FIRENZE 18–19 OTTOBRE 2018

STUDIO
SOUND
SERVICE

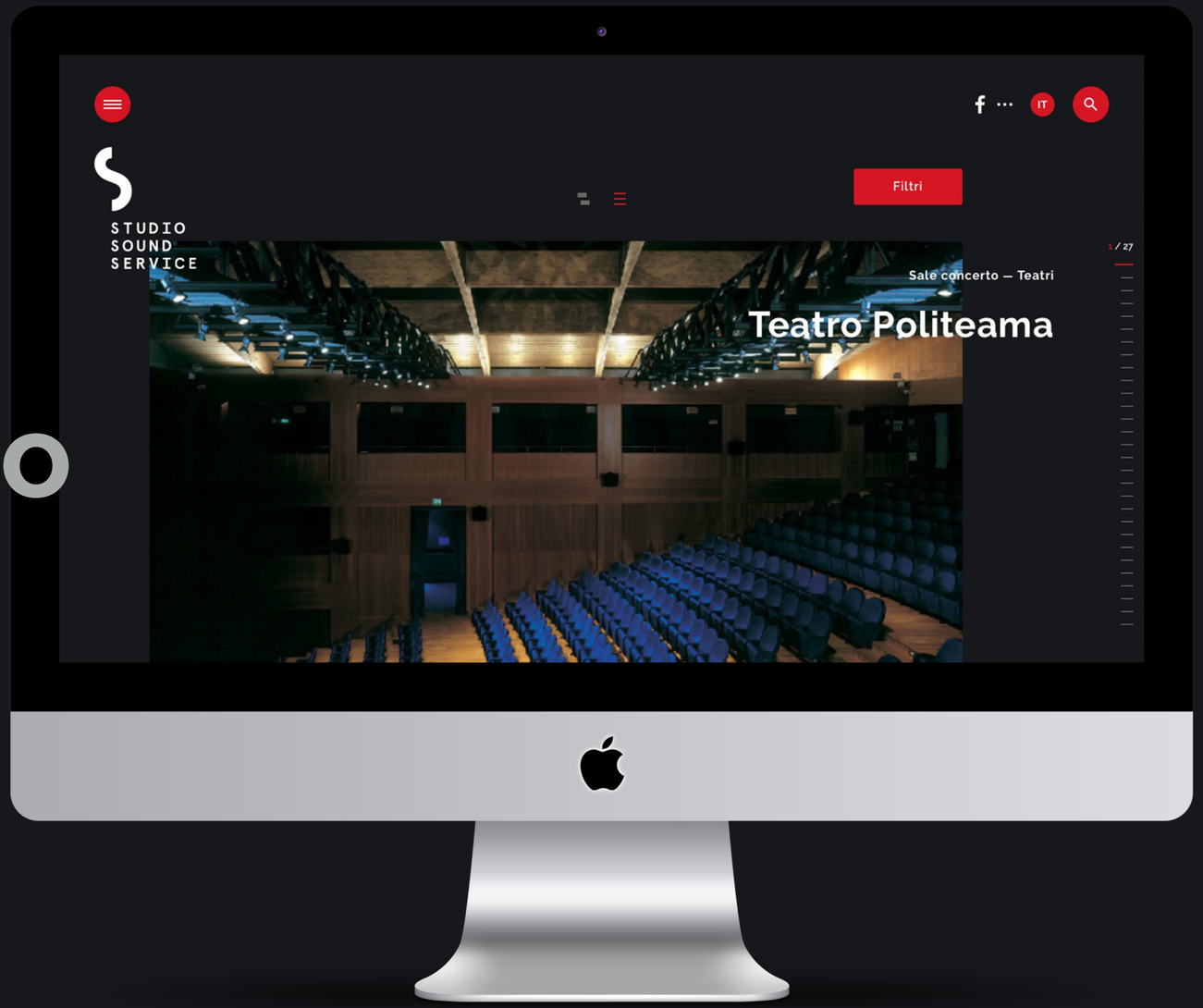
STUDIO
SOUND
SERVICE

Dott. Donato Masci – ing. Cecilia Torracchi
Acoustic Designers

18-19 / Oct
— 2018

Acustica per la didattica

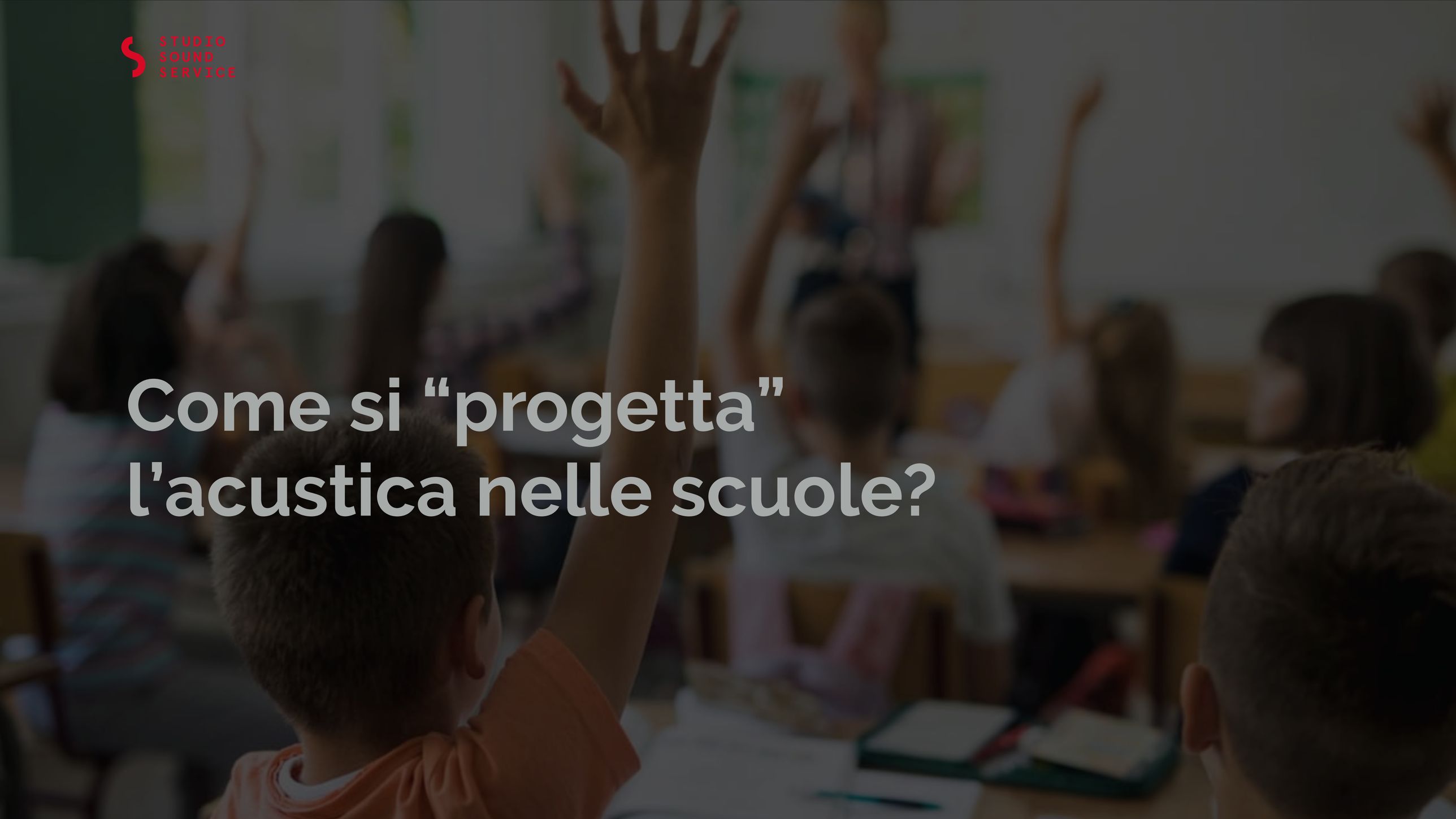
Chi siamo


IT
Filtri
STUDIO
SOUND
SERVICE
1 / 27
Sale concerto — Teatri
Teatro Politeama

Tra i progetti più importanti:

- Barys Arena (ice hockey) @ Astana, Kazakhstan;
- FOX post-production studios @ Münich (DE);
- FOX post-production studios @ Hammersmith, London (UK);
- D:POT Recording Arts @ Prato – Fabrizio Simoncioni;
- Mulinetti Studio @ Genova – Alberto Parodi (Resolution Award 2015 Best Audio Facility, Nomination);
- The Garage @ Civitella v.d.C. (AR) (Resolution Award 2014 Best Audio Facility, Nomination);
- House of Glass @ Viareggio (LU) – Gianni Bini (Resolution Award 2013 Best Audio Facility, Nomination);
- Studio Renato Zero @ Roma;
- Damian Lazarus – Monastic Studio @ Vicchio (FI);
- Vinai Studio @ Brescia;
- PPG Studios (Andrea Bocelli) @ S. Pietro Belvedere (PI);
- In House (Dolby® approved - Sorrentino) @ Roma;
- George Lucas Home Theater, Italy;
- Chiesa di Santa Maria Nuova (Arch. Mario Botta) @ Terranuova Bracciolini (AR);
- Prada Auditorium and Conference Room via Orobia @ Milano;
- Sala Proiezioni Museo Ferrari @ Maranello (MO);
- Nuovo impianto audio del Duomo di Siena;
- EVAC aeroporto Bahain e Islamabad (THALES).

STUDIO
SOUND
SERVICE



Come si “progetta” l’acustica nelle scuole?

Normative:
(passate, ma in vigore per lungo tempo)

A. CIRCOLARE MINISTERIALE N. 1769 DEL 30/04/1966 – “Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici nelle costruzioni edilizie”

B. D.M. 18/12/75 – “Norme tecniche aggiornate relative alla edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica”

C. DPCM 01/03/91 – “Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell' ambiente esterno”

D. DPCM 05/12/97 – “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”

D.M. 18/12/75

isolamento

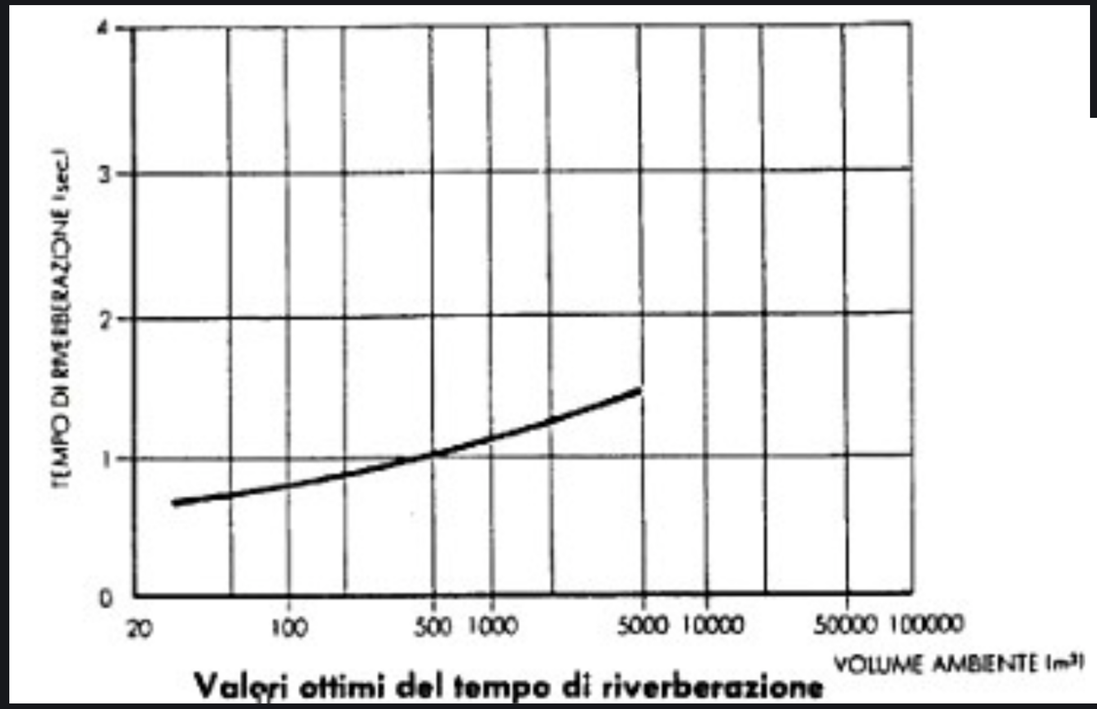
Requisiti (misure di laboratorio)	Isolamento minimo
Potere fonoisolante di strutture divisorie interne verticali ed eventualmente,	40 dB
Potere fonoisolante di infissi verso l'esterno	25 dB
Potere fonoisolante di chiusure esterne opache	10 dB > a quella di infissi esterni
Potere fonoisolante di griglie e prese d'aria installate verso l'esterno	20 dB
Livello di rumore di calpestio normalizzato Indice di valutazione	68 dB

Requisiti (misure in opera)	Valori minimi
Isolamento acustico fra due ambienti adiacenti	≥ 40 dB
Isolamento acustico fra due ambienti sovrapposti	≥ 42 dB
Livello di rumore di calpestio fra due ambienti sovrapposti	≤ 68 dB
Rumore servizi a funzionamento discontinuo	≤ 50 dB
Rumore servizi a funzionamento continuo	≤ 40 dB

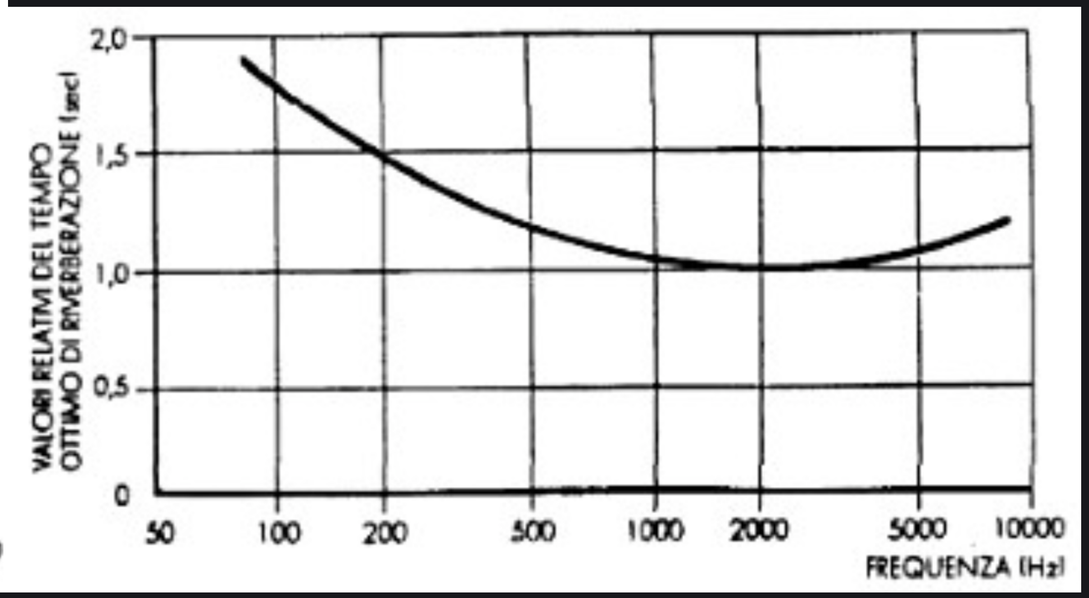
D.M. 18/12/75

Tempi di riverberazione:

"il tempo di riverberazione nelle aule arredate non deve superare i limiti prescritti dalle presenti norme"



Valori ottimi del tempo di riverberazione



I grafici vanno incrociati – (bisogna shiftare la curva del secondo grafico):

Ad esempio se si ha un locale di 100 m3 si vedrà sul primo grafico che il tempo di riverbero misura circa 0.8 s , allora si va sul secondo grafico e si sposta la curva, in questo caso verso il basso, in modo che la frequenza di 500 Hz corrisponda in ordinata al tempo di riverbero pari a 0.8 s e quindi si leggono tutti i tempi di riverbero corrispondenti alle varie frequenze indicate.

