



## BANDO PNRR ASILI NIDO 0 - 2 ANNI MISSIONE 4 - COMPONENTE 1 - INVESTIMENTO 1.1 AMPLIAMENTO PER REALIZZAZIONE ASILO 0-2

## COMUNE DI SANTA LUCIA DI PIAVE AMPLIAMENTO DELLA SCUOLA PER L'INFANZIA "V. DA FELTRE" REALIZZAZIONE ASILO 0-2 ANNI



### PROGETTO ESECUTIVO

ELAB.	RELAZIONE SPECIALISTICA ACUSTICA	Rev. 00
7		Settembre 2024

PROGETTISTA:  
Dott. Arch. Stefano Meneghini



COLLABORATORE:  
Dott. in Arch. Edoardo Valvasori



**CONSYLIO s.r.l. - Società di Ingegneria**  
Piazzetta Cesira Gasparotto, 6 - 35131 Padova (PD) - Tel/ Fax 049 8072072  
www.consylio.eu - info@consylio.eu

Società Certificata:

UNI EN ISO 9001:2015 - DASA IQ-0117-05  
UNI EN ISO 14001:2015 - DASA IE-0824-01  
UNI EN ISO 45001:2023 - DASA IS-0824-01  
UNI/PdR 125:2022 - DASA IPDR-1023-06  
UNI CEI 11339:2023 - ICMQ 24-01296



Committente:

Comune di Santa Lucia di Piave

## VALUTAZIONE PREVISIONALE DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI

Ampliamento della scuola per l'infanzia  
"V. da Feltre" sita a Santa Lucia di Piave (TV)

ID COMMESSA: 02549

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	29/09/2024	EMISSIONE	ING. N. GRANZOTTO	ING. C. RINALDI	ING. C. RINALDI

Elaborato:

RAP01

Descrizione:

RELAZIONE TECNICA

SCALE

-

DATA

29/09/2024

Tecnico:

Ing. Cristian Rinaldi

Ing. Nicola Granzotto

Tecnico Competente in Acustica Ambientale n. **907**, iscritto all'Elenco Nazionale dei Tecnici Competenti in Acustica ai sensi del D. Lgs. n. 42 del 17/02/2017.

Tecnico Competente in Acustica Ambientale n. **778**, iscritto all'Elenco Nazionale dei Tecnici Competenti in Acustica ai sensi del D. Lgs. n. 42 del 17/02/2017.

PROGETTO DECIBEL SRL - Società di Ingegneria  
www.progettodecibel.it  
Tel./Fax: 049 78 01 627  
Partita IVA e Codice Fiscale: 03576940237

Uffici & Sala Corsi:  
Via Uruguay, 53/C  
35127  
Padova (PD)

## INDICE

1	PREMESSA.....	1
2	ASPETTI GENERALI .....	2
2.1	RIFLESSIONE, TRASMISSIONE E ASSORBIMENTO IN ASSENZA DI TRASMISSIONI LATERALI (CONDIZIONI DI LABORATORIO).....	2
2.2	DEFINIZIONE DEI PERCORSI DI TRASMISSIONE SONORA IJ (CONDIZIONE IN OPERA) .....	3
3	DEFINIZIONE DELLE GRANDEZZE .....	4
3.1	POTERE FONOIOLANTE, $R$ .....	4
3.2	INDICE DI VALUTAZIONE DEL POTERE FONOIOLANTE, $R_w$ .....	4
3.3	POTERE FONOIOLANTE APPARENTE, $R'$ .....	4
3.4	INDICE DI VALUTAZIONE DEL POTERE FONOIOLANTE APPARENTE, $R'_w$ .....	5
3.5	LIVELLO DI PRESSIONE SONORA DI CALPESTIO NORMALIZZATO RISPETTO ALL'ASSORBIMENTO ACUSTICO, $L_N$ .....	5
3.6	INDICE DI VALUTAZIONE DEL LIVELLO DI PRESSIONE SONORA DI CALPESTIO NORMALIZZATO RISPETTO ALL'ASSORBIMENTO ACUSTICO, $L_{N,w}$ .....	5
3.7	LIVELLO DI PRESSIONE SONORA DI CALPESTIO NORMALIZZATO RISPETTO ALL'ASSORBIMENTO ACUSTICO, $L'_N$ .....	5
3.8	INDICE DI VALUTAZIONE DEL LIVELLO DI PRESSIONE SONORA DI CALPESTIO NORMALIZZATO RISPETTO ALL'ASSORBIMENTO ACUSTICO, $L'_{N,w}$ .....	6
3.9	ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA NORMALIZZATO RISPETTO AL TEMPO DI RIVERBERAZIONE, $D_{2M,NT}$ .....	6
3.10	INDICE DI VALUTAZIONE DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO PER VIA AEREA DEGLI ELEMENTI DI FACCIATA E DELLE FACCIATE NORMALIZZATO RISPETTO AL TEMPO DI RIVERBERAZIONE, $D_{2M,NT,w}$ .....	7
3.11	DIFFERENZA DEL LIVELLO DI PRESSIONE SONORA PER LA FORMA DELLA FACCIATA, $\Delta L_{FS}$ .....	7
3.12	FORMA DELLA FACCIATA.....	8
3.13	LIVELLO DI PRESSIONE SONORA MASSIMO PONDERATO A CON COSTANTE DI TEMPO SLOW DEGLI IMPIANTI A FUNZIONAMENTO DISCONTINUO, $L_{ASMAX}$ .....	9
3.14	LIVELLO DI PRESSIONE SONORA EQUIVALENTE PONDERATO A DEGLI IMPIANTI A FUNZIONAMENTO CONTINUO, $L_{AEQ}$ .....	9
4	LEGISLAZIONE E NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO .....	10
4.1	CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI E LIMITI DI LEGGE.....	11
5	VERIFICA DEI REQUISITI ACUSTICI SECONDO IL DM 23-06-2022.....	12
6	METODO DI CALCOLO: UNI EN ISO 12354 E UNI 11175-1 .....	14
6.1	NORMA UNI EN ISO 12354-1: VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI ACUSTICHE DI EDIFICI A PARTIRE DALLE PRESTAZIONI DI PRODOTTI. ISOLAMENTO DAL RUMORE PER VIA AEREA TRA AMBIENTI. ....	14
6.2	NORMA UNI EN ISO 12354-2: VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI ACUSTICHE DI EDIFICI A PARTIRE DALLE PRESTAZIONI DI PRODOTTI. ISOLAMENTO ACUSTICO AL CALPESTIO TRA AMBIENTI. ....	18
6.3	NORMA UNI EN ISO 12354-3: VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI ACUSTICHE DI EDIFICI A PARTIRE DALLE PRESTAZIONI DI PRODOTTI. ISOLAMENTO ACUSTICO CONTRO IL RUMORE PROVENIENTE DALL'ESTERNO PER VIA AEREA.....	21
7	SOFTWARE UTILIZZATI.....	23
8	DEFINIZIONE DEL PROGETTO .....	24
9	ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA.....	25
9.1	STRATIGRAFIE DI PROGETTO .....	25

---

9.2	ISOLAMENTO DI FACCIATA: AREA GIOCHI 2 .....	27
9.3	ISOLAMENTO DI FACCIATA: DORMITORIO 3 .....	28
9.4	ISOLAMENTO DI FACCIATA: AREA GIOCHI 11 .....	29
9.5	ISOLAMENTO DI FACCIATA: UFFICIO DIREZIONE .....	30
10	ISOLAMENTO ACUSTICO DI PARTIZIONE DIVISORIA INTERNA.....	31
10.1	PARETE DIVISORIA TRA AMBIENTI RIPOSO .....	32
11	ISOLAMENTO ACUSTICO DI PARTIZIONE DIVISORIA INTERNA CONFINANTE CON SPAZIO DISTRIBUTIVO .....	35
11.1	AMBIENTE AREA GIOCHI 2 .....	36
11.2	AMBIENTE AREA GIOCHI 3 .....	37
11.3	AMBIENTE DIREZIONE .....	38
12	RUMORE DEGLI IMPIANTI SECONDO DPCM 5.12.1997: RACCOMANDAZIONI PER LA POSA IN OPERA ..	39
13	STIMA DEL TEMPO DI RIVERBERAZIONE .....	41
13.1	TEMPO DI RIVERBERAZIONE AREA GIOCHI 11 .....	42
13.1	TEMPO DI RIVERBERAZIONE UFFICIO DIREZIONE .....	46
14	CONCLUSIONI .....	50

---

## 1 PREMESSA

**Il presente studio acustico ha come scopo la valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi delle strutture edilizie che caratterizzano il progetto per l'ampliamento della scuola per l'infanzia "V. da Feltre" sita a Santa Lucia di Piave (TV).**

I progetti relativi a nuove costruzioni devono essere corredati dal progetto acustico redatto da un Tecnico Competente in Acustica Ambientale, nel rispetto dei requisiti stabiliti dal Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 5 dicembre 1997. Con tale decreto, in attuazione dell'art. 3 della Legge Quadro sull'inquinamento acustico del 26 ottobre 1995 n. 447, sono stati determinati i requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti in opera al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore.

Il decreto inoltre fissa il riferimento per i limiti relativi al tempo di riverberazione rimandando alla Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n.3150 del 22/05/1967 recante i criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici degli edifici scolastici

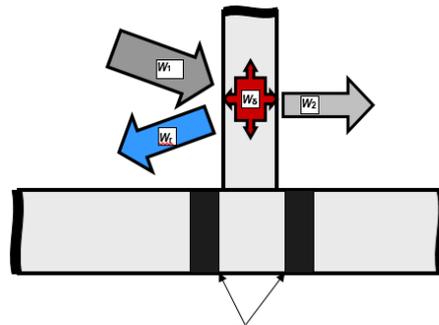
Le prestazioni di isolamento acustico dei singoli componenti edilizi vengono in genere descritte mediante l'indice di valutazione del potere fonoisolante, l'indice di valutazione dell'isolamento di facciata e l'indice di valutazione dell'isolamento dai rumori di calpestio per i solai.

Il Decreto relativo alla "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici", fa parte del corpus dei Decreti attuativi della Legge Quadro sull'inquinamento acustico n. 447, rivolto alla protezione della popolazione esposta alle varie forme che assume questo tipo di inquinamento, tutelandone le condizioni sia in termini di sicurezza della salute, sia in termini di mantenimento della qualità della vita.

## 2 ASPETTI GENERALI

### 2.1 Riflessione, trasmissione e assorbimento in assenza di trasmissioni laterali (condizioni di laboratorio)

In laboratorio l'unico percorso di trasmissione presente è quello diretto Dd (Diretto-diretto): potenza entrante nella partizione di separazione  $W_1$  (lato disturbante) ed uscente dalla stessa (lato disturbato)  $W_2$ . Per ottenere questo sono previste pareti spesse in cemento armato e giunti di separazione flessibili che separano completamente i due ambienti di prova.



Giunti di separazione orizzontali e verticali per svincolare completamente i due ambienti del laboratorio.

Schema di trasmissione sonora in laboratorio

#### ▪ Coefficiente di riflessione

Rapporto tra la potenza riflessa da una partizione e la potenza incidente:

$$r = \frac{W_r}{W_1}$$

#### ▪ Coefficiente di dissipazione

Rapporto tra la potenza dissipata in calore da una partizione e la potenza incidente:

$$\delta = \frac{W_\delta}{W_1}$$

#### ▪ Coefficiente di trasmissione

Rapporto tra la potenza trasmessa da una partizione e la potenza incidente:

$$\tau = \frac{W_2}{W_1}$$

#### ▪ Coefficiente di assorbimento acustico apparente

Rapporto tra la potenza non riflessa da una partizione e la potenza incidente:

$$\alpha = \frac{W_1 - W_r}{W_1} = \frac{W_\delta + W_2}{W_1}$$

## 2.2 Definizione dei percorsi di trasmissione sonora ij (condizione in opera)

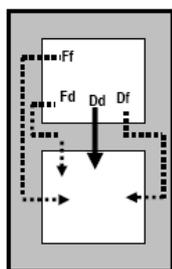
### ▪ Percorsi di trasmissione

Percorso “ $Dd$ ” (Diretto-diretto): trasmissione entrante nella partizione di separazione (lato disturbante) ed uscente dalla stessa (lato disturbato).

In opera oltre al percorso “ $Dd$ ”, presente anche in laboratorio, si hanno i seguenti percorsi di fiancheggiamento attraverso le partizioni laterali che portano ad un abbassamento delle prestazioni acustiche:

- Percorso “ $Df$ ” (Diretto-fiancheggiamento): trasmissione entrante nella partizione di separazione (lato disturbante) ed uscente dalla partizione laterale corrispondente allo stesso giunto (lato disturbato).
- Percorso “ $Fd$ ” (Fiancheggiamento-diretto): trasmissione entrante da una partizione laterale (lato disturbante) ed uscente dalla partizione di separazione (lato disturbato).
- Percorso “ $Ff$ ” (Fiancheggiamento-fiancheggiamento): trasmissione entrante da una partizione laterale (lato disturbante) ed uscente dalla partizione laterale corrispondente allo stesso giunto (lato disturbato).

### ▪ Percorsi di trasmissione del rumore aereo tra ambienti sovrapposti

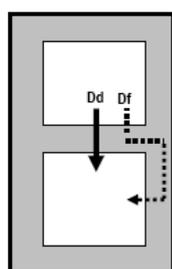


Numero di percorsi di trasmissione:

- un percorso diretto “ $Dd$ ”
- tre percorsi di fiancheggiamento “ $Df$ ”, “ $Fd$ ” e “ $Ff$ ” per ognuno dei quattro giunti.

Totale: 13 percorsi di trasmissione.

### ▪ Percorsi di trasmissione del rumore di calpestio tra ambienti sovrapposti:

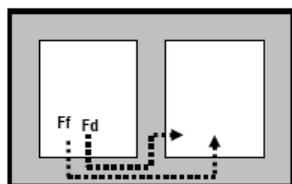


Numero percorsi di trasmissione:

- un percorso diretto “ $Dd$ ”
- un percorso di fiancheggiamento “ $Df$ ” per ognuno dei quattro giunti.

Totale: 5 percorsi di trasmissione.

### ▪ Percorsi di trasmissione del rumore di calpestio tra ambienti affiancati:



Numero percorsi di trasmissione:

- un percorso diretto “ $Fd$ ”
- un percorso di fiancheggiamento “ $Ff$ ” per il solo pavimento.

Totale: 2 percorsi di trasmissione.

---

### 3 DEFINIZIONE DELLE GRANDEZZE

#### 3.1 Potere fonoisolante, R

Dieci volte il logaritmo in base dieci del rapporto tra la potenza sonora incidente su un campione di prova,  $W_1$ , e la potenza sonora trasmessa attraverso il campione,  $W_2$ :

$$R = 10 \lg \left( \frac{W_1}{W_2} \right) = 10 \lg \left( \frac{1}{\tau} \right) \quad [\text{dB}]$$

R si determina sperimentalmente da misurazioni in laboratorio secondo la relazione:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \lg \left( \frac{S}{A} \right) \quad [\text{dB}]$$

Dove:

$L_1$  è il livello medio di pressione sonora nell'ambiente emittente [dB];

$L_2$  è il livello medio di pressione sonora nell'ambiente ricevente [dB];

A è l'area di assorbimento equivalente nell'ambiente ricevente [ $\text{m}^2$ ];

S è la superficie dell'elemento di separazione [ $\text{m}^2$ ].

#### 3.2 Indice di valutazione del potere fonoisolante, $R_w$

Valore in decibel della curva di riferimento a 500 Hz dopo traslazione secondo la UNI EN ISO 717-1 riferito a valori d'ottava o di terzi d'ottava del potere fonoisolante, R.

La curva di riferimento deve essere traslata a passi di un decibel quindi il valore corrispondente risulta essere sempre un numero intero.

