

RIQUALIFICAZIONE COMPRENSORIO  
EX POLSTRADA A ROIANO

STAZIONE APPALTANTE

COMUNE DI TRIESTE  
Piazza dell'Unità d'Italia, 4  
34121 Trieste  
0406751

AREA LAVORI PUBBLICI  
SERVIZI EDILIZIA SCOLASTICA E SPORTIVA


CIG: 7592120F9B  
CUP:F99J13000580007

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI

CAPOGRUPPO  
PROGETTAZIONE STRUTTURE,  
ARCHITETTURA,  
IMPIANTI,  
ANTINCENDIO,  
CORDINAMENTO SICUREZZA

  
F&M Ingegneria Spa  
Via Belvedere 8/10  
30035 - Mirano (VE)

GEOLOGIA, ACUSTICA, ENERGETICA

  
architettura | ingegneria

RAPPORTO CON GLI ENTI

ING. DENIS ZADNIK

ESPERTO PAESAGGIO

  
landscape planning and design  
www.erikaskabar.com

ESPERTO CAM

ARCH. COCCO CARLOTTA

ESPERTO FORESTALE

DOTT. SIARDI ENRICO

PROGETTO

**PROGETTO ASILO NIDO, AUTORIMESSA  
SEMINTERRATA, AREA VERDE E BOSCO  
URBANO ALL'INTERNO DEL COMPRENSORIO  
EX POLSTRADA A ROIANO**

DISCIPLINA

**ACUSTICA**

EMISSIONE

**PROGETTO DEFINITIVO**

TITOLO

**Valutazione previsionale dei requisiti acustici  
passivi delle strutture edilizie**

REV.	DATA	OGGETTO	DIS.	APPR.

ELABORATO N.

ACUdr\_003\_0

DATA: 07/03/19	SCALA:	FILE: 1247_ACUdr_003_0	J.N. 1247
PROGETTO SB	DISEGNO SB	VERIFICA TT	APPROVAZIONE TT



## **SOMMARIO**

PREMESSA .....	3
NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	3
METODI PREVISIONALI.....	4
DEFINIZIONE DELLE GRANDEZZE .....	5
CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI ABITATIVI.....	6
MURATURA PERIMETRALE ESTERNA.....	7
Locale 030 attività di movimento-formative - Calcolo dell'isolamento acustico standardizzato di facciata .....	8
Locale Bar - Calcolo dell'isolamento acustico standardizzato di facciata .....	12
COPERTURA.....	15
PARTIZIONI INTERNE DI SEPARAZIONE .....	16
Pareti di separazione tra locali interni .....	16
Calcolo dell'indice di potere fonoisolante apparente.....	17
Parete di separazione tra ambienti collegati mediante accessi .....	21
Calcolo dell'indice di potere fonoisolante apparente.....	21
RUMORE PRODOTTO DAGLI IMPIANTI TECNOLOGICI .....	25
ACUSTICA ARCHITETTONICA .....	28
DESCRIZIONE E DESTINAZIONE D'USO DEGLI AMBIENTI .....	28
TEMPO DI RIVERBERAZIONE .....	29
INTELLIGIBILITA' .....	30
SPEECH TRANSMISSION INDEX (STI) .....	30
SOFTWARE DI PREVISIONE ACUSTICA .....	31
CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA DELL'AMBIENTE SONORO IN CONDIZIONI DI UTILIZZO .....	33
STATO DI PROGETTO .....	34
LOCALE 020, SOGGIORNO - PRANZO .....	35
LOCALE 030-043, ATTIVITA' DI MOVIMENTO – FORMATIVE, RIPOSO - RELAX .....	38
CONFRONTO DEGLI SCENARI PROGETTUALI CON I LIMITI DI NORMA .....	40
CONSIDERAZIONI .....	40
CONCLUSIONI.....	41

### **Allegati**

ALLEGATO 01 – Attestato di riconoscimento del Tecnico Competente in Acustica Ambientale.

## PREMESSA

La presente relazione tecnica descrive circa le caratteristiche tecnico-costruttive da adottarsi nei lavori per la realizzazione di un asilo nido e di un locale bar presso l'area denominata "Ex polstrada a Roiano" sita in Comune di Trieste (TS) al fine di prevedere il rispetto dei limiti di cui alla normativa specifica relativamente ai requisiti acustici passivi ed alla qualità acustica degli ambienti confinati.

Nello specifico l'analisi ha analizzato le specifiche della composizione delle componenti verticali ed orizzontali previste in fase di progetto ed alcuni particolari costruttivi.

Lo studio si è avvalso di un software di elaborazione per la determinazione previsionale secondo algoritmi di calcolo definiti dalla norma UNI EN 12354 "Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti", rapporto tecnico UNI/TR 11175 "Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici - Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale" oltre che da nozioni tecniche fondamentali estrapolate dai maggiori testi di letteratura tecnica specifica e da esperienze pratiche in opera.

L'elaborazione dei dati e le considerazioni relative si basano sull'analisi degli elaborati grafici e delle informazioni fornite dallo studio di progettazione.

I dati elaborati si riferiscono ad analisi teoriche svolte mediante ausilio di opportuni algoritmi di calcolo ed analizzano, pertanto, le prestazioni delle soluzioni proposte in ideali condizioni di posa in opera.

## NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente analisi previsionale sarà volta alla verifica di quanto previsto nel decreto 11 ottobre 2017, che disciplina i criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione e manutenzione di edifici pubblici.

Tale Decreto, al punto 2.3.5.6 "comfort acustico" disciplina i valori dei requisiti acustici passivi dell'edificio secondo le Norme UNI 11367 e UNI 11532.

Per quanto concerne il quadro normativo si fa riferimento alle disposizioni più correntemente utilizzate nella letteratura tecnica specifica. Per riferimenti non aggiornati si applica la più recente edizione della pubblicazione.

- UNI EN ISO serie 10140 "Acustica - Misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio" strutturata nelle seguenti parti:
  - Parte 1: Regole di applicazioni per prodotti particolari;
  - Parte 2: Misurazione dell'isolamento acustico per via aerea;
  - Parte 3: Misurazione dell'isolamento del rumore da calpestio;
  - Parte 4: Procedure e requisiti di misurazione;
  - Parte 5: Requisiti per le apparecchiature e le strutture di prova.
- UNI EN ISO 717-1 Acustica - Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Isolamento di rumori aerei.
- UNI EN ISO 717-2 Acustica - Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Isolamento di rumore di calpestio.
- UNI EN 12354-1 Acustica degli edifici. Stima della prestazione acustica di edifici dalla prestazione di prodotti - Isolamento a rumori aerei tra ambienti.
- UNI EN 12354-2 Acustica degli edifici - Stima della prestazione acustica di edifici dalla prestazione di prodotti - Isolamento al rumore di calpestio fra ambienti.
- UNI EN 12354-3 Acustica degli edifici - Stima della prestazione acustica di edifici dalla prestazione dei prodotti. Isolamento al rumore aereo proveniente dall'esterno.
- UNI EN 12354-4 Acustica degli edifici - Stima della prestazione acustica di edifici dalla prestazione dei prodotti. Trasmissione del rumore interno verso l'esterno.
- UNI/TR 11175 Guida alle Norme serie UNI 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici.
- UNI 11367-2010 Acustica in edilizia - Classificazione acustica delle unità immobiliari. Procedura di valutazione e verifica in opera
- UNI 11444-2012 Classificazione acustica delle unità immobiliari. Linee guida per la selezione delle unità immobiliari in edifici con caratteristiche non seriali
- ISO/DIS 11654 Acustica - Assorbitori sonori per l'impiego negli edifici. Stima dell'assorbimento acustico.
- UNI 11532 Acustica in edilizia - Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati.
- UNI EN ISO 3822:2010 Acustica - Misurazione in laboratorio del rumore emesso dai rubinetti e dalle apparecchiature idrauliche utilizzate negli impianti per la distribuzione dell'acqua.

## METODI PREVISIONALI

I principali metodi previsionali per verificare il grado di conformità di un'opera ai requisiti acustici passivi previsti, possono essere classificati nei seguenti:

- **metodo descrittivo**: è basato sulla descrizione di progetti esistenti giudicati soddisfacenti;
- **metodo di calcolo**: consente la previsione delle prestazioni acustiche di un'opera tramite relazioni matematiche basate sulla conoscenza dei valori relativi ad analisi di laboratorio su tipologie di prodotto;
- **metodo basati su misurazioni**: consentono la determinazione sperimentale delle prestazioni acustiche di un edificio o di parte di esso mediante misure in laboratorio (**metodo di laboratorio**) o mediante analisi in opera dopo la costruzione della stessa (**metodo di analisi in situ**).

La **valutazione previsionale** di tali prestazioni mediante metodo di calcolo richiede l'elaborazioni di un modello matematico adeguato, che sia rappresentativo dei diversi fenomeni connessi alla propagazione del rumore sia di tipo aereo che impattivo.

Il metodo utilizzato per la determinazione del livello di rumore negli ambienti è quello di tipo statistico "ANALISI STATISTICA DELLE VARIABILI ENERGETICHE" (SEA, Statistical Energy Analysis).

Tale metodologia si basa sulla ipotesi di una sufficiente ed uniforme densità modale del sistema in esame con applicazione allo studio della trasmissione delle vibrazioni nelle strutture

Con l'ausilio dei seguenti software di calcolo:

- "Edil ISO" – M. Garai, S. Secchi, G. Semprini – Maggioli Editore
- "Ramsete 2.0 – Software di previsione acustica" – Genesis
- "SONIDO" - versione 1.4 – "Microbel"
- "SONIDO PRO" - versione "1.5.4" – "Microbel"
- "NIS" – software per la progettazione, verifica e collaudo - "Eos"
- "Evaluator Tipo 7820 – Version 3.31" - "Brüel & Kjær"
- "Qualifier Tipo 7830 – Version 3.31" - "Brüel & Kjær"
- "Building Acoustics System BZ7204" - "Brüel & Kjær"
- "Room Acoustics BZ7207" - "Brüel & Kjær"

Il supporto tecnico è fornito dalla seguente letteratura tecnica:

- "Manuale di acustica applicata" – Renato Spagnolo, Edizioni UTET
- "Elementi di acustica tecnica" – R. Lazzarin, M. Strada – CLEUP
- "Note di acustica applicata" – E. Robaudi
- "Compendio di acustica" - K.Anthony Hoover
- "Acustica" – William W. Seto, Collana Schaum
- "L'attenuazione del rumore" - Ian Sharland, Edizioni Woods Italiana
- "L'acustica applicata all'edilizia" - Atti del convegno di Verona 24.11.2000
- "L'isolamento acustico nell'edilizia" – M. Toni, Ance
- "L'acustica nella progettazione architettonica" – Cristiana Bernasconi, Edizioni il Sole 24 Ore
- "Acustica applicata per la diffusione sonora" – U. Nicolau – Ed. Il Rostro
- "Progettare il silenzio" – Anna Magrini – EPC libri.

*Valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi delle strutture edilizie*

## DEFINIZIONE DELLE GRANDEZZE

Le grandezze che caratterizzano i requisiti acustici passivi degli edifici sono:

1. Il tempo di riverberazione (T), definito dalla norma ISO 3382:2001;
2. Il potere fonoisolante apparente di elementi di separazione fra ambienti (R), definito dalla norma UNI EN ISO 16283-1:2014;
3. L'isolamento acustico standardizzato di facciata ( $D_{2m,nT}$ ), definito da:

$$D_{2m,nT} = D_{2m} + 10 \cdot \log \frac{T}{T_0}$$

dove:

$D_{2m} = L_{1,2m} - L_2$  è la differenza tra:

$L_{1,2m}$  è il livello di pressione sonora esterno a 2 metri dalla facciata, prodotto da rumore da traffico se prevalente, o da altoparlante con incidenza del suono di 45° sulla facciata;

$L_2$  è il livello di pressione sonora medio nell'ambiente ricevente, valutato a partire dai livelli misurati nell'ambiente ricevente mediante la seguente formula:

$$L_2 = 10 \cdot \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \right)$$

Le misure dei livelli  $L_i$  devono essere eseguite in numero di n per ciascuna banda di terzi di ottava.

Il numero n è il numero intero immediatamente superiore ad un decimo del volume dell'ambiente; in ogni caso, il valore minimo di n è cinque; T è il tempo di riverberazione nell'ambiente ricevente, in "s";  $T_0$  è il tempo di riverberazione di riferimento assunto, pari a 0,5 s;

4. Il livello di rumore di calpestio di solai normalizzato ( $L_n$ ) definito dalla norma EN ISO 16283-2;
5.  $L_{ASmax}$  : livello massimo di pressione sonora, ponderata A con costante di tempo slow;
6.  $L_{Aeq}$  : livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderata A.

Gli indici di valutazione che caratterizzano i requisiti acustici passivi degli edifici sono:

- a) indice del potere fonoisolante apparente di partizione fra ambienti ( $R_w$ ) da calcolare secondo la norma UNI EN ISO 717-1, parte 1<sup>a</sup>.
- b) indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) da calcolare secondo le stesse procedure di cui al precedente punto a.;
- c) indice del rumore di calpestio di solai, normalizzato ( $L_{n,w}$ ) da calcolare secondo la procedura descritta dalla norma UNI EN ISO 717-1, parte 2<sup>a</sup>.

### Rumore prodotto dagli impianti tecnologici

La rumorosità prodotta dagli impianti tecnologici non deve superare i seguenti limiti:

35 dB(A)  $L_{Amax}$  con costante di tempo slow per i servizi a funzionamento discontinuo;

25 dB(A)  $L_{Aeq}$  per i servizi a funzionamento continuo.

Le misure di livello sonoro devono essere eseguite nell'ambiente nel quale il livello di rumore è più elevato. Tale ambiente deve essere diverso da quello in cui il rumore si origina.

*Valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi delle strutture edilizie*

## CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI ABITATIVI

Con riferimento a quanto previsto dal Decreto 11/10/2017 i requisiti prestazionali delle pareti interne di separazione tra aule e di separazione tra aule e corridoi verranno valutate secondo quanto previsto dalla Norma UNI 11367 e dalle relative Appendice "A" ed Appendice "B".

