



CITTÀ DI LEGNAGO

**COMUNE DI LEGNAGO -VR**

SETTORE 3° LL.PP. ED URBANISTICA  
Via XX Settembre, 29 – 37045 Legnago (Verona)  
tel. 0442 634900-634925

Responsabile del procedimento e  
Direttore di esecuzione del contratto  
Ing. Giacomo Masiero



**M4 C1 I3.3 - CO-FINANZIATO  
DALL'UNIONE EUROPEA NEXT  
GENERATION EU**

**INTERVENTO PER LA RIGENERAZIONE ED IL  
POTENZIAMENTO DEL COMPLESSO SCOLASTICO DI VIA  
RAGAZZI DEL '99 NEL QUARTIERE DI PORTO DI LEGNAGO**

**1^ FASE. DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE SCUOLA  
SECONDARIA DI 1° GRADO "G.B.CAVALCASELLE"**

capogruppo RTP / responsabile della progettazione integrata e coordinata

**Atelier(s) Alfonso Femia s.r.l.**

via cadolini 32/48, 20137 milano tel. 02.54019701 fax 010.54115512  
via interiano 3/11, 16124 genova tel. 010.540095 fax 010.5702094  
55 rue des petites écuries, 75010 paris tel +331.42462894  
milano@atelierfemia.com www.atelierfemia.com

/ progettazione strutturale e impiantistica - prevenzione incendi

**Sertec engineering consulting s.r.l.**

strada provinciale 222, n.31, 10010 Lornazé, Torino  
tel 0125 1970499  
info@sertec-engineering.com

Mandante RTP / progettazione paesaggistica

**arch. Michelangelo Pugliese**

via Vito Inferiore 39/A, 89122 Reggio Calabria  
tel. 389 9687867  
arch.michelangelopugliese@gmail.com

Progetto esecutivo



codice  
documento

**ACeTrel001c**

scala

-

oggetto

**Requisiti acustici passivi**

tipo  
elaborato

**Acustica**

data di  
consegna

**09 giugno 2023**

percorso

Server\_Atelier/01\_2 INCARICHI ATELIER/01\_IN CORSO/00\_1 5+1AA SRL  
INCARICHI\_M/LSF (Legnago Scuola Fattibilità)/08 LSF Ae ESECUTIVO

commessa

rev.	data	redatto	verificato	approvato	oggetto revisione
a	15/12/2021	M.G.	L.V.	D.G.	prima consegna
b	06/06/2021	M.G.	L.V.	D.G.	aggiornamento cartiglio
c	22/06/2021	M.G.	L.V.	D.G.	seconda revisione

L'UTILIZZAZIONE E LA RIPRODUZIONE DEL PRESENTE DOCUMENTO SONO RISERVATE A NORMA DI LEGGE

*Demolizione e ricostruzione scuola  
secondaria di primo grado G.B. Cavalcaselle*

*Studio Previsionale di verifica del rispetto dei  
Requisiti Acustici Passivi degli Edifici rif.  
DPCM 5/12/1997 e C.A.M. edilizia pubblica*



Torino, giovedì 22 giugno 2023

Ing. Marco Gamarra

Studio **MRG**

Studio MRG di Gamarra ing. Marco  
via Borgaro 105 - 10149 Torino

Tel. + 39 011 5692863

[marco.gamarra@studiomrg.it](mailto:marco.gamarra@studiomrg.it)

[marco.gamarra@ingpec.eu](mailto:marco.gamarra@ingpec.eu)

## SOMMARIO

1. Premessa e scopo.....	4
2. Riferimenti normativi .....	4
2.1. Il DPCM 5/12/1997 .....	4
2.2. Criteri Ambientali Minimi di cui al D.M.T.E. 23/06/2022.....	5
2.2.1. Parametri di comfort acustico interno alle aule .....	7
3. Richiamo dei metodi di calcolo previsionale per la verifica dei requisiti acustici passivi degli edifici .....	9
3.1. La norma UNI 12354-1: isolamento per via aerea tra ambienti adiacenti .....	9
3.2. La norma UNI 12354-2: isolamento dal rumore di calpestio .....	12
3.3. La norma UNI 12354-3: isolamento di facciata da rumori aerei .....	13
4. Note sull'incertezza intrinseca delle misurazioni dei parametri e dei calcoli previsionali .....	15
4.1. Incertezza dei risultati delle misurazioni in acustica edilizia.....	15
4.2. Incertezza dei risultati dei calcoli previsionali in acustica edilizia .....	16
5. Analisi del progetto .....	18
6. Verifica previsionale dei parametri acustici di riferimento.....	21
6.1. Verifica previsionale per il parametro $D_{2m,nT,w}$ isolamento acustico standardizzato di facciata. ....	21
6.1.1. $D_{2m,nT,w}$ aula 27 alunni ad angolo con vetrata su 2 facciate. ....	22
6.1.2. $D_{2m,nT,w}$ aula 24 alunni con facciata su un singolo lato.....	24
6.2. Verifica previsionale per il parametro $D_{nT,w}$ isolamento acustico normalizzato tra aule adiacenti. ....	25
6.2.1. Nota per il caso in cui due aule vengano dotate di parete di separazione di tipo mobile (a pacchetto) per eventuale uso delle medesime come ambiente unico. ....	27
6.3. Valutazione previsionale del rumore da calpestio .....	29
6.4. Valutazione previsionale isolamento acustico normalizzato $D_{nT,w}$ tra corridoi ed aule .....	31
6.5. Modello acustico di un'aula "tipo" per valutazione previsionale del tempo di riverbero $T_{60}$ e dello STI (Speech Trasmissione Index) e della chiarezza $C_{50}$ .....	32
6.5.1. Risultati del calcolo previsionale per $T_{60}$ $C_{50}$ e STI .....	33

---

6.6.Modello acustico della sala musica per valutazione previsionale del tempo di riverbero T60 e dello STI (Speech Trasmissione Index) .....	37
6.6.1.Risultati del calcolo previsionale per T60 C50 e STI .....	38
6.7.Valutazioni sul comfort acustico interno alla palestra .....	40
7. Accorgimenti ed indicazioni per il conseguimento in opera dei risultati acustici di progetto .....	42
7.1.Indicazioni relative alle pareti divisorie tra ambienti interni adiacenti.....	42
7.2.Indicazioni relative alle aree non direttamente dedicate all'attività di docenza.....	42
7.3.Indicazioni relative ai serramenti interni .....	43
7.4.Indicazioni specifiche a riguardo della centrale termica e degli impianti in generale	44
8. Indicazioni generali di posa in opera per l'ottimizzazione acustica dell'intervento.....	45
8.1.Indicazioni relative alla stratigrafia della copertura dell'edificio .....	45
8.2.Indicazioni a riguardo dell'isolamento acustico di facciata e dell'introduzione dei "piccoli elementi" di aerazione (se e qualora necessari).....	47
8.3.Indicazioni a riguardo dell'isolamento acustico tra ambienti adiacenti .....	48
8.4.Indicazioni a riguardo dell'isolamento acustico degli impianti idrosanitari e di tutte le condutture d'acqua e fluidi tecnici .....	49
8.5.Indicazioni a riguardo dell'isolamento acustico delle installazioni elettriche.....	53
9. Sintesi e conclusioni .....	55

---

Allegato A: Spettri di assorbimento acustico dei materiali di previsto utilizzo.

Allegato B: Spettri di emissione sonora delle sorgenti utilizzati per i calcoli previsionali relativi ai parametri di qualità acustica delle aule di lezione e dell'aula per attività musicali.

Allegato C: Spettri di isolamento acustico di materiali e stratigrafie di previsto utilizzo.

Allegato D: Tavole grafiche illustrative.

---

## 1. Premessa e scopo

Nell'ambito del progetto esecutivo di demolizione e ricostruzione della scuola secondaria di primo grado G.B.Cavalcaselle in Legnago, il presente studio riporta i risultati dei calcoli acustici previsionali relativi alla verifica del rispetto dei parametri acustici di cui al DPCM 5/12/1997 "Requisiti Acustici Passivi degli Edifici" e dei più recenti Criteri Ambientali Minimi definiti da Ministero della Transizione Ecologica nel Decreto 23/6/2022 in materia di comfort acustico interno.

---

## 2. Riferimenti normativi

Nell'ambito della normativa vigente in materia di inquinamento da rumore, il presente studio fa specifico riferimento a:

- Legge quadro n.447/95,
- D.P.C.M. 5/12/1997 "Determinazione dei Requisiti Acustici Passivi degli Edifici",
- L.R. 21/1999
- D.M.T.E. 23/6/2022

Si riportano qui di seguito alcuni approfondimenti e richiami alla normativa vigente utili nell'ambito del presente studio.

### 2.1.II DPCM 5/12/1997

In attuazione dell'art 3, primo comma, lettera e), della Legge quadro sull'inquinamento acustico in data 5 dicembre 1997 è stato emanato dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri il decreto dal titolo "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici". Tale provvedimento è stato pubblicato sulla G.U. n. 297 del 22.12.1997 ed è entrato in vigore il 21 febbraio 1998.

Per quanto riguarda i requisiti acustici passivi degli edifici vengono assunti come parametri di riferimento quelli di seguito elencati:

indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di partizioni tra ambienti  $R'w$ , da riferirsi ad elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari;

indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata  $D_{2m,nT,w}$  (oggetto del presente studio);

indice di valutazione del rumore di calpestio di solai normalizzato  $L'_{n,w}$ .

Rumore prodotto dagli impianti tecnologici

A seconda della tipologia di edificio considerato e della sua destinazione d'uso, si hanno differenti requisiti acustici passivi da rispettare.

Il decreto distingue sette categorie di edifici a seconda della loro destinazione d'uso (vedi Tabella A) e per ciascuna di esse stabilisce i requisiti acustici passivi (vedi Tabella B) dei componenti degli edifici e delle sorgenti sonore interne.

Tabella A: Categorie di edifici secondo la loro destinazione d'uso

Categoria A: edifici adibiti a residenza o assimilabili;
Categoria B: edifici adibiti ad uffici ed assimilabili;
Categoria C: edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili;
Categoria D: edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili;
Categoria E: edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili;
Categoria F: edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili;
Categoria G: edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili.

Tabella B: Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti in opera e degli impianti tecnologici

Categorie di cui alla Tab. A	Parametri acustici di riferimento				
	$R'_w$ (*)	$D_{2m,nT,w}$	$L'_{n,w}$	$LA_{Smax}$	$LA_{eq}$
D	55	45	58	35	25
A, C	<b>50</b>	<b>40</b>	<b>63</b>	<b>35</b>	<b>35</b>
E	50	48	58	35	25
B, F, G	50	42	55	35	35

(\*) Valori di  $R'_w$  riferiti a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari.

## 2.2.Criteri Ambientali Minimi di cui al D.M.T.E. 23/06/2022

Il decreto del Ministero della Transizione Ecologica in oggetto al punto 2.4.11 specifica che

*“Fatti salvi i requisiti di legge di cui al decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 5 dicembre 1997 «Determinazione dei requisiti acustici degli edifici» (nel caso in cui il presente criterio ed il citato decreto prevedano il raggiungimento di prestazioni differenti per lo stesso indicatore, sono da considerarsi, quali valori da conseguire, quelli che prevedano le prestazioni più restrittive tra i due), i valori prestazionali dei requisiti acustici passivi dei singoli elementi*



*tecniche dell'edificio, partizioni orizzontali e verticali, facciate, impianti tecnici, definiti dalla norma UNI 11367 corrispondono almeno a quelli della classe II del prospetto 1 di tale norma.*

Il prospetto 1 è qui di seguito riportato per comodità di lettura

prospetto 1 **Valori dei parametri descrittivi delle caratteristiche prestazionali degli elementi edilizi da utilizzare ai fini della classificazione acustica di unità immobiliari**

Classe	Indici di valutazione				
	a) Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$ dB	b) Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni verticali e orizzontali fra ambienti di differenti unità immobiliari $R'_w$ dB	c) Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari $L'_{nw}$ dB	d) Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo $L_{ic}$ dB(A)	e) Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo $L_{id}$ dB(A)
I	≥43	≥56	≤53	≤25	≤30
II	≥40	≥53	≤58	≤28	≤33
III	≥37	≥50	≤63	≤32	≤37
IV	≥32	≥45	≤68	≤37	≤42

*Le scuole soddisfano almeno i valori di riferimento di requisiti acustici passivi e comfort acustico interno indicati nella UNI 11532-2.*

La norma UNI11532-2 al punto 4 richiama inoltre la norma UNI11367 specificando che permangono validi i valori di riferimento per i descrittori  $R'_w$ ,  $D_{nT,w}$ ,  $D_{2m,nT,w}$ ,  $L_{nw}$ ,  $L_{ic}$  e  $L_{id}$  del prospetto A.1 colonna "prestazione superiore e prospetto B.1 riga "prestazione buona. Esse sono qui di seguito riportati per facilità di lettura.

prospetto A.1 **Requisiti acustici di ospedali, case di cura e scuole**

	Prestazione di base	Prestazione superiore
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata, $D_{2m,nT,w}$ [dB]	38	43
Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di differenti unità immobiliari, $R'_w$ [dB]	50	56
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari, $L'_{nw}$ [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
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, $D_{nT,w}$ [dB]	50	55
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni / fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare, $D_{nT,w}$ [dB]	45	50
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, $L'_{nw}$ [dB]	63	53

I valori di cui all'appendice B sono invece relativi all'isolamento acustico tra spazi ad uso comune ed unità abitative. Questo può essere interpretato nel caso delle scuole come isolamento acustico tra corridoi e/o altri spazi comuni ed aule (parametro non cogente ai sensi della nuova norma UNI11367-2023 all'interno della medesima unità immobiliare ma utile per il comfort acustico interno).

prospetto B.1

**Requisiti per l'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo dell'edificio 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	$\geq 23$	$\geq 28$

Dalla norma UNI11367 si ricava altresì nell'appendice E che **per la valutazione previsionale del parametro  $D_{nT,w}$**  è possibile fare riferimento al parametro  $R'_w$  - calcolabile con le metodologie relative ai parametri del DPCM 5/12/1997 ed applicando la relazione:

$$D_{nT,w} = R'_w + 10 \log_{10}(0.32 \times V_2/S)$$

[Ricavata dalla formula E.2 della norma eliminando cautelativamente l'addendo "1"]

$V_2$  = Volume ambiente ricevente

$S$  = superficie della parete divisoria

Si ricorda infine che, in particolare, il DPCM 5/12/1997 richiede per le scuole un isolamento acustico standardizzato di facciata pari a 48dB - più restrittivo di quanto richiesto dalle altre indicazioni tecniche. Si applica pertanto il valore indicato dal DPCM 5/12/1997.

### 2.2.1. Parametri di comfort acustico interno alle aule

I Criteri Ambientali Minimi richiesti dal Ministero della Transizione Ecologica nell'ambito del DMTE 23/6/2022 fanno riferimento alla recente norma 11532-2 specifica per il settore scolastico.

La norma classifica gli ambienti interni secondo il seguente prospetto:



prospetto 1 **Categorie degli ambienti in relazione all'attività**

Categoria	Attività in ambiente	Modalità d'intervento
A1	Musica	Obiettivo raggiunto con progettazione integrata di geometrie, arredo, controllo del rumore residuo
A2	Parlato /conferenza	
A3	Lezione/comunicazione come parlato/ conferenza (aule grandi) interazione insegnante studente	
A4	Lezione/comunicazione, incluse aule speciali	
A5	Sport	
A6	Aree e spazi non destinati all'apprendimento e biblioteche	Obiettivo raggiunto con assorbimento acustico ed il controllo del rumore residuo

Essa indica per le aule di lezione (categoria A2) di volume inferiore a 250m<sup>3</sup> come nel caso in esame un valore di STI che sia maggiore o uguale a 0.55 con insegnante che parla con sforzo vocale "normale". Per sforzo vocale normale si intende un livello sonoro di 60dB(A) ad 1m di distanza dalla bocca.

Si riporta qui di seguito un estratto della norma:

prospetto 4 **Valori di riferimento del descrittore STI**

	< 250 m <sup>3</sup>	≥ 250 m <sup>3</sup>
Senza impianto di amplificazione o con impianto spento	≥ 0,55 con segnale di emissione ad 1 m in asse alla sorgente pari a 60 dB(A).	≥ 0,50 con segnale di emissione ad 1 m in asse alla sorgente pari a 70 dB(A).
Con impianto di amplificazione	≥ 0,60 con segnale di emissione come in normali condizioni d'uso dell'impianto di amplificazione	

La norma indica altresì dei limiti per il tempo di riverbero interno alle aule definendo un tempo di riverbero "ottimale" secondo il seguente prospetto:

prospetto 6 **Formule di calcolo di T<sub>ott</sub> per le categorie da A1 a A5**

Categoria	Ambiente occupato all'80%	
A1	$T_{ott,A1} = (0,45\log V + 0,07)$	$30\text{ m}^3 \leq V < 1000\text{ m}^3$
A2	$T_{ott,A2} = (0,37\log V - 0,14)$	$50\text{ m}^3 \leq V < 5000\text{ m}^3$
A3	$T_{ott,A3} = (0,32\log V - 0,17)$	$30\text{ m}^3 \leq V < 5000\text{ m}^3$
A4	$T_{ott,A4} = (0,26\log V - 0,14)$	$30\text{ m}^3 \leq V < 500\text{ m}^3$
Categoria	Ambiente non occupato	
A5	$T_{ott,A5} = (0,75\log V - 1,00)$ $T_{ott,A5} = 2,00$	$200\text{ m}^3 \leq V < 10000\text{ m}^3$ $V \geq 10000\text{ m}^3$

---

### 3. Richiamo dei metodi di calcolo previsionale per la verifica dei requisiti acustici passivi degli edifici

Il calcolo previsionale per il rispetto dei requisiti acustici passivi degli edifici stabiliti dal DPCM 5/12/1997 prevede l'applicazione di modelli di calcolo standardizzati ed esplicitati nell'ambito della normativa tecnica ed in particolare dai seguenti documenti:

NORMA UNI EN ISO 12354

Parte 1 – isolamento per via aerea tra ambienti adiacenti;

Parte 2 – isolamento dal rumore di calpestio;

Parte 3 - isolamento di facciata da rumori aerei.

NORMA UNI EN ISO 717

Si riportano qui nel seguito alcuni cenni relativi alla norma UNI-12354

#### 3.1.La norma UNI 12354-1: isolamento per via aerea tra ambienti adiacenti

Viene qui di seguito sintetizzato il metodo di calcolo secondo il modello semplificato.

L'indice di valutazione del potere fonoisolante delle strutture edili riferito al rumore per via aerea laddove non disponibile da certificati di laboratorio o prove tecniche di natura simile può essere calcolato utilizzando la relazione riportata in appendice B.2 della norma, valida per  $m'$  (massa areica della partizione)  $> 150 \text{ kg/m}^2$ :

$$R_w = 37.5 \cdot \log m' - 42.0 \text{ dB}$$

dove  $m'$  è la massa superficiale espressa in  $\text{kg/m}^2$ .

*NOTA: Poiché trattasi di formula empirica sono disponibili in letteratura numerose differenti esplicitazioni di relazioni analitiche (tutte di natura logaritmica) tra massa areica e potere fonoisolante. Esse sono state ricavate sulla base di numerosissime prove su elementi costruttivi aventi di volta in volta natura differente (pareti leggere, pareti omogenee in calcestruzzo, etc...). In caso di mancanza di dati di laboratorio a cui fare direttamente riferimento, quindi, è opportuno esulare dalla applicazione*

della formula indicata dalla norma nei casi in cui la tipologia di elemento costruttivo risulti maggiormente aderente alla applicazione di relazioni analitiche differenti.

Un elenco di relazioni sperimentali ricavate da diversi enti e laboratori di ricerca è qui di seguito riportata come riferimento:

Ente di riferimento	Relazione analitica proposta	Campo di validità
Pareti in laterizio		
Proposta per pareti in laterizio alleggerito	$R_w = 16,9 \cdot \log(m') + 3,6 \text{ dB}$	$m' > 100 \text{ Kg/m}^2$
Univ. Parma	$R_w = 15,4 \log(m') + 8$	$100 < m' < 700 \text{ Kg/m}^2$
Pareti doppie ad ampia intercapedine ( $d > 0,1 \text{ m}$ )	$R_w = 20 \log(m') + 20 \log(d) - 10$	Non indicato
Pareti in calcestruzzo e strutture omogenee		
	$R_w = 23,2 \log(m') - 4,5$	Pareti in cemento o cemento alleggerito
CSTB (Francia)	$R_w = 40 \log(m') - 45$	$m' > 150 \text{ Kg/m}^2$
CSTB (Francia)	$R_w = 13,3 \log(m') + 12$	$m' < 150 \text{ Kg/m}^2$
Önorm (Austria)	$R_w = 32,4 \log(m') - 26$	$m' > 150 \text{ Kg/m}^2$
DIN (Germania)	$R_w = 31,7 \log(m') - 27,6$	$m' > 150 \text{ Kg/m}^2$
IENGf (Italia)	$R_w = 20 \log(m')$	$50 < m' < 400 \text{ Kg/m}^2$
Norma U.K.	$R_w = 21,6 \log(m') - 2,3$	$m' > 100 \text{ Kg/m}^2$
Solai in laterocemento		
Univ. Parma	$R_w = 22,4 \log(m') - 6,5$	Non indicato
Elementi vetrati		
CSTB	$R_w = 12 \log(m') + 17 \text{ dB}$	vetrate monolitiche o vetrocamera con vetri semplici $20 < m' < 60 \text{ Kg/m}^2$
CSTB	$R_w = 12 \log(m') + 19 \text{ dB}$	vetrate stratificate
	$R_w = 12 \log(m') + 20 \text{ dB}$	vetrocamera con una lastra stratificata
	$R_w = 12 \log(m') + 22 \text{ dB}$	vetrocamera con due lastre stratificate
Pareti in cartongesso		
Cartongesso ad ossatura unica	$R_w = 20 \log(m') + 20 \log(a) + b - 5$	--
Cartongesso a doppia ossatura strutturalmente disgiunta	$R_w = 20 \log(m') + 20 \log(a) + b + 10$	--

Dove a è l'interasse tra gli elementi dell'ossatura del cartongesso e b è la loro sezione.

Per le partizioni multistrato si tiene inoltre conto dell'eventuale miglioramento dovuto all'intercapedine ed al materiale eventualmente in esso presente.

Alle formule per il metodo semplificato occorre aggiungere il contributo della trasmissione di fiancheggiamento dovuta ai giunti tra le partizioni adiacenti a quella in oggetto. Si considerano i percorsi di trasmissione per mezzo della seguente denominazione convenzionale:

D (divisorio tra ambienti); L (fiancheggiante a sinistra); R (fiancheggiante a destra),

F (fiancheggiante superiore per divisori verticali e frontale per divisorio orizzontale),

B (fiancheggiante inferiore per divisori verticali e retro per divisorio orizzontale),

ricordando di utilizzare le lettere MAIUSCOLE per l'ambiente emittente e le lettere minuscole per l'ambiente ricevente, si hanno i seguenti percorsi di fiancheggiamento:

DI, Dr, Df, Db, Ld, LI, Rd, Rr, Fd, Ff, Bd, Bb,

Detti RDI, RDr, RDf, RDb, RLd, RLI, RRd, RRs, RFd, RFf, RBd, RBb gli indici di valutazione del potere fonoisolante laterale per ciascuno dei percorsi e RDd l'indice di valutazione del potere fonoisolante per la trasmissione diretta, si può calcolare l'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente  $R'w$ :

$$R'w = -10 \log_{10} [10 - RDd / 10 + 10 - RDI / 10 + 10 - RDr / 10 + 10 - RDf / 10 + 10 - RDb / 10 + 10 - RLd / 10 + 10 - RLI / 10 + 10 - RRd / 10 + 10 - RRs / 10 + 10 - RFd / 10 + 10 - RFf / 10 + 10 - RBd / 10 + 10 - RBb / 10] \text{ dB}$$

Il valore dell'indice di valutazione del potere fonoisolante di ciascun percorso laterale  $RJK$  si può calcolare utilizzando la seguente relazione:

dove  $RJ.W$  e  $RK,w$  sono gli indici di valutazione delle due strutture  $J$  e  $k$ ,  $\Delta RJK,W$  è l'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante dovuto a strati aggiuntivi (contropareti, controsoffitti, pavimenti galleggianti),  $KJK$  è l'indice di riduzione delle vibrazioni per il percorso di trasmissione  $Jk$ ,  $S$  è la superficie dell'elemento divisorio,  $lk$  è l'elemento di accoppiamento comune tra l'elemento di separazione e l'elemento laterale considerato.

Nell'appendice E della norma UNI 12354-1 sono riportate le formule di calcolo degli indici di riduzione delle vibrazioni. Schematicamente, detto  $M$  il rapporto tra le due masse areiche ( $\text{kg/m}^2$ ) degli elementi  $J$  e  $k$  coinvolti [ $M = m_j/m_k$ ] si ha:

#### Giunto a croce

Strutture in linea (LI, Rr, Ff, Bb):  $KJK = 8.7 + 17.1 M + 5.7 M^2$

Strutture perpendicolari (Ld, DI, Rd, Dr, Fd, Df, Bd, Db):  $KJK = 8.7 + 5.7 M^2$

#### Giunto a T

Strutture in linea (LI, Rr, Ff, Bb):  $KJK = 5.7 + 14.1 M + 5.7 M^2$

Strutture perpendicolari (Ld, DI, Rd, Dr, Fd, Df, Bd, Db):  $KJK = 5.7 + 5.7 M^2$

### 3.2.La norma UNI 12354-2: isolamento dal rumore di calpestio

Viene qui di seguito sintetizzato il metodo di calcolo secondo il modello semplificato.

L'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico  $L'_{n,w}$  è dato da:

$$L'_{n,w} = L_{n,w,eq} - L_w + K \text{ dB}$$

Per solai omogenei (CLS pieno gettato in opera, CLS cellulare pieno autoclavato, solaio con tavole forate, solaio con travetti ed alveoli, solaio in lastroni di CLS, solaio in travetti di CLS) può essere utilizzata la seguente relazione per il calcolo di  $L_{n,w,eq}$ :

$$L_{n,w,eq} = 164 - 35 \times \log(m') \text{ dB (appendice B.2)}$$

dove  $m'$  è la massa per unità di area ( $100 \leq m' \leq 600 \text{ kg/m}^2$ ). Tale valore può essere penalizzato (7-10 dB) per la presenza di cavità nella struttura.

Il valore di  $L_w$  viene calcolato sulla base di:

pavimento galleggiante di massa areica  $m$  ( $\text{kg/m}^2$ ) e strato isolante di rigidità dinamica  $s'$  ( $\text{MN/m}^3$ ):

$$L_w = 15 \log_{10}[m/s'] + 18 \text{ dB}$$

pavimento resiliente di rigidità dinamica  $s'$  ( $\text{MN/m}^3$ ):

$$L_w = 75 - 20 \log(s') \text{ dB}$$

Infine, il termine  $K$  (termine di correzione per trasmissione laterale) si determina sulla base della massa areica dell'elemento divisorio e della media ponderata (rispetto alle superfici) delle masse areiche degli elementi laterali. La seguente tabella fornisce i valori di  $K$  in funzione dei due parametri indicati.

Massa areica elemento divisorio	Massa media per unità di area degli elementi laterali								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
100	1	0	0	0	0	0	0	0	0
150	1	1	0	0	0	0	0	0	0
200	2	1	1	0	0	0	0	0	0
250	2	1	1	1	0	0	0	0	0
300	3	2	1	1	1	0	0	0	0

Massa areica elemento divisorio	Massa media per unità di area degli elementi laterali								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
350	3	2	1	1	1	1	0	0	0
400	4	2	2	1	1	1	1	0	0
450	4	3	2	2	1	1	1	1	1
500	4	3	2	2	1	1	1	1	1
600	5	4	3	2	2	1	1	1	1
700	5	4	3	3	2	2	1	1	1
800	6	4	4	3	2	2	2	1	1
900	6	5	4	3	3	2	2	2	2

### 3.3.La norma UNI 12354-3: isolamento di facciata da rumori aerei

Viene qui di seguito sintetizzato il metodo di calcolo secondo il modello semplificato.

L'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente  $R'_w$  è dato da:

dove  $R_{e,i,w}$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento i-esimo,  $R_{f,j,w}$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante del j-esimo percorso di fiancheggiamento.

Per il calcolo di  $R_{e,i,w}$  delle strutture murarie, ci si riferisce al quanto detto nella norma UNI 12354-1; altri elementi da considerare sono le superfici vetrate le piccole aperture (aerazione cucine).

Per quanto riguarda le finestre e le superfici vetrate in generale si richiamano le formule già sopra riportate al paragrafo relativo alla parte 1 della norma:

vetrate monolitiche o vetrocamere vetri semplici	$R_w = 12 \log(m') + 17 \text{ dB}$
vetrate stratificate	$R_w = 12 \log(m') + 19 \text{ dB}$
vetrocamere con una lastra stratificata	$R_w = 12 \log(m') + 20 \text{ dB}$
vetrocamere con due lastre stratificate	$R_w = 12 \log(m') + 22 \text{ dB}$

dove  $m'$  è la massa areica della superficie vetrata. Per quanto riguarda le piccole aperture:

$$R_w = -10 \log(S_{op}/10) \text{ dB}$$

dove  $S_{op}$  è la superficie dell'apertura



---

Possono essere introdotti elementi correttivi per i serramenti (di solito la loro influenza è trascurabile) e i cassonetti (possono penalizzare anche di 10dB l'isolamento calcolato per la superficie vetrata poiché sono spesso realizzati senza accorgimenti di isolamento dal rumore).

Il termine di fiancheggiamento è in genere poco importante e comunque molto meno importante rispetto al caso di trasmissione di rumore tra ambienti interni adiacenti. Esso è valutabile con un unico addendo variabile da 0 a 2 (giunzioni rigide tra facciata ed elementi fiancheggianti).

L'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione ( $D_{2m,n-r,w}$ ) dipende dal potere fonoisolante della facciata, dall'influenza della forma esterna [balconi, parapetti in cls o metallici, etc...] e dalle dimensioni geometriche degli ambienti interni oltre che dai materiali con cui sono realizzati ed arredati. Per il calcolo può essere utilizzata la seguente formula, dove:

$R'w$  deve essere calcolato come precedentemente descritto

Il termine di correzione per forma facciate (variabile da -1 a 7 dB, come da appendice C della norma UNI 12354-3)

$V$  è il volume (in  $m^3$ ) dell'ambiente di ricezione

$S$  è la superficie (in  $m^2$ ) della facciata

---

## 4. Note sull'incertezza intrinseca delle misurazioni dei parametri e dei calcoli previsionali

La quantificazione dell'incertezza nell'ambito progettuale in materia di acustica riveste una notevole importanza poiché permette di tener conto della confidenza di un calcolo previsionale così come di una misurazione di verifica in campo.

### 4.1. Incertezza dei risultati delle misurazioni in acustica edilizia

Per quanto riguarda le misurazioni fonometriche la quantificazione dell'incertezza del valore rilevato è determinata da differenti fattori quali:

- La classe di precisione dello strumento
- La classe di precisione del dispositivo di calibrazione
- La conformità della eventuale sorgente sonora (o di calpestio) alla vigente normativa (non esistono a tutt'oggi certificazioni per le sorgenti sonore o di rumore da calpestio analoghe a quelle a cui vengono sottoposti periodicamente tutti i fonometri e gli analizzatori. Si pensi ad esempio al fattore di direzionalità ad alta frequenza di una sorgente sonora dodecaedrica che può determinare, a seconda del proprio orientamento, una differente incidenza dell'onda sonora su una facciata in occasione di una misurazione del parametro  $D_{2m,nT,w}$ )
- La conoscenza delle caratteristiche fisiche del "misurando" ovvero dell'oggetto della misurazione

Come è possibile comprendere dall'elenco sopra riportato la stima dell'incertezza è dovuta a fattori quantificabili (classi di precisione degli strumenti e dei calibratori) ed a fattori non quantificabili o perché non normati oppure perché addirittura non perfettamente conoscibili.