#### 3.3 Potere fonoisolante apparente, $R'$

Dieci volte il logaritmo in base dieci del rapporto tra la potenza sonora  $W_1$  incidente su una partizione sottoposta a prova e la potenza sonora totale trasmessa nell'ambiente ricevente se, in aggiunta alla potenza sonora  $W_2$  trasmessa attraverso il provino, la potenza sonora  $W_3$  trasmessa dagli elementi laterali o da altri componenti è significativa:

$$R' = 10 \lg \left( \frac{W_1}{W_2 + W_3} \right) \quad [\text{dB}]$$

$R'$  si determina sperimentalmente da misurazioni in opera secondo la relazione:

$R' = L_1 - L_2 + 10 \lg \left( \frac{S}{A} \right)$	[dB]
--	------

Il calcolo previsionale di questo parametro può essere eseguito utilizzando la norma UNI EN ISO 12354-1.

### 3.4 Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente, $R'_w$

Valore in decibel della curva di riferimento a 500 Hz dopo traslazione secondo la UNI EN ISO 717-1 riferito a valori d'ottava o di terzi d'ottava del potere fonoisolante apparente,  $R'$ .

La curva di riferimento deve essere traslata a passi di un decibel quindi il valore corrispondente risulta essere sempre un numero intero.

La verifica di questo indice è contemplata nel DPCM 5/12/97.

Il calcolo previsionale di questo parametro può essere eseguito utilizzando le norme UNI EN ISO 12354-1 e UNI/TR 11175.

### 3.5 Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, $L_n$

Livello di pressione sonora di calpestio corrispondente all'area di assorbimento acustico equivalente di riferimento nell'ambiente ricevente.

Si determina sperimentalmente da misurazioni in opera secondo la relazione:

$L_n = L_r + 10 \lg \left( \frac{A}{A_0} \right)$	[dB]
---	------

Dove:

$L_r$  è il livello medio di pressione sonora di calpestio nell'ambiente ricevente [dB].

$A_0$  è l'area di assorbimento equivalente di riferimento, assunta pari a 10 m<sup>2</sup>.

### 3.6 Indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, $L_{n,w}$

Valore in decibel della curva di riferimento a 500 Hz dopo spostamento secondo la UNI EN ISO 717-2 riferito a valori d'ottava o di terzi d'ottava del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico,  $L_n$ .

La curva di riferimento deve essere traslata a passi di un decibel quindi il valore corrispondente risulta essere sempre un numero intero.

### 3.7 Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, $L'_n$

Livello di pressione sonora di calpestio corrispondente all'area di assorbimento acustico equivalente di riferimento nell'ambiente ricevente.

Si determina sperimentalmente da misurazioni in opera secondo la relazione:

$L'_n = L_i + 10 \lg \left( \frac{A}{A_0} \right)$	[dB]
--	------

Il calcolo previsionale di questo parametro può essere eseguito utilizzando la norma UNI EN ISO 12354-2.

### 3.8 Indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, $L'_{n,w}$

Valore in decibel della curva di riferimento a 500 Hz dopo spostamento secondo la UNI EN ISO 717-2 riferito a valori d'ottava o di terzi d'ottava del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico,  $L'_n$ . La curva di riferimento deve essere traslata a passi di un decibel quindi il valore corrispondente risulta essere sempre un numero intero.

La verifica di questo indice è contemplata nel DPCM 5/12/97.

Il calcolo previsionale di questo parametro può essere eseguito utilizzando le norme UNI EN ISO 12354-2 e UNI/TR 11175.

### 3.9 Isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, $D_{2m,nT}$

Differenza fra il livello di pressione sonora all'esterno alla distanza di 2 m dalla facciata ed il livello di pressione sonora nell'ambiente ricevente, corrispondente ad un valore di riferimento del tempo di riverberazione.

Si determina sperimentalmente da misurazioni in opera secondo la relazione:

$D_{2m,nT} = L_{1,2m} - L_2 + 10 \lg \left( \frac{T}{T_0} \right)$	[dB]
--	------

Dove:

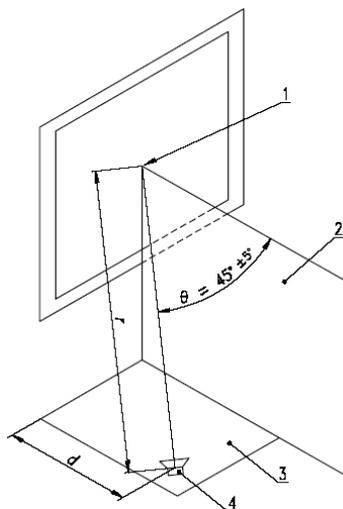
$L_{1,2m}$  è il livello medio di pressione sonora alla distanza di 2 metri dalla facciata [dB].

$L_2$  è il livello medio di pressione sonora nell'ambiente ricevente [dB];

$T$  è il tempo di riverberazione nell'ambiente ricevente [s];

$T_0$  è il tempo di riverberazione di riferimento; per le abitazioni, assunto pari a 0,5 secondi.

La sorgente, sonora posta all'esterno dell'edificio, deve essere inclinata di 45° rispetto al centro della facciata considerata come illustrato nell'esempio seguente:



Disposizione dell'altoparlante a 45° per la misura dell'isolamento acustico di facciata

Il calcolo previsionale di questo parametro può essere eseguito utilizzando le norme UNI EN ISO 12354-1, UNI EN ISO 12354-3 e UNI EN 12758.

### 3.10 Indice di valutazione dell'isolamento acustico per via aerea degli elementi di facciata e delle facciate normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, $D_{2m,nT,w}$

Valore in decibel della curva di riferimento a 500 Hz dopo traslazione secondo la UNI EN ISO 717-1 riferito a valori d'ottava o di terzi d'ottava dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione,  $D_{2m,nT}$ .

La curva di riferimento deve essere tralata a passi di un decibel quindi il valore corrispondente risulta essere sempre un numero intero.

La verifica di questo indice è contemplata nel DPCM 5/12/97.

Il calcolo previsionale di questo parametro può essere eseguito utilizzando le norme UNI EN ISO 12354-1, UNI EN ISO 12354-3, UNI/TR 11175 e UNI EN 12758.

### 3.11 Differenza del livello di pressione sonora per la forma della facciata, $\Delta L_f$

Differenza tra il livello di pressione sonora del rumore incidente,  $L_{1,in}$ , su una facciata sagomata, e il livello di pressione sonora sulla superficie di una facciata piana,  $L_{1,s}$ , più 6 dB. Questa grandezza può essere determinata mediante la seguente formula:

$$\Delta L_{fs} = L_{1,in} - L_{1,s} + 6 \quad [\text{dB}]$$

Dove:

$L_{1,in}$  è il livello medio di pressione sonora a livello del piano della facciata, senza la presenza di tale facciata [dB];

$L_{1,s}$  è il livello medio di pressione sonora sulla superficie esterna del piano reale della facciata [dB].

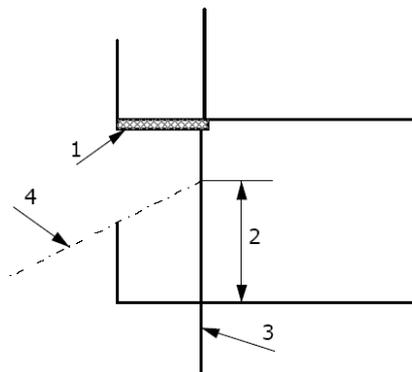
### 3.12 Forma della facciata

La forma della facciata influenza l'isolamento in quanto eventuali balconi o tettoie possono far aumentare (per effetto schermante) o diminuire (con riflessioni) le prestazioni. Le forme presenti nella norma sono schematizzate nella figura seguente:

$\Delta L_{fs}$	1 facciata piana	2 ballatoio	3 ballatoio	4 ballatoio	5 ballatoio
dB					
Assorbimento del tetto ( $\alpha_w$ ) =	Non applicabile	$\leq 0,3$ 0,6 $\geq 0,9$			
Orizzonte visivo sulla facciata <1,5 m	0	-1 -1 0	-1 -1 0	0 0 1	Non applicabile
(1,5 – 2,5) m	0	Non applicabile			3
>2,5 m	0	Non applicabile			3 3 4 6
	6 balcone	7 balcone	8 balcone	9 terrazza	
Assorbimento del tetto ( $\alpha_w$ ) =	$\leq 0,3$ 0,6 $\geq 0,9$				
Orizzonte visivo sulla facciata <1,5 m	-1 -1 0	0 0 1	1 1 2	1 1 1	3 3 3
(1,5 – 2,5) m	-1 1 3	0 2 4	1 1 2	3 4 5	5 6 7
>2,5 m	1 2 3	2 3 4	1 1 2	4 4 5	6 6 7

Tipologie di facciate secondo la UNI EN ISO 12354-3

- Legenda
- 1 Assorbimento
  - 2 Altezza dell'orizzonte visivo
  - 3 Piano della facciata
  - 4 Sorgente sonora



Altezza dell'orizzonte visivo

---

### **3.13 Livello di pressione sonora massimo ponderato A con costante di tempo slow degli impianti a funzionamento discontinuo, $L_{ASmax}$**

Il livello di pressione sonora  $L_{ASmax}$  si ricava come media energetica del livello nell'angolo dell'ambiente più rumoroso e di due livelli in campo diffuso.

Si determina sperimentalmente da misurazioni in opera (UNI EN ISO 16032).

### **3.14 Livello di pressione sonora equivalente ponderato A degli impianti a funzionamento continuo, $L_{Aeq}$**

Il livello di pressione sonora  $L_{Aeq}$  si ricava come media energetica del livello nell'angolo dell'ambiente più rumoroso e di due livelli in campo diffuso.

Si determina sperimentalmente da misurazioni in opera (UNI EN ISO 16032).

---

## 4 LEGISLAZIONE E NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

La legislazione nazionale di riferimento vigente, per la valutazione del rumore negli edifici, è la seguente:

- **LEGGE 26 ottobre 1995, n. 447**, Legge quadro sull'inquinamento acustico (Supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Serie generale n. 254, 30/10/1995).
- **DPCM 5 dicembre 1997**, Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici (Gazzetta ufficiale della Repubblica Italiana, Serie generale n. 297, 22/12/1997).

In materia di gare di appalto per edifici pubblici, vengono introdotti alcuni criteri sul tema del comfort acustico:

- **DM 23 giugno 2022**, Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l'affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l'affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi.

Le normative tecniche di riferimento per la misura dei requisiti acustici passivi degli edifici sono le seguenti:

- **UNI EN ISO 12354-1** Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti – Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti.
- **UNI EN ISO 12354-2** Valutazione delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti – Isolamento acustico al calpestio tra ambienti.
- **UNI EN ISO 12354-3** Valutazione delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti – Isolamento dal rumore contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea.
- **UNI 11175-1** Acustica in edilizia - Linee guida per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici - Parte 1: Applicazione delle norme tecniche alla tipologia costruttiva nazionale.
- **UNI EN ISO 717-1** Acustica - Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Isolamento acustico per via aerea.
- **UNI EN ISO 717-2** Acustica - Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Isolamento del rumore da calpestio.

#### 4.1 Classificazione degli ambienti e limiti di legge

Secondo quanto previsto dal DPCM 5 dicembre 1997 vengono riportati in tabella i valori limite dell'indice di valutazione dei citati parametri, per le differenti categorie di edificio. Nel caso una singola unità immobiliare come una scuola, si fa riferimento al solo isolamento di facciata.

Categorie		Requisiti acustici passivi degli edifici				
		$R_w$	$D_{2m,nT,w}$	$L'_{n,w}$	$L_{ASmax}$ Impianti a funzionamento discontinuo	$L_{Aeq}$ Impianti a funzionamento continuo
1. D	Attività adibite ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili	55	45	58	35	25
2. A, C	Attività adibite a residenza, alberghi, pensioni e assimilabili	50	40	63	35	35
3. E	Attività adibite ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili	50	48	58	35	25
4. B, F, G	Attività adibite ad uffici, attività ricreative o di culto, attività commerciali e assimilabili	50	42	55	35	35

I limiti del **tempo di riverberazione** sono indicati sempre all'interno del DPCM 5 dicembre 1997 che fa riferimento a quelli riportati nella Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n.3150 del 22/05/1967 recante i criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici degli edifici scolastici. Tale circolare dispone, per le aule didattiche, che la media dei tempi di riverberazione misurati alle frequenze di **250-500-1000-2000 Hz non deve superare 1,2 secondi** ad aula arredata, con la presenza di due persone al massimo.

## 5 VERIFICA DEI REQUISITI ACUSTICI SECONDO IL DM 23-06-2022

In materia di appalti per edifici pubblici il **Decreto Ministeriale 23 giugno 2022**, *Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l'affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l'affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi*, introduce alcuni criteri sul tema del comfort acustico.

Questo documento contiene i "Criteri Ambientali Minimi" e alcune indicazioni di carattere generale per gli appalti per nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici e per la gestione dei cantieri.

**Gli ospedali, le case di cura e le scuole** devono soddisfare il livello di "prestazione superiore" riportato nel prospetto A.1 dell'Appendice A della norma UNI11367, che viene riportato di seguito.

**Prospetto A.1 Norma UNI 11367: Requisiti acustici di ospedali, case di cura e scuole**

Descrittore	prestazione di base	prestazione superiore
Isolamento acustico normalizzato di facciata, $D_{2m,nT,w}$ [dB]	38	43
Potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di differenti unità immobiliari, $R'_w$ [dB]	50	56
Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari, $L'_{n,w}$ [dB]	63	53
Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo, $L_{ic}$ in ambienti diversi da quelli di installazione [dB(A)]	32	28
Livello sonoro massimo corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo, $L_{id}$ in ambienti diversi da quelli di installazione [dB(A)]	39	34
Isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, $D_{nT,w}$ [dB]	50	55
Isolamento acustico normalizzato di partizioni i fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare, $D_{nT,w}$ [dB]	45	50
Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, $L'_{n,w}$ [dB]	63	53

Si nota come l'isolamento di facciata previsto nel DPCM 05/12/97 sia più elevato rispetto al valore previsto dai CAM per cui si farà riferimento al valore del Decreto del 1997.

Devono essere altresì rispettati i valori caratterizzati come "prestazione buona" nel prospetto B.1 dell'Appendice B alla norma UNI 11367, che viene riportato di seguito.

**Prospetto B.1 Norma UNI 11367: Requisiti per l'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi**

Livello prestazionale	Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi $D_{nT,w}$ [dB]	
	Ospedali e scuole	Altre destinazioni d'uso
Prestazione ottima	$\geq 34$	$\geq 40$
Prestazione buona	$\geq 30$	$\geq 36$
Prestazione di base	$\geq 27$	$\geq 32$
Prestazione modesta	$\geq 23$	$\geq 28$

**La nota della norma al prospetto B.1. specifica che:**

*"i valori di riferimento indicati nel prospetto B.1. non si applicano nel caso di partizioni dotate di accessi o aperture verso spazi distributivi interni orizzontali e verticali destinati esclusivamente al transito degli utenti di una stessa unità immobiliare (corridoi, anditi, passaggi, ecc.)."*

Per ambienti adibiti a asilo, devono essere rispettati i descrittori acustici della norma UNI 11532-2 ed in particolare il rapporto tra l'area di assorbimento equivalente e il volume dell'ambiente A/V:

$$A/V \geq 1/[1.47+4.69\lg(h)]$$

dove:

A è l'area di assorbimento acustico equivalente  $=0.16V/T$  [m<sup>2</sup>];

V è il volume dell'ambiente [m<sup>3</sup>];

T è il tempo di riverberazione dell'ambiente [s];

h è l'altezza dell'ambiente [m].

