



Norme tecniche per calcoli previsionali (UNI EN 12354-6) e misure in opera (UNI EN ISO 3382)

Ing. Matteo Borghi

PROGETTO
ACUSTICO



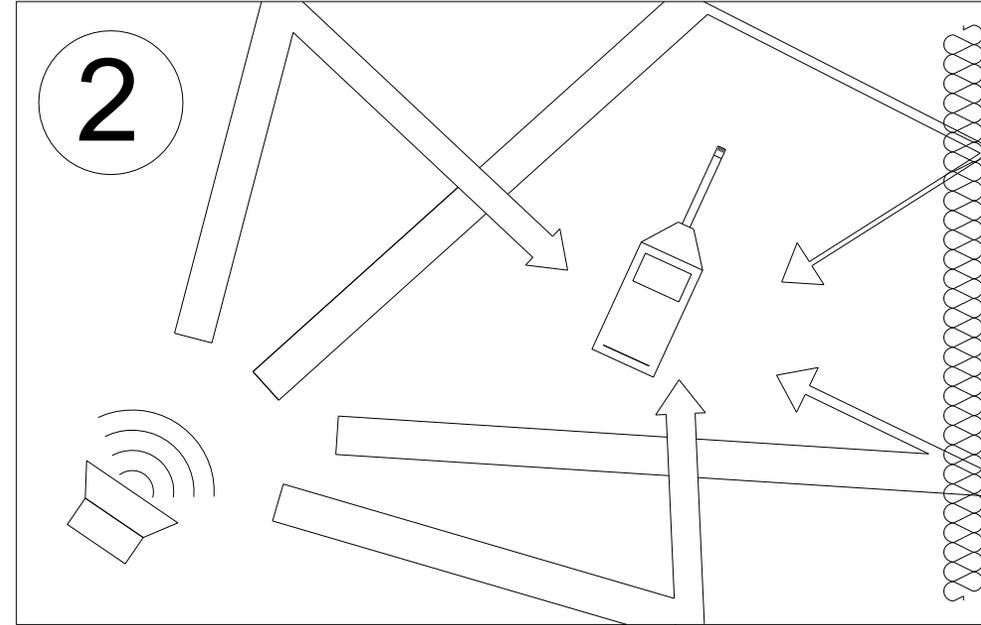
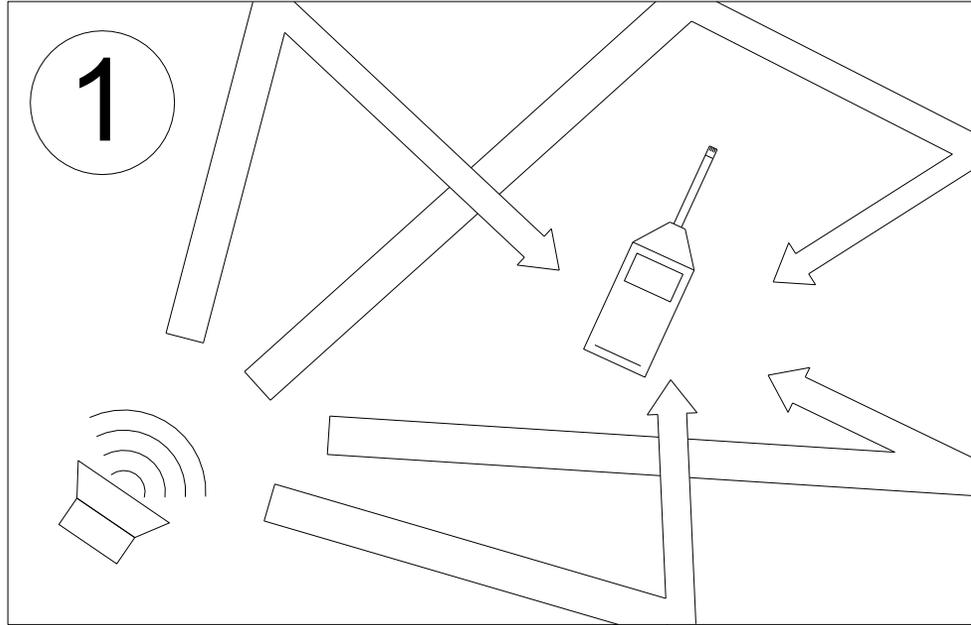
Tempo di riverberazione

$$T = \frac{0,16V}{A} \longrightarrow A = \sum_{i=1}^k S_i \alpha_i + \sum_{j=1}^m n_j A_j$$

V volume del locale

A area di assorbimento acustico

Coefficiente α (ISO 354)



1. misura T (camera vuota)

2. misura T (camera con l'elemento da analizzare)

Volumi di forma regolare

Nessuna dimensione dovrebbe avere una grandezza maggiore di 5 volte qualsiasi altra dimensione