DPCM 01/03/91

“Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell' ambiente esterno”

indica, per le scuole, la scelta della zona in cui collocare l'edificio (che dovrà essere lontana da sorgenti di rumore) ossia la **classe 1 "Aree particolarmente protette"** caratterizzata da **livelli diurni inferiori a 50dB(A).**

Legge Quadro 447/95

Legge sull'inquinamento acustico

TIPO	Destinazione d'uso dell'area	Valori assoluti di emissione		Valori assoluti di immissione	
		$L_{Aeq,TR}$ $dB(A)$		$L_{Aeq,TR}$ $dB(A)$	
		diurno 06÷22	nott. 22÷06	diurno 06÷22	nott. 22÷06
I	Particolarmente protetta	45	35	50	40
II	Prevalent. residenziale	50	40	55	45
III	Mista	55	45	60	50
IV	Ad intensa attività umana	60	50	65	55
V	Prevalentemente industriale	65	55	70	60
VI	Esclusivamente industriale	65	65	70	70

A. Introduce la figura del Tecnico Competente in Acustica.

B. Stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dal rumore prodotto dall'ambiente esterno e dall'ambiente abitativo.

C. Fissa i limiti di rumore generato dalle sorgenti sonore
   1. Clima acustico
   2. Impatto acustico

Clima acustico obbligatorio per tutte le scuole!!!

DPCM 05/12/97

Requisiti acustici passivi degli edifici

Categorie	Limiti dei Parametri				
	R'_w	$D_{2m,nT,w}$	$L'_{n,w}$ (1/3)	$L_{AS\max}$	L_{Aeq}
D (ospedali etc)	55	45	58	35	25
A (residenze), C (alberghi)	50	40	63	35	25
E (scuole)	50	48	58	35	25
B (uffici), F (ricreativi, culto), G (commerciali)	50	42	55	35	25

A. Classificazione degli edifici in diverse categorie edilizie, fissa una serie di parametri acustici.
B. Per determinate categorie edilizie fissa dei limiti per il tempo di riverberazione, e cioè per gli “edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili”.
C. per i valori dei tempi di riverbero in ambito scolastico richiama in vita una circolare del ministero dei lavori pubblici, la n° 3150 del 22 Maggio ’67, che era stata superata dal D.M. del ’75.

La circolare, precedente al D.M. del ’75, era ormai da tempo caduta in disuso, ma ora ridiventa legge!!!

DPCM 05/12/97

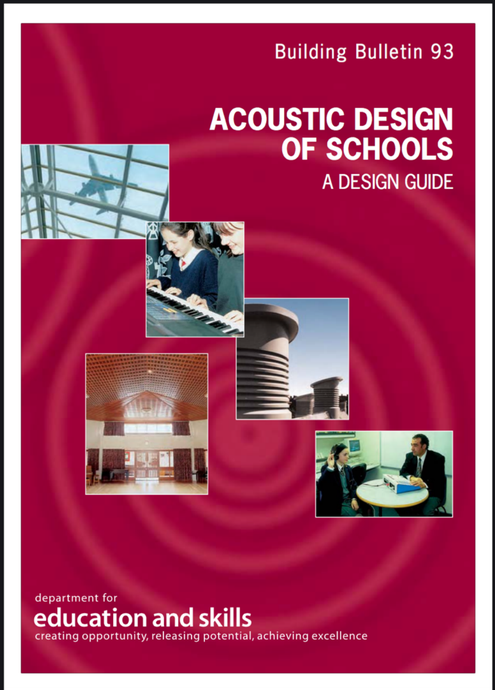
Cosa diceva la Circolare 3150 del 67?

“Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici”

A. stabiliva che la “media” dei tempi di riverbero misurati alle quattro frequenze centrali (250, 500, 1000, 2000 Hz) non doveva superare 1.2 s, ad aule arredate e con la presenza di due persone (cioè i tecnici rilevatori) distanti tra loro almeno due metri.
B. Analogamente fissa il tetto massimo dei tempi di riverbero per le palestre scolastiche che non devono superare 2.2 s.

E’ evidente la coesistenza della doppia normativa, in quanto il D.M. del 1975 non è mai stato abrogato….

UK Standard – BB93
Acoustic Design of Schools



… e in Europa intanto…

A. Un approccio strutturato alla progettazione acustica in ogni fase del processo di pianificazione e progettazione.
B. Stabilisce i valori target per isolamento tra ambienti e con l'esterno.
C. Stabilisce i valori target per la rumorosità.
D. Stabilisce i valori target per il comfort acustico interno e l'intelligibilità del parlato.
E. **Oltre ad essere una normativa, è una vera e propria guida, con casi studio e soluzioni pratiche per il raggiungimento dei risultati.**

Questa norma è stata la capostipite di tutte le altre norme europee (che ancora stanno uscendo nei diversi paesi UE)

UNI 11367:2010

Classificazione acustica delle unità immobiliari – Procedura di valutazione e verifica in opera

Per gli ospedali, cliniche e case di cura e le scuole a tutti i livelli, **non è prevista la classificazione;**
Invece, esistendo analoghe o più rigorose esigenze di protezione dal rumore, **si forniscono specifici valori di riferimento**, a due livelli:

A. prestazioni di base
B. prestazioni di tipo superiore

A. La norma definisce, in riferimento ad alcuni requisiti acustici prestazionali degli edifici, i criteri per la loro misurazione e valutazione.
B. Su tale base la norma stabilisce inoltre una classificazione acustica (in riferimento ad ognuno dei requisiti), per l'intera unità immobiliare (salvo alcune tipologie).
C. È infine proposta una valutazione sintetica (con un unico indice descrittore) dell'insieme dei requisiti per unità immobiliare.
D. I criteri stabiliti nella norma sono applicabili a tutte le unità immobiliari con destinazione d'uso diversa da quella agricola, artigianale e industriale.
E. Fornisce un'indicazione per la valutazione delle caratteristiche acustiche interne degli ambienti.

UNI 11367:2010

limiti dei parametri per i requisiti acustici

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

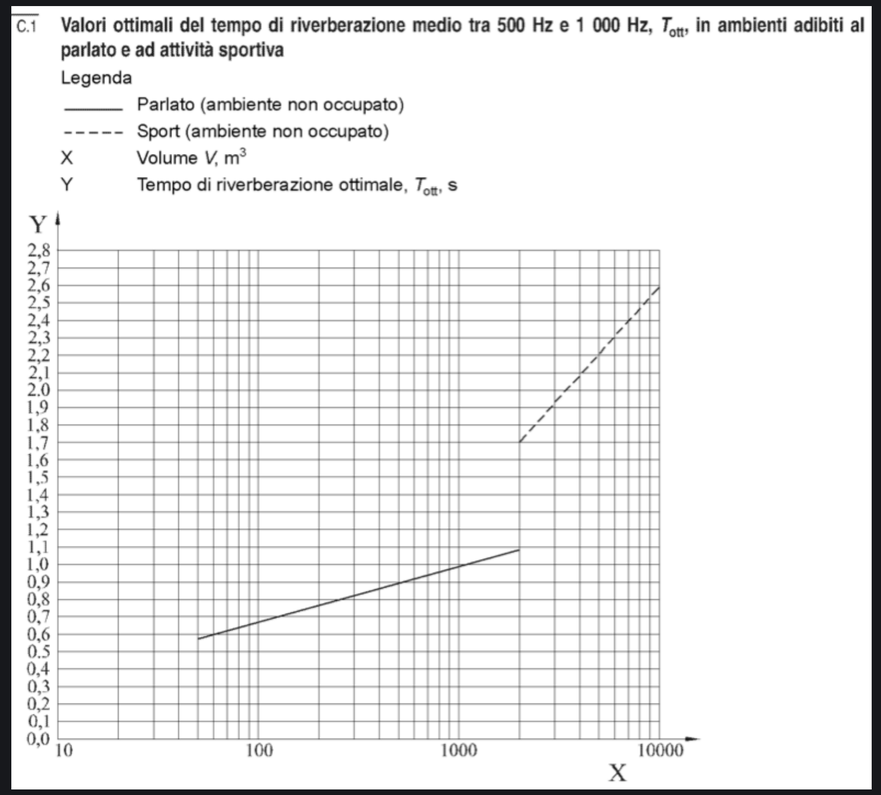
	Prestazione di base	Prestazione superiore
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata, $D_{2m,nT,w}$ [dB]	38	43
Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di differenti unità immobiliari, R'_w [dB]	50	56
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio 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 *i* 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

Nota 1 Il livello sonoro immesso da un impianto a servizio di una camera di degenza, di un aula o di aule polifunzionali separate da strutture mobili, deve essere valutato all'interno di ambienti acusticamente verificabili diversi dall'ambiente servito.

Nota 2 Non sono stati definiti valori di riferimento per il livello sonoro al calpestio di ambienti adiacenti all'interno della stessa unità immobiliare, poiché è prassi attualmente molto diffusa realizzare solai con massetto di ripartizione continuo: e per queste tipologie costruttive i dati attualmente disponibili non consentono di stabilire criteri condivisi.

UNI 11367:2010

acustica interna!!!
comfort acustico!!!
intelligibilità del parlato!!!



All'interno di ambienti dove il comfort acustico, e in specifico l'intelligibilità del parlato, rivestono un'importanza fondamentale (aule scolastiche, ambienti espositivi, sale da conferenza, mense, etc) e/o dove il controllo dell'assorbimento acustico risulta essere critico (palestre, piscine, ambienti per lo sport in genere), la valutazione acustica richiede la determinazione di alcuni specifici parametri.

	C50 dB	STI
Ambienti adibiti al parlato	≥ 0	≥ 0,6
Ambienti adibiti ad attività sportive	≥ -2	≥ 0,5

$T_{ott} = 0{,}32 \log(V) + 0{,}03$ [s]
(ambiente non occupato adibito al parlato)
$T_{ott} = 1{,}27 \log(V) - 2{,}49$ [s]
(ambiente non occupato adibito ad attività sportive)
dove V è il volume dell'ambiente [m^3]

~~UNI 11532:2014~~

~~Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati~~

UNI 11532-1:2018

Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati
Metodi di progettazione e tecniche di valutazione
Parte 1: Requisiti generali

A. Stabilisce i valori di riferimento per i parametri acustici relativi alle caratteristiche acustiche interne degli ambienti confinati e in particolare:
   - T30 (tempo di riverberazione
   - C50 (chiarezza)
   - STI (Intelligibilità del parlato).

A. Sostituisce la norma del 2014, ma per ora (2018) è uscita soltanto la prima parte, sui requisiti generali. Non ci sono ancora i valori limite per ogni tipologia di edificio.
   - Tempo di riverberazione – T30
   - Intelligibilità del parlato – STI
   - Privacy (?) – DL1 e DL2
   - Livello rumorosità impianti – Lic,Int

A.2 Valori di riferimento

prospetto A.1 **Valori di riferimento per il settore scolastico**

Destinazione ambiente	Descrittore[a]	Valore di riferimento[b]		Intervallo di frequenza (Hz)	Riferimento normativo[c]	Note[d]
AULE DIDATTICHE e affini						
Aule didattiche di ogni ordine e grado	*T*	≤0,6 s a 0,8 s	1)	Da 500 a 2 000	UK	8) 9)
	T	≤1,2 s	-	Da 500 a 2 000	IT	8) 9)
	T	≤0,6 s	3) 40% - 125 Hz	Da 125 a 2 000	NO 6)	8) 9)
	T	≤0,6 s a 0,7 s	2)	Da 500 a 2 000	USA	8) 9) 11) < 566 m^3
	T	≤0,6 s a 0,8 s	3) 50% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	FI 6)	8)
	T	≤0,5 s	3) 20% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	SE 6)	8) 9)
	T	≤0,4 s a 0,8 s	1)	Da 500 a 2 000	FR	7) 8) 9)
	T	≤0,6 s	3) 20% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	DK-1 6)	8)
	T	≤0,6 s	-	-	OMS	13)
Open space	*T*	≤0,4 s	5)	Da 250 a 2 000	NO 6)	8) 9) 11) < 1500 m^3
(in scuole secondarie)	*T*	≤0,6 s	3) 15% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	SE 6)	8) 9)
(in scuole primarie o per l'infanzia)	*T*	≤0,4 s	3) 20% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	DK-1 6)	8)
(doposcuola)	*T*	≤0,6 s	3) 40% - 125 Hz	Da 125 a 2 000	NO 6)	8) 9)
(doposcuola)	*T*	≤0,5 s	3) 20% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	SE 6)	8) 9)
Aule per bambini con deficit uditivo	*T*	≤0,4 s	1)	Da 500 a 2 000	UK	8) 9)
Aule di Musica	*T*	≤1,0 s	-	Da 500 a 2 000	UK	8) 9)
	T	≤0,4 s a 0,8 s	1)	Da 500 a 2 000	FR	7) 8) 9)
	T	≤0,6 s	4) 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	SE 6)	8) 9)
(doposcuola)	*T*	≤0,6 s	4) 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	SE 6)	8) 9)
(in acustico)	*T*	<1,0 s	3) 50% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	FI 6)	8)
(in acustico)	*T*	≤1,1 s	3) 20% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	DK-1 6)	8)
(in elettrico)	*T*	<0,9 s	3) 50% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	FI 6)	8)
(in elettrico)	*T*	≤0,6 s	3) 20% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	DK-1 6)	8)
(in scuole secondarie)	*T*	≤0,8 s	4) 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	SE 6)	8) 9)
(in scuole primarie o per l'infanzia)	*T*	≤0,8 s a 1,0 s	3) 50% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	FI 6)	8)
Biblioteca	*T*	≤0,8 s a 1,0 s	1)	Da 500 a 2 000	UK	8) 9)
	T	≤0,4 s a 0,8 s	1)	Da 500 a 2 000	FR	7) 8) 9)
	T	≤0,6 s	4) 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	SE 6)	8) 9)
(in scuole secondarie)	*T*	≤0,6 s	4) 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	SE 6)	8) 9)
Laboratori scolastici	*T*	≤0,8 s	1)	Da 500 a 2 000	UK	8) 9)
	T	≤0,6 s	3) 20% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	DK-1 6)	8)
	T	≤0,6 s	3) 40% - 125 Hz	Da 125 a 4 000	NO 6)	8) 9)
(in scuole secondarie)	*T*	≤0,5 s	4) 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	SE 6)	8) 9)
Ambito scolastico senza particolare destinazione d'uso	*T*	≤0,4 s	3) 25% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	SE 6)	8) 9)
Aula informatica	*T*	≤0,6 s	4) 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	SE 6)	8) 9)
(in scuole secondarie)	*T*	≤0,6 s	4) 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	SE 6)	8) 9)

prospetto A.1 **Valori di riferimento per il settore scolastico** (Continua)