Per gli ambienti adibiti ad ufficio si considera la relazione contenuta nella **norma UNI 11367**:

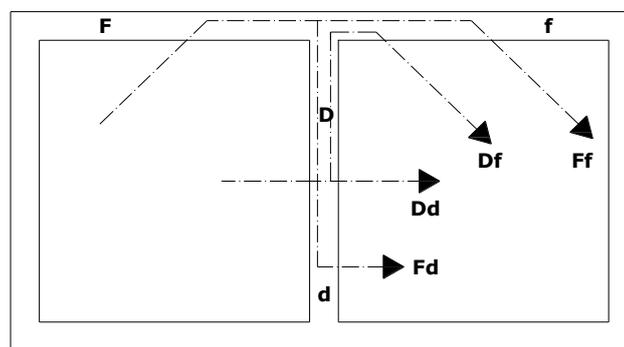
$$T_{ott} = 0.32\lg(V) + 0.03 \text{ (ambienti non occupati)}$$

## 6 METODO DI CALCOLO: UNI EN ISO 12354 e UNI 11175-1

### 6.1 Norma UNI EN ISO 12354-1: valutazione delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti. Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti.

#### Modello in bande di terzi d'ottava per la trasmissione per via strutturale

Il modello di calcolo prevede l'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente a partire dai valori in frequenza del potere fonoisolante degli elementi in esame, ricavando in fine il valore finale dell'indice di valutazione in conformità con la UNI EN ISO 717-1.



Definizione dei percorsi di trasmissione sonora ij tra due ambienti

L'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente dell'elemento di separazione vale:

$$R' = -10 \log \left[ 10^{\frac{-R_{Dd}}{10}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{\frac{-R_{Ff}}{10}} + \sum_{f=1}^n 10^{\frac{-R_{Df}}{10}} + \sum_{F=1}^n 10^{\frac{-R_{Fd}}{10}} \right] \text{ [dB]}$$

Dove:

$R_{Dd}$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante per la trasmissione diretta, in decibel;

$R_{Ff}$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante laterale per il percorso di trasmissione Ff, in decibel;

$R_{Df}$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante laterale per il percorso di trasmissione Df, in decibel;

$R_{Fd}$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante laterale per il percorso di trasmissione Fd, in decibel;

n è il numero di elementi laterali in un ambiente; di solito n=4, ma può essere maggiore o minore a seconda del progetto.

Per ogni percorso di trasmissione, l'indice di valutazione del potere fonoisolante è previsto in base ai dati di ingresso relativi agli elementi ed ai giunti.

L'indice di valutazione del potere fonoisolante per la trasmissione diretta è determinato dal valore di ingresso per l'elemento di separazione secondo l'equazione:

$$R_{Dd} = R_s + \Delta R_{Dd} \text{ [dB]}$$

Dove:

$R_s$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento di separazione, in decibel;

---

$\Delta R_{Dd}$  è l'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante mediante rivestimenti aggiuntivi sul lato emittente e/o ricevente dell'elemento di separazione, in decibel.

I valori del potere fonoisolante laterale sono determinati in base ai valori d'ingresso mediante le equazioni seguenti:

$$R_{Ff} = \frac{R_F + R_f}{2} + \Delta R_{Ff} + K_{Ff} + 10 \log \frac{S_s}{l_0 l_f} \quad [\text{dB}]$$

$$R_{Fd} = \frac{R_F + R_S}{2} + \Delta R_{Fd} + K_{Fd} + 10 \log \frac{S_s}{l_0 l_f} \quad [\text{dB}]$$

$$R_{Df} = \frac{R_S + R_f}{2} + \Delta R_{Df} + K_{Df} + 10 \log \frac{S_s}{l_0 l_f} \quad [\text{dB}]$$

Dove:

$R_F$  l'indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento laterale F nell'ambiente emittente, in decibel;

$R_f$  l'indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento laterale f nell'ambiente ricevente, in decibel;

$\Delta R_{Ff}$  è l'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante mediante rivestimenti aggiuntivi sul lato emittente e/o ricevente dell'elemento laterale, in decibel;

$\Delta R_{Fd}$  è l'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante mediante rivestimenti aggiuntivi sull'elemento laterale lato emittente e/o dell'elemento di separazione al lato ricevente, in decibel;

$\Delta R_{Df}$  è l'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante mediante rivestimenti aggiuntivi sull'elemento di separazione lato emittente e/o sull'elemento laterale al lato ricevente, in decibel;

$K_{Ff}$  è l'indice di riduzione delle vibrazioni per il percorso di trasmissione Ff, in decibel;

$K_{Fd}$  è l'indice di riduzione delle vibrazioni per il percorso di trasmissione Fd, in decibel;

$K_{Df}$  è l'indice di riduzione delle vibrazioni per il percorso di trasmissione Df, in decibel;

$S_s$  è l'area dell'elemento di separazione, in metri quadri;

$l_r$  è la lunghezza di accoppiamento del giunto tra l'elemento di separazione e gli elementi laterali F e t, in metri;

$l_0$  è la lunghezza di riferimento pari ad 1 metro.

### Modello semplificato per la trasmissione per via strutturale

La versione semplificata del modello di calcolo prevede l'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente a partire dall'indice di valutazione del potere fonoisolante degli elementi in esame, in conformità con la UNI EN ISO 717-1.

L'applicazione del modello semplificato è limitata alla trasmissione diretta e laterale con elementi essenzialmente omogenei.

L'influenza dello smorzamento strutturale degli elementi è presa in considerazione in modo mediato.

Ogni elemento laterale dovrebbe essere essenzialmente identico sul lato emittente e sul lato ricevente.

L'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente dell'elemento di separazione vale:

$$R'_w = -10 \log \left[ 10^{\frac{-R_{Dd,w}}{10}} + \sum_{f=1}^n 10^{\frac{-R_{Ff,w}}{10}} + \sum_{f=1}^n 10^{\frac{-R_{Df,w}}{10}} + \sum_{f=1}^n 10^{\frac{-R_{Fd,w}}{10}} \right] \quad [\text{dB}]$$

Dove:

$R_{Dd,w}$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante per la trasmissione diretta, in decibel;

$R_{Ff,w}$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante laterale per il percorso di trasmissione Ff, in decibel;

$R_{Df,w}$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante laterale per il percorso di trasmissione Df, in decibel;

$R_{Fd,w}$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante laterale per il percorso di trasmissione Fd, in decibel;

n è il numero di elementi laterali in un ambiente; di solito  $n=4$ , ma può essere maggiore o minore a seconda del progetto.

Per ogni percorso di trasmissione, l'indice di valutazione del potere fonoisolante è previsto in base ai dati di ingresso relativi agli elementi ed ai giunti.

L'indice di valutazione del potere fonoisolante per la trasmissione diretta è determinato dal valore di ingresso per l'elemento di separazione secondo l'equazione:

$$R_{Dd} = R_s + \Delta R_{Dd} \text{ [dB]}$$

Dove:

$R_{s,w}$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento di separazione, in decibel;

$\Delta R_{Dd,w}$  è l'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante mediante rivestimenti aggiuntivi sul lato emittente e/o ricevente dell'elemento di separazione, in decibel.

Gli indici di valutazione del potere fonoisolante laterale sono determinati in base ai valori d'ingresso mediante l'equazione:

$$R_{Ff} = \frac{R_F + R_f}{2} + \Delta R_{Ff} + K_{Ff} + 10 \log \frac{S_s}{l_0 l_f} \text{ [dB]}$$

$$R_{Fd} = \frac{R_F + R_s}{2} + \Delta R_{Fd} + K_{Fd} + 10 \log \frac{S_s}{l_0 l_f} \text{ [dB]}$$

$$R_{Df} = \frac{R_s + R_f}{2} + \Delta R_{Df} + K_{Df} + 10 \log \frac{S_s}{l_0 l_f} \text{ [dB]}$$

Dove:

$R_{F,w}$  l'indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento laterale F nell'ambiente emittente, in decibel;

$R_{f,w}$  l'indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento laterale f nell'ambiente ricevente, in decibel;

$\Delta R_{Ff,w}$  è l'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante mediante rivestimenti aggiuntivi sul lato emittente e/o ricevente dell'elemento laterale, in decibel;

$\Delta R_{Fd,w}$  è l'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante mediante rivestimenti aggiuntivi sull'elemento laterale lato emittente e/o dell'elemento di separazione al lato ricevente, in decibel;

$\Delta R_{Df,w}$  è l'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante mediante rivestimenti aggiuntivi sull'elemento di separazione lato emittente e/o sull'elemento laterale al lato ricevente, in decibel;

$K_{Ff}$  è l'indice di riduzione delle vibrazioni per il percorso di trasmissione Ff, in decibel;

$K_{Fd}$  è l'indice di riduzione delle vibrazioni per il percorso di trasmissione Fd, in decibel;

$K_{Df}$  è l'indice di riduzione delle vibrazioni per il percorso di trasmissione Df, in decibel;

$S_s$  è l'area dell'elemento di separazione, in metri quadri;

$l_f$  è la lunghezza di accoppiamento del giunto tra l'elemento di separazione e gli elementi laterali F e t, in metri;

$l_0$  è la lunghezza di riferimento pari ad 1 metro.

---

I dati di ingresso relativi agli indici di riduzione delle vibrazioni  $K_{Ff}$ ,  $K_{Fd}$ ,  $K_{Df}$ , per i diversi tipi di giunto in comune sono deducibili dall'APPENDICE E allegata alla norma.

Le informazioni relative all'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante  $\Delta R_w$  sono riportate nell'APPENDICE D allegata alla norma.

## **APPENDICE D – INCREMENTO DEL POTERE FONOSOLANTE DI STRATI ADDIZIONALI**

### **Prestazioni acustiche di componenti**

Nel metodo di calcolo semplificato gli elementi strutturali orizzontali e verticali sono assunti come strutture monolitiche di base (costituiti da un'unica massa oscillante) alle quali possono essere applicati eventuali strati addizionali, considerati come masse oscillanti indipendenti dalla struttura di base. Ciascun elemento strutturale considerato quale prodotto a sé stante è quindi caratterizzato da un valore dell'indice di valutazione del potere fonoisolante  $R_w$  relativo alla sua componente di base e da un valore dell'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante  $\Delta R_w$  relativo alla eventuale presenza di ulteriori strati addizionali.

I dati relativi a tali grandezze dovrebbero derivare principalmente da misurazioni effettuate in laboratorio, analogamente ai dati riportati nella norma UNI 11175-1. Se non sono disponibili i dati di laboratorio, essi possono essere determinati mediante calcoli e formule previsionali di origine sperimentale, indicando le modalità.

L'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante  $\Delta R_w$  può essere anche calcolato in funzione della frequenza di risonanza  $f_0$  del sistema "struttura di base – rivestimento".

Per strati addizionali il cui strato resiliente è fissato direttamente alla struttura di base senza montanti o correnti, la frequenza di risonanza  $f_0$  si ottiene mediante la formula:

$$f_0 = 160 \sqrt{s' \left( \frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \quad [\text{Hz}]$$

Dove:

$s'$  è la rigidità dinamica dello strato isolante, in MN/m<sup>3</sup>;

$m'_1$  è la massa superficiale della struttura di base in kg/m<sup>2</sup>;

$m'_2$  è la massa superficiale dello strato addizionale in kg/m<sup>2</sup>.

Per gli strati addizionali costituiti da montanti o traversi metallici e non direttamente connessi alla struttura di base, dove l'intercapedine è riempita di materiale poroso di isolamento (con resistenza al flusso d'aria  $r \geq 5 \text{ kPa s/m}^2$ ) in conformità con la EN 29053, la frequenza di risonanza  $f_0$  si calcola come segue:

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{0.111}{d} \left( \frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \quad [\text{Hz}]$$

Dove

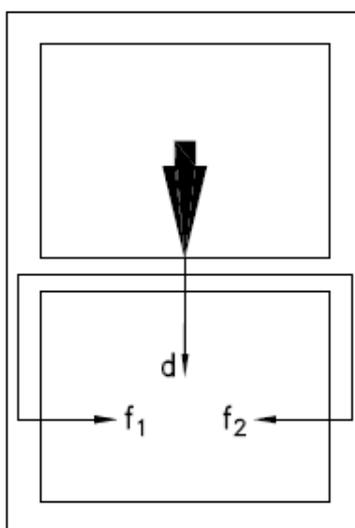
$d$  è la profondità dell'intercapedine in metri;

$m'_1$  è la massa superficiale della struttura di base in  $\text{kg/m}^2$ ;  
 $m'_2$  è la massa superficiale dello strato addizionale in  $\text{kg/m}^2$ .

## 6.2 Norma UNI EN ISO 12354-2: valutazione delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti. Isolamento acustico al calpestio tra ambienti.

### Modello dettagliato in bande di terzi d'ottava

Il modello di calcolo dettagliato ed in frequenza prevede il livello di pressione sonora di calpestio normalizzato a partire dai valori in frequenza degli elementi in esame, ricavando il valore finale dell'indice di valutazione in conformità con la UNI EN ISO 717-2.



Definizione dei percorsi di trasmissione sonora ij tra due ambienti

Il livello normalizzato di calpestio dell'elemento di separazione vale:

$$L'_n = 10 \lg \left( 10^{\frac{L_{n,d}}{10}} + \sum_{j=1}^n 10^{\frac{L_{n,ij}}{10}} \right) \text{ [dB]}$$

Dove:

$L_{n,d}$  è il livello di pressione sonora di calpestio normalizzato per trasmissione diretta, in decibel;  
 $L_{n,ij}$  è il livello di pressione sonora di calpestio normalizzato per trasmissione laterale, in decibel;  
 $n$  è il numero degli elementi;

Per ogni percorso di trasmissione, l'indice di valutazione è previsto in base ai dati di ingresso relativi agli elementi ed ai giunti.

---

Il livello di pressione sonora di calpestio normalizzato, per la trasmissione diretta, è determinato dal valore di ingresso per l'elemento di separazione secondo l'equazione:

$$L_{n,d} = L_n + \Delta L - \Delta L_d \text{ [dB]}$$

Dove:

$L_n$  è il livello di pressione sonora di calpestio normalizzato del solaio non rivestito in assenza di trasmissioni laterali, in decibel;

$\Delta L$  è l'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio dovuto ad un pavimento galleggiante, in decibel;

$\Delta L_d$  è l'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio dovuto rivestimenti supplementari, in decibel.

Il livello di pressione sonora di calpestio normalizzato in frequenza può essere determinato attraverso la seguente relazione:

$$L_{n,ij} = L_n - \Delta L + \frac{R_i - R_j}{2} - \Delta R_j - K_{ij} + 10 \lg \left( \frac{l_{ij}}{S_i} \right) \text{ [dB]}$$

Dove:

$R_i$  è il potere fonoisolante del solaio, in decibel;

$R_j$  è il potere fonoisolante per trasmissione diretta dell'elemento laterale  $j$  nell'ambiente ricevente, in decibel;

$\Delta R_j$  è l'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante dovuto a rivestimenti interni dell'elemento laterale  $j$ , in decibel;

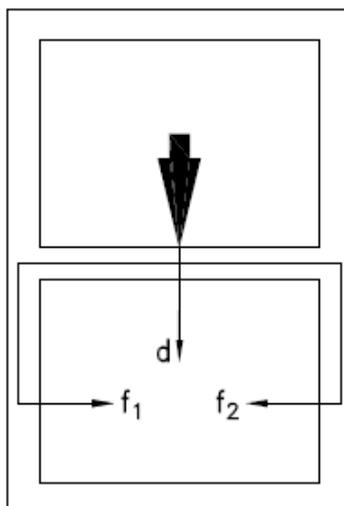
$K_{ij}$  è l'indice di riduzione delle vibrazioni per il percorso di trasmissione  $D_f$  in decibel;

$S_i$  è l'area dell'elemento di separazione (solaio), in metri quadri;

$l_{ij}$  è la lunghezza di accoppiamento del giunto tra l'elemento di separazione e gli elementi laterali, in metri.

