



“Spesa agevolata a valere sul PR FESR, Azione 2.1.1 DGR 1423/2023”

## INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE E MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA PALESTRA POLIFUNZIONALE DI VIA MONS. SNICHELOTTO

# PROGETTO ESECUTIVO

## RELAZIONE TECNICA ACUSTICA

ESE.DOC. 16

Il progettista  
Ing. Andrea Spanevello

Il R.U.P.  
Geom. Massimo Neffari

## INDICE

PREMESSA .....	2
ANALISI.....	2
MATERIALI UTILIZZATI PER LA REALIZZAZIONE DELLA CORREZIONE ACUSTICA.....	3
AMBIENTE OGGETTO DI INTERVENTO: Palestra.....	3
PALESTRA - <i>Ipotesi progettuale</i> .....	4
ALLEGATO 1 – Teoria.....	6
ALLEGATO 2 – Metodo di calcolo .....	7

### PREMESSA

La presente relazione ha lo scopo di stimare con modalità analitica il tempo di riverberazione presente all'interno dell'ambiente proposto dal committente, dopo aver realizzato un rivestimento con pannelli CELENIT.

### ANALISI

- Le misure e le tipologie di superfici utilizzate per il calcolo del tempo di riverbero si basano sulle indicazioni fornite dal committente.
- I coefficienti di assorbimento utilizzati nei calcoli sono stati ricavati dalla letteratura e da dati sperimentali.
- A favore di sicurezza non è stata considerata la presenza di persone o arredo all'interno del locale analizzato
- Il metodo di calcolo utilizzato è descritto nell'Allegato 2.

*I calcoli sono stati eseguiti utilizzando il software Echo 8*

## MATERIALI UTILIZZATI PER LA REALIZZAZIONE DELLA CORREZIONE ACUSTICA

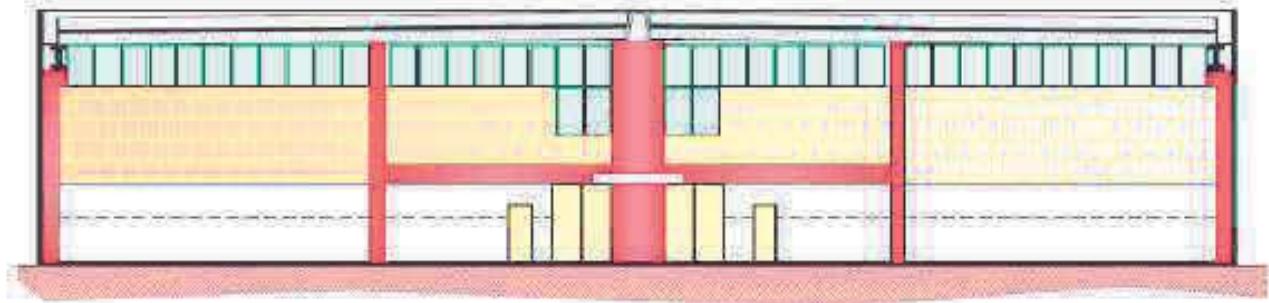
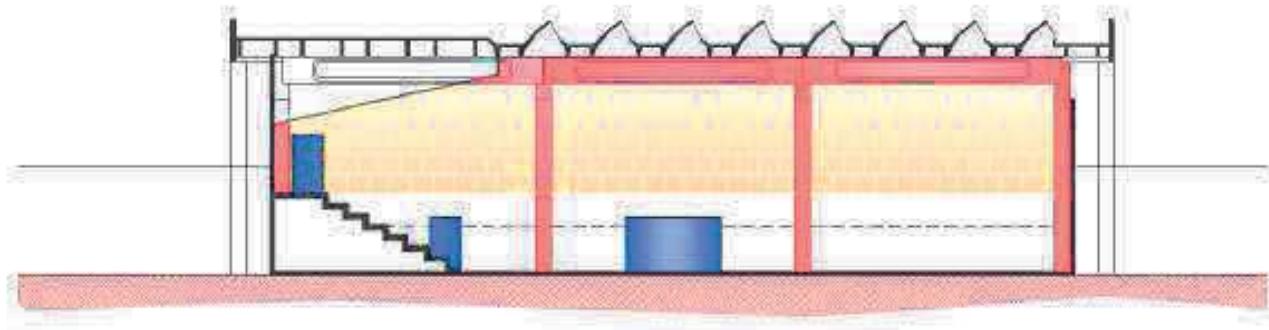


**CELENIT AB** è un pannello isolante termico ed acustico, in lana di legno sottile di abete rosso mineralizzata e legata con cemento Portland bianco. Larghezza lana di legno: 2 mm.  
Conforme alla norma UNI EN 13168 e UNI EN 13964.  
Pannelli di alta qualità per sistemi di design e assorbimento acustico.  
Certificato da ANAB-ICEA e natureplus per la eco-biocompatibilità dei materiali e del processo produttivo.  
Il legno utilizzato proviene da foreste gestite in modo sostenibile (catena di custodia PEFC™ o FSC®).

