,3	No attenuazione	85,3
L' pA	83,8 ± 2,2	===	84,4 ± 1,9

Superficie di misura (S) Facma Cimina 300 S

E' la superficie fittizia di area S che racchiude la sorgente e sulla quale sono posizionati i punti di misura. La superficie di misura è delimitata dal piano di appoggio.

Essa è pari a 104 m².

Coefficiente di correzione per rumore di fondo (K_{1A})

E' il fattore di correzione (K_{1A}) che tiene conto dell'influenza del rumore di fondo sul livello di pressione sonora superficiale; esso dipende dalla frequenza ed è espresso in decibel. Per i livelli ponderati A, il fattore di correzione si indica come K_{1A}. Nel caso trattato *il valore risulta essere trascurabile* poiché la differenza tra i livelli equivalenti L' pA misurati sulle singole facce del parallelepipedo di misura e il livello equivalente L'' pA del rumore di fondo nella zona di posizionamento della Facma Cimina 300 S risulta maggiore di 15 dB(A).

Coefficiente di correzione per le riflessioni (K_{2A})

E' il fattore di correzione che tiene conto dell'influenza dei suoni riflessi o assorbiti sul livello di pressione sonora superficiale; K₂ dipende dalla frequenza ed è espresso in decibel.

Nel caso trattato esso *risulta essere trascurabile* poiché nella zona non sono presenti ostacoli riflettenti.

Livello di potenza sonora (Lw) rilevato Facma Cimina 300

È dato da: dieci volte il logaritmo in base 10 del rapporto tra la superficie di misura e la superficie di riferimento; viene generalmente indicato come L_{WA} ed è definito dalla seguente espressione:

$$L_w = L_{pfA} + 10 \log_{10} (S/S_0) \text{ [dB]}$$

Dove: S = Superficie di misura. S_0 = Superficie di riferimento (1 m^2).

Nel caso trattato il livello di potenza sonora, trascurando i valori K_{1A} e K_{2A} , risulta essere di **104.6 dB(A)**.

Tabella 2. Valori misurati riferiti alla Facma Cimina 300 S

S	104 m ²
$K_{1A} = -10 \log_{10} (1-10^{-0,1 \Delta L})$	Trascurabile in quanto, per ogni faccia e ad ogni singola frequenza $\Delta L = L'_{pA} - L''_{pA} \geq 15 \text{ dB}$
K_{2A}	Trascurabile in quanto $< 0,5 \text{ dB}$
$L_{pfA} = L'_{pA} - K_{1A} - K_{2A}$	84,4 ± 1,9 dB (A)
$L_{WA} = L_{pfA} + 10 \log_{10} (S/S_0)$	84,4 + 20,2 = 104,6 dB(A)

Livello di potenza sonora (Lw) rilevato con sorgente puntiforme Bruel & Kjaer tipo "4204"

Tabella 3. Valori misurati riferiti alla Bruel & Kjaer tipo "4204"

Bruel & Kjaer tipo "4204"	Sorgente in funzione
	L_{Aeq} misurato dB(A)
Faccia 1	81,5
Faccia 2	81,4
Faccia 3	80,8
Faccia 4	81,1
Faccia 5	80,4
L'_{pA}	81.1 ± 1,7
S	17 m ²
$K_{1A} = -10 \log_{10} (1-10^{-0,1 \Delta L})$	Trascurabile in quanto, per ogni faccia e ad ogni singola frequenza $\Delta L = L'_{pA} - L''_{pA} \geq 15 \text{ dB}$
K_{2A}	Trascurabile in quanto $< 0,5 \text{ dB}$
$L_{pfA} = L'_{pA} - K_{1A} - K_{2A}$	81,1 ± 1,7 dB (A)
$L_{WA} = L_{pfA} + 10 \log_{10} (S/S_0)$	81,1 + 12.3 = 93,4 + 1.7 dB(A)

Il valore di potenza acustica calcolato e misurato sulla sorgente *Bruel & Kjaer* tipo "4204 è di $93,4 \pm 1,7$ dB(A). (tabella 3)

Analizzando i valori certificati dal costruttore (Bruel & Kjaer) con quelli ottenuti si arriva alla conclusione che il manto erboso influenza in modo non determinante ai fini della prova.

Il valore introdotto prelevato dai valori di letteratura risulta essere corretto ai fini della presente misura.

4 CONCLUSIONI

I risultati ottenuti dalle prove sperimentali mettono in mostra che la situazione attuale, per quanto riguarda le emissioni sonore di potenza acustica, impone ai lavoratori operanti con la macchina Facma Cimina 300 S e al produttore della stessa, l'applicazione di specifici obblighi come espressamente richiesto dalla normativa vigente (D.P.R. 459/'96, D.lg. 626/'94 etc...etc...) in maniera di sicurezza delle macchine e del lavoro.

I lavoratori infatti debbono indossare opportuni dispositivi di protezione individuale (cuffie, tappi, inserti) ma anche essere informate e formati come prevede il D.lg. 626/'94.

I costruttori, dato che la macchina in questione; Facma Cimina 300 S, ha un valore di pressione sonora superiore a 85 dB(A) misurata nelle reali condizioni di utilizzo, devono riportare sul libretto di "uso e manutenzione" il valore di potenza sonora ottenuto dai calcoli dal presente lavoro; come espressamente richiesto dalla direttiva macchine 459/'96.