### **Modello semplificato**

Il modello di calcolo semplificato prevede l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato a partire dall'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio dei singoli elementi in esame, ricavando il valore finale dell'indice di valutazione in conformità con la UNI EN ISO 717-2.



Definizione dei percorsi di trasmissione sonora ij tra due ambienti

L'indice di valutazione del livello normalizzato di calpestio dell'elemento di separazione vale:

$$L'_{n,w} = 10 \lg \left( 10^{\frac{L_{nw,d}}{10}} + \sum_{j=1}^n 10^{\frac{L_{nw,ij}}{10}} \right) \text{ [dB]}$$

Dove:

$L_{n,w,d}$  è l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato per trasmissione diretta, in decibel;

$L_{n,w,ij}$  è l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato per trasmissione laterale, in decibel;

$n$  è il numero degli elementi;

Per ogni percorso di trasmissione, l'indice di valutazione è previsto in base ai dati di ingresso relativi agli elementi ed ai giunti.

L'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato, per la trasmissione diretta, è determinato dal valore di ingresso per l'elemento di separazione secondo l'equazione:

$$L_{n,w,d} = L_{n,w} + \Delta L_w - \Delta L_{w,d} \text{ [dB]}$$

Dove:

$L_{n,w}$  è l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato del solaio non rivestito in assenza di trasmissioni laterali, in decibel;

$\Delta L_w$  è l'indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio dovuto a rivestimenti supplementari, in decibel;

$\Delta L_{w,d}$  è l'indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio dovuto a rivestimenti supplementari, in decibel.

Il livello di pressione sonora di calpestio normalizzato in frequenza può essere determinato attraverso la seguente relazione:

$$L_{n,w,ij} = L_{n,w} - \Delta L_w + \frac{R_{w,i} - R_{w,j}}{2} - \Delta R_{w,j} - K_{ij} + 10 \lg \left( \frac{l_{ij}}{S_i} \right) \text{ [dB]}$$

Dove:

$R_{w,i}$  è l'indice del potere fonoisolante del solaio, in decibel;

$R_{w,j}$  è l'indice del potere fonoisolante della parete sottostante, in decibel;

$\Delta R_{w,j}$  è l'indice di valutazione dell'incremento del potere fonoisolante mediante rivestimenti addizionali sul lato ricevente dell'elemento laterale, in decibel;

$K_{ij}$  è l'indice di riduzione delle vibrazioni per il percorso di trasmissione Df in decibel;

$S_i$  è l'area dell'elemento di separazione (solaio), in metri quadri;

$l_{ij}$  è la lunghezza di accoppiamento del giunto tra l'elemento di separazione e gli elementi laterali, in metri.

### 6.3 Norma UNI EN ISO 12354-3: valutazione delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti. Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea.

#### Metodo di calcolo

L'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione dipende dal potere fonoisolante della facciata vista dall'interno, dall'influenza della forma della facciata e dalle dimensioni degli ambienti. Ne consegue che:

$$D_{2m,nT,w} = R_w + \Delta l_{fs} + 10 \log \frac{V}{6T_0 S} \text{ [dB]}$$

Dove:

$\Delta L_{fs}$  è la differenza di livello di pressione sonora dovuta alla forma della facciata, in decibel; Tale indice si ricava dall'APPENDICE C allegata alla norma;

$V$  è il volume dell'ambiente ricevente, in metri cubi;

$S$  è l'area totale della facciata vista dall'interno, in metri quadrati;

$T_0$  è il tempo di riverberazione di riferimento, in secondi, per abitazioni 0,5 s;

Nel caso la partizione di facciata risulti composta da diversi elementi (parete opaca, porte, finestre), il potere fonoisolante della struttura complessiva viene calcolato con la formula seguente:

$$R_w = -10 \log \left( \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S_{tot}} 10^{-\frac{R_{w,i}}{10}} \right)$$

#### Determinazione della trasmissione laterale

Il fattore di trasmissione della potenza sonora relativo alla trasmissione laterale di un elemento si ottiene a partire dalla somma dei fattori della trasmissione laterale in rapporto a tutte le vie di trasmissione laterale verso questo elemento. Tale procedimento dettagliato è riportato nella norma UNI EN ISO 12354-1.

---

Solitamente il contributo della trasmissione laterale è trascurabile. Tuttavia, se gli elementi rigidi (quali calcestruzzo o mattoni) sono collegati ad altri elementi rigidi entro l'ambiente ricevente (come pareti divisorie o pavimenti) la trasmissione laterale può contribuire alla trasmissione sonora totale.

Per lasciare dunque un margine di sicurezza, nei casi di presenza di elementi rigidi, si diminuisca il potere fonoisolante di 2 dB.

---

## 7 SOFTWARE UTILIZZATI

Al fine di effettuare i calcoli previsionali dei requisiti acustici passivi secondo i diversi metodi esposti, si utilizzeranno il software Echo 8.3.1 (ANIT), nonché fogli di calcolo che implementano le norme già descritte. I calcoli possono essere eseguiti per frequenze e per indici di valutazione.

ECHO 8.3.1 supporta la progettazione e verifica dei requisiti acustici passivi degli edifici, secondo le norme UNI EN ISO 12354.

Per il calcolo del tempo di riverberazione e dello STI è stato utilizzato il software Ramsete 2.5. che si basa sulla tecnica *ray-tracing* e che permette di simulare la propagazione delle onde sonore nello spazio, tenendo in considerazione gli effetti diffrattivi, isolanti e assorbenti di oggetti e barriere interposti e prossimi a sorgenti e ricettori in analisi.

Il software Ramsete nasce come strumento adatto sia allo studio di sale da concerto, auditorium e teatri, sia a quello dei trattamenti acustici in campo industriale.

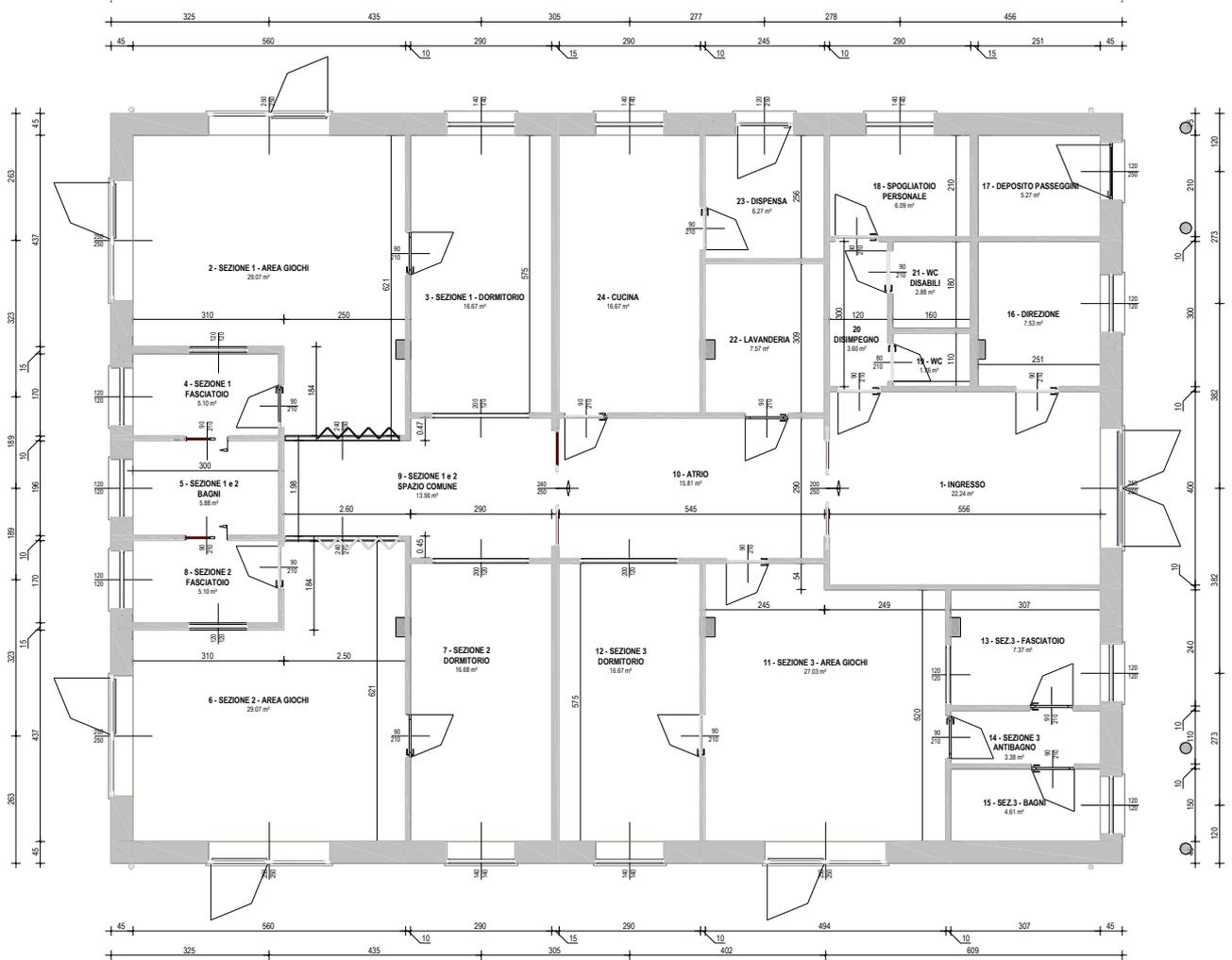
La simulazione acustica degli interni, offerta da RAMSETE, consente di prevedere la risposta all'impulso di un ambiente chiuso, nell'ambito di un progetto sviluppato in ambiente 3D. Il software deduce i parametri acustici come il tempo di riverbero  $T_{30}$ ,  $T_{20}$ , EDT, SPL, STI, Clarity ecc.

Il software permette di calcolare nello spazio tridimensionale la componente diretta di trasmissione dell'onda sonora, la componente indiretta e attenuata dalla presenza di ostacoli lungo il cammino di propagazione dell'onda e permette inoltre di modellizzare i fenomeni di diffrazione e di bordo degli oggetti ed elementi interposti tra sorgente e ricettore.

La sorgente simula la presenza di un oratore e il software elabora la distribuzione spaziale del campo sonoro nello spazio in funzione del volume, della morfologia dell'ambiente e delle caratteristiche dei materiali.

## 8 DEFINIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto in esame prevede l'ampliamento della scuola per l'infanzia "V. da Feltre" sita a Santa Lucia di Piave (TV). Si riportano di seguito le piante.



Pianta piano terra

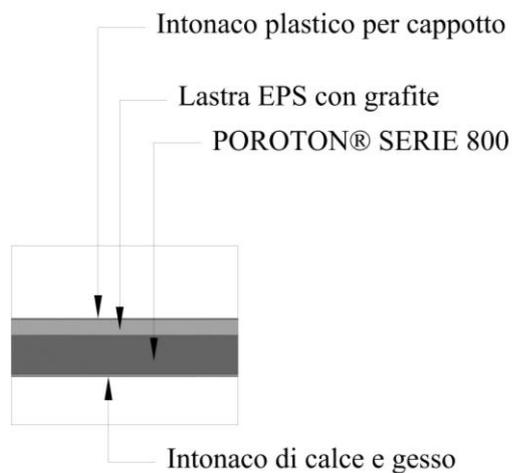
---

## 9 ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA

### 9.1 Stratigrafie di progetto

La **parete esterna** ha la seguente stratigrafia (dall'interno verso l'esterno):

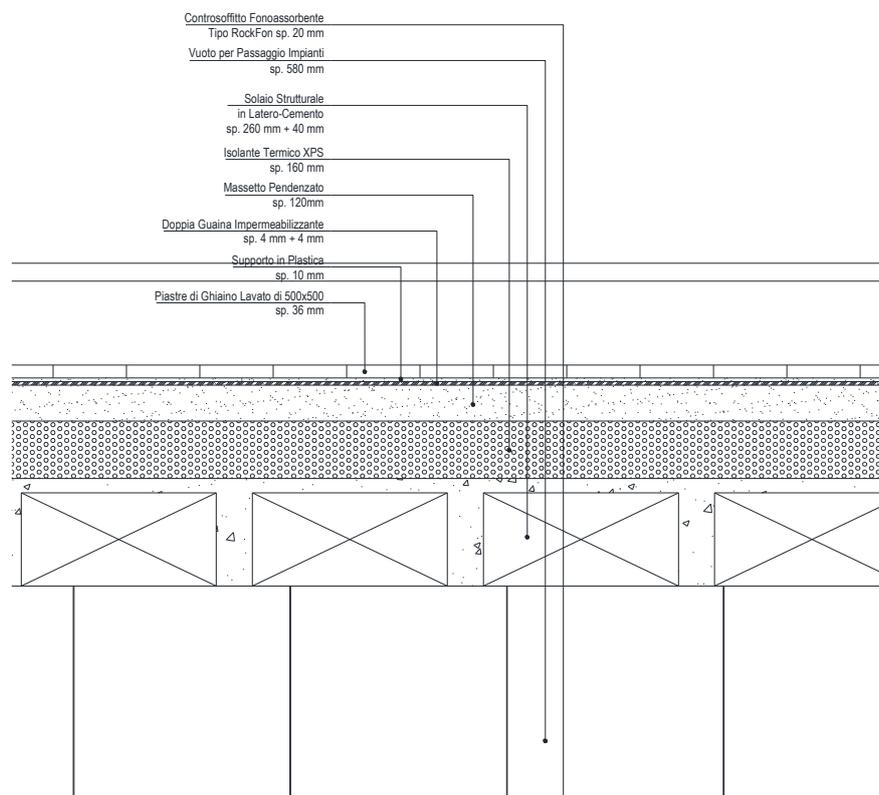
- Intonaco di calce e gesso, spessore 1.5 cm;
- Poroton serie 800, spessore 30 cm;
- Lastra EPS con grafite, spessore 12 cm;
- Intonaco plastico per cappotto.



$R_w$  assunto nei calcoli previsionali (rif. Poroton): 54 dB.

Il **teito** ha la seguente stratigrafia (dall'interno verso l'esterno):

- Pannello fonoassorbente Rockfon, spessore 20 mm;
- Aria, spessore 580 mm;
- Solai in laterocemento, spessore 26+4 cm;
- Pannello in XPS, spessore 160 mm;
- Massetto, spessore 120 mm;
- Doppia guaina, spessore 4+4 mm;
- Supporto in plastica, spessore 10 mm;
- Piastre in ghiaio lavato, spessore 36 mm.



Massa superficiale,  $m'$ : 600 kg/m<sup>2</sup>.

$R_w$  assunto nei calcoli previsionali (legge di massa  $R_w=20\lg(m')$ ): 56 dB.

### Serramenti aule, dormitori e ufficio

Ai fini di verificare i requisiti minimi richiesti dalla normativa mediante i calcoli previsionali, vengono utilizzati serramenti (sistema globale telaio + vetro) acusticamente isolanti con un **potere fonoisolante certificato in laboratorio su dimensione effettiva (come da progetto) pari a:**

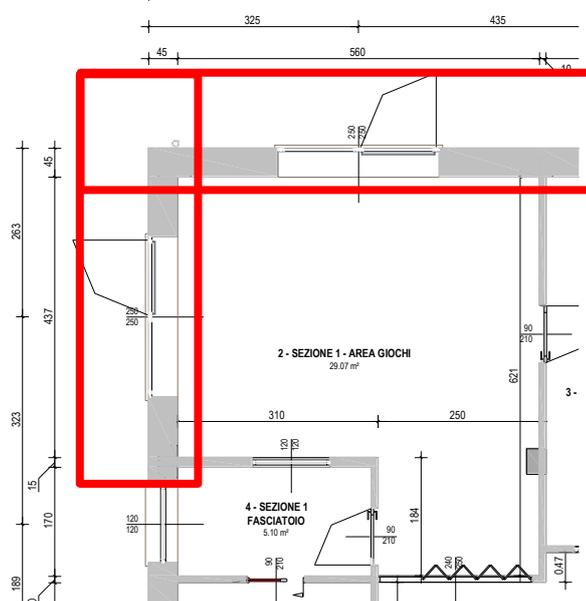
**$R_w = 48$  dB (aree giochi)**

**$R_w = 46$  dB (dormitori)**

**$R_w = 40$  dB (ufficio)**

Tale ipotesi vanno assunte come prescrizione MINIMA al fine di rispettare i requisiti di legge.