Dimensioni  
Spessore

240x60 - 200x60 - 120x60 - 60x60 cm  
15 - 25 - 35 - 50 mm

## AMBIENTE OGGETTO DI INTERVENTO: Palestra



**PALESTRA - Ipotesi progettuale**

**Applicazione di superficie fonoassorbente a soffitto con pannelli CELENIT AB, sp. 25 mm, installazione con intercapedine vuota sp. 175 mm.**

**Applicazione di superficie fonoassorbente a parete con pannelli CELENIT AB, sp. 35 mm, installazione con pannelli in lana di roccia sp. 30 mm.**

**SONO STATI CONSIDERATI I SEGUENTI DATI**

Volume di calcolo stimato	9083,13	mc
Superficie totale stimata	3995,43	mq
Superficie fonoassorbente	741,29	mq

**CALCOLO DEL TEMPO DI RIVERBERAZIONE**

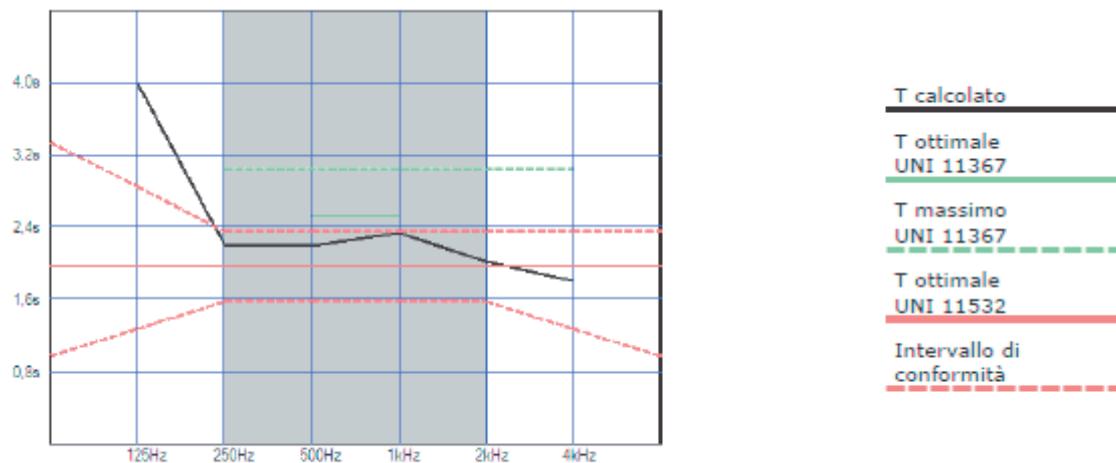
DESTINAZIONE D'USO: Attività sportive

**STRUTTURA E AREA DI ASSORBIMENTO EQUIVALENTE**

STRUTTURA MATERIALE	Sup.m <sup>2</sup>	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz
Parquet	1100,00	44,00	44,00	55,00	55,00	55,00	55,00
Soffitto intonacato	642,83	6,43	6,43	6,43	12,86	12,86	19,28
Pareti intonacate	567,88	5,68	5,68	5,68	11,36	11,36	17,04
Gradinate	451,09	4,51	4,51	4,51	9,02	9,02	13,53
Superfici in vetro	467,14	56,06	37,37	23,36	18,69	14,01	9,34
Porte in legno	25,20	3,53	2,52	2,02	2,02	2,02	2,02
<b>CELENIT AB 25 mm + int. 175 mm</b>	<b>390,53</b>	<b>136,69</b>	<b>292,90</b>	<b>214,79</b>	<b>214,79</b>	<b>312,42</b>	<b>351,48</b>
<b>CELENIT AB 35 mm + LR 30 mm</b>	<b>350,76</b>	<b>105,23</b>	<b>263,07</b>	<b>350,76</b>	<b>298,15</b>	<b>298,15</b>	<b>333,22</b>

**RISULTATI**

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
T	4,01 s	2,21 s	2,19 s	2,34 s	2,03 s	1,81 s
T ottimale (UNI 11367)				2,54 s		
T massimo (UNI 11367)				3,04 s		
T ottimale (UNI 11532)			1,97 s (valutare il range di conformità - vedi grafico)			
T ottimale sup. (UNI 11532)		2,36	2,36	2,36	2,36	
T ottimale inf. (UNI 11532)		1,58	1,58	1,58	1,58	
T medio (250 Hz - 2000 Hz)				2,19 s		



## ALLEGATO 1 – Teoria

### La riverberazione

Quando una sorgente di rumore attiva in un locale viene spenta, il livello di pressione sonora presente all'interno della stanza non si annulla istantaneamente.