Destinazione ambiente	Descrittore[a]	Valore di riferimento[b]		Intervallo di frequenza (Hz)	Riferimento normativo[c]	Note[d]
Aula insegnanti	*T*	≤1,0 s	1)	Da 500 a 2 000	UK	8) 9)
	T	≤0,4 s	3) 20% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	DK-1 6)	8)
	T	≤0,9 s	3) 20% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	DK-1 6)	8)
	T	<0,6 s	3) 50% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	FI 6)	8)
	T	≤0,6 s	4) 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	SE 6)	8) 9)
(in scuole secondarie)	*T*	≤0,6 s	4) 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	SE 6)	8) 9)
Sale comuni	*T*	≤0,9 s	3) 40% - 125 Hz	Da 125 a 2 000	NO 6)	8) 9)
	T	≤0,5 s	4) 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	SE 6)	8) 9)
(doposcuola)	*T*	≤0,5 s	4) 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	SE 6)	8) 9)
(sala gioco per doposcuola)	*T*	≤0,5 s	4) 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	SE 6)	8) 9)
Uffici	*T*	≤0,6 s	4) 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	SE 6)	8) 9)
(in scuole secondarie)	*T*	≤0,6 s	4) 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	SE 6)	8) 9)
LOCALI COMUNI						
Refettorio	*T*	≤1,0 s	1)	Da 500 a 2 000	UK	8) 9)
	T	≤0,5 s	4) 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	SE 6)	8) 9)
(doposcuola)	*T*	≤0,5 s	4) 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	SE 6)	8) 9)
(in scuole secondarie)	*T*	≤0,5 s	4) 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	SE 6)	8) 9)
(in scuole secondarie, $S > 100\ m^2$)	*T*	≤0,6 s	4) 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	SE 6)	8) 9)
Aula Magna/Auditorium	*T*	≤0,6 s a 0,9 s	3) 50% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	FI 6)	8)
(in scuole secondarie)	*T*	≤0,6 s	3) 15% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	SE6)	8) 9)
Palestra scolastica	*T*	≤1,5 s	1)	Da 500 a 2 000	UK	8) 9)
	T	0,95 x Log (*V*) - 1,74 s		Da 500 a 1 000	DE	9) 11) <8500 m^3 12) >2000 m^3
	T	1,27 x Log (*V*) - 2,49 s		Da 500 a 1 000	DE	9) 11) <8500 m^3 12) >2000 m^3
	T	≤2,2 s		Da 250 a 2 000	IT	8) 9)
	T	≤1,5 s	5)	Da 250 a 2 000	NO 6)	8) 9) 11) ≤6 000 m^3
	T	≤1,6 s	3) 20% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	DK-1 6)	8) 11) ≤3 500 m^3
	T	≤1,2 s	4) 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	SE 6)	8) 9)
	T	≤1,8 s	3) 20% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	DK-1 6)	8) 12) >3 500 m^3
(h < 5 m)	*T*	≤0,6 s a 0,9 s	3) 50% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	FI 6)	8)
(in scuole secondarie)	*T*	≤1,5 s	4) 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	SE 6)	8) 9)
(in scuole primarie o per l'infanzia)	*T*	≤0,8 s a 1,0 s	3) 50% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	FI 6)	8)
(doposcuola)	*T*	≤1,2 s	4) 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	SE 6)	8) 9)
Piscina scolastica	*T*	≤2,0 s	3) 20% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	DK-1 6)	8) 11) ≤1 500 m^3
	T	≤2,3 s	3) 20% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	DK-1 6)	8) 12) >1 500 m^3
	T	≤2,0 s	5)	Da 250 a 2 000	NO 6)	8) 9) 11) ≤2 000 m^3

prospetto A.1 **Valori di riferimento per il settore scolastico** (Continua)

Destinazione ambiente	Descrittore[a]	Valore di riferimento[b]		Intervallo di frequenza (Hz)	Riferimento normativo[c]	Note[d]
AMBIENTI DI SERVIZIO						
Corridoio	*T*	<1,3 s	3) 50% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	FI 6)	8)
	T	≤0,4 s	3) 20% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	DK-1 6)	8)
	T	≤0,9 s	3) 20% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	DK-1 6)	8)
	T	≤0,5 s	5)	Da 250 a 4 000	SE 6)	8) 9)
(in scuole secondarie)	*T*	≤0,8 s	5)	Da 250 a 4 000	SE 6)	8) 9)
(in scuole primarie o per l'infanzia)	*T*	<1,1 s	3) 50% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	FI 6)	8)
Atrio/ Ingresso	*T*	≤0,9 s a 1,1 s	3) 50% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	FI 6)	8)
	T	≤0,4 s	3) 20% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	DK-1 6)	8)
	T	≤0,9 s	3) 20% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	DK-1 6)	8)
	T	<1,3 s	3) 50% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	FI 6)	8)
	T	≤0,5 s	5)	Da 250 a 4 000	SE 6)	8) 9)
(in scuole secondarie)	*T*	≤1,5 s	5)	Da 250 a 4 000	SE 6)	8) 9)
Scale	*T*	≤1,3 s	3) 20% - 125 Hz 5)	Da 125 a 4 000	DK-1 6)	8)
	T	≤1,3 s	3) 40% - 125 Hz	Da 125 a 2 000	NO 6)	8) 9)
	T	≤0,5 s	5)	Da 250 a 4 000	SE 6)	8) 9)
(in scuole primarie o per l'infanzia)	*T*	≤0,9 s	5)	Da 500 a 2 000	NO 6)	8) 9)

Note

a) il descrittore preso in esame può essere il tempo di riverberazione (*T*), la chiarezza (C_{50}) o l'indice di intelligibilità del parlato (STI);

b) per ogni valore di riferimento è esplicitato, con note da 1) a 5), in che modo il descrittore è determinato, ovvero con:
1) media aritmetica dei valori calcolati per le bande prese in esame,
2) valore limite massimo riscontrabile in ciascuna banda presa in esame,
3) valore limite massimo per cui è tollerato il x% in più in alcune bande, da specificare,
4) valore limite massimo per cui è tollerato 0,2 s in più in alcune bande, da specificare,
5) valore limite massimo per cui è tollerato un margine di 0,1 s per ciascuna banda considerata;

c) Nei riferimenti normativi è indicata la sigla corrispondente al Paese d'origine, alla quale ci si riferisce:

DE	Germania	DIN 18041,
DK-1	Danimarca 6)	SBI anvisning 218:2008
FI	Finlandia 6)	SFS E249
FR	Francia	Decreto del 25/04/2003
IT	Italia	Circolare Ministeriale N° 3150 del 22/05/1967 e D.M. del 18/12/1975
NO	Norvegia 6)	NS 8175:2008
OMS	Organizzazione Mondiale della Sanità	Pamphlet n. 31 del 2008
SE	Svezia 6)	SS 25268:2007
UK	Regno unito	BB 93
USA	Stati Uniti d'America	ANSI S12.60:2002

6) Gli ambienti sono classificati in quattro categorie in base alla qualità (da A - *eccellente* a D - *appena sufficiente*). Nei prospetti da A.1 a A.4 sono riportati i valori relativi alla classe C, ritenuta il riferimento di media qualità.

d) Nelle note sono indicate le seguenti precisazioni:
7) per edifici di nuova costruzione,
8) ambiente arredato,
9) ambiente non occupato dalle persone (al massimo due sperimentatori per l'esecuzione delle misure),
11) per volumi inferiori a (specificare),
12) per volumi superiori a (specificare),
13) da ridurre ulteriormente se in presenza di deficit uditivo.

Categorie della 11532:2018

A. 3.1.1 **spazi comuni**: Luoghi destinati ad accogliere temporaneamente persone all'interno di strutture di uso pubblico/privato/collettivo (per esempio atrii e sale d'attesa);

B. 3.1.2 **sale conferenze e/o polifunzionali, di piccole dimensioni:** Ambienti destinati a diverse funzioni quali parlato, musica, esposizioni temporanee.

C. 3.1.3 **spazi del settore espositivo**: Luoghi confinati prevalentemente finalizzati all'esposizione di beni all'interno di spazi definiti.

D. 3.1.4. **spazi del settore fieristico**: Luoghi confinati prevalentemente finalizzati all'esposizione di beni e servizi all'interno di spazi definiti e/o strutture organizzate che costituiscano centri generatori di significativi flussi di utenti (per esempio fiere espositive).

E. 3.1.5. **spazi del settore museale**: Luoghi confinati prevalentemente finalizzati all'esposizione di opere d'arte all'interno di spazi definiti.

F. 3.1.6 **spazi del settore ristorazione**: Spazi destinati alla somministrazione di cibi e/o bevande quali ad esempio bar, caffè, osterie, birrerie, paninoteche, gelaterie, pasticcerie, ristoranti, trattorie, tavole calde, self service, pizzerie, mense di ogni tipo, mense scolastiche, mense aziendali.

G. 3.1.7 **spazi del settore sanitario**: Ambienti ospedalieri quali sale d'attesa, camere di degenza e di cura, ambulatori, studi d'esame e consultazione, uffici per personale medico e paramedico, sale di riposo del personale, locali e corridoi accessibili al pubblico. Sono escluse le sale operatorie, gli ambienti per attività chirurgica e di medicazione.

H. 3.1.8 **spazi del settore scolastico**: Qualsiasi ambiente funzionale in scuole, di ogni ordine e grado, ove permangano e transitino persone, con la sola esclusione di mense e palestre.

I. 3.1.9 **spazi del settore sportivo/ricreativo**: Spazi destinati allo svolgimento di attività sportive di ogni genere e tipo in strutture confinate, quali ad esempio piscine, palestre, ad esclusione dei palasport e di altri ambienti di grandi dimensioni.

J. 3.1.10**spazi del settore terziario**: Uffici e studi tecnici e/o professionali compresi open space con eventuali spazi aperti al pubblico.

Linee Guida AIA 2017 (FREE)

per una corretta progettazione acustica di ambienti scolastici

A. Il controllo del rumore esterno.
B. La relazione tra edificio scolastico e sorgenti di rumore.
C. Il fonoisolamento.
D. Il controllo del rumore degli impianti.
E. Favorire la comprensione del parlato.
F. Le aule per la musica.
G. ALLEGATO: norme tecniche di riferimento
    1. per il progetto
    2. per il collaudo
    3. per i valori di riferimento

In attesa di una legge, l'Associazione Italiana Acustica ha fatto una linea guida simile alla BB93 Inglese.

A. Il controllo del rumore esterno

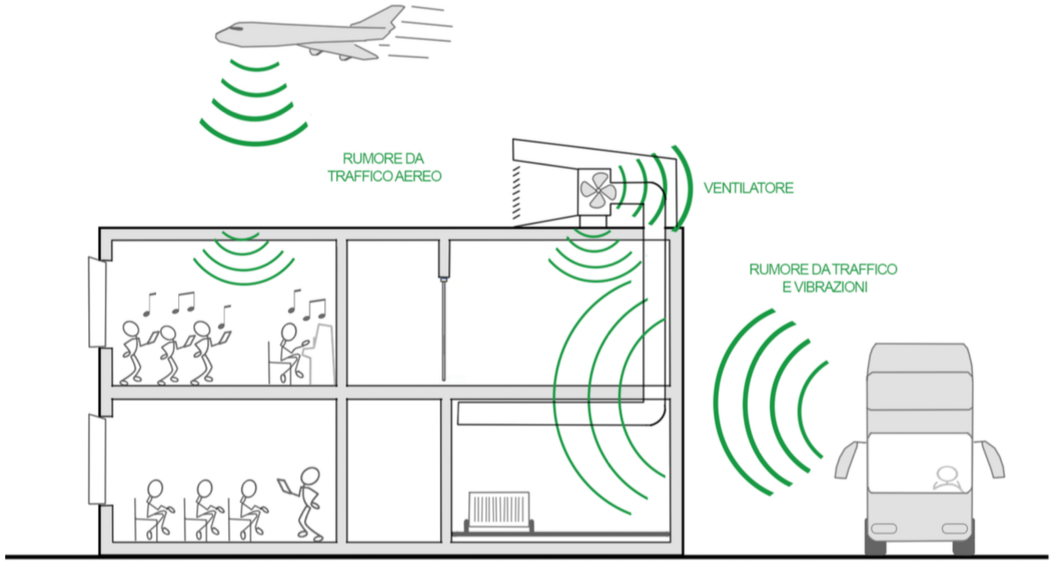


Figura 1.2 Esempi di rumori e vibrazioni provenienti dall'ambiente esterno

Figura 1.3 Esempio di barriera acustica mimetizzata con il verde

Figura 1.4 Esempio di pavimentazione fonoassorbente

1. La scelta del sito
2. Raccomandazioni per i livelli di rumore all'esterno degli edifici scolastici
3. Il clima acustico
4. Il rumore e le vibrazioni dovute a infrastrutture stradali, ferroviarie e aeroportuali
5. le barriere acustiche e gli interventi sulle pavimentazioni stradali

B. La relazione tra edificio scolastico e sorgenti di rumore

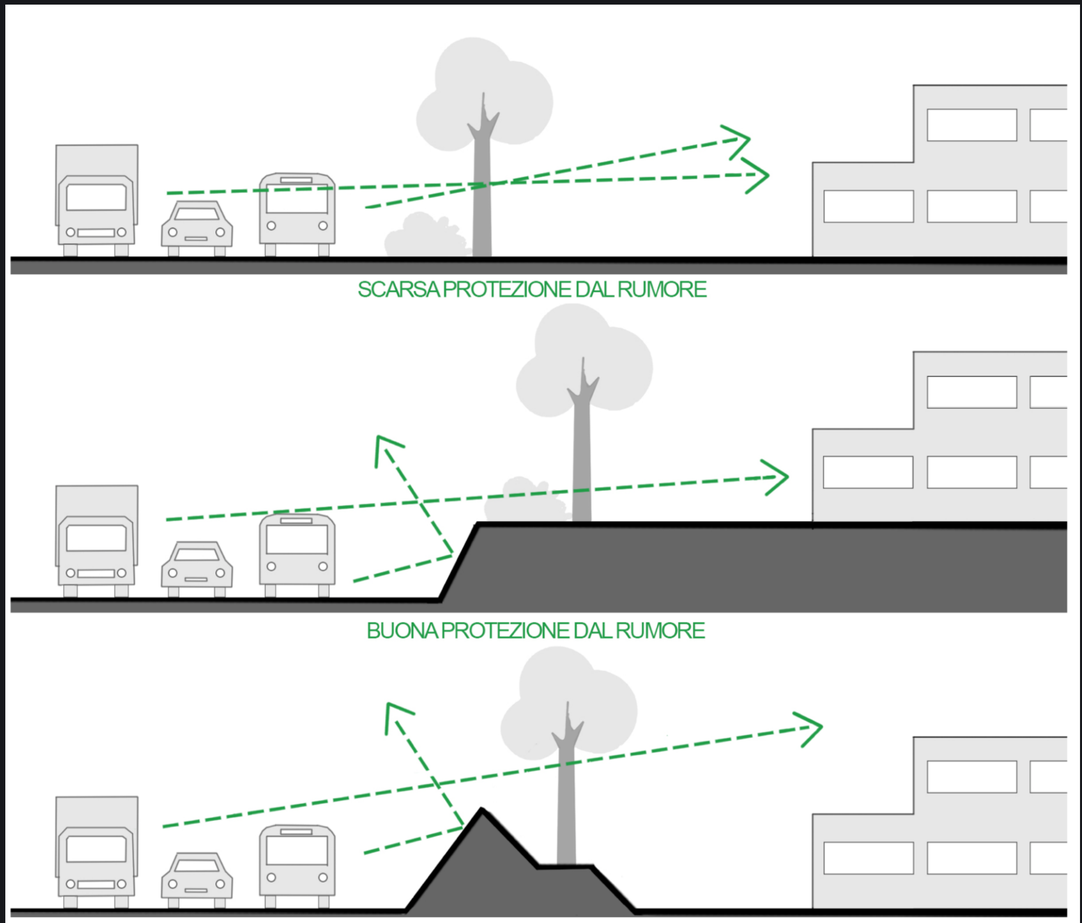


Figura 2.1 Uso di terrapieni ed essenze vegetali come schermi acustici

1. La collocazione e la forma dell'edificio scolastico.
   - Sistemazione orografica del territorio.
   - Orientamenti progettuali.
2. La distribuzione degli ambienti interni dell'edificio in relazione alle sorgenti di rumore.
3. Il rumore delle scuole verso gli edifici adiacenti.

