

Misura del rumore emesso dalle macchine utensili

Direttiva “Macchine”

La Direttiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, pubblicata il 17 maggio 2006, revisione della Direttiva 89/392/CE, nota come Direttiva “Macchine”, contiene nel suo Allegato 1, dal titolo “*Requisiti essenziali di sicurezza e di tutela della salute relativi alla progettazione e alla costruzione delle macchine – Principi generali*”, delle prescrizioni specifiche relative all’emissione sonora delle macchine.

Per l’esattezza, l’Allegato 1, fra gli altri requisiti, prescrive al punto 1.7.4.2 u) che il libretto di istruzioni di una macchina contenga:

“le seguenti informazioni relative all'emissione di rumore aereo:

— il livello di pressione acustica dell'emissione ponderato A nei posti di lavoro, se supera 70 dB(A); se tale livello non supera 70 dB(A), deve essere indicato,

— il valore massimo della pressione acustica istantanea ponderata C nei posti di lavoro, se supera 63 Pa (130 dB rispetto a 20 μ Pa),

— il livello di potenza acustica ponderato A emesso dalla macchina, se il livello di pressione acustica dell'emissione ponderato A nei posti di lavoro supera 80 dB(A).

I suddetti valori devono essere o quelli misurati effettivamente sulla macchina in questione, oppure quelli stabiliti sulla base di misurazioni effettuate su una macchina tecnicamente comparabile e rappresentativa della macchina da produrre.

Quando si tratta di una macchina di grandissime dimensioni, invece del livello di potenza acustica ponderato A possono essere indicati livelli di pressione acustica dell'emissione ponderati A in appositi punti intorno alla macchina.”

Il costruttore, o il suo mandatario sul territorio dell’Unione Europea, deve quindi, dal 1989, conoscere i livelli di rumore emessi dalla macchina e dichiararli.

Norma ISO 230-5

In Italia esisteva già dal 1977 la norma UNI 7712, preparata dal gruppo di lavoro “Rumore” della STANIMUC, del quale avevano fatto parte esperti acustici di grande rilievo, appartenenti a laboratori di ricerca, università e politecnici. E già da quell’epoca la STANIMUC eseguiva, per conto di molti costruttori di macchine utensili, dei collaudi fonometrici la cui accuratezza e completezza non aveva nulla in meno rispetto a quelli di oggi.

Ma a livello internazionale era necessario fare un lavoro analogo, ossia preparare una norma che contenesse in un solo documento tutto quanto è necessario per eseguire correttamente un collaudo fonometrico, sfrondando dalle norme acustiche ISO di riferimento tutto quanto è ridondante o non adatto al settore delle macchine utensili.

Con questo obiettivo fu costituita in seno alla Commissione Tecnica ISO/TC 39 “Macchine utensili” la Sotto-Commissione SC 6 “Rumore” della quale la STANIMUC assunse Presidenza e Segreteria e l’incarico di scrivere il testo della norma.

Nel corso degli anni ’90, poco dopo la pubblicazione della Direttiva “Macchine” 89/392/CE fu studiata la norma che potesse soddisfare quell’esigenza, e nel 2000 fu pubblicata la prima versione della ISO 230-5 “Codice di collaudo delle macchine utensili – Parte 5 – Rumore”, tuttora valida, sebbene in revisione.

Stato dell'arte

Dalle esperienze acquisite con diverse centinaia di misure eseguite negli anni, sono oggi disponibili molti dati per una valutazione statistica dello stato dell'arte nel settore delle macchine utensili, soprattutto sui seguenti aspetti:

- capacità dei costruttori di realizzare macchine acusticamente accettabili, in termini di:
 - livello sonoro equivalente nella posizione dell'operatore in dB(A)
 - livello sonoro di picco nella posizione dell'operatore in dB(C)
 - livello sonoro medio sulla superficie di misura in dB(A)
 - potenza sonora emessa
- idoneità degli ambienti industriali per i collaudi fonometrici, in termini di:
 - fattore di correzione K2A
 - rapporto A/S.

In particolare, i dati utilizzati per questo articolo sono i risultati di 100 collaudi fonometrici di macchine utensili, quasi tutte ad asportazione di truciolo, le cui grandezze sono qui di seguito presentate con istogrammi, percentuali e percentili, per semplicità e chiarezza.