Si riportano di seguito i valori di riferimento:

### Appendice A – prospetto A.1

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

### Appendice B – prospetto B.1

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

*Valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi delle strutture edilizie*

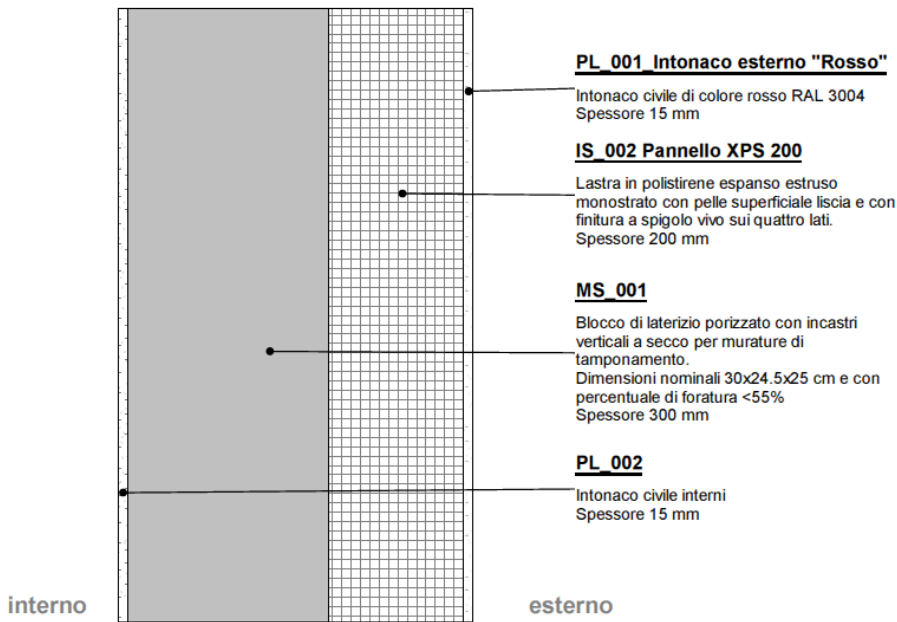
## **MURATURA PERIMETRALE ESTERNA**

### **Asilo Nido - Descrizione della tipologia prevista**

In fase progettuale, da un punto di vista architettonico, si prevede la formazione di muratura perimetrale costituita da parete in laterizio porizzato dello spessore di 30 cm intonacata internamente e cappotto termoisolante in XPS esterno dello spessore di 20 cm intonacato.

L'indice del potere fonoisolante apparente previsto per i serramenti (pari a 44 dB) dovrà essere certificato da prova acustica di laboratorio che ne attesti la rispondenza.

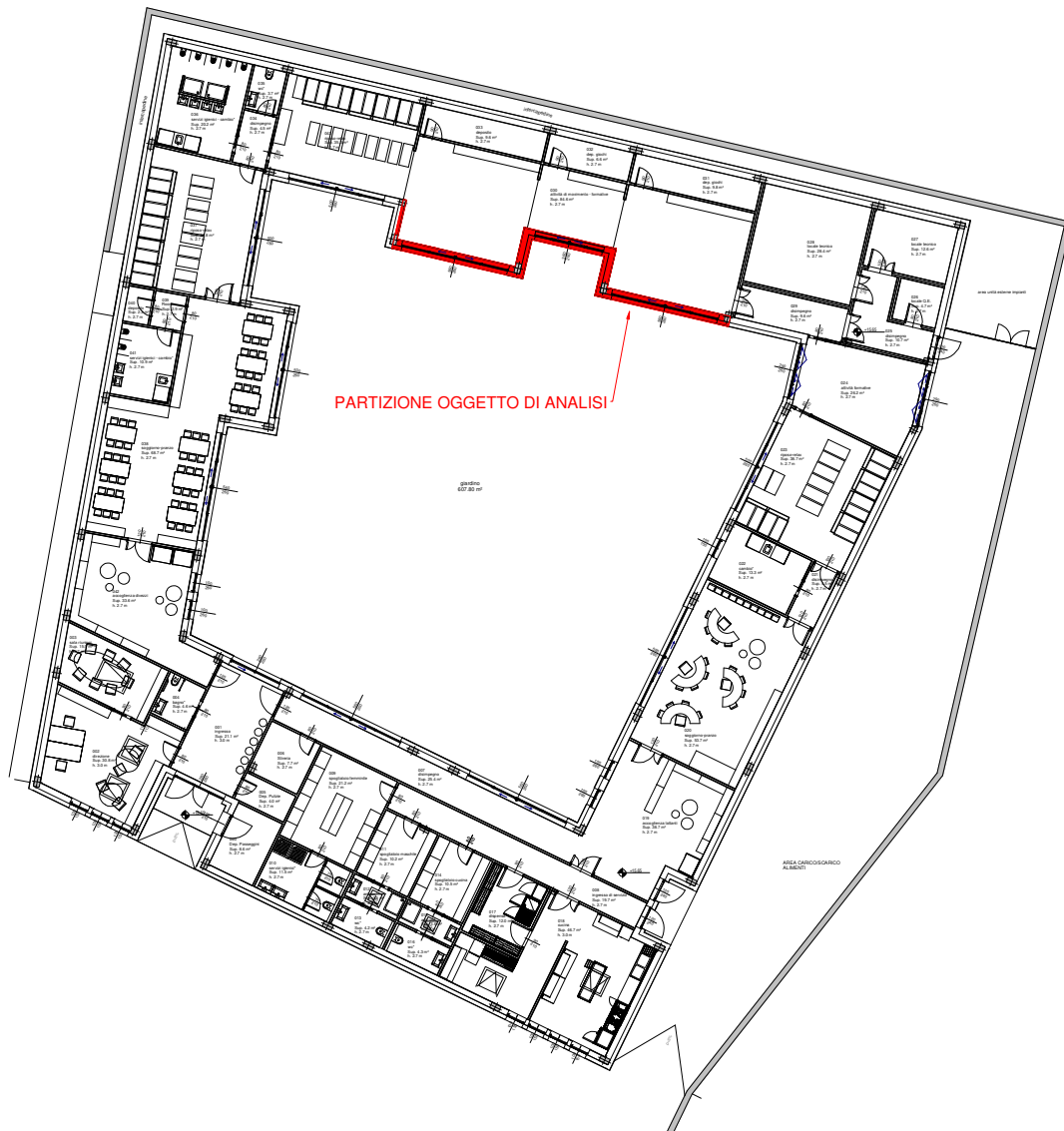
Tali caratteristiche prestazionali dei serramenti si riferiscono a tutti i serramenti verso l'esterno di nuova realizzazione previsti per l'ambito riguardante l'asilo nido.



*Valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi delle strutture edilizie*

**Locale 030 attività di movimento-formative - Calcolo dell'isolamento acustico standardizzato di facciata**

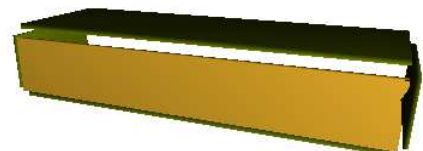
Si è proceduto all'analisi di un locale tipo, identificato nel locale attività di movimento – formative (030), mediante il software previsionale per l'isolamento acustico "Sonido-Pro", i cui risultati sono allegati di seguito:



Vista interna

Caratteristiche facciata

Vista tridimensionale



**Geometria ambienti**

Dimensioni ambiente ricevente (Largh. x Lungh. x Alt.) [m]: **17,46 x 5,94 x 2,7**

**Caratteristiche facciata**

Forma della facciata: **Facciata piana** DLfs = 0

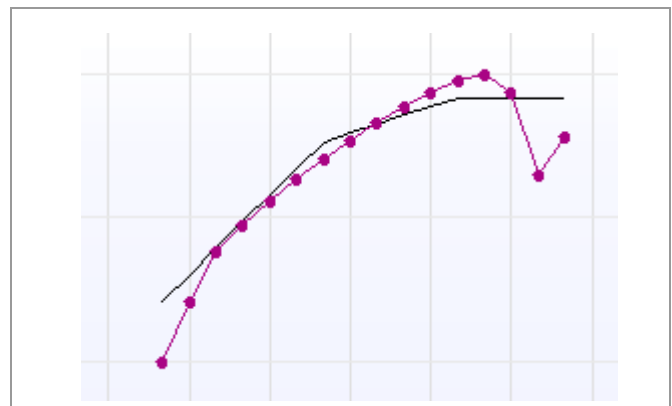
## Risultati di calcolo

Calcolo previsionale eseguito secondo UNI EN 12354-3  
Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea

Indici di valutazione ottenuti:

**$D_{2m,nT,w}$  (C, Ctr) = 44,0 (-3, -8) dB**

Freq. [Hz]	Rif. [dB]	Ri [dB]
50		
63		
80		
100	25,0	18,2
125	28,0	25,0
160	31,0	30,5
200	34,0	33,7
250	37,0	36,3
315	40,0	38,8
400	43,0	41,1
500	44,0	43,1
630	45,0	45,1
800	46,0	47,1
1K	47,0	48,6
1,25K	48,0	50,0
1,6K	48,0	50,6
2K	48,0	48,7
2,5K	48,0	39,2
3,15K	48,0	43,6
4K		
5K		



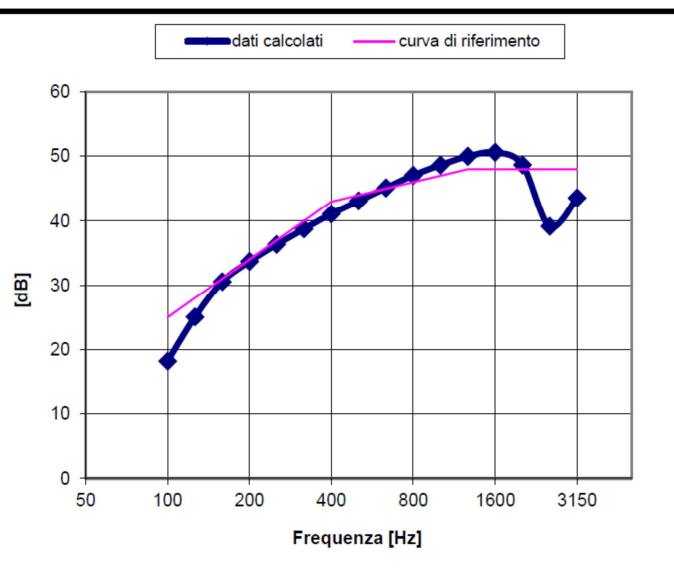
*Risulta essere soddisfatto il requisito di prestazione superiore secondo prospetto A1 della UNI 11367*

Calcolo previsionale eseguito secondo EN 12354-3

Nome	COMUNE DI TRIESTE
Progetto:	Progetto asilo nido, autorimessa con bar all'interno del comprensorio "Ex Polstrada" a Roiano
Località:	Trieste (TS)
Tipologia Locale :	Locale attività di movimento - formative [030]

[illegible]

f [Hz]	D <sub>2m,nT</sub>	Rif
50		
63		
80		
100	18,2	25,0
125	25,0	28,0
160	30,5	31,0
200	33,7	34,0
250	36,3	37,0
315	38,8	40,0
400	41,1	43,0
500	43,1	44,0
630	45,1	45,0
800	47,1	46,0
1000	48,6	47,0
1250	50,0	48,0
1600	50,6	48,0
2000	48,7	48,0
2500	39,2	48,0
3150	43,6	48,0
4000		
5000		



$$D_{2m,nT,w} = 44,0 \text{ dB}$$

$S_s$	47,1 m <sup>2</sup>
$V_f$	280,02 m <sup>3</sup>

10

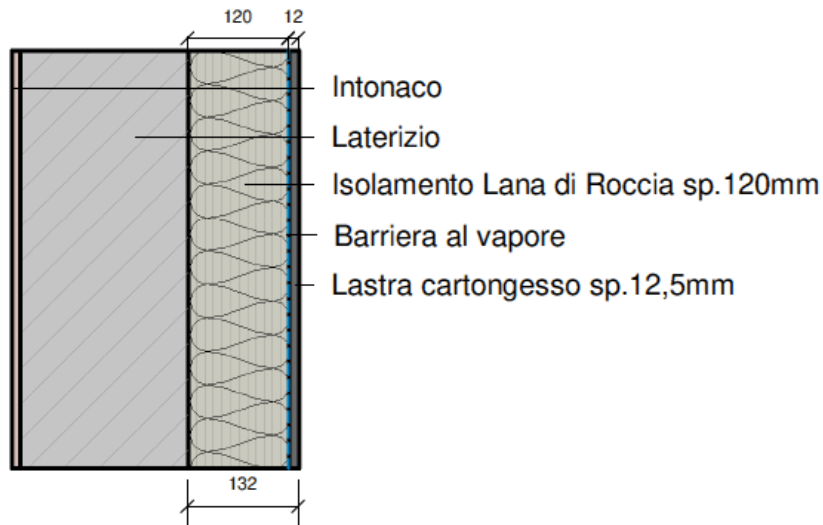
*Valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi delle strutture edilizie*

### **Bar - Descrizione della tipologia prevista**

In fase progettuale, da un punto di vista architettonico, si prevede la formazione di muratura perimetrale costituita da parete in laterizio dello spessore di 20 cm intonacata esternamente e rifoderata interna in tecnica a secco composta da orditura metallica saturata con pannelli in lana minerale (sp. 12 cm) e rivestimento superficiale in lastra di gesso rivestito.

L'indice del potere fonoisolante apparente previsto per i serramenti (pari a 44 dB) dovrà essere certificato da prova acustica di laboratorio che ne attesti la rispondenza.