## 9.2 Isolamento di facciata: area giochi 2



Area giochi 2

Superficie in pianta	Sp	29.1	m <sup>2</sup>
Altezza	a	3.00	m
Lunghezza facciata	l	10.0	m

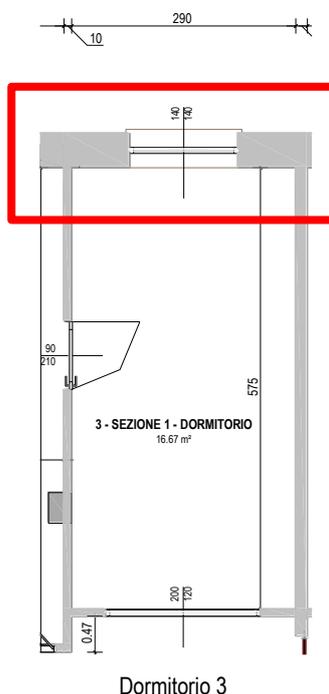
Superficie facciata	S	59.0	m <sup>2</sup>
Volume ambiente	V	87.2	m <sup>3</sup>
Superficie parete cieca	S <sub>mur</sub>	17.4	m <sup>2</sup>
Superficie finestre	S <sub>vetr</sub>	12.5	m <sup>2</sup>
Superficie tetto	S <sub>tet</sub>	29.1	m <sup>2</sup>

R <sub>w</sub> parete cieca	R <sub>w,mur</sub>	60	dB
R <sub>w</sub> finestre	R <sub>w,fin</sub>	48	dB
R <sub>w</sub> tetto	R <sub>w,tet</sub>	56	dB

R <sub>w</sub> facciata	R <sub>w,tot</sub>	53.1	dB
Trasmissione laterale elementi rigidi	K	2.0	dB
R' <sub>w</sub> facciata	R' <sub>w,tot</sub>	51.1	dB
Contributo forma facciata	ΔL <sub>fs</sub>	0.0	dB
Isolamento di facciata	D <sub>2m,nT,w</sub>	48	dB

**L'indice di valutazione medio dell'isolamento di facciata  $D_{2m,nT,w} = 48$  dB risulta nei limiti del DPCM 5/12/97 ( $D_{2m,nT,w} \geq 48$  dB per edifici scolastici).**

### 9.3 Isolamento di facciata: dormitorio 3



Dormitorio 3

Superficie in pianta	Sp	16.67	m <sup>2</sup>
Altezza	a	3.00	m
Lunghezza facciata	l	2.9	m

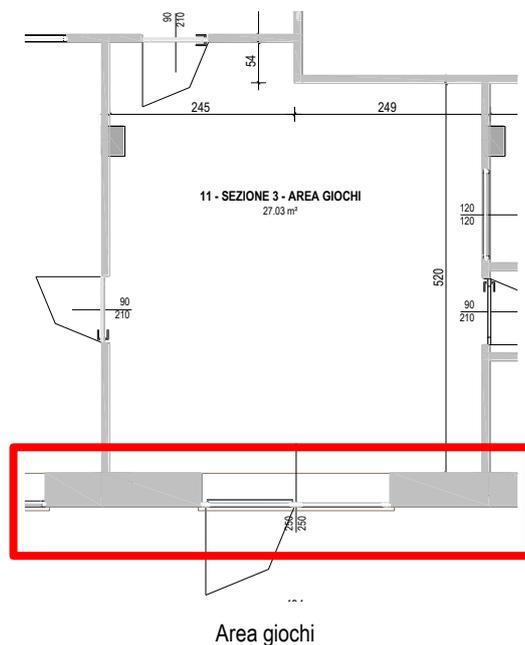
Superficie facciata	S	25.4	m <sup>2</sup>
Volume ambiente	V	50.0	m <sup>3</sup>
Superficie parete cieca	S <sub>mur</sub>	6.7	m <sup>2</sup>
Superficie finestre	S <sub>vetr</sub>	2.0	m <sup>2</sup>
Superficie tetto	S <sub>tet</sub>	16.7	m <sup>2</sup>

R <sub>w</sub> parete cieca	R <sub>w,mur</sub>	54	dB
R <sub>w</sub> finestre	R <sub>w,fin</sub>	46	dB
R <sub>w</sub> tetto	R <sub>w,tet</sub>	56	dB

R <sub>w</sub> facciata	R <sub>w,tot</sub>	53.3	dB
Trasmissione laterale elementi rigidi	K	2.0	dB
R' <sub>w</sub> facciata	R' <sub>w,tot</sub>	51.3	dB
Contributo forma facciata	ΔL <sub>fs</sub>	0.0	dB
Isolamento di facciata	D <sub>2m,nT,w</sub>	50	dB

**L'indice di valutazione medio dell'isolamento di facciata  $D_{2m,nT,w} = 46$  dB risulta nei limiti del DPCM 5/12/97 ( $D_{2m,nT,w} \geq 48$  dB per edifici scolastici).**

## 9.4 Isolamento di facciata: area giochi 11



Superficie in pianta	Sp	27.03	m <sup>2</sup>
Altezza	a	3.00	m
Lunghezza facciata	l	4.9	m

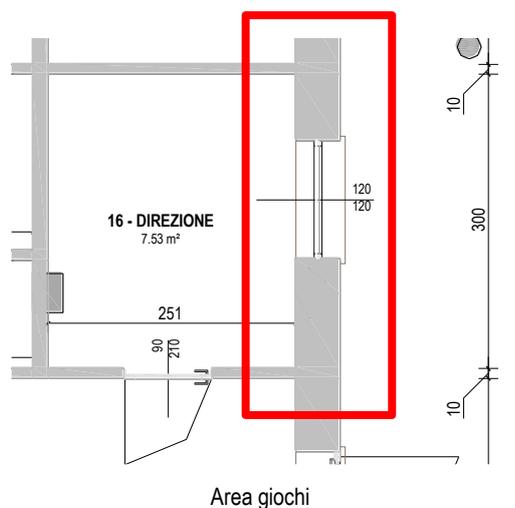
Superficie facciata	S	41.9	m <sup>2</sup>
Volume ambiente	V	81.1	m <sup>3</sup>
Superficie parete cieca	S <sub>mur</sub>	8.6	m <sup>2</sup>
Superficie finestre	S <sub>vetr</sub>	6.3	m <sup>2</sup>
Superficie tetto	S <sub>tet</sub>	27.0	m <sup>2</sup>

R <sub>w</sub> parete cieca	R <sub>w,mur</sub>	54	dB
R <sub>w</sub> finestre	R <sub>w,fin</sub>	48	dB
R <sub>w</sub> tetto	R <sub>w,tet</sub>	56	dB

R <sub>w</sub> facciata	R <sub>w,tot</sub>	53.2	dB
Trasmissione laterale elementi rigidi	K	2.0	dB
R' <sub>w</sub> facciata	R' <sub>w,tot</sub>	51.2	dB
Contributo forma facciata	ΔL <sub>fs</sub>	0.0	dB
Isolamento di facciata	D <sub>2m,nT,w</sub>	49	dB

**L'indice di valutazione medio dell'isolamento di facciata  $D_{2m,nT,w} = 49$  dB risulta nei limiti del DPCM 5/12/97 ( $D_{2m,nT,w} \geq 48$  dB per edifici scolastici).**

## 9.5 Isolamento di facciata: ufficio direzione



Superficie in pianta	Sp	7.53	m <sup>2</sup>
Altezza	a	3.00	m
Lunghezza facciata	l	3.0	m

Superficie facciata	S	16.5	m <sup>2</sup>
Volume ambiente	V	22.6	m <sup>3</sup>
Superficie parete cieca	S <sub>mur</sub>	7.6	m <sup>2</sup>
Superficie finestre	S <sub>vetr</sub>	1.4	m <sup>2</sup>
Superficie tetto	S <sub>tet</sub>	7.5	m <sup>2</sup>

R <sub>w</sub> parete cieca	R <sub>w,mur</sub>	54	dB
R <sub>w</sub> finestre	R <sub>w,fin</sub>	40	dB
R <sub>w</sub> tetto	R <sub>w,tet</sub>	56	dB

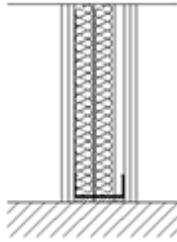
R <sub>w</sub> facciata	R <sub>w,tot</sub>	49.3	dB
Trasmissione laterale elementi rigidi	K	2.0	dB
R' <sub>w</sub> facciata	R' <sub>w,tot</sub>	47.3	dB
Contributo forma facciata	ΔL <sub>fs</sub>	0.0	dB
Isolamento di facciata	D <sub>2m,nT,w</sub>	44	dB

**L'indice di valutazione medio dell'isolamento di facciata  $D_{2m,nT,w} = 44$  dB risulta nei limiti del DPCM 5/12/97 ( $D_{2m,nT,w} \geq 42$  dB per edifici adibiti ad ufficio).**

## 10 ISOLAMENTO ACUSTICO DI PARTIZIONE DIVISORIA INTERNA

La parete divisoria tra ambienti ha la seguente stratigrafia di progetto:

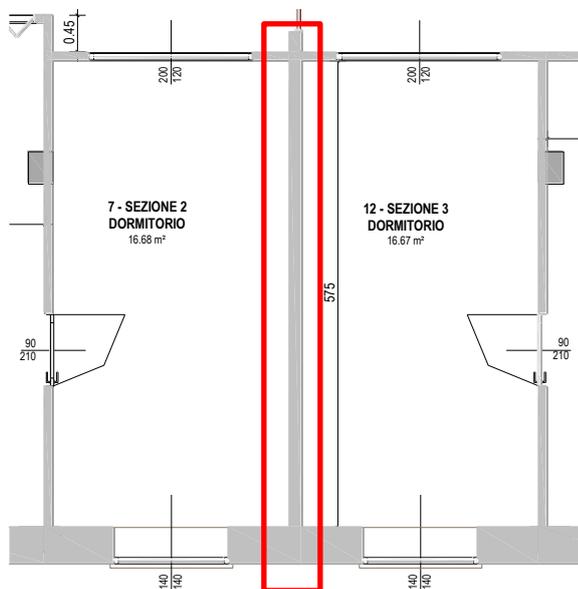
- Doppio strato di lastre in cartongesso, 12-5+12.5 mm;
- Struttura metallica, spessore 100 mm, con inserito pannello in lana minerale, spessore 80 mm, densità 40 kg/m<sup>3</sup>;
- Doppio strato di lastre in cartongesso, 12-5+12.5 mm.



Tipo di elemento	Parete in gesso rivestito
Spessore totale [cm]	15.0
Massa superficiale [kg/m <sup>2</sup> ]	48.0
Area totale [m <sup>2</sup> ]	17.0

La parete ha un  $R_w$  pari a 56 dB (rif. Software Echo ANIT).

## 10.1 Parete divisoria tra ambienti riposo



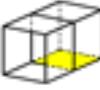
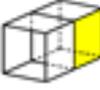
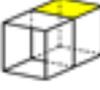
Partizione verificata

### Dati geometrici

Area del divisorio [m <sup>2</sup> ]	17.25
--------------------------------------	-------

### Elementi che compongono la struttura

		Elemento	Massa sup [kg/m <sup>2</sup> ]	R <sub>w</sub> [dB]	Strato addizionale	ΔR <sub>w</sub> [dB]
S		Singola orditura 10 cm con 4 + 4 cm di lana di roccia e doppia lastra in cartongesso	48.0	56.0	Lato emitt:	0.0
					Lato ricev:	0.0
1		Parete laterizio 30 cm	350.0	54.0		
2		Solaio laterocemento	600.0	56.0		
3		Singola orditura 5 cm con 4 cm di lana di roccia e doppia lastra in cartongesso	48.0	54.0		
4		Solaio laterocemento	600.0	56.0		
5		Parete laterizio 30 cm	350.0	54.0		

		Elemento	Massa sup [kg/m <sup>2</sup> ]	R <sub>w</sub> [dB]	Strato addizionale	ΔR <sub>w</sub> [dB]
6		Solaio laterocemento	600.0	56.0		
7		Singola orditura 5 cm con 4 cm di lana di roccia e doppia lastra in cartongesso	48.0	54.0		
8		Solaio laterocemento	600.0	56.0		

### Giunti

	Lato		Tipo di collegamento	Lunghezza a [m]	Rigidità dinamica [MN/m <sup>3</sup> ]	Carico sul materiale resiliente [kN/m <sup>2</sup> ]
1-5			A T tra elementi pesanti e leggeri (caso 1)	3.0	-	-
2-6			A T tra elementi pesanti e leggeri (caso 1)	5.8	-	-
3-7			A T in edificio in legno (caso 1)	3.0	-	-
4-8			A T tra elementi pesanti e leggeri (caso 1)	5.8	-	-

### Rij - Potere fonoisolante per trasmissione laterale relativo al percorso i-j

Percorso		Tipo di collegamento	Rij [dB]
S		Trasmissione diretta	56.00
1-5		A T tra elementi pesanti e leggeri (caso 1)	56.67
2-6		A T tra elementi pesanti e leggeri (caso 1)	55.16
3-7		A T in edificio in legno (caso 1)	76.60
4-8		A T tra elementi pesanti e leggeri (caso 1)	55.16
1-S		A T tra elementi pesanti e leggeri (caso 1)	81.22

Percorso		Tipo di collegamento	Rij [dB]
2-S		A T tra elementi pesanti e leggeri (caso 1)	81.74
3-S		A T in edificio in legno (caso 1)	77.60
4-S		A T tra elementi pesanti e leggeri (caso 1)	81.74
S-5		A T tra elementi pesanti e leggeri (caso 1)	81.22
S-6		A T tra elementi pesanti e leggeri (caso 1)	81.74
S-7		A T in edificio in legno (caso 1)	77.60
S-8		A T tra elementi pesanti e leggeri (caso 1)	81.74

## Risultati

Con un volume di 50 m<sup>3</sup>, l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione è pari a  $D_{nT,w} = 50$  dB.

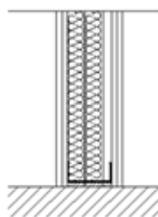
**Il valore del parametro è nei limiti della Prestazione superiore UNI 11367 ( $D_{nT,w} \geq 50$  dB per le scuole).**

**Nota: le pareti non devono essere forate con scatole elettriche o altri impianti.**

## 11 ISOLAMENTO ACUSTICO DI PARTIZIONE DIVISORIA INTERNA CONFINANTE CON SPAZIO DISTRIBUTIVO

La stratigrafia della parete tra aule e corridoio è la seguente:

- Doppio strato di lastre in cartongesso, 12-5+12.5 mm;
- Struttura metallica, spessore 50 mm, con inserito pannello in lana minerale, spessore 40 mm, densità 70 kg/m<sup>2</sup>;
- Doppio strato di lastre in cartongesso, 12-5+12.5 mm.



Tipo di elemento	Parete in gesso rivestito
Spessore totale [cm]	10.0
Massa superficiale [kg/m <sup>2</sup> ]	48.0

La parete ha un  $R_w$  pari a 54 dB (rif. Software Echo ANIT).