I limiti oggettivi di questa valutazione stanno nel fatto che per ogni collaudo fonometrico sono state scelte, come prescritto, le condizioni operative della macchina il più possibile rappresentative dell'utilizzo normale, ma ogni macchina può compiere un'infinità di operazioni diverse, ed i risultati riportati si riferiscono ad una sola di queste. Ogni macchina potrà produrre nel corso della sua vita utile delle emissioni sonore diverse in funzione delle condizioni operative istantanee.

Livello sonoro equivalente nella posizione dell'operatore in dB(A)

Il primo dato che la Direttiva richiede di conoscere e dichiarare è *“il livello di pressione acustica dell'emissione ponderato A nei posti di lavoro”*.

Per “equivalente” si intende il livello sonoro di un rumore costante che generi nello stesso tempo la stessa energia sonora del rumore variabile misurato. Invece, la “rete di ponderazione A” è un sistema di filtri nel fonometro che fornisce risultati vicini alla risposta dell'orecchio umano, non uguali per tutte le frequenze. I valori misurati sono quindi espressi in dB(A).

L'istogramma della figura 1 fornisce un dato quantitativo di come si siano presentate, sotto questo aspetto, le 100 macchine del campione.

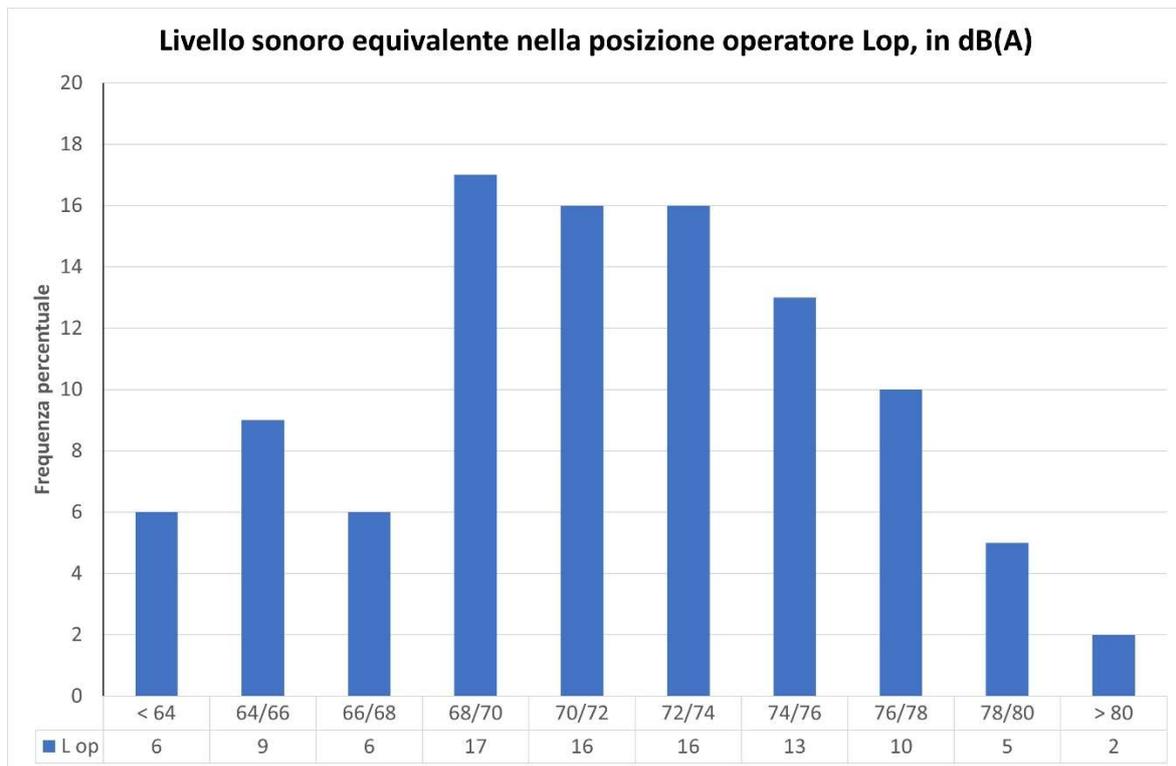


Figura 1 – Livello sonoro equivalente nella posizione operatore

L op	< 64	64/66	66/68	68/70	70/72	72/74	74/76	76/78	78/80	> 80
percentile	6	15	21	38	54	70	83	93	98	100

Solo due macchine su cento, nelle condizioni operative in cui sono state misurate, hanno prodotto un livello equivalente superiore ad 80 dB(A) e quindi richiederebbero, secondo la Direttiva, anche la determinazione della potenza sonora (che comunque è stata misurata su tutte le macchine del campione). In 60 casi il costruttore potrebbe dichiarare solo il livello equivalente nella posizione dell'operatore. In 38 casi potrebbe anche solo indicare che il livello è inferiore a 70 dB(A), senza fornire valori.