Nell'ambito della presente relazione è possibile quantificare in  $\pm 1$  dB l'incertezza dei valori di livello sonoro misurati in opera (a causa della classe di precisione I della strumentazione) a cui si può fare riferimento per analogia con altre strutture edili già oggetto di collaudo acustico nel recente passato. E' di conseguenza quantificabile in almeno  $\pm 2$  dB l'incertezza nella valutazione dei parametri di riferimento ( $L_{n,w}$ , etc...) a causa delle ulteriori approssimazioni al dB dei livelli sonori in sede di applicazione della curva di riferimento di cui alla ISO 717. A tale riferimento di  $\pm 2$  dB ci si

richiama nella presente relazione assumendo un fattore di confidenza di 2dB per la quantificazione previsionale dei parametri da misurazioni in opera (ad esempio il rumore da calpestio).

Non è possibile quantificare l'incertezza dovuta all'utilizzo della specifica strumentazione (ad esempio di generazione del rumore da calpestio) per le ragioni precedentemente esposte. Non è possibile infine quantificare l'incertezza causata dalla scarsa conoscenza del misurando.

Tali ultimi due elementi costituiscono i maggiori fattori di variabilità e potrebbero elevare di molti dB la reale incertezza delle misurazioni di collaudo acustico in opera, incertezza dunque non conoscibile.

## 4.2. Incertezza dei risultati dei calcoli previsionali in acustica edilizia

I calcoli previsionali in acustica edilizia vengono sviluppati sulla base di norme tecniche di riferimento che forniscono metodi e modelli matematici di rappresentazione della realtà fisica costituita dagli edifici a partire dai loro elementi edilizi.

I possibili fattori di incertezza nel calcolo progettuale sono dunque:

- Lo scostamento del modello matematico fornito dalla norma di calcolo rispetto alla realtà fisica da modellizzare (indicato nell'ambito di ogni norma tecnica)
- L'ulteriore errore di modellizzazione relativo al caso specifico in esame (errore insito nella applicazione di un modello progettato per l'edilizia civile standard ad una realtà che si attesta ai margini del campo di applicabilità del modello stesso data la presenza di facciate continue, pavimentazioni sopraelevate, etc..).
- Lo scostamento dei dati di input del modello (ovvero la differenza delle caratteristiche acustiche degli elementi edilizi così come riportate nei dati tecnici di misura da laboratori metrologici certificati rispetto alla realtà fisica)
- La difformità della esecuzione dei lavori rispetto alla "perfetta regola d'arte" – concetto di riferimento peraltro qualitativo e non quantitativo.

Anche nel caso del calcolo progettuale l'incertezza nella valutazione dei parametri di acustica edilizia dipende quindi da diversi fattori, alcuni dei quali conoscibili ed almeno in parte quantificabili ed altri che risultano al di fuori del controllo quantitativo e, dunque, non commensurabili.

Le norme tecniche riportano infatti dati di incertezza basati su uno studio statistico di applicazione della norma e di successiva misurazione (anch'essa affetta da incertezza!) effettuata per confronto. Ad esempio per il rumore da calpestio la norma 12354-2 indica che nel 60% dei casi la previsione rientra

---

in uno scarto tipo di  $\pm 2\text{dB}$  e che il 100% della base statistica raccolta rientra in un intervallo di  $\pm 4\text{dB}$ . (un intervallo di incertezza di ampiezza pari ad  $8\text{dB}$  come conseguenza di un solo fattore di incertezza!).

Per lo scostamento dei dati di input del modello rispetto alla reale prestazione in opera agiscono due fattori:

il fatto che in laboratorio la posa in opera è sempre estremamente accurata e le sigillature per gli isolamenti risultano sovrabbondanti rispetto alla pratica di cantiere

l'errore nella quantificazione dei parametri in sede di laboratorio dovuto alle condizioni di misura.

Per questo secondo aspetto dati acustici comparati tra 24 differenti laboratori metrologici primari di tutta Europa (per l'Italia l'ex Istituto Galileo Ferrarsi di Torino ora Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica) hanno ad esempio evidenziato scarti dell'ordine di  $10\text{dB}$  (!) nella misurazione di un parametro di isolamento di una partizione verticale (la medesima partizione che è stata spostata di volta in volta nei diversi laboratori ed installata nel medesimo modo). Si evidenzia dunque come l'applicazione di dati provenienti da laboratori differenti può determinare una elevata difformità di risultati.

I parametri che definiscono l'incertezza previsionale sono quindi molteplici e quelli che risultano maggiormente influenti sono anche i meno quantificabili.

Nel caso del presente studio si fa riferimento alla quantificazione delle incertezze riportata nell'insieme delle norme UNI 12354 e ad essa principalmente si rimanda ricordando però che l'intervallo in esse riportato è una stima di minima della reale incertezza previsionale che può assumere una estensione maggiore a causa degli aspetti precedentemente illustrati.

---

## 5. Analisi del progetto

Il progetto prevede la demolizione e la ricostruzione della scuola secondaria di primo grado G.B.Cavalcaselle. Gli elaborati progettuali prevedono la realizzazione di un edificio di 2 piani fuori terra così composti (indicazioni utili sotto il profilo acustico):

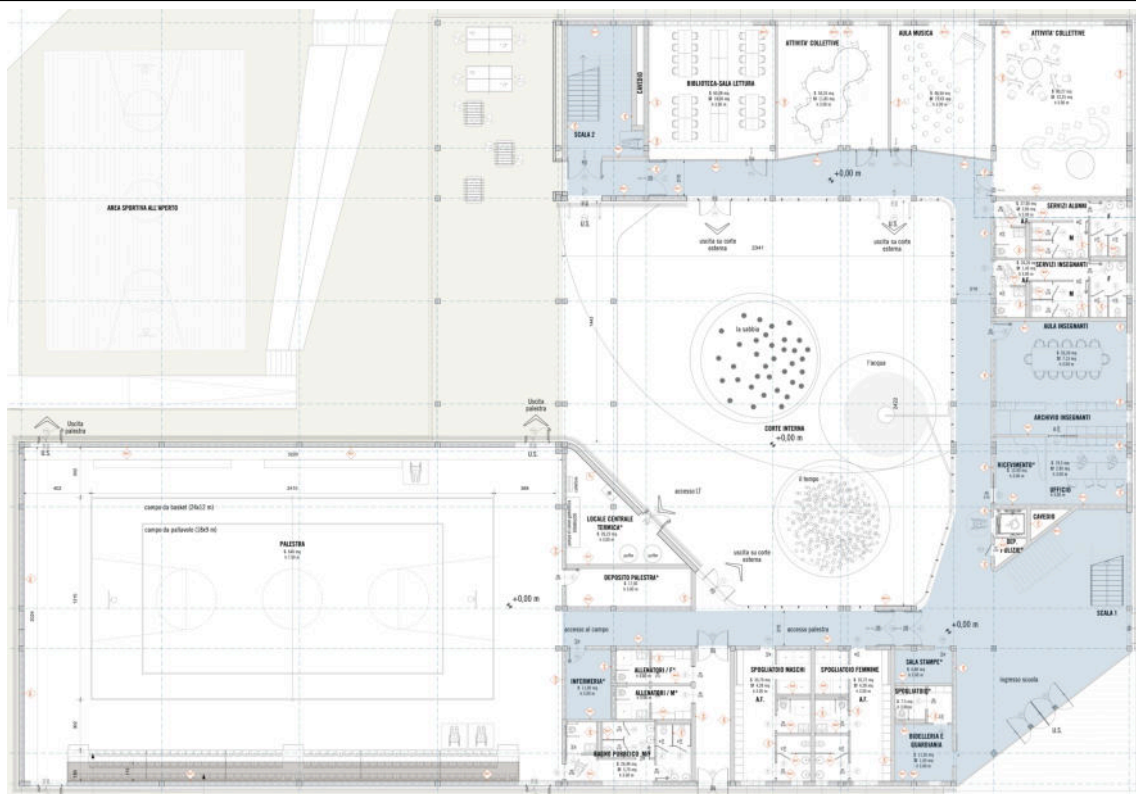
Piano terra:

- Biblioteca
- n.2 sale per attività collettive
- Sala musica
- Palestra
- Ambienti accessori (corridoi, sala insegnanti, sala ricevimento, spogliatoi, servizi igienici)

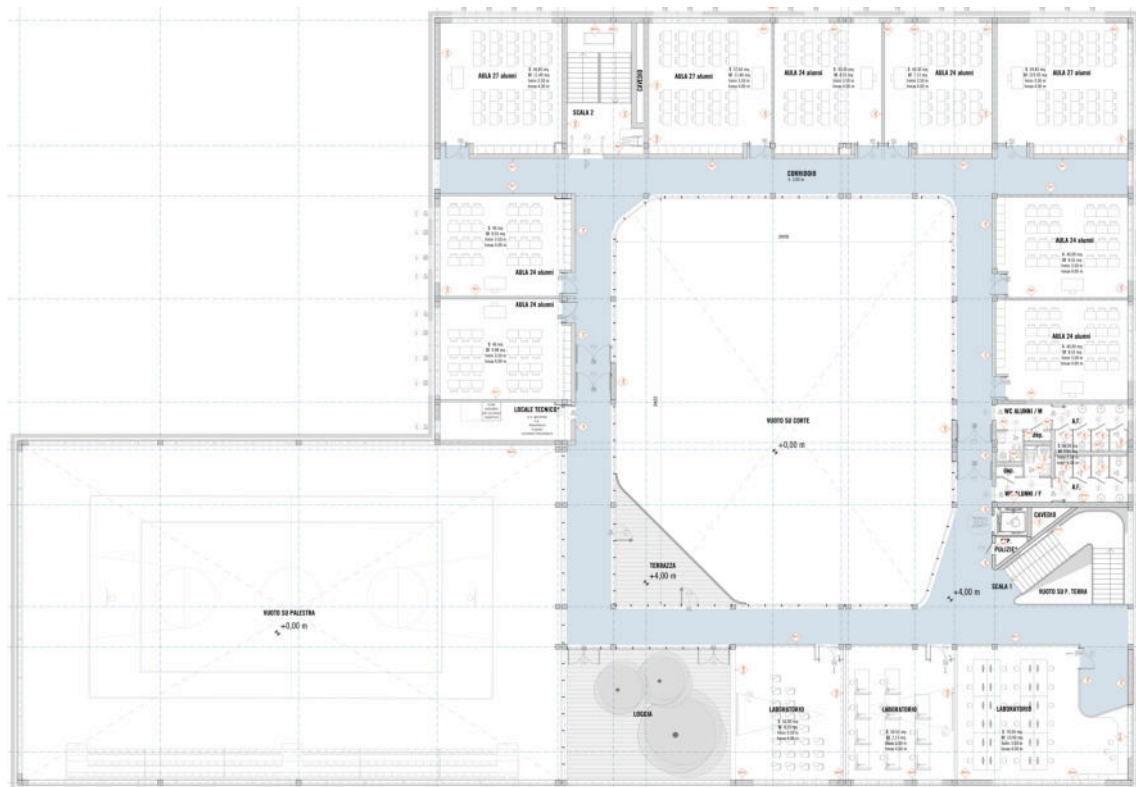
Piano primo:

- n.9 aule,
- n.3 laboratori (assimilabili ai fini acustici ad aule)
- Ambienti accessori (corridoi, scale e servizi igienici).

Le planimetrie di progetto prevedono un layout come riportato nelle immagini seguenti:



### I. Layout di riferimento piano terra.



### II. Layout di riferimento piano primo.

Per ulteriori dettagli si faccia riferimento agli elaborati di progetto.



---

**NOTA IMPORTANTE:** con riferimento al DPCM 5/12/1997, nel caso del presente progetto, la configurazione della struttura e la destinazione d'uso prevista definiscono l'intero edificio come una unica unità immobiliare. Non si applicano pertanto i seguenti parametri:

- $R'_w$  - isolamento acustico tra ambienti adiacenti di unità immobiliari distinte
- $L'_{n,w}$  rumore da calpestio tra ambienti adiacenti e sovrapposti di unità immobiliari distinte.

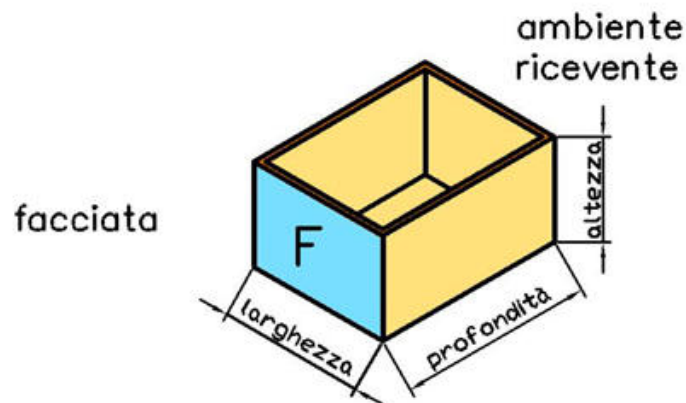
## 6. Verifica previsionale dei parametri acustici di riferimento

### 6.1. Verifica previsionale per il parametro $D_{2m,nT,w}$ isolamento acustico standardizzato di facciata.

Per la verifica del parametro in oggetto si utilizza come riferimento le situazioni potenzialmente più critiche costituite da:

- 1) aula d'angolo avente superficie vetrata su due lati (caso peggiore)
- 2) Aula su un lato avente la più ampia superficie vetrata tra quelle che si affacciano su un solo lato.

Il prospetto di calcolo, eseguito per mezzo del software "Echo 8.1" realizzato da ANIT con l'applicazione delle norme tecniche di riferimento è qui di seguito riportato con riferimento allo schema grafico in figura:



#### III. Schema grafico di riferimento per il calcolo.

### 6.1.1.D<sub>2m,nT,w</sub> aula 27 alunni ad angolo con vetrata su 2 facciate.

Si tratta della tipologia di aula che costituisce il “caso peggiore” per quanto riguarda l’isolamento acustico standardizzato di facciata. Essa si considera così composta:

<b>Volume dell'ambiente</b>	224.50 m <sup>3</sup>
<b>Superficie della facciata</b>	54.78 m <sup>2</sup>

#### Elementi che compongono la facciata

	Elemento	Superficie [m <sup>2</sup> ]	R <sub>w</sub> / D <sub>new</sub> [dB]
1	Parete perimetrale tipo Me-01	23,28	55,00
2	Serramento (R <sub>w</sub> minimo utile)	31,50	48,00

#### Correzioni

<b>Trasmissione laterale</b>	K = 2 dB
<b>Forma di facciata</b>	DL <sub>fs</sub> = 0 dB

#### Indice di valutazione dell'isolamento di facciata

<b>R'<sub>w</sub></b>	47.8 dB
<b>D<sub>2m,nT,w</sub></b>	49.2 dB
<b>Categoria dell'edificio</b>	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
<b>D<sub>2m,nT,w</sub> minimo</b>	48.0 dB
<b>Limite verificato</b>	

I calcoli previsionali indicano come il serramento esterno nel suo complesso (sistema telaio-controtelaio e vetrocamera) debba disporre di un indice di isolamento acustico pari ad almeno R<sub>w</sub>=48dB.

Per questa ragione occorre prevedere l'impiego di un sistema vetrato avente almeno un indice di isolamento acustico pari a R<sub>w</sub>=50dB o superiore.

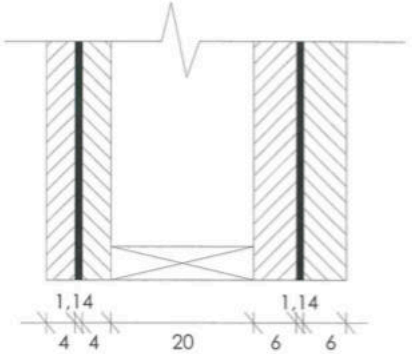
L'estratto di scheda tecnica nella figura seguente riporta una possibile stratigrafia di elemento vetrato che, installata su adeguato sistema telaio-controtelaio, può consentire di perseguire in opera il risultato atteso.

La stratigrafia è così composta:

- Vetro stratificato 4+4mm con interposto PVB da 1.14mm
- Intercapedine di 20mm di spessore

- Vetro stratificato 6+6mm con interposto PVB da 1.14mm

<b>Spessore totale della vetrata</b>	42 mm
<b>Spessore degli strati</b>	9 (9.1) – 20 – 13 (13.1) mm
<b>Massa superficiale</b>	52,4 kg/m <sup>2</sup>
<b>Voci di capitolato dei prodotti</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Vetro stratificato (4/1,14/4 mm) tipo Pilkington <b>Optilam™ Phon 8.8</b> con faccia riflettente l'infrarosso (9 mm);</li><li>▪ Intercapedine riempita con argon (20 mm);</li><li>▪ Vetro stratificato (6/1,14/6 mm) tipo Pilkington <b>Optilam™ Phon 12.8</b> (13 mm).</li></ul>
<b>Potere fonoisolante certificato</b> Fraunhofer Institute for Building Physics, Stuttgart	R <sub>w</sub> = 50 dB



### 6.1.2.D<sub>2m,nT,w</sub> aula 24 alunni con facciata su un singolo lato

Si tratta della ulteriore tipologia di aula che presenta minore criticità acustica rispetto alla precedente per quanto riguarda l'isolamento acustico standardizzato di facciata. Essa si considera così composta:

<b>Volume dell'ambiente</b>	172.50 m <sup>3</sup>
<b>Superficie della facciata</b>	22.50 m <sup>2</sup>

#### Elementi che compongono la facciata

	Elemento	Superficie [m <sup>2</sup> ]	R <sub>w</sub> / D <sub>new</sub> [dB]
1	Parete perimetrale tipo Me-01	9,00	55,00
2	Serramento esterno	13,50	48,00

#### Correzioni

<b>Trasmissione laterale</b>	K = 2 dB
<b>Forma di facciata</b>	DL <sub>fs</sub> = 0 dB

#### Indice di valutazione dell'isolamento di facciata

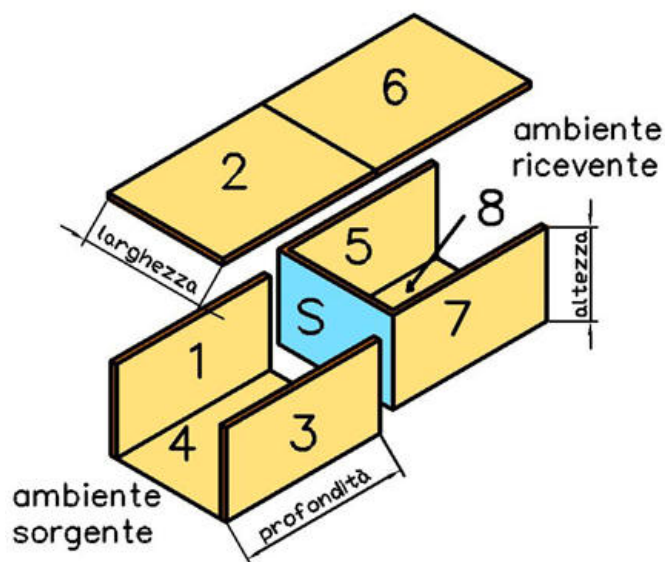
<b>R'<sub>w</sub></b>	47.7 dB
<b>D<sub>2m,nT,w</sub></b>	51.8 dB
<b>Categoria dell'edificio</b>	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
<b>D<sub>2m,nT,w</sub> minimo</b>	48.0 dB
<b>Limite verificato</b>	

Anche per questa tipologia di aula, nonostante la criticità acustica possa essere considerata lievemente inferiore, al fine di conseguire il rispetto del parametro occorre prevedere una tipologia di serramento esterno analoga a quella indicata già per il caso dell'aula ad angolo.

## 6.2.Verifica previsionale per il parametro $D_{nT,w}$ isolamento acustico normalizzato tra aule adiacenti.

Per la verifica del parametro in oggetto tra ambienti adiacenti si utilizza come riferimento la situazione potenzialmente più critica relativa alla contiguità tra aule adiacenti da 24alunni che condividono una parete di separazione longitudinale di grande estensione.

Il prospetto di calcolo, eseguito per mezzo del software Echo 8.1 di ANIT con l'applicazione delle norme tecniche di riferimento è qui di seguito riportato con riferimento allo schema grafico in figura:



### IV. Schema grafico di riferimento per il calcolo.

Lo sviluppo del calcolo previsionale evidenzia i seguenti risultati:

**Area del divisorio:** 28.5 m<sup>2</sup>

#### Elementi che compongono la struttura

	Elemento	$R_w$ [dB]	Strato addizionale	$DR_w$ [dB]
S	Parete interna a secco tra aule Mi-02	58,0	Lato emitt:	0,0
			Lato ricev:	0,0
1	Facciata con ampia superficie vetrata	48,0		0,0
2	Solaio interpiano	53	Pavimento anticalpestio	8,3
3	Parete verso corridoio Mi-01 con porta avente potere fonoisolante minimo $R_w \geq 35$ dB.	65,0		0,0



4	Solaio di copertura	50,0	Controsoffitto fonoisolante e fonoassorbente	17,9
5	Facciata con ampia superficie vetrata	48,0		0,0
6	Solaio interpiano	53	Pavimento anticalpestio	8,3
7	Parete verso corridoio Mi-01 con porta avente potere fonoisolante minimo $R_w \geq 35 \text{ dB}$ .	65,0		0,0
8	Solaio di copertura	50,0	Controsoffitto fonoisolante e fonoassorbente	17,9

### Giunzioni

Lato	Tipo di collegamento	Lunghezza [m]
1	A T (caso A)	3,5
2	A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso A)	7,6
3	A T (caso A)	3,5
4	A T tra elementi pesanti e leggeri (caso A)	7,6

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

Percorso	Tipo di collegamento	Rij [dB]
S	Trasmissione diretta	58,00
1-5	A T (caso A)	64,08
2-6	A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso A)	66,50
3-7	A T (caso A)	77,66
4-8	A T tra elementi pesanti e leggeri (caso A)	80,47
1-S	A T (caso A)	67,85
2-S	A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso A)	85,57
3-S	A T (caso A)	76,46
4-S	A T tra elementi pesanti e leggeri (caso A)	91,96
S-5	A T (caso A)	67,85
S-6	A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso A)	85,57
S-7	A T (caso A)	76,46
S-8	A T tra elementi pesanti e leggeri (caso A)	91,96

### Indice di valutazione del potere fonoisolante

<b>R'<sub>w</sub></b>	55.7 dB
<b>Categoria dell'edificio</b>	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli

<b>R'<sub>w</sub> minimo</b>	50.0 dB
<b>Limite verificato</b>	
<b>Volume del locale ricevente</b>	172.5 m <sup>3</sup>
<b>D<sub>nT,w</sub></b>	58.8 dB

A fronte di un valore minimo richiesto per il parametro D<sub>nT,w</sub> pari a 50dB(A).

Si prevede pertanto che il parametro D<sub>nT,w</sub> venga rispettato in opera con un adeguato margine di confidenza, anche grazie alla presenza di un controsoffitto fonoisolante e fonoassorbente ed al massetto galleggiante anticalpestio che costituiscono degli importanti fattori di incremento dell'isolamento tra ambienti adiacenti.

**Si ricorda che è prevista una tipologia di porta di accesso alle aule che dovrà costituire un elemento fonoisolante avente indice di fonoisolamento pari a  $R_w \geq 35$ dB.**

### 6.2.1. Nota per il caso in cui due aule vengano dotate di parete di separazione di tipo mobile (a pacchetto) per eventuale uso delle medesime come ambiente unico.

In questo caso specifico la realizzazione della parete mobile di separazione tra aule costituisce un elemento di potenziale criticità acustica poiché la parete mobile, per propria natura, non può essere dotata di giunti sigillati tra i suoi elementi e le pareti, i pavimenti ed il soffitto. Essa inoltre è costituita da elementi modulari che presentano anche molteplici giunti intermedi.

Il progetto architettonico prevede tale eventualità e, pertanto, in questo caso, **dovranno essere utilizzate pareti mobili tali per cui il parametro D<sub>nT,w</sub> venga comunque rispettato in opera anche in corrispondenza di tali pareti.**

Gli algoritmi di calcolo previsionale non consentono di sviluppare una stima del valore del parametro D<sub>nT,w</sub> nel caso di utilizzo di pareti mobili proprio per la presenza di giunti non caratterizzati. I fabbricanti di tali manufatti indicano un indice del potere fonoisolante pari a 50dB. Teoricamente esso può essere sufficiente a conseguire in opera un valore del parametro D<sub>nT,w</sub> pari a 50dB(A) o superiore come richiesto dai CAM in caso di giunti particolarmente performanti.

Poiché comunque non è possibile sviluppare un calcolo previsionale per questa tipologia di installazione, nel caso di impiego di pareti mobili per la separazione di aule adiacenti le caratteristiche acustiche della parete di separazione dovranno essere verificate in sede esecutiva e dovranno essere curati in fase realizzativa i dettagli di tutti i giunti tra pareti mobili ed elementi edilizi fissi.

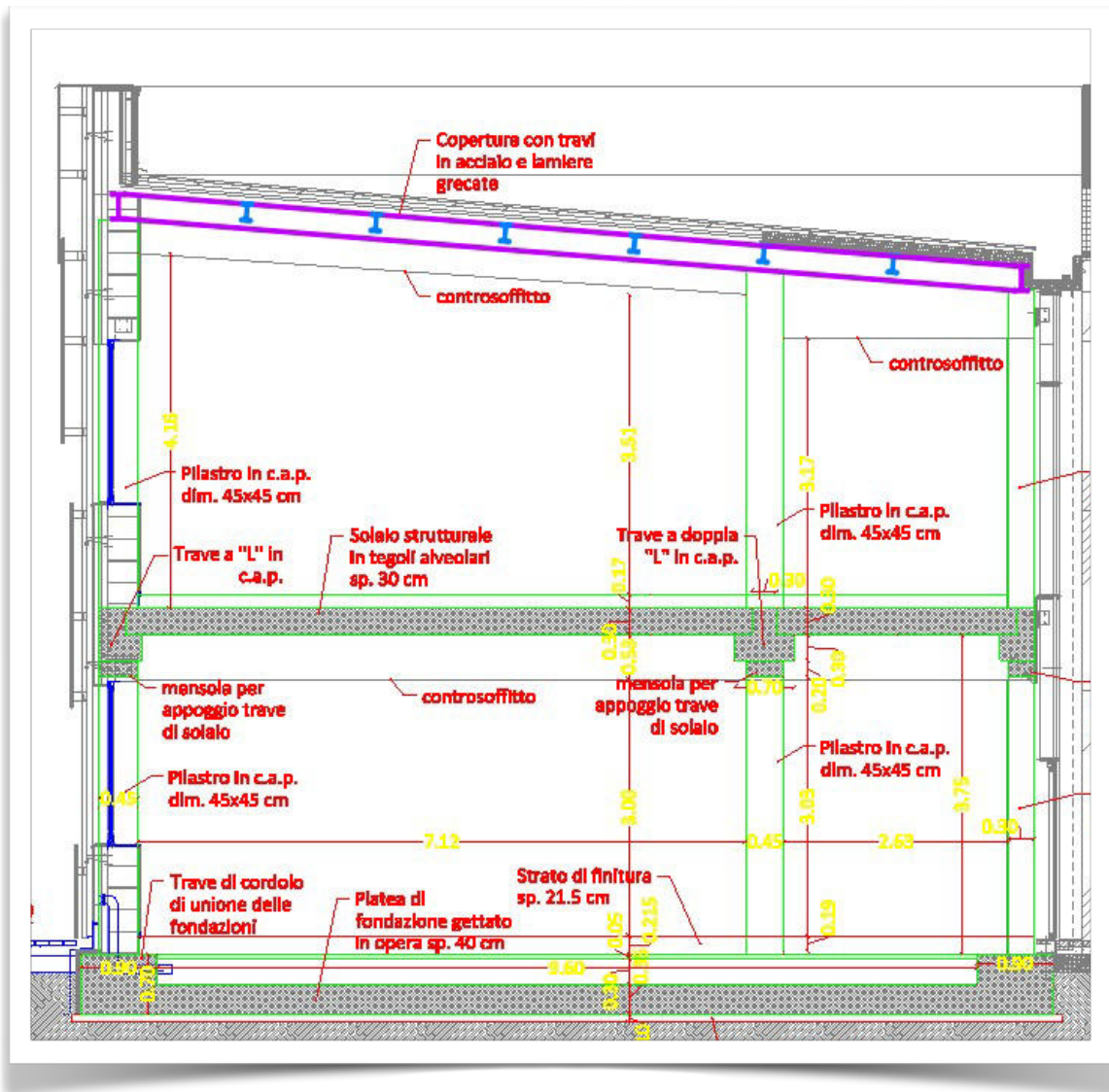
---

Si specifica comunque che **in corrispondenza dell'asse della parete mobile dovrà essere realizzata tra controsoffitto di arredo e solaio una paretina fissa di adeguato potere fonoisolante** ( $R_w$  minimo pari a 50dB) così da evitare il cross-talking tra aule adiacenti attraverso il controsoffitto che fungerebbe da elemento di congiunzione tra i due ambienti.

### 6.3.Valutazione previsionale del rumore da calpestio

Per la valutazione previsionale del rumore da calpestio percepibile tra ambienti distinti si analizza il caso peggiore di aule di più ridotta dimensione e sovrapposte tra loro.

Gli elaborati progettuali presentano una sovrapposizione tra ambienti così come rappresentata nella sezione in figura:



Si. può osservare che gli ambienti sovrapposti sono separati tra loro da un solaio massivo dotato sia di massetto galleggiante con materassino anticalpestio sia di controsoffitto all'intradosso. Le pareti interne sono di tipo leggero a secco e la parete di facciata è prevista in blocchi di poroton o equivalente sp.22cm con all'esterno un cappotto termico in lana minerale ed all'interno un doppio strato di cartongesso di finitura.

In questa configurazione il calcolo acustico previsionale per la valutazione del rumore da calpestio nell'aula sottostante è stato sviluppato come segue:

	Elemento	Massa superficiale [kg/m <sup>2</sup> ]	$L_{n,eq,0,w}$ [dB]	$R_w$ [dB]	Strato addizionale	$DL_w/DR_w$ [dB]
S	Solaio grezzo di base in laterocemento	330,0	80,0	53,0	Lato emitt: Massetto galleggiante con materassino 35MN/m <sup>3</sup>	24,9
					Lato ricev: Controsoffitto arredo aule primo piano	13,9
1	Parete di facciata poroton sp.22cm o equivalente + cappotto esterno e doppia lastra di cartongesso a finitura interna.	90		52,0		0,0
2	Parete interna	60,0		58,0		0,0
3	Parete interna	60,0		58,0		0,0
4	Parete interna	60,0		58,0		0,0

Lato	Tipo di collegamento	Lunghezza [m]
1	A T con strati flessibili (caso B)	5,7
2	A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso B)	7,1
3	A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso B)	5,7
4	A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso B)	7,1

Percorso	Tipo di collegamento	$L_{ij}$ [dB]
S	Trasmissione diretta	48,18
S-1	A T con strati flessibili (caso B)	38,27
S-2	A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso B)	27,11
S-3	A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso B)	26,15
S-4	A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso B)	27,11

<b>L'<sub>n,w</sub></b>	48.7 dB
<b>Categoria dell'edificio</b>	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
<b>L'<sub>n,w</sub> massimo</b>	53.0 dB
<b>Limite verificato</b>	

Si specifica che il calcolo previsionale è stato sviluppato prevedendo l'inserimento di uno materassino resiliente anticalpestio avente rigidità dinamica pari a 35MN/m<sup>3</sup>. Esso si prevede staticamente caricato con un massetto galleggiante di massa superficiale pari a 100Kg/m<sup>2</sup>.

