



COMUNITA' ECONOMICA
EUROPEA



REGIONE SICILIA

INTERVENTO

**Livello di
progettazione**

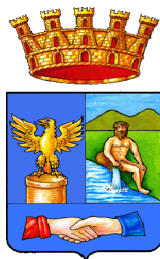
ELABORATO
N°A01a

COLLABORATORI

Validazioni

Date

CITTA' DI BARCELLONA POZZO DI GOTTO PROVINCIA DI MESSINA



SETTORE VI°

*P.O.N. FESR 2007/2013-OBIETTIVO C "AMBIENTI PER L'APPRENDIMENTO"
ASSE II "QUALITA' DEGLI AMBIENTI SCOLASTICI.
ISTITUTO COMPRENSIVO UGO FOSCOLO
LAVORI PRESSO ISTITUTO PIAZZA S. ANTONINO DEL COMUNE DI
BARCELLONA P.G.*

PROGETTO ESECUTIVO

(ART33 DPR 207/2010)

RELAZIONE SPECIALISTICA (isolamento acustico palestra)

Rev .	0.0	del	Rapp:
-------	------------	-----	-------

Progetto Redatto

Arch. Salvatore FAZIO

Geom. Giuseppe Bonomo

Geom.Caliri Antonino-Sig.Lo Presti Carmelo-Sig.OfriaSalvatore-SigPerrone Domenico-Geom. Sebastiano Puliafito

**Il Responsabile unico del
procedimento**

visti ed autorizzazioni:

A01a

SETTORE VI°

Per ridurre la rumorosità nella palestra è necessario diminuire il riverbero acustico, a sua volta favorito dall'eccessiva presenza di superfici acusticamente riflettenti. In linea di principio è solitamente necessario ricoprire le pareti con materiale fonoassorbente (quali tendaggi o pannelli) e montare un controsoffitto anche questo fonoassorbente.

La scelta della tipologia di materiale fonoassorbente e della relativa superficie che deve ricoprire è il risultato della misura del cosiddetto tempo di riverberazione T60 descritta dettagliatamente nel paragrafo successivo.

In linea generale ad ambienti fortemente riverberanti, come in questo caso, corrispondono valori del tempo di riverberazione elevati superiori a 2 secondi.

Calcolando il tempo di riverberazione nelle condizioni attuali T60a e confrontandolo con il tempo di riverberazione ottimale T60ott, si determina di quanto quello attuale debba essere diminuito per portarlo ai valori di quello ottimale. La diminuzione del tempo di riverberazione si ottiene aggiungendo alla sala la corretta quantità di materiale fonoassorbente.

Il parametro di riferimento è il tempo di riverberazione di Sabine (T60) a 1000 Hz:

$$T_r = (0,16 \cdot V) / \text{tot. U.A}$$

V è il volume sala

U.A. è la sommatoria delle unità assorbenti

I valori ottimali sono stati individuati in funzione di destinazione d'uso e volume dei singoli ambienti secondo il diagramma di Knudsen, Cremer, Beranek.

Il dimensionamento dei materiali per la correzione acustica è stato effettuato considerando sempre un affollamento pari alla metà della capienza della palestra, e con i materiali di finitura di base ipotizzati nel progetto architettonico.

I materiali ipotizzati sono i seguenti:

- pannelli di lana di legno sottile di abete di spessore 25 mm., mineralizzata ecobiocompatibile;

I materiali sono stati scelti per le loro caratteristiche in relazione ai coefficienti di assorbimento acustico, alla robustezza e compattezza, l'indeformabilità al variare

dell'umidità, la durata.

Questi aspetti assumono un'importanza rilevante per impieghi in luoghi molto affollati e poco presidiati quali sono le strutture per la didattica. Essi costituiscono un riferimento di massima che andrà riverificato in fase di progetto esecutivo in relazione al maggiore dettaglio su materiali, finiture ed arredi.