In fase di realizzazione del presente lavoro è emerso che esiste una grave lacuna di metodica tra la norma UNI EN ISO 3744 "Determinazione dei livelli di potenza sonora delle sorgenti di rumore mediante pressione sonora" e al norma UNI EN 1553 "Macchine agricole semoventi, portate, semoportate e trainate Requisiti comuni di sicurezza". Per la determinazione della potenza acustica delle macchine agricole si deve far fede alla norma UNI EN 1553 la quale richiama la UNI EN ISO 3744 specificando che per il posizionamento dei microfoni si deve scegliere la superficie di misura a semi-sfera (cupola). Questa superficie di misura, per macchine di grandi dimensioni, NON sempre può essere applicata visto che il microfono centrare superiore viene posizionato ad altezze impossibili con aste convenzionali (25-30m). Nella norma UNI EN ISO 3744 esiste un'altra superficie di misura (superficie a parallelepipedo) dove posizionare i microfoni ma non viene menzionata nella norma UNI EN 1553. ***Questa grave lacuna spesso costringe i tecnici operanti nelle misure con macchine di grandi dimensioni, ad applicare la superficie a parallelepipedo non presa in considerazione nella norma UNI EN 1553.***

Ma anche ipotizzare e attuare tutta una serie di interventi che portino ad un valore di emissione sonora più basso di quello attuale.

Questa tipologia di provvedimenti prevede tutta una serie di studi molto più approfonditi, in modo da individuare le varie sorgenti di rumore sulla macchina, e di effettuare un programma di miglioramento.

Generalizzando si può intervenire:

- *Sulle sorgenti del rumore*
- *Sulla propagazione del rumore*

Il rumore prodotto da una qualsiasi sorgente può propagarsi direttamente per via aerea, può essere trasmesso per via solida (per esempio dal telaio della macchina).

Interventi sulle sorgenti

Sono sempre da privilegiare perché eliminano il rumore (rischio) alla fonte.

Occorre ricercare sulla macchina applicazioni di sistemi di funzionamento più silenziosi, e porsi l'interrogativo se l'elevata rumorosità di alcune sorgenti sia in qualche misura abbassabile.

Per fare questo occorre uno studio più approfondito sulla macchina in tutti i suoi componenti in modo da mettere in evidenza dove si può intervenire. Se la rumorosità delle sorgenti è in qualche modo causata da insufficiente progettazione, questa causa va immediatamente eliminata o corretta.

Occorre quindi valutare l'origine del rumore:

- se è *meccanica* (organi rotanti, organi di trasmissione quali ingranaggi e cuscinetti, urti metallici, colpi), occorre agire in generale riducendo velocità e carichi ed eliminare le vibrazioni trasmesse alle superfici;
- se è *aerodinamica*, oltre all'uso dei silenziatori, si possono correggere i circuiti, il funzionamento dei ventilatori ed eliminare rumori di rotazione e vorticosità del fluido.

Nello specifico visto che il principio di funzionamento della presente macchina è l'aspirazione e quindi il passaggio di aria in depressione si potrebbe studiare un flusso aerodinamico più corretto in modo da agevolare lo stesso e da abbassare il rumore emesso.

Interventi sulla propagazione

Gli interventi sulla propagazione possono essere realizzati seguendo diverse tipologie di intervento:

- *Supporti antivibranti*; : sono necessari in presenza di vibrazioni trasmesse alle strutture del telaio da parte del motore o comunque da parte delle enormi ventole necessarie per l'aspirazione di aria nella macchina stessa. Questa tipologia di intervento in parte è stato effettuato dal costruttore della macchina Cimina 300 S ma in alcuni punti si potrebbe intervenire.

Oppure eliminare la continuità di strutture metalliche estese rendendosi necessario una insonorizzazione della macchina con la tecnica della "copertura integrale":

- *Copertura integrale*; è un intervento da realizzarsi quando non è più possibile ridurre il rumore della sorgente ed è indispensabile una riduzione del rumore molto elevata (almeno 15-20 dB).
E' generalmente molto efficace anche se ha costi elevati e non sempre è tecnicamente fattibile.
- *Isolamento del lavoratore*; in determinati casi può essere possibile isolare in una cabina silente il lavoratore. Questo è un intervento attuabile e consigliabile su molte macchine rumorose dove non risulta ragionevolmente praticabile la riduzione del loro rumore (alla sorgente o con coperture integrali).
Anche se per questa tipologia di macchina la cabina al posto di guida NON può essere facilmente realizzata date le caratteristiche arboree oggetto della raccolta.
- *Copertura parziale*: è un intervento che può essere utile quando non è possibile chiudere tutta la macchina, quando l'abbattimento necessario non supera i 15 dB, quando l'intervento del lavoratore non è saltuario ma continuo, quando le frequenze da abbattere sono medio alte.

Questi interventi possono dare da 3 - 5 dB fino a 12 - 15 dB di riduzione.

Lavoro realizzato dalla collaborazione: Prof. Danilo Monarca, professore straordinario dell'Università degli Studi della Tuscia, Facoltà di Agraria, Dipartimento Gemini; Dott. Massimo Cecchini, ricercatore dell'Università degli Studi della Tuscia, Facoltà di Agraria, Dipartimento Gemini; Dott. Pietro Nataletti e Dott. Aldo Pieroni Dipartimento Igiene del Lavoro, I.S.P.E.S.L. Monte Porzio Catone (RM);

Dott. Diego Annesi, Tecnico competente in acustica info@misurazionidelrumore.com