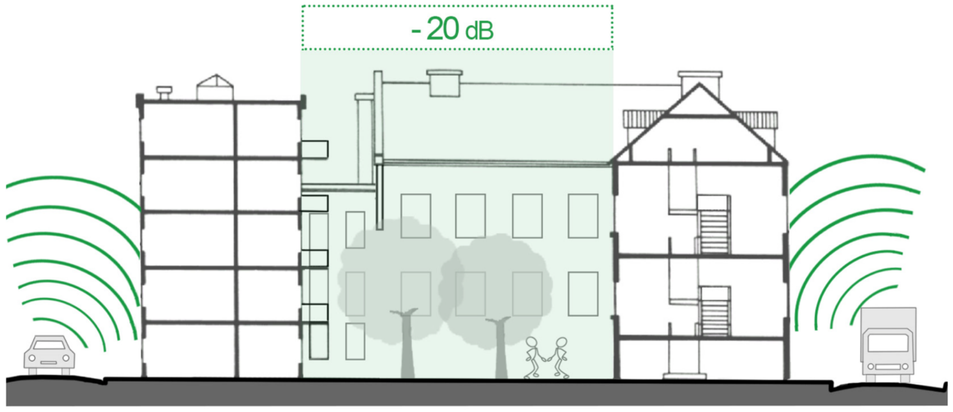


Figura 2.5 Conformazione a corte chiusa dell'edificio a proteggere gli ambienti interni dal rumore

C. Il fonoisolamento

Requisito	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
Livello sonoro immesso da impianti a funzionamento continuo, $L_{Aeq,nT}$ all'interno delle aule, biblioteche, ecc. (requisito derivante dalla UNI 8199) [dB(A)]	≤ 35	≤ 30
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

1. Il serramento vetrato.
2. Le porte.
3. Le pareti di separazione fra ambienti.
4. I solai e i rumori impattivi.
5. I giunti di collegamento tra le strutture.

Livello prestazionale	Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture, $D_{nT,w}$ [dB]
Prestazione ottima	≥ 34
Prestazione buona	≥ 30
Prestazione di base	≥ 27
Prestazione modesta	≥ 23

C. Il fonoisolamento

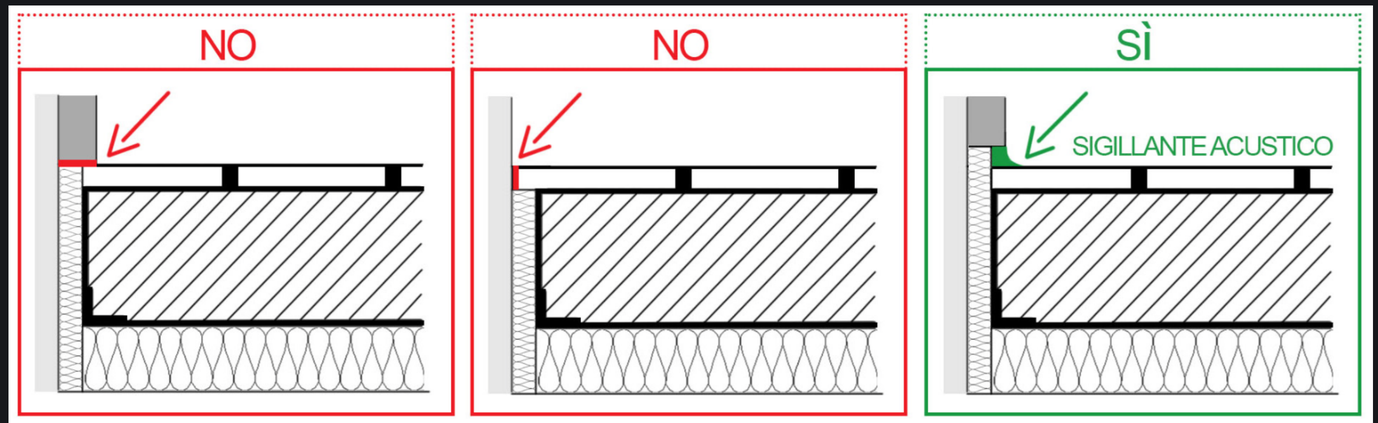
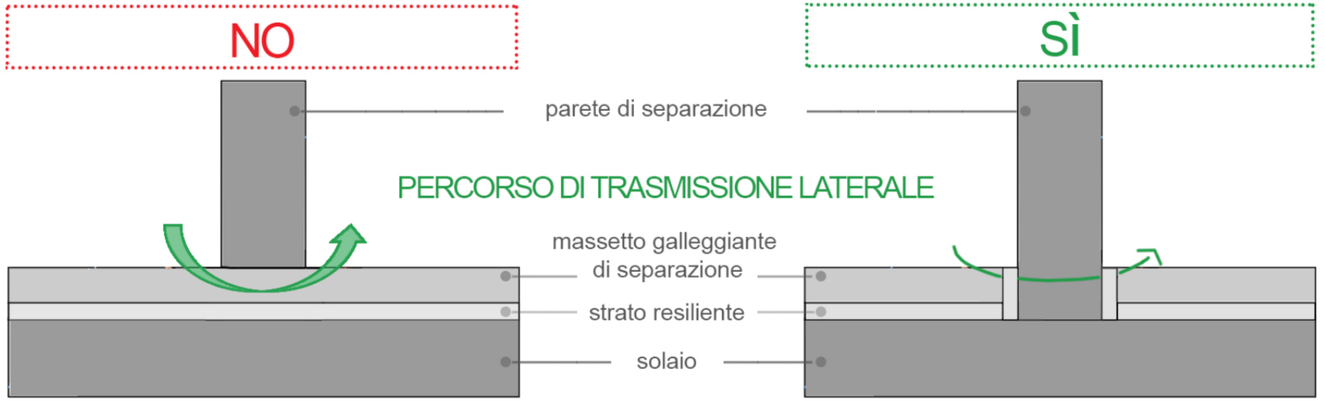


Figura 3.3 Esempi di realizzazione non corretta o corretta del massetto galleggiante



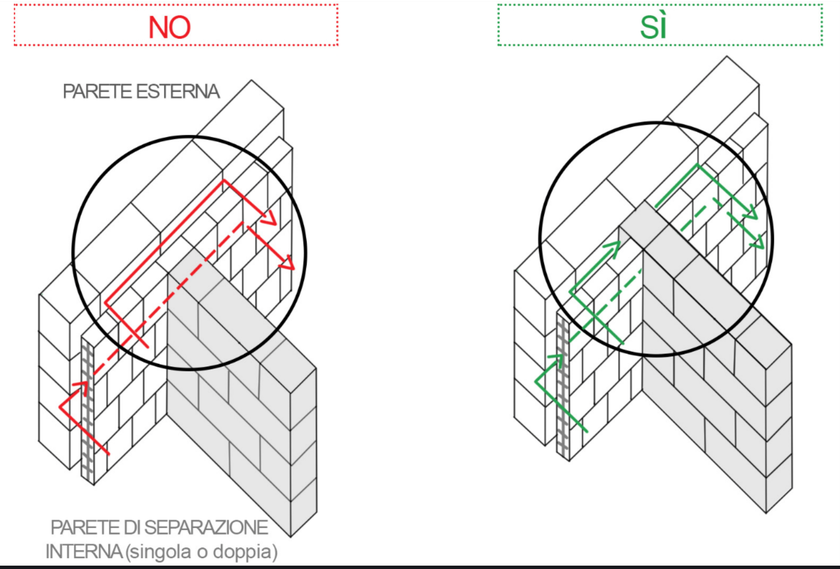


Figura 3.5 Esempio di errata realizzazione del giunto tra parete e solaio in presenza del massetto di galleggiante (a sinistra). Esempio di corretta realizzazione del giunto tra parete e solaio in presenza del massetto di galleggiante (a destra)

D. Il controllo del rumore degli impianti

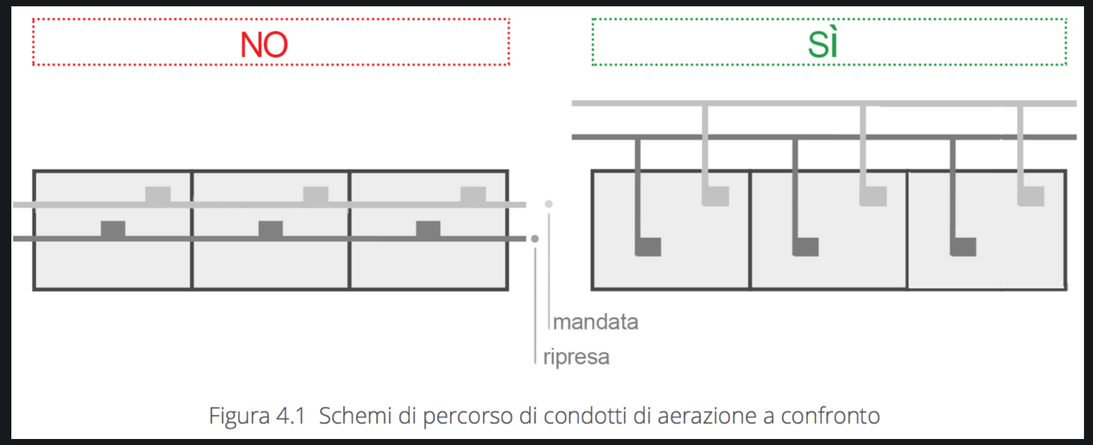


Figura 4.1 Schemi di percorso di condotti di aerazione a confronto

1. Gli impianti di climatizzazione e ventilazione.
   - Ventilatori
   - Canalizzazioni
   - Diffusori dell'aria e terminali di climatizzazione
   - Ricambio dell'aria
   - Caldaie e bruciatori
   - Gruppi frigoriferi e pompe di calore
   - Reti idroniche
2. Gli impianti idrosanitari.
3. Gli ascensori.

E. Favorire la comprensione del parlato

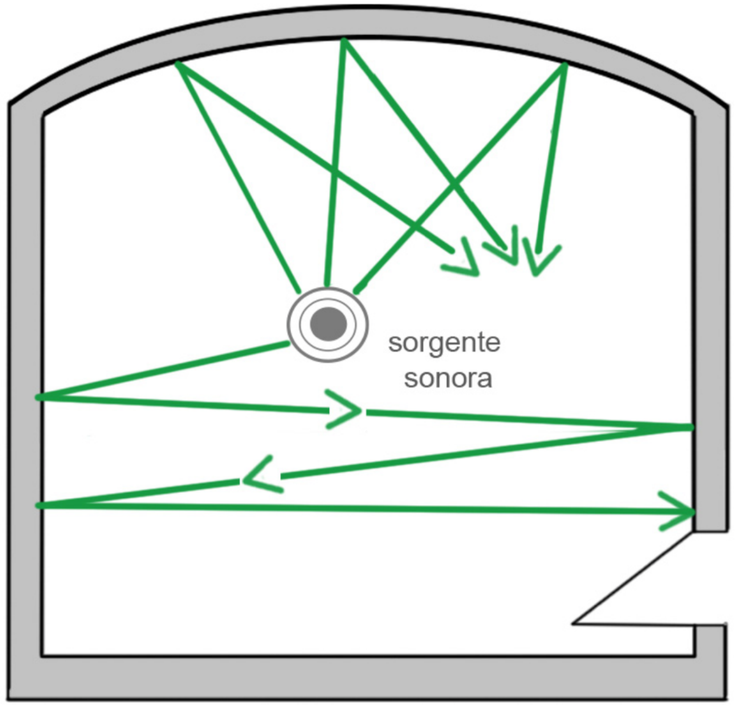


Figura 5.1 Ambiente con una parete concava che genera focalizzazioni sonore e con pareti piane e parallele che generano echi ripetuti

1. Le aule per la didattica
   - Volume e forma.
   - Controllo degli echi ripetuti e singoli
   - Suono diretto
   - Prime riflessioni
   - Riverberazione
   - Supporto dell'amplificazione elettroacustica
2. Spazi didattici a pianta aperta e semi-aperta.
3. Le aule per gli allievi con problemi di udito.
4. Le sale conferenze.
5. I sistemi di amplificazione sonora.
6. La correzione acustica delle mense.
7. La correzione acustica delle palestre e delle piscine.

E. Favorire la comprensione del parlato

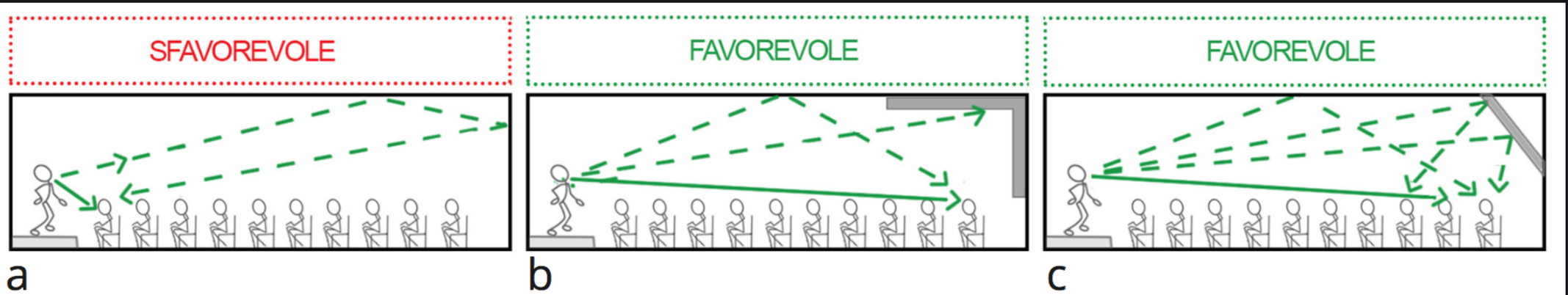


Figura 5.3 La parete di fondo riflettente può causare eco disturbante per l'oratore e gli ascoltatori delle prime file se l'ambiente è lungo più di 9 m (a). Per evitare l'eco la parete di fondo deve essere oggetto di trattamento acustico fonoassorbente (b) o essere riflettente e inclinata verso l'uditorio in modo da riflettere il suono incidente sulle ultime file (c), determinando per gli ascoltatori più distanti dalla sorgente una vantaggiosa amplificazione sonora. Immagine adattata da DIN 18041

E. Favorire la comprensione del parlato

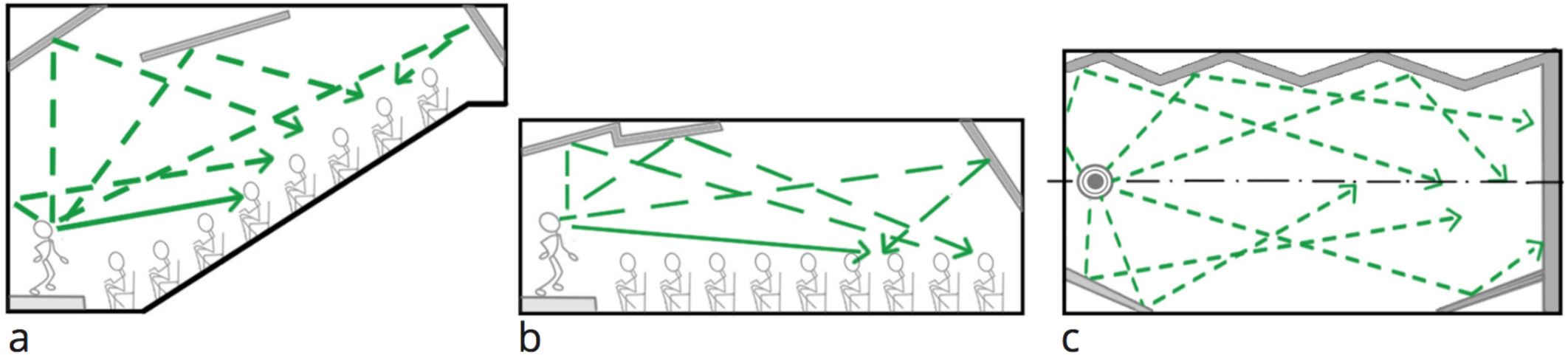


Figura 5.5 Posizionare riflettori a soffitto e a parete in modo da direzionare il suono riflesso verso l'area centrale e posteriore dell'ambiente. (a e b: riflettori in sezioni verticali; c: riflettori in pianta). Immagine adattata da DIN 18041