## 6.4.Valutazione previsionale isolamento acustico normalizzato

### $D_{nT,w}$ tra corridoi ed aule

Dal prospetto B.1 della norma UNI11367 si ricava che il parametro  $D_{nT,w}$  tra ambienti di uso comune ed ambienti di unità abitative deve corrispondere ad un valore almeno pari a 30dB nel caso delle scuole. Come già precedentemente specificato, tale parametro non è cogente all'interno della medesima unità immobiliare ai sensi della nuova norma UNI11367-2023 ma esso costituisce comunque un elemento di comfort acustico da tenere in considerazione per la migliore fruibilità delle aule.

Per il progetto in oggetto, questo parametro fa riferimento a spazi di uso comune (ingresso e corridoi) rispetto alle aule. Esso coinvolge pertanto soprattutto il potere fonoisolante dei serramenti interni.

Ricordando che si prevede per le pareti interne di separazione tra ambienti una elevata prestazione acustica, pari a  $R_w=58\text{dB}$  se si considera il caso potenzialmente più critico delle stanze in cui la differenza di superficie tra muratura verso i corridoi e serramenti interni è minore e, pertanto, l'aliquota di energia trasmessa attraverso la componente "debole" - ovvero la porta - è maggiore, per ottenere un isolamento acustico in parallelo tra serramenti e pareti interne finalizzato al raggiungimento del parametro  $D_{nT,w} \geq 30\text{dB}$  (ovvero di un parametro  $R'_w \geq 26\text{dB}$ ) occorre che l'isolamento in parallelo tra parete e porta sia superiore a 26dB con un adeguato margine di confidenza. Sapendo che in opera il potere fonoisolante della parete interna è previsto pari a 58dB, l'isolamento in parallelo tra porta e parete impone un isolamento acustico in opera per la porta pari. ad almeno  $R_w=35\text{dB}$ .

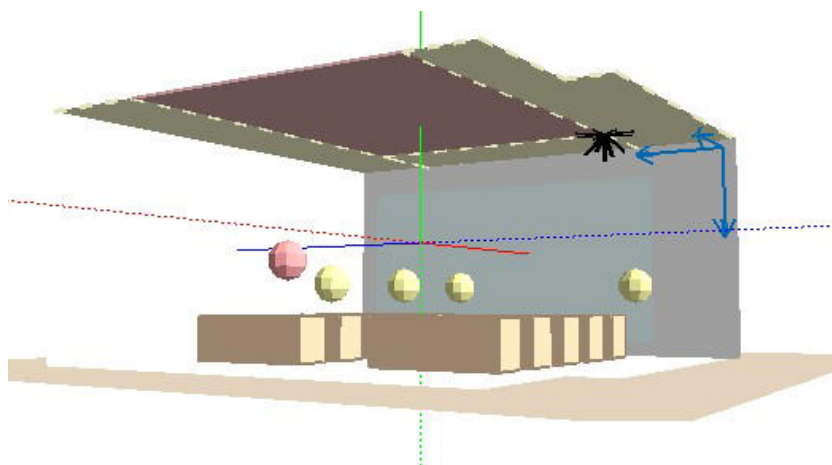
*Nota: per l'aula dedicata alle attività musicali il parametro è invece  $R_w = 50\text{dB}$ .*



## 6.5. Modello acustico di un'aula "tipo" per valutazione previsionale del tempo di riverbero $T_{60}$ e dello STI (Speech Trasmissione Index) e della chiarezza $C_{50}$

Al fine di poter verificare - a livello di calcolo previsionale - il possibile rispetto in opera delle indicazioni dei Criteri Ambientali Minimi relativi al comfort acustico è stato sviluppato un modello 3D di un'aula "tipo" tra quelle potenzialmente più critiche perché di maggiori dimensioni: quelle da 27 alunni.

Il modello acustico è stato realizzato per mezzo del software per acustica degli spazi chiusi "SoundPLAN - Indoor" V.8.2. Il modello consente di ricreare un ambiente virtuale al calcolatore ed assegnare alle diverse superfici delle proprietà di fonoassorbimento corrispondenti ai materiali di previsto impiego (vetrate, intonaci, pareti a secco, porte, etc...).



### ***V. Vista 3D del modello indoor dell'aula "tipo" utilizzato per i calcoli relativi al comfort acustico interno***

Si faccia riferimento all'allegato A alla presente relazione per gli spettri di assorbimento acustico dei materiali utilizzati per il calcolo acustico previsionale.

Nell'allegato B sono riportati gli spettri sonori di riferimento utilizzati per il calcolo acustico. Essi sono stati ricavati in parte dalle indicazioni della norma UNI 11532-2 ed in parte da dati e schede tecniche di materiali presenti in commercio e di possibile impiego nel caso in oggetto.

Nelle tavole fuori testo Tav.1, 2, 3 e 4 sono riportati i dettagli del previsto allestimento ed i risultati grafici delle simulazioni acustiche effettuate.

### 6.5.1. Risultati del calcolo previsionale per $T_{60}$ $C_{50}$ e STI

Il calcolo previsionale è stato sviluppato introducendo nel modello una sorgente sonora corrispondente ad un soggetto parlatore “in cattedra” e punti di calcolo “ricettori” nelle postazioni di collaudo acustico indicate dalla norma UNI 11532-2.

Al parlatore è stata assegnata una potenza sonora tale da determinare un livello di pressione sonora di 60dB(A) alla distanza di 1m come da indicazioni della medesima norma UNI 11532-2 (sforzo vocale “normale”).

Sulla base di questi parametri il software ha simulato la distribuzione del campo acustico all'interno dell'aula “tipo”. Sono stati ottenuti i seguenti risultati (Si faccia riferimento alle Tav.01-04 per l'individuazione dei punti di calcolo R1-R4 e per la mappatura del parametro STI su tutta la superficie dell'aula “tipo”:

Ricettore R1 Parametro acustico	Risultati del calcolo							media 500-2 KHz
	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	
$D_{50}$	0,79	0,84	0,85	0,83	0,84	0,86	0,89	
$C_{50}$ (ricavato dal parametro $D_{50}$ calcolato dal software)	5,8	7,2	7,5	6,9	7,2	7,9	9,1	7,2
STI (stima previsionale indice unico su tutte le frequenze)	0,76							

<b>Ricettore R2</b>	Risultati del calcolo							media 500-2 KHz
Parametro acustico	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	
<b>D<sub>50</sub></b>	0,61	0,73	0,74	0,72	0,71	0,72	0,77	
<b>C<sub>50</sub></b> (ricavato dal parametro D <sub>50</sub> calcolato dal software)	1,9	4,3	4,5	4,1	3,9	4,1	5,2	4,2
<b>STI</b> (stima previsionale indice unico su tutte le frequenze)	0,68							

<b>Ricettore R3</b>	Risultati del calcolo							media 500-2 KHz
Parametro acustico	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	
<b>D<sub>50</sub></b>	0,54	0,69	0,71	0,67	0,68	0,67	0,73	
<b>C<sub>50</sub></b> (ricavato dal parametro D <sub>50</sub> calcolato dal software)	0,7	3,5	3,9	3,1	3,3	3,1	4,3	3,4
<b>STI</b> (stima previsionale indice unico su tutte le frequenze)	0,66							

<b>Ricettore R4</b>	Risultati del calcolo							media 500-2 KHz
Parametro acustico	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	
<b>D<sub>50</sub></b>	0,5	0,67	0,67	0,64	0,63	0,65	0,7	
<b>C<sub>50</sub></b> (ricavato dal parametro D <sub>50</sub> calcolato dal software)	0,0	3,1	3,1	2,5	2,3	2,7	3,7	2,6
<b>STI</b> (stima previsionale indice unico su tutte le frequenze)	0,65							

NOTA: Il parametro C<sub>50</sub> si ricava dal parametro D<sub>50</sub> (calcolato dal software) per mezzo della formula:

$$C_{50} = 10 \log_{10} \left( \frac{D_{50}}{1 - D_{50}} \right)$$

La media aritmetica dei valori medi tra 500Hz e 2KHz del parametro C<sub>50</sub> - come da indicazioni della norma UNI. 11532-2 è pari a:

$$(7.2+4.2+3.4+2.6)/4 = 4.35$$

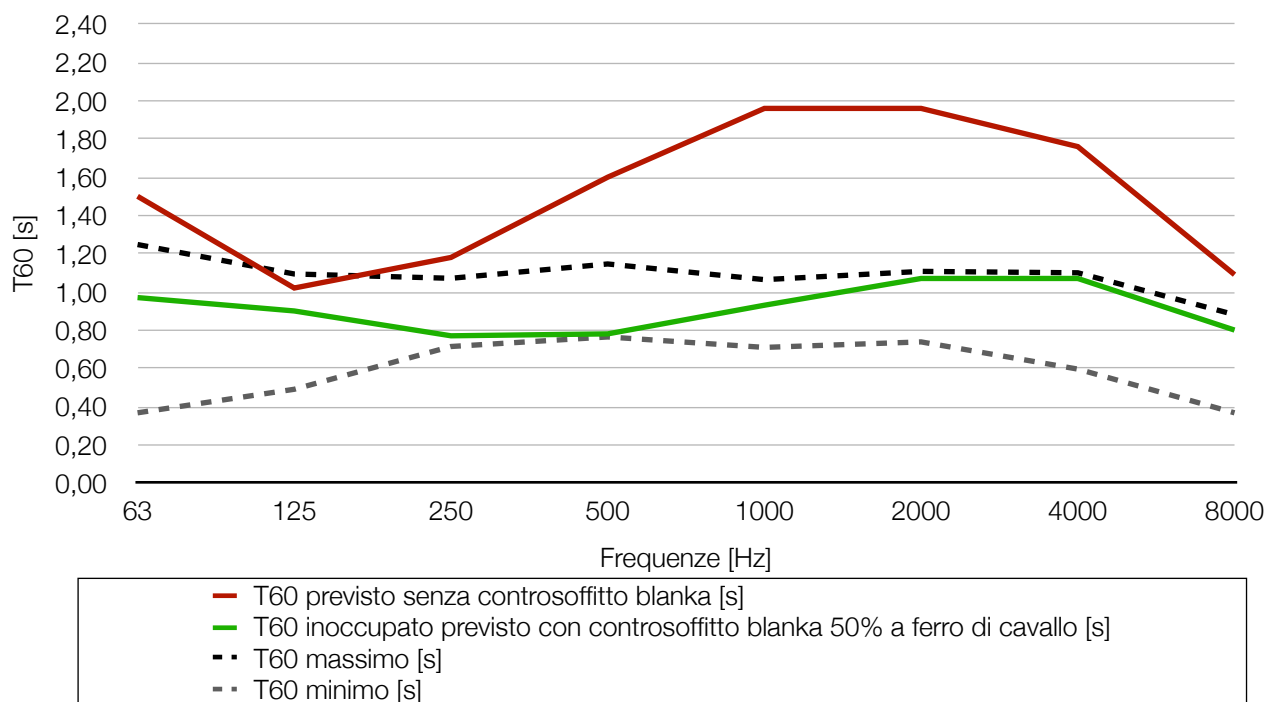
questo a fronte di un limite minimo pari a 2. Il parametro è pertanto verificato con adeguato margine di confidenza.

Così anche il parametro STI, il cui valore minimo richiesto è pari a 0.55: tutti i punti di calcolo presentano valori di STI ampiamente superiori a questa soglia minima.

Per quanto riguarda il tempo di riverbero  $T_{60}$  i risultati del calcolo acustico consentono di porre a confronto il  $T_{60}$  dello scenario senza trattamenti acustici con quello che vede invece la presenza dei trattamenti acustici stessi (controsoffitto in parte fonoisolante e fonoriflettente ed in parte e fonoassorbente)

Verifica  $T_{60}$  aula "tipo" 27 alunni -  $V=230m^3$

<b>Volume aula [m³]</b>	<b>230</b>	<b><math>T_{60}</math> ottimale [s] con occupazione 80%</b>	<b>0,734</b>			
<b>Freq.</b>	<b>Spettro di assorb. soggetto occupante singolo</b>	<b><math>T_{60}</math> inoccupato ideale (correzione per 21 alunni, 80% di 27)</b>	<b><math>T_{60}</math> inoccupato previsto senza controsoffitti o blanka</b>	<b><math>T_{60}</math> inoccupato previsto con controsoffitto blanka 50% a ferro di cavallo</b>	<b><math>T_{60}</math> massimo rif. 11532-2</b>	<b><math>T_{60}</math> minimo rif.11532-2</b>
<b>[Hz]</b>		<b>[s]</b>	<b>[s]</b>	<b>[s]</b>	<b>[s]</b>	<b>[s]</b>
<b>63</b>	0,00	0,734	1,50	0,97	1,25	0,37
<b>125</b>	0,05	0,754	1,02	0,90	1,09	0,49
<b>250</b>	0,33	0,892	1,18	0,77	1,07	0,71
<b>500</b>	0,43	0,955	1,60	0,78	1,15	0,76
<b>1000</b>	0,32	0,887	1,96	0,93	1,06	0,71
<b>2000</b>	0,38	0,923	1,96	1,07	1,11	0,74
<b>4000</b>	0,37	0,916	1,76	1,07	1,10	0,60
<b>8000</b>	0,00	0,734	1,09	0,80	0,88	0,37



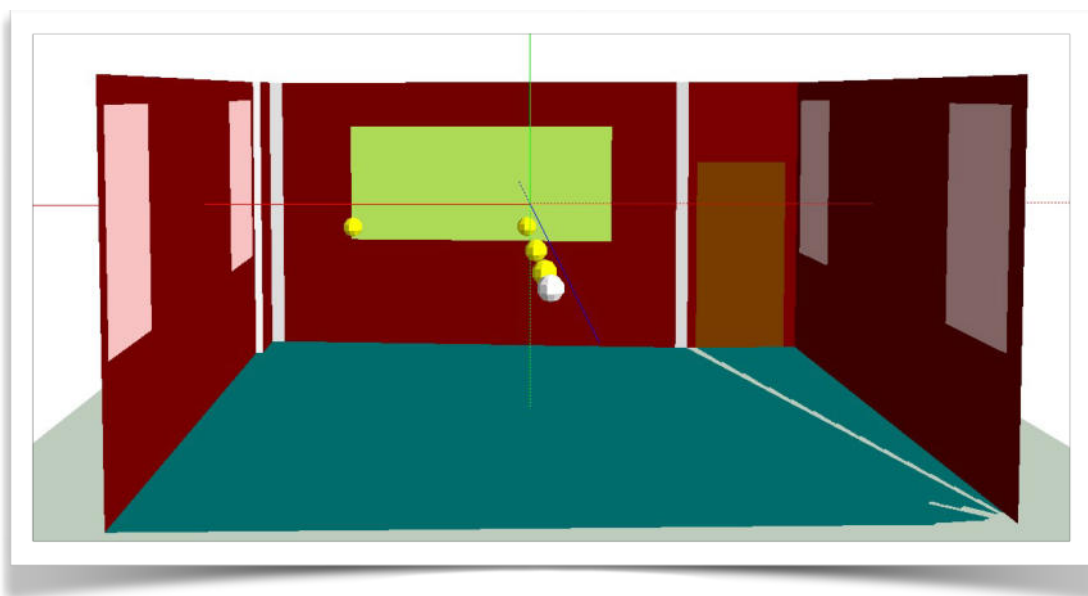
**VI. Grafico comparativo del tempo di riverberazione  $T_{60}$  calcolato per l'aula con e senza trattamenti acustici.**

I risultati evidenziano come - a livello di calcolo previsionale - i parametri di comfort acustico consigliati dalla norma UNI11532-2 si prevedano conseguiti con l'allestimento previsto e descritto nelle tavole grafiche Tav.01-Tav.04.

## 6.6. Modello acustico della sala musica per valutazione previsionale del tempo di riverbero $T_{60}$ e dello STI (Speech Trasmissione Index)

Al fine di poter verificare - a livello di calcolo previsionale - il possibile rispetto in opera delle indicazioni dei Criteri Ambientali Minimi relativi al comfort acustico per le sale musica è stato sviluppato un modello 3D relativo a quella prevista per la scuola in progetto.

Come anche per l'aula di lezione "tipo", il modello acustico è stato realizzato per mezzo del software per acustica degli spazi chiusi "SoundPLAN - Indoor" V.8.2. Il modello consente di ricreare un ambiente virtuale al calcolatore ed assegnare alle diverse superfici delle proprietà di fonoassorbimento corrispondenti ai materiali di previsto impiego (vetrate, intonaci, pareti a secco, porte, etc...).



### ***VII. Vista 3D del modello indoor dell'aula per attività musicali utilizzato per i calcoli relativi al comfort acustico interno***

Si faccia riferimento all'allegato A alla presente relazione per gli spettri di assorbimento acustico dei materiali utilizzati per il calcolo acustico previsionale.

Nell'allegato B sono riportati gli spettri sonori di riferimento utilizzati per il calcolo acustico. Essi sono stati ricavati in parte dalle indicazioni della norma UNI 11532-2 ed in parte da dati e schede tecniche di materiali presenti in commercio e di possibile impiego nel caso in oggetto. Nelle tavole fuori testo

Tav.5, 6 e 7 sono riportati i dettagli del previsto allestimento ed i risultati grafici delle simulazioni acustiche effettuate.

In particolare la sala da musica prevede la presenza di controsoffitto in cartongesso senza porzioni di elementi fonoassorbenti ma alla composizione di arredi a parete secondo questo schema:

Parete divisoria con il corridoio dotata di pannello fonoassorbente come da spettro di fonoassorbimento n.9 dell'allegato A di dimensioni pari a 300x160cm.

Pareti laterali ognuna dotata di n.2 pannelli fonoassorbenti per risonanza di membrana come da spettro di fonoassorbimento n.11 dell'allegato A di dimensioni pari a 140cm x 160cm. (Totale n.4 pannelli).

### 6.6.1. Risultati del calcolo previsionale per $T_{60}$ $C_{50}$ e STI

Il calcolo previsionale è stato sviluppato introducendo nel modello una sorgente sonora corrispondente ad un soggetto parlatore e punti di ricettori nelle postazioni di collaudo acustico indicate dalla norma UNI 11532-2.

Al parlatore è stata assegnata una potenza sonora tale da determinare un livello di pressione sonora di 60dB(A) alla distanza di 1m come da indicazioni della medesima norma UNI 11532-2 (sforzo vocale "normale").

Sulla base di questi parametri il software ha simulato la distribuzione del campo acustico all'interno dell'aula "tipo". Sono stati ottenuti i seguenti risultati (Si faccia riferimento alle Tav.01-04 per l'individuazione dei punti di calcolo R1-R4 e per la mappatura del parametro STI su tutta la superficie della sala musica<sup>1</sup>:

Ricettore R1	Risultati del calcolo						
Parametro acustico	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
STI (stima previsionale indice unico su tutte le frequenze)	0,56						

<sup>1</sup> Per le caratteristiche di uso della sala da musica, in cui è necessaria una maggiore riverberazione, si valuta in questa sede il solo parametro STI e non il parametro  $C_{50}$ .

Ricettore R2	Risultati del calcolo						
Parametro acustico	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
STI (stima previsionale indice unico su tutte le frequenze)	0,58						

Ricettore R3	Risultati del calcolo						
Parametro acustico	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
STI (stima previsionale indice unico su tutte le frequenze)	0,58						

Ricettore R4	Risultati del calcolo						
Parametro acustico	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
STI (stima previsionale indice unico su tutte le frequenze)	0,56						

Il parametro STI, il cui valore minimo richiesto è pari a 0.55 risulta verificato a calcolo per tutte le postazioni di potenziale collaudo.

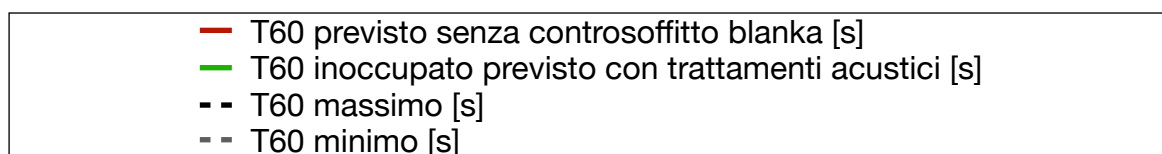
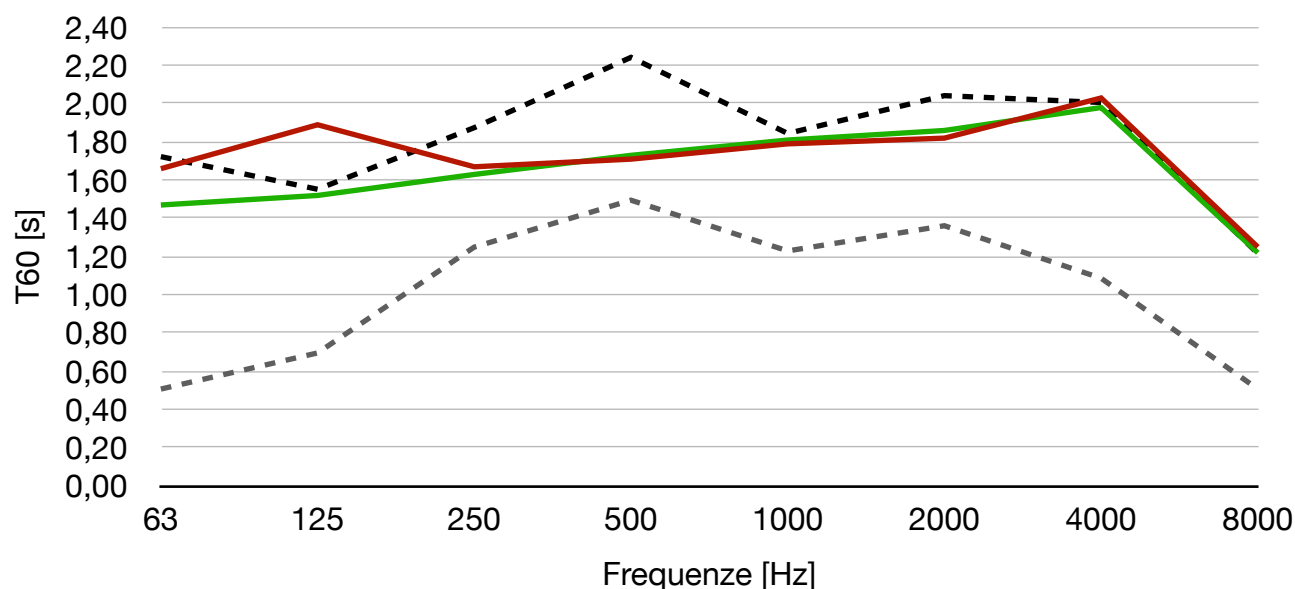
Per quanto riguarda il tempo di riverbero  $T_{60}$  i risultati del calcolo acustico consentono di porre a confronto il  $T_{60}$  dello scenario senza trattamenti acustici con quello che vede invece la presenza dei trattamenti acustici stessi come da tavole illustrative Tav.5 -Tav.7 fuori testo (Allegato D).

#### Verifica $T_{60}$ aula per attività musicali - $V=125m^3$

Volume aula [m <sup>3</sup> ]	125	$T_{60}$ ottimale [s] con occupazione 80%	1,014			
Freq.	Spettro di assorb. soggetto occupante singolo	$T_{60}$ inoccupato ideale (correzione per 21 alunni, 80% di 27)	$T_{60}$ inoccupato previsto senza trattamenti acustici	$T_{60}$ inoccupato previsto con trattamenti acustici	$T_{60}$ massimo rif. 11532-2	$T_{60}$ minimo rif.11532-2
[Hz]		[s]	[s]	[s]	[s]	[s]
63	0,00	1,014	1,66	1,47	1,72	0,51
125	0,05	1,088	1,89	1,52	1,58	0,71
250	0,33	1,848	1,67	1,63	2,22	1,48
500	0,43	2,463	1,71	1,73	2,96	1,97
1000	0,32	1,803	1,79	1,81	2,16	1,44



Volume aula [m³]	125	T <sub>60</sub> ottimale [s] con occupazione 80%	1,014			
Freq.	Spettro di assorb. soggetto occupante singolo	T <sub>60</sub> inoccupato ideale (correzione per 21 alunni, 80% di 27)	T <sub>60</sub> inoccupato previsto senza trattamenti acustici	T <sub>60</sub> inoccupato previsto con trattamenti acustici	T <sub>60</sub> massimo rif. 11532-2	T <sub>60</sub> minimo rif.11532-2
[Hz]		[s]	[s]	[s]	[s]	[s]
2000	0,38	2,112	1,82	1,86	2,53	1,69
4000	0,37	2,053	2,03	1,98	2,46	1,33
8000	0,00	1,014	1,25	1,22	1,22	0,51



## 6.7.Valutazioni sul comfort acustico interno alla palestra

La norma tecnica di riferimento UNI11532-2 indica per le palestre la necessità di conseguire un rapporto tra Area di assorbimento acustico equivalente [m²] e Volume dell'ambiente [m³] che, per sale con altezza superiore a 2.5m debba rispettare questa relazione:

$$A / V \geq 1/[4.8+4.69\text{Log}_{10}(h/1)]$$

Questo per le bande di frequenza tra 250Hz e 2KHz.

Il volume V della palestra si attesta attorno a 4700m<sup>3</sup>

La superficie dell'intero involucro del locale della palestra si attesta attorno a 2100m<sup>2</sup>. (Pavimento e soffitto pari a circa 680m<sup>2</sup>)

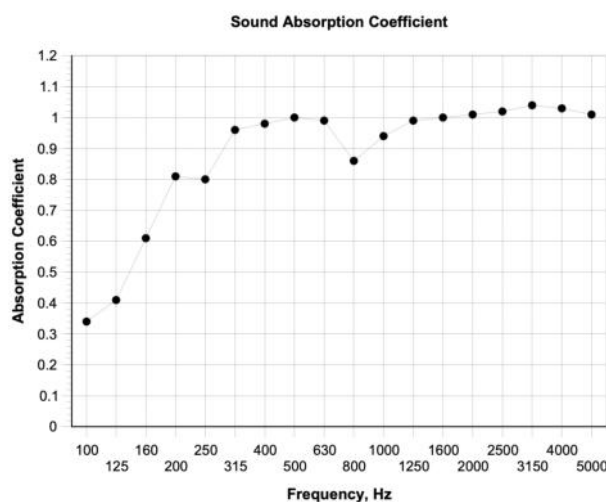
Per il caso in esame si ottiene che il rapporto  $A / V$  dovrà essere superiore a 0.114 e, di conseguenza, ad ogni banda di frequenza dovranno essere presenti almeno 540m<sup>2</sup> di area di assorbimento acustico equivalente.

Per mezzo della esecuzione di trattamenti acustici su tutto il soffitto con un controsoffitto tale per cui alla frequenza di 250Hz il coefficiente di assorbimento alfa di Sabine sia almeno pari a 0.8 come per il modello "tipo" utilizzato già anche per le aule si ottiene Una superficie di assorbimento acustico equivalente. pari a:

$$680\text{m}^2 \times 0.8 = 540\text{m}^2.$$

Questo corrisponde all'obiettivo minimo richiesto. Si faccia riferimento allo spettro di assorbimento n.7 dell'allegato A al presente documento.

Dal calcolo sopra esposto si evince come il trattamento acustico fonoassorbente posato sull'intera superficie del soffitto stesso possa consentire di conseguire il comfort acustico interno richiesto dalla norma UNI 11532-2. Questa stima ha valore cautelativo giacché tutte le altre superfici dell'involucro della palestra sono state considerate come completamente riflettenti quando, in realtà, esse possiedono un seppur minimo potere fonoassorbente.



## 7. Accorgimenti ed indicazioni per il conseguimento in opera dei risultati acustici di progetto

Al fine di poter conseguire in opera i risultati acustici calcolati a progetto si riportano qui di seguito le seguenti indicazioni:

### 7.1. Indicazioni relative alle pareti divisorie tra ambienti interni adiacenti

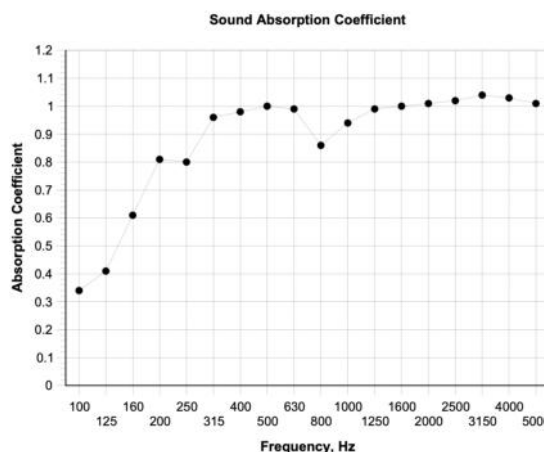
Al fine di perseguire il rispetto dei Criteri Ambientali Minimi in termini di isolamento acustico tra ambienti adiacenti  $D_{nT,w}$  tutte le pareti interne ed esterne dovranno presentare valori dell'indice di isolamento acustico pari a  $R_w=58$  o superiore.

**Per le pareti interne dell'aula dedicata alle attività musicali è necessario che il parametro  $R_w$  sia pari a 65dB o superiore.** Questo perché il livello sonoro previsto durante le attività musicali all'interno della sala musica si attesta attorno ai 90dB(A) e, pertanto, con tale indice di isolamento acustico minimo si prevede che il livello sonoro nelle aule adiacenti indotto da queste attività risulti inferiore al previsto rumore residuo all'interno di esse.

### 7.2. Indicazioni relative alle aree non direttamente dedicate all'attività di docenza

Per tutte le sale, stanze ed ambienti in generale non direttamente dedicati alle attività di docenza, ovvero:

- Atrio
- Corridoi,
- Uffici,
- Sala Professori, biblioteca
- Aule per attività extra o parascolastiche
- Spogliatoi, locali tecnici, etc.



Si prevede l'impiego del controsoffitto

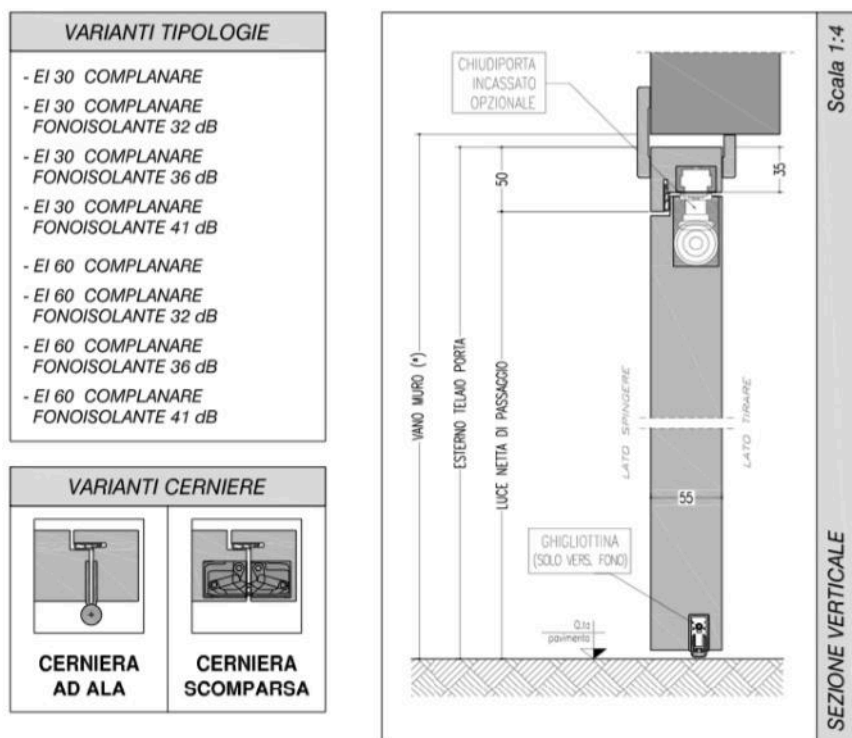
fonoassorbente per il 100% della superficie dell'intradosso dei solai con spettro di assorbimento

acustico come riportato in figura - corrispondente allo spettro di assorbimento n.7 dell'allegato A al presente documento.