Assorbimento distribuito uniformemente

Il coefficiente di assorbimento non dovrebbe variare di più di un fattore di 3 tra coppie di superfici opposte, a meno che siano presenti elementi di dispersione sonora

Non troppi elementi

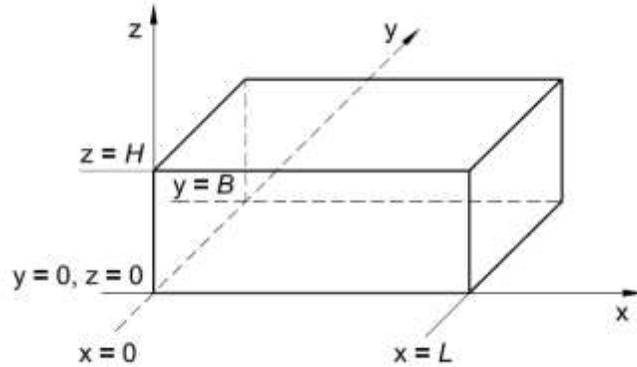
La parte di elementi dovrebbe essere minore di 0,2

UNI EN 12354-6 - Limitazioni

Se queste ipotesi non sono soddisfatte, il tempo di riverberazione **può risultare più lungo della stima** (anche il doppio)

La presenza di elementi di **dispersione del suono** attenua queste limitazioni.

UNI EN 12354-6: Appendice D: situazioni particolari



Note 1 The scattering coefficient takes into account irregularities in the plane surfaces. For hard plane surfaces a typical value will be 0,05 or less, but for walls with recesses as found in a facade the value at mid and higher frequencies can take typical values of 0,4 to 0,6.

The relative mode number as given by equation D.2 indicates the contribution of each sound field:

$$N_x = 0,14 + 1,43 \left[\frac{(B+H)}{2c_0} + \frac{\pi f}{c_0^2} BH \right] \frac{c_0^3}{4\pi f^2 V}$$

$$N_y = 0,14 + 1,43 \left[\frac{(L+H)}{2c_0} + \frac{\pi f}{c_0^2} LH \right] \frac{c_0^3}{4\pi f^2 V} \quad (D.2)$$

$$N_z = 0,14 + 1,43 \left[\frac{(L+B)}{2c_0} + \frac{\pi f}{c_0^2} LB \right] \frac{c_0^3}{4\pi f^2 V}$$

The equivalent sound absorption area for the grazing sound fields A_x , A_y and A_z and the equivalent sound absorption area A_d for the diffuse field due to the room surfaces and air absorption may be determined from equations D.3a-d:

$$A_x = \frac{c_0^2}{2f^2 L^2} (A_{x=0} + A_{x=L}) (f/f_{ref})^{1/3} + [A_{y=0} + A_{y=B} + A_{z=0} + A_{z=H}] \sqrt{2} (f/f_{ref})^{1/3} + \pi m V \quad (D.3a)$$

$$A_y = \frac{c_0^2}{2f^2 B^2} (A_{y=0} + A_{y=B}) (f/f_{ref})^{1/3} + [A_{x=0} + A_{x=L} + A_{z=0} + A_{z=H}] \sqrt{2} (f/f_{ref})^{1/3} + \pi m V \quad (D.3b)$$

$$A_z = \frac{c_0^2}{2f^2 H^2} (A_{z=0} + A_{z=H}) (f/f_{ref})^{1/3} + [A_{x=0} + A_{x=L} + A_{y=0} + A_{y=B}] \sqrt{2} (f/f_{ref})^{1/3} + \pi m V \quad (D.3c)$$

$$A_d = (A_{x=0} + A_{x=L} + A_{y=0} + A_{y=B} + A_{z=0} + A_{z=H}) + 4mV \quad (D.3d)$$

where:

$A_{x=0}$, $A_{x=L}$ is the equivalent sound absorption area of surface $x=0$ and $x=L$

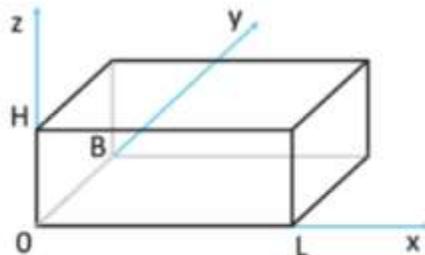


Fonte:
UNI EN 12354-6

Ing. Matteo Borghi

UNI EN 12354-6: Appendice D: situazioni particolari

Dati geometrici



L m
 B m
 H m

Distribuzione di superfici e oggetti

	Area/Nr	Superficie associata
Coperture rigide per pavimenti (per esempio, PVC, parquet) su pavimenti pesanti	20	$z=0$
Pannelli in lana di legno di abete e cemento portland sp. 50 mm + interc. ≥ 50 mm + lana min. ≥ 40 mm	20	$z=H$
Pannello in lana minerale, spessore 20 mm, con finitura microporosa, ribassato di 200 mm dal solaio, con assorbitore per basse frequenze spessore 100 mm sul retro	10	$x=L$
Calcestruzzo, mattoni intonacati	5	$x=0$
Calcestruzzo, mattoni intonacati	5	$x=L$
Calcestruzzo, mattoni intonacati	10	$y=0$
Calcestruzzo, mattoni intonacati	10	$y=B$