In virtù delle differenze di finitura esterna, vengono proposti due diversi modi di impiego dei materiali, nelle diverse strutture:

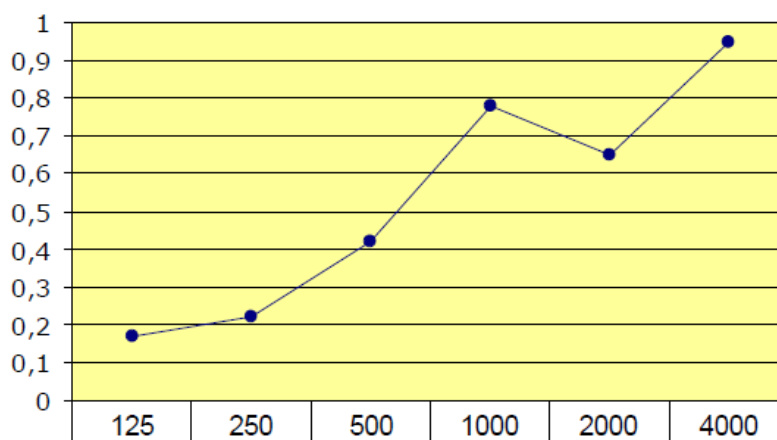
- utilizzo di un unico materiale a vantaggio dell'omogeneità percettive dell'ambiente in questione;
- utilizzo combinato di due sistemi con l'obiettivo di ottimizzare il rapporto costi/benefici: i pannelli di lana di legno sono stati proposti per il soffitto con sistema sospeso, e per le superfici verticali con sistema a controparete.

Di seguito vengono riportate le schede dei materiali proposti, alcuni esempi di applicazione negli ambienti tipo, i calcoli del T60 (tempo di riverberazione) in ogni ambiente e un prospetto dettagliato dei costi divisi per tipologia di ambiente.

SCHEDE TECNICHE MATERIALI PROPOSTI

Scheda n.1			
Apparecchio	Marca	Celenit	
	Modello	Celenit Ab – Ecobiocompatibile sp 25 mm	
Descrizione	Pannello costituito da lana di legno sottile di abete, mineralizzata e legata con cemento Portland bianco ad alta resistenza. Prodotto selezionato e stabilizzato dall'aspetto pregevole. I pannelli CELENIT si possono classificare come naturali assorbitori acustici. Essi dissipano l'energia sonora attraverso la loro struttura alveolare con uno smorzamento progressivo dell'energia che viene trasformata in calore. Presentano un buon grado di fonoassorbimento in particolare alle frequenze più alte (toni acuti) che sono quelle più comuni.		
Dimensione	sp 25 mm	Reazione al fuoco	classe I
Installazione	Posa in opera dei pannelli in aderenza sul piano di fissaggio (pareti), che deve essere piano e possedere sufficiente capacità portante. L'applicazione viene fatta sia all'interno che all'esterno utilizzando 8 tasselli per mq che penetrano nel supporto per 50 mm con tasselli in plastica. All'interno, se i pannelli rimangono a vista, può essere ridotto il numero di fissaggi.		
Note	Materiale di riferimento, scelto per le caratteristiche formali, assorbenti, dimensionali: marca e modello non costituiscono un vincolo per l'appalto. Qualsiasi prodotto alternativo dovrà essere concordato con la DL.		

coefficienti di assorbimento



coefficienti di assorbimento	0,17	0,22	0,42	0,78	0,65	0,95
------------------------------	------	------	------	------	------	------

—●— coefficienti di assorbimento



Calcolo del tempo di riverberazione

Il fenomeno della riverberazione si manifesta tutte le volte che una sorgente qualsiasi emette onde sonore all'interno di un ambiente chiuso, dando luogo ad una serie di riflessioni sulle pareti di confine del locale. Ad ogni riflessione, parte dell'energia sonora incidente viene assorbita, in funzione della natura del materiale che riveste le pareti, il quale può essere caratterizzato, dal punto di vista acustico, dal coefficiente di assorbimento α , definito come il rapporto tra la potenza acustica assorbita e la potenza acustica incidente. Il coefficiente α è quindi teoricamente sempre compreso tra 0 (materiale per nulla assorbente) e 1 (materiale perfettamente assorbente). Esso varia inoltre al variare della frequenza del suono, quindi a rigore è definito non da un unico numero ma da una serie di valori in corrispondenza di ciascuna frequenza considerata. Mediando su tutte le frequenze è possibile ottenere un valore medio del coefficiente di assorbimento che può essere utile per un primo confronto di massima di due differenti materiali.