Livello sonoro di picco nella posizione dell'operatore in dB(C)

La "rete di ponderazione C" è un sistema di filtri nel fonometro con la caratteristica di avere una risposta piatta nella gamma di frequenze corrispondenti alla parte centrale dello spettro udibile. Fornisce una valutazione del rischio di danno uditivo che l'orecchio umano potrebbe subire da un rumore impulsivo.

Non è nemmeno necessario produrre un istogramma perché sulle macchine misurate raramente ha superato i 100 dB(C). La Direttiva considera come livello d'allarme 130 dB(C), corrispondenti a 63 Pascal. Se si considera il prospetto sottostante, di corrispondenza fra il livello di pressione misurato e la pressione fisica in Pascal, si può constatare immediatamente che un livello di 100 dB(C) corrisponde ad una pressione fisica di 32 volte inferiore alla soglia della Direttiva.

dB	94	100	106	112	118	124	130
Pascal	1	2	4	8	16	32	63

In tutti i casi esaminati il costruttore potrebbe semplicemente indicare che il livello sonoro di picco nella posizione dell'operatore è inferiore a 130 dB(C).

Livello sonoro medio sulla superficie di misura in dB(A)

La superficie di misura è il parallelepipedo ideale ad 1 metro di distanza dal parallelepipedo involuipo della macchina, comprendente tutte le sue sorgenti sonore. Il livello medio è la media dei valori misurati negli n punti prescritti sulla superficie, dove n è funzione delle sue dimensioni. Tenuto presente che il livello sonoro è un logaritmo, la media è ottenuta passando per ogni punto di misura dai livelli sonori alle intensità fisiche e tornando infine al logaritmo della media ottenuta.