Coefficienti di dispersione delle superfici



	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	
$\delta_{x=0}$	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	Salva
$\delta_{x=L}$	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	Salva
$\delta_{y=0}$	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	Salva
$\delta_{y=B}$	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	Salva
$\delta_{z=0}$	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	Salva
$\delta_{z=H}$	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	Salva

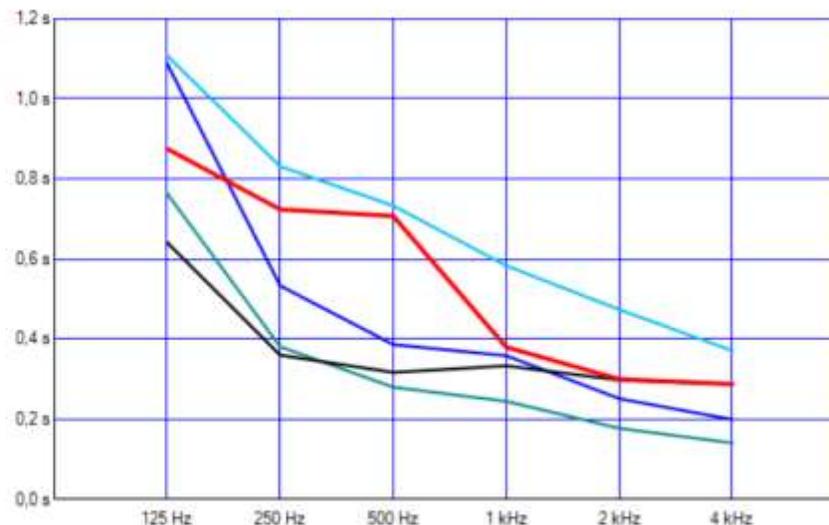
Apri da archivio

Risultati



Frequenza di transizione Hz

Visualizzazione grafica Visualizzazione tabellare Confronto grafico Confronto tabellare



— T_x — T_y — T_z — T_d — $T_{estimate}$

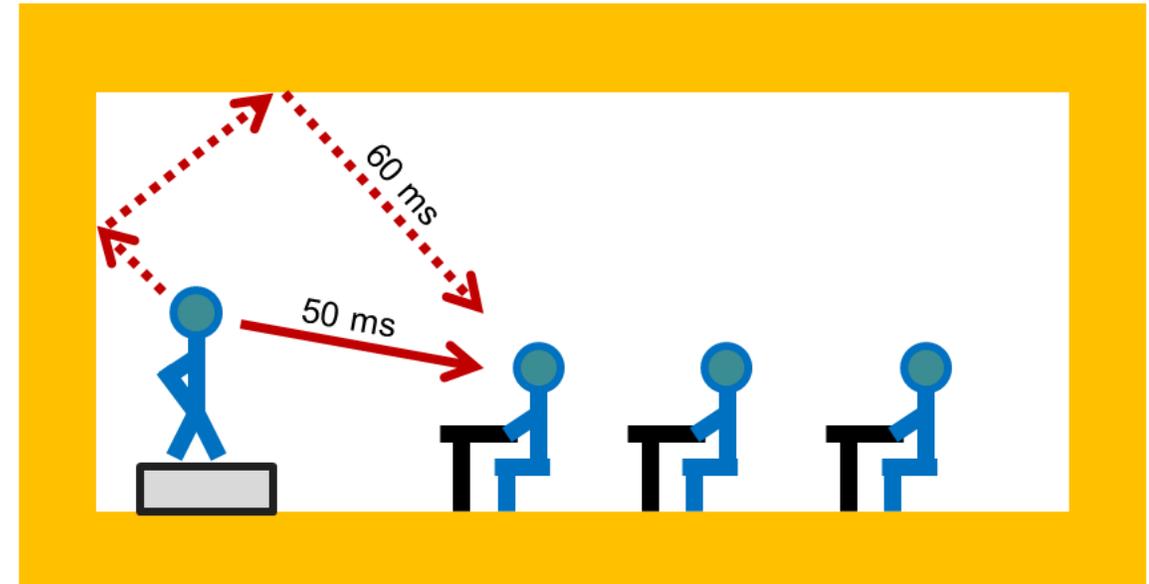
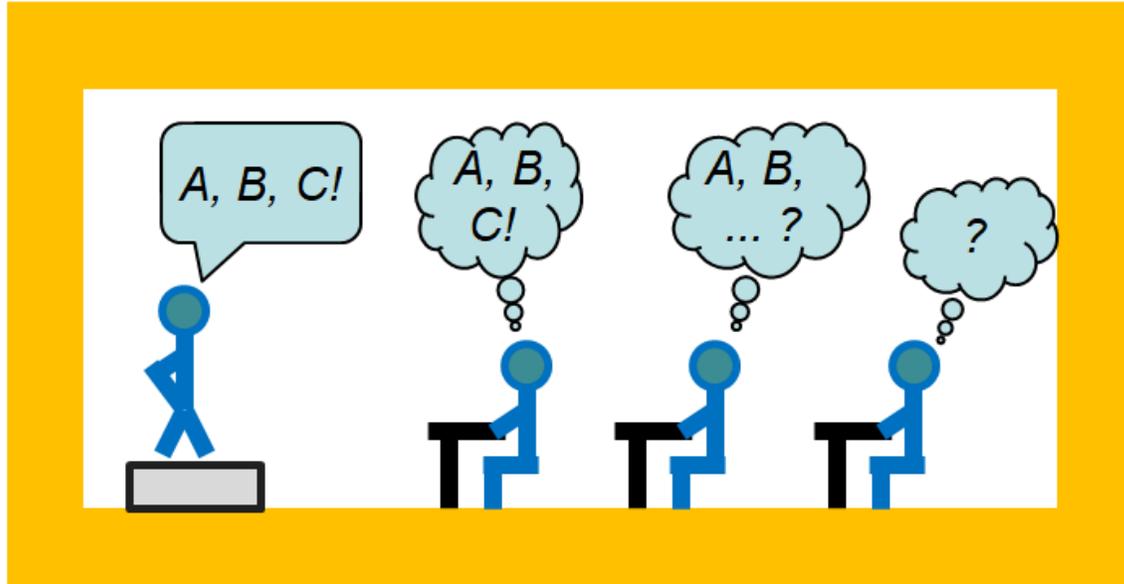
sviluppato da **TEP** 2022 RINNOVA