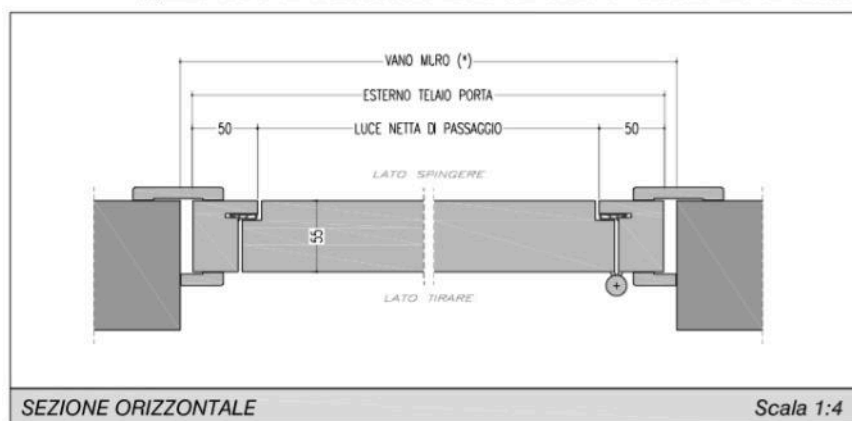
### 7.3. Indicazioni relative ai serramenti interni

Il calcolo progettuale ha evidenziato la necessità di utilizzare serramenti interni aventi potere fonoisolante certificato di laboratorio **pari ad almeno 35dB** per poter conseguire in opera il rispetto del parametro  $D_{nT,w}$  relativamente all'isolamento tra spazi comuni ed aule.

Un serramento interno di possibile impiego avente le adeguate caratteristiche acustiche e privo di battuta a terra per evitare inciampi e facilitare l'accesso dei locali ai disabili è del tipo riportato in figura o equivalente.



(\*) VANO MURO E' DA INTENDERSI COME INTERNO CONTROTELAIO OPPURE COME VANO CARTONGESSO



**Si ricorda che per la porta di accesso all'aula dedicata alle attività musicali si prevede viceversa l'impiego di una porta avente potere fonoisolante minimo pari a  $R_w=50\text{dB}$ .**

## 7.4. Indicazioni specifiche a riguardo della centrale termica e degli impianti in generale

La collocazione della centrale termica nell'ambito dell'edificio in progetto pone questo locale tecnico in posizione adiacente ad una delle aule.

Per quanto riguarda la rumorosità presente nella centrale termica, essa si attesta normalmente attorno ai  $75\text{dB(A)}$  all'interno del locale tecnico. Poiché l'isolamento acustico per via aerea tra gli ambienti interni è previsto superiore a  $55\text{dB}$  ne consegue che il livello inducibile dagli impianti nelle aule si prevede pari o inferiore a  $25\text{dB(A)}$  - limite indicato da DPCM 5/12/1997 per gli impianti a funzionamento continuo.

Affinché questa previsione possa essere verificata in opera **è necessario contrastare la trasmissione di rumore per via solida provvedendo ad installare ogni impianto (caldaie, pompe, etc...) potenzialmente rumoroso su appositi supporti elastici antivibranti opportunamente dimensionati in fase esecutiva delle opere e delle installazioni impiantistiche**. Anche tutte le tubazioni ed in condotti dovranno essere dotati di guaine, collarini ed accessori tali da rendere **tutti i condotti sempre e dovunque NON solidali con le strutture edili**.

**NOTA IMPORTANTE:** *Si ricorda che ogni parete di separazione interna dovrà essere realizzata "a tutta altezza" ovvero tra base del pavimento ed intradosso del soffitto. I pavimenti degli ambienti interni ed anche i controsoffitti NON dovranno pertanto rendere comunicanti i differenti ambienti interni ma, al contrario, essi saranno interrotti tra un ambiente interno e quello adiacente dalla presenza della parete di separazione.*

## 8. Indicazioni generali di posa in opera per l'ottimizzazione acustica dell'intervento

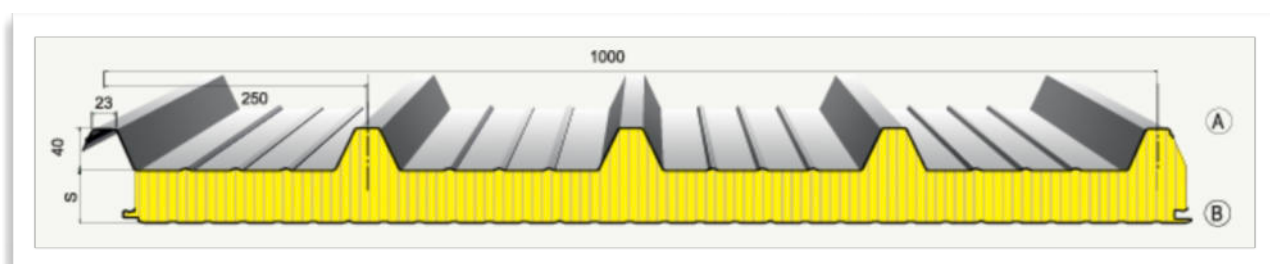
La qualità della posa in opera determina fortemente la qualità acustica finale dell'edificio. Una corretta posa in opera dei materiali secondo le indicazioni delle ditte fornitrici permette infatti la loro adeguata prestazione e durabilità nel tempo. Molti sono gli elementi a cui porre attenzione – alcuni dei quali costituiscono dei veri e propri dettagli se visti nell'ottica dell'opera nel suo complesso; tali dettagli – se omessi - possono tuttavia compromettere la qualità acustica complessiva dell'intero edificio.

Si presentano nel seguito alcune indicazioni utili per l'ottimizzazione acustica dell'edificio in progetto.

### 8.1. Indicazioni relative alla stratigrafia della copertura dell'edificio

Il progetto delle strutture dell'edificio evidenzia la necessità di realizzare una copertura leggera in pannelli prefabbricati (ed eventuale predisposizione per la posa in opera di pannelli solari). Si prevede pertanto un tetto con pannelli tipo “sandwich” come in figura.

Caratteristica del pannello è quella di presentare la faccia all'intradosso forata, per esporre la fibra minerale fonoassorbente.



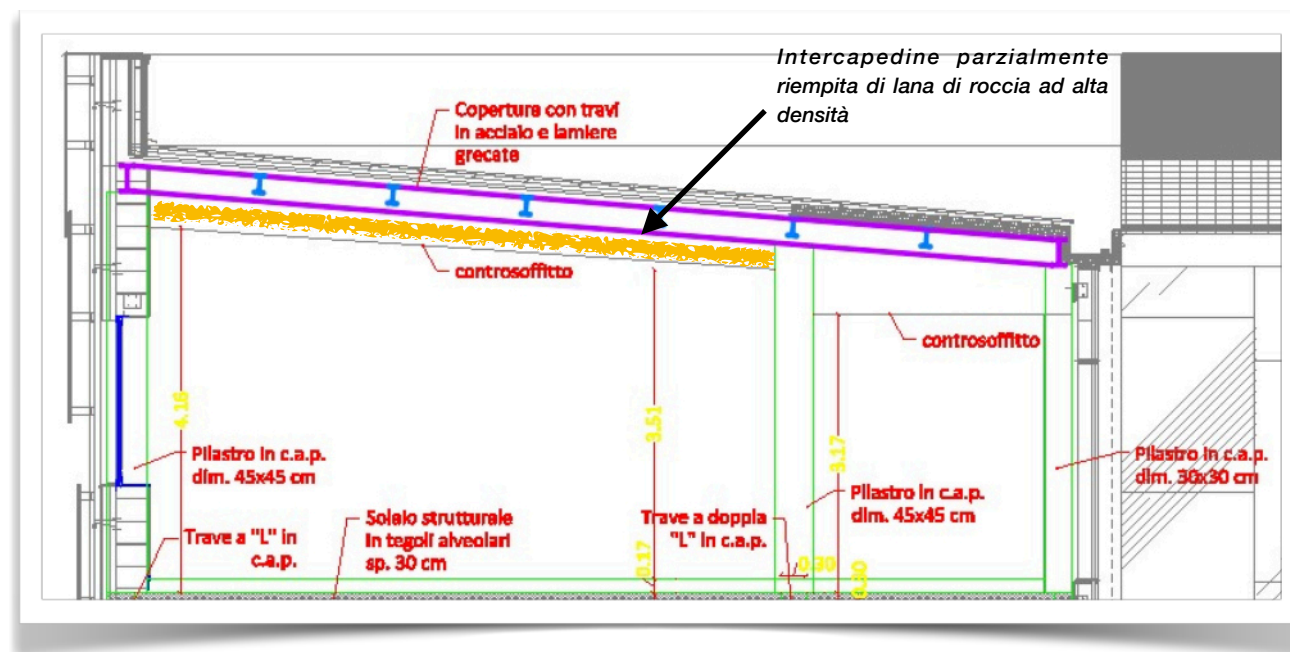
La stratigrafia del tetto si completa con una sottostante ampia intercapedine di circa 400mm di spessore che si prevede parzialmente riempita con lana minerale ad alta densità ( $80\text{Kg/m}^3$ ) di spessore minimo pari ad 80mm.

La superficie inferiore dell'intercapedine sarà costituita dal controsoffitto di arredo a vista nelle aule. Esso sarà in parte fonoisolante ed in parte fonoassorbente al fine di perseguire in opera i parametri di

adeguata comprensibilità del parlato. Sia la parte fonoisolante che la parte fonoassorbente del controsoffitto dovranno avere comunque caratteristiche di fonoisolamento minimo come da spettro indicato in allegato C con la denominazione "Rw porzione controsoffitto fonoassorbente aule piano 1".

Per l'insieme della stratigrafia così composta si stima un indice di isolamento acustico Rw pari a circa 53dB o superiore. Questa stima previsionale non può essere verificata a calcolo e, pertanto, l'isolamento acustico della copertura del piano primo nel suo complesso dovrà essere oggetto di preventiva verifica acustica in sede esecutiva.

Nella figura seguente si riporta una sezione dell'edificio con indicazione dell'intercapedine della copertura da parzialmente riempire con lana di roccia ad alta densità come precedentemente specificato.



Si specifica che la lana minerale ad alta densità dovrà essere collocata immediatamente al di sopra del controsoffitto ed anche accostata verticalmente alle porzioni di pareti di separazione tra aule che si troveranno tra controsoffitto d'arredo ed intradosso dei pannelli leggeri. Tali pareti saranno realizzate fino all'intradosso della copertura in pannelli sandwich al fine di evitare il cross-talking tra aule adiacenti.

## 8.2. Indicazioni a riguardo dell'isolamento acustico di facciata e dell'introduzione dei "piccoli elementi" di aerazione (se e qualora necessari)

L'isolamento acustico di facciata è determinato – in larga misura – da:

- la qualità acustica del serramento e degli eventuali cassonetti (se presenti)
- le caratteristiche acustiche dei cosiddetti "piccoli elementi" ovvero le eventuali aperture che la normativa di sicurezza richiede per la ventilazione dei locali (se e dove necessari).

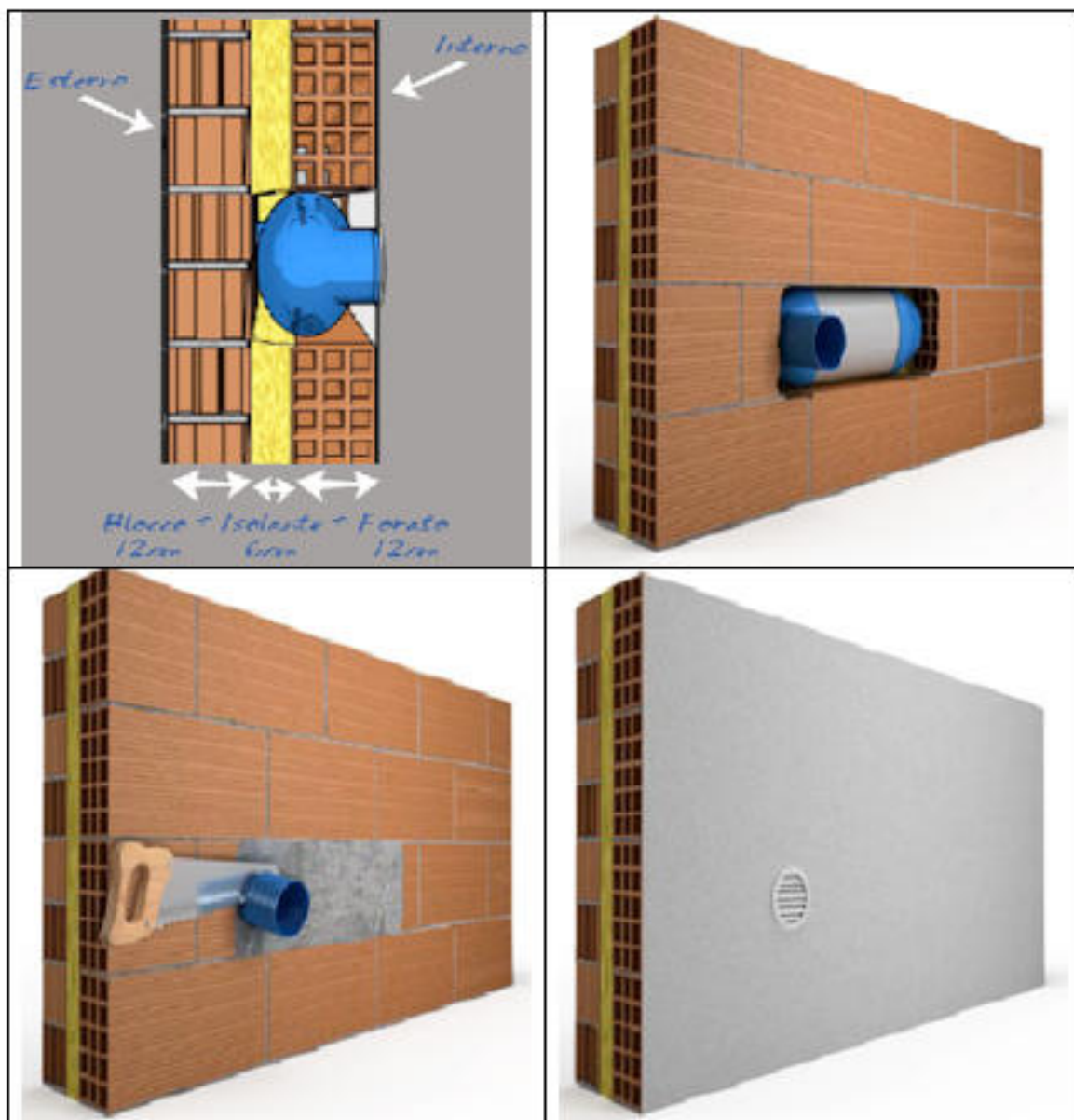
La parete perimetrale di un edificio – se realizzata a regola d'arte e secondo i criteri utili anche per l'isolamento termico - costituisce un elemento il cui potere fonoisolante è più elevato rispetto agli elementi sopra citati. Questo aspetto fa sì che – in termini di isolamento acustico – la parte opaca della facciata non costituisca un elemento di particolare criticità.

Il serramento – composto di controtelaio, telaio e vetro, viceversa, può presentare elementi di elevata criticità acustica. Al fine di una ottimizzazione della resa acustica di un serramento occorre che il fissaggio del controtelaio alle pareti perimetrali sia accuratissimo e privo di fessurazioni che potrebbero determinare un seppur lieve passaggio di aria tra esterno ed interno. Tali fessurazioni – nel tempo - possono dare luogo a ponti acustici tra esterno ed interno. Il telaio deve aderire e sposare adeguatamente il controtelaio – da qui la necessità della corretta posa in opera e della scrupolosa manutenzione delle guarnizioni di tenuta. I serramenti acusticamente adeguati corrispondono alle classi di permeabilità all'aria di codice A4.

In edilizia scolastica la criticità della facciata è elevatissima poiché il parametro di isolamento richiesto è particolarmente elevato:  $D_{2m,nT,w} = 48\text{dB}$ .

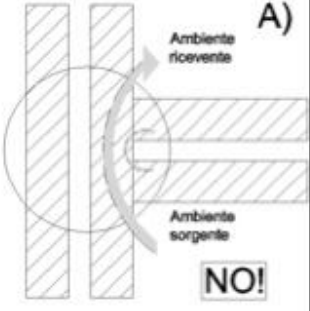
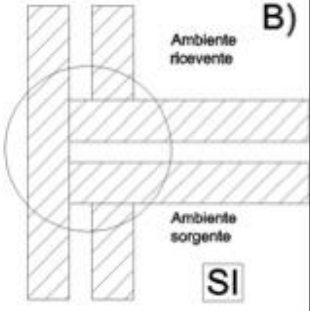
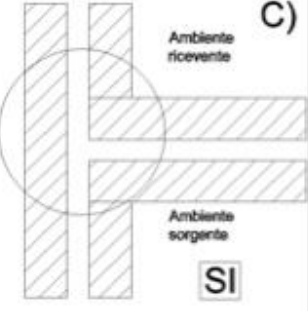
I cosiddetti "piccoli elementi" riguardano le aperture richieste per la ventilazione dei locali cucina o di altri vani tecnici. Nel caso in cui nell'intervento in oggetto si rendano necessarie piccole aperture è opportuno impiegare appositi dispositivi che costituiscono un silenziatore ovvero tubazioni coibentate che permettono di mantenere il passaggio dell'aria riducendo al più possibile la trasmissione di rumore dall'esterno verso l'interno. (Esempio grafico ricavato dal sistema Termolan "Silentio").





### 8.3. Indicazioni a riguardo dell'isolamento acustico tra ambienti adiacenti

Al fine di ottimizzare l'isolamento acustico delle partizioni verticali tra unità immobiliari adiacenti occorre seguire alcune regole di posa in opera. In particolare è necessario evitare la trasmissione laterale nel caso delle doppie pareti (siano esse la facciata oppure la copertura del tetto e siano esse realizzate con tecnologia tradizionale oppure a secco) come evidenziato dallo schema seguente:

 <p>A)</p> <p>Ambiente ricevente</p> <p>Ambiente sorgente</p> <p><b>NO!</b></p>	 <p>B)</p> <p>Ambiente ricevente</p> <p>Ambiente sorgente</p> <p><b>SI</b></p>	 <p>C)</p> <p>Ambiente ricevente</p> <p>Ambiente sorgente</p> <p><b>SI</b></p>
<p><b>Ponte acustico</b></p>	<p><b>Soluzione utilizzabile</b></p>	<p><b>Soluzione OK ottimizzata</b></p>

## 8.4. Indicazioni a riguardo dell'isolamento acustico degli impianti idrosanitari e di tutte le condutture d'acqua e fluidi tecnici

I rumori nelle condotte sono legati ai fenomeni di turbolenza, cavitazione e discontinuità temporali d'impedenza – ovvero al cosiddetto "colpo d'ariete".

La turbolenza è dovuta al fatto che il moto di un fluido in una condotta è vorticoso a causa degli attriti sulle pareti e delle disomogeneità di sezione e di percorso. Particolari punti critici sono costituiti da giunti, gomiti, valvole, ostruzioni ed espansioni della sezione. A causa della cavitazione, inoltre, possono formarsi nella tubazione bolle gassose che determinano dei ben noti “gorgoglii” dovuti alla successiva rottura delle bolle medesime.

Il "colpo d'ariete" è un impulso vibratorio che si propaga nella guida d'onda costituita dalla tubazione in occasione di una rapida modificazione della velocità di flusso del liquido. L'onda generata dalla rapida modificazione dell'impedenza di uno dei componenti del circuito idraulico (ad esempio un rubinetto) ha elevata energia e si propaga rapidamente in tutto il circuito idraulico. Gli effetti acustici sono spesso chiaramente udibili a causa della conversione dell'energia meccanica in rumore aereo negli ambienti abitativi.

Indicazioni per il contenimento della rumorosità sono quindi:

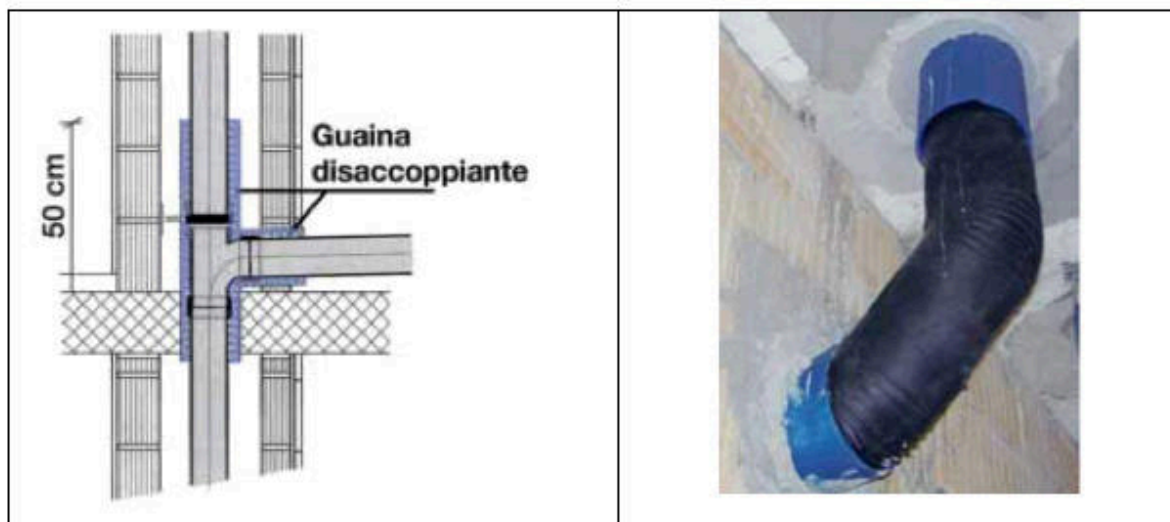
- evitare curve a gomito nelle tubazioni;
- variare gradualmente la sezione dei tubi;

- installare sempre le tubazioni in cavedi insonorizzati e fasciarle completamente con le apposite coppelle di materiale fonoisolante ed antivibrante (ad ex. Lana minerale oppure fibra di poliestere con anime smorzanti in piombo);
- evitare ogni contatto diretto tra tubazioni e strutture edili (usare gli appositi passatubo elastici in gomma per attraversare pareti, solette o strati sotto pavimento);
- installare valvole a lento movimento;
- isolare acusticamente i locali tecnici ed installare gli impianti su appositi supporti antivibranti per evitare la trasmissione per via strutturale del rumore delle pompe.
- non annegare mai le tubazioni nei sottofondi dei pavimenti o nelle intercapedini delle pareti ma utilizzare sempre coppelle fonoisolanti ed antivibranti in cavedii insonorizzati dedicati appositamente alle tubazioni.
- Utilizzare rubinetteria “di tipo silenzioso” con riferimento alla classificazione acustica di cui alle norme UNI 8955-1 ed ISO 3822/1.

**Le condotte (siano esse di mandata o di scarico) devono essere sempre previste all'interno di appositi cavedi dedicati e coibentati.**

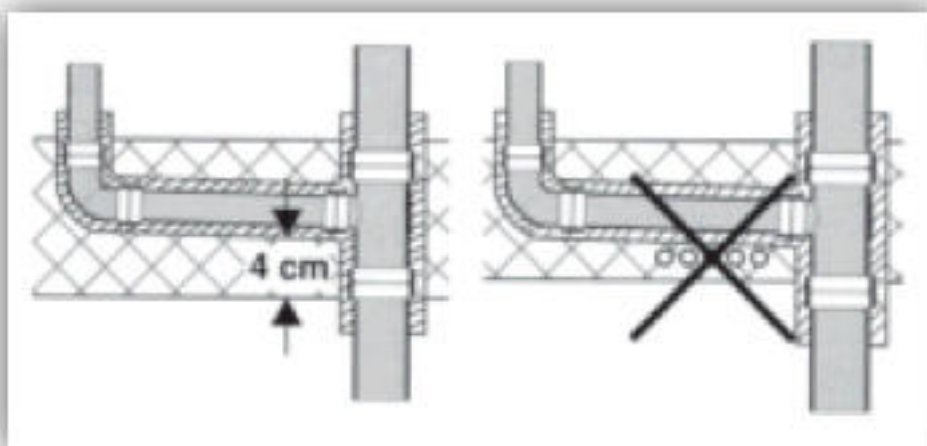
Nei tratti (da abbreviare al massimo) in cui una tubazione viene posata in una parete in muratura di mattoni forati, si raccomanda di effettuare il disaccoppiamento tramite guaina per eliminare la propagazione del rumore attraverso la struttura dell'edificio. In particolare occorre rivestire completamente i tubi con l'apposita guaina fornita dalla casa costruttrice dei tubi stessi. Per ridurre la trasmissione del rumore per via aerea all'interno delle intercapedini e verso gli ambienti abitativi occorre impiegare tubi silenziati ad elevata massa come ad esempio il Geberit silent-dB20 o Polo-Kal 3S o equivalenti. L'impiego di tali tubazioni è insufficiente al rispetto dei limiti acustici se non è integrato dalla loro completa separazione dalle strutture edili per mezzo di giunti o supporti elastici adeguati e dal loro **COMPLETO RIVESTIMENTO** come illustrato nelle figure.

Le eventuali scanalature nei muri devono sempre comunque essere riempite - a completa saturazione - con malta cementizia. Si specifica ancora che in ogni punto le pareti e le solette devono essere sempre separate dalla struttura dell'edificio utilizzando la guaina disaccoppiante come illustrato nello schema seguente (caso delle condotte di scarico):





Inoltre, al fine di non introdurre ponti acustici e vie preferenziali di propagazione del rumore verso gli ambienti abitativi occorre evitare la compresenza di scarichi idrici e di ulteriori installazioni impiantistiche o semplicemente la presenza di cavità nelle strutture.





Il fissaggio delle tubazioni di scarico deve avvenire sempre in maniera elastica al fine di evitar trasmissione di rumore per via solida alle strutture edili a cui gli anelli di fissaggio sono ancorati. A tale fine bisogna sempre ricorrere ad anelli di fissaggio specificamente dotati di guaine elastiche interne per desolidarizzare i tubi dalle strutture limitrofe.



Per i bagni si consiglia di installare le cassette degli scarichi dei WC esternamente alle pareti divisorie in ogni bagno della struttura, oltre alle prescrizioni sull'isolamento delle tubazioni di mandata e di scarico di cui ai precedenti capoversi.

Evitare assolutamente di convogliare le colonne di scarico in cavedi ricavati all'interno delle pareti divisorie interne. Adottare sempre il loro posizionamento distanti dalle aule e dagli altri ambienti ove si ha permanenza stabile di persone.

## 8.5. Indicazioni a riguardo dell'isolamento acustico delle installazioni elettriche

Le installazioni elettriche possono costituire elementi di criticità acustica allorquando scatole di derivazione o per prese elettriche vengono posizionate in corrispondenza di pareti di separazione tra aule oppure se le tubazioni corrugate che ospitano i collegamenti vengono inserite nelle intercapedini. In tale ultimo caso esse possono costituire un veicolo di propagazione del rumore per via aerea e solida verso altri ambienti.

Ricordando che gli impianti elettrici non devono comunque essere installati nelle partizioni tra aule, è opportuno utilizzare sempre elementi impiantistici acusticamente coibentati in corrispondenza delle

altre pareti al fine di evitare i ponti acustici generati dalla possibile conduzione di rumore attraverso i tubi corrugati ed i cavedi che ospitano i collegamenti.

Una soluzione tecnica che può ottimizzare l'isolamento acustico delle installazioni impiantistiche di tipo elettrico è costituita dall'inserimento di appositi dispositivi assemblabili realizzati in gomma ad alta densità che sigillano scatole di prese e derivazioni ed isolano le tubazioni. Le proprietà della gomma devono essere tali da assicurare una elevata elasticità del materiale al fine di poter garantire la sigillatura dei cavi e dei frutti.

		
Guaina in gomma per scatola di derivazione	Elementi in gomma passatubo	Assemblaggio

---

## 9. Sintesi e conclusioni

Nell'ambito del progetto esecutivo di demolizione e ricostruzione della scuola secondaria di primo grado G.B.Cavalcaselle in Legnago, è stato affrontato il tema della qualità acustica dell'edificio per mezzo della verifica - a livello di calcolo previsionale - del rispetto dei parametri acustici di cui al DPCM 5/12/1997 "Requisiti Acustici Passivi degli Edifici" e dei più recenti Criteri Ambientali Minimi definiti da Ministero della Transizione Ecologica 23/6/2023 in materia di comfort acustico interno.

Il progetto consiste nella demolizione e la ricostruzione della scuola secondaria di primo grado G.B.Cavalcaselle. Gli elaborati progettuali prevedono la realizzazione di un edificio di 2 piani fuori terra così composti:

Piano terra: Biblioteca, n.2 sale per attività collettive, Sala musica, Palestra, Ambienti accessori (corridoi, sala insegnanti, sala ricevimento, spogliatoi, servizi igienici).

Piano primo: n.9 aule, n.3 laboratori ed ambienti accessori (corridoi, scale e servizi igienici).

I calcoli di verifica previsionale e le indicazioni progettuali finalizzate a perseguire, in opera, il rispetto dei parametri di qualità per gli ambienti scolastici hanno riguardato:

- L'isolamento acustico standardizzato di facciata,
- L'isolamento acustico degli impianti,
- L'isolamento acustico tra aule adiacenti e tra aule e spazi comuni (corridoi, etc...)
- La qualità acustica interna delle aule per una adeguata comprensibilità del parlato
- La qualità acustica della sala dedicata ad attività musicali per un adeguato comfort interno
- Il rumore da calpestio tra aule sovrapposte ed adiacenti
- La qualità acustica all'interno della palestra.

L'analisi del progetto ha fatto emergere elementi di potenziale criticità acustica consistenti in:

Isolamento acustico di facciata con ampie superfici vetrate. Sono state pertanto indicate le prestazioni acustiche minime per i serramenti esterni e per la facciata nel suo complesso.

Isolamento acustico tra aule adiacenti e verso i corridoi. Sono state indicate prestazioni minime in termini di isolamento acustico per pareti divisorie, serramenti interni e tipologie di controsoffitti adatti a perseguire in opera il raggiungimento dei valori di isolamento richiesti. È stato valutato altresì l'eventuale utilizzo di pareti mobili di separazione tra aule come previsto dai progettisti; in questo caso non è possibile eseguire calcoli previsionali ed occorre valutare in fase esecutiva l'effettiva rispondenza



dei manufatti ai parametri richiesti. Un isolamento acustico di prestazione superiore è stato previsto per la sala musica sia per le pareti che per la porta di accesso.

Isolamento acustico della copertura. Il tetto della scuola si prevede a progetto realizzato con pannellature leggere. Poiché tali pannellature possono costituire un elemento di debolezza dell'isolamento acustico delle aule del piano primo dall'esterno si è proposta una stratificazione all'intradosso della struttura della copertura al fine di perseguire il livello di isolamento acustico richiesto dalla normativa. Come già per le pareti mobili di divisione tra le aule, anche in questo caso non è possibile quantificare a calcolo l'effettivo isolamento acustico conseguibile e, pertanto, tale stratificazione dovrà essere verificata in fase esecutiva ed eventualmente integrata per poter conseguire il parametro richiesto.