Come regola empirica si può dire che materiali duri e compatti presentano un α medio più basso, mentre materiali morbidi e porosi presentano un coefficiente più elevato. La parte di energia non assorbita dal materiale viene per lo più riflessa, andando a generare il fenomeno della riverberazione e quindi ad incrementare la quantità di energia sonora circolante rispetto alla sola onda diretta sorgente-ricevitore: il livello di pressione sonora all'interno dell'ambiente di conseguenza aumenta, tanto più quanto sono meno assorbenti le pareti di confine.

Si definisce tempo di riverberazione di un ambiente T60 il tempo che intercorre tra lo spegnimento della sorgente e l'istante in cui il livello sonoro si riduce di 60 dB rispetto al valore iniziale con la sorgente accesa.

Un tempo di riverberazione eccessivo, all'interno di un locale in cui sono presenti numerose persone, provoca inevitabilmente un aumento considerevole del livello di rumore generato dalla conversazione. Infatti, la presenza di un'eccessiva riverberazione provoca una sovrapposizione delle parole, rendendo difficile la comprensione da parte dell'ascoltatore e costringendo chi parla ad alzare la voce, generando un effetto a catena che conduce a conversare a voce molto alta generando livelli di rumore elevati.

Per procedere al calcolo del tempo di riverberazione, sono state computate le superfici corrispondenti ai diversi materiali di rivestimento, il numero e la tipologia di elementi d'arredo, ed è stato associato ad ogni materiale ed elemento un coefficiente di assorbimento acustico per ciascuna banda di ottava da 125 a 4000 Hz.

I coefficienti di assorbimento dei materiali e degli arredi sono stati assunti da letteratura.

A partire dalla determinazione delle aree di assorbimento equivalente, è stato calcolato il tempo di riverberazione riferito allo stato di fatto in condizioni di aula arredata e non occupata tramite la formula di Sabine. Tutti i dati sono stati inseriti in un modello di calcolo su foglio elettronico.

Inquadramento normativo

Le recenti ricerche nel campo dell'acustica degli ambienti scolastici hanno dato luogo alla redazione e/o alla revisione di una serie di raccomandazioni, linee guida, norme tecniche, direttive e leggi che ne recepiscono i risultati.

Nella tabella seguente sono elencate le principali norme a livello Nazionale e Internazionale:

N	NAZIONE	TITOLO	ANNO
1	OMS, Ufficio Regionale per l'Europa	Noise in schools	2001
2	Stati Uniti	ANSI S12.60, Acoustical performance criteria, design requirements, and guidelines for schools	2002
3	Regno Unito	Building Bulletin 93, Acoustic design of schools, a design guide	2003
4	Svezia	Swedish Standard SS 02 52 68, "Acoustics – sound classification of spaces in buildings – Institutional (healthcare) premises, rooms for education, day centres and after school centres, rooms for office work and hotels"	2002
5	Francia	Decreto 25. 04. 2003	2003
6	Svizzera	Società Svizzera per l'Acustica SGA-SSA – Direttive per l'acustica di aule scolastiche ed altri ambienti per il parlato, si basano sulla norma tedesca DIN 18041 "Udibilità in spazi piccoli e di media grandezza	2004

ITALIA		
7	<u>Circolare 3150 del 22/05/67</u> "Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici"	1967
8	<u>DM 18/12/75</u> "Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nell'esecuzione di un'opera di edilizia scolastica "	1975
9	<u>DM 13/9/77</u> "Modificazione alle norme tecniche relative alla costruzione degli edifici scolastici"	1977
10	<u>DPCM 5/12/97</u> "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici"	1997

Nei diversi documenti normativi, i requisiti possono essere suddivisi in requisiti del sistema ambientale e tecnologico, riferiti cioè all'ambiente nel suo complesso o ad una determinata unità tecnologica.