echo 8

Requisiti acustici passivi, classificazione acustica e caratteristiche interne di ambienti confinati.

INIZIA

Calcoli previsionali – STI e C_{50} – UNI 11532-1



Calcoli previsionali
UNI 11532-1 (Appendice A)



Calcoli previsionali – STI e C₅₀ – UNI 11532-1

Caratteristiche dell'ambiente | Valori di riferimento | Tempo di riverberazione | **STI** | Distribuzione irregolare dell'assorbimento | Tempo di riverberazione misurato

Dati in ingresso

Tempo di riverberazione

Inserisci T calcolato

	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
T [s]	0,70	0,60	0,55	0,50	0,52	0,45	0,40

Metodo di calcolo

- Campo riverberato diffuso con contributo del suono diretto trascurabile
 Campo riverberato diffuso e contributo del suono diretto

Distanza tra parlatore e ascoltatore m

Parlatore

- Maschio Femmina

Sforzo vocale

Livello di pressione sonora a 1 m dBA

Direttività della sorgente

	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
Q	1,6	1,6	1,6	1,6	2,0	2,0	2,0
ID	2	2	2	2	3	3	3

Livello del rumore di fondo

	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
Ln [dB]	28	25	27	26	28	27	25

Chiarezza

	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
C50	2,3	3,4	4,1	4,9	4,6	5,8	6,8

C50 medio

C50 minimo

ambiente arredato con due persone al massimo

Distanza critica

	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
r _c [m]	0,83	0,89	0,93	0,98	0,96	1,03	1,10
5r _c [m]	4,14	4,47	4,67	4,90	4,80	5,16	5,48

Livello del parlato

	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
Ls, 1m [dB]	62,9	62,9	59,2	53,2	47,2	41,2	35,2
Lsr [dB]	62,5	61,9	57,8	51,4	44,5	37,9	31,4
Lsd [dB]	42,9	42,9	39,2	33,2	27,2	21,2	15,2

Vedi dettagli

Indice di trasferimento della modulazione

	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
MTI	0,64	0,70	0,72	0,73	0,68	0,62	0,51

Indice di trasmissione del parlato

STI

STI minimo

Qualità del parlato in accordo con CEI EN60268-16

ambiente arredato con due persone al massimo



Altri parametri: $D_{A,S}$, $D_{2,S}$, $L_{p,A,S,4m}$...