Rumore da calpestio. Sono state indicate le prestazioni minime per il materassino anticalpestio da collocare al di sotto del massetto galleggiante in tutti gli ambienti della scuola fatta eccezione per la palestra. Sono state altresì verificate a calcolo le prestazioni del pacchetto completo del sistema "solaio interpiano" tra aule sovrapposte (caso più critico). Esso comprende pavimento galleggiante, solai massivi e controsoffitto fonoisolante e fonoassorbente di cui sono state indicate le caratteristiche prestazionali minime.

Qualità della comprensibilità del parlato nelle aule e corretta riverberazione nella sala musica. Sono stati realizzati modelli acustici 3D di un'aula "tipo" e della sala musica per verificare a livello di stima previsionale il raggiungimento dei parametri di qualità minima richiesti dai CAM per la comprensibilità del parlato nelle aule e per la qualità d'ascolto ed il tempo di riverbero della sala musica. Il modello 3D ha consentito anche di prefigurare un allestimento delle aule che comprendesse già anche alcuni elementi di arredo acustico (parziali controsoffittature assorbenti, pannelli alle pareti, etc...) utili come linea guida per la fase realizzativa.

Controllo del riverbero interno alla palestra. Al fine di perseguire il parametro relativo al tempo di riverbero adeguato per la palestra in base alla sua volumetria ed ai materiali impiegati è stato proposto l'allestimento di una controsoffittatura di proprietà fonoassorbenti adeguate a conseguire -a calcolo - il tempo di riverbero richiesto dai CAM.

I calcoli previsionali di verifica del raggiungimento dei parametri di qualità acustica richiesti hanno fornito esito positivo. Si ricorda tuttavia che il calcolo previsionale non consente di garantire il raggiungimento - in opera - del grado di qualità acustica richiesta. Questo perché la qualità della posa in opera è fondamentale per il conseguimento di un buon risultato acustico ed anche perché alcuni elementi del progetto (pareti mobili e copertura leggera) non sono direttamente verificabili in

termini di calcolo previsionale e, pertanto, la loro definizione deve essere approfondita in fase esecutiva.

*NOTA: Qualora il progetto subisse significative modificazioni quali ad esempio la rivisitazione del layout interno, l'introduzione di nuove destinazioni d'uso per gli ambienti o l'introduzione di impianti di aerazione / fornitura aria primaria ai locali non previsti ora a progetto, etc... la presente relazione dovrà essere integralmente rivista alla luce delle sopra citate varianti ed il presente documento dovrà pertanto essere rimesso in annullamento e sostituzione integrale della presente versione.*

Torino, giovedì 22 giugno 2023

Ing. Marco Gamarra

Ordine Ingegneri Torino n. 7283K

ENTECA n.4642

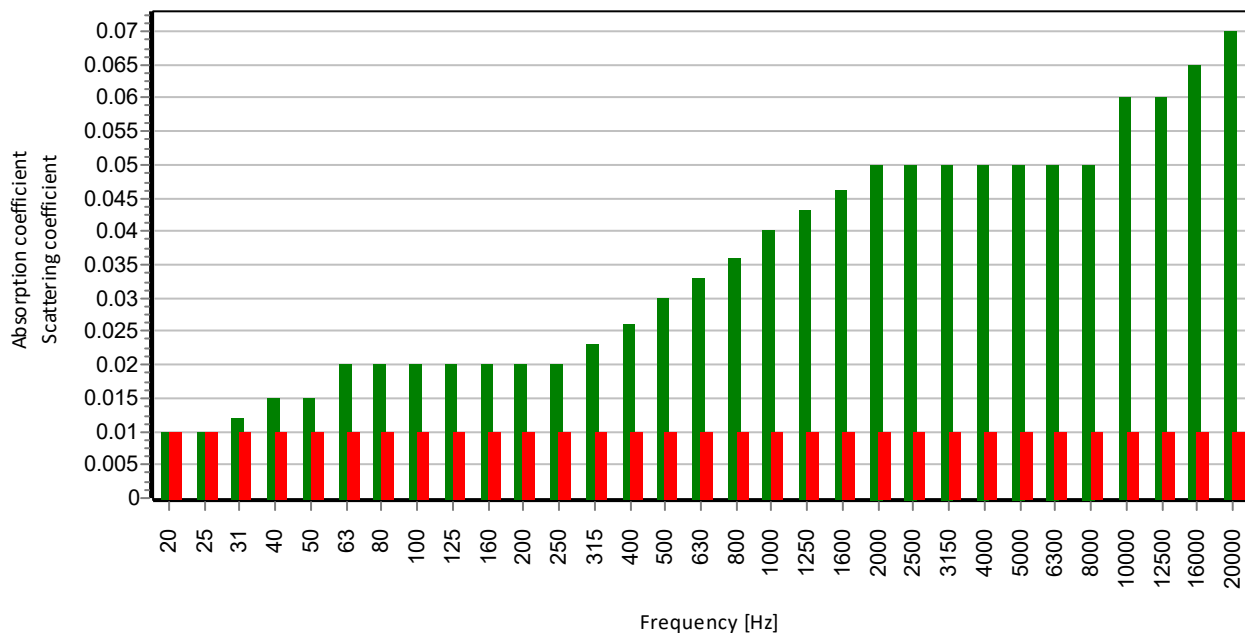


# *Allegato A*

*Spettri di assorbimento acustico dei materiali di previsto  
utilizzo*

# Spettri di assorbimento acustico

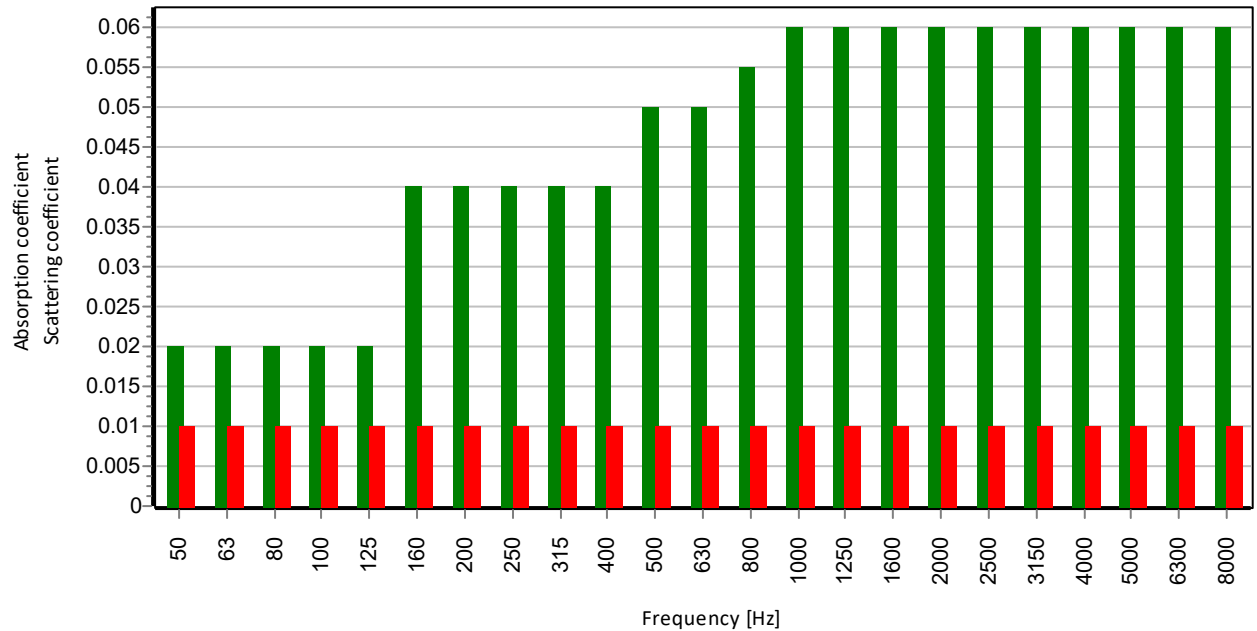
## 1 : Intonaco



	20Hz	25Hz	31Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz
Abs. coeff.	0.010	0.010	0.012	0.015	0.015	0.020	0.020	0.020	0.020
Scat. coeff.	0.010 160Hz	0.010 200Hz	0.010 250Hz	0.010 315Hz	0.010 400Hz	0.010 500Hz	0.010 630Hz	0.010 800Hz	0.010 1000Hz
Abs. coeff.	0.020	0.020	0.020	0.023	0.026	0.030	0.033	0.036	0.040
Scat. coeff.	0.010 1250Hz	0.010 1600Hz	0.010 2000Hz	0.010 2500Hz	0.010 3150Hz	0.010 4000Hz	0.010 5000Hz	0.010 6300Hz	0.010 8000Hz
Abs. coeff.	0.043	0.046	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
Scat. coeff.	0.010 1000Hz	0.010 1250Hz	0.010 1600Hz	0.010 2000Hz	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Abs. coeff.	0.060	0.060	0.065	0.070					
Scat. coeff.	0.010	0.010	0.010	0.010					

## Spettri di assorbimento acustico

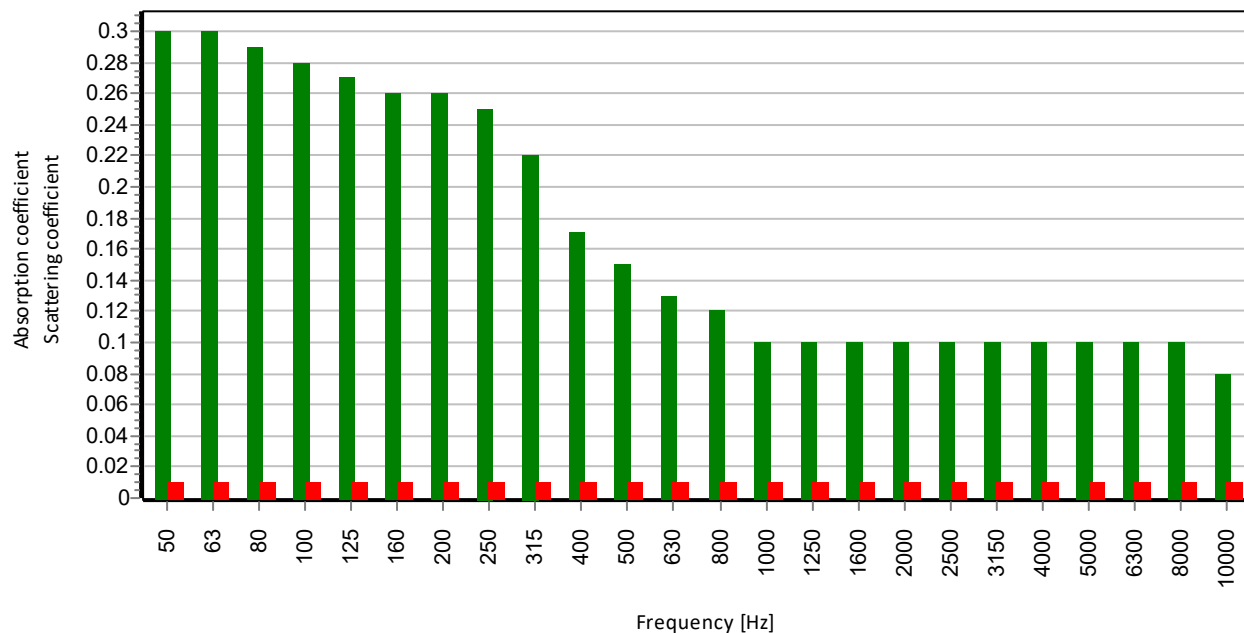
### 2 : Pavimento linoleum o assimilabili



	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz
Abs. coeff.	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.040	0.040	0.040	0.040
Scat. coeff.	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Abs. coeff.	0.040	0.050	0.050	0.055	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060
Scat. coeff.	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Abs. coeff.	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060				
Scat. coeff.	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010				

## Spettri di assorbimento acustico

### 3 : Copertura leggera



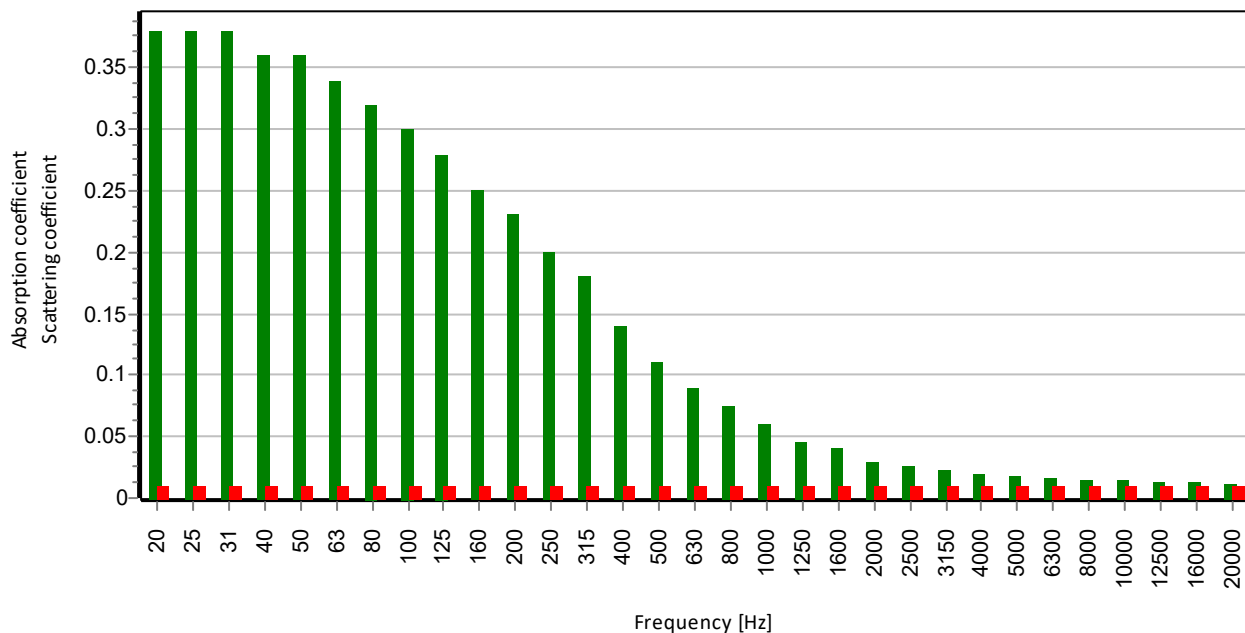
	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz
Abs. coeff.	0.300	0.300	0.290	0.280	0.270	0.260	0.260	0.250	0.220
Scat. coeff.	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Abs. coeff.	0.170	0.150	0.130	0.120	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Scat. coeff.	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Abs. coeff.	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.080			
Scat. coeff.	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010			

### Assigned groups

Material

## Spettri di assorbimento acustico

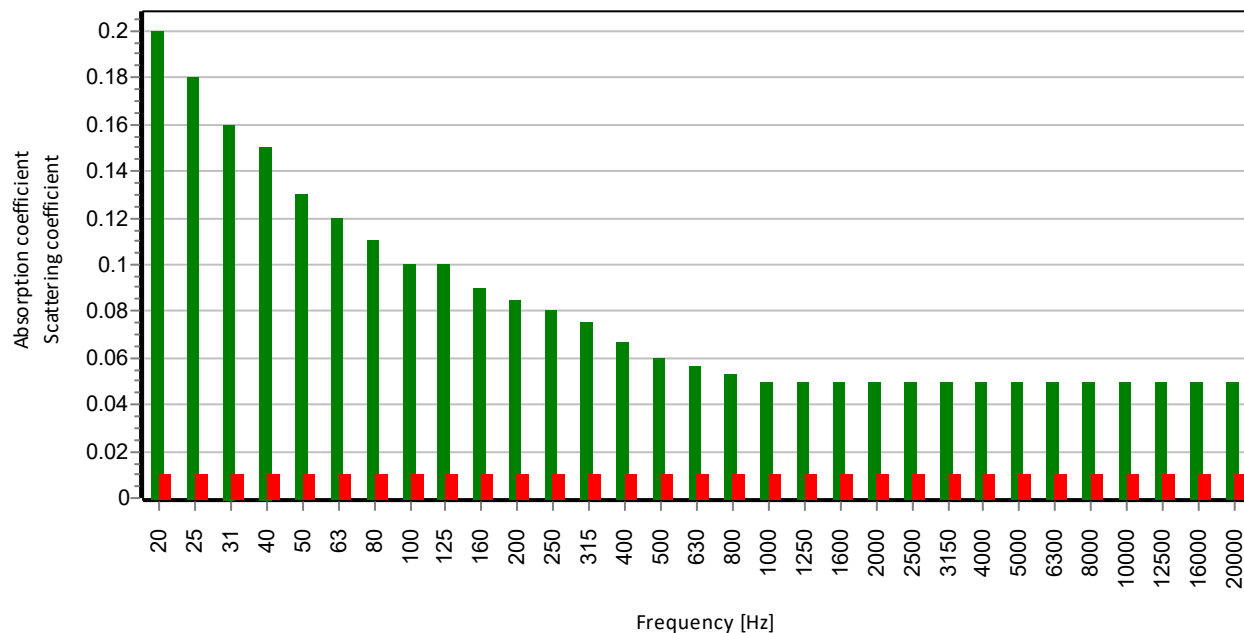
### 4 : Vetrata ad elevato potere fonoisolante



	20Hz	25Hz	31Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz
Abs. coeff.	0.380	0.380	0.380	0.360	0.360	0.340	0.320	0.300	0.280
Scat. coeff.	0.010 160Hz	0.010 200Hz	0.010 250Hz	0.010 315Hz	0.010 400Hz	0.010 500Hz	0.010 630Hz	0.010 800Hz	0.010 1000Hz
Abs. coeff.	0.250	0.230	0.200	0.180	0.140	0.110	0.090	0.075	0.060
Scat. coeff.	0.010 1250Hz	0.010 1600Hz	0.010 2000Hz	0.010 2500Hz	0.010 3150Hz	0.010 4000Hz	0.010 5000Hz	0.010 6300Hz	0.010 8000Hz
Abs. coeff.	0.045	0.040	0.030	0.026	0.023	0.020	0.018	0.016	0.015
Scat. coeff.	0.010 1000Hz	0.010 1250Hz	0.010 1600Hz	0.010 2000Hz	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Abs. coeff.	0.014	0.013	0.013	0.012					
Scat. coeff.	0.010	0.010	0.010	0.010					

## Spettri di assorbimento acustico

### 5 : Porta in legno laccato

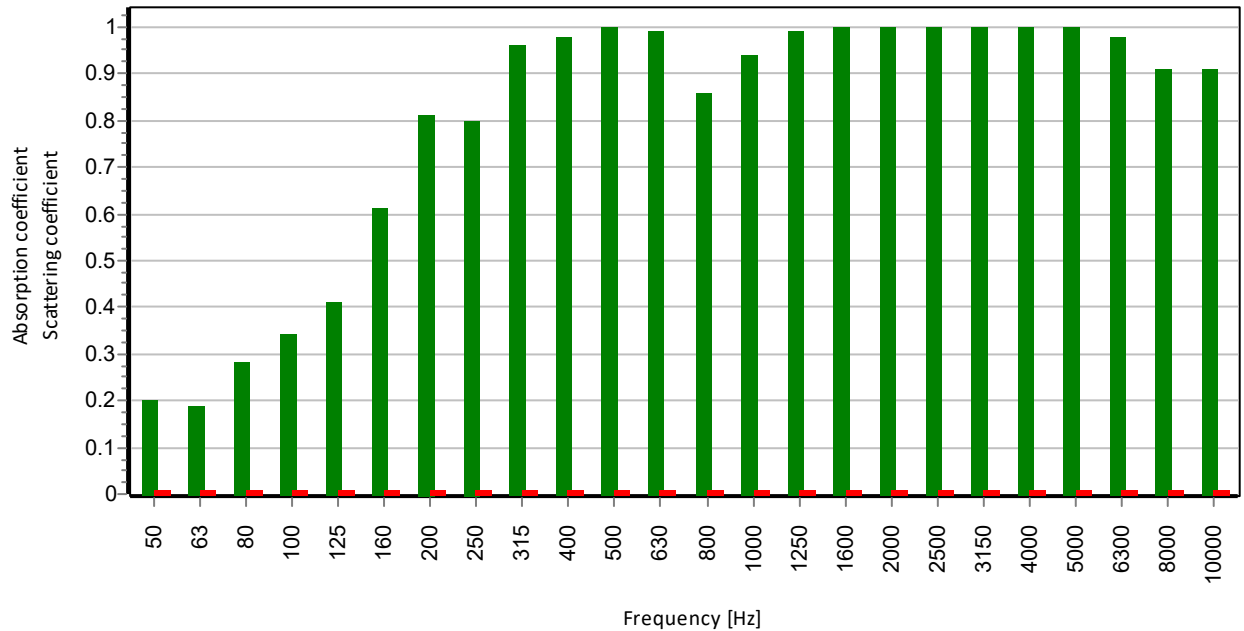


	20Hz	25Hz	31Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz
Abs. coeff.	0.200	0.180	0.160	0.150	0.130	0.120	0.110	0.100	0.100
Scat. coeff.	0.010 160Hz	0.010 200Hz	0.010 250Hz	0.010 315Hz	0.010 400Hz	0.010 500Hz	0.010 630Hz	0.010 800Hz	0.010 1000Hz
Abs. coeff.	0.090	0.085	0.080	0.075	0.067	0.060	0.056	0.053	0.050
Scat. coeff.	0.010 125Hz	0.010 160Hz	0.010 200Hz	0.010 250Hz	0.010 315Hz	0.010 400Hz	0.010 500Hz	0.010 630Hz	0.010 800Hz
Abs. coeff.	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
Scat. coeff.	0.010 100Hz	0.010 125Hz	0.010 160Hz	0.010 200Hz	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Abs. coeff.	0.050	0.050	0.050	0.050					
Scat. coeff.	0.010	0.010	0.010	0.010					



## Spettri di assorbimento acustico

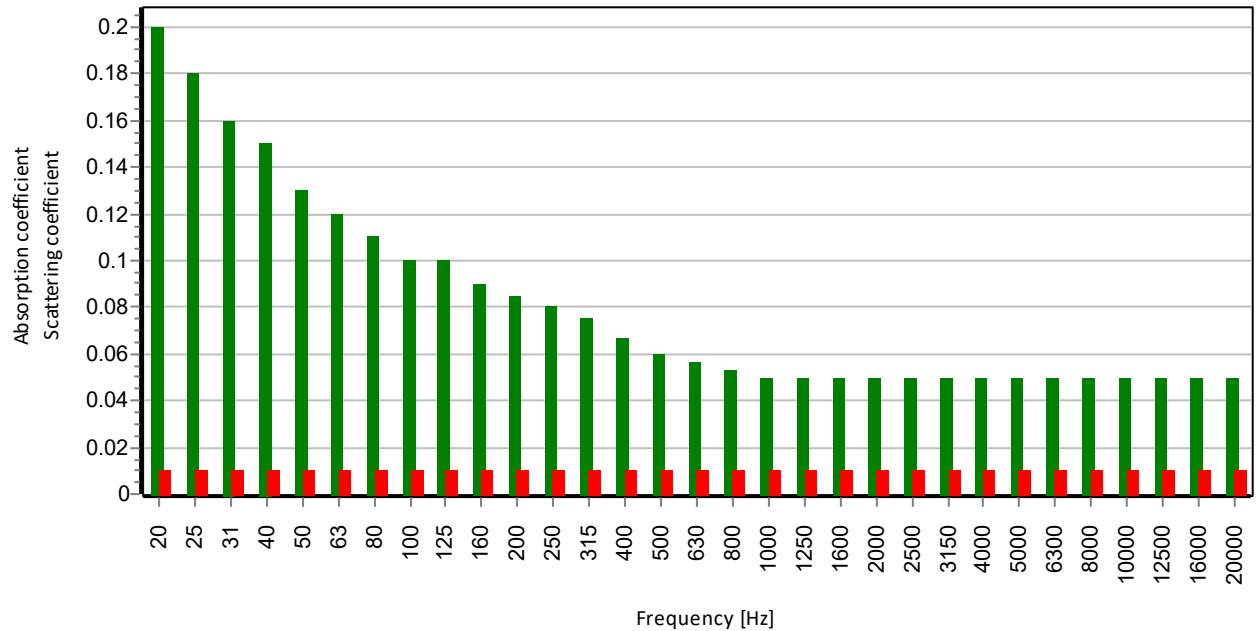
### 7 : Controsoffitto fonoassorbente con intercapedine 20cm



	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz
Abs. coeff.	0.200	0.190	0.280	0.340	0.410	0.610	0.810	0.800	0.960
Scat. coeff.	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Abs. coeff.	0.980	1.000	0.990	0.860	0.940	0.990	1.000	1.000	1.000
Scat. coeff.	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Abs. coeff.	1.000	1.000	1.000	0.980	0.910	0.910			
Scat. coeff.	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010			

## Spettri di assorbimento acustico

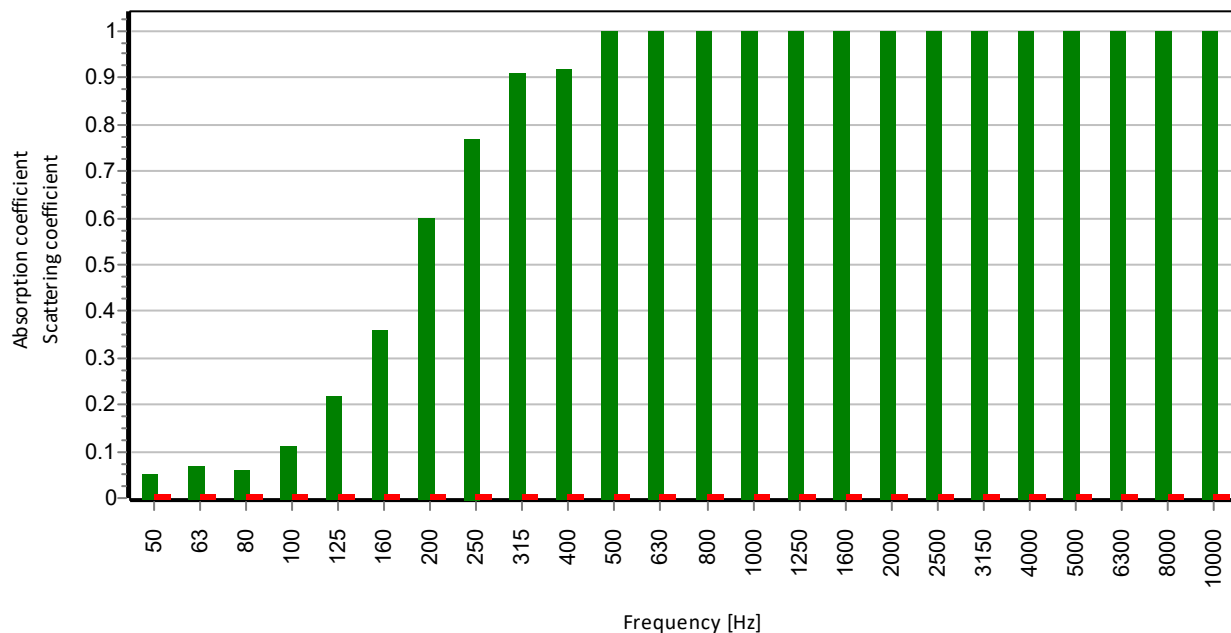
### 8 : Banco di scuola in legno laccato



	20Hz	25Hz	31Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz
Abs. coeff.	0.200	0.180	0.160	0.150	0.130	0.120	0.110	0.100	0.100
Scat. coeff.	0.010 160Hz	0.010 200Hz	0.010 250Hz	0.010 315Hz	0.010 400Hz	0.010 500Hz	0.010 630Hz	0.010 800Hz	0.010 1000Hz
Abs. coeff.	0.090	0.085	0.080	0.075	0.067	0.060	0.056	0.053	0.050
Scat. coeff.	0.010 1250Hz	0.010 1600Hz	0.010 2000Hz	0.010 2500Hz	0.010 3150Hz	0.010 4000Hz	0.010 5000Hz	0.010 6300Hz	0.010 8000Hz
Abs. coeff.	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
Scat. coeff.	0.010 1000Hz	0.010 1250Hz	0.010 1600Hz	0.010 2000Hz	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Abs. coeff.	0.050	0.050	0.050	0.050					
Scat. coeff.	0.010	0.010	0.010	0.010					

## Spettri di assorbimento acustico

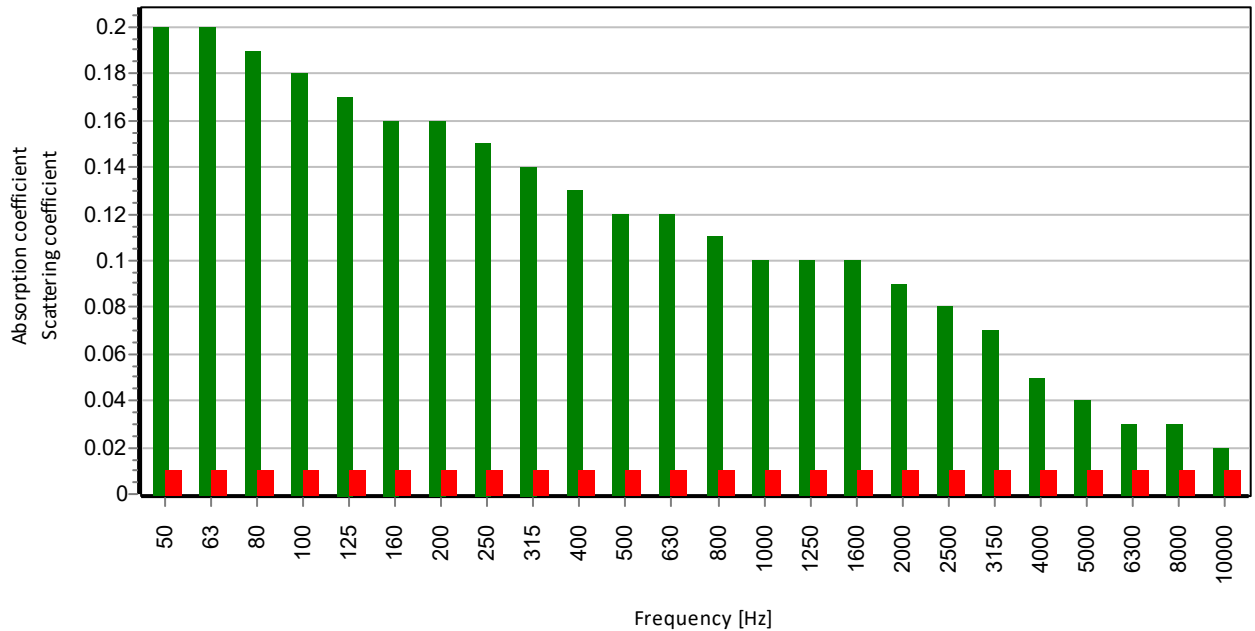
### 9 : Pannello fonoassorbente a parete



	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz
Abs. coeff.	0.050	0.070	0.060	0.110	0.220	0.360	0.600	0.770	0.910
Scat. coeff.	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Abs. coeff.	0.920	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Scat. coeff.	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Abs. coeff.	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000			
Scat. coeff.	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010			

# Spettri di assorbimento acustico

## 10 : Parete cartongesso



	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz
Abs. coeff.	0.200	0.200	0.190	0.180	0.170	0.160	0.160	0.150	0.140
Scat. coeff.	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Abs. coeff.	0.130	0.120	0.120	0.110	0.100	0.100	0.100	0.090	0.080
Scat. coeff.	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Abs. coeff.	0.070	0.050	0.040	0.030	0.030	0.020			
Scat. coeff.	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010			