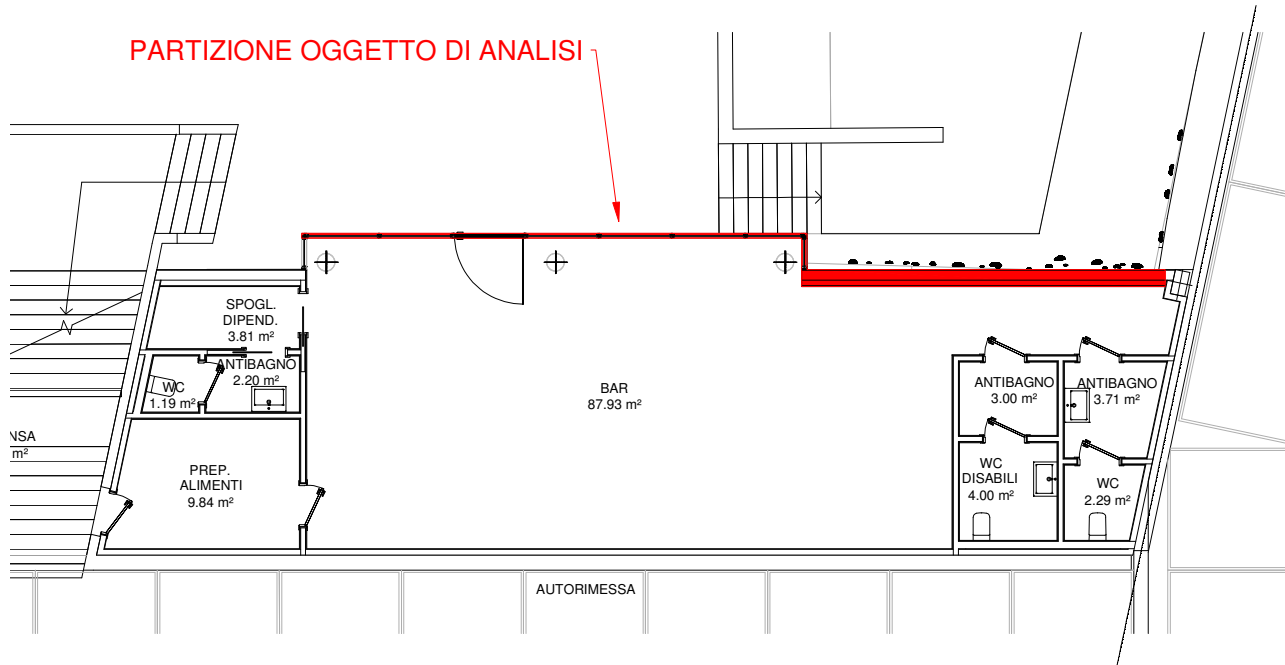
Tali caratteristiche prestazionali dei serramenti si riferiscono a tutti i serramenti verso l'esterno di nuova realizzazione previsti per l'ambito riguardante l'asilo nido.



*Valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi delle strutture edilizie*

**Locale Bar - Calcolo dell'isolamento acustico standardizzato di facciata**

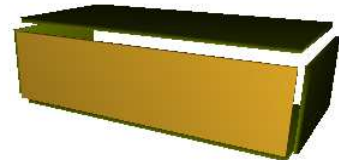
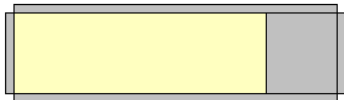
Si è proceduto all'analisi dell'affaccio del locale Bar mediante il software previsionale per l'isolamento acustico "Sonido-Pro", i cui risultati sono allegati di seguito:



Vista interna

Caratteristiche facciata

Vista tridimensionale



**Geometria ambienti**

Dimensioni ambiente ricevente (Largh. x Lungh. x Alt.) [m]: **13,2 x 6,36 x 3,3**

**Caratteristiche facciata**

Forma della facciata: **Facciata piatta** DLfs = 0

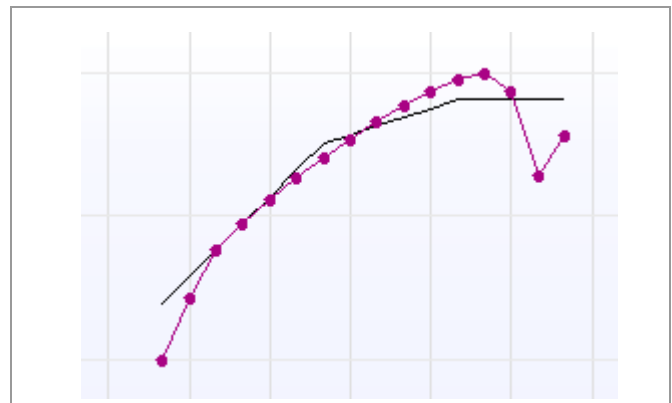
## Risultati di calcolo

Calcolo previsionale eseguito secondo UNI EN 12354-3  
Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea

Indici di valutazione ottenuti:

$$D_{2m,nT,w} (C, Ctr) = 43,0 (-2, -7) \text{ dB}$$

Freq. [Hz]	Rif. [dB]	Ri [dB]
50		
63		
80		
100	24,0	17,6
125	27,0	24,5
160	30,0	30,0
200	33,0	33,1
250	36,0	35,7
315	39,0	38,2
400	42,0	40,5
500	43,0	42,5
630	44,0	44,5
800	45,0	46,4
1K	46,0	48,0
1,25K	47,0	49,3
1,6K	47,0	49,9
2K	47,0	48,0
2,5K	47,0	38,5
3,15K	47,0	42,9
4K		
5K		



*Risulta essere soddisfatto il requisito di prestazione superiore secondo prospetto A1 della UNI 11367*

[illegible]

## **COPERTURA**

La copertura dell'asilo e dell'ambito Bar/Autorimessa sarà realizzata con solaio piano composto da struttura in laterizio, cappa in C.A. dello spessore di 5 cm e sovrastanti isolamento termico e manto destinato a verde intensivo alternato ad aree cementate.

Nell'asilo, all'intradosso della struttura portante, è prevista la realizzazione di un controsoffitto fonoassorbente.

Al netto del manto di finitura e del controsoffitto che risultano essere variabili, in applicazione della [2], il potere fonoisolante del solaio a perdere in oggetto equivale a:

$$R_w = 23 \cdot \log 483 - 8 = 53 \text{ dB}$$

La massa areica è stimata secondo fonti di letteratura tecnica.

Non si ritengono necessari interventi migliorativi alle indicazioni progettuali architettoniche fornite.

Valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi delle strutture edilizie

## PARTIZIONI INTERNE DI SEPARAZIONE

### Premessa

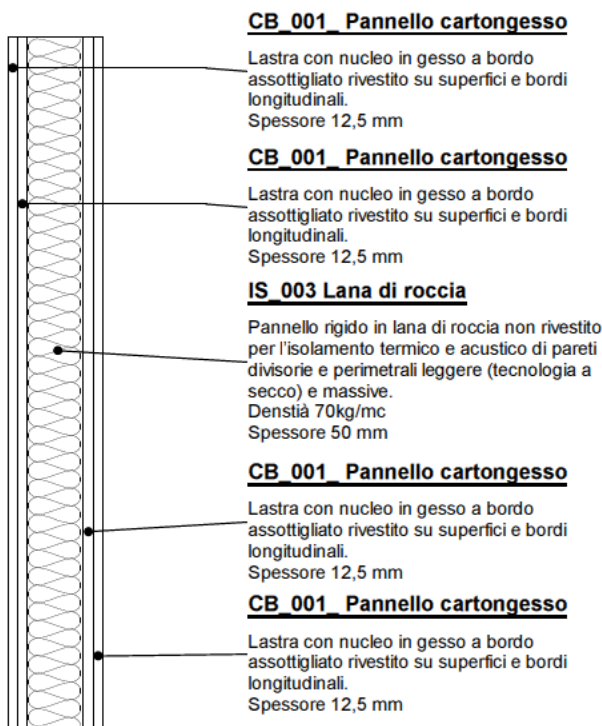
In fase progettuale, da un punto di vista architettonico si prevede la formazione di partizioni interne di separazione in tecnica a secco.

Verrà svolta un'analisi teorica previsionale atta a verificare la conformità acustica di tali partizioni al decreto 11 ottobre 2017, che disciplina i criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione e manutenzione di edifici pubblici.

Tale Decreto, al punto 2.3.5.6 "comfort acustico" stabilisce i valori dei requisiti acustici passivi dell'edificio secondo la Norma UNI 11367 – Appendice A e Appendice B.

### Pareti di separazione tra locali interni

Le pareti di separazione tra i locali interni adibiti ad insegnamento, riposo, accoglienza etc. saranno caratterizzate da stratigrafia rappresentata nel particolare grafico sotto riportato.



Essa si compone di struttura metallica dello spessore di 50 mm, intercapedine saturata con pannelli in lana minerale dello spessore di 50 mm.

Il rivestimento superficiale verrà realizzato con doppia lastra in cartongesso dello spessore di 25 mm su ambo i lati (ove necessario verranno installate lastre di tipo idrorepellente).

In fase di posa in opera verranno rivestite con fascia resiliente in polietilene dello spessore di 3 mm tutte le orditure (guide e montanti) a diretto contatto con le strutture edilizie in CLS e laterizio.

*Valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi delle strutture edilizie*

### **Calcolo dell'indice di potere fonoisolante apparente**

Il calcolo ha preso in esame la partizione individuata nella parete di separazione tra i locali 003 sala riunioni e 042 accoglienza divezzi.

L'indice del potere fonoisolante apparente della partizione in oggetto equivale a:

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

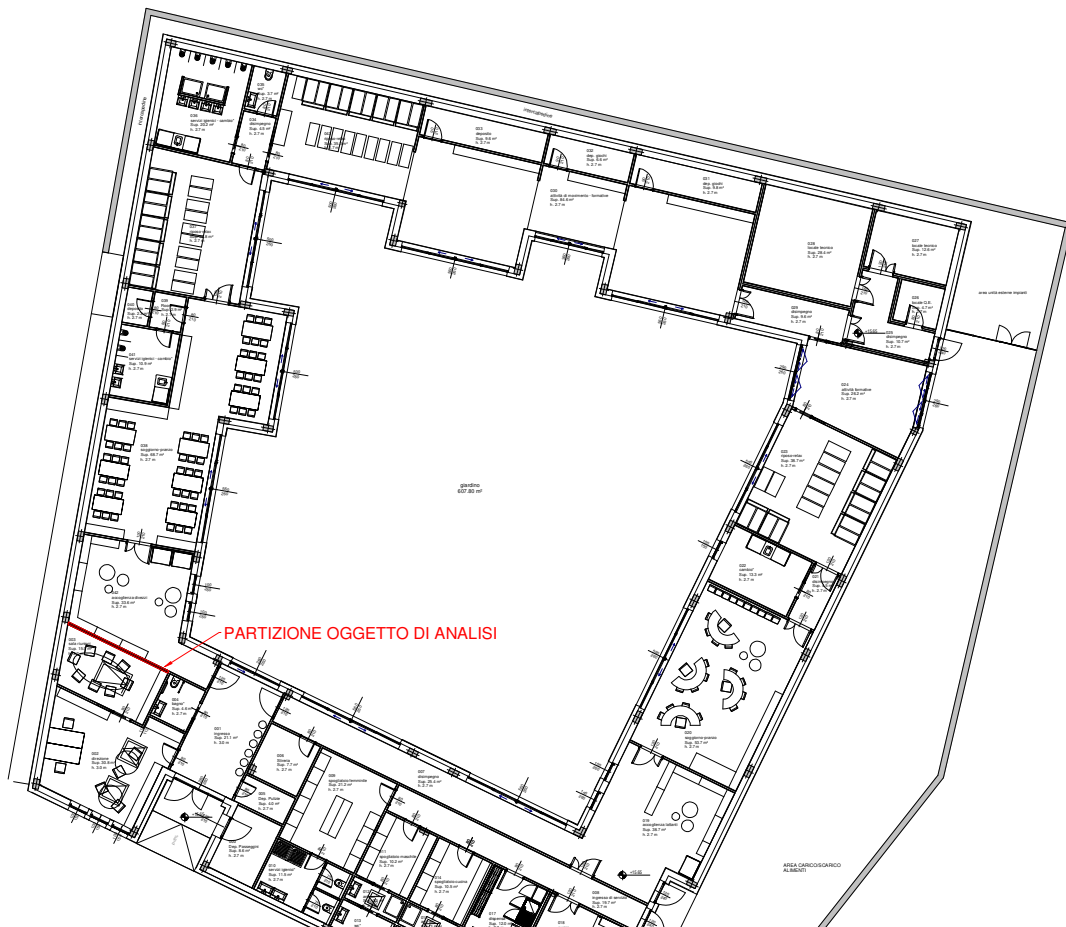
L'equazione è funzione degli indici di valutazione del potere fonoisolante,  $R_{ij,w}$ , di tutti i percorsi (ij) diretti ed indiretti possibili fra i due ambienti e dove  $n$  è il numero degli elementi di fiancheggiamento dell'elemento di separazione il cui calcolo verrà effettuato mediante programma di calcolo "Sonido Pro" secondo le modalità di cui al modello CEN.

I dati analitici di laboratorio del potere fonoisolante sono individuati nel software "Sonido Pro" – Microbel S.r.l.

I singoli contributi delle perdite per fiancheggiamento sono determinati in applicazione dell'algoritmo di calcolo norma UNI EN 12354 e norma UNI-TR 11175 e tengono in considerazione il fattore correttivo delle vibrazioni prodotte dal giunto  $K_{ij}$  calcolati a 500 Hz.

I risultati sono evidenziati nelle pagine successive.

Tale valore non considera, inoltre, le perdite connesse alla non perfetta posa in opera ed al passaggio delle componenti impiantistiche che sono difficilmente prevedibili in fase di studio analitico preventivo ma che possono comportare ulteriori perdite prestazionali del manufatto.



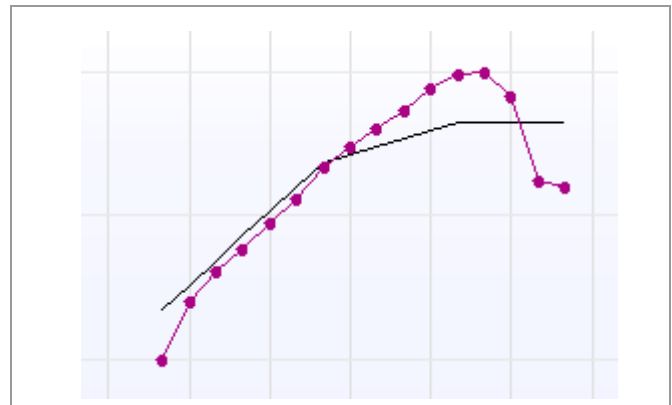
## Risultati di calcolo

### Calcolo previsionale eseguito secondo UNI EN 12354-1 Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti

Indici di valutazione ottenuti:

$$R_w (C, Ctr) = 54,0 (-2, -7) \text{ dB}$$

Freq. [Hz]	Rif. [dB]	Ri [dB]
50		
63		
80		
100	35,0	28,9
125	38,0	35,9
160	41,0	39,8
200	44,0	42,3
250	47,0	45,7
315	50,0	48,6
400	53,0	52,6
500	54,0	54,9
630	55,0	57,2
800	56,0	59,5
1K	57,0	62,0
1,25K	58,0	64,0
1,6K	58,0	64,1
2K	58,0	61,3
2,5K	58,0	50,9
3,15K	58,0	50,1
4K		
5K		



Al fine di poter analizzare il valore dell'indice di potere fonoisolante determinato con quanto previsto nell'appendice A – prospetto A1 delle UNI 11367 si è proceduto, secondo UNI/TR 11175/2005 al punto 4.2.1 alla determinazione dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione  $D_{nT,w}$ , e pertanto:

$$D_{nT,w} \cong R'_w + 10 \log \frac{V}{3 * S_s} [dB]$$

dove:

V è il volume del locale ricevente in metri cubi;

$S_s$  è l'area dell'elemento di separazione in metri quadrati.