ISO 23351: Measurement of speech level reduction of furniture ensembles and enclosures

ISO 23351-1:2020

Part 1: Laboratory method

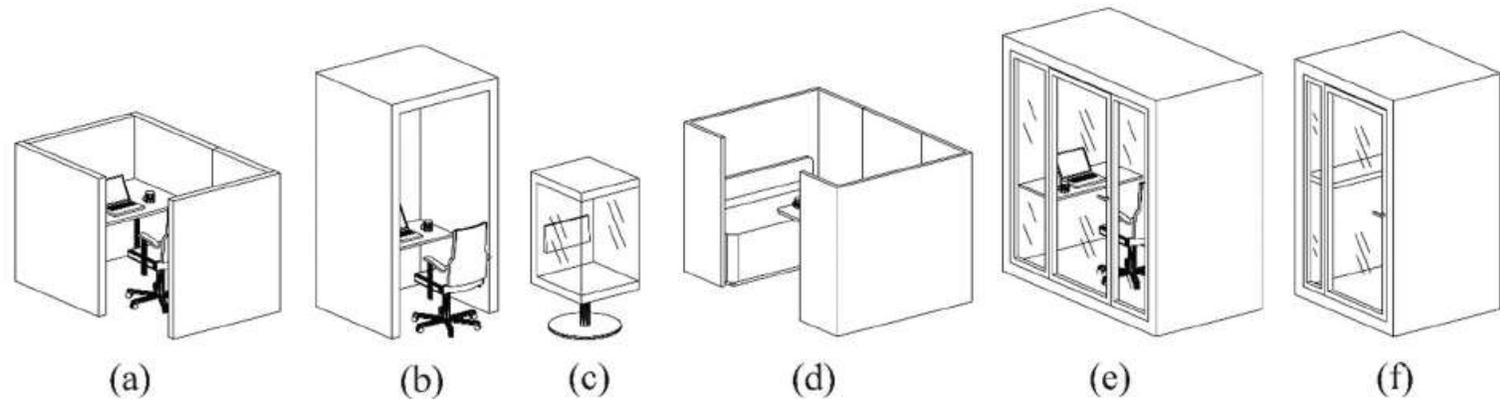
[LINK](#)

ISO/AWI 23351-2

Part 2: Field method

Status : Under development

[LINK](#)



MISURE
IN OPERA



Misure in opera – Tempo di riverberazione

UNI EN ISO 3382 Parte 1: Sale da spettacolo Posizioni sorgente/microfono

Sorgente:

- In corrispondenza delle sorgenti naturali dell'ambiente
- Utilizzare almeno 2 posizioni sorgente
- Altezza 1,5 m dal pavimento

Microfoni:

- In posizioni occupate dagli ascoltatori (campionare intero spazio)
- Non troppo vicino alla sorgente
- Altezza dal pavimento 1,2m (ascoltatori medi su sedie tipiche)

Misure in opera – Tempo di riverberazione

UNI EN ISO 3382 Parte 1: **Sale da spettacolo**

Espressione dei risultati

Media spaziale

Media aritmetica dei risultati di ogni postazione di misura

T_{mid}

Media nelle bande di terzo d'ottava **da 400 Hz a 1250 Hz**

Misure in opera – Tempo di riverberazione

UNI EN ISO 3382 Parte 2: Ambienti ordinari **Posizioni sorgente/microfono**

Sorgente:

- In corrispondenza delle sorgenti nell'ambiente (se non ci sono almeno una posizione in un angolo)
- Utilizzare almeno 2 posizioni sorgente
- Altezza 1,5 m dal pavimento

Microfoni:

- Distanza da superfici riflettenti (campionare intero spazio)
- Non troppo vicino alla sorgente
- Altezza dal pavimento 1,2m (ascoltatori medi su sedie tipiche)

Media spaziale

Media aritmetica dei risultati di ogni postazione di misura

Misure in opera – Tempo di riverberazione

UNI EN ISO 3382 Parte 2: Ambienti ordinari

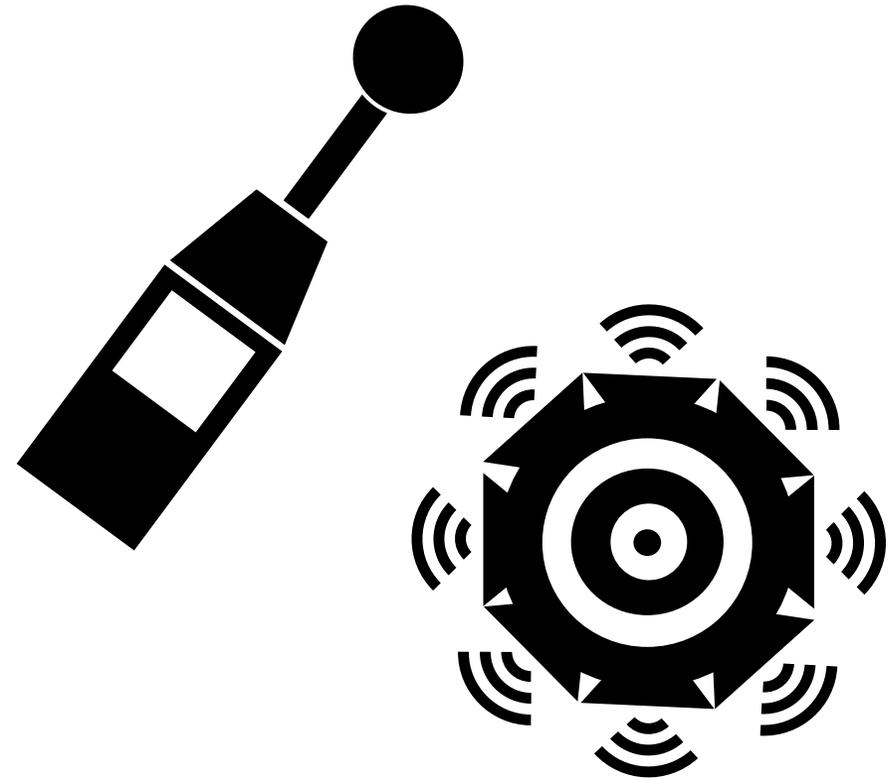
Numero minimo posizioni sorgente/microfono