Questo fenomeno è causato dal fatto che le superfici delimitanti l'ambiente, riflettendo parzialmente le onde sonore ancora presenti nella stanza, generano una "coda sonora".

Tale fenomeno è noto con il nome di riverberazione.

La capacità di una sala di risultare più o meno riverberante dipende principalmente dalle sue dimensioni (e quindi dal suo volume) e dalla capacità delle superfici delimitanti di assorbire o meno i suoni.

Visto che le superfici assorbono i suoni alle varie frequenze in maniera differente, i locali possono risultare molto riverberanti a certe frequenze e poco ad altre.

### Tempo di riverberazione ( $T_{60}$ )

Per quantificare la capacità di riverberare di un locale è stata definita la grandezza tempo di riverberazione ( $T_{60}$ ).

In termini analitici per  $T_{60}$  si intende il tempo necessario affinché, dopo aver spento la sorgente di rumore, il livello di pressione sonora all'interno di una stanza diminuisca di 60 dB.

Ciò significa una perdita di livello di potenza sonora, o di intensità, pari a 1.000.000 di volte.

In termini approssimati, quindi, il tempo di riverberazione può essere definito come quel tempo, a partire dall'istante di spegnimento della sorgente sonora, necessario perché il suono divenga impercettibile.

Il tempo di riverberazione di un locale varia in base alla frequenza considerata, a causa della differente capacità delle superfici delimitanti il locale di assorbire o riflettere i suoni.

### Tempo di riverberazione ottimale ( $T_{60\ ott}$ )

Il tempo di riverberazione è quindi un parametro che consente di definire la qualità acustica di una sala.

Locali con  $T_{60}$  molto lunghi ( $>1,5$  sec) risulteranno "molto riverberanti" mentre locali con  $T_{60}$  ridotto ( $<0,3$  sec) risulteranno "sordi".

Il tempo di riverberazione ottimale per un locale definisce il  $T_{60}$  che teoricamente sarebbe opportuno avere nella sala analizzata. Esso dipende quindi dalla destinazione d'uso e dal volume della stessa. Ad esempio locali troppo riverberanti non sono adatti per l'ascolto del parlato, in quanto la coda sonora non permette di distinguere chiaramente le sillabe che compongono le parole, ma potrebbero risultare adeguati per l'ascolto di determinati tipi di musica.

## ALLEGATO 2 – Metodo di calcolo

### Metodo di calcolo del tempo di riverberazione di un locale

Il tempo di riverberazione caratteristico di un determinato locale può essere calcolato con la formula di Sabine:

$$T_{60} = \frac{0,16 \cdot V}{A}$$

dove:

$V$  = volume del locale [ $m^3$ ]

$A$  = area di assorbimento equivalente totale dell'ambiente [ $m^2$ ]

Il parametro  $A$ , caratterizzante la capacità dell'ambiente di assorbire le onde sonore, dipende dalle superfici considerate e dagli elementi (umani o di arredo) presenti nel locale.

$$A = \sum_{i=1}^k S_i \cdot \alpha_i + \sum_{j=1}^m n_j \cdot A_j$$

dove:

$S_i$  è la superficie  $i$ -esima [ $m^2$ ]

$\alpha_i$  è il coefficiente di assorbimento della superficie  $i$ -esima;

$n_j$  è il numero di elementi del  $j$ -esimo tipo;

$A_j$  è l'assorbimento totale di un elemento del  $j$ -esimo tipo.

I coefficienti di assorbimento variano in base alla frequenza considerata.

### Metodo di calcolo del $T_{60}$ ottimale di un locale

Per il calcolo del tempo di riverberazione ottimale, il quale risulta essere comunque una caratteristica estremamente soggettiva, sono stati proposti vari algoritmi.

Di seguito si riporta un possibile metodo di calcolo.

Viene definito il  $T_{60}$  ottimale alla frequenza di 1000 Hz con la formula:

$$T_{60\text{ott}1000\text{Hz}} = k \sqrt[9]{V}$$

dove:

$k$  coefficiente correttivo

$V$  volume del locale [ $m^3$ ]

Il coefficiente "k" varia in base alla destinazione d'uso del locale:

Per locali destinati a conferenze (parlato)  $k = 0,30$

Per locali destinati a cinema  $k = 0,40$

Per locali destinati a rappresentazioni teatrali  $k = 0,50$

Per locali destinati all'ascolto di musica (classica)  $k = 0,55$

Si ricava il valore di  $T_{60}$  ottimale alle varie frequenze moltiplicando il valore a 1000 Hz con i seguenti coefficienti di proporzionalità.

125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
1,75	1,30	1,10	1,00	1,05	1,10

Considerato il fatto che l'adeguatezza del tempo di riverbero è una caratteristica molto soggettiva, i valori calcolati per il tempo di riverbero ottimale andranno utilizzati con le dovute cautele.