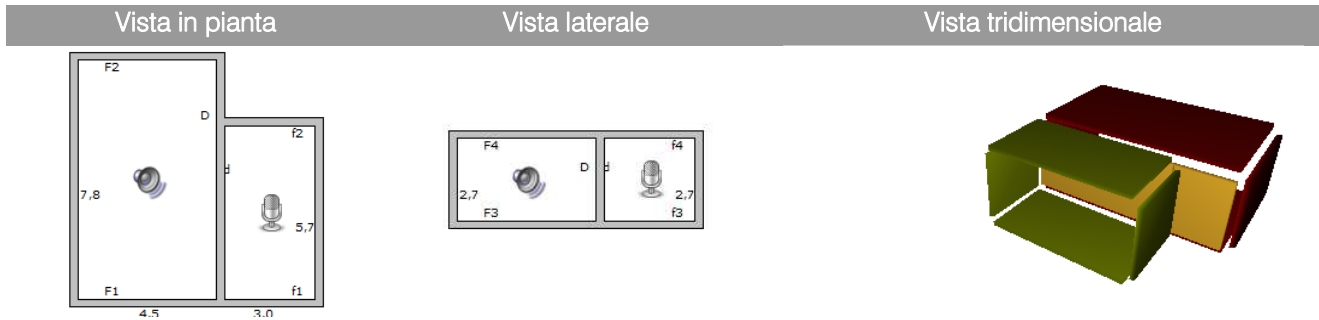
$$D_{nT,w} \cong 54 + 10 \log \frac{41,85}{3 * 15,26} [dB]$$

$$D_{nT,w} \cong \mathbf{53,6 [dB]}$$

*Risulta essere soddisfatto il requisito di prestazione superiore secondo prospetto A1 della UNI 11367*

*Valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi delle strutture edilizie*

## Caratteristiche ambienti



### Geometria ambienti

Dimensioni ambiente ricevente (Largh. x Lungh. x Alt.) [m]: **5,65 x 2,95 x 2,7**

Dimensioni ambiente emittente (Largh. x Lungh. x Alt.) [m]: **7,8 x 4,5 x 2,7**

Scostamento in pianta [m]: **0**

Scostamento laterale [m]: **0**

### Tipologia di giunzioni

Giunzione	Immagine	Descrizione
DF1f1	 14	14. Giunzione a T tra doppia parete leggera e struttura omogenea, struttura laterale omogenea
DF2f2	 23	23. Giunzione a T tra doppia parete leggera, camera emittente spostata
DF3f3	 14	14. Giunzione a T tra doppia parete leggera e struttura omogenea, struttura laterale omogenea
DF4f4	 14	14. Giunzione a T tra doppia parete leggera e struttura omogenea, struttura laterale omogenea

*Valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi delle strutture edilizie*

## Calcolo previsionale eseguito secondo EN 12354-1

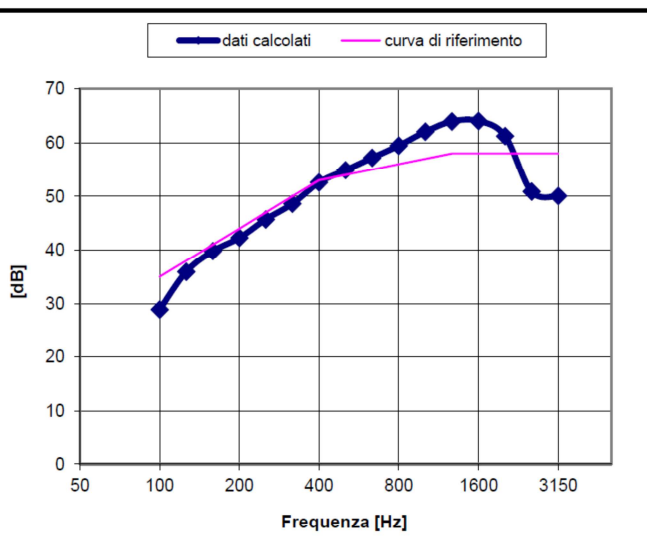
Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti

Nome: COMUNE DI TRIESTE  
Progetto: Progetto asilo nido, autorimessa con bar all'interno del comprensorio "Ex Polstrada" a Roiano  
Località: Trieste (TS)  
Tipologia Locale: Parete di separazione tra locali 003 e 042

### Descrizione ambiente

	Descrizione strato	m' [kg/m <sup>2</sup> ]		[dB]
D	Partizione di separazione	43,0	R <sub>w</sub>	54,0
		0,0	ΔR <sub>w</sub>	0,0
F1	Partizione perimetrale	222,0	R <sub>w</sub>	53,0
		0,0	ΔR <sub>w</sub>	0,0
F2	Partizione di separazione	43,0	R <sub>w</sub>	54,0
		0,0	ΔR <sub>w</sub>	0,0
F3	Solaio	1079,8	R <sub>w</sub>	67,0
		0,0	ΔR <sub>w</sub>	0,0
F4	Copertura	450,6	R <sub>w</sub>	53,0
	Rifodera	7,7	ΔR <sub>w</sub>	10,2
f1	Partizione perimetrale	222,0	R <sub>w</sub>	53,0
		0,0	ΔR <sub>w</sub>	0,0
f2	Partizione di separazione	43,0	R <sub>w</sub>	54,0
		0,0	ΔR <sub>w</sub>	0,0
f3	Solaio	1079,8	R <sub>w</sub>	67,0
		0,0	ΔR <sub>w</sub>	0,0
f4	Copertura	450,6	R <sub>w</sub>	53,0
	Rifodera	7,7	ΔR <sub>w</sub>	10,2
dr		0,0	ΔR <sub>w</sub>	0,0

f [Hz]	Ri [dB]	Rif
50		
63		
80		
100	28,9	35,0
125	35,9	38,0
160	39,8	41,0
200	42,3	44,0
250	45,7	47,0
315	48,6	50,0
400	52,6	53,0
500	54,9	54,0
630	57,2	55,0
800	59,5	56,0
1000	62,0	57,0
1250	64,0	58,0
1600	64,1	58,0
2000	61,3	58,0
2500	50,9	58,0
3150	50,1	58,0
4000		
5000		



$$R_w^* = 54,0 \text{ dB}$$

C = -2                      Ctr = -7

S<sub>s</sub>                      15,3 m<sup>2</sup>  
V<sub>r</sub>                      45,00 m<sup>3</sup>  
V<sub>e</sub>                      94,77 m<sup>3</sup>

Microbel SonidoPro

*Valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi delle strutture edilizie*

### ***Parete di separazione tra ambienti collegati mediante accessi***

La parete di separazione tra gli ambienti adiacenti collegati mediante accessi sarà realizzata con medesima stratigrafia prevista per le pareti di separazione tra i locali interni.

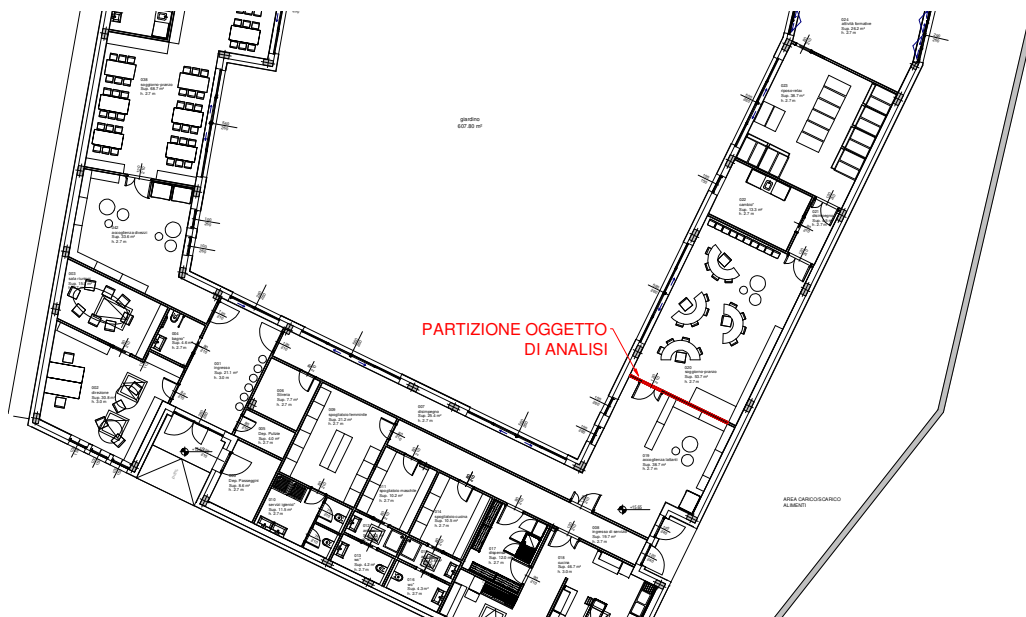
Per quanto attiene ai serramenti ed ai suoi componenti si è considerato un indice di potere fonoisolante  $R_w$  dell'elemento pari a 26 dB.

Tali valori **minimi** dovranno essere garantiti in opera.

Conseguentemente il fornitore dovrà fornire certificazione di laboratorio che attesti l'indice di potere fonoisolante tale da garantire la prestazione richiesta all'atto di una verifica in opera.

### ***Calcolo dell'indice di potere fonoisolante apparente***

Il calcolo ha preso in esame la partizione individuata nella parete di separazione tra il locale accoglienza lattanti 019 ed il soggiorno pranzo 020.



L'indice del potere fonoisolante apparente della partizione in oggetto equivale a:

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

L'equazione è funzione degli indici di valutazione del potere fonoisolante,  $R_{ij,w}$ , di tutti i percorsi ( $ij$ ) diretti ed indiretti possibili fra i due ambienti e dove  $n$  è il numero degli elementi di fiancheggiamento dell'elemento di separazione il cui calcolo verrà effettuato mediante programma di calcolo "Sonido Pro" secondo le modalità di cui al modello CEN.

I dati analitici di laboratorio del potere fonoisolante sono individuati nel software "Sonido Pro" – Microbel S.r.l.

I singoli contributi delle perdite per fiancheggiamento sono determinati in applicazione dell'algoritmo di calcolo norma UNI EN 12354 e norma UNI-TR 11175 e tengono in considerazione il fattore correttivo delle vibrazioni prodotte dal giunto  $K_{ij}$  calcolati a 500 Hz.

I risultati sono evidenziati nelle pagine successive.

Tale valore non considera, inoltre, le perdite connesse alla non perfetta posa in opera ed al passaggio delle componenti impiantistiche che sono difficilmente prevedibili in fase di studio analitico preventivo ma che possono comportare ulteriori perdite prestazionali del manufatto.

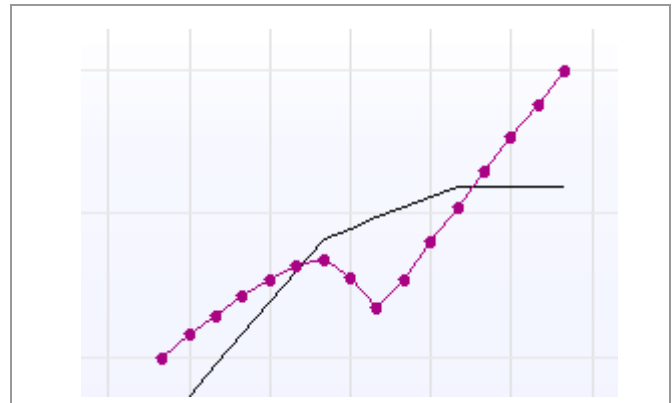
## Risultati di calcolo

### Calcolo previsionale eseguito secondo UNI EN 12354-1 Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti

Indici di valutazione ottenuti:

$$R_w (C, Ctr) = 30,0 (-1, -3) \text{ dB}$$

Freq. [Hz]	Rif. [dB]	Ri [dB]
50		
63		
80		
100	11,0	17,7
125	14,0	20,1
160	17,0	21,7
200	20,0	23,6
250	23,0	25,2
315	26,0	26,6
400	29,0	27,1
500	30,0	25,3
630	31,0	22,4
800	32,0	25,1
1K	33,0	28,7
1,25K	34,0	32,1
1,6K	34,0	35,5
2K	34,0	38,8
2,5K	34,0	41,9
3,15K	34,0	45,0
4K		
5K		



Al fine di poter analizzare il valore dell'indice di potere fonoisolante determinato con quanto previsto nell'appendice A – prospetto A1 delle UNI 11367 si è proceduto, secondo UNI/TR 11175/2005 al punto 4.2.1 alla determinazione dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione  $D_{nT,w}$ , e pertanto:

$$D_{nT,w} \cong R'_w + 10 \log \frac{V}{3 * S_s} \text{ [dB]}$$

dove:

V è il volume del locale ricevente in metri cubi;

$S_s$  è l'area dell'elemento di separazione in metri quadrati.