Per il sistema ambientale i parametri di riferimento sono:

- il livello di pressione sonora del rumore di fondo;
- il tempo di riverberazione.

Il decreto italiano, a differenza degli altri paesi, pone limiti alla sola rumorosità degli impianti stabilendo però valori minimi di isolamento acustico di facciata.

Il tempo di riverberazione è variabile in frequenza ed i valori limite riportati sui documenti normativi sono relativi, a seconda dei casi, a particolari frequenze di banda di ottava o a valori ottenuti dalla media dei tempi di riverberazione su alcune frequenze.

In quasi tutti i documenti normativi si fa riferimento ad ambienti arredati e non occupati.

La circolare 3150/67, nel nostro specifico, prevede i seguenti limiti per i tempi di riverbero:

- 1.2 secondi per aule ad aula arredata con presenza massima di n. 2 persone;
- 2.2 secondi per le palestre (qualora non debbano essere utilizzate come auditorio);
- Non esiste prescrizione per i locali mensa.

La proposta progettuale.

I risultati del tempo di riverbero ottenuti tramite calcolo su foglio elettronico presentano dei valori del tempo di riverbero insufficienti, se rapportati alla tipologia e alle dimensioni della palestra, nonché alle sue condizioni di occupazione.

Più che correzione, quindi, si vuol proporre un'ipotesi di miglioramento delle qualità acustiche della palestra, alla luce anche di un nuovo intervento architettonico e dell'utilizzo della stessa anche con funzione di auditorium.

Pertanto la proposta progettuale prevede:

- il posizionamento di elementi fonoassorbenti, baffles (o pannelli sospesi), disposti in file ad una quota di circa 4,50 m;
- la realizzazione di contropareti fonoassorbenti, ad orditura metallica nascosta, in pannelli tipo Celenit AB, di lana di legno sulle pareti della palestra fino ad una altezza di m. 2,40 e 4,80.

Tale spazio polivalente sarà utilizzato alternativamente per attività ricreative, sportive, musicali e ginniche nonché per eventuali rappresentazioni teatrali (con presenza anche dei genitori); pertanto questo sarà un luogo nel quale si potranno concentrare, più o meno contemporaneamente, un notevole numero di sorgenti sonore.

DETERMINAZIONE TEMPO DI RIVERBERO

Tempo di riverberazione (palestra non trattata)

$$RT60 = 0,161 \cdot V/A$$

Volume dell'ambiente = 1757,32 m³

Descrizione superficie	Sup. m ²	Coefficiente di assorbimento (α)					
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
Persona in piedi	0	0,17	0,24	0,26	0,29	0,33	0,33
Parete intonacata	463,49	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05
Pavimento in linoleum	312,42	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
Soffitto intonacato	335,99	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05
Porte	11,75	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Finestre in vetro-alluminio	89,26	0,35	0,25	0,20	0,10	0,05	0,05
Fattore di assorbimento totale		45,60	56,31	54,97	42,52	49,17	57,17