E. Favorire la comprensione del parlato

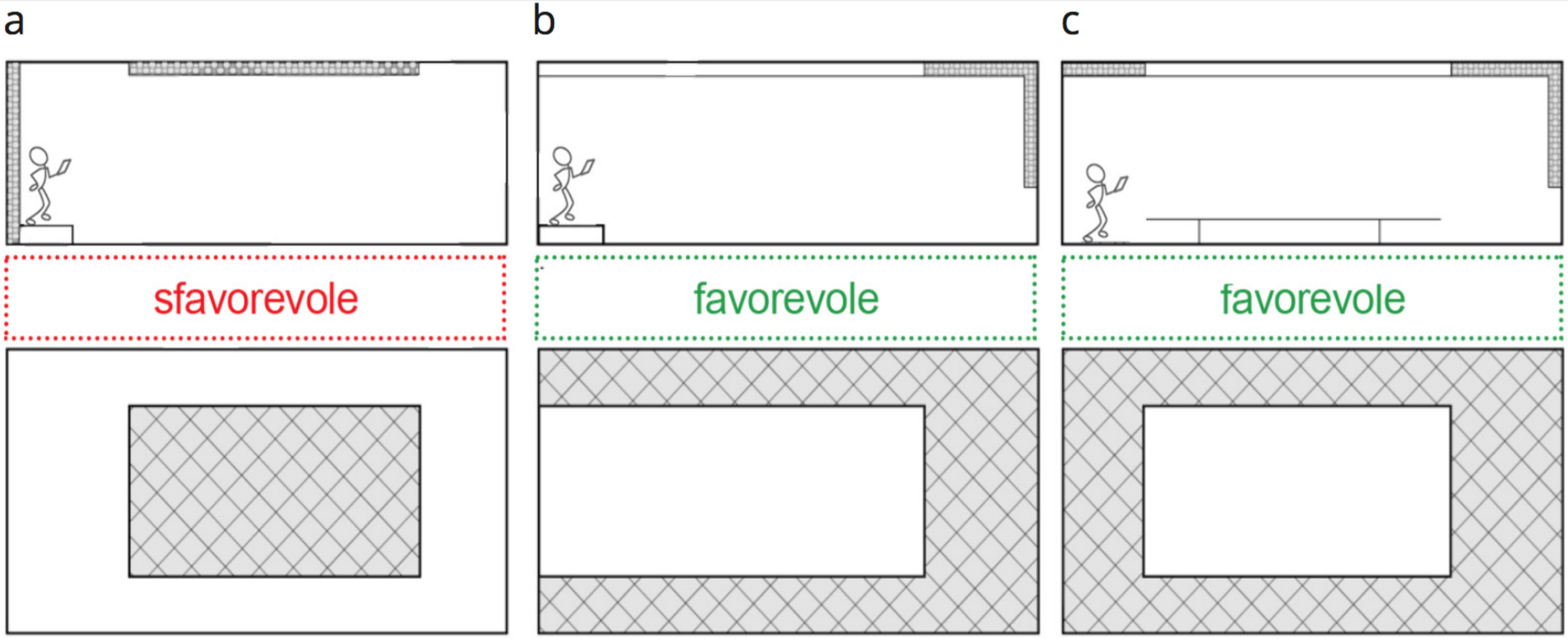


Figura 5.6 Distribuzione delle superfici fonoassorbenti in ambienti scolastici di piccole e medie dimensioni (sopra: sezioni verticali, sotto: viste dal basso della superficie del soffitto). Immagine adattata da DIN 18041

E. Favorire la comprensione del parlato

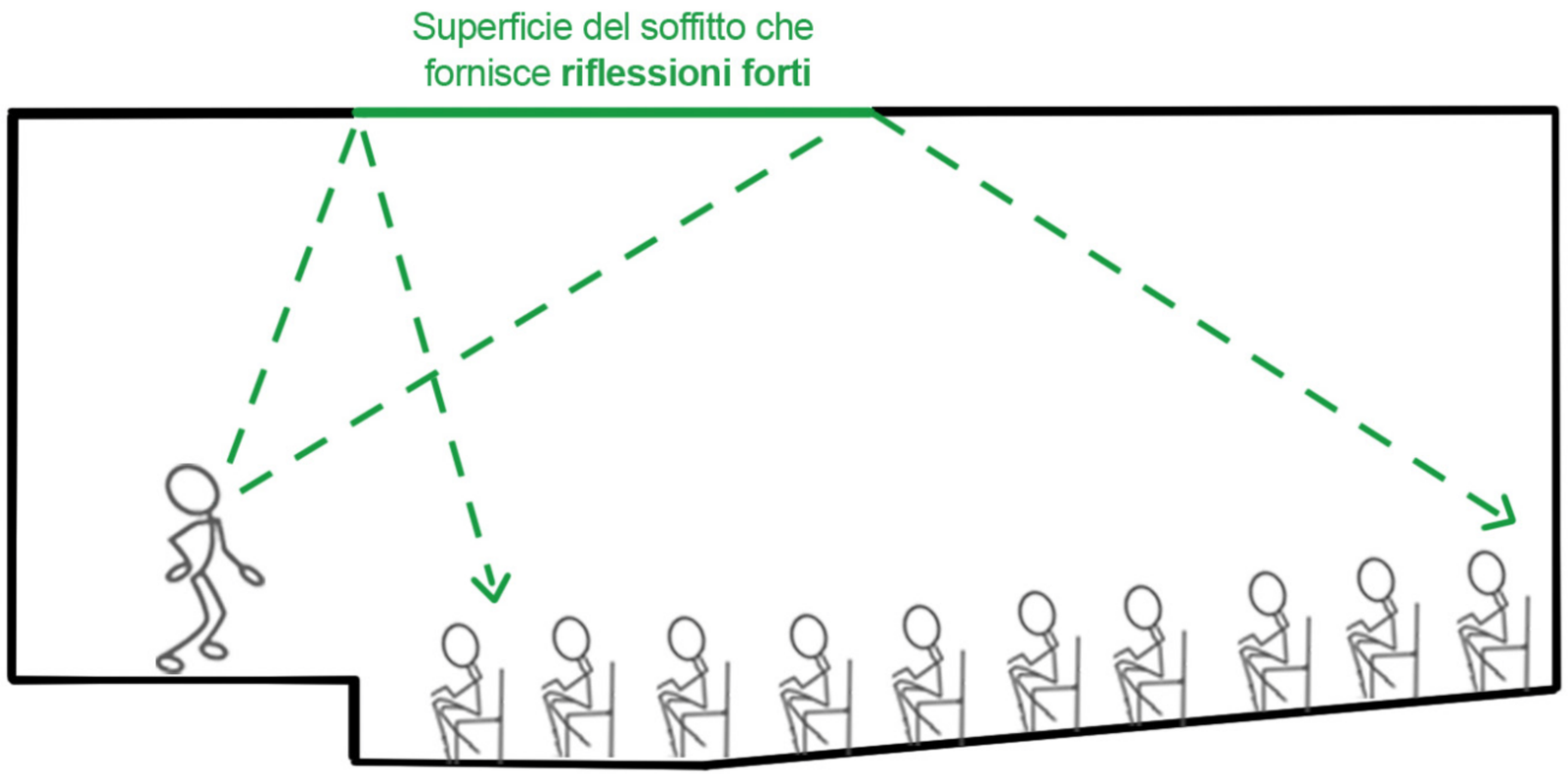


Figura 5.7 Individuazione della parte del soffitto che fornisce riflessioni utili e pertanto non deve essere trattata acusticamente. Una procedura analoga si svolge per le altre superfici

E. Favorire la comprensione del parlato

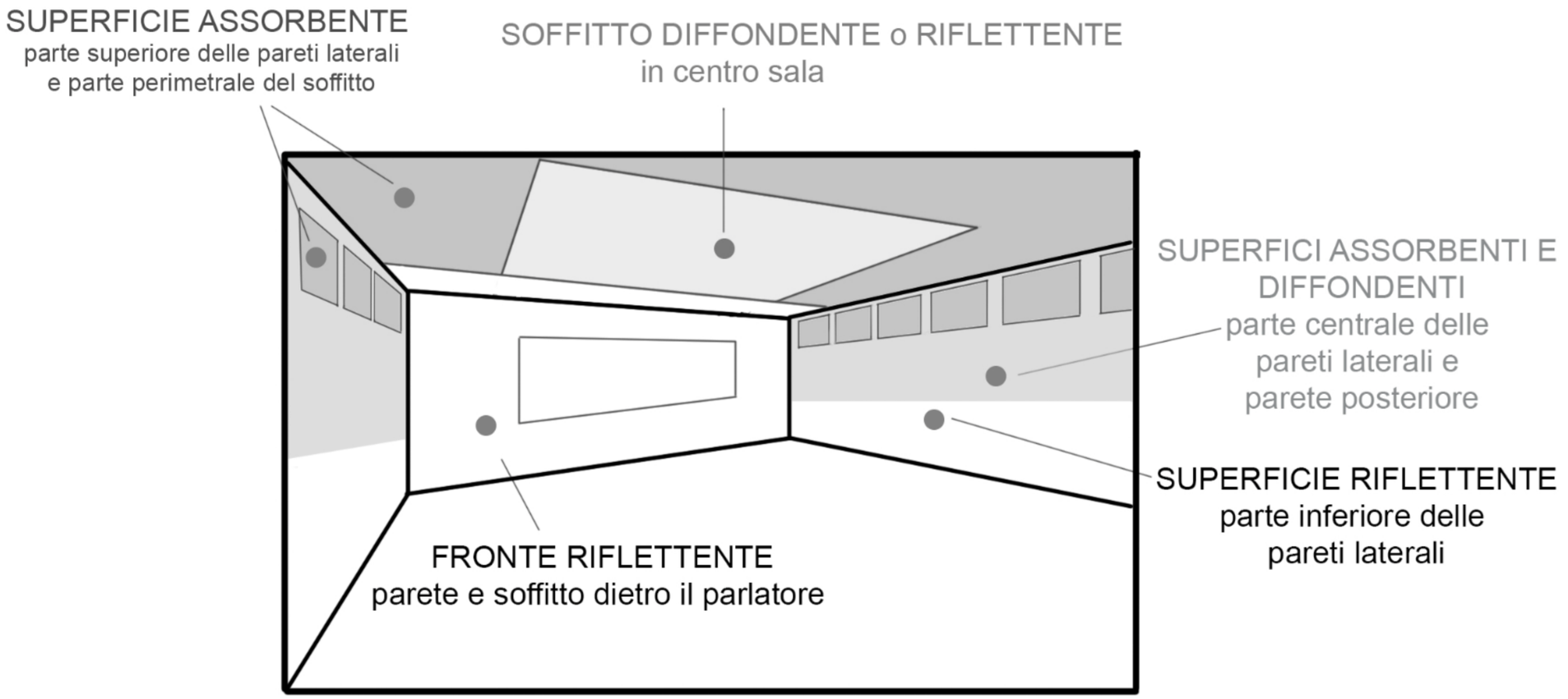


Figura 5.12 Disposizione dei materiali fonoassorbenti, fonoriflettenti e fonodiffondenti nella sala conferenze

F. Le aule per la musica

1. Le caratteristiche architettoniche degli spazi *(volume, forma e proporzione delle aule).*
2. Il trattamento acustico delle aule.
3. L'isolamento acustico delle aule.

Tabella 6.1 Dimensionamento del volume ai fini acustici

Attività	Capienza Massima	Superficie di pavimento
Pratica e prove individuali	1 studente	circa 3 - 4 m^2
Lezione privata	2 studenti	circa 5 m^2
Pratica e prove di piccoli gruppi	4 studenti	circa 7 m^2
Pratica e prove di gruppi medi	6 studenti	circa 9 m^2
Prove e lezioni di gruppo	15 studenti	da 30 a 40 m^2

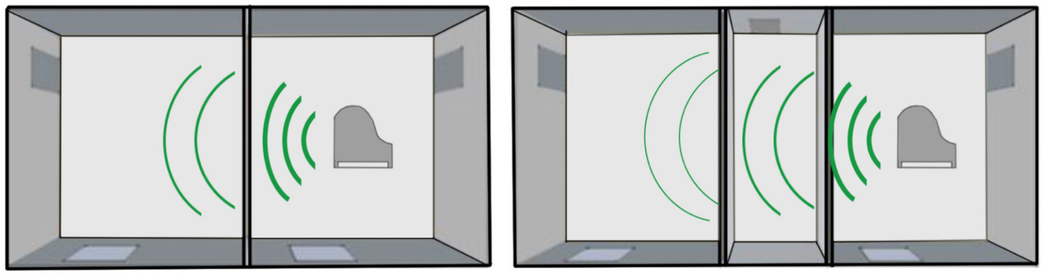


Figura 6.1 Effetto della presenza di spazi filtro sulla propagazione del rumore tra aule musica adiacenti

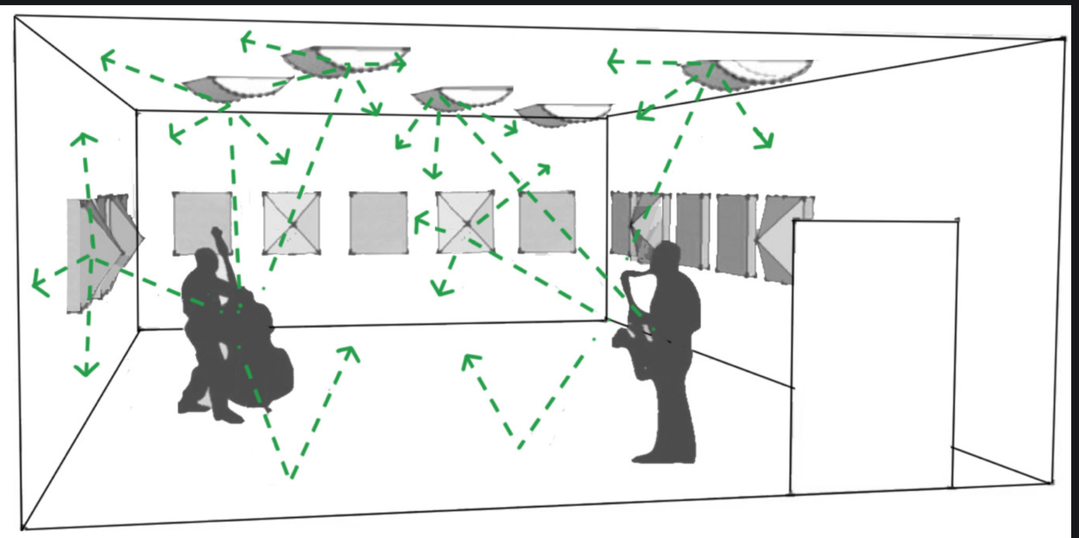


Figura 6.3 Riflessioni del suono in un'aula con trattamento acustico fonoassorbente e fonodiffondente

Le novità introdotte dai decreti sui Criteri Ambientali Minimi (CAM)

I descrittori acustici da utilizzare sono:

A. quelli definiti nella UNI 11367 per i requisiti acustici passivi delle unità immobiliari;

B. almeno il tempo di riverberazione e lo STI per l'acustica interna agli ambienti di cui alla UNI 11532.

Secondo il DM 11 gennaio 2017 [8], nei casi di nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici, devono essere perseguiti criteri di sostenibilità ambientale. Nello specifico i requisiti acustici passivi devono rispettare:

A. La classe II della UNI 11367.

B. Per gli edifici ospedalieri e scolastici, il livello di “prestazione superiore” dell’Appendice A della UNI 11367.

C. La “prestazione buona” del prospetto B.1 dell’Appendice B della UNI 11367.

D. Per gli ambienti interni i valori dei descrittori acustici definiti dalla UNI 11532.

E. STI (Intelligibilità del parlato).

...e quindi ora cosa si usa per le scuole?