### Comments

Wood cladding in front of cavity

Original title: "Holzverkleidung vor Hohlraum"

\*\*\*\*\*

Source:

<http://www.schweizer-fn.de/stoff/akustik/absorptionsfaktoren.php>

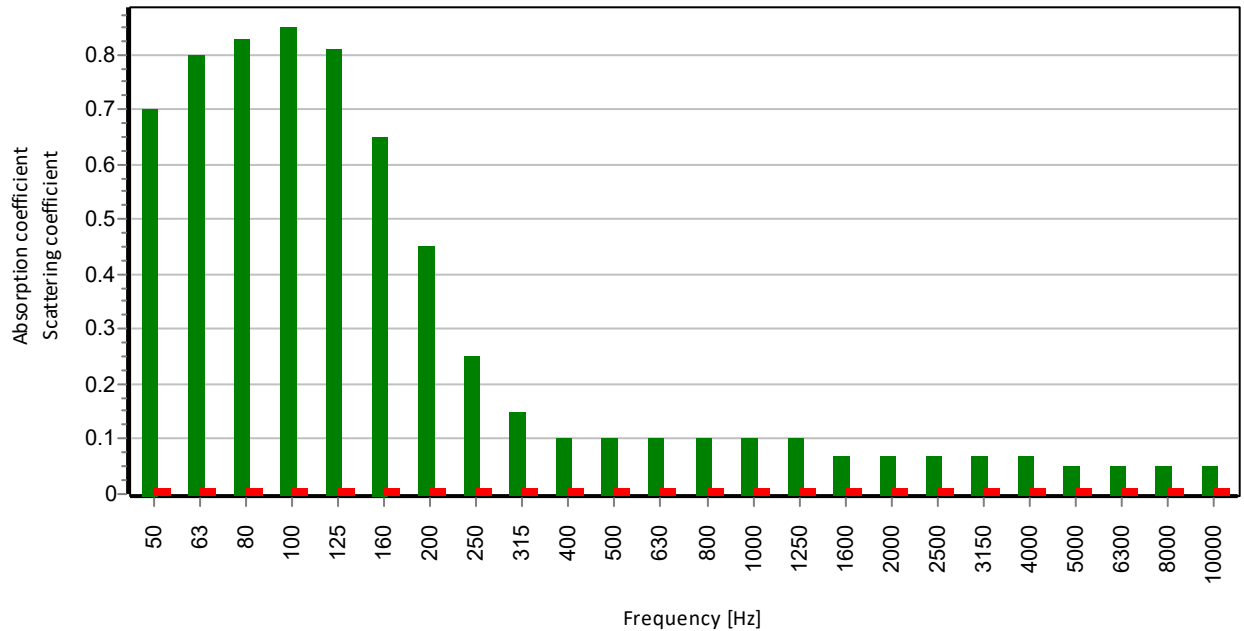
Last updated: 12-09-2019

### Assigned groups

Material

## Spettri di assorbimento acustico

### 11 : Pannelli risonanti a parete



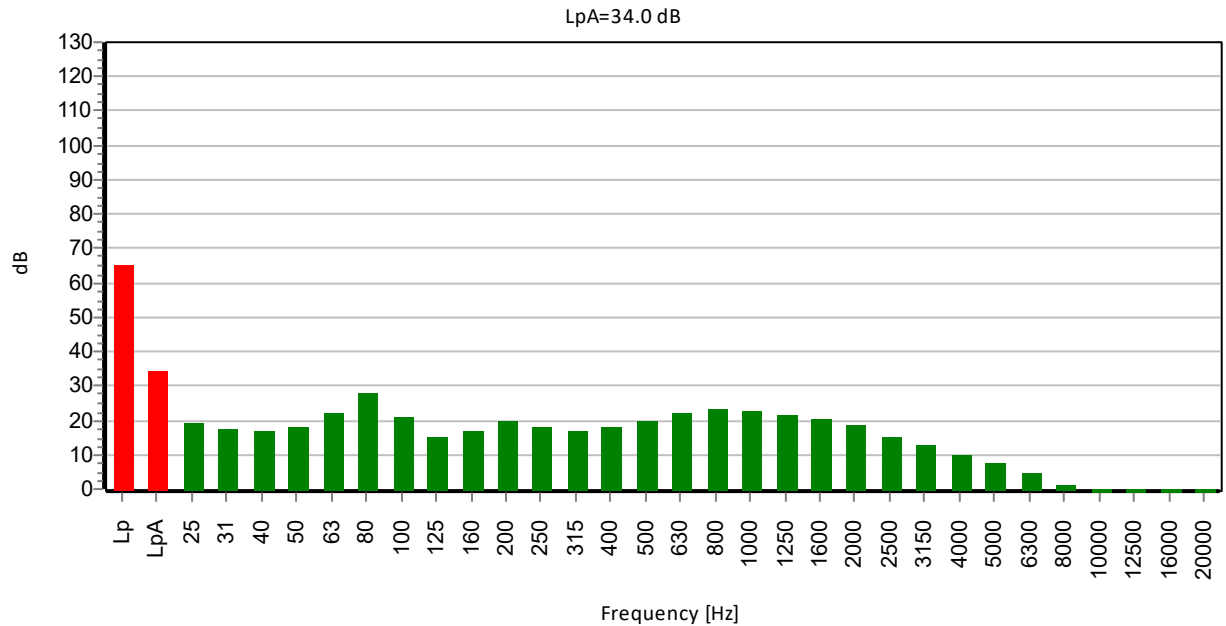
	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz
Abs. coeff.	0.700	0.800	0.830	0.850	0.810	0.650	0.450	0.250	0.150
Scat. coeff.	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Abs. coeff.	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.070	0.070	0.070
Scat. coeff.	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Abs. coeff.	0.070	0.070	0.050	0.050	0.050	0.050			
Scat. coeff.	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010			

## *Allegato B*

*Spettri di emissione sonora delle sorgenti utilizzati per i calcoli previsionali relativi ai parametri di qualità acustica delle aule di lezione e dell'aula per attività musicali*

# Spettri sonori

## 1 : Rumore residuo



Unit	25Hz	31Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz
dB(A)/Lp level	19.2	17.2	16.7	17.9	21.8	27.7	21.0	15.3	16.8	19.9
Unit	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz
dB(A)/Lp level	18.1	16.9	18.2	19.5	21.9	23.4	22.6	21.6	20.5	18.4
Unit	2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	12.5kHz	16kHz	20kHz
dB(A)/Lp level	15.2	12.6	10.1	7.4	4.8	1.0	-2.3	-5.8	-11.0	-19.0
Sum										
34.0										

### Properties

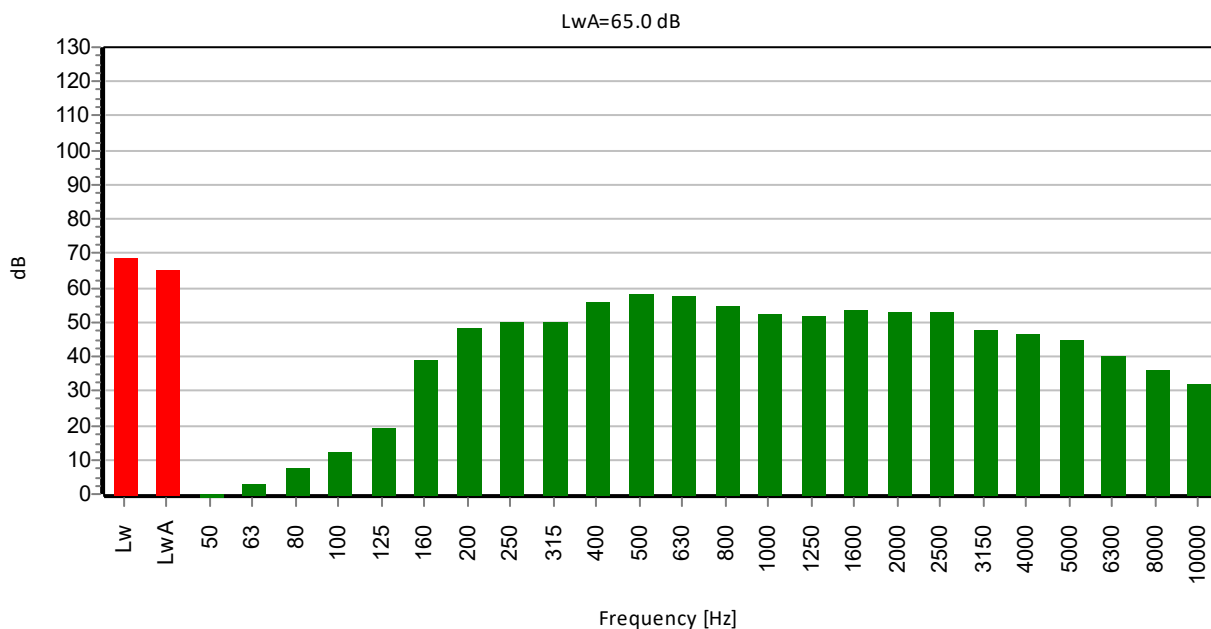
Height above ground [m]: -  
Standard deviation [dB]: -

### Comments

D=10:00min; a=4m; d=8m

# Spettri sonori

## 2 : Voce di insegnante sforzo vocale normale



Unit	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz
dB(A)/Lw/unit	-2.2	2.8	7.5	12.2	19.2	38.9	48.4	49.7	49.7	55.5
Unit	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz
dB(A)/Lw/unit	58.1	57.4	54.5	52.3	51.9	53.3	52.5	52.6	47.5	46.3
Unit	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	Sum					
dB(A)/Lw/unit	44.9	40.2	36.2	31.8	65.0					

### Properties

Directivity: Speaking horizontal  
 Height above ground [m]: -  
 Standard deviation [dB]: -

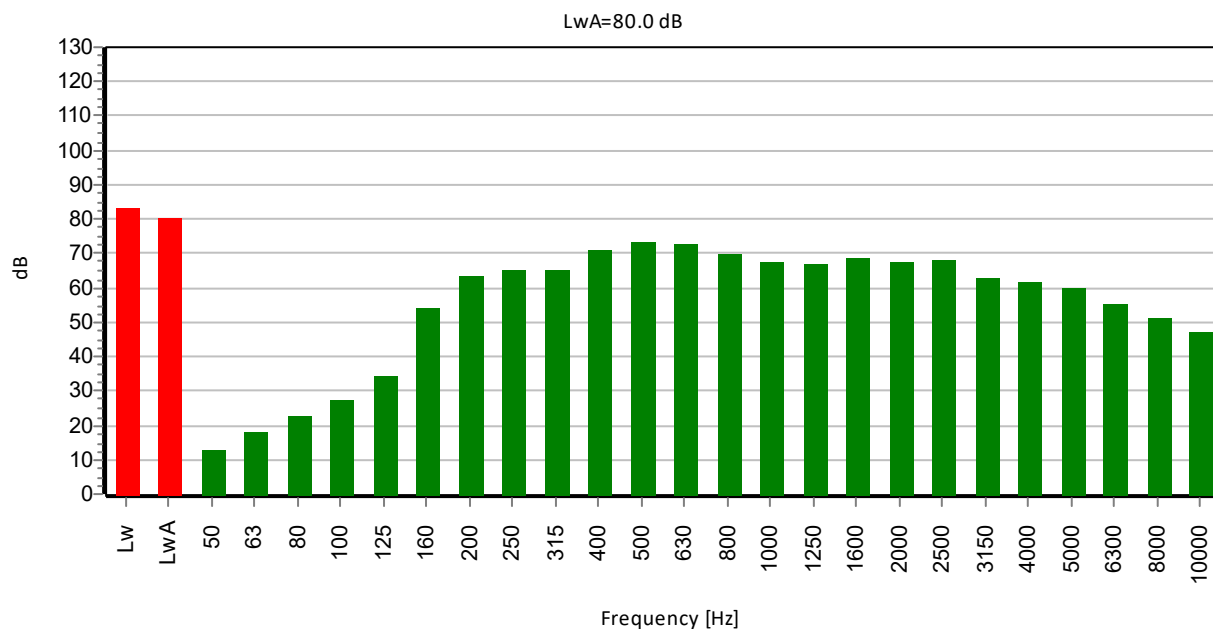
### Assigned groups

Sports facilities  
 Leisure noise  
 Reference spectra



# Spettri sonori

## 3 : Voce di cantante



Unit	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz
dB(A)/Lw/unit	12.8	17.8	22.5	27.2	34.2	53.9	63.4	64.7	64.7	70.5
Unit	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz
dB(A)/Lw/unit	73.1	72.4	69.5	67.3	66.9	68.3	67.5	67.6	62.5	61.3
Unit	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	Sum					
dB(A)/Lw/unit	59.9	55.2	51.2	46.8	80.0					

### Properties

Directivity: Speaking horizontal  
Height above ground [m]: -  
Standard deviation [dB]: -

# Spettri sonori

## Comments

Female voice, speaking

Original title:"Weibliche Sprache (Unterhaltung)"

Sound pressure level difference

Frequency response during normal conversation, relative to the sound pressure level measured at a centre frequency of 1000 Hz

\*\*\*\*\*

Source:

Schallschutz im Hochbau, WEKA-Verlag, 1989

Last updated 29-03-2017

## Assigned groups

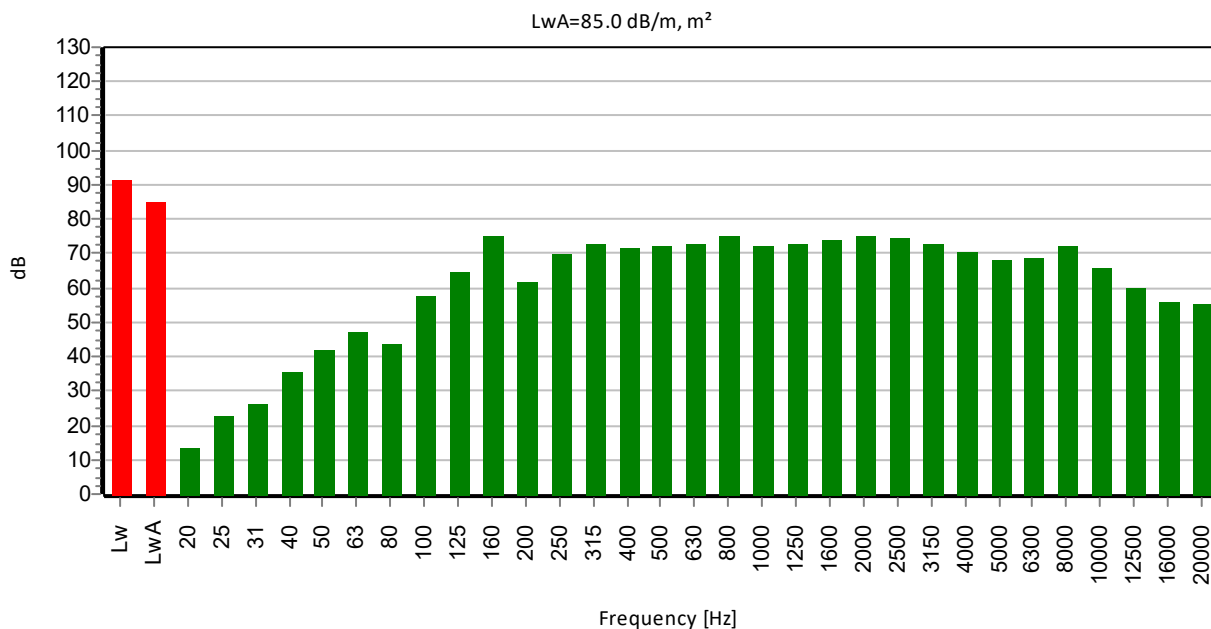
Sports facilities

Leisure noise

Reference spectra

# Spettri sonori

## 4 : Cassa audio con musica riprodotta



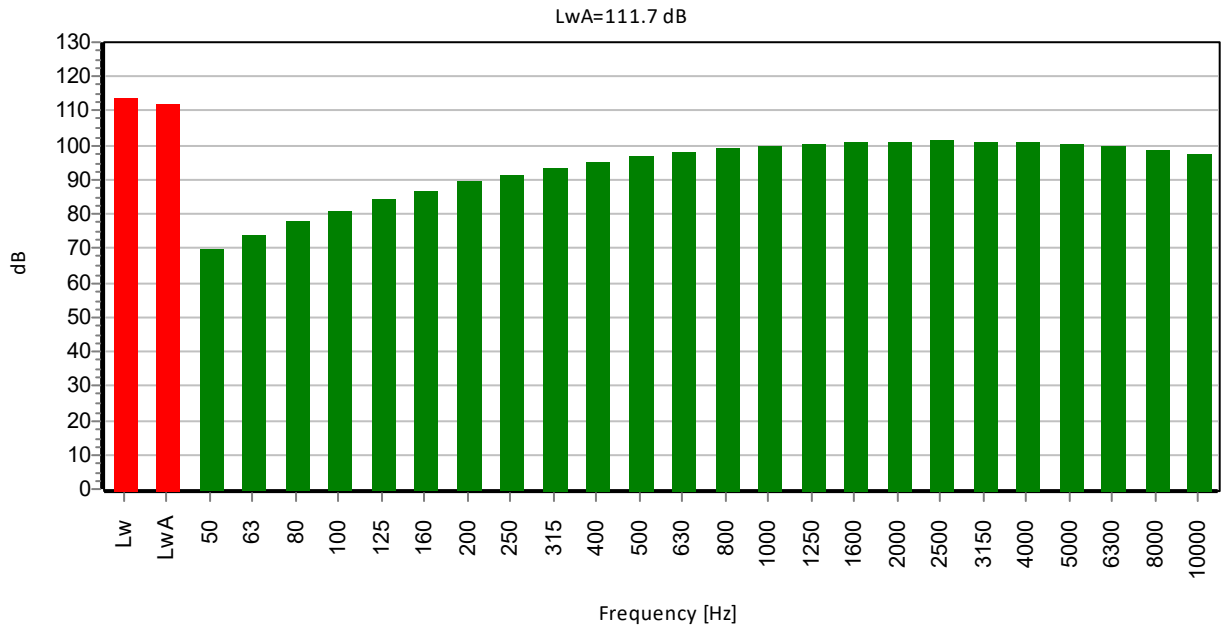
Unit	20Hz	25Hz	31Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz
dB(A)/Lw/m, m <sup>2</sup>	13.3	22.6	26.4	35.6	41.7	47.2	43.6	57.7	64.6	74.9
Unit	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz
dB(A)/Lw/m, m <sup>2</sup>	61.4	69.7	72.4	71.3	72.2	72.7	74.7	72.1	72.4	73.7
Unit	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	12.5kHz	16kHz
dB(A)/Lw/m, m <sup>2</sup>	75.0	74.2	72.4	70.5	68.2	68.7	71.8	65.4	59.8	56.0
Unit	20kHz	Sum								
dB(A)/Lw/m, m <sup>2</sup>	55.0	85.0								

### Properties

Directivity: JBL - AW266  
Height above ground [m]: -  
Standard deviation [dB]: -

# Spettri sonori

## 5 : Rumore rosa



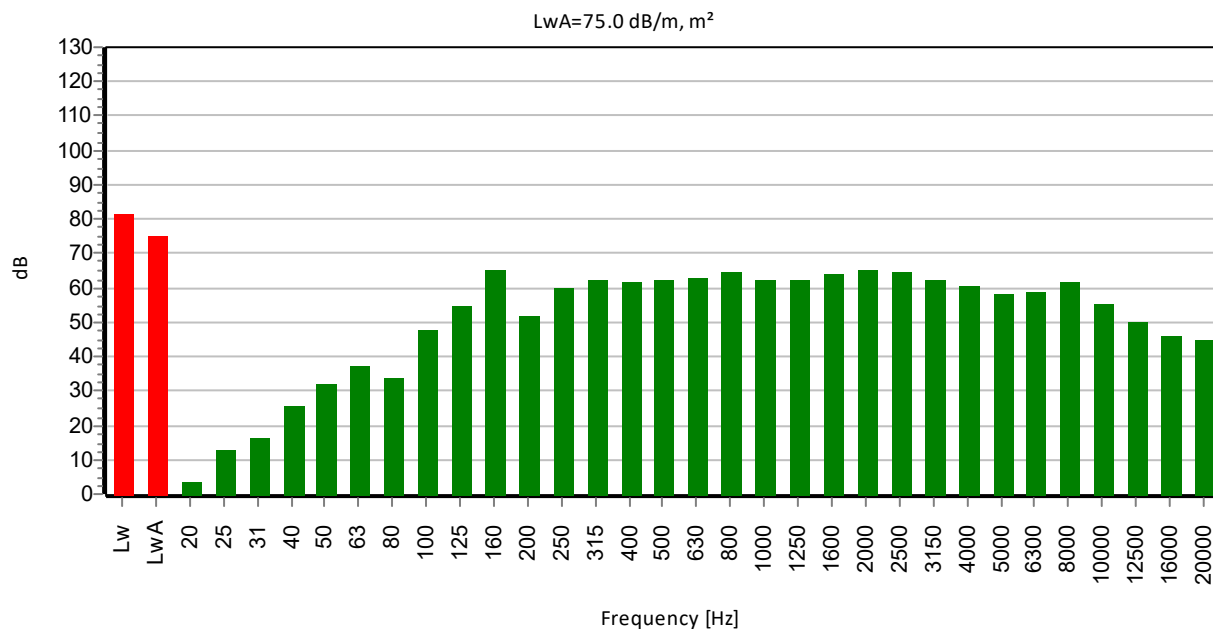
Unit	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz
dB(A)/Lw/unit	69.8	73.8	77.5	80.9	83.9	86.6	89.1	91.4	93.4	95.2
Unit	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz
dB(A)/Lw/unit	96.8	98.1	99.2	100.0	100.6	101.0	101.2	101.3	101.2	101.0
Unit	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	Sum					
dB(A)/Lw/unit	100.6	99.9	98.9	97.5	111.7					

## Properties

Height above ground [m]: -  
Standard deviation [dB]: -

# Spettri sonori

## 6 : Cassa audio con insegnante che parla



Unit	20Hz	25Hz	31Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz
dB(A)/Lw/m, m <sup>2</sup>	3.3	12.6	16.4	25.6	31.7	37.2	33.6	47.7	54.6	64.9
Unit	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz
dB(A)/Lw/m, m <sup>2</sup>	51.4	59.7	62.4	61.3	62.2	62.7	64.7	62.1	62.4	63.7
Unit	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	12.5kHz	16kHz
dB(A)/Lw/m, m <sup>2</sup>	65.0	64.2	62.4	60.5	58.2	58.7	61.8	55.4	49.8	46.0
Unit	20kHz	Sum								
dB(A)/Lw/m, m <sup>2</sup>	45.0	75.0								

### Properties

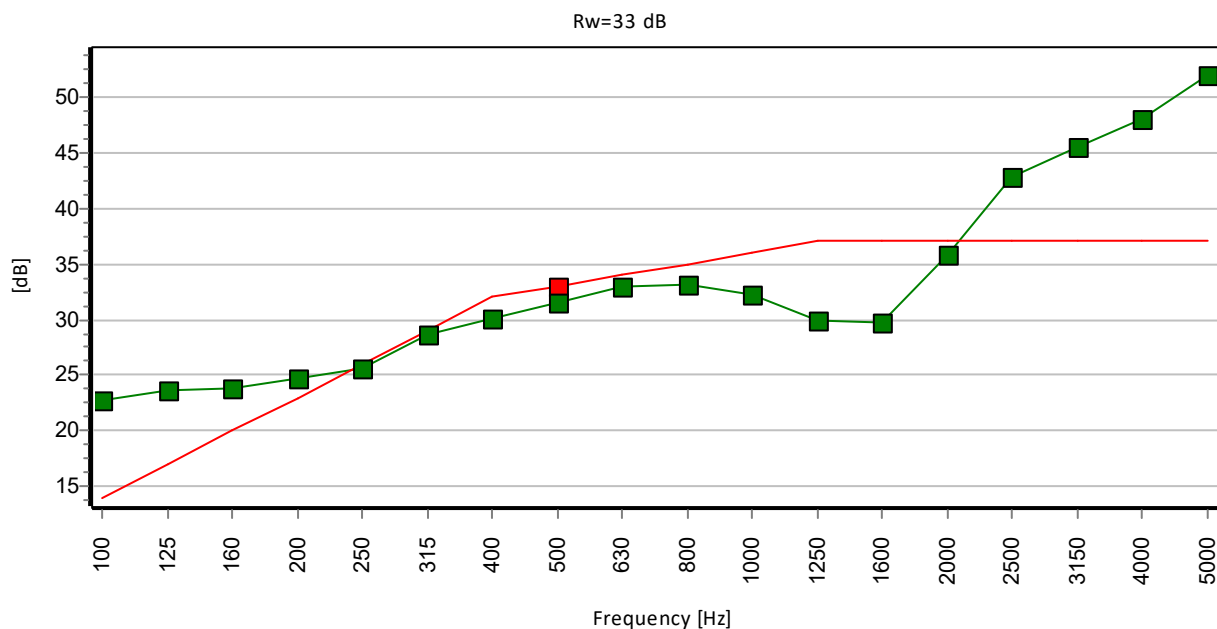
Directivity: JBL - AW266  
 Height above ground [m]: -  
 Standard deviation [dB]: -

# *Allegato C*

*Spettri di isolamento acustico di materiali e stratigrafie  
di previsto utilizzo*

# Spettri di isolamento acustico

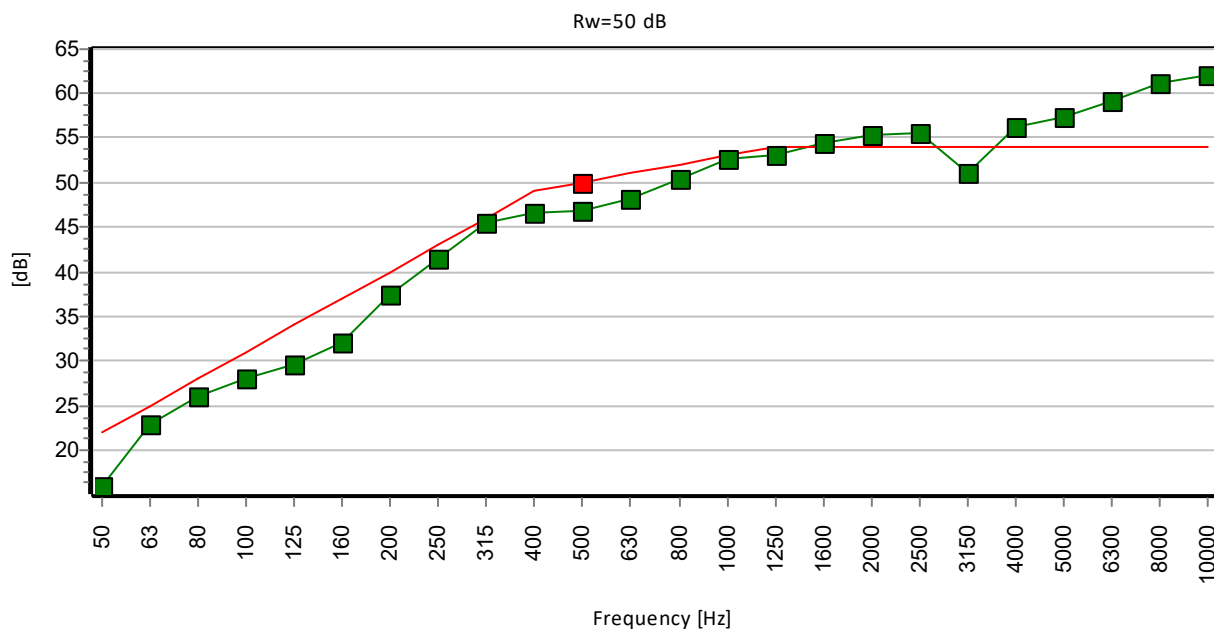
## 1 : Pannello sandwich per copertura leggera



Rw	C	Ctr	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz
33.0	-1.0	-3.0	22.8	23.7	23.9	24.7	25.6	28.7	30.1
500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz
31.5	32.9	33.1	32.2	30.0	29.8	35.8	42.8	45.5	48.0
5kHz									
51.9									

# Spettri di isolamento acustico

## 2 : Porta Rw=50dB



Rw	C	Ctr	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz
50.0	-2.0	-7.0	16.0	23.0	26.0	28.0	29.7	32.0	37.5
250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz
41.5	45.5	46.5	46.8	48.2	50.4	52.7	53.0	54.3	55.3
2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz			
55.6	51.0	56.2	57.2	59.0	61.0	62.0			

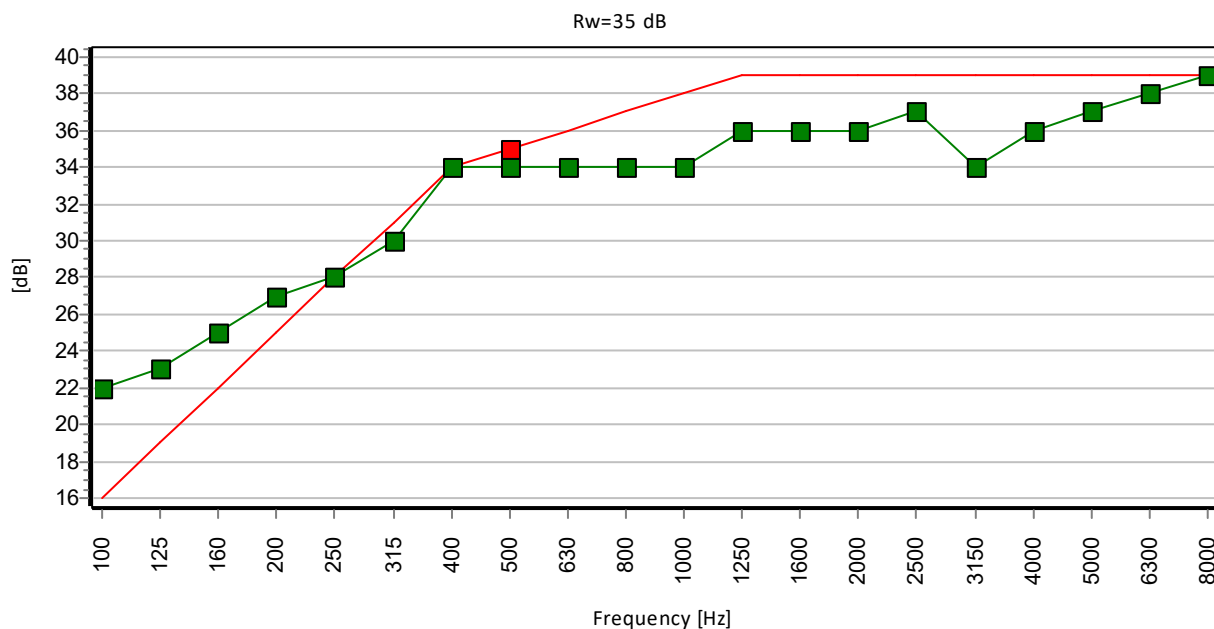
### Assigned groups

Title



# Spettri di isolamento acustico

## 3 : Porta $R_w=35\text{dB}$



$R_w$	C	Ctr	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz
35.0	-1.0	-3.0	22.0	23.0	25.0	27.0	28.0	30.0	34.0
500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz
34.0	34.0	34.0	34.0	36.0	36.0	36.0	37.0	34.0	36.0
5kHz	6.3kHz	8kHz							
37.0	38.0	39.0							