### Porte aule e ufficio

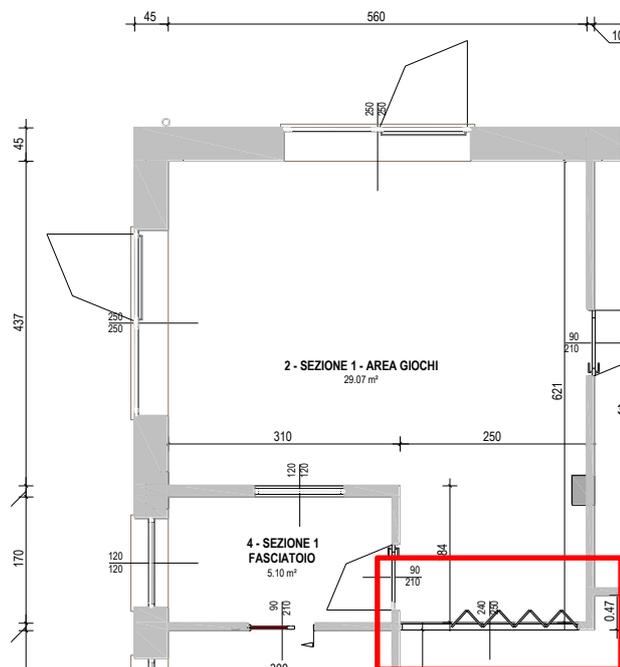
Ai fini di verificare i requisiti minimi richiesti dalla normativa mediante i calcoli previsionali, vengono utilizzate porte con un **potere fonoisolante certificato in laboratorio su dimensione effettiva (come da progetto) pari a:**

**$R_w = 26$  dB (porte scorrevoli - aree giochi)**

**$R_w = 30$  dB (porte a battente - aree giochi e ufficio)**

Tale ipotesi vanno assunte come prescrizione MINIMA al fine di rispettare i requisiti di legge.

## 11.1 Ambiente area giochi 2



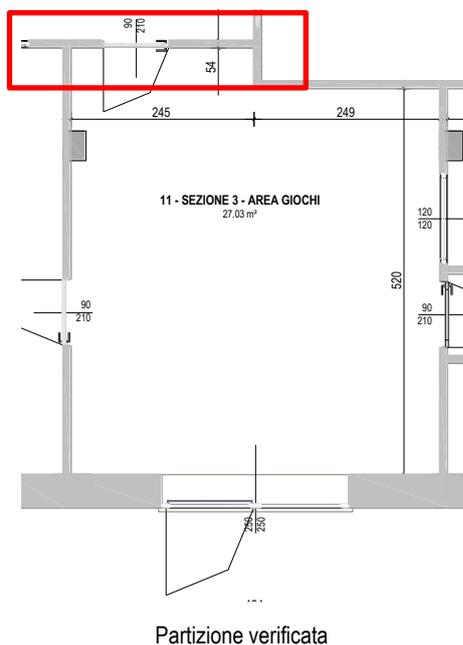
Partizione verificata

Altezza	a	3	m
Lunghezza facciata	l	2.5	m
Superficie facciata	S	7.5	m <sup>2</sup>
Superficie parete	S <sub>par</sub>	1.5	m <sup>2</sup>
Superficie porta	S <sub>porta</sub>	6	m <sup>2</sup>
R <sub>w</sub> superficie opaca facciata	R <sub>w,mur</sub>	54	dB
R <sub>w</sub> porta	R <sub>w,porta</sub>	26	dB
R <sub>w</sub> composto	R <sub>w,tot</sub>	27.0	dB
Volume	V	97.35	[m <sup>3</sup> ]
Isolamento acustico normalizzato rispetto a T	D <sub>nT,w</sub>	33	[dB]

Il descrittore dell'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi risulta essere pari a  $D_{nT,w} = 33$  dB.

**Il valore del parametro è nei limiti della Prestazione ottima UNI 11367 ( $D_{nT,w} \geq 30$  dB per scuole).**

## 11.2 Ambiente area giochi 3



Altezza	a	3	m
Lunghezza facciata	l	2.45	m
Superficie facciata	S	7.35	m <sup>2</sup>
Superficie parete	S <sub>par</sub>	5.46	m <sup>2</sup>
Superficie porta	S <sub>porta</sub>	1.89	m <sup>2</sup>
R <sub>w</sub> superficie opaca facciata	R <sub>w,mur</sub>	54	dB
R <sub>w</sub> porta	R <sub>w,porta</sub>	30	dB
R <sub>w</sub> composto	R <sub>w,tot</sub>	35.8	dB
Volume	V	70.8	[m <sup>3</sup> ]
Isolamento acustico normalizzato rispetto a T	D <sub>nT,w</sub>	41	[dB]

Il descrittore dell'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi risulta essere pari a  $D_{nT,w} = 41$  dB.

**Il valore del parametro è nei limiti della Prestazione ottima UNI 11367 ( $D_{nT,w} \geq 30$  dB per scuole).**

### 11.3 Ambiente direzione



Partizione verificata

Altezza	a	3	m
Lunghezza facciata	l	2.51	m
Superficie facciata	S	7.53	m <sup>2</sup>
Superficie parete	S <sub>par</sub>	5.64	m <sup>2</sup>
Superficie porta	S <sub>porta</sub>	1.89	m <sup>2</sup>
R <sub>w</sub> superficie opaca facciata	R <sub>w,mur</sub>	54	dB
R <sub>w</sub> porta	R <sub>w,porta</sub>	30	dB
R <sub>w</sub> composto	R <sub>w,tot</sub>	36.0	dB
Volume	V	36.6	[m <sup>3</sup> ]
Isolamento acustico normalizzato rispetto a T	D <sub>nT,w</sub>	38	[dB]

Il descrittore dell'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi risulta essere pari a  $D_{nT,w} = 38$  dB.

**Il valore del parametro è nei limiti della Prestazione ottima UNI 11367 ( $D_{nT,w} \geq 36$  dB per altri ambienti (uffici)).**

---

## 12 RUMORE DEGLI IMPIANTI SECONDO DPCM 5.12.1997: RACCOMANDAZIONI PER LA POSA IN OPERA

Gli impianti tecnologici sono spesso causa di rumore e vibrazioni sia all'interno che all'esterno dell'edificio.

Nel caso specifico, trattandosi di unica unità immobiliare, non si applicano i limiti del Decreto 5.12.1997 per gli impianti continui e discontinui. Tuttavia vengono date alcune raccomandazioni per la corretta posa degli elementi di impianto più rumorosi.

Gli impianti a funzionamento discontinuo ed in particolare gli apparecchi sanitari ed i relativi scarichi, posso costituire situazioni disturbanti essendo tali sorgenti sonore caratterizzate da elevato contenuto energetico alle frequenze medio-basse, analogamente alla voce umana. Per tali impianti il Decreto CAM fissa la seguente prestazione superiore per le scuole:

- ✓ Rumore prodotto da impianti a funzionamento discontinuo  $L_{id} \leq 34$  dB(A)

Tra le sorgenti sonore a funzionamento continuo occorre far attenzione al rumore prodotto dalle macchine dedicate al riscaldamento e condizionamento. Per tali impianti il Decreto CAM fissa la seguente prestazione superiore per le scuole:

- ✓ Rumore prodotto da impianti a funzionamento continuo  $L_{ic} \leq 28$  dB(A) (prestazione superiore per le scuole)

A titolo esemplificativo, dovrebbero essere isolate su supporti antivibranti le pompe di circolazione dell'acqua e predisposti giunti elastici e ancoraggi flessibili per le tubazioni. E' sempre opportuno evitare elevate velocità di circolazione dei fluidi e curvature eccessive delle tubazioni. Pertanto, dovrà essere correttamente dimensionato il diametro delle tubazioni ed il percorso non dovrà subire bruschi cambi di direzione, per evitare turbolenze del fluido accompagnate da emissioni sonore. Ove le tubazioni attraversano le strutture devono essere isolate con rivestimenti in materiale resiliente e devono essere ancorate alle pareti attraverso supporti desolidarizzati con materiali resilienti.

La scelta del materiale e la tipologia di innesto delle tubazioni dovranno essere finalizzate al rispetto dei limiti previsti dal Decreto CAM.

Per quanto riguarda la trasmissione del rumore attraverso le tubazioni, questa può essere ostacolata adottando tubazioni in **POLIPROPILENE MULTISTRATO** e, ove necessario, rivestendole con materiali disaccoppianti (guaina in polietilene espanso) o fonoisolanti (membrana pesante in EPDM o con piombo), sia tramite l'installazione lungo la rete di giunti elastici.

L'intensità del rumore è altamente dipendente dal percorso del tubo; infatti si raccomanda di evitare cambiamenti di direzione bruschi. Usare gomiti 45° e possibilmente un piccolo prolungamento di tubo (lunghezza minima 25 cm) anziché un gomito a 90°.

---

I tubi di scarico possono essere montati su pareti piene, che confinano con stanze in cui si soggiorna, solo se la parete in questione presenta una **massa di superficie pari almeno a 200 kg/m<sup>2</sup>**.

Il manufatto di alloggiamento o le tracce nei muri devono essere sempre rivestiti con uno strato di intonaco o malta di spessore minimo pari a 1,5 cm.

#### Attraversamenti di pareti e solai

E' necessario, per evitare che i rumori prodotti dall'impianto si propaghino attraverso le strutture dell'edificio, isolare i punti di attraversamento e di contatto tra tubazione e struttura mediante la posa di materiale resiliente in grado di smorzare le vibrazioni. Dovrà essere inserito del materiale resiliente anche tra l'eventuale supporto della tubazione e la tubazione stessa (braccioletti disaccoppianti \_vedi figura).



Materiale resiliente per attraversamenti di pareti o solai e braccioletto disaccoppiante (catalogo Geberit)

#### Posa all'interno di solai

Ove le condotte orizzontali di scarico siano situate direttamente sopra un locale da isolare acusticamente, si dovrà rivestire completamente le porzioni di tubazione rettilinea ed anche i tratti curvi con una **guaina fonoisolante** (membrana pesante in EPDM o con piombo).

### 13 STIMA DEL TEMPO DI RIVERBERAZIONE

Viene eseguita la stima previsionale del tempo di riverberazione all'interno degli ambienti.

Per ambienti adibiti a asilo, devono essere rispettati i descrittori acustici della norma UNI 11532-2 ed in particolare il rapporto tra l'area di assorbimento equivalente e il volume dell'ambiente A/V:

$$A/V \geq 1/[1.47+4.69\lg(h)]$$

dove:

A è l'area di assorbimento acustico equivalente =  $0.16V/T$  [m<sup>2</sup>];

V è il volume dell'ambiente [m<sup>3</sup>];

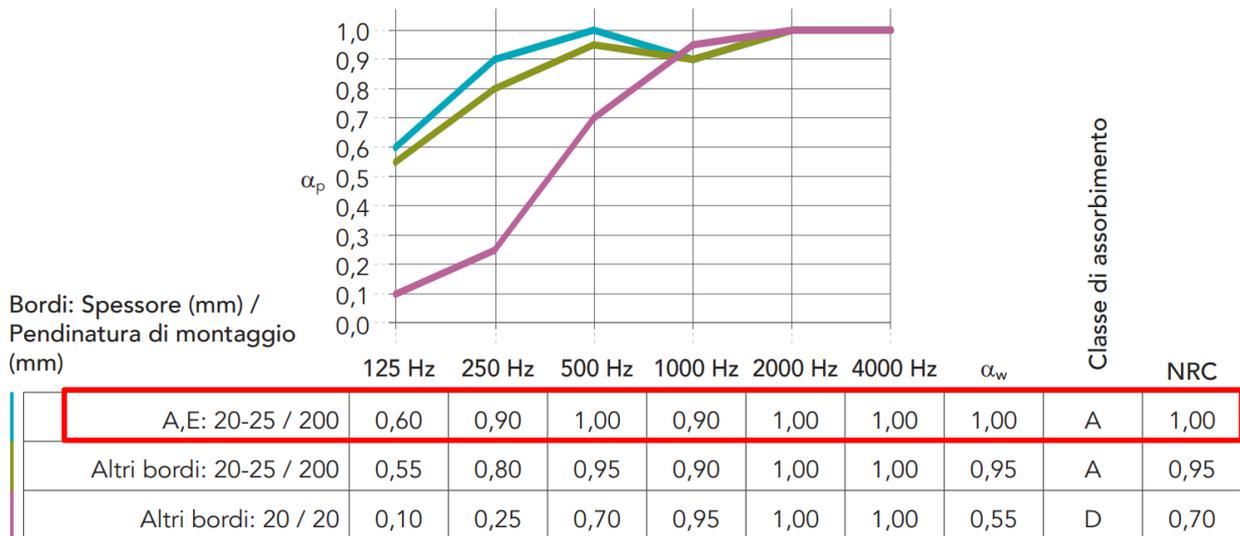
T è il tempo di riverberazione dell'ambiente [s];

h è l'altezza dell'ambiente [m].

Per gli ambienti adibiti ad ufficio si considera la relazione contenuta nella **norma UNI 11367**:

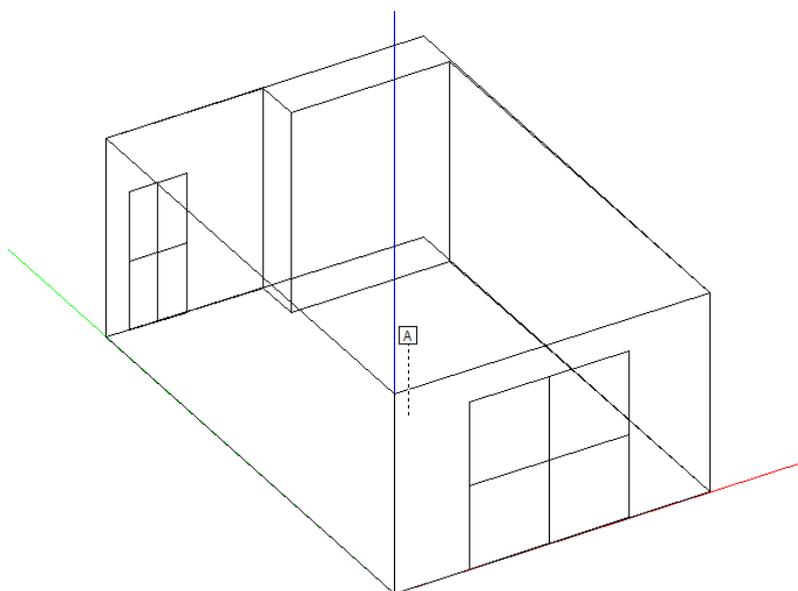
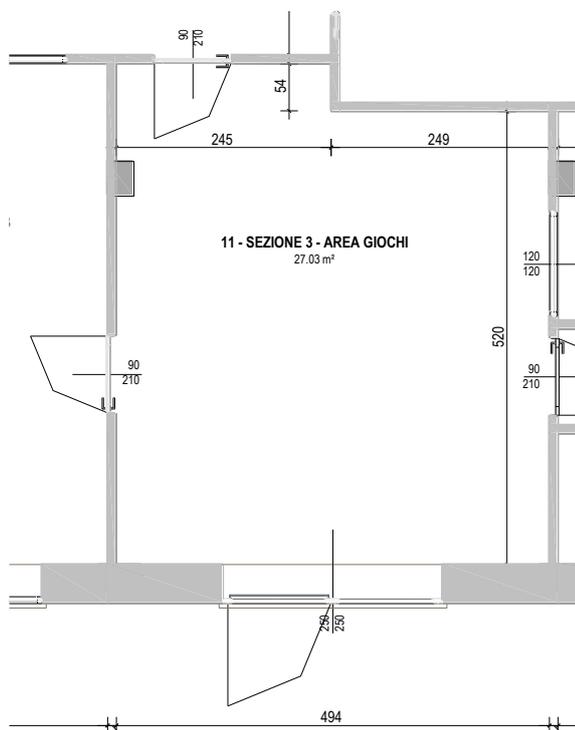
$$T_{ott} = 0.32\lg(V) + 0.03 \text{ (ambienti non occupati)}$$

Nei calcoli viene considerato un pavimento in materiale rigido, pareti rivestite in cartongesso e soffitto con pannelli a quadrati in lana di roccia tipo "Rockfon" o equivalenti. A seguire si riportano i coefficienti di assorbimento utilizzati nei calcoli previsionali.