	Metodo		
	Controllo	Ingegneristico	Precisione
Combinazione sorgente/microfono	2	6	12
Posizioni sorgente	≥ 1	≥ 2	≥ 2
Postazioni microfoniche	≥ 2	≥ 2	≥ 3
N° decadimenti in ogni posizione (rumore interrotto)	1	2	3

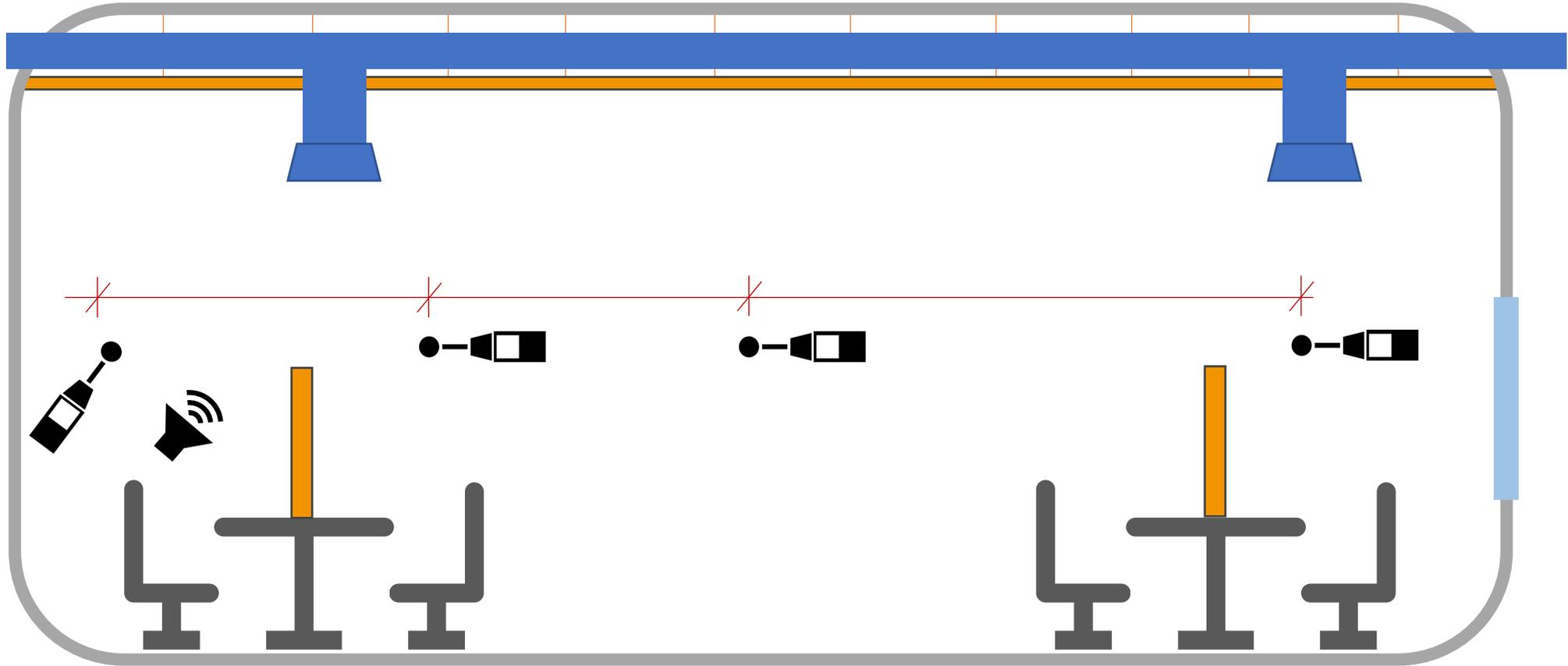
UNI EN ISO 3382-3:2022 – Misurazione dei parametri acustici degli ambienti – Parte 3: Open plan