- I requisiti acustici minimi richiesti, come mostrato nelle tabelle comparative che seguono, sono generalmente superiori agli attuali standard minimi previsti dal DPCM 5/12/97, salvo poche eccezioni.
- **Vengono introdotti inoltre requisiti specifici per le partizioni verso gli spazi comuni e condominiali, aspetto trascurato dall'attuale legislazione ma molto importante per il comfort acustico.**

Requisito	DM 11/1/17	DPCM 5/12/97	DM 18/12/75
Isolamento acustico normalizzato di facciata, $D_{2m,nT,w}$	43	48	(25) *(infissi)*
Potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di differenti unità immobiliari, R'_w	56	50	-
Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari, L'_{nw}	53	63	68
Livello sonoro immesso da impianti a funzionamento continuo, L_{ic} in ambienti diversi da quelli di installazione	28	(25)	(36)
Livello sonoro massimo immesso da impianti a funzionamento discontinuo, $L_{.in}$ ambienti diversi da quelli di installazione	34	(35)	(40)
Isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, $D_{nT,w}$	55	-	42
Isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare, $D_{nT,w}$	50	-	40
Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, L'_{nw}	53	63	68

STUDIO SOUND SERVICE

Dott. Donato Masci – ing. Cecilia Torracchi

Caso studio: Istituto Comprensivo di Camigliano (LU)

Istituto Comprensivo di Camigliano (LU)

Mensa scolastica, pannelli in fibra di poliestere.

42° CONVEGNO NAZIONALE DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA DI ACUSTICA
FIRENZE 2015

L'USO DELLA FIBRA DI POLIESTERE RICICLATO PER LA CORREZIONE ACUSTICA DEGLI AMBIENTI INTERNI.

Sara Casini (1), Massimiliano Lunardi (1), Donato Masci (2), Cecilia Torracchi (2), Rosa Romano (3), Simone Secchi (4)

1) Manifattura Maiano S.p.A., Firenze 2) Studio Sound Service, Firenze 3) Dipartimento DIDA, Università degli Studi di Firenze 4) Dipartimento DIEF, Università degli Studi di Firenze

1.INTRODUZIONE

Grazie al riciclo di contenitori di plastica post consumo è possibile ottenere fibre in PET da utilizzare per realizzare pannelli dalle ottime qualità acustiche.
Le fibre di poliestere mantengono inalterate nel tempo le proprie caratteristiche conferendo ai pannelli, se correttamente applicati, una durata assimilabile a quella del ciclo vita di un edificio (~50 anni).
I pannelli non subiscono variazioni cromatiche, non risentono dell'umidità degli ambienti e sono inattaccabili da microrganismi, muffe e insetti. La fibra di poliestere è un prodotto anallergico che non contiene sostanze nocive per la salute dell'uomo (in special modo particelle volatili dannose per le vie respiratorie).
Per quanto riguarda la classe di reazione al fuoco i pannelli generalmente risultano in Euro-classe B s2, d0 (secondo UNI EN 13501-1).

2.ANALISI DEL CICLO VITA

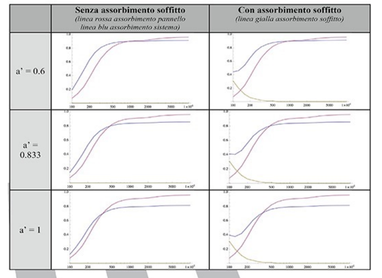
La "***Valutazione del ciclo vita***" (*LCA – Life Cycle Assessment*) è una metodologia regolata dagli standard ISO 14040 che mira a quantificare il carico energetico ed ambientale del ciclo di vita di un prodotto, o di un'attività, attraverso la quantificazione dell'energia, dei materiali usati, delle emissioni (solide, liquide e gassose) rilasciate nell'ambiente, dall'estrazione delle materie prime fino allo smaltimento dei rifiuti finali.

Categoria d'impatto	Unità	Totale per $R=1 m^2K/W$	Totale per 1 kg
Carbon footprint (GWP 100)	kg CO_2 eq	3,119	2,106
Water footprint	m^3 water eq	21,070	14,227
Consumo energetico CED, non rinnovabile	MJ	17,074	22,525
Acidificazione	mole H^+ eq	6,525E-03	4,406E-03

Risultati per alcune categorie di impatto di un pannello in poliestere riciclato di densità 40 kg/m³ e spessore 40 mm.

3.STUDIO SPERIMENTALE SULLA RESA ACUSTICA DI PANNELLI BAFFLES FONOASSORBENTI A SOFFITTO

Il coefficiente di assorbimento di un "*pacchetto baffle*" non ha un valore fissato ma varia a seconda di molti parametri tra cui la distanza dalla superficie rigida, la distanza tra i baffles e la loro geometria (oltre che, ovviamente, le proprietà del materiale fonoassorbente).
Il miglioramento rispetto ai sistemi a *cloud orizzontali* è dovuto al fatto che il poliestere, in questa configurazione, pur perdendo una piccola quantità di assorbimento ad alta frequenza (dove però il materiale poroso è già di per sé estremamente performante), acquista performance sulle basse frequenze.
Per valutare le prestazioni del sistema è stato verificato sperimentalmente che la semplice somma dell'area di assorbimento equivalente di un singolo baffle sovrastima l'assorbimento del sistema e, quindi, non è corretta.



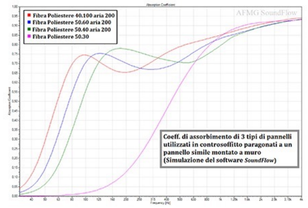
Variazione del coefficiente di assorbimento di baffles in poliestere.
a è il rapporto di a (distanza tra i baffle) e h (altezza dei baffle).*

Per calcolare il coefficiente di assorbimento di una superficie equivalente di soffitto trattata con baffle verticali si può ricorrere ad un metodo teorico [1] che si basa su una costruzione di tipo geometrico, valida in situazioni in cui l'altezza dei baffle è dello stesso ordine di grandezza della loro spaziatura.

[1] Probst W., "Sound Absorption of Baffle Systems", ACCON GmbH (2007).

4.L'APPLICAZIONE DI PANNELLI IN FIBRA POLIESTERE PER LA CORREZIONE ACUSTICA DI SCUOLE

Nelle aule scolastiche è importante garantire oltre al soddisfacimento delle prestazioni che limitano il rumore in eccesso ed il tempo di riverbero anche quei parametri che indicano la qualità della trasmissione del suono come la chiarezza e la definizione del parlato; in tal senso il contenimento delle basse frequenze è fondamentale per migliorare la trasmissione del suono rendendolo neutro e più chiaro possibile.
È da notare a questo proposito che pur trattandosi di un trattamento acustico con materiale poroso, è possibile ottenere una colorazione tonale del tempo di riverberazione molto neutra; in questo modo si permette di ottimizzare il comfort acustico di un ambiente in cui si svolgono attività quotidiane che possono influire sulla qualità reale della vita dei bambini e degli insegnanti.

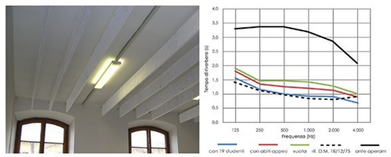


Confronto tra il coefficiente di assorbimento acustico di pannelli montati in aderenza al muro o a distanza di 200 mm da esso.

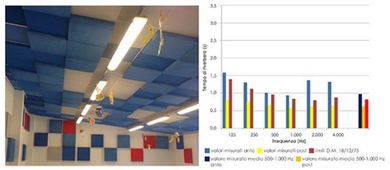
4.1.CASI STUDIO

L'economicità, il basso impatto ambientale, la facilità di posa, la possibilità di essere colorata o rivestita facilmente e le alte prestazioni acustiche fanno della fibra poliestere un materiale particolarmente indicato per la correzione acustica di ambienti interni ed in particolare delle scuole, come mostrano i due casi studio riportati.

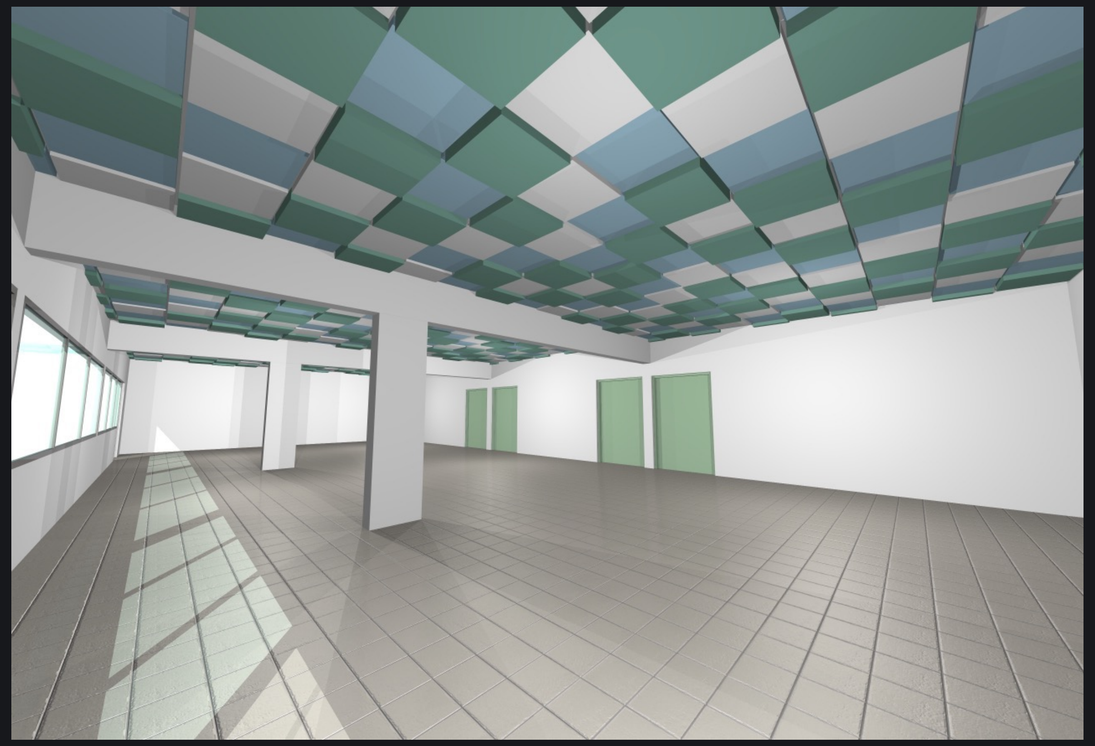
Correzione acustica delle aule dell'Istituto Tecnico G. Salvemini a Firenze



Correzione acustica del refettorio della scuola media Saltocchio a Lucca



Correzione acustica nella aula mensa

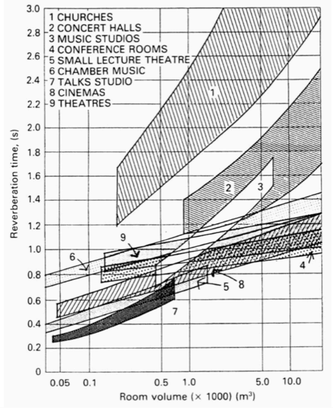
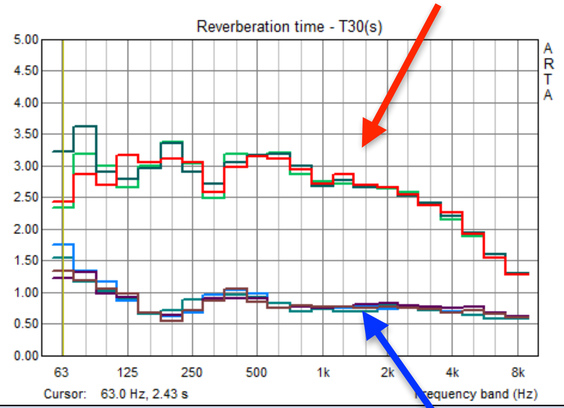
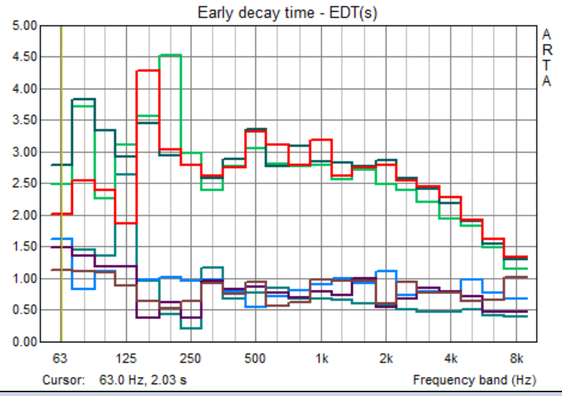


La correzione si può descrivere dai seguenti interventi:

1. applicazione a soffitto di pannelli in fibra di poliestere verniciata di varie densità e spessori, divaricati dal soffitto rigido per migliorare le prestazioni del pannello alle basse frequenze;
2. applicazione di pannelli sempre in fibra di poliestere, rivestiti di stoffa trevira ignifuga alle pareti.