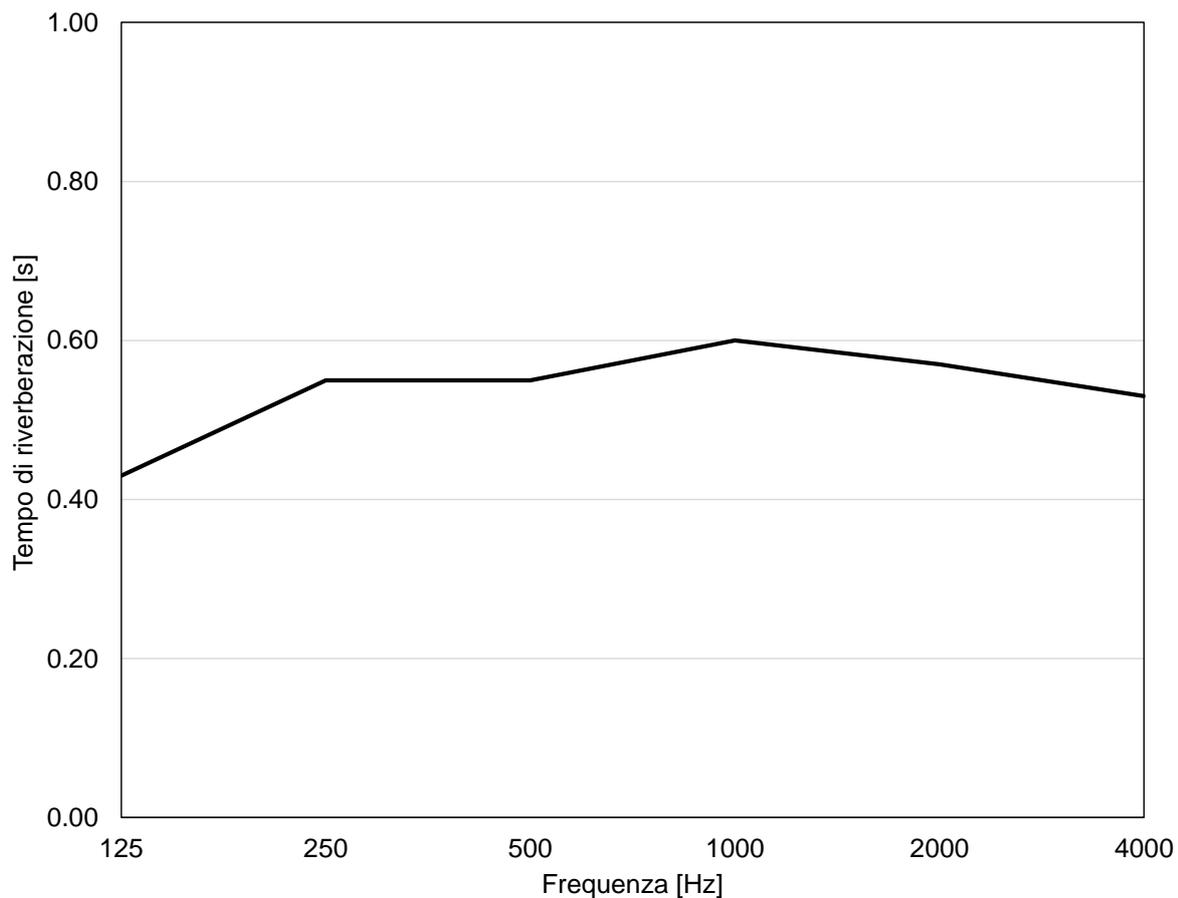
Di seguito si riportano i calcoli del tempo di riverberazione e STI.

### 13.1 Tempo di riverberazione area giochi 11



Area giochi 11 e modello Ramsete

Il tempo di riverberazione e lo STI sono riportati di seguito:



Tempo di riverberazione

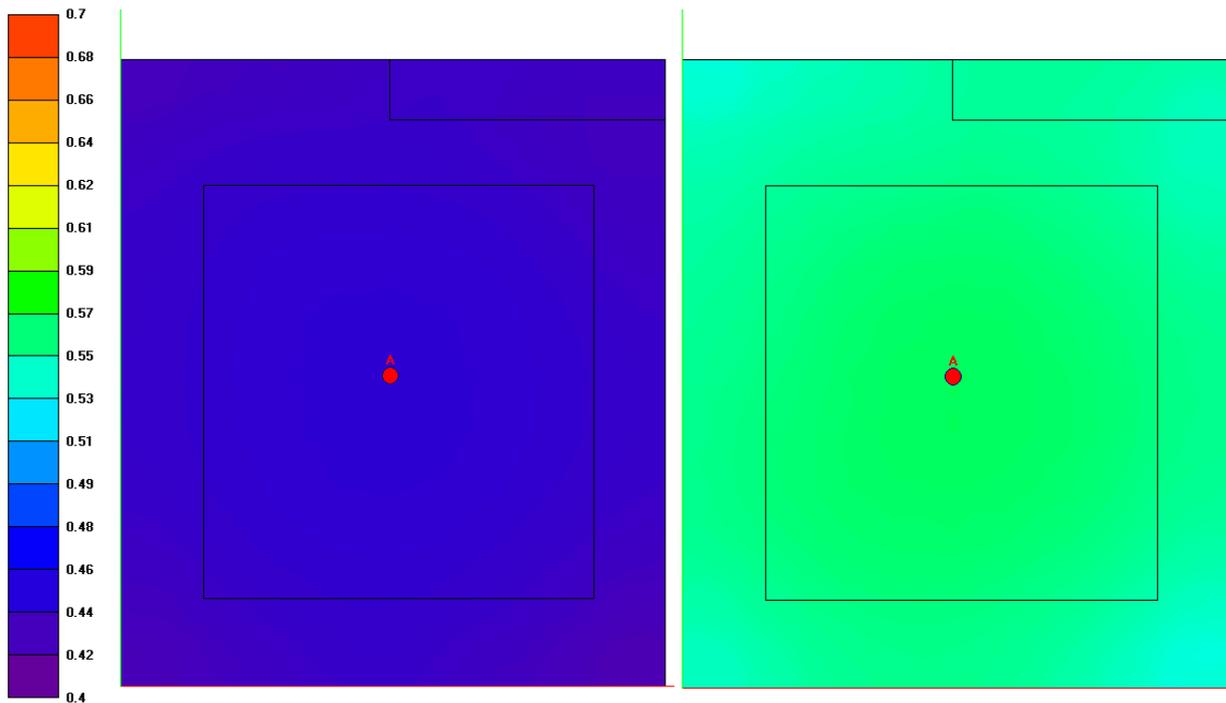
V	75.1	m <sup>3</sup>
---	------	----------------

	125	250	500	1000	2000	4000
T	0.43	0.55	0.55	0.60	0.57	0.53
A	27.9	21.8	21.8	20.0	21.1	22.7
A/V	0.37	0.29	0.29	0.27	0.28	0.30
$1/[1.47+4.69\lg(h)]$	-	0.27	0.27	0.27	0.27	-

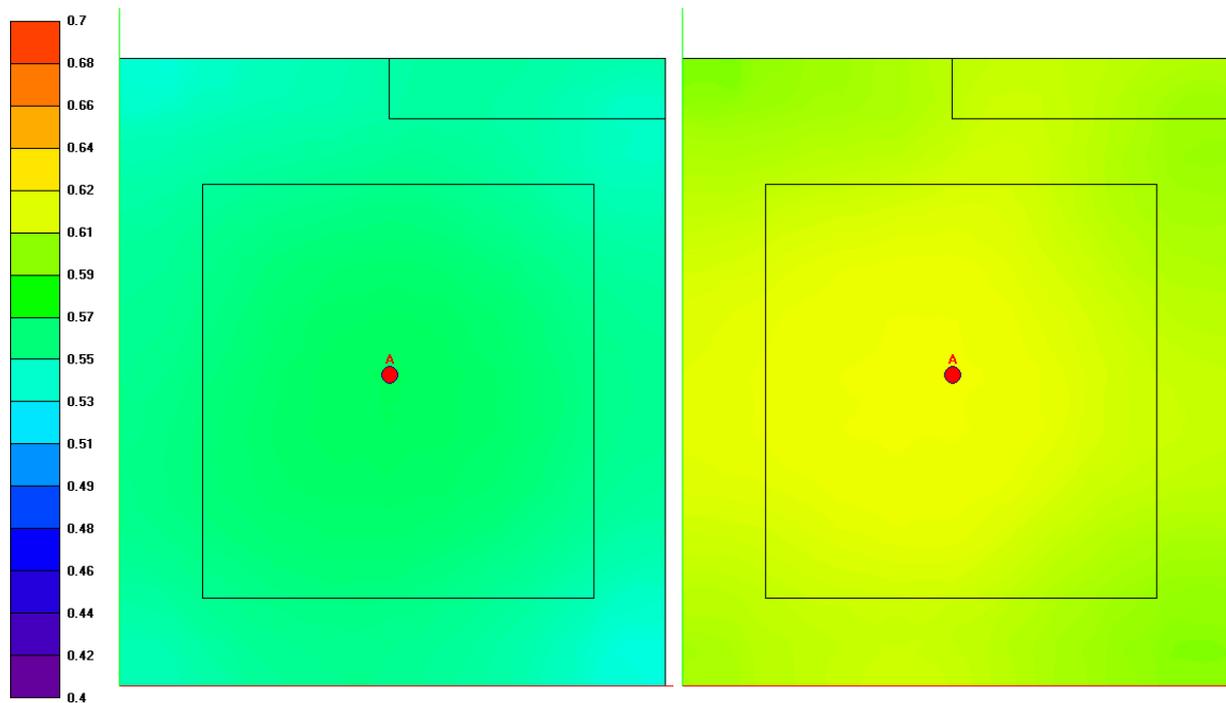
**STI = 0.87**

**I RISULTATI OTTENUTI SONO CONFORMI ALLE RICHIESTE DI LEGGE e alla UNI 11532-2.**

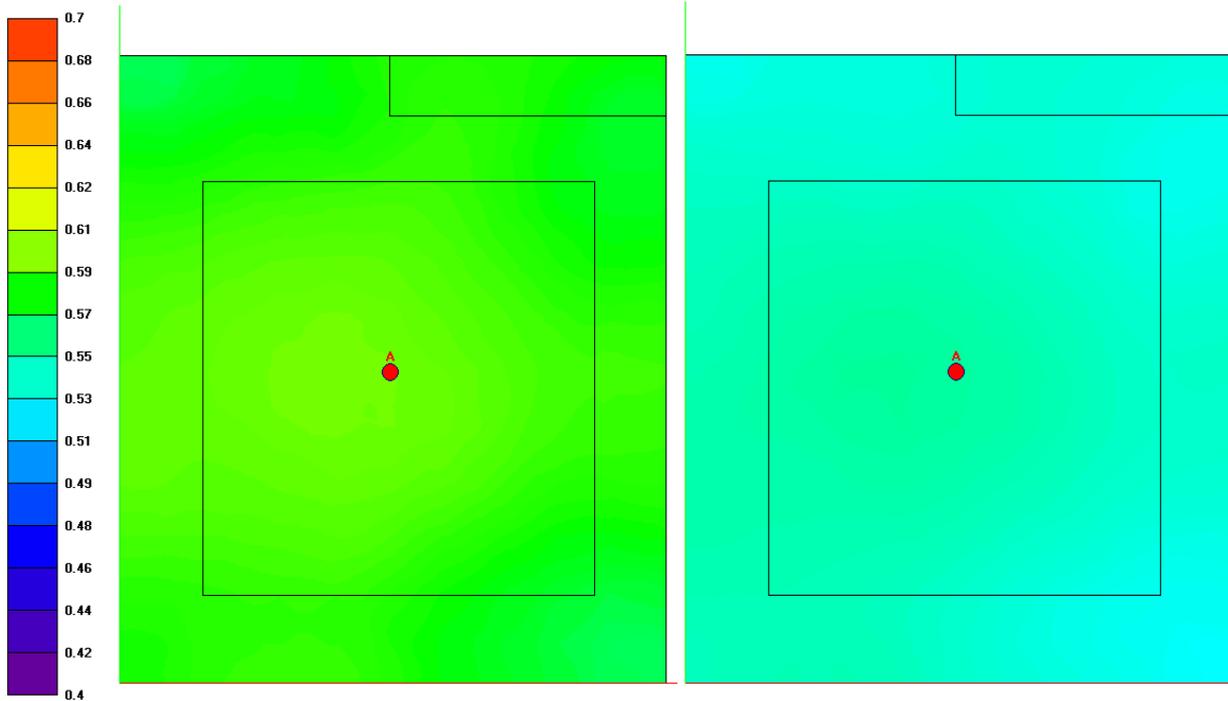
Le mappe relative al tempo di riverberazione sono riportate di seguito:



Tempo di riverberazione 125 Hz e 250 Hz

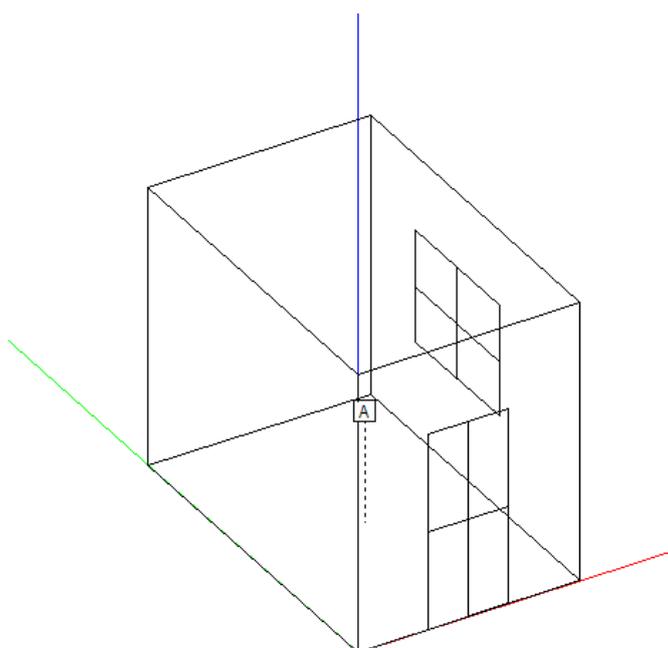
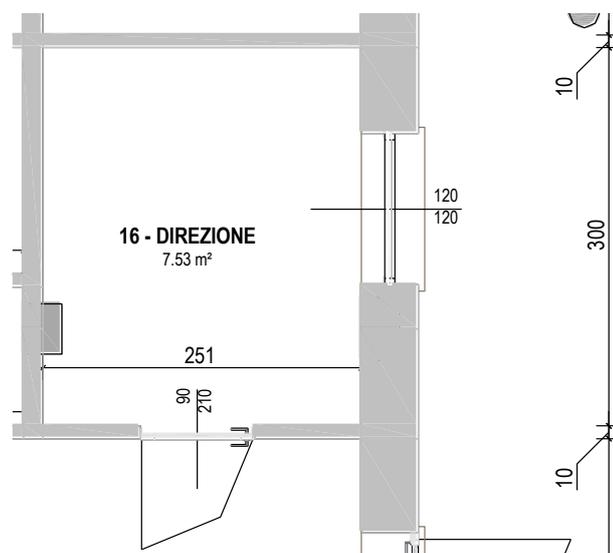