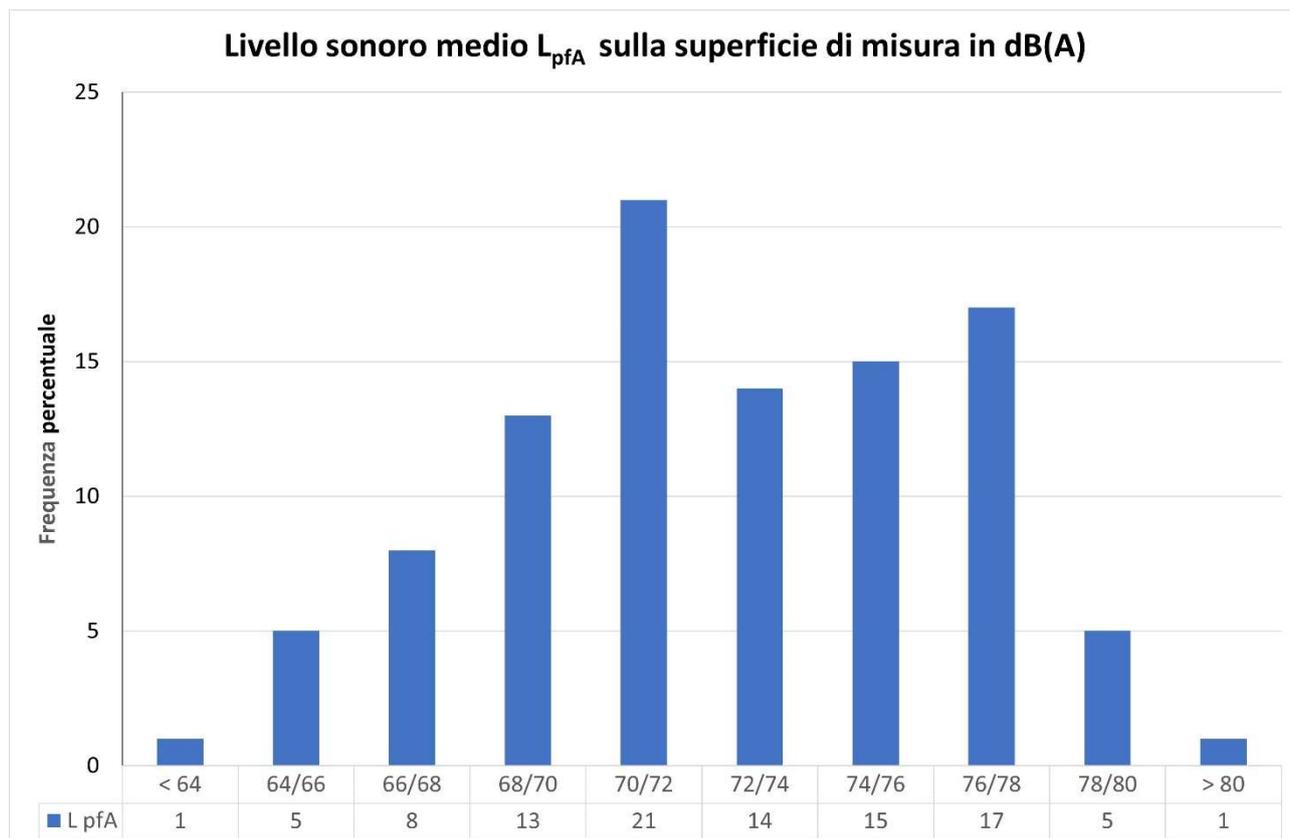


Figura 2 – Livello sonoro medio sulla superficie di misura

L pfA	< 64	64/66	66/68	68/70	70/72	72/74	74/76	76/78	78/80	> 80
percentile	1	6	14	27	48	62	77	94	99	100

Il valore calcolato è un livello medio, e naturalmente i livelli misurati lungo la superficie sono diversi nei vari punti di misura, in funzione della collocazione delle singole sorgenti di rumore della macchina e degli ausiliari, ma il suo calcolo è necessario per determinare la potenza sonora emessa, ossia la quantità di energia sonora emessa nell'aria per unità di tempo.

Livello di potenza sonora in dB(A) e potenza sonora in mW

La potenza sonora si ottiene moltiplicando l'intensità sonora in W/m^2 per l'area in m^2 della superficie di misura attraversata, e di conseguenza il corrispondente livello si ottiene sommando i rispettivi logaritmi. Sulle macchine misurate un solo livello sonoro medio sulla superficie di misura ha superato 80 dB(A), ma invece il livello di potenza sonora delle 100

macchine è sempre rimasto compreso fra 80 e 110 dB(A), ciò che spaventa molti fra coloro che leggono questi valori. In realtà, sebbene anch'essi siano espressi in dB(A), non si tratta dei livelli percepiti dall'orecchio (livelli di pressione sonora), ma di valori calcolati (livelli di potenza sonora), utili per la valutazione del rumore complessivo immesso in un ambiente nel quale siano presenti molte macchine. Può essere meglio quindi esprimerli non in dB(A), che possono essere fraintesi, ma direttamente in milliWatt e Watt.

L_{WA}	90 dB	100 dB	110 dB	120 dB	130 dB	140 dB	150 dB
WA	1 mW	10 mW	100 mW	1 W	10 W	100 W	1 kW

Se si considera che un aereo a reazione possa emettere una potenza sonora di 1 kW, corrispondente a 150 dB, si può facilmente dedurre che le macchine utensili esaminate emettono al confronto potenze sonore dell'ordine di un milionesimo o qualche decina di milionesimi del kW.