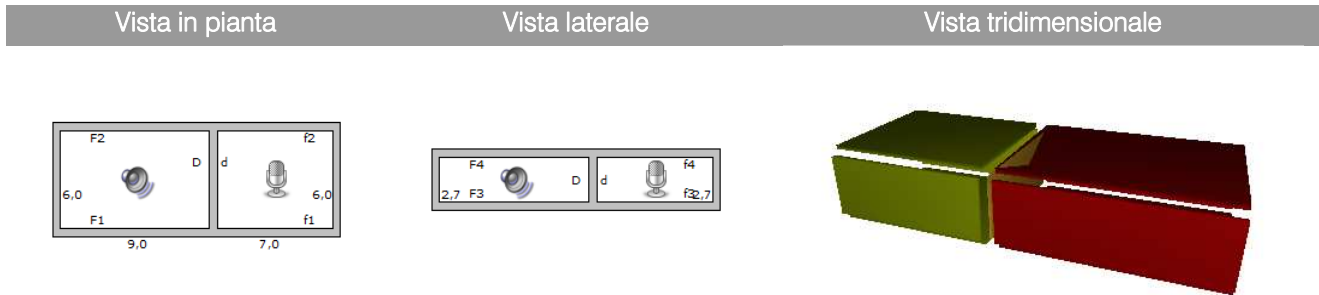
$$D_{nT,w} \cong 31 + 10 \log \frac{104,49}{3 * 16,12} \text{ [dB]}$$

$$D_{nT,w} \cong \mathbf{33,34 \text{ [dB]}}$$

*Risulta essere soddisfatto il requisito di prestazione buona secondo prospetto B1 della UNI 11367*

*Valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi delle strutture edilizie*

## Caratteristiche ambienti



### Geometria ambienti

Dimensioni ambiente ricevente (Largh. x Lungh. x Alt.) [m]: **5,97 x 6,99 x 2,7**

Dimensioni ambiente emittente (Largh. x Lungh. x Alt.) [m]: **5,97 x 9 x 2,7**

Scostamento in pianta [m]: **0**

Scostamento laterale [m]: **0**

### Tipologia di giunzioni

Giunzione	Immagine	Descrizione
DF1f1		14. Giunzione a T tra doppia parete leggera e struttura omogenea, struttura laterale omogenea
DF2f2		14. Giunzione a T tra doppia parete leggera e struttura omogenea, struttura laterale omogenea
DF3f3		14. Giunzione a T tra doppia parete leggera e struttura omogenea, struttura laterale omogenea
DF4f4		14. Giunzione a T tra doppia parete leggera e struttura omogenea, struttura laterale omogenea

*Valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi delle strutture edilizie*

## Calcolo previsionale eseguito secondo EN 12354-1

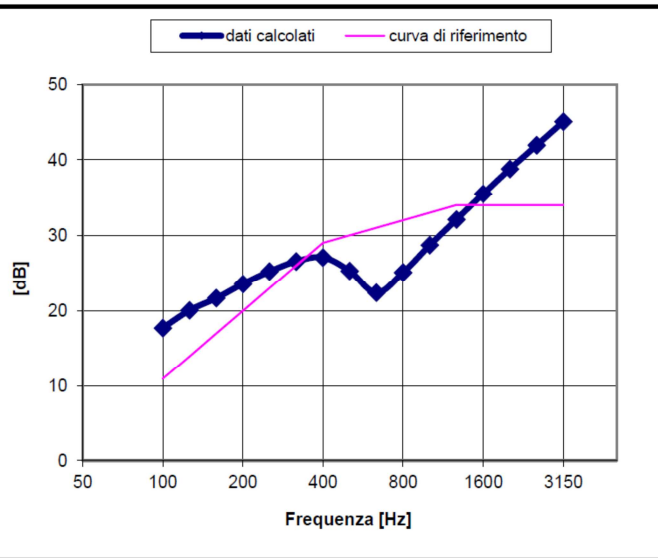
Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti

Nome: COMUNE DI TRIESTE  
Progetto: Progetto asilo nido, autorimessa con bar all'interno del comprensorio "Ex Polstrada" a Roiano  
Località: Trieste (TS)  
Tipologia Locale: Parete di separazione tra locali 019 e 020

### Descrizione ambiente

Descrizione strato		$m'$ [kg/m <sup>2</sup> ]		[dB]
D	Parete di separazione con porta	38,0	$R_w$	30,0
		0,0	$DR_w$	0,0
F1	Partizione perimetrale	222,0	$R_w$	53,0
		0,0	$DR_w$	0,0
F2	Partizione perimetrale	222,0	$R_w$	53,0
		0,0	$DR_w$	0,0
F3	Solaio	1079,8	$R_w$	67,0
		0,0	$DR_w$	0,0
F4	Copertura	450,6	$R_w$	53,0
	Rifodera	7,7	$DR_w$	10,2
f1	Partizione perimetrale	222,0	$R_w$	53,0
		0,0	$DR_w$	0,0
f2	Partizione perimetrale	222,0	$R_w$	53,0
		0,0	$DR_w$	0,0
f3	Solaio	1079,8	$R_w$	67,0
		0,0	$DR_w$	0,0
f4	Copertura	450,6	$R_w$	53,0
	Rifodera	7,7	$DR_w$	10,2
dr		0,0	$DR_w$	0,0

f [Hz]	$R_i$ [dB]	$R_{if}$
50		
63		
80		
100	17,7	11,0
125	20,1	14,0
160	21,7	17,0
200	23,6	20,0
250	25,2	23,0
315	26,6	26,0
400	27,1	29,0
500	25,3	30,0
630	22,4	31,0
800	25,1	32,0
1000	28,7	33,0
1250	32,1	34,0
1600	35,5	34,0
2000	38,8	34,0
2500	41,9	34,0
3150	45,0	34,0
4000		
5000		



$$R_w = 30,0 \text{ dB}$$

$C = -1$        $C_{tr} = -3$

$S_e = 16,1 \text{ m}^2$

$V_r = 112,67 \text{ m}^3$

$V_e = 145,07 \text{ m}^3$

Microbel SonidoPro

## RUMORE PRODOTTO DAGLI IMPIANTI TECNOLOGICI

Gli *impianti tecnologici* a funzionamento continuo e discontinuo, saranno forniti di **certificati** distintivi delle **caratteristiche di emissione sonora** a corredo delle caratteristiche tecniche degli stessi.

In particolare:

### Caldaie per la produzione di energia termica

Le principali sorgenti sonore connesse con l'installazione degli impianti di cui all'oggetto della presente, sono connesse al funzionamento delle pompe di circolazione dei fluidi termovettori, il ventilatore per l'aria comburente, la fiamma, e la canna fumaria.

In genere i rischi da disturbo acustico sono limitati.

Per quanto attinente il rumore trasmesso dal **ventilatore** essendo di tipo aereo e di limitata potenza sarà sufficiente l'applicazione di una "**cuffia**", che generalmente è insita nell'acquisto dell'impianto.

Il **rumore della fiamma** interessa generalmente le medio-basse frequenze, e può risultare dominante solo in caso di **struttura debole delle carcasse** della caldaia. Nella valutazione sull'acquisto della caldaia verranno, pertanto, preferite strutture metalliche o composite con spessori maggiori e più consistenti.

L'accensione è spesso un istante critico in quanto si verifica il cosiddetto effetto "whoomph" dovuto agli effetti esplosivi e può essere ridotto con un funzionamento a fiamma modulata.

La **canna fumaria** sarà installata mediante **collegamenti di tipo anelastico**, non rigido alla struttura dell'edificio e interesserà la **sezione più esterna della muratura perimetrale**, limitandone, pertanto, l'effetto di "cortocircuito acustico" tra unità immobiliari.

L'impianto tecnologico in oggetto sarà corredata da **certificato** che ne identifichi le **caratteristiche di emissione sonora** sottoforma di potenza sonora secondo le indicazioni riportate dalle normative UNI specifiche.

Verranno prese le precauzioni del caso al fine di scollegare possibili giunti rigidi di parti soggette a vibrazione e quindi a trasmissione della rumorosità per via strutturale.

La stessa poggierà, a seconda delle caratteristiche tecniche e dalle indicazioni fornite dalla casa costruttrice, su antivibranti a molla o in materiale resiliente.

*Valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi delle strutture edilizie*

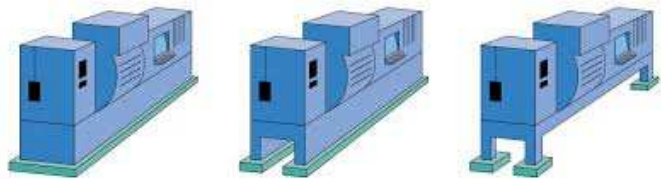
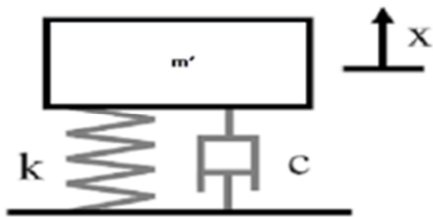
### Generatori di calore per la produzione di energia termica

Le principali sorgenti sonore connesse con l'installazione degli impianti autonomi di cui all'oggetto della presente, sono connesse al funzionamento delle pompe di circolazione dei fluidi termovettori.

L'impianto tecnologico in oggetto sarà corredata da **certificato** che ne identifichi le **caratteristiche di emissione sonora** sotto forma di potenza sonora secondo le indicazioni riportate dalle normative UNI specifiche.

Verranno prese le precauzioni del caso al fine di scollegare possibili giunti rigidi di parti soggette a vibrazione e quindi a trasmissione della rumorosità per via strutturale.

La stessa poggierà, a seconda delle caratteristiche tecniche e dalle indicazioni fornite dalla casa costruttrice, su antivibranti a molla o in materiale resiliente.



*Valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi delle strutture edilizie*

### **Scarichi dei bagni, pluviali**

L'acqua per caduta urtando contro le pareti delle tubature, trasforma una parte della sua energia cinetica in rumore strutturale. Anche in questo caso il non collegamento alle strutture risulta parte integrante fondamentale per limitare la propagazione dell'energia sonora.

Verranno utilizzati scarichi insonorizzati (e relativi accessori) tipo marca "BAMPI" modello "POLO-KAL 3S" in polietilene rinforzato con fibre minerali o similare avente medesime caratteristiche tecnico-prestazionali

Il fissaggio di sostegno sarà con inserto insonorizzante secondo norma DIN 4109 e chiusura rapida composta da collare di supporto e collare tipo marca "BAMPI" modello "POLO-CLIP HS" di fissaggio o similare avente medesime caratteristiche tecnico-prestazionali.

Verranno utilizzate fascette di fissaggio e fascette di supporto in combinazione in relazione all'altezza dei piani.

Tutte le tubazioni di scarico per le acque reflue nere e bianche, dovranno essere rivestite per tutto la loro lunghezza, sino all'innesto con il wc, con guaina tipo marca "BAMPI" modello "FONECOdB AM" o marca "K-FLEX" modello "K-FONIK ST GK 072" o mod. "K-FONIK ST GK ST 074"

L'eventuale intercapedine verrà saturata con lana di roccia densità 70 Kg/m<sup>3</sup>.

Le curve di 90° saranno sostituite con una soluzione tecnica di 2 curve da 45° cadauna in modo da limitare la propagazione dell'energia sonora causata dall'urto dell'effluente liquido contro le pareti della tubazione.

### **Percorsi delle componenti impiantistiche**

Risulta fondamentale la necessità di **evitare installazione di canalizzazioni di impiantistica** elettrica, termo-idraulica, predisposizione di canne fumarie, condotti di scarico, nicchie per varie esigenze e quant'altro possa **inficiare la resa acustica** del sistema di isolamento acustico previsto per le **partizioni considerate**, a seguito della asportazione di materiale costituente i manufatti.

## **ACUSTICA ARCHITETTONICA**

### **DESCRIZIONE E DESTINAZIONE D'USO DEGLI AMBIENTI**

La presente valutazione previsionale farà riferimento al Decreto 11 ottobre 2017, che disciplina i criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione e manutenzione di edifici pubblici.

Tale Decreto, al punto 2.3.5.6 "*comfort acustico*" disciplina i valori dei requisiti acustici passivi dell'edificio secondo le Norme UNI 11367 e UNI 11532.

La valutazione previsionale analizzerà due locali dell'asilo significativi sotto il profilo acustico interno, identificati nel locale "soggiorno – pranzo" 020 e nell'open space comprendente i locali "attività di movimento – formative" e "riposo – relax" 030 - 043.

Quanto analizzato e di seguito descritto risulta comunque da estendere a tutti gli ambienti adibiti ad attività scolastica dell'immobile.

Nello specifico l'open space 030 - 043 si compone di un affaccio verso il cortile interno caratterizzato dalla presenza di ampie specchiature vetrate (aventi superficie complessiva pari a 53,04 mq).

La parete opposta di separazione verso locali deposito e le pareti laterali risultano essere opache e realizzate in tecnica a secco.

Anche il locale 020 è caratterizzato dalla presenza di una parete verso il giardino con presenza di una ampia vetrata (14,54 mq).

La parete opposta risulta essere di separazione perimetrale realizzata in laterizio, mentre le pareti laterali sono realizzate in tecnica a secco.

In entrambi i locali è prevista la realizzazione di controsoffitto fonoassorbente rivestito superficialmente con lastra in lana di legno legata a cemento marca "CELENIT" modello "AB" dello spessore di 25 mm ed avente intercapedine parzialmente saturata con pannelli in lana minerale.

Per entrambi i locali si è considerata una pavimentazione superficiale di finitura in ceramica.

Ai fini della valutazione previsionale si sono verificati i volumi degli ambienti, pari a:

Locale 020 = 144,99 mc;

Locale 030-043 = 323,73 mc.

In ragione di tali volumi il valore del tempo di riverberazione secondo la Norma UNI 11367, calcolato alle frequenze di 500 e 1000 Hz, dovrà essere non superiore a:

Locale 020 = 0,72 secondi;

Locale 030-043 = 0,83 secondi.

Con riferimento alla UNI 11532, nella quale sono riportati dei valori qualitativi di riferimento previsti nell'Unione Europea e negli US, i valori del tempo di riverberazione di riferimento scelti sono:

Locale 020 = < 1 secondo (500 – 2000 Hz; Riferimento Normativo del Regno Unito);

Locale 030-043 = 0,6 – 0,8 secondi (500 – 2000 Hz; Riferimento Normativo del Regno Unito).

Si procede alla descrizione delle analisi svolte e dei dati definiti a seguito della elaborazione con software di modellizzazione digitale acustica.

## **TEMPO DI RIVERBERAZIONE**

Nonostante il diffondersi di nuovi indici di valutazione, la previsione del tempo di riverberazione e del suo andamento in funzione della frequenza, resta uno degli aspetti più importanti della progettazione acustica.

La diffusione del suono in un ambiente dipende dalla natura e dalla distribuzione dei materiali sulle superfici che lo confinano e da come la loro forma governa il gioco delle riflessioni.