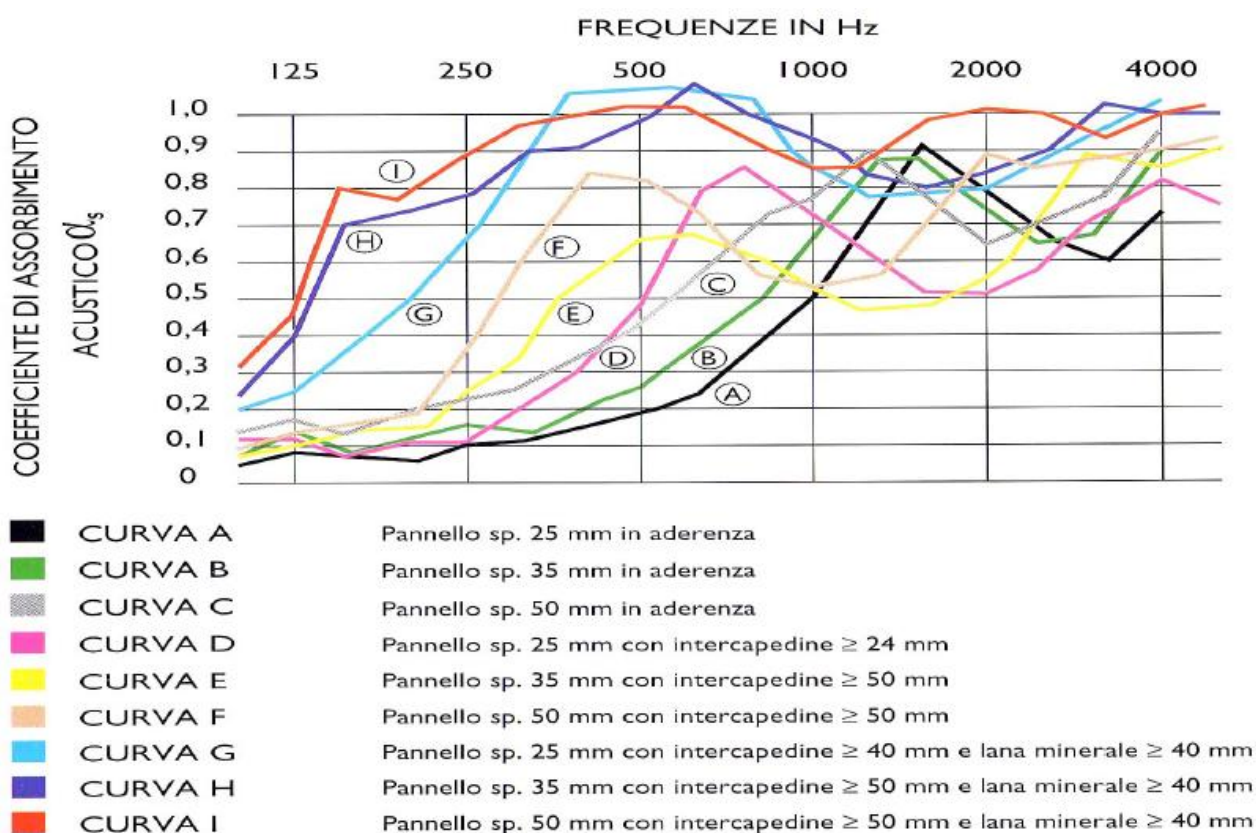
1212,90

Frequenze centrali in bande di ottava (Hz)

Tempi di riverberazione (Sabine) T₆₀

125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
6,20	5,02	5,15	6,65	5,75	4,95

Ai fini del calcolo della superficie equivalente a valle dell'intervento si sono presi in considerazione i seguenti dati caratteristici:



Coefficienti di assorbimento acustico α_s e valori medi α_m nell'intervallo 125-4000 Hz

CURVA		Frequenza (Hz)						α_m
		125	250	500	1000	2000	4000	
A	α_s	0,08	0,11	0,18	0,50	0,80	0,72	0,40
B	α_s	0,13	0,15	0,25	0,65	0,74	0,90	0,47
C	α_s	0,17	0,22	0,42	0,78	0,65	0,95	0,53
D	α_s	0,12	0,11	0,48	0,72	0,51	0,82	0,46
E	α_s	0,10	0,25	0,67	0,55	0,56	0,86	0,50
F	α_s	0,13	0,39	0,82	0,53	0,89	0,90	0,61
G	α_s	0,25	0,67	1,08	0,86	0,81	1,04	0,79
H	α_s	0,40	0,78	0,98	0,93	0,84	1,00	0,82
I	α_s	0,45	0,89	1,02	0,86	1,01	1,00	0,87

Il materiale di riferimento è individuato dalla curva D ed è il pannello tipo Celenit AB dello spessore di 25 mm. collocato con intercapedine ≥ 24 mm.