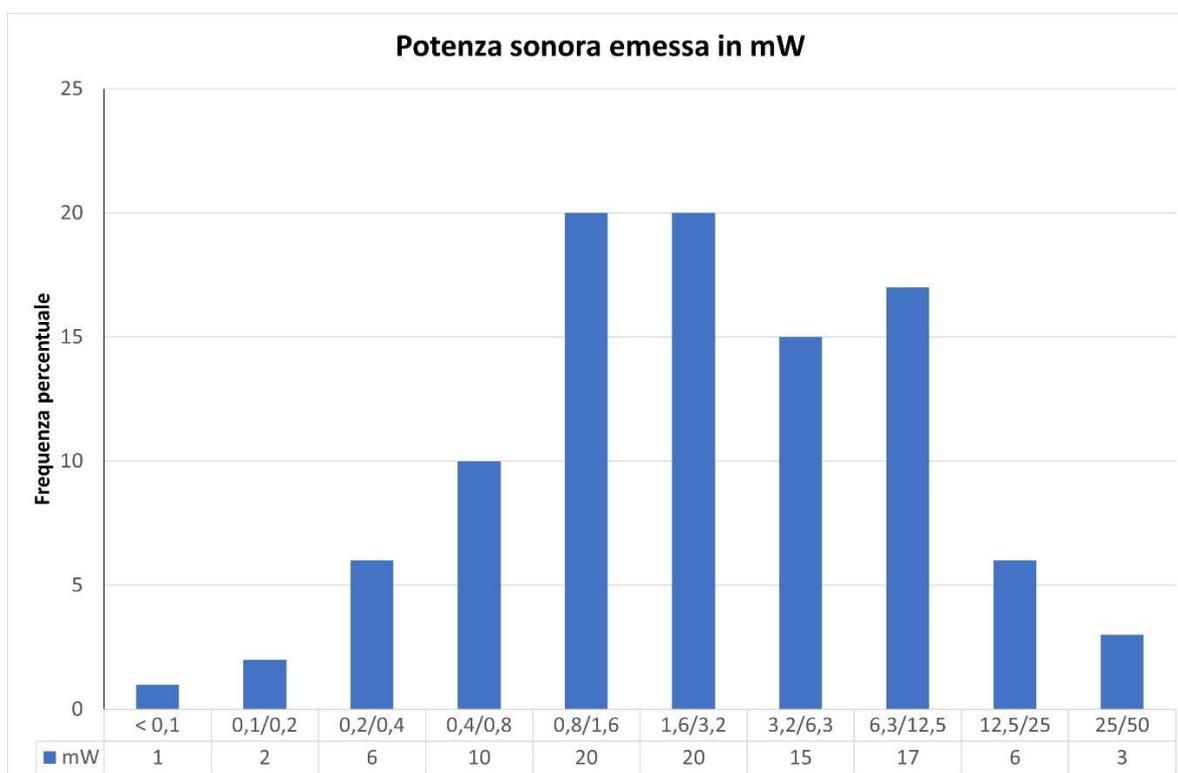


Figura 3 – Potenza sonora emessa

mW	< 0,1	0,1/0,2	0,2/0,4	0,4/0,8	0,8/1,6	1,6/3,2	3,2/6,3	6,3/12,5	12,5/25	25/50
percentile	1	3	9	19	39	59	74	91	97	100

Ambiente di prova

Rimangono le domande sull'idoneità degli ambienti industriali per l'esecuzione di collaudi fonometrici, ossia se le condizioni di riverbero ambientale consentano misure attendibili, o in quale misura sia necessario correggerle. Le risposte vengono dal fattore di correzione K_{2A} e dai parametri utilizzati per determinarlo.

La figura 4 mostra la distribuzione dei valori del K_{2A} , che nella ISO 230-5 è giustamente considerato uno dei responsabili dell'appartenenza dei risultati ad un grado di precisione 2 o 3, rispettivamente se è inferiore a 2 dB(A) o se è compreso fra 2 e 7 dB(A). Si tenga presente che il grado di precisione 1 è considerato ottenibile in sala semi-anecoica, e quindi qui non viene neanche citato.