### Comments

Waving asbestos-cement planes (6 mm)  
with mineral fibre planes

Total depths: 330 mm  
Weight per area:n.n.  $\text{kg/m}^2$

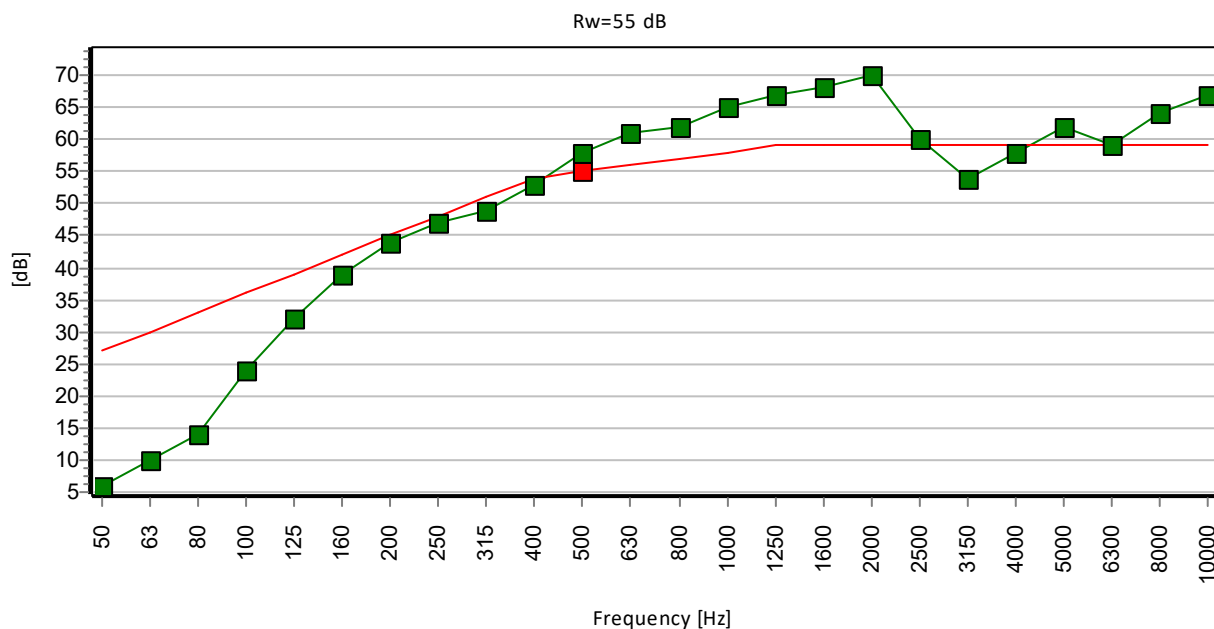
Schallschutz im Hochbau  
WEKA-Verlag

### Assigned groups

ceilings

# Spettri di isolamento acustico

## 4 : Parete a secco Rw=55dB



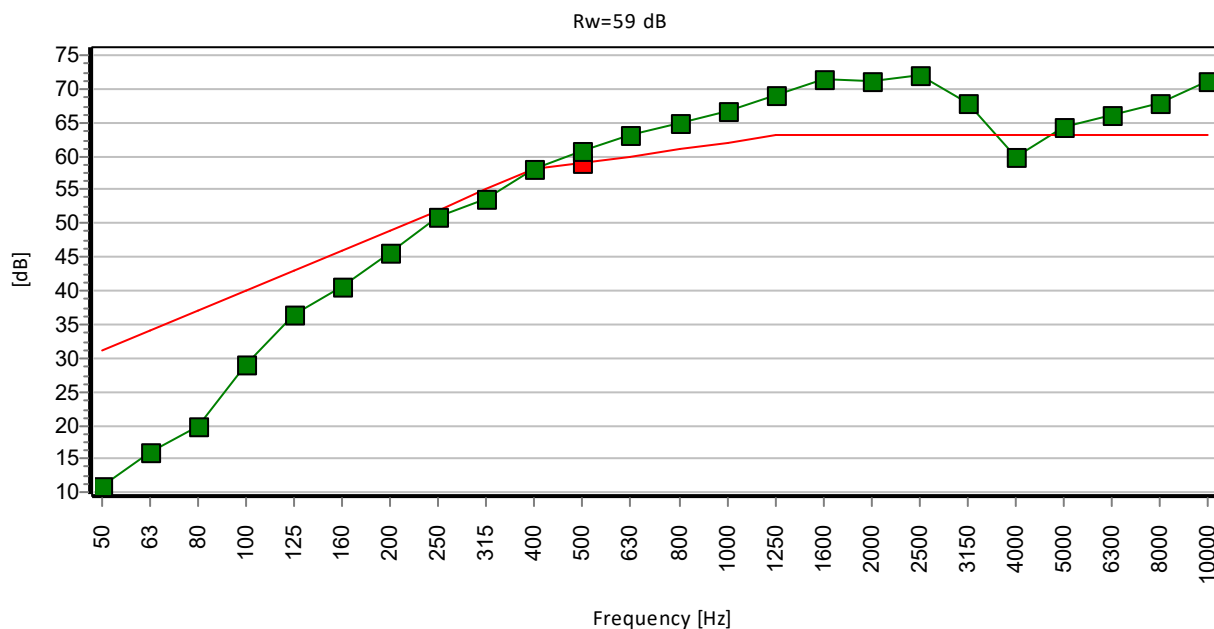
Rw	C	Ctr	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz
55.0	-5.0	-12.0	6.0	10.0	14.0	24.0	32.0	39.0	44.0
250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz
47.0	49.0	53.0	58.0	61.0	62.0	65.0	67.0	68.0	70.0
2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz			
60.0	54.0	58.0	62.0	59.0	64.0	67.0			

## Assigned groups

Title

# Spettri di isolamento acustico

5 : Parete a secco Rw=58dB



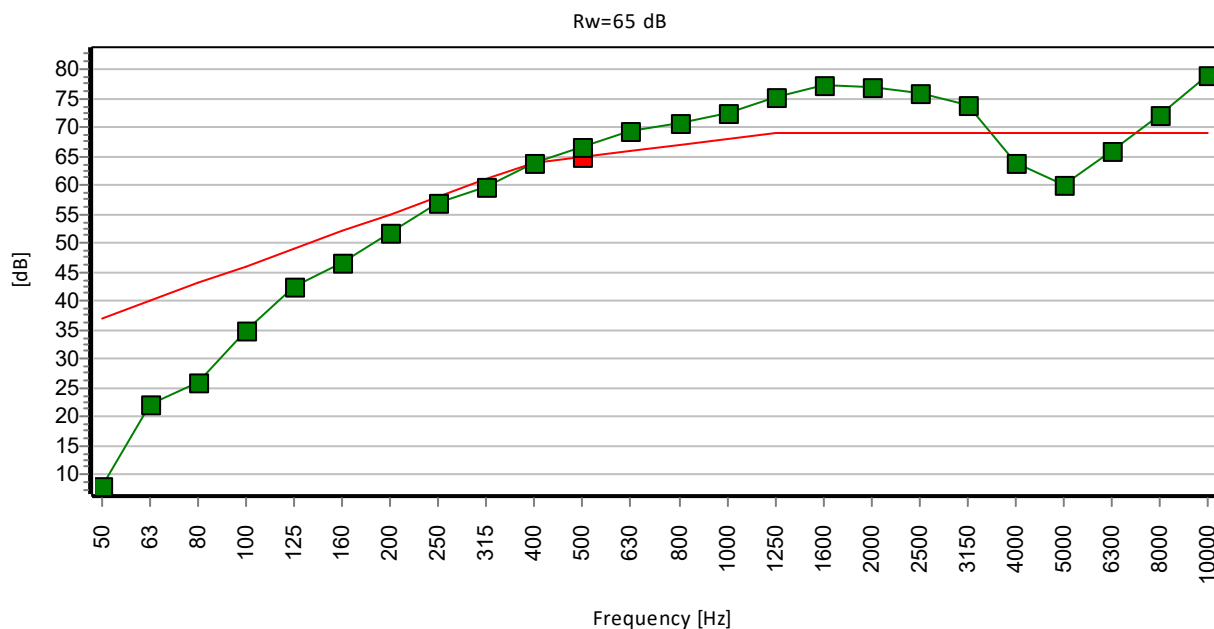
Rw	C	Ctr	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz
59.0	-4.0	-11.0	11.0	16.0	20.0	29.0	36.5	40.7	45.6
250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz
51.1	53.6	58.0	60.7	63.2	64.8	66.6	69.1	71.3	71.0
2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz			
72.0	68.0	60.0	64.4	66.0	68.0	71.0			

## Assigned groups

Title

# Spettri di isolamento acustico

## 6 : Parete a secco Rw=65dB



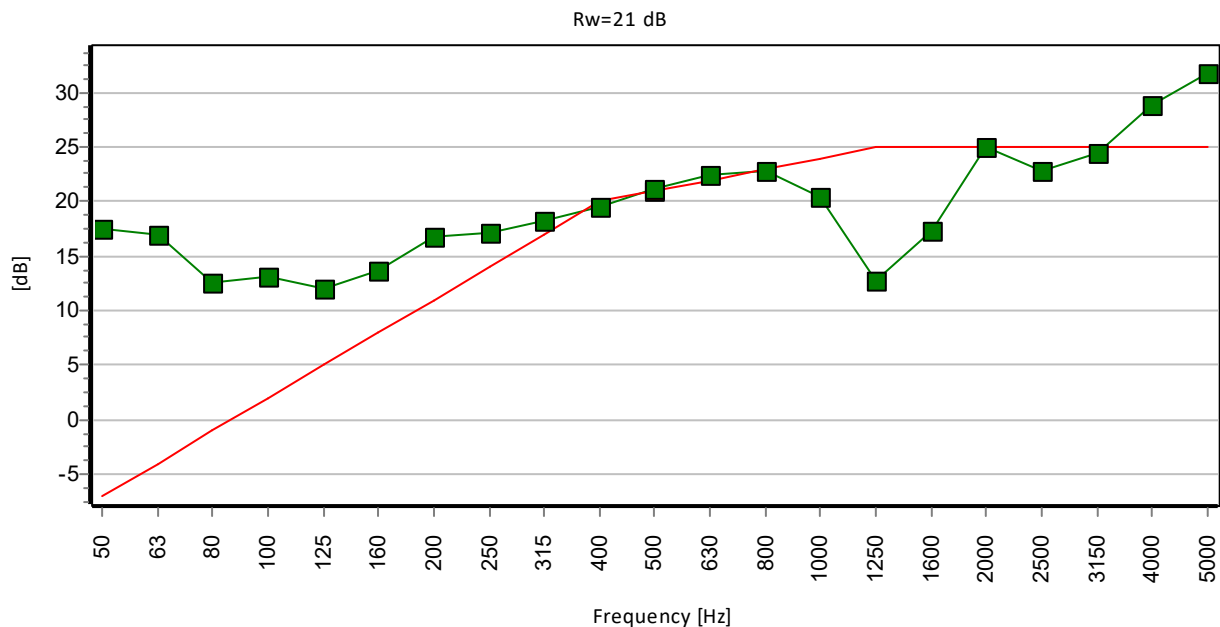
Rw	C	Ctr	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz
65.0	-4.0	-11.0	8.0	22.0	26.0	35.0	42.5	46.7	51.6
250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz
57.1	59.6	64.0	66.7	69.2	70.8	72.6	75.1	77.3	77.0
2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz			
76.0	74.0	64.0	60.0	66.0	72.0	79.0			

## Assigned groups

Title

# Spettri di isolamento acustico

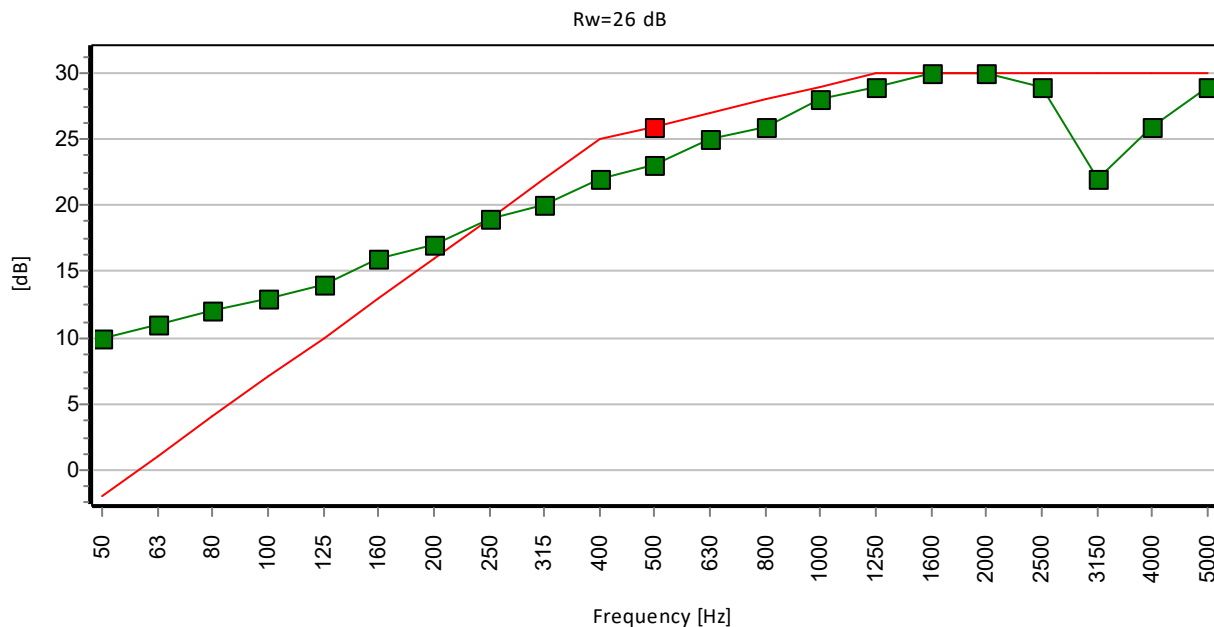
## 7 : Rw porzione controsoffitto fonoassorbente aule piano 1



Rw	C	Ctr	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz
21.0	-2.0	-3.0	17.5	16.9	12.6	13.2	12.1	13.7	16.8
250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz
17.1	18.3	19.6	21.2	22.5	22.8	20.5	12.7	17.3	25.1
2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz						
22.9	24.5	28.9	31.8						

# Spettri di isolamento acustico

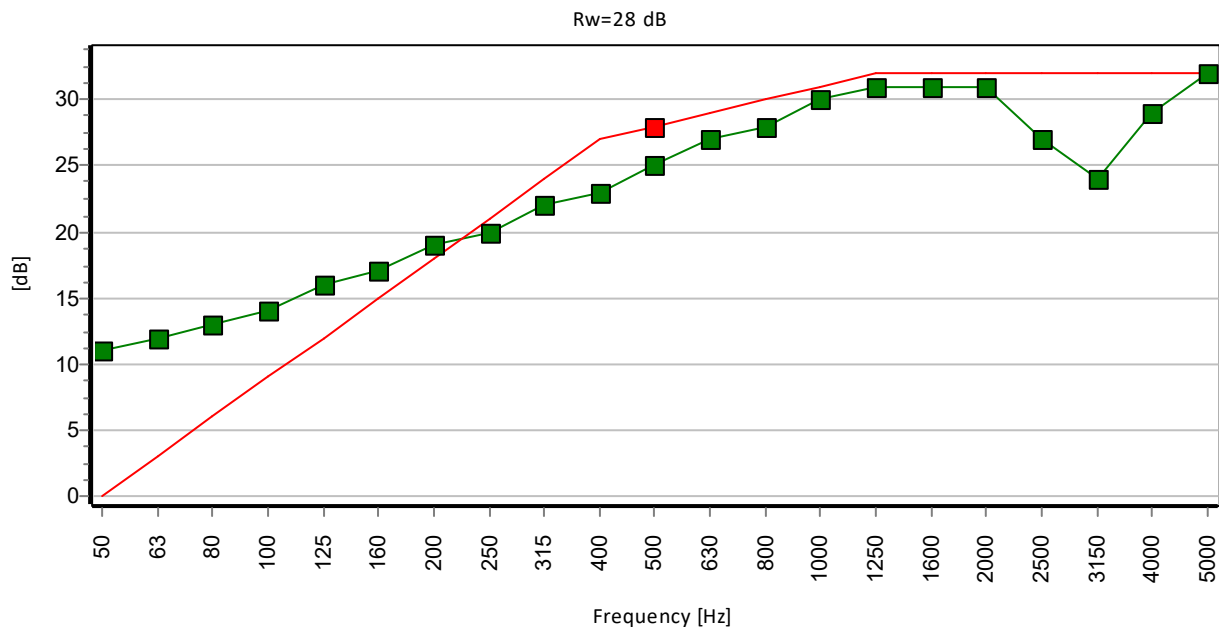
8 : Rw cartongesso semplice 640Kg/m3 sp.12.5mm



Rw	C	Ctr	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz
26.0	-1.0	-3.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	16.0	17.0
250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz
19.0	20.0	22.0	23.0	25.0	26.0	28.0	29.0	30.0	30.0
2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz						
29.0	22.0	26.0	29.0						

# Spettri di isolamento acustico

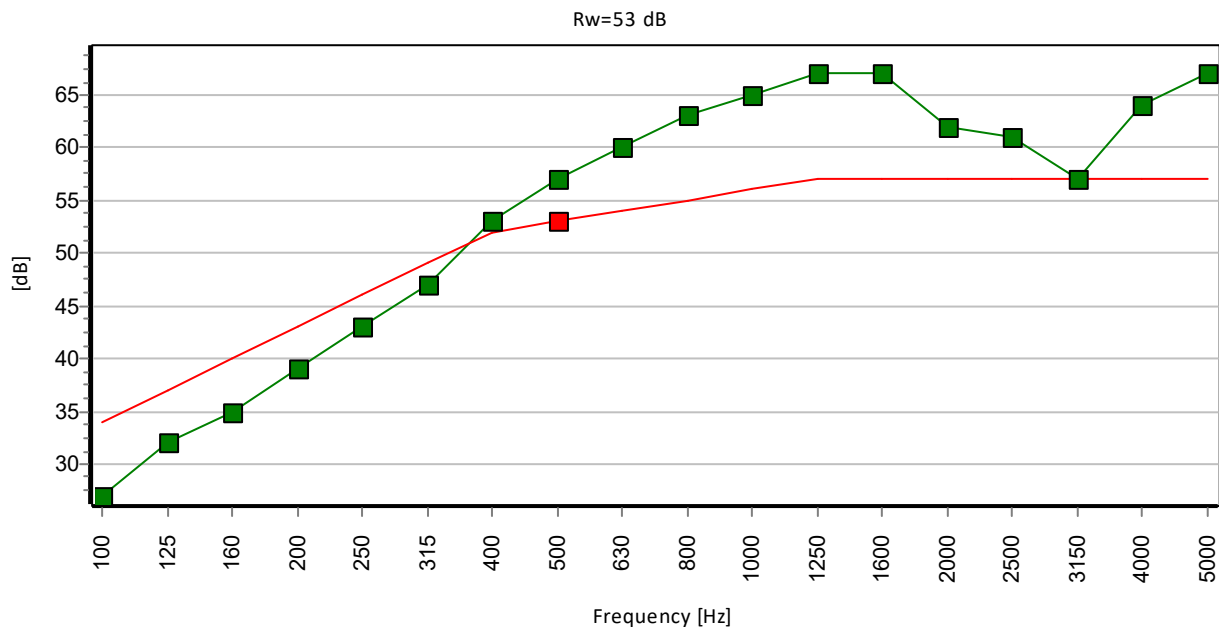
9 : Rw cartongesso semplice 930Kg/m3 sp.12.5mm



Rw	C	Ctr	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz
28.0	-2.0	-3.0	11.0	12.0	13.0	14.0	16.0	17.0	19.0
250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz
20.0	22.0	23.0	25.0	27.0	28.0	30.0	31.0	31.0	31.0
2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz						
27.0	24.0	29.0	32.0						

# Spettri di isolamento acustico

## 10 : Stima Rw stratigrafia tetto completo (da verificare in sede esecutiva)

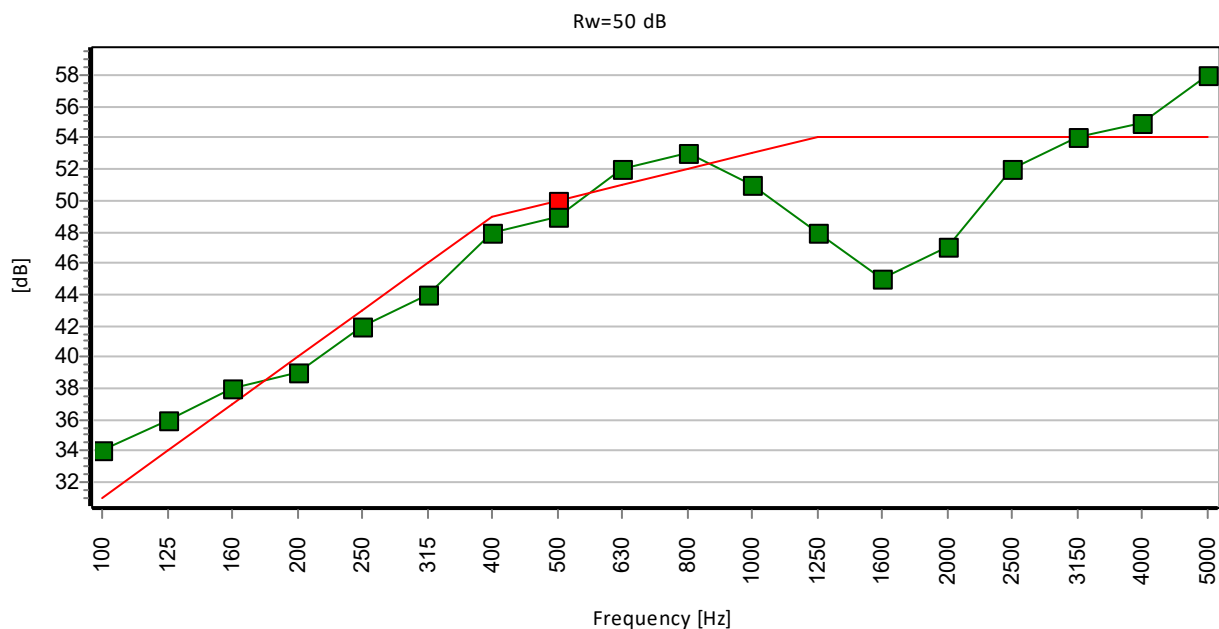


Rw	C	Ctr	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz
53.0	-2.0	-9.0	27.0	32.0	35.0	39.0	43.0	47.0	53.0
500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz
57.0	60.0	63.0	65.0	67.0	67.0	62.0	61.0	57.0	64.0
5kHz									
67.0									



# Spettri di isolamento acustico

## 11 : Stima spettro parete mobile Rw 50 di possibile utilizzo tra aule adiacenti



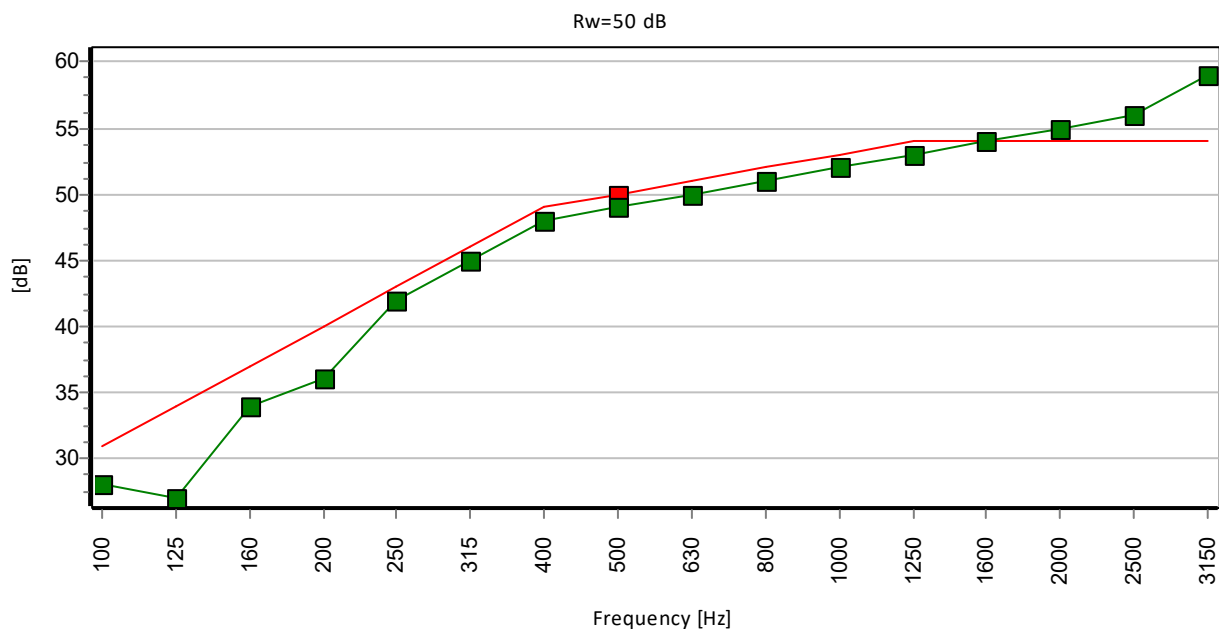
Rw	C	Ctr	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz
50.0	-2.0	-4.0	34.0	36.0	38.0	39.0	42.0	44.0	48.0
500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz
49.0	52.0	53.0	51.0	48.0	45.0	47.0	52.0	54.0	55.0
5kHz									
58.0									

### Comments

Spettro da verificare in fase esecutiva

# Spettri di isolamento acustico

## 12 : Serramento di facciata Rw=50dB

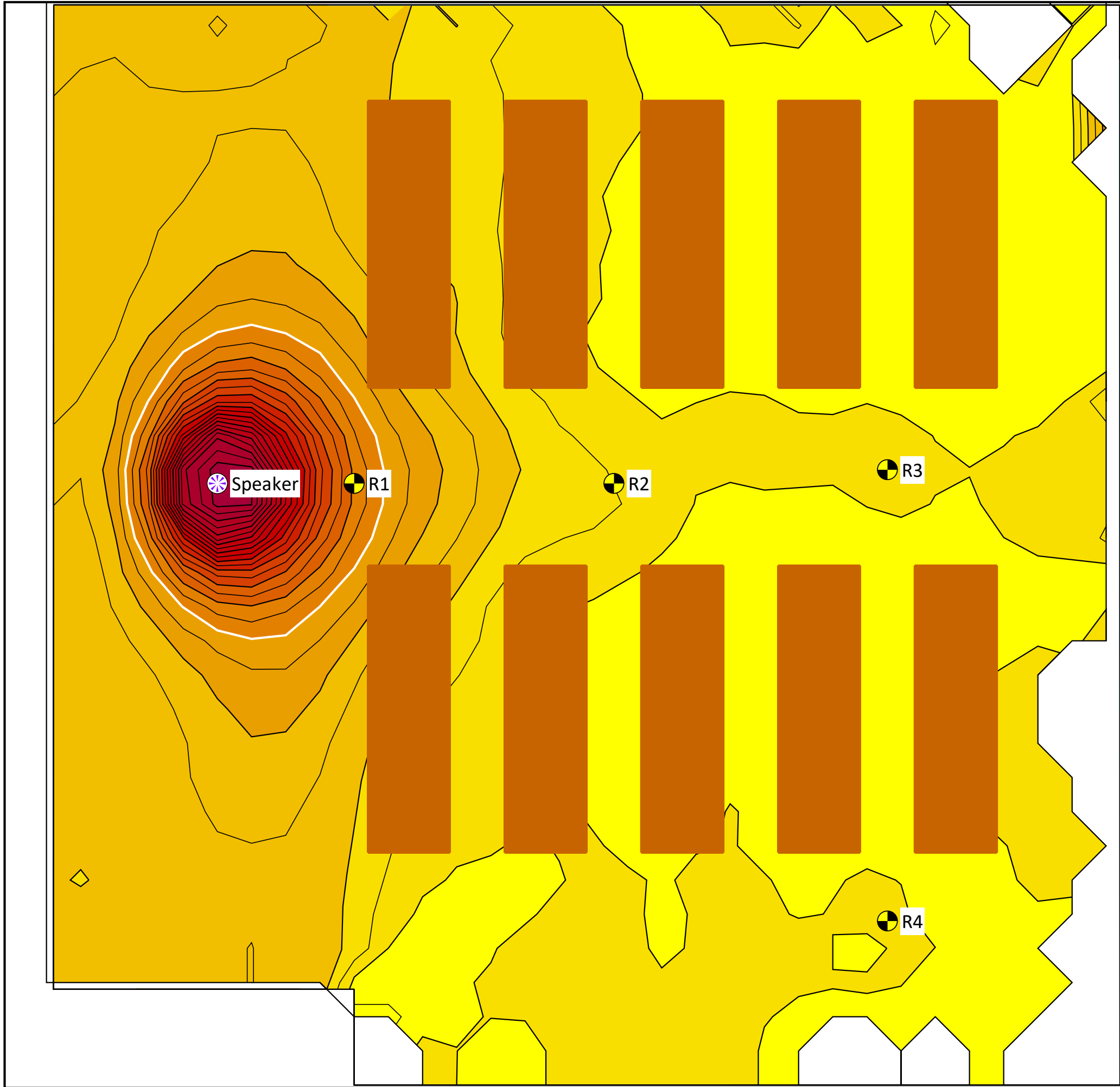


Rw	C	Ctr	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz
50.0	-2.0	-8.0	28.0	27.0	34.0	36.0	42.0	45.0	48.0
500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	
49.0	50.0	51.0	52.0	53.0	54.0	55.0	56.0	59.0	

## Assigned groups

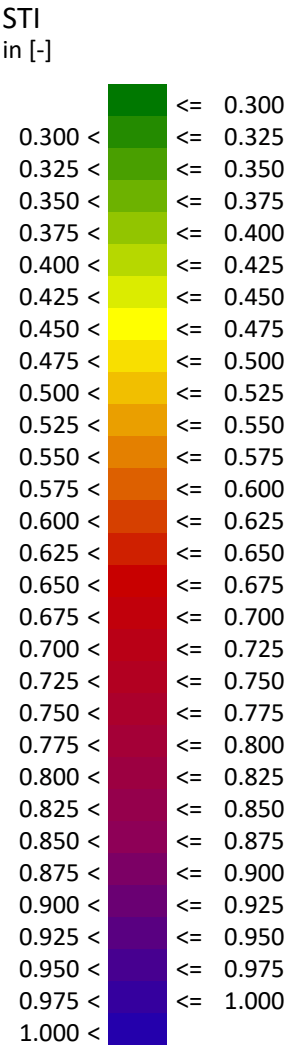
Title

*Allegato D*  
*Tavole grafiche illustrative*



Legenda

- Speaker
- Receiver



NOTA:  
STI minimo richiesto dalla norma:  
0.55 ai punti R1-R4.

La condizione è verificata solo  
all'interno della linea bianca  
attorno allo speaker.