Tempo di riverberazione 500 Hz e 1000 Hz



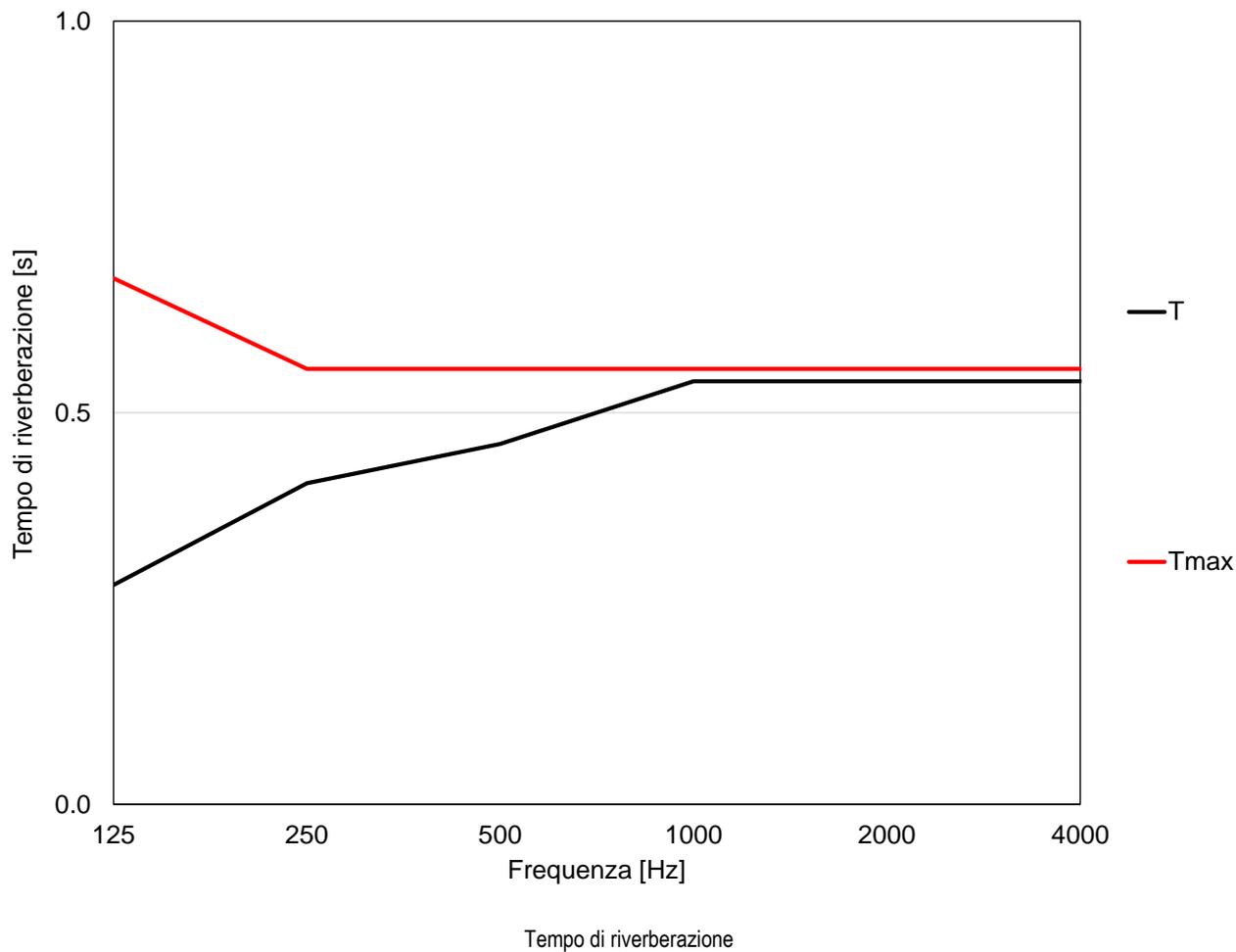
Tempo di riverberazione 2000 Hz e 4000 Hz

### 13.1 Tempo di riverberazione ufficio direzione



Ufficio direzione e modello Ramsete

Il tempo di riverberazione e lo STI sono riportati di seguito:

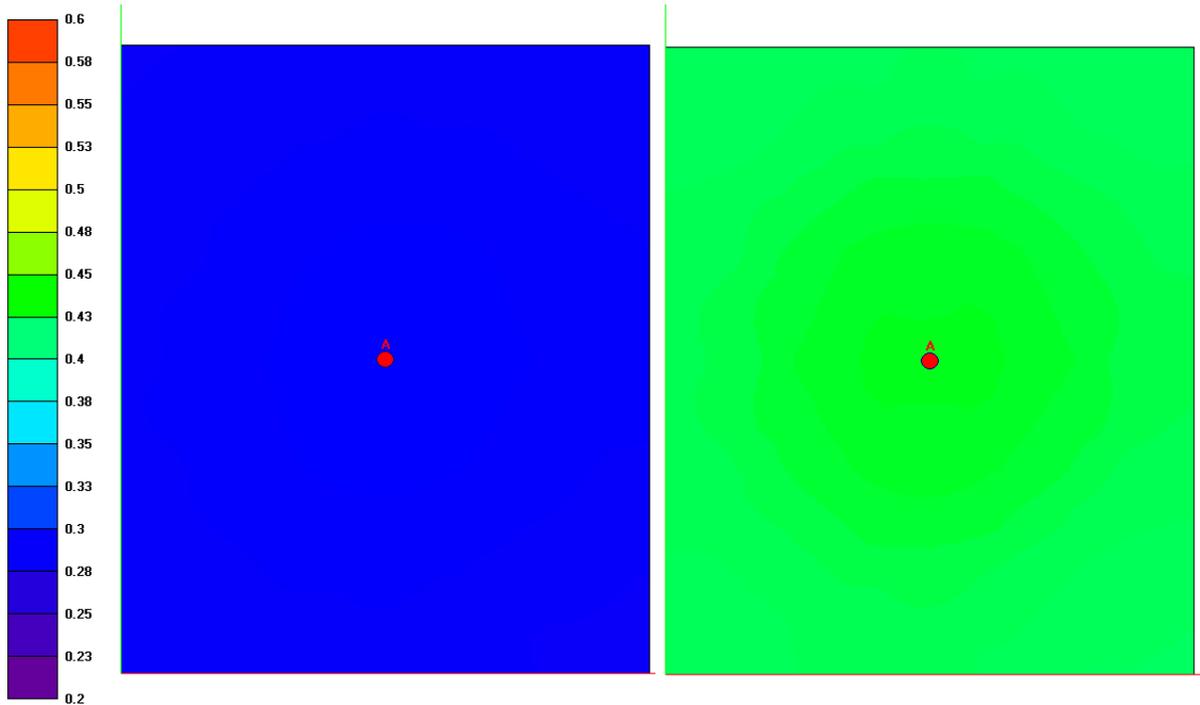


Frequenza	125	250	500	1000	2000	4000
T	0.28	0.41	0.46	0.54	0.54	0.54
T <sub>ott</sub> =0.32lg(V)+0.03	-	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
T <sub>max</sub>	-	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56

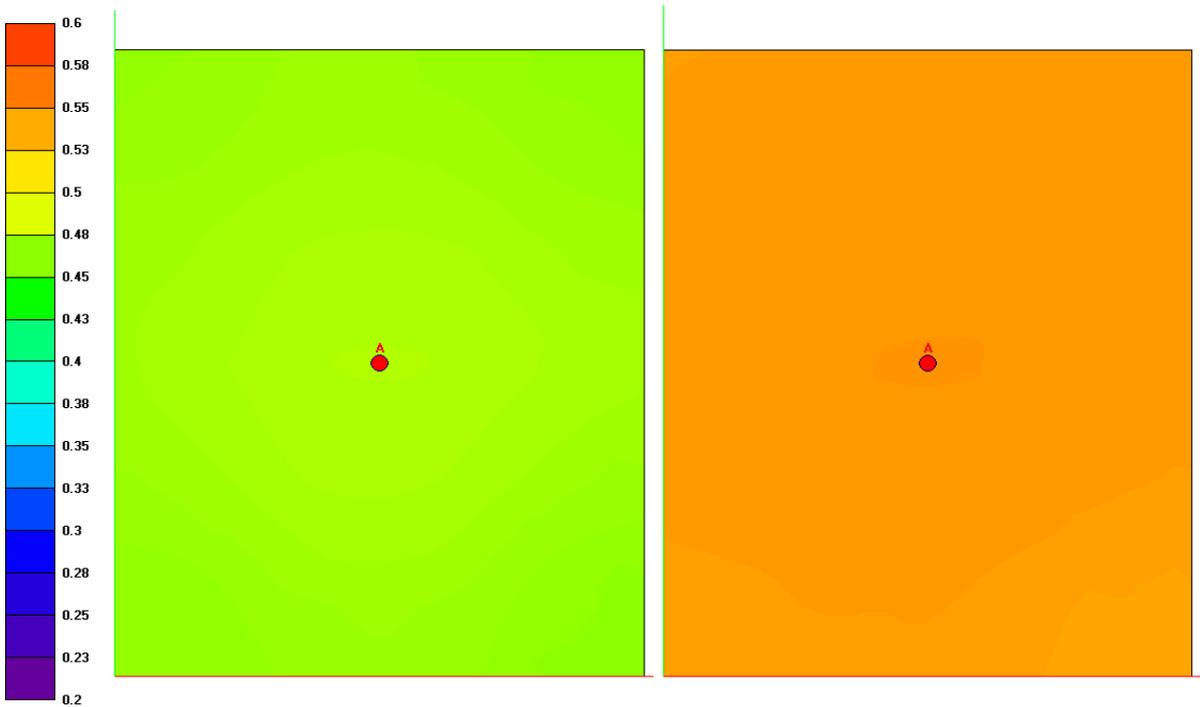
**STI = 0.89**

**I RISULTATI OTTENUTI SONO CONFORMI ALLE RICHIESTE DI LEGGE e alla UNI 11532-2.**

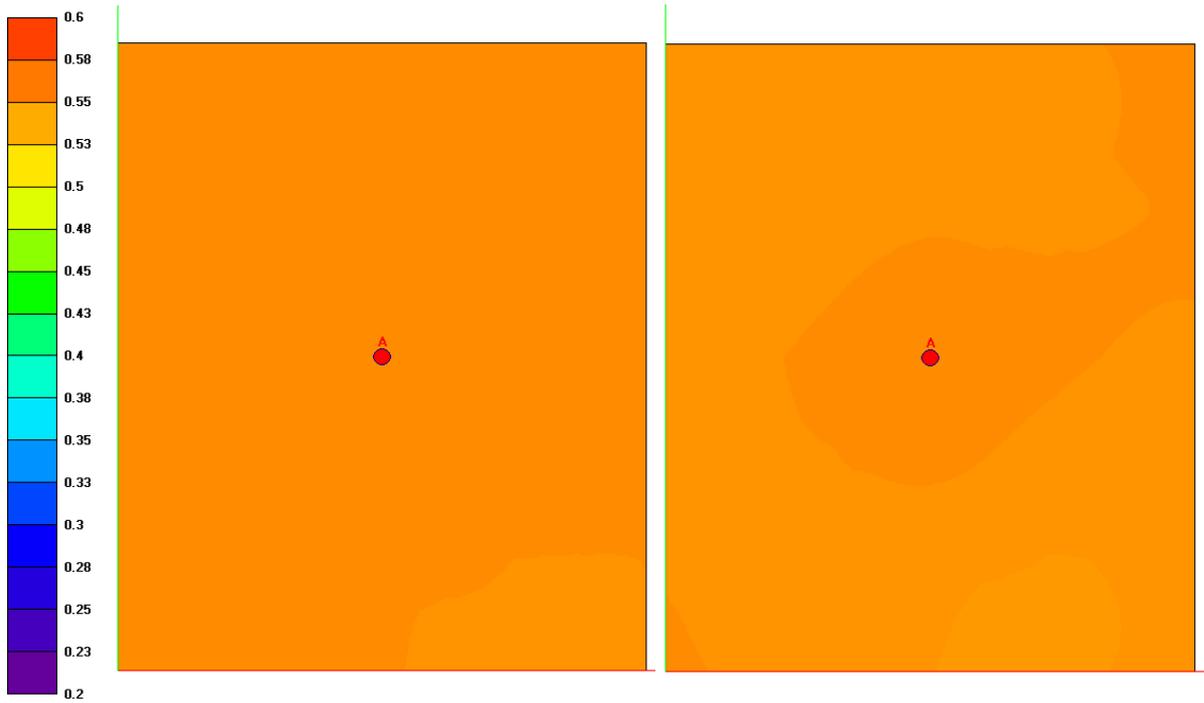
Le mappe relative al tempo di riverberazione sono riportate di seguito:



Tempo di riverberazione 125 Hz e 250 Hz



Tempo di riverberazione 500 Hz e 1000 Hz



Tempo di riverberazione 2000 Hz e 4000 Hz

## 14 CONCLUSIONI

Con la presente relazione tecnica sono stati eseguiti i calcoli previsionali dei requisiti acustici passivi relativi e della qualità acustica relativi al progetto di ampliamento della scuola per l'infanzia "V. da Feltre" sita a Santa Lucia di Piave (TV) al fine di verificare la rispondenza del progetto alle prescrizioni minime di legge. Le strutture analizzate in via previsionale risultano essere idonee a garantire i requisiti di legge, fatte salve le seguenti prescrizioni, oltre a quanto già contenuto ai precedenti paragrafi.

Ai fini di verificare i requisiti minimi richiesti dalla normativa mediante i calcoli previsionali, vengono utilizzati serramenti (sistema globale telaio + vetro) acusticamente isolanti con un **potere fonoisolante certificato in laboratorio su dimensione effettiva (come da progetto) pari a:**

**$R_w = 48$  dB (aree giochi)**

**$R_w = 46$  dB (dormitori)**

**$R_w = 40$  dB (ufficio)**

Ai fini di verificare i requisiti minimi richiesti dalla normativa mediante i calcoli previsionali, vengono utilizzate porte con un **potere fonoisolante certificato in laboratorio su dimensione effettiva (come da progetto) pari a:**

**$R_w = 26$  dB (porte scorrevoli - aree giochi)**

**$R_w = 30$  dB (porte a battente - aree giochi e ufficio)**

Tale ipotesi vanno assunte come prescrizione MINIMA al fine di rispettare i requisiti di legge.

**Le pareti divisorie in cartongesso non devono essere forate con scatole elettriche o impianti.**

Per quanto riguarda la **qualità acustica** all'interno degli ambienti, i materiali scelti permettono di raggiungere i limiti di legge richiesti per il **tempo di riverberazione TR** e per lo **speech transmission index STI**.

I risultati della presente valutazione sono frutto di calcoli previsionali strettamente correlati con l'attuale configurazione del progetto e le relative scelte di materiali e sistemi: variazioni del layout di progetto, dei materiali e dei sistemi rispetto a quanto riportato nella presente potranno comportare variazioni nei risultati finali e di conseguenza nel rispetto dei limiti di legge.

Qualsiasi variazione rispetto a quanto contenuto nella presente relazione dovrà necessariamente essere verificata dal tecnico scrivente.

Padova, 29 settembre 2024

Tecnico Competente in Acustica Ambientale n. **907**, iscritto all'Elenco Nazionale dei Tecnici Competenti in Acustica ai sensi del D. Lgs. n. 42 del 17/02/2017.



**Ing. Cristian Rinaldi**

Tecnico Competente in Acustica Ambientale n. **778**, iscritto all'Elenco Nazionale dei Tecnici Competenti in Acustica ai sensi del D. Lgs. n. 42 del 17/02/2017.



**Ing. Nicola Granzotto**