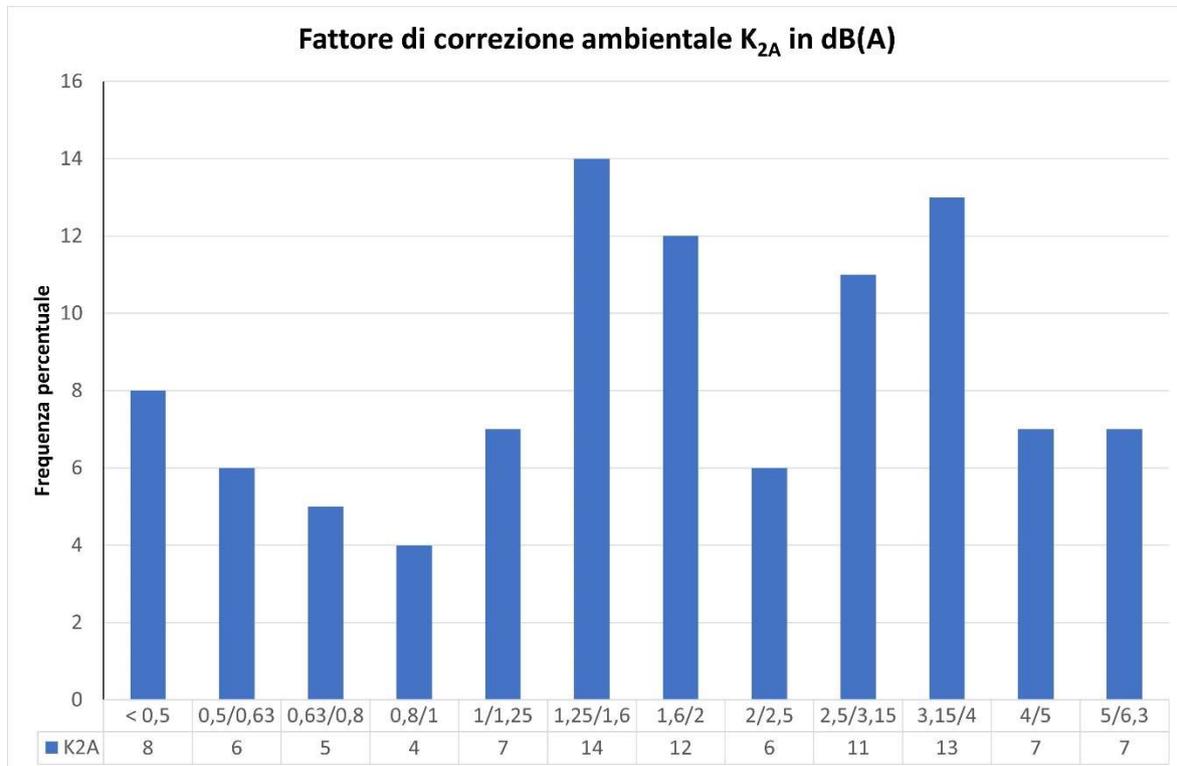


Figura 4 – Fattore di correzione ambientale K_{2A} in dB(A)

K _{2A}	< 0,5	0,5/0,63	0,63/0,8	0,8/1	1/1,25	1,25/1,6	1,6/2	2/2,5	2,5/3,16	3,16/4	4/5	5/6,3
percentile	8	14	19	23	30	44	56	62	73	86	93	100

L'istogramma dimostra che nel 56% dei casi l'ambiente ha consentito una precisione delle misure di grado 2 ($K_{2A} < 2$), e nel 44% dei casi di grado 3. In nessun caso il fattore è risultato superiore a 7.

Un elemento fondamentale nella determinazione del K_{2A} è il rapporto A/S fra la cosiddetta "area di assorbimento equivalente" A e la superficie di misura S della macchina. L'area di assorbimento equivalente, in metri quadrati, si può ottenere in due modi.

Il primo metodo, che comporta la misura del tempo di riverbero, utilizza la relazione

$$A = 0,16 V/T$$

in cui V è il volume totale dell'ambiente di prova e T è il tempo di riverbero. Questo metodo è stato adottato nella massima parte dei casi, ad eccezione delle situazioni in cui era vietato sparare con la pistola a salve.

Il secondo metodo, approssimato, utilizza la relazione

$$A = \alpha S_v$$

in cui S_v è l'area complessiva delle superficie dell'ambiente di prova (pareti, pavimento e soffitto), ed α deve essere scelto dal prospetto seguente in funzione della forma e dimensioni dell'ambiente, nonché degli oggetti presenti e dei relativi materiali.

Coefficiente di assorbimento acustico medio α	Descrizione dell'ambiente
0,05	Ambiente quasi vuoto con pareti rigide lisce di cemento, mattoni, intonaco o piastrelle.
0,1	Ambiente parzialmente vuoto, ambiente con pareti lisce.
0,15	Ambiente con mobili; ambiente a pianta rettangolare con macchine; ambiente industriale a pianta rettangolare.
0,2	Ambiente di forma irregolare con mobili; ambiente di forma irregolare con macchine o ambiente industriale.
0,25	Ambiente con arredamento rivestito; ambiente con macchine o ambiente industriale con poco materiale fono-assorbente sul soffitto o sulle pareti (ad esempio, soffitto parzialmente assorbente).
0,35	Ambiente con materiali fono-assorbenti sia sul soffitto sia sulle pareti.
0,5	Ambiente con grandi quantità di materiali fono-assorbenti sul soffitto e sulle pareti.