UNI EN ISO 3382

- Parte 1: Sale da spettacolo
- Parte 2: Ambienti ordinari
- Parte 3: Open plan



UNI EN ISO 3382-3:2022 - Open plan

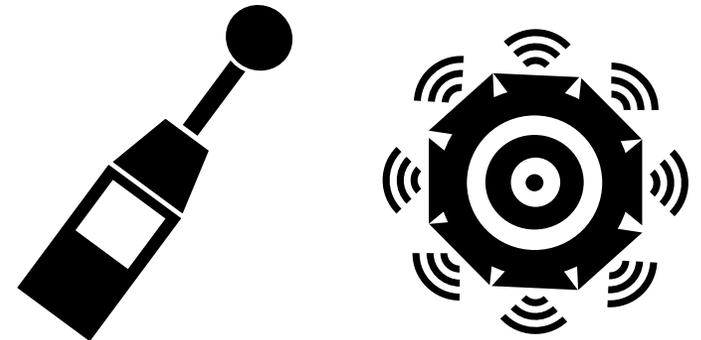


UNI EN ISO 3382-3:2022 - Open plan

Parametri presi in considerazione:

Tasso di decadimento spaziale del discorso ($D_{2,s}$): tasso di decadimento spaziale del livello di pressione sonora del parlato ponderato A per raddoppio della distanza

Livello di pressione sonora del parlato ponderato A a una distanza di 4 m ($L_{p,A,S,4m}$): Livello nominale di pressione sonora ponderato A del parlato normale a una distanza di 4 m dalla sorgente sonora.



UNI EN ISO 3382-3:2022 - Open plan

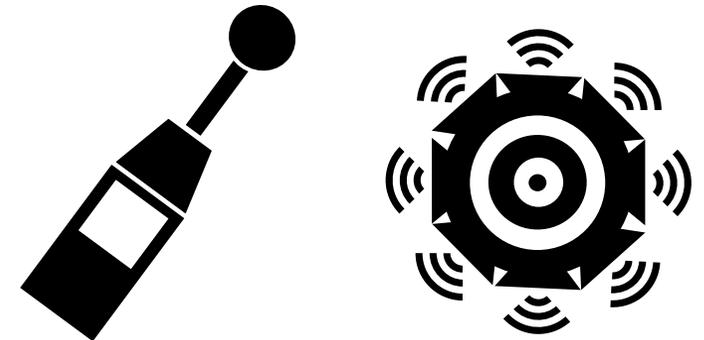
Parametri presi in considerazione:

Distanza di comfort (r_c): distanza più breve dal punto centrale della sorgente omnidirezionale in cui il livello di pressione sonora ponderato A del parlato è inferiore a 45 dB (Nota: si ipotizza background noise=45 dBA)

Distanza di distrazione (r_D): distanza più breve dal punto centrale della sorgente omnidirezionale dove STI è inferiore a 0,50 (Nota: La distrazione può essere ridotta riducendo STI)

Livello del rumore di fondo ($L_{p,B}$): livello di pressione sonora non ponderato del rumore di fondo in decibel alle stazioni di lavoro, durante le ore di lavoro quando gli occupanti sono assenti.

NB: La norma non cita il tempo di riverberazione (T)



UNI EN ISO 3382-3:2022 - Open plan

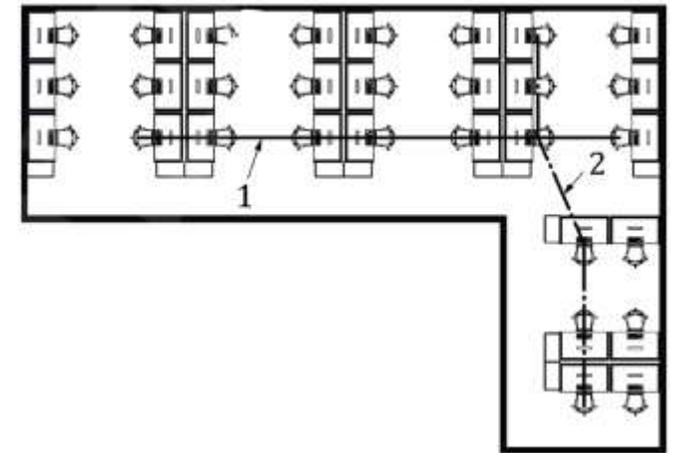
Misure in ambienti arredati, non occupati, impianti attivi

Posizioni sorgente/microfono:

- Lungo una linea che attraversa le postazioni di lavoro, all'altezza della testa delle persone. Almeno 2 percorsi per ogni zona acustica
- Posizionare OSS nella postazione di lavoro alla fine del percorso ($h=1,2\text{m}$ dal pavimento)
- Effettuare misure su almeno 4 postazioni di lavoro
- Posizione di riferimento a 1 m da OSS

In ogni posizione determinare:

- Distanza da OSS (r)
- SPL della OSS ($L_{p,OSS}$) da 125Hz a 8000Hz per almeno 15 s
- SPL rumore di fondo ($L_{p,B}$)
- STI