Ipotizzando un tempo di riverbero ottimale (in previsione di un utilizzo come auditorium) non superiore ad 1 s.:

Tempo ottimale (T_{60ott})	1,00
Assorbimento acustico ottimale 1KHz ($0,161 * V/T_{60ott}$)	282,93
Assorbimento ambiente non trattato 1KHz	42,52
Assorbimenti acustico integrativo 1KHz	240,41
Coefficiente di assorbimento del materiale proposto	0,72
Superficie del materiale integrativo	333,40

Ne consegue che la superficie equivalente, dopo l'intervento, non dovrà essere inferiore a 333.90 mq.

Tempo di riverberazione (palestra non trattata)

$$RT60 = 0,161 * V/A$$

Volume dell'ambiente = 1757,32 m³

Descrizione superficie	Sup. m ²	Coefficiente di assorbimento (α)					
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz

Persona in piedi	0	0,17	0,24	0,26	0,29	0,33	0,33
Parete intonacata	463,49	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05
Pavimento in linoleum	312,42	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
Soffitto intonacato	335,99	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05
Porte	11,75	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Finestre in vetro-alluminio	89,26	0,35	0,25	0,20	0,10	0,05	0,05
Celenit Ab – Ecobiocompatibile sp 25 mm	350,00	0,12	0,11	0,48	0,72	0,51	0,82
<i>Fattore di assorbimento totale</i>		87,60	150,36	282,94	294,52	227,67	344,17

1562,90

Tempi di riverberazione (Sabine) T60

<i>Frequenze centrali in bande di ottava (Hz)</i>					
125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
3,23	1,88	1,00	0,96	1,24	0,82

CONCLUSIONI

Il D.M. 18/12/1975 all'articolo 5.1 indica i criteri di valutazione dei requisiti acustici dell'edilizia scolastica ed i limiti per il tempo di riverberazione sono quelli riportati nella circolare del Ministero dei lavori pubblici n. 3150 del 22 maggio 1967 come si evince dalla nota alla tabella B allegata al DPCM 5 dicembre 1997.

Detta circolare recante titolo "Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici" prevede i seguenti limiti per i tempi di riverbero:

- 1.2 secondi per aule ad aula arredata con presenza massima di n. 2 persone;
- 2.2 secondi per le palestre (qualora non debbano essere utilizzate come auditorio);
- Non esiste prescrizione per i locali mensa.

Per ridurre i tempi di riverbero entro i limiti prescritti si andranno ad utilizzare materiali fonoassorbenti per assorbire parte delle onde riflesse e determinando così un abbattimento delle stesse e quindi un tempo di riverbero inferiore.

Nell'ottica di utilizzare una tecnologia/materiali, a parità di rendimento, con caratteristiche di posa meno invasive possibili e di minimizzare la superficie assorbente necessaria, abbiamo usato ai fini del calcolo:

- il riposizionamento di elementi fonoassorbenti, baffles (o pannelli sospesi), disposti in file ad una quota di circa 4,50 m;
- la realizzazione di contropareti fonoassorbenti, ad orditura metallica nascosta, in pannelli tipo Celenit AB, di lana di legno sulle pareti della palestra fino ad una altezza di m. 2,40 e 4,80.

per un totale di circa 350 mq. di pannellatura.

Il loro utilizzo permetterà di ottenere una eccellente risposta a tutte le frequenze portando i tempi medi di riverberazione, a tutte le ipotesi di affollamento della sala, inferiori ad 1 secondo di cui alla circolare dei LL. PP. N. 3150/67.

Tuttavia, visto che i tempi di riverbero in caso di sala piena sono mediamente più bassi del T60 ottimale, si potrebbero generare problemi di poca intelligibilità (sala sorda) soprattutto in occasione delle rappresentazioni teatrali dei bambini dove è facile prevedere un affollamento maggiore di quello ipotizzato e quindi un maggior assorbimento; pertanto si consiglia, in questi casi, l'utilizzo di altoparlanti di rinforzo da collocare sul lato opposto a quello della rappresentazione.