Correzione acustica nella aula mensa

Tempi di riverberazione / decadimento sonoro

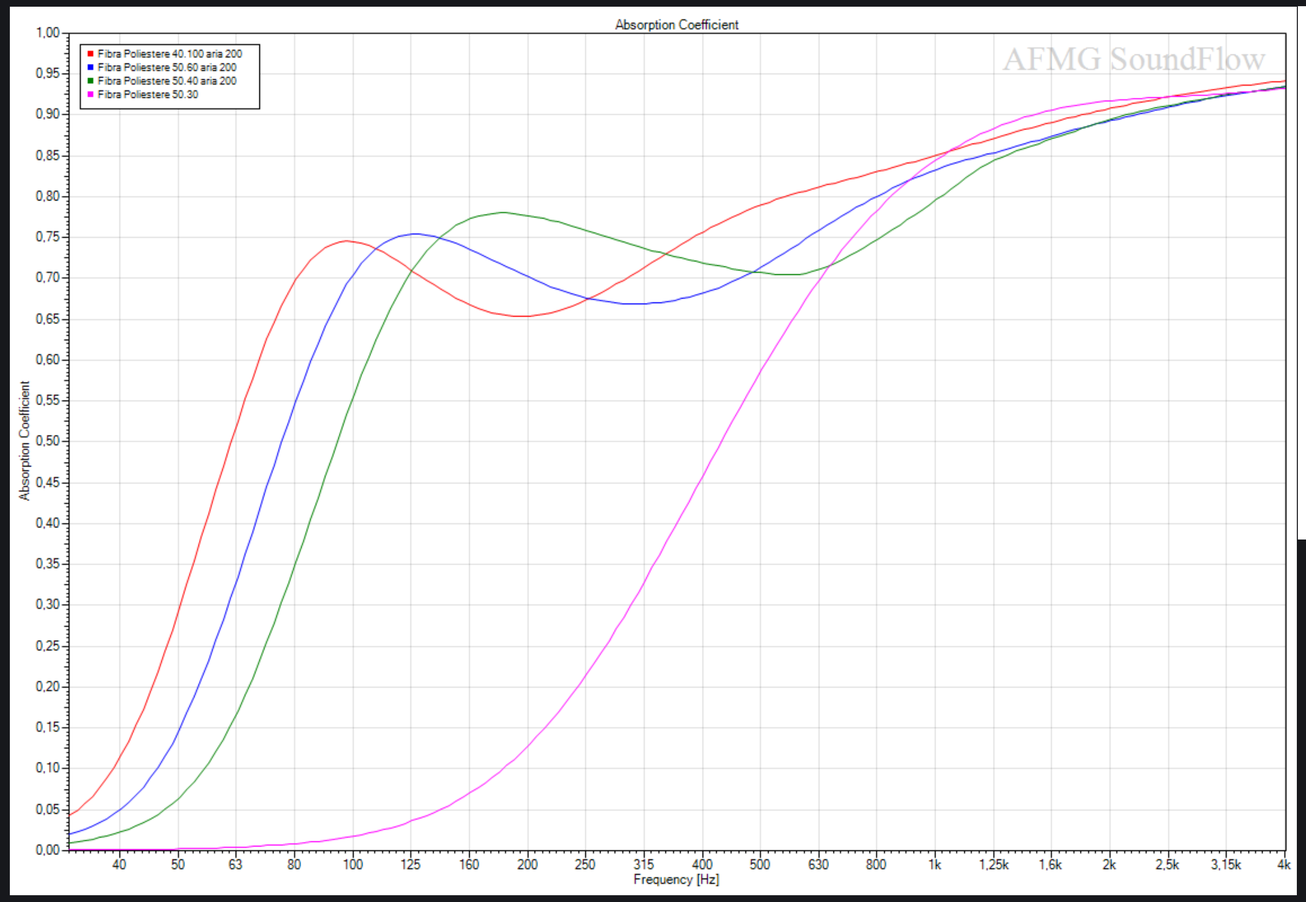
Legenda	Misure effettuate	
	T30	EDT
		
Il tempo di riverberazione si può stimare con diversi parametri tra cui T30 ed EDT. Il T30 è calcolato su un decadimento sonoro di 30 dB, mentre l'EDT solo sulla parte iniziale del decadimento ossia le prime riflessioni. Il tempo di riverberazione ottimale per una sala con queste dimensioni e destinazione d'uso @ 500 Hz è 0.80÷0.90 s.	- i tempi di riverberazione si sono ridotti di circa un fattore 3; sia il T30 che l'EDT misurati post operam rientrano perfettamente nel range ottimale che avevamo esposto prima dell'intervento; - anche i tempi a basse frequenze si sono ridotti, indice del fatto che il trattamento da noi utilizzato ha un'efficienza importante rispetto ad altre soluzioni commerciali; - il comfort acustico della sala è particolarmente migliorato; con tali parametri di riverberazione i rumori immessi nella sala saranno molto più contenuti.	

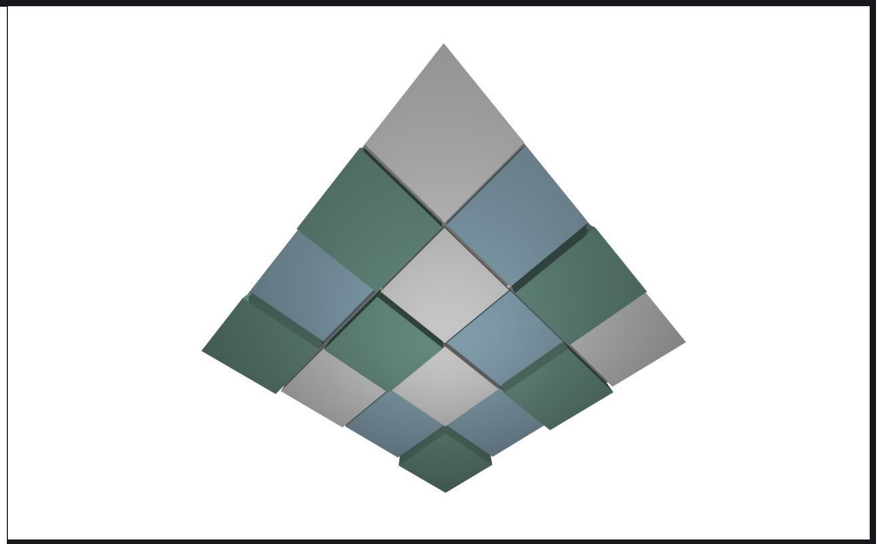
Correzione acustica nella aula mensa

		STI - Intelligibilità del parlato		
Ante operam	STI (m)	0.3713	0.4468	0.3986
	STI (f)	0.3743	0.4560	0.4004
	%ALcons	21.8160	15.1759	19.2717
Post operam	STI (m)	0.7475	0.7714	0.7515
	STI (f)	0.7603	0.7739	0.7592
	%ALcons	3.0690	2.8432	3.1197

- Il miglioramento dell'intelligibilità nella sala è sostanziale dopo l'intervento, si passa da un valore medio di 42% a 76%, indice di un ottimo comfort acustico;
- la percentuale di fonemi persi durante una conversazione passa da un valore medio di 17 a 3 circa: questa caratteristica permette di non dover alzare il livello vocale durante la comunicazione, evitando così l'innalzamento del livello del rumore di fondo, che disturba soprattutto durante i pasti.

Caratteristiche di assorbimento dei pannelli





Realizzazione finale

STUDIO
SOUND
SERVICE
www.studiosoundservice.com
presenta:
STUDIO
SOUND
SERVICE
acoustic design
SICURTECTO

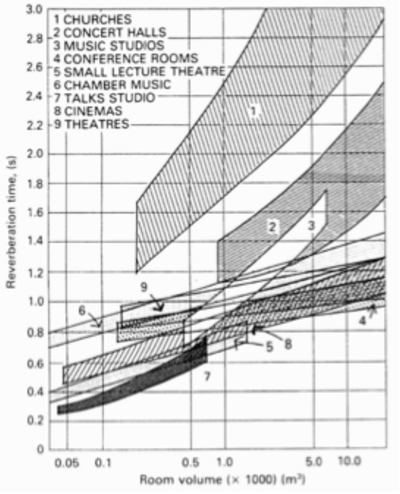
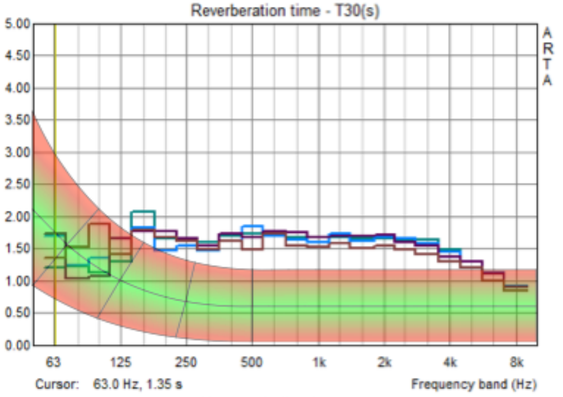
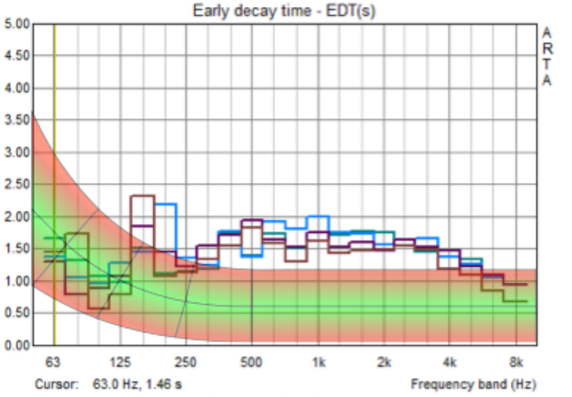
Correzione acustica nella aula scolastica

La correzione si può descrivere dai seguenti interventi:

1. applicazione a soffitto di pannelli in fibra di poliestere verniciata di varie densità e spessori, divaricati dal soffitto rigido per migliorare le prestazioni del pannello alle basse frequenze;
2. applicazione di pannelli sempre in fibra di poliestere, rivestiti di stoffa trevira ignifuga alle pareti.

Analisi del tempo di riverberazione

TEMPI DI RIVERBERAZIONE / DECADIMENTO SONORO

Legenda	Misure effettuate	
	T30	EDT
	 più punti di misura	 più punti di misura
Il tempo di riverberazione si può stimare con diversi parametri tra cui T30 ed EDT. Il T30 è calcolato su un decadimento sonoro di 30 dB, mentre l'EDT solo sulla parte iniziale del decadimento ossia le prime riflessioni. Il tempo di riverberazione ottimale per una sala con queste dimensioni e destinazione d'uso @ 500 Hz è 0.50÷0.60 s.	• tempi di riverberazione estremamente lunghi • picco su frequenze medie relative al parlato (500 ÷ 1000 Hz) tipiche delle prime riflessioni dalle pareti vicine • tempi di riverberazione alle basse frequenze piuttosto contenuti rispetto al resto dello spettro, perché l'energia sonora a queste frequenze fuoriesce dalle vetrate e non resta nella stanza: il rimbombo non è il problema principale, ma se l'intervento di assorbimento non agisse anche alle basse frequenze si avrebbero dei problemi di "rimbombo" dopo l'intervento.	

Realizzazione finale

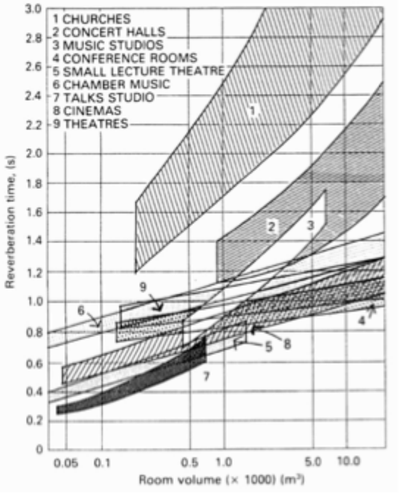
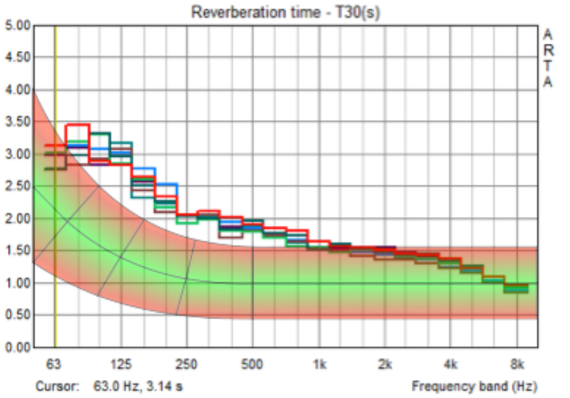
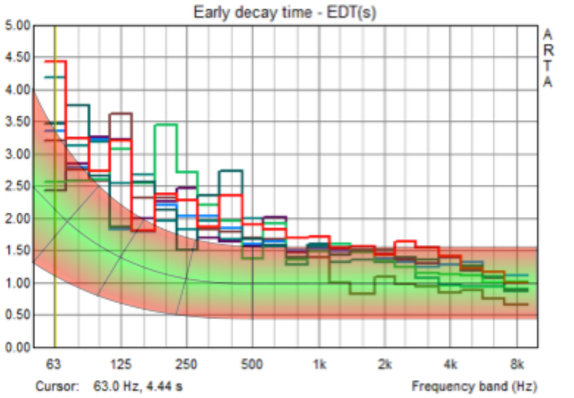
Analisi dell'auditorium / Spazio comune

Questo auditorium (che in realtà è un locale di distribuzione interno), è stato trattato in passato con semplice materiale poroso molto sottile.

Il risultato è un leggero abbattimento di alte frequenze ma resta una lunga riverberazione alle medio basse che, ad esempio, non consente di svolgere attività musicali.

Analisi del tempo di riverberazione

TEMPI DI RIVERBERAZIONE / DECADIMENTO SONORO

Legenda	Misure effettuate	
	T30	EDT
	 più punti di misura	 più punti di misura
Il tempo di riverberazione si può stimare con diversi parametri tra cui T30 ed EDT. Il T30 è calcolato su un decadimento sonoro di 30 dB, mentre l'EDT solo sulla parte iniziale del decadimento ossia le prime riflessioni. Il tempo di riverberazione ottimale per una sala con queste dimensioni e destinazione d'uso @ 500 Hz è 1.00 s.	• tempi di riverberazione estremamente lunghi • picco su basse frequenze 80÷160 Hz dovuto al fatto che la sala presenta già un trattamento acustico (anche se fatiscente) per le alte frequenze • l'ideale sarebbe rifare un trattamento simile ma leggermente più performante per le alte frequenze e contenere un po' meglio le basse, soprattutto nel range tra 80 e 250 Hz che causano un rimbombo fastidioso, in particolare con sorgenti di tipo musicale.	

Analisi dell'intelligibilità del parlato

STI - INTELLIGIBILITÀ DEL PARLATO

SPEECH TRANSMISSION INDEX – MTF Matrix

Band	125	250	500	1000	2000	4000	8000
0.63	0.8395	0.8959	0.9368	0.9381	0.9463	0.9526	0.9704
0.80	0.6912	0.7797	0.8623	0.8589	0.8768	0.8885	0.9278
1.00	0.6912	0.7797	0.8623	0.8589	0.8768	0.8885	0.9278
1.25	0.5816	0.6679	0.7852	0.7703	0.7974	0.8115	0.8728
1.60	0.5164	0.5760	0.7169	0.6864	0.7191	0.7320	0.8117
2.00	0.4789	0.5022	0.6607	0.6126	0.6462	0.6560	0.7489
2.50	0.4059	0.3836	0.5818	0.4941	0.5213	0.5231	0.6284
3.15	0.2635	0.3106	0.5317	0.4066	0.4303	0.4175	0.5180
4.00	0.2380	0.3071	0.4823	0.3444	0.3691	0.3324	0.4155
5.00	0.2902	0.3528	0.3932	0.2657	0.2872	0.2182	0.2738
6.30	0.1568	0.2748	0.2988	0.2099	0.1780	0.1014	0.1269
8.00	0.0868	0.1744	0.2008	0.2258	0.1098	0.1009	0.1701
10.00	0.1623	0.1672	0.2161	0.3358	0.2268	0.2501	0.3294
12.50	0.0882	0.0257	0.3465	0.3676	0.3284	0.3573	0.4640
OctTI	0.4183	0.4526	0.5522	0.5304	0.5259	0.5206	0.5822

STI = 0.5296 (male), 0.5334 (female) Rating: FAIR (FAIR)
(%ALcons= 10.6343)

SPEECH TRANSMISSION INDEX – MTF Matrix

Band	125	250	500	1000	2000	4000	8000
0.63	0.8040	0.8939	0.9051	0.9293	0.9387	0.9488	0.9670
0.80	0.6153	0.7793	0.7930	0.8405	0.8593	0.8803	0.9200
1.00	0.6153	0.7793	0.7930	0.8405	0.8593	0.8803	0.9200
1.25	0.4467	0.6684	0.6767	0.7416	0.7694	0.7995	0.8599
1.60	0.3189	0.5717	0.5743	0.6470	0.6830	0.7190	0.7941
2.00	0.2476	0.4918	0.4901	0.5633	0.6061	0.6462	0.7282
2.50	0.2778	0.3988	0.3629	0.4360	0.4798	0.5312	0.6077
3.15	0.2693	0.3441	0.2877	0.3623	0.3797	0.4489	0.5091
4.00	0.2556	0.2590	0.2826	0.3259	0.3066	0.3863	0.4316
5.00	0.2064	0.1297	0.2751	0.2883	0.2332	0.3046	0.3460
6.30	0.0386	0.0619	0.1969	0.2391	0.1756	0.2201	0.2698
8.00	0.1190	0.0750	0.1927	0.1759	0.1590	0.1567	0.1903
10.00	0.1493	0.0456	0.1395	0.1359	0.1245	0.1377	0.1214
12.50	0.1547	0.0640	0.1272	0.1281	0.0983	0.1207	0.0877
OctTI	0.3681	0.4033	0.4585	0.4885	0.4875	0.5176	0.5539