Scale 1:30



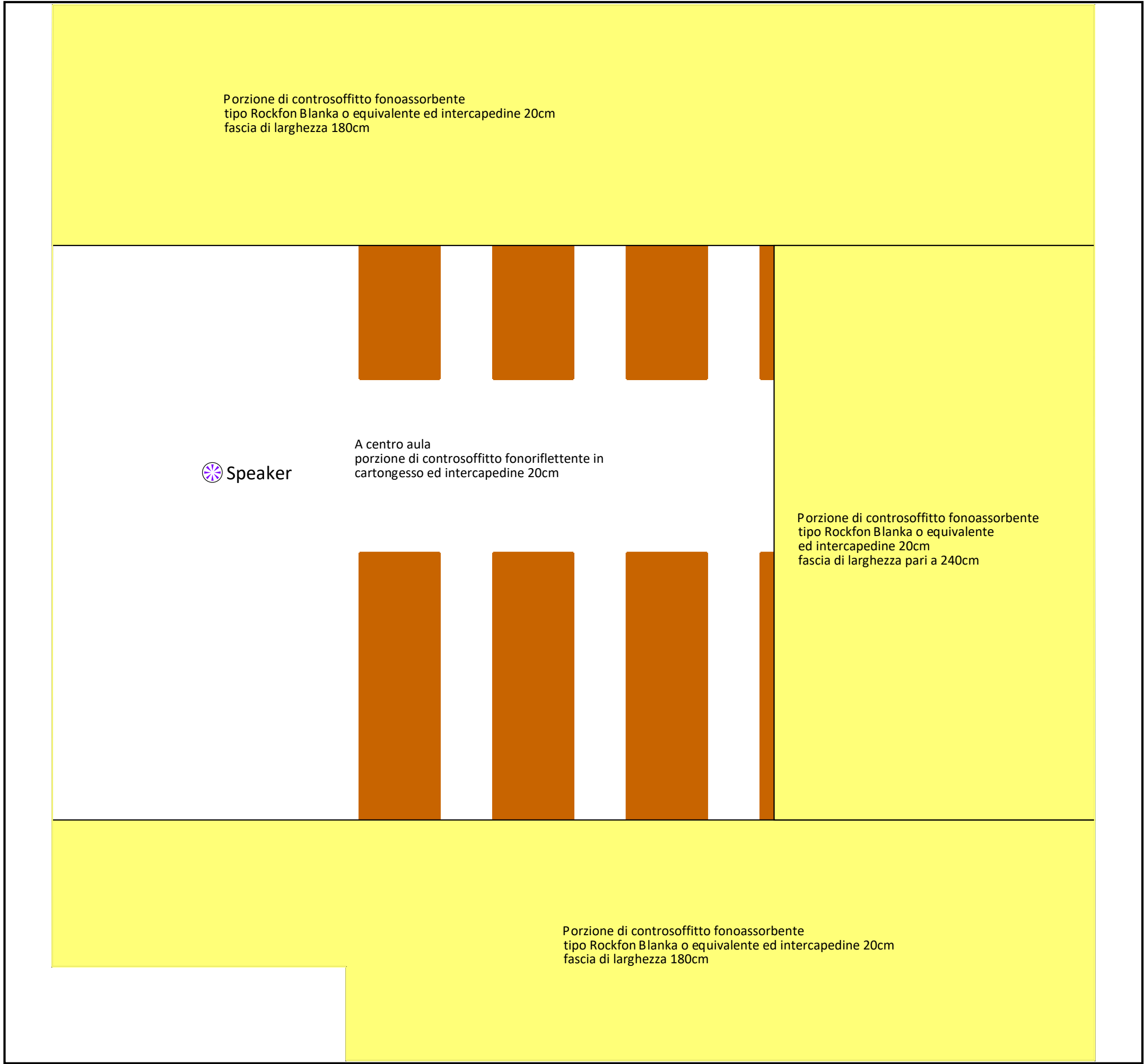
**Studio MRG**  
di Gamarra ing. Marco

via Borgaro 103 - 10149 Torino  
Tel. 011-5692863; Fax 0115692731  
www.studiomrg.it - studio@studiomrg.it

0	FEB.2021	first issue	Gamarra	Gamarra
REV	DATE	DESCRIPTION	TEC	PROJ.

AULA "TIPO"  
DISTRIBUZIONE DELLO STI (SPEECH TRANSMISSION  
INDEX) IN ASSENZA DI TRATTAMENTI ACUSTICI

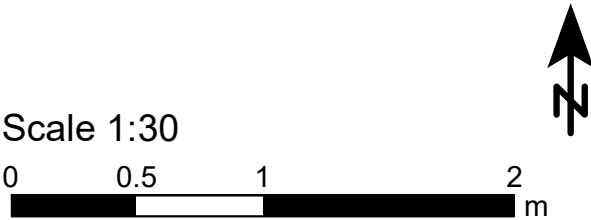
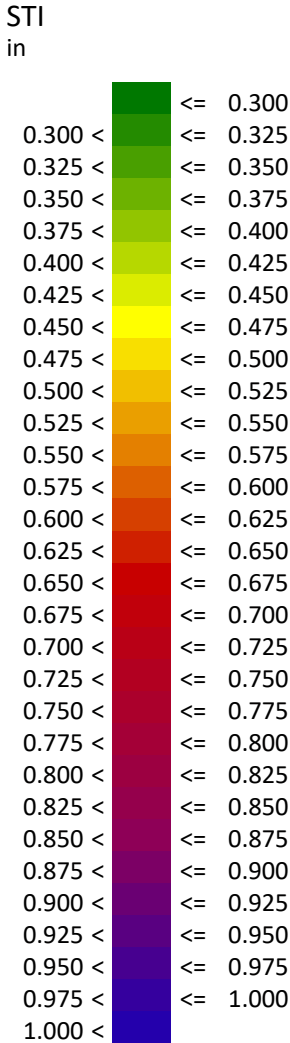
SHEET	1	COMM. No.	1497
-------	---	-----------	------



Legenda

Speaker

Receiver



Studio MRG

di Gamarra ing. Marco

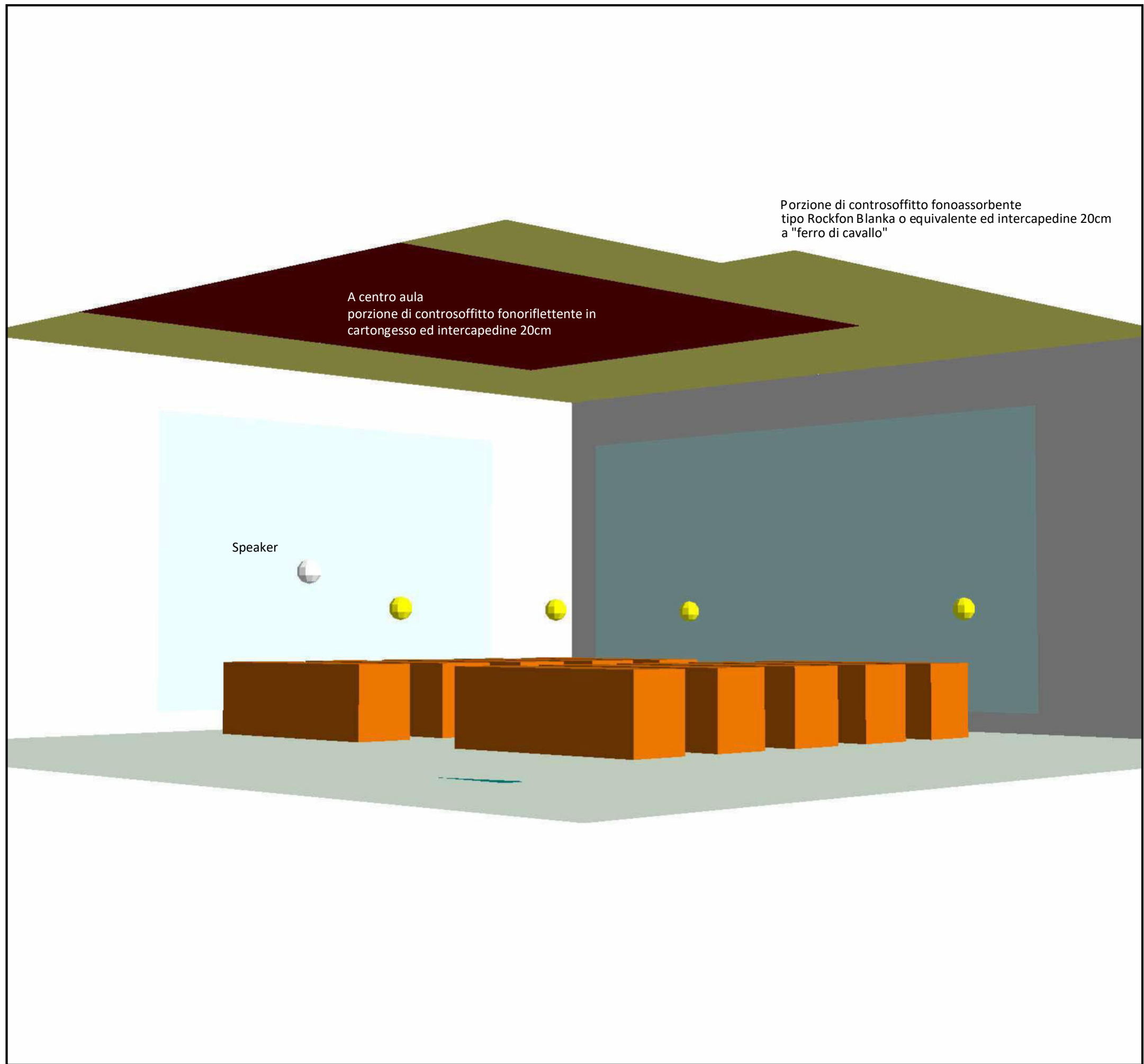
via Borgaro 103 - 10149 Torino  
Tel. 011-5692863; Fax 0115692731  
www.studiomrg.it - studio@studiomrg.it

0	FEB.2021	first issue	Gamarra	Gamarra
REV	DATE	DESCRIPTION	TEC	PROJ.

AULA "TIPO": DISTRIBUZIONE DEL TRATTAMENTO ACUSTICO A CONTROSOFFITTO CON DISPOSIZIONE A "FERRO DI CAVALLO"

SHEET	2	COMM. No.	1497
-------	---	-----------	------

This document is property of Studio MRG.  
Any unauthorised attempt to reproduce it is forbidden



Scale 1:30  
0 0.5 1 2 m

**Studio MRG**  
di Gamarra ing. Marco

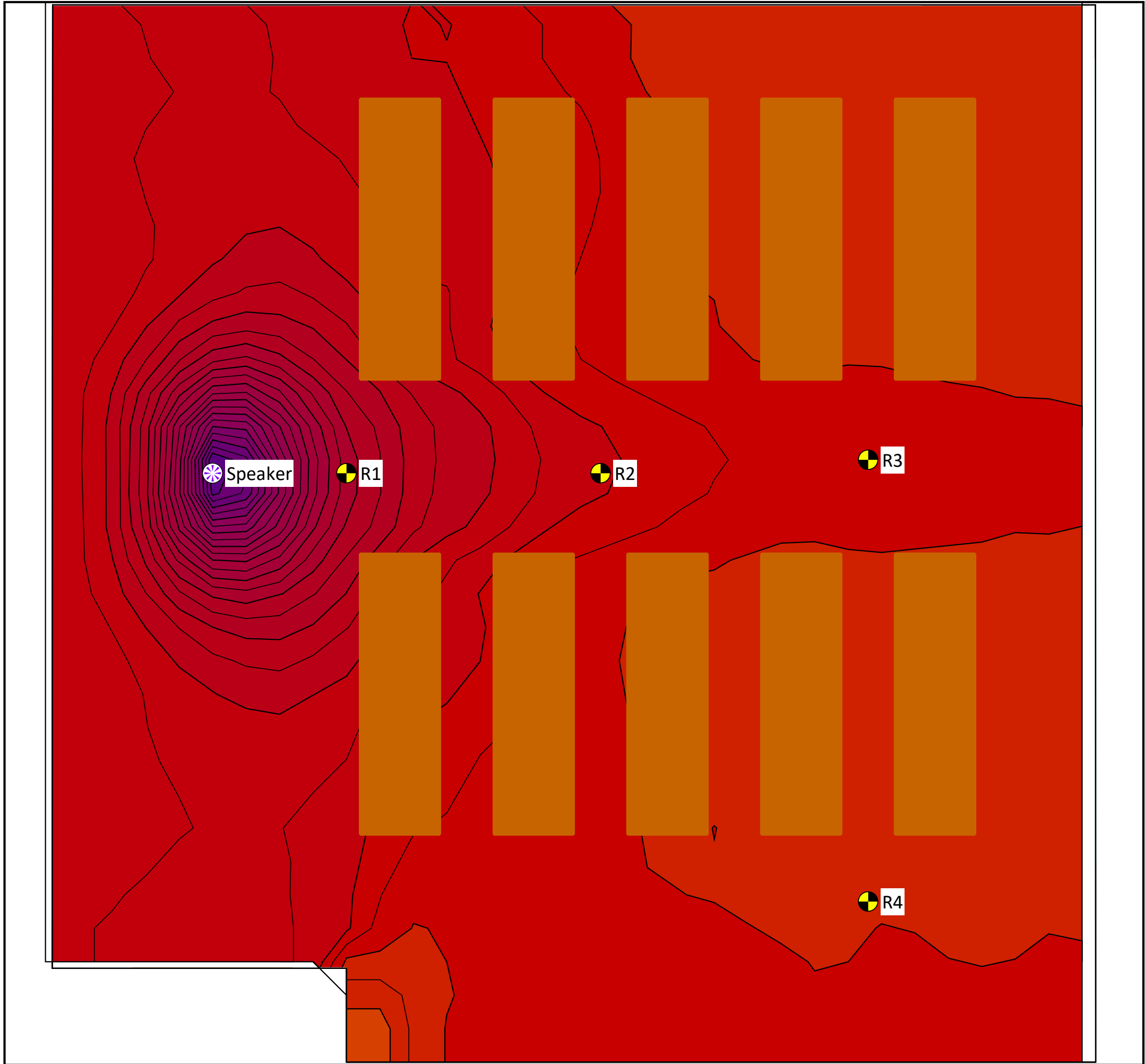
via Borgaro 103 - 10149 Torino  
Tel. 011-5692863; Fax 0115692731  
www.studiomrg.it - studio@studiomrg.it

0	FEB.2021	first issue	Gamarra	Gamarra
REV	DATE	DESCRIPTION	TEC	PROJ.

AULA "TIPO": DISTRIBUZIONE DEL  
TRATTAMENTO ACUSTICO A CONTROSOFFITTO  
CON DISPOSIZIONE A "FERRO DI CAVALLO"

SHEET	3	COMM. No.	1497
-------	---	-----------	------

This document is property of Studio MRG.  
Any unauthorised attempt to reproduce it is forbidden

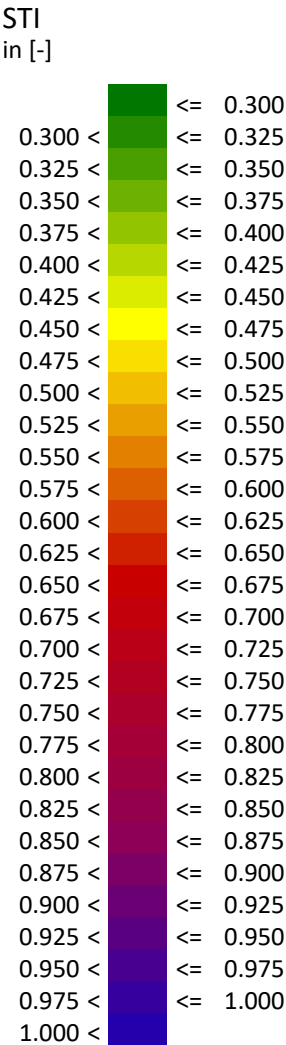


Legenda

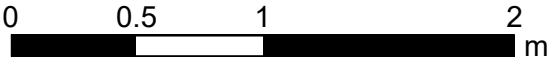
- Speaker
- Receiver

NOTA:  
STI minimo richiesto dalla norma:  
0.55 ai punti R1-R4.

La condizione è verificata in tutta  
l'aula



Scale 1:30



**Studio MRG**  
di Gamarra ing. Marco

via Borgaro 103 - 10149 Torino  
Tel. 011-5692863; Fax 0115692731  
www.studiomrg.it - studio@studiomrg.it

0	FEB.2021	first issue	Gamarra	Gamarra
REV	DATE	DESCRIPTION	TEC	PROJ.

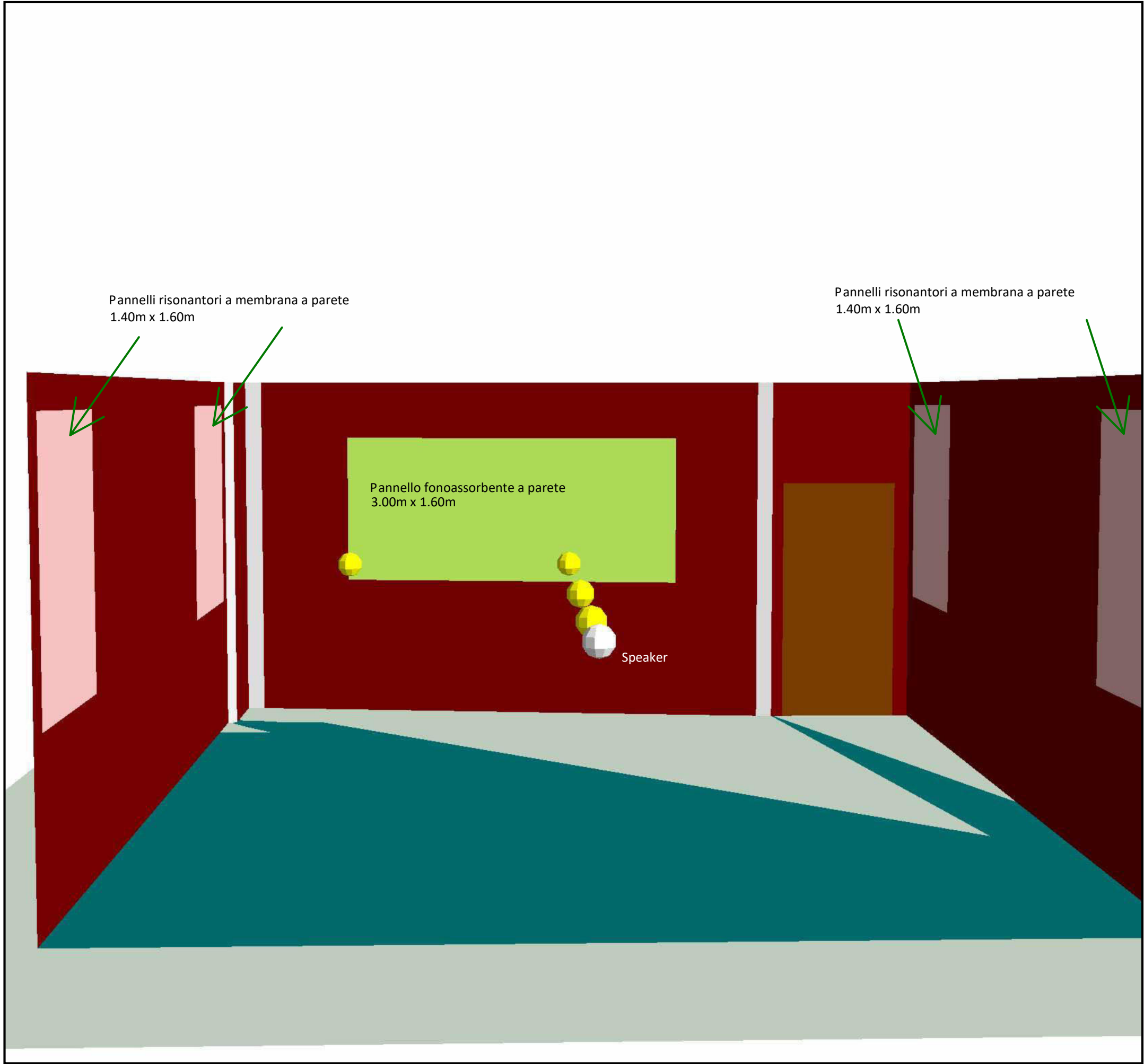
AULA "TIPO"  
DISTRIBUZIONE DELLO STI IN PRESENZA DEI  
TRATTAMENTI ACUSTICI PREVISTI

SHEET

4

COMM. No.

1497



Scale 1:30



**Studio MRG**  
di Gamarra ing. Marco

via Borgaro 103 - 10149 Torino  
Tel. 011-5692863; Fax 0115692731  
www.studiomrg.it - studio@studiomrg.it

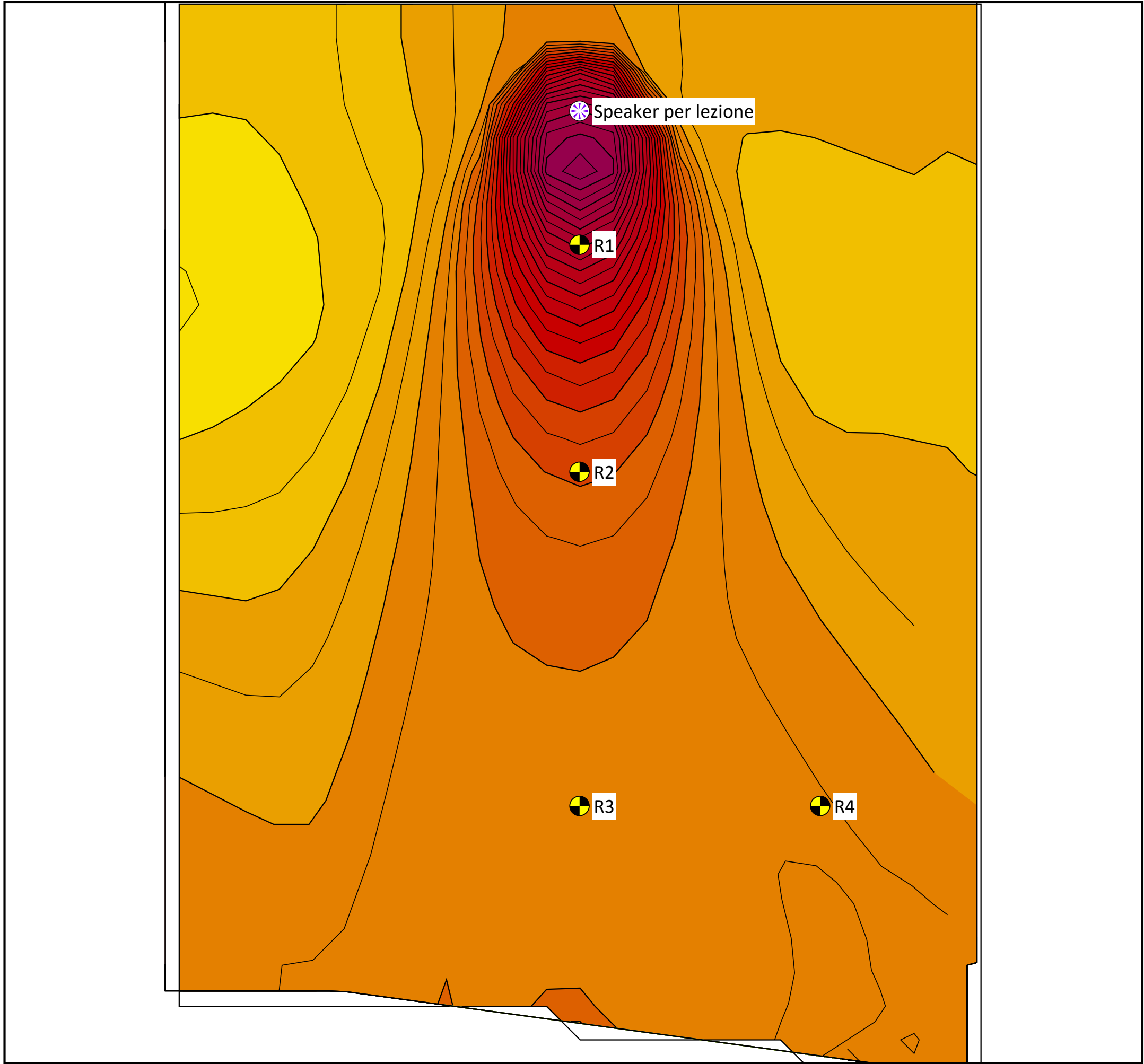
0	FEB.2021	first issue	Gamarra	Gamarra
REV	DATE	DESCRIPTION	TEC	PROJ.

AULA ATTIVITÀ MUSICALI: DISTRIBUZIONE DEL TRATTAMENTO ACUSTICO



SHEET	5	COMM. No.	1497
-------	---	-----------	------

This document is property of Studio MRG.  
Any unauthorised attempt to reproduce it is forbidden

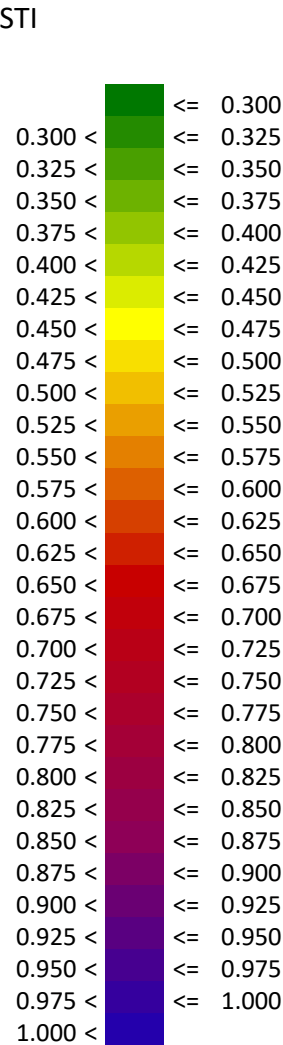




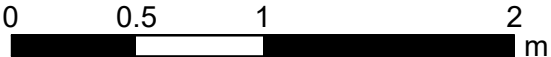
Legenda

-  Speaker
-  Receiver

NOTA:  
STI minimo richiesto dalla norma:  
0.55 ai punti R1-R4.  
Sforzo vocale normale e privo di  
amplificazione elettroacustica



Scale 1:30



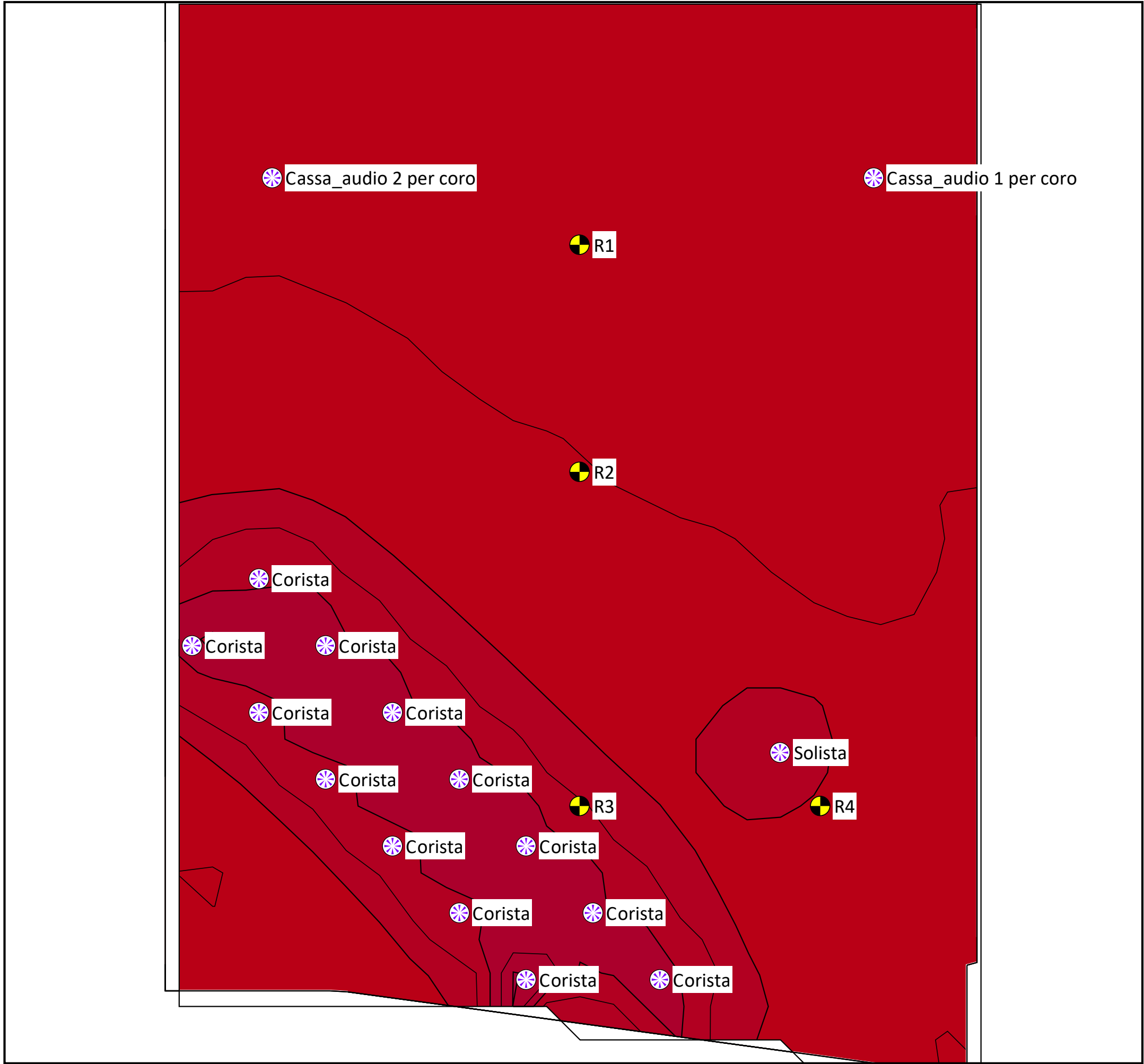
**Studio MRG**  
di Gamarra ing. Marco

via Borgaro 103 - 10149 Torino  
Tel. 011-5692863; Fax 0115692731  
www.studiomrg.it - studio@studiomrg.it



0	MAR.2021	first issue	Gamarra	Gamarra
REV	DATE	DESCRIPTION	TEC	PROJ.

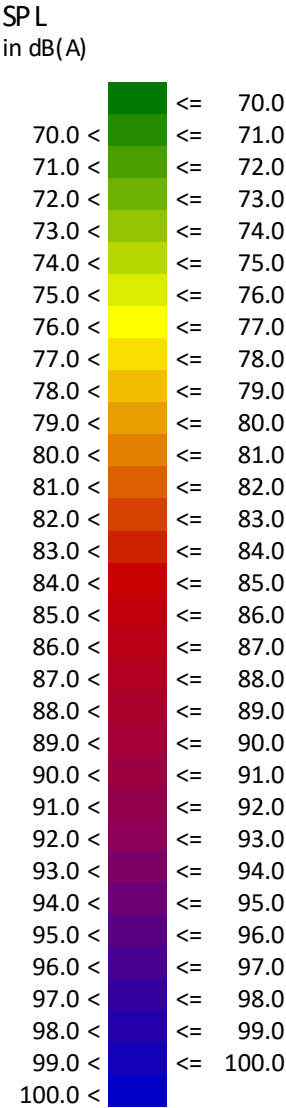
AULA ATTIVITÀ MUSICALI  
DISTRIBUZIONE DELLO STI (SPEECH TRANSMISSION  
INDEX) CON ALLESTIMENTI ACUSTICI

SHEET	6	COMM. No.	1497
-------	---	-----------	------



Legenda

-  Speaker
-  Receiver



NOTA:  
Il livello sonoro si attesta attorno  
ai 90dB(A) nell'intera aula

Scale 1:30



**Studio MRG**  
di Gamarra ing. Marco

via Borgaro 103 - 10149 Torino  
Tel. 011-5692863; Fax 0115692731  
www.studiomrg.it - studio@studiomrg.it

0	MAR.2021	first issue	Gamarra	Gamarra
REV	DATE	DESCRIPTION	TEC	PROJ.

AULA ATTIVITÀ MUSICALI  
DISTRIBUZIONE DEL LIVELLO SONORO  
CON ALLESTIMENTI ACUSTICI

SHEET

7

COMM. No.

1497

This document is property of Studio MRG.  
Any unauthorised attempt to reproduce it is forbidden