La riverberazione è un fenomeno connesso alla riflessione ripetuta fino all'assorbimento totale, delle onde sonore generate da una sorgente.

Tecnicamente tale valore, calcolato e determinato in secondi ed associato alla presenza di sorgente e ricevitore, equivale al tempo necessario affinché il livello di pressione sonora nel punto di osservazione decada di 60 dB, a partire dall'istante in cui è disattivata la sorgente che sosteneva il precedente regime permanente.

Le prime esperienze pratiche del tempo di riverberazione furono condotte da W.C. Sabine, a cui si deve il fondamento della formula del tempo di riverberazione:

$$T_{60(s)} = \frac{0.161 \cdot V}{A}$$

perfezionata, successivamente, con altre espressioni più complete e precise formulate da Norris, Eyring, Millington, Setten e Joice.

Le numerose riflessioni permettono al suono di persistere per un breve lasso di tempo prima di venire assorbite totalmente dagli elementi architettonici, dal corpo umano, dall'aria.

Il tempo di riverberazione ottimale è funzione della frequenza del suono, del volume e della forma del locale analizzato.

In considerazione dei generi rappresentativi proponibili nell'ambiente sonoro in oggetto sono stati individuati i tempi di riverberazione ottimali, evinti da dati di letteratura tecnica (riferimento di importanza storica sono i risultati del lavoro di Beranek riportati nel testo *Music, Acoustics and Architecture*, relativi alle prove svolte in 54 sale da concerto e teatri d'opera) e da esperienze praticate in ambienti analoghi. Il modello di simulazione numerica adottato consente l'utilizzo delle più recenti formulazioni sopracitate. È stato, infatti, possibile determinare, oltre al tempo di riverberazione classico "T<sub>60</sub>", anche altri parametri di notevole interesse per una valutazione complessiva della bontà acustica dell'ambiente.

## INTELLIGIBILITA'

L'esigenza fondamentale nella comunicazione verbale è la comprensione corretta del messaggio trasmesso.

Per intelligibilità si intende la percentuale di parole o frasi correttamente comprese da un ascoltatore rispetto alla totalità di frasi pronunciate da un parlatore.

Essa dipende, oltre che dai fenomeni connessi ad una eccessiva riverberazione ed alla presenza di rumore di fondo, dalle caratteristiche di emissione della voce umana, in particolare dalla emissione, variabile secondo lo sforzo vocale del parlatore, dalla composizione in frequenza, dall'andamento temporale, dalla direzionalità e da altri fattori di natura linguistica, ovvero la struttura grammaticale della lingua e semantica.

Esistono diversi modi per valutare tale parametro.

Lo studio in oggetto si è soffermato sulla analisi dello *STI*, *Speech Transmission Index* definito dalla norma IEC 60268-16 che quantifica l'effetto combinato dell'interferenza del rumore di fondo e della riverberazione sulla riduzione di intelligibilità del parlato.

Il valore è tanto migliore quanto più prossimo all'unità, secondo la UNI 11367 per ambienti adibiti al parlato l'indice dovrà essere  $> 0.6$ .

## SPEECH TRANSMISSION INDEX (STI)

La valutazione pratica di tale parametro è effettuata mediante una misurazione in corrispondenza del ricevitore ed utilizzando, quale sorgente sonora, una riproduzione di un segnale di test filtrato per bande di ottava da 125 a 4000 Hz, modulato sinusoidalmente in ampiezza, con indice di modulazione pari a 1, secondo 14 frequenze di modulazione.

Ogni rapporto segnale/rumore apparente è convertito in indice di trasmissione ( $TI_{f,F}$ ), compreso in un intervallo tra 0 e 1.

$$TI_{f,F} = \frac{SNR_{f,F} + 15}{30}$$

Per ogni banda di ottava viene calcolato l'indice di trasferimento della modulazione ( $MTI_f$ ) come media aritmetica degli indici di trasmissione:

$$MTI_f = \frac{1}{14} \sum_{f=1}^{14} TI_{f,F}$$

Infine si ottiene l'indice STI come somma pesata degli indici di trasferimento della modulazione:

$$STI = \sum_{f=1}^7 \alpha_f MTI_f - \sum_{f=1}^6 \beta_f \sqrt{MTI_f - MTI_f + 1}$$

La valutazione in fase di progetto è determinata applicando la procedura dell'acustica statistica di Houtgast et al. per il calcolo della MTF, dalla quale si ottiene l'indice STI.

## SOFTWARE DI PREVISIONE ACUSTICA

Per lo studio dei parametri acustici funzionali alla propagazione sonora all'interno dell'ambiente in oggetto, è stata utilizzato il software "Ramsete" versione 2.7, attualmente uno dei migliori prodotti per l'analisi della simulazione dei fenomeni acustici.

Il programma è basato sulla tecnica del *Piramid Tracing* e dell'acustica geometrica.

Il pacchetto è dotato di più programmi per la formazione di un database dei coefficienti di assorbimento ed isolamento acustico dei materiali, e delle sorgenti sonore utilizzabili (impianto di diffusione sonora, sorgenti spurie, voce umana, etc.).

Tramite un software di visualizzazione bi e tridimensionale è possibile inserire od importare l'elaborato grafico dell'ambiente sonoro in esame.

Infine, mediante un modulo di calcolo è possibile ottenere una serie di dati ed informazioni per una notevole quantità di punti e ricettori all'interno della sala e di visualizzarli prospetticamente, tramite un rendering della mappatura dell'area interessata.

Sono quindi disponibili, per la tipologia di parametri acustici descritti precedentemente, i dati relativi a ciascun ricettore disposto all'interno dell'ambiente sonoro, con visualizzazione numerica dei livelli di pressione sonora diretta, lineare e pesato "A", la curva di decadimento di Schroeder, i vari tempi di riverberazione.

Come metodo di calcolo è stato utilizzata la tecnica del *Piramid Tracing* perché, oltre ad ottenere i vantaggi del *Ray Tracing* consente una elevata risoluzione nella descrizione della risposta all'impulso, un preciso posizionamento dei ricevitori e tempi di calcolo molto ridotti.

Il tracciatore di piramidi implementato consente, infatti, di tenere conto dell'effetto di diffrazione sul bordo libero delle schermature o degli ostacoli e considera, pure, la quota parte di energia che passa attraverso le superfici (dotate di potere fonoisolante finito).

La generazione delle piramidi è perfettamente isotropa, grazie all'algoritmo di *Tenenbaum et al.*, costituito da una progressiva bisezione degli 8 spicchi di superficie sferica di partenza.

Il tracciamento delle piramidi viene proseguito fino ad ordini elevatissimi in modo da ricostruire l'intera coda sonora in ciascun punto ricevitore.

La correzione della coda sonora è di tipo moltiplicativo. Essa si basa sul fatto che il numero di impatti sul ricevitore nell'unità di tempo  $n(t)$ , ottenuto da un tracciatore di fasci divergenti, può essere descritto matematicamente, secondo *Maercke-Martin*, dalla relazione:

$$n(t) = \frac{4g\Gamma g_0^3 g^2}{V} g(1 - e^{-t_c^2/t^2})$$

L'andamento teorico secondo la teoria delle sorgenti immagine è, invece, costituito semplicemente dal primo fattore della relazione suddetta, senza il termine fra parentesi e, pertanto, cresce con il quadrato del tempo.

Al tendere all'infinito del tempo  $t$ , la relazione fornisce poi un valore teoricamente costante del numero di impatti sul ricevitore nell'unità di tempo:

$$n(\infty) = \frac{Ng_0 g_{cm}^2}{V} \frac{\Pi}{4g\beta}$$

Nella relazione compare il termine  $l_{cm}$  definito come "libero cammino medio" che viene calcolato in base ad una statistica sull'effettiva percorrenza dei raggi sparati in asse alle piramidi ed il coefficiente adimensionale  $\beta$  che dipende dalla natura sabiniana del campo sonoro (in campo perfettamente diffuso  $\beta = 0.3$ ). Il tempo critico  $t_c$  che compare nella relazione, rappresenta il punto ideale di separazione fra la prima parte della coda sonora, in cui vengono rilevate correttamente tutte le

*Valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi delle strutture edilizie*

sorgenti immagine, e la parte tardiva in cui il numero di arrivi di energia nell'unità di tempo è costante: esso è, infatti, definito come il punto di intersezione fra la parabola, corrispondente all'andamento teorico, e la retta orizzontale che rappresenta il numero costante di intercettazioni ( $n(\infty)$ ), ricavato dall'ultima relazione. La correzione della coda riverberante viene dunque eseguita dividendo l'energia sonora per il termine fra parentesi che è sempre minore di 1 e va diminuendo progressivamente al crescere di  $t$ . In pratica la stima di  $t_c$  è vincolata alla scelta di un opportuno valore del coefficiente  $\beta$ , scelta che è effettuata ricercando il valore che minimizza la differenza fra la coda sonora esatta, ottenuta con un numero di raggi  $N$  molto elevato, e la coda sonora stimata lanciando un ridotto numero di raggi. L'altro aspetto che differenzia il tracciatore piramidale di "Ramsete" dagli altri metodi di *Beam Tracing* è la possibilità di dichiarare "obstructing" alcune superfici. Quando una piramide colpisce una di queste superfici vengono attivati ulteriori controlli per verificare se dietro ad essa si trovi un ricevitore. In tal caso si calcola il contributo, sullo stesso, fornito dall'onda sonora che ha attraversato la superficie (in base al potere fonoisolante della stessa).

Si verifica poi se la superficie presenta bordi liberi e, in caso affermativo, viene portato un ulteriore contributo di energia al ricevitore a partire da ciascun bordo libero, calcolato secondo la nota relazione di Kurze e Anderson (1971) che riprende gli studi Maekawa (1968):

$$L_{diff} = L_{dir} - 5 - 10 \log \left[ \frac{\sqrt{(2\pi N)}}{\tanh \sqrt{(2\pi N)}} \right]$$

In cui  $L_{dir}$  è il livello diretto che giungerebbe al ricevitore senza la presenza dell'ostacolo ed  $N$  è il numero di Fresnel.

Grazie a queste possibilità l'algoritmo di tracciamento è in grado di affrontare lo studio della propagazione sonora anche in spazi geometricamente complessi, in presenza di schermature parziali o totali.

## **CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA DELL'AMBIENTE SONORO IN CONDIZIONI DI UTILIZZO**

Mediante il software di simulazione dei fenomeni acustici "Ramsete" descritto precedentemente, è stato possibile definire qualitativamente e quantitativamente i descrittori acustici oggettivi, individuando, pertanto, le caratteristiche acustiche più appropriate dei materiali di rivestimento superficiale, e la conformazione geometrica dell'ambiente sonoro nelle condizioni di fruizione dello stesso.

Per la simulazione sono state utilizzate le seguenti impostazioni:

- Sorgente sonora  
La sorgente sonora, salvo per la definizione dell'indice STI di intelligibilità in cui è stata utilizzata la riproduzione della voce umana, è una cassa di diffusione sonora di tipo omnidirezionale ed è stata posizionata al centro del locale oggetto di analisi ad una altezza di 1.7 m.  
La potenza sonora è di 110 dB alle varie frequenze e l'indice di direttività è pari a 1 .
- Subdivision Level (N)  
Indica il numero di piramidi tracciate dalla sorgente sonora. Il numero di piramidi equivale a  $8 \cdot 2^N$  dove ad N è stato attribuito il valore di 10. Tipicamente il valore minimo per una corretta simulazione è 5. Si è ritenuto opportuno aumentare tale valore per migliorare ulteriormente la definizione del risultato e diminuire, pertanto, l'errore di approssimazione. Il numero di piramidi tracciate dalla sorgente è, pertanto, pari a 16384.
- Time resolution  
È l'ampiezza temporale in secondi degli intervalli in cui viene suddivisa la risposta all'impulso. È compresa tra 1 ms e 100 ms. E' stato utilizzato un valore di 10 ms per ottenere un grado di precisione superiore.
- Humidity e Temperature  
Sono stati utilizzati parametri di umidità del 60 % e di temperatura di 20 °C.

## STATO DI PROGETTO

Come sopradescritto si sono presi in esame due locali campione identificato negli ambienti 020 e 030-043.

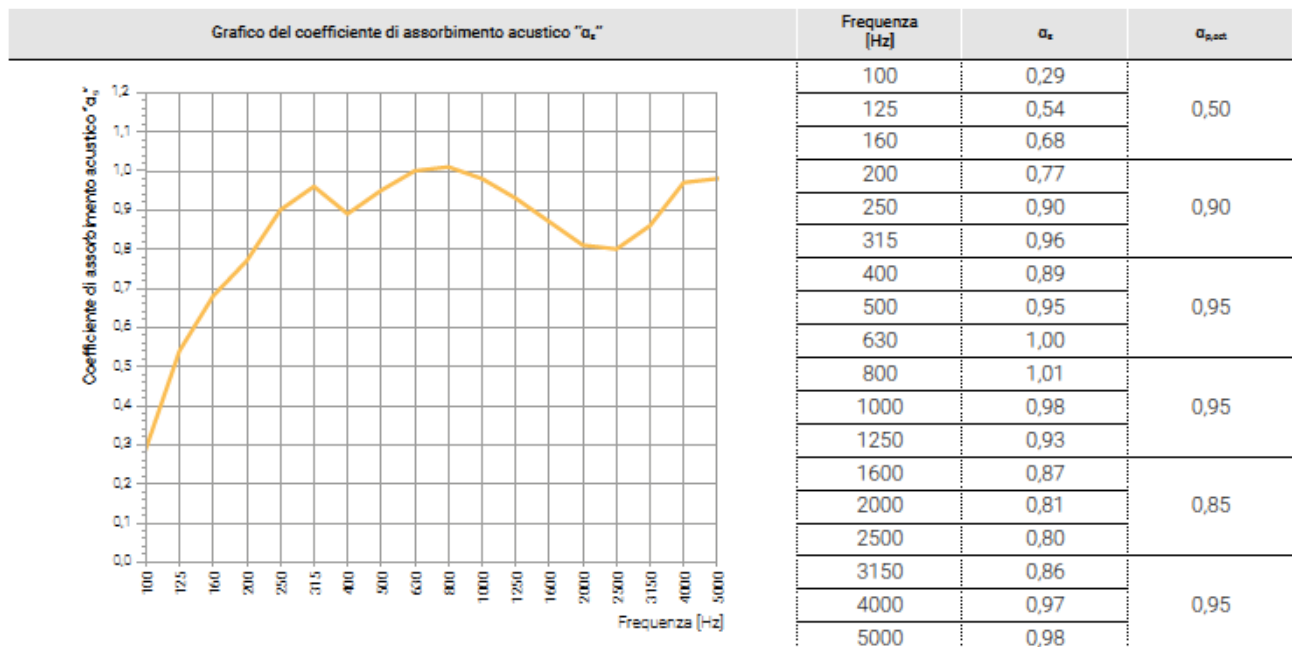
Si è proceduto all'informatizzazione delle superfici di rivestimento e relative caratteristiche acustiche dei materiali previsti a progetto al fine di analizzare nel locale in oggetto i parametri:

- Tempo di riverberazione di sabine ( $T_{60}$ );
- Speech Transmission Index (STI).