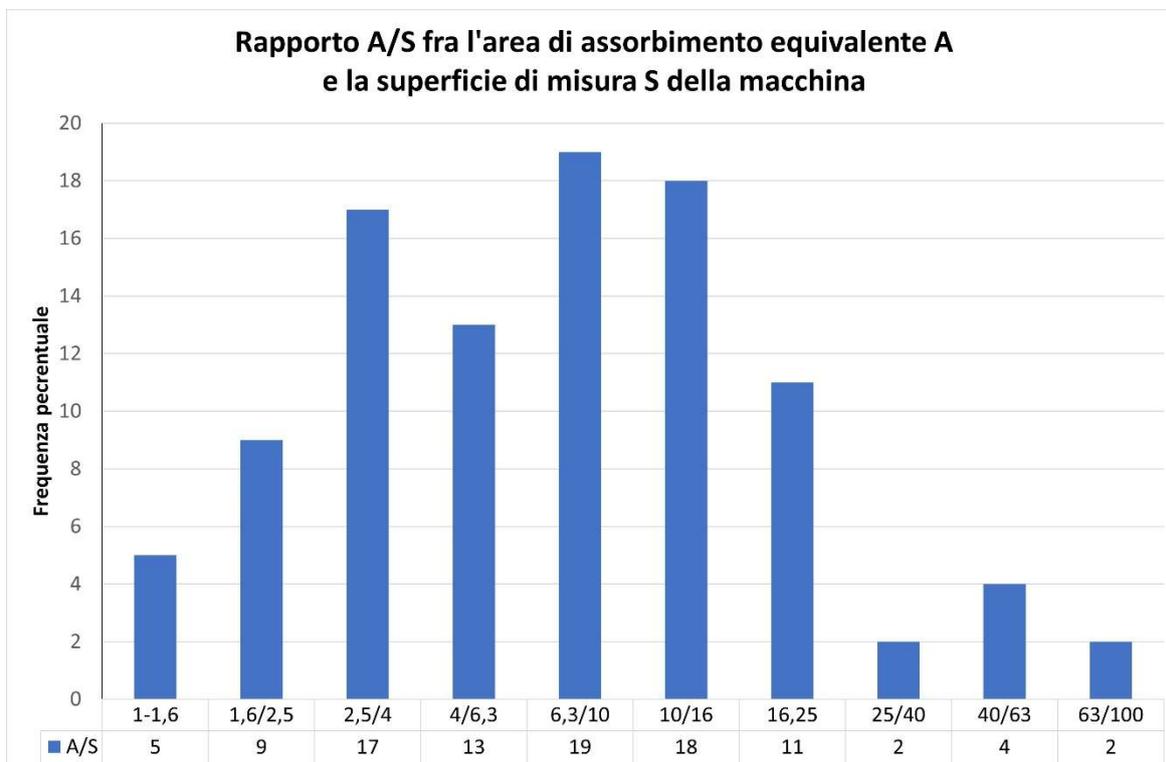


Figura 5 – Rapporto A/S

A/S	1/1,6	1,6/2,5	2,5/4	4/6,3	6,3/10	10/16	16/25	25/40	40/63	63/100
percentile	5	14	31	44	63	81	92	94	98	100

Affinché la superficie di misura in una sala di prova sia accettabile per misurazioni in conformità con i requisiti della ISO 230-5, il rapporto fra l'area di assorbimento equivalente A e l'area S della superficie di misura deve essere uguale o maggiore di 1, ossia

$$A/S \geq 1.$$

Maggiore è il rapporto A/S, meglio è.

Se il requisito di cui sopra non può essere soddisfatto, si deve scegliere una nuova superficie di misura. La nuova superficie di misura deve avere un'area totale più piccola, ma deve comunque stare all'esterno del campo vicino. In alternativa, il rapporto A/S può essere aumentato aggiungendo dei materiali fono-assorbenti nell'ambiente di prova e poi determinando nuovamente il valore del rapporto A/S nelle nuove condizioni.

L'istogramma della figura 5 indica però che in tutti i collaudi fonometrici del campione il rapporto A/S è risultato maggiore di 1, e spesso anche di molto. Quindi gli ambienti industriali in cui sono state eseguite le misure hanno spesso consentito di ottenere una buona attendibilità dei risultati che, come indicato dai valori del fattore K_{2A} , in più della metà dei casi hanno raggiunto il grado 2 di precisione.