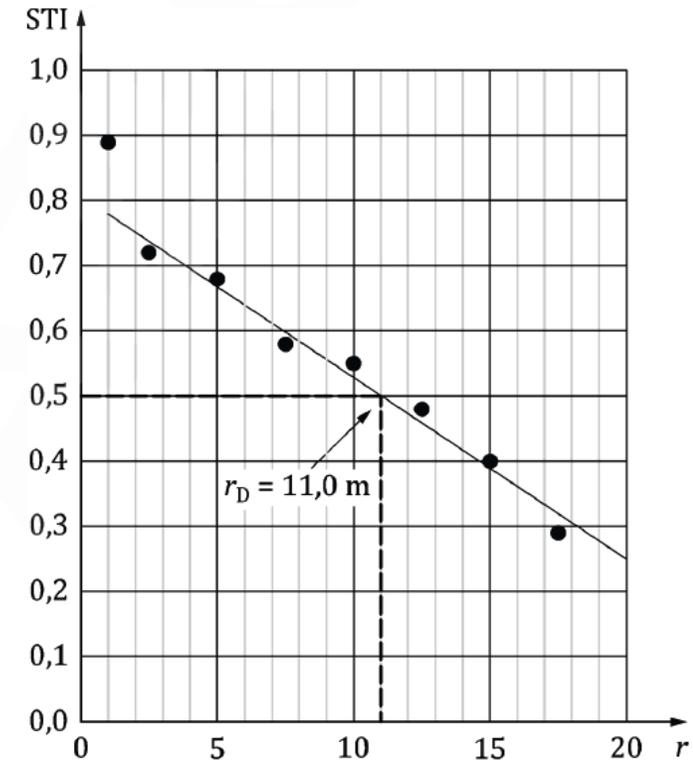
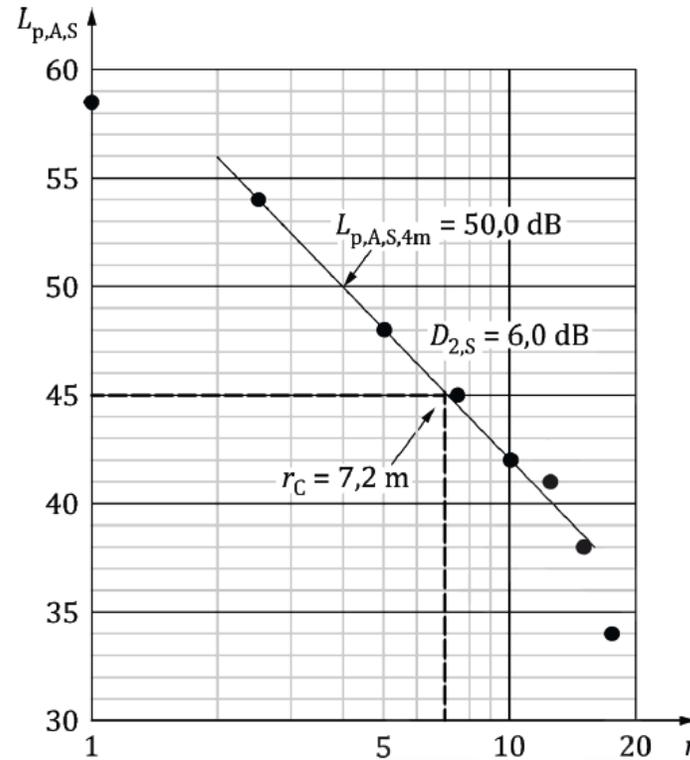


Fonte: ISO 3382-3

UNI EN ISO 3382-3:2022 - Open plan

Rappresentare:

- D_2 ,
- $L_{p,A,S,4m}$
- Distanza di comfort (r_C)
- Distanza di distrazione (r_D)



Fonte: ISO 3382-3

UNI EN ISO 3382-3:2022 – Open plan

- Appendice A: Considerazioni su distanza distrazione (STI)
- Appendice B: Metodi alternativi calcolo decadimento spaziale
- **Appendice C: Esempi di valori tipici indici valutazione**
- Appendice D: Precisione

Cattive condizioni acustiche	Buone condizioni acustiche
<ul style="list-style-type: none">• $r_D > 11 \text{ m}$• $r_C > 11 \text{ m}$• $D_{2,s} < 5 \text{ dB}$• $L_{p,A,S,4m} > 52 \text{ dB}$• $L_{p,A,B} < 35 \text{ dB}$ o $L_{p,A,B} > 48 \text{ dB}$	<ul style="list-style-type: none">• $r_D < 5 \text{ m}$• $r_C < 5 \text{ m}$• $D_{2,s} > 8 \text{ dB}$• $L_{p,A,S,4m} < 48 \text{ dB}$• $40 \text{ dB} < L_{p,A,B} < 45 \text{ dB}$

**RICHIESTA DEL
COMMITTENTE**



**PROGETTO
ACUSTICO**



**CONTROLLI IN
CANTIERE**



**MISURE
IN OPERA**





ASSOCIAZIONE NAZIONALE
PER L'ISOLAMENTO TERMICO E ACUSTICO

Grazie per l'attenzione