I coefficienti di fonoassorbimento alle varie frequenze dei rivestimenti considerati sono i seguenti.

Tipologia	Coefficiente di fonoassorbimento alle varie frequenze					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Intonaco	0,022	0,032	0,043	0,054	0,043	0,032
Piastrelle	0,011	0,011	0,022	0,032	0,032	0,043
Legno verniciato	0,120	0,130	0,130	0,130	0,110	0,110
Gesso	0,165	0,087	0,065	0,065	0,065	0,065
Vetro	0,032	0,032	0,032	0,032	0,022	0,022
CELENIT – AB Certificato 324215-F	0,54	0,90	0,95	0,98	0,81	0,97

Si riporta un estratto del certificato di laboratorio del controsoffitto fonoassorbente considerato.

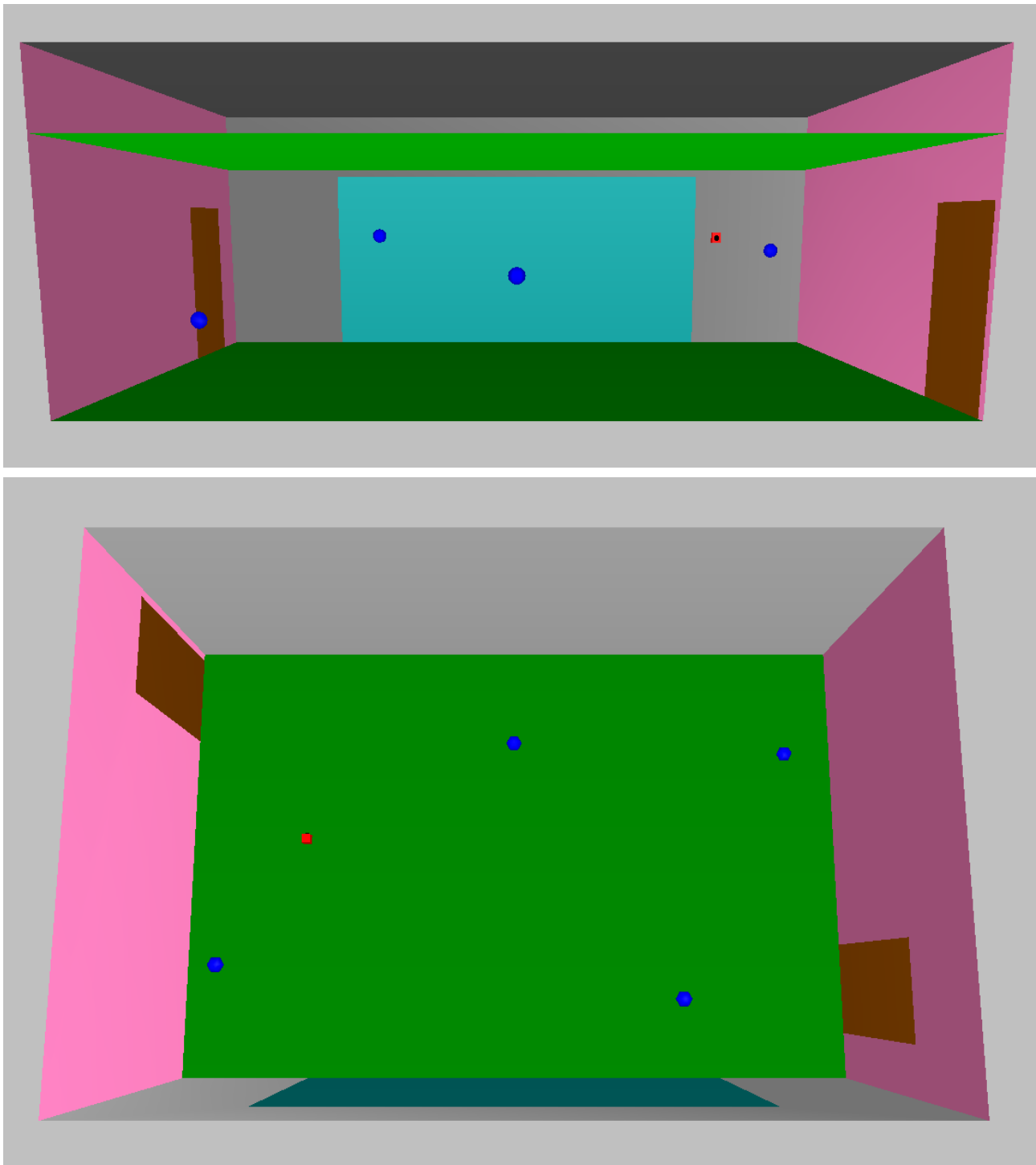


Certificato CELNIT No. 324215-F del 30.04.2015

*Valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi delle strutture edilizie*

**LOCALE 020, SOGGIORNO - PRANZO**

Si riporta un estratto della modellazione digitale sviluppata.

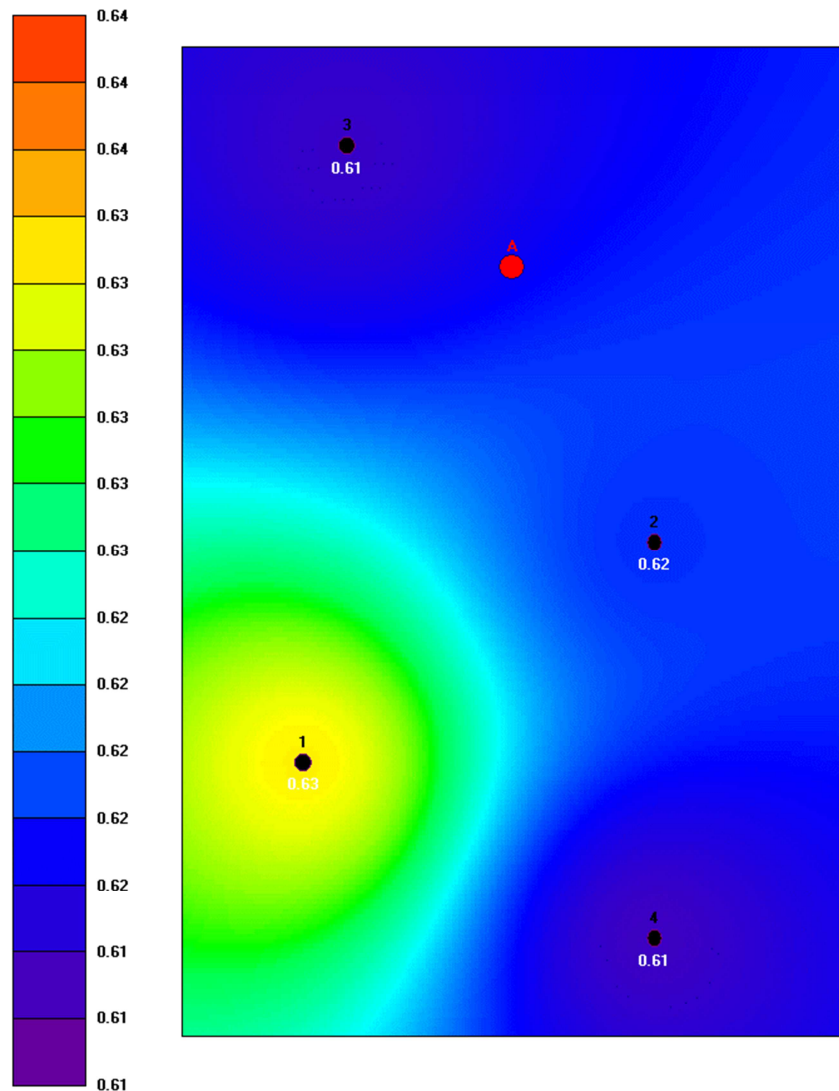


*Valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi delle strutture edilizie*

A seguito dell'informatizzazione dell'ambiente oggetto di valutazione nel software di previsione acustica si è proceduto alla determinazione dell'indice del tempo di riverberazione (T60) e dell'indice intelligibilità (STI) alle varie frequenze. Si riportano di seguito i risultati ottenuti dalle analisi effettuate.

Ambiente	T <sub>60</sub> alle frequenze di terzi d'ottava (")					
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
020, SOGGIORNO - PRANZO	0,62	0,63	0,62	0,62	0,62	0,62

Ambiente	T <sub>60</sub> medio(")	
	UNI 11367 [500 – 1000 Hz]	UNI 11532 UK [500 – 2000 Hz]
020, SOGGIORNO - PRANZO	0,62	0,62

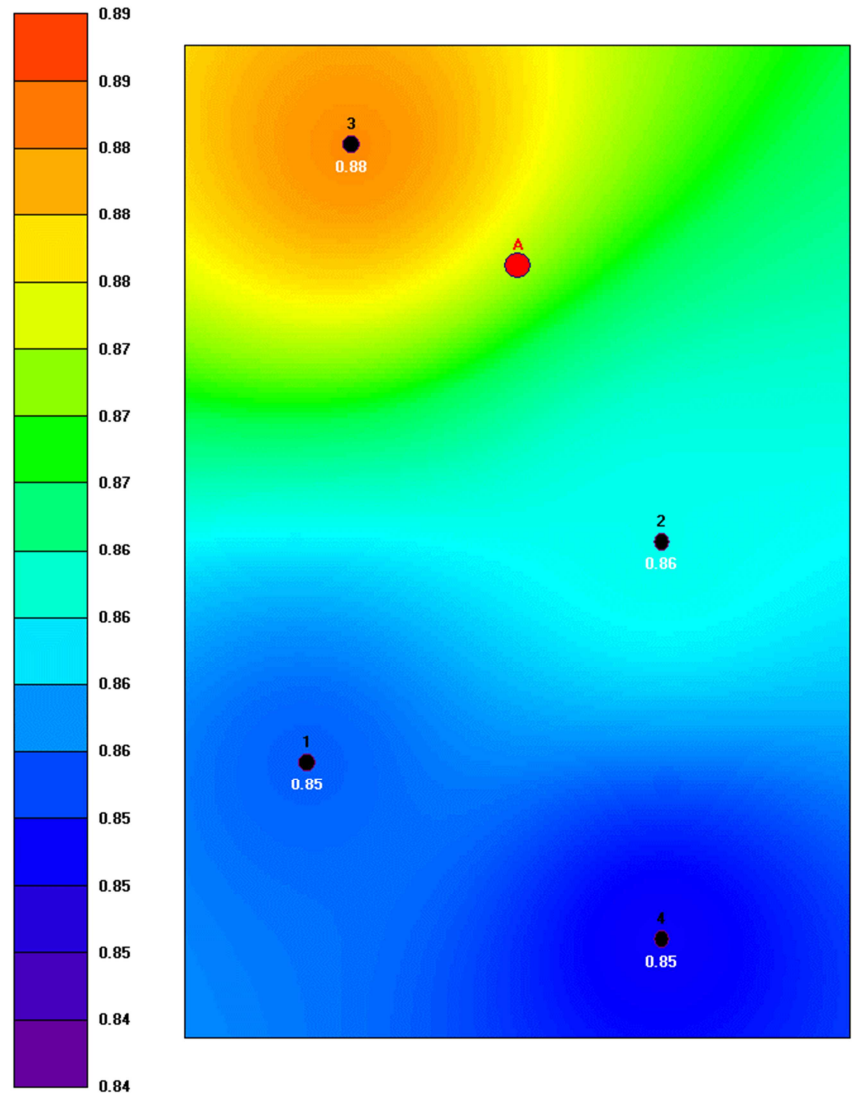


T60@500Hz

**RIQUALIFICAZIONE COMPRESSORIO  
EX POLSTRADA A ROIANO  
PROGETTO ASILO NIDO**

*Valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi delle strutture edilizie*

Ambiente	STI alle frequenze di terzi d'ottava (")						STI medio(")
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	
020, SOGGIORNO - PRANZO	0,87	0,87	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86

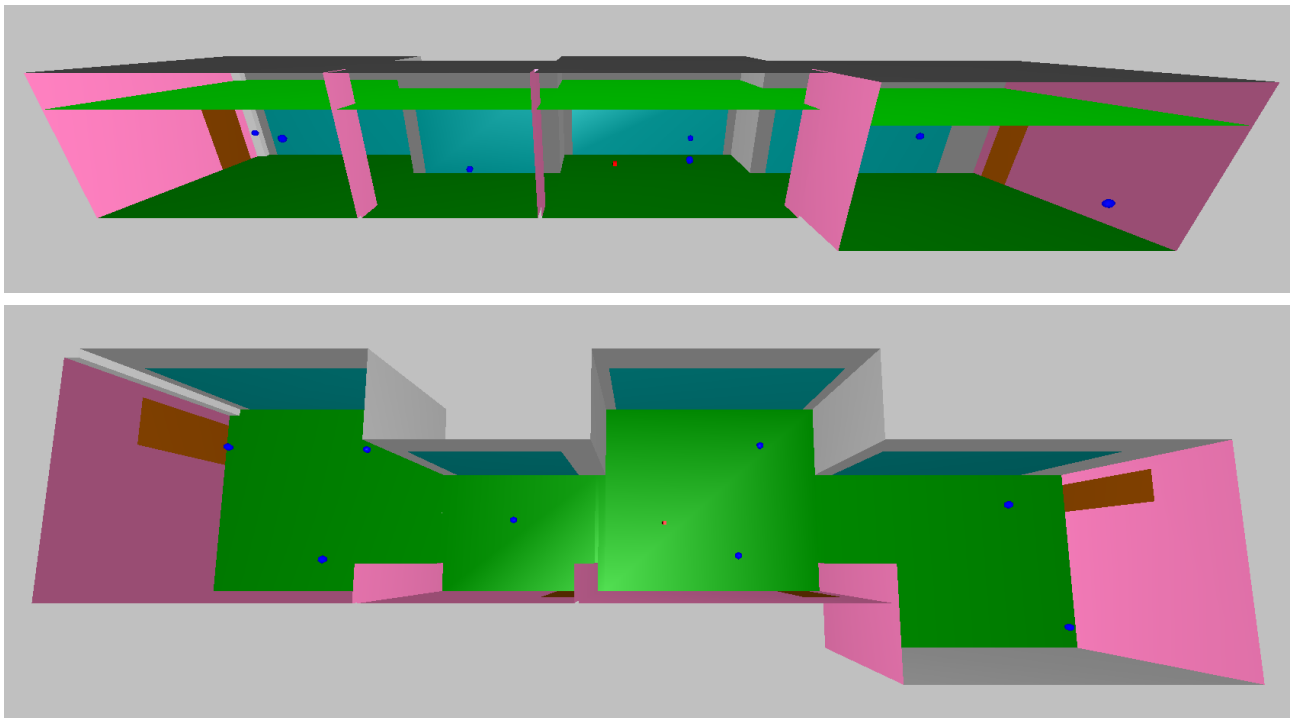


STI@500Hz

*Valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi delle strutture edilizie*

**LOCALE 030-043, ATTIVITA' DI MOVIMENTO – FORMATIVE, RIPOSO - RELAX**

Si riporta un estratto della modellazione digitale sviluppata.



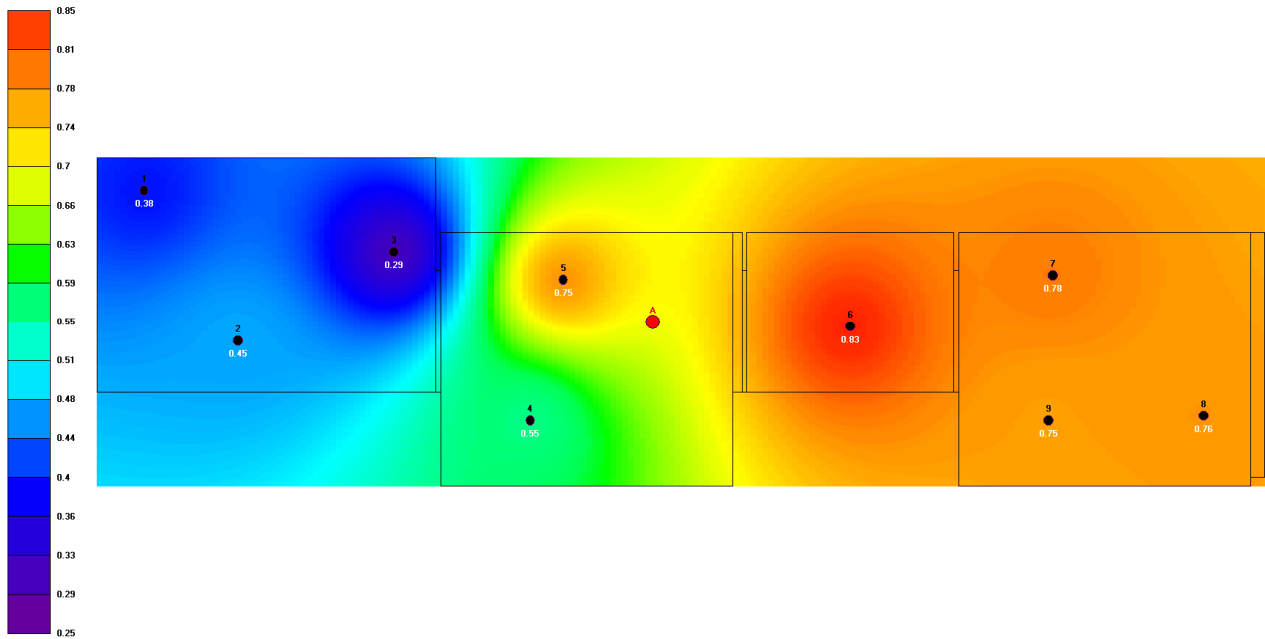
A seguito dell'informatizzazione dell'ambiente oggetto di valutazione nel software di previsione acustica si è proceduto alla determinazione dell'indice del tempo di riverberazione ( $T_{60}$ ) e dell'indice intelligibilità (STI) alle varie frequenze. Si riportano di seguito i risultati ottenuti dalle analisi effettuate.

Ambiente	$T_{60}$ alle frequenze di terzi d'ottava (")					
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
030-043 ATTIVITA' FORMATIVE – RELAX	0,57	0,61	0,62	0,61	0,61	0,60

Ambiente	$T_{60}$ medio(")	
	UNI 11367 [500 – 1000 Hz]	UNI 11532 UK [500 – 2000 Hz]
030-043 ATTIVITA' FORMATIVE – RELAX	0,61	0,61

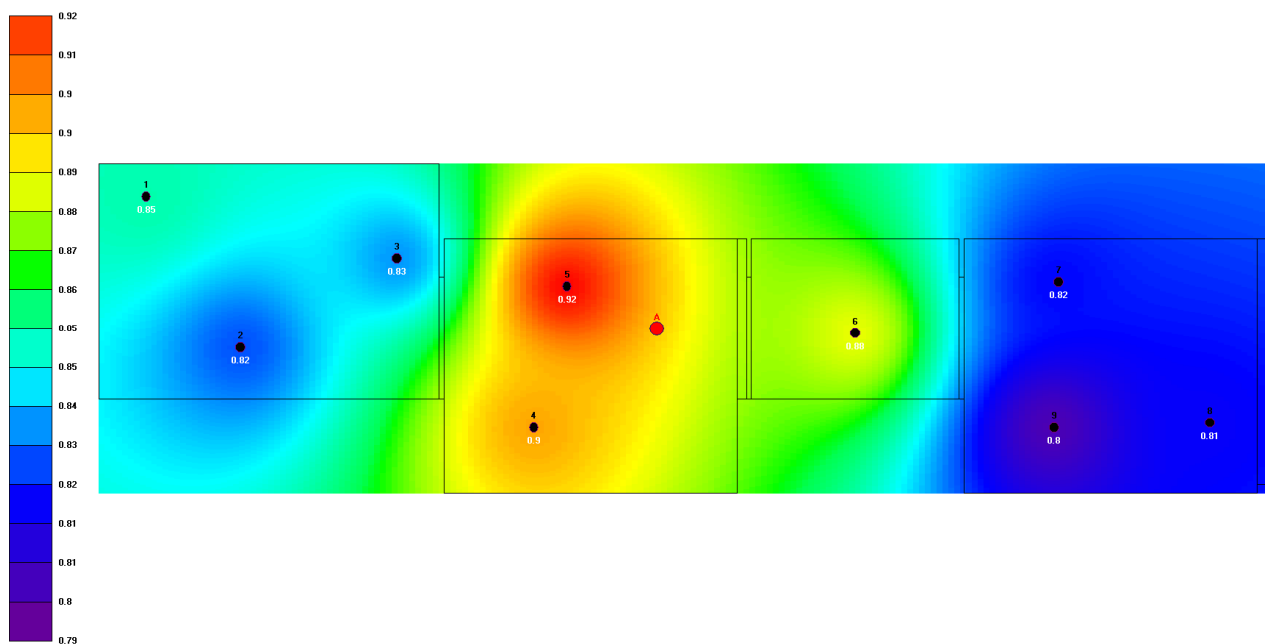
**RIQUALIFICAZIONE COMPRESSORIO  
EX POLSTRADA A ROIANO  
PROGETTO ASILO NIDO**

*Valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi delle strutture edilizie*



T60 @500Hz

Ambiente	STI alle frequenze di terzi d'ottava (")						STI medio (")
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	
030-043 ATTIVITA' FORMATIVE – RELAX	0,87	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85



STI@500Hz

## CONFRONTO DEGLI SCENARI PROGETTUALI CON I LIMITI DI NORMA

Si procede alla comparazione dei risultati ottenuti per gli indici considerati con i valori previsti dalla UNI 11367 e dalla UNI 11532.

LOCALE 020, SOGGIORNO - PRANZO			
Ambiente SOGGIORNO - PRANZO	$T_{60}$ medio (") [500 – 1000 Hz]	UNI 11367 - $T_{60}$ (") [500 – 1000 Hz]	$T_{60}$ Scostamento (")
	0,62	< 0,72	-0,10
	$T_{60}$ medio (") [250 – 2000 Hz]	UNI 11367 - $T_{60}$ (") - UK [500 – 2000 Hz]	$T_{60}$ Scostamento (")
	0,62	< 1,00	-0,38
	STI medio [250 – 2000 Hz]	STI ottimale [250 – 2000 Hz]	STI Scostamento
	0,86	> 0,60	+0,26

LOCALE 030-043, ATTIVITA' DI MOVIMENTO – FORMATIVE, RIPOSO – RELAX			
Ambiente ATTIVITA' DI MOVIMENTO – FORMATIVE, RIPOSO – RELAX	$T_{60}$ medio (") [500 – 1000 Hz]	UNI 11367 - $T_{60}$ (") [500 – 1000 Hz]	$T_{60}$ Scostamento (")
	0,61	< 0,78	-0,17
	$T_{60}$ medio (") [250 – 2000 Hz]	UNI 11367 - $T_{60}$ (") - UK [500 – 2000 Hz]	$T_{60}$ Scostamento (")
	0,61	0,6 - 0,80	compreso nell'intervallo di riferimento
	STI medio [250 – 2000 Hz]	STI ottimale [250 – 2000 Hz]	STI Scostamento
	0,85	> 0,60	+0,25

## CONSIDERAZIONI

Come si evidenzia dai risultati soprariportati, nello scenario considerato, si è verificato il soddisfacimento dei limiti previsti dal Decreto 11/10/2017 sia secondo UNI 11367 che UNI 11532.

Si specifica inoltre che la verifica analitica previsionale è stata svolta considerando gli ambienti privi di persone, ciò al fine di poter paragonare quanto valutato analiticamente con un'eventuale verifica in opera che, in ottemperanza alle Norme tecniche di riferimento UNI EN ISO 140, UNI EN ISO 3383, UNI EN ISO 18233 ed alla Circolare 3150 del 22/05/1967 (edilizia scolastica), prevede la presenza nel locale all'atto delle verifiche al massimo di due persone.

## **CONCLUSIONI**

L'analisi peculiare degli indici di valutazione dei requisiti acustici passivi applicabili all'edificio in oggetto ha evidenziato i seguenti risultati.

Le stratigrafie previste per quanto attiene alla facciata verticale consentono di ottemperare ai requisiti dal Decreto 11/10/2017 e conseguentemente dalla UNI 11367.

Le stratigrafie previste per quanto attiene alle partizioni interne di separazione tra ambienti adiacenti consentono di ottemperare ai requisiti previsti dal Decreto 11/10/2017 e conseguentemente dalla UNI 11367 – appendice A.

Le stratigrafie previste per quanto attiene alle partizioni di separazione interna comprensive di serramenti, risultano soddisfare il requisito di prestazione buona indicato dalla UNI 11367 – appendice B.

Le caratteristiche fonoassorbenti degli elementi edilizi costituenti i locali valutati consentono di ottemperare al requisito qualitativo del tempo di riverberazione  $T_{60}$  previsto dal Decreto 11/10/2017 e conseguentemente dalla UNI 11367 e UNI 11532.

Si precisa che a seguito di eventuali varianti architettoniche, interessanti aspetti connessi con la materia in esame, si dovrà procedere alla definizione ed alla comunicazione delle relative varianti di isolamento acustico

Mirano, 02 Luglio 2019

**Per. Ind. Stefano Barina**

Tecnico Competente in Acustica Ambientale  
N°18 dell'elenco della Regione Veneto  
ENTECA 1125



Attestato di riconoscimento del Tecnico Competente in Acustica Ambientale.



REGIONE DEL VENETO  
A.R.P.A.V.



AGENZIA REGIONALE PER LA PREVENZIONE E PROTEZIONE AMBIENTALE DEL VENETO

*Riconoscimento della figura di Tecnico Competente in Acustica  
Ambientale, artt. 6, 7 e 8 della Legge 447/95*

*Si attesta che Stefano Barina, nato/a a Noale (VE) il 14/06/46 è stato/a  
inserito/a con deliberazione A.R.P.A.V. n.372 del 28 maggio 2002 nell'elenco dei  
Tecnici Competenti in Acustica Ambientale ai sensi dell'art.2 commi 6 e 7 della  
Legge 447/95 con il numero 18.*

A.R.P.A.V.

*Il Responsabile dell'Osservatorio Regionale Agenti Fisici*

*Elvio Tatti*

A.R.P.A.V.

Piazzale Stazione, 1 - 35131 Padova

Direzione Generale Tel. 049/8239301 Direzione Area Amministrativa Tel. 049/8239302

Direzione Area Tecnico-Scientifica Tel. 049/8239303 Direzione Area Ricerca e Informazione Tel. 049/8239304

Fax 049/660966.

[Home](#)[Tecnici Competenti in Acustica](#)[Corsi](#)[Login](#)[Home](#) / [Tecnici Competenti in Acustica](#) / [Vista](#)

<b>Numero Iscrizione Elenco Nazionale</b>	1125
<b>Regione</b>	Veneto
<b>Numero Iscrizione Elenco Regionale</b>	18
<b>Cognome</b>	Barina
<b>Nome</b>	Stefano
<b>Titolo studio</b>	Diploma di perito tecnico industriale
<b>Luogo nascita</b>	Noale
<b>Data nascita</b>	14/06/1946
<b>Codice fiscale</b>	BRNSFN46H14F904C
<b>Regione</b>	Veneto
<b>Provincia</b>	VE
<b>Comune</b>	Noale
<b>Via</b>	Strada San Dono
<b>Cap</b>	30033
<b>Civico</b>	111
<b>Nazionalità</b>	IT
<b>Email</b>	stefano@pedchim.com
<b>Pec</b>	segreteria@pec.sppsrl.com
<b>Telefono</b>	
<b>Cellulare</b>	329-2211913
<b>Data pubblicazione in elenco</b>	10/12/2018