STI = 0.4873 (male), 0.4944 (female) Rating: FAIR (FAIR)
(%ALcons= 13.2470)

SPEECH TRANSMISSION INDEX – MTF Matrix

Band	125	250	500	1000	2000	4000	8000
0.63	0.8770	0.9104	0.9095	0.9385	0.9448	0.9519	0.9717
0.80	0.7580	0.8105	0.8052	0.8626	0.8733	0.8875	0.9317
1.00	0.7580	0.8105	0.8052	0.8626	0.8733	0.8875	0.9317
1.25	0.6497	0.7113	0.7027	0.7808	0.7917	0.8115	0.8815
1.60	0.5567	0.6256	0.6187	0.7045	0.7127	0.7354	0.8279
2.00	0.4729	0.5556	0.5537	0.6358	0.6414	0.6654	0.7754
2.50	0.3150	0.4488	0.4598	0.5143	0.5246	0.5500	0.6828
3.15	0.1921	0.3435	0.3807	0.4144	0.4393	0.4644	0.6093
4.00	0.1276	0.2372	0.2982	0.3392	0.3799	0.4012	0.5500
5.00	0.2267	0.1966	0.2541	0.2441	0.3232	0.3299	0.4760
6.30	0.2877	0.1257	0.2358	0.1685	0.2614	0.2502	0.3932
8.00	0.1626	0.0982	0.1988	0.1226	0.2079	0.1616	0.2968
10.00	0.0306	0.1280	0.1788	0.0988	0.1698	0.0834	0.1885
12.50	0.2880	0.2551	0.0335	0.0642	0.1448	0.0537	0.0910
OctTI	0.4247	0.4616	0.4656	0.4851	0.5249	0.5127	0.6008

STI = 0.5085 (male), 0.5158 (female) Rating: FAIR (FAIR)
(%ALcons= 11.3368)

SPEECH TRANSMISSION INDEX – MTF Matrix

Band	125	250	500	1000	2000	4000	8000
0.63	0.8380	0.8896	0.9157	0.9512	0.9522	0.9625	0.9728
0.80	0.6868	0.7784	0.8186	0.8888	0.8894	0.9116	0.9336
1.00	0.6868	0.7784	0.8186	0.8888	0.8894	0.9116	0.9336
1.25	0.5634	0.6910	0.7216	0.8184	0.8159	0.8500	0.8828
1.60	0.4646	0.6361	0.6357	0.7508	0.7419	0.7860	0.8260
2.00	0.3704	0.5982	0.5584	0.6910	0.6723	0.7239	0.7674
2.50	0.2122	0.5446	0.4195	0.6024	0.5542	0.6107	0.6544
3.15	0.1697	0.5059	0.3008	0.5474	0.4647	0.5127	0.5533
4.00	0.1579	0.4388	0.2216	0.5035	0.3938	0.4295	0.4662
5.00	0.1777	0.4183	0.1821	0.4563	0.3056	0.3328	0.3658
6.30	0.1915	0.3865	0.2128	0.4542	0.2090	0.2250	0.2910
8.00	0.1951	0.4166	0.2074	0.4402	0.1754	0.1557	0.2814
10.00	0.0632	0.3816	0.2006	0.3801	0.2383	0.2148	0.3220
12.50	0.1677	0.2653	0.1531	0.3300	0.2912	0.3229	0.3971
OctTI	0.3918	0.5381	0.4739	0.5968	0.5447	0.5669	0.6105

STI = 0.5493 (male), 0.5573 (female) Rating: FAIR (FAIR)
(%ALcons= 9.3740)

- Risultato da considerarsi scarso, in pratica si ha una perdita dei fonemi che va dal 9 all'13 % (con queste condizioni acustiche questa percentuale di fonemi non viene compresa).

Aula Magna scolastica

San Felice sul Panaro
...gara d'appalto, vinta con massimo dei voti...

Il lavoro a step

NORMATIVA APPLICABILE : I valori di riferimento per l'isolamento acustico sono stabiliti dal DPCM 5 dicembre 1997, secondo la seguente tabella:

Categoria dell'edificio	Parametri				
	R'_w	$D_{2m,nT,w}$	$L'_{n,w}$	L_{Asmax}	L_{Aeq}
D	55	45	58	35	25
A, C	50	40	63	35	35
E	50	48	58	35	25
B, F, G	50	42	55	35	35

Valori di Rw riferiti a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari.

Tabella di sintesi delle migliorie relative all'isolamento acustico, rispetto ad indici di normativa o capitolato:

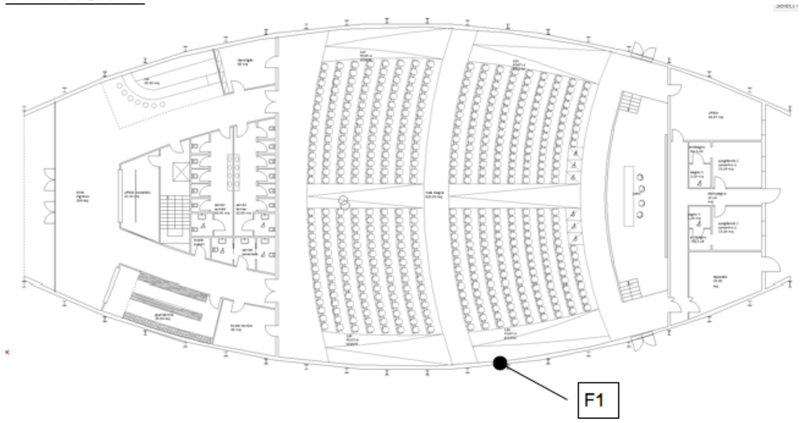
Elemento	Requisito da capitolato o da normativa dBA	Valore raggiunto dBA
Pareti divisorie aula magna	R'w minimo 47 (capitolato)	Rw 71; R'w min 62,8
Porte aula magna	R'w min 38 (capitolato)	Rw 56; R'w min 62,8
Finestre	R'w min 38 (capitolato)	facciata ingresso Rw 50; R'w 49,4 facciate est/ovest Rw 40; R'w 50,0
Pareti divisorie aula magna	R'w min 50 (normativa)	R'w min 62,8
Pareti divisorie altri locali	R'w min 50 (normativa)	Rw 65 dBA; R'w min 55
Facciata e copertura	D2m,nT,w min 48 (normativa)	D2m,nT,w 50,0
Solaio interpiano aereo	R'w min 50 (normativa)	R'w 59
Solaio interpiano calpestio	L'n,w massimo 58 (normativa)	L'n,w 51

A. Requisiti acustici passivi degli edifici:
   1. isolamento di facciata;
   2. isolamento tra ambienti;
   3. controllo rumorosità da calpestio;
   4. controllo rumorosità impianti;

B. acustica interna:
   1. controllo del tempo di riverberazione;
   2. altri parametri di qualità (C50, D50, STI);
   3. studio previsionale – sorgente vocale;
   4. studio previsionale – sorgente omnidirezionale;
   5. studio previsionale – impianto audio residente;
   6. studio previsionale – impianto audio per EVAC.

Requisiti acustici passivi: Isolamento di Facciata

VERIFICA F1



Parete:

La parete sarà costruita in analogia con il tipo DATAHOLZ "fdmhbo01-02" (fatta eccezione per la lamiera superiore che si prevede liscia).

V. Capitolato Tecnico Prestazionale.

Porta di accesso;
Si prevede la seguente porta tipo "SEBINO 46DB", dotata di opportuno maniglione antipanico:

V. Capitolato Tecnico Prestazionale.

Vetrate

Le vetrate saranno tipo Pilkington **Optiphon™**da Rw 40 dBA:

V. Capitolato Tecnico Prestazionale.

Calcolo isolamento acustico di facciata:

dim. Interne:

tipo =	sezione		
a: altezza facciata =	8	m	misure interne
b: profond. locale =	23	m	misure interne
c: largh. facciata =	31	m	misure interne
superficie locale =	713,00	mq	
V locale=	5704,00	mc	
S facciata =	248,0	mq	

$$R' = -10 \lg\left(\sum_{i=1}^{n} \frac{S_i}{S} 10^{-\frac{R_i}{10}} + \frac{A_0}{S}\sum_{i=1}^{p} 10^{\frac{-D_{ni}}{10}}\right) - K(dB)$$

elementi della facciata

descriz.	porta	pareti opache	vetrate	
Ri (dB)	46	45	40	
Si (mq)	3,8	182,2	62,0	

Si/S*(10^(-Ri*0,1)) =	3,84886E-07	2,32325E-05	0,000025	0

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{S_i}{S} 10^{-\frac{R_i}{10}} = 4{,}86174E\text{-}05$$

$$\frac{A_0}{S}\sum_{i=1}^{n} 10^{-\frac{D_{ni}}{10}} = 0$$

k = 2

R' = **41,1**

CALCOLO DLfs
Forma facciata (DLfs) = 0

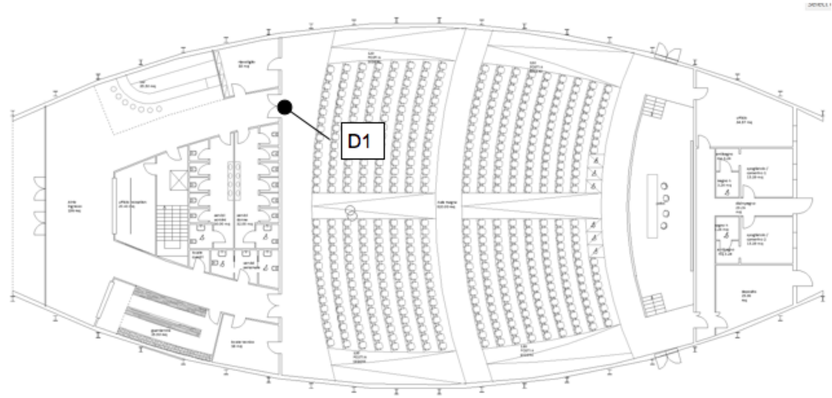
CALCOLO RAPPORTO DIMENSIONALE

$$10 \lg \frac{V}{6 T_0 S} = 8{,}85$$

ISOLAMENTO DI FACCIATA

D2m,nT = 50,0 MINIMO = 48

Requisiti acustici passivi: verifica delle partizioni interne



Volume ambiente ricevente (m^3)	**800,98**

Risultato	
Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente R'_w (dB)	**59**
Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato $D_{nT,w}$ (dB)	**70**

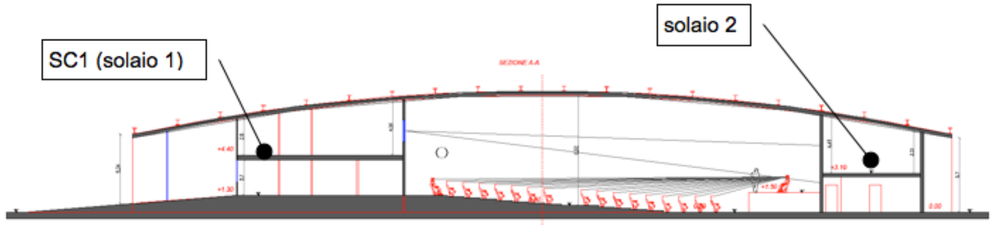
Ambiente	**Valore limite di legge**	**Verifica**
Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili	$R'_w \geq 50$ (dB)	**Verificato**

Calcoli eseguiti con il software NIS elaborato da eos s.r.l. - Milano

Struttura di separazione	R_w (dB)	62,8	Parete in cartongesso
	Massa (kg/m²)	70,00	1408 - knauf 71 dBA con porta 56 dBA
Struttura 1	R_w (dB)	65,0	Parete in cartongesso
	Massa (kg/m²)		Knauf w112
Struttura 2	R_w (dB)	64,0	Parete in cartongesso
	Massa (kg/m²)	95,00	1327 - divisoria
Struttura 3	R_w (dB)	65,0	Parete in cartongesso
	Massa (kg/m²)		Knauf w112
Struttura 4	R_w (dB)	46,0	Solaio in calcestruzzo
	Massa (kg/m²)	200,00	
Struttura 5	R_w (dB)	65,0	Parete in cartongesso
	Massa (kg/m²)		Knauf w112
Struttura 6	R_w (dB)	64,0	Parete in cartongesso
	Massa (kg/m²)	95,00	1327 - divisoria
Struttura 7	R_w (dB)	65,0	Parete in cartongesso
	Massa (kg/m²)		Knauf w112
Struttura 8	R_w (dB)	46,0	Solaio
	Massa (kg/m²)	200,00	

Requisiti acustici passivi: verifica dei solai interpiano

VERIFICA SC1 (ufficio direzione/ufficio reception)



stratigrafia:

- Solaio in ferro grecato hybond h= 7 cm
- Caldana collaborante in cemento armato h= 10 cm
- Isolante in polistirene densità 30 kg/mc h = 8 cm
- Materassino anticalpestio tipo ISOLMANT BIPLUS h = 0,8/0,9 cm
  V. Capitolato Tecnico Prestazionale.
- Massetto in sabbia e cemento per pavimento h=6 cm
- Pavimento in gres h= 1 cm

Si impone la installazione di materassino anticalpestio e relative fasce laterali, posato a regola d'arte, secondo indicazioni del produttore.

m1' = m' solaio nudo (soletta) =		307	*kg/mq*	
m2' = m' pavimento galleggiante (massetto) =		108	*kg/mq*	
s = rigidità dinamica strato resiliente in NN/mc =		11	*MN/mc*	
solaio nudo				
Ln = isolamento al calpestio =	164 - 35 * logm'	**76,95**	dB	*UNI*
solaio laterocementeo: incremento del fonoisolamento con pavimento galleggiante				
DLn = 30 * LOG(500/fo)) =		**29,73**	dB	
fo = 160 RADQ(S'/m2') =		51,06		
k=	4 dB			
solaio complessivo	UNI			
Ln,w = Ln - DLn + k =	**51,22** dB			

Si prevede l'applicazione di tale materassino anche nel solaio indicato a disegno come "Solaio 2", per eventuali usi futuri.

Requisiti acustici passivi: verifica rumorosità impianti (UTA)

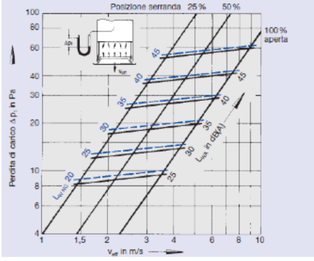
Su entrambe le UTA (interna ed esterna) verranno applicati silenziatori sulla mandata del tipo TROX Italia S.p.A."CB" coi seguenti valori di smorzamento acustico:

Grandezza	Lunghezza L = 1500 mm $f_{m,ott.}$ in Hz							
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
250	7	14	22	41	50	50	50	44
315	7	12	20	37	50	50	50	34
400	6	10	17	33	50	50	40	26
450	5	9	16	31	50	50	36	23
500	5	9	16	30	50	50	33	21
560	4	8	15	30	50	48	29	19
630	4	8	14	29	50	44	26	16
710	4	7	13	28	50	41	23	14
800	3	6	13	26	49	37	20	12
900	3	6	12	24	47	34	17	11
1000	3	6	11	23	45	33	16	10

Le griglie di mandata e ripresa dell'Aula Magna saranno del tipo del tipo TROX Italia S.p.A., con le seguenti caratteristiche acustiche (si prevede l'uso 100% aperta):

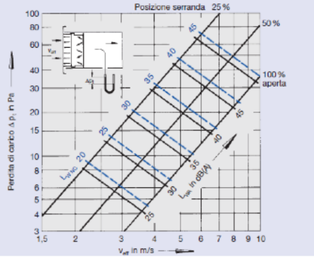
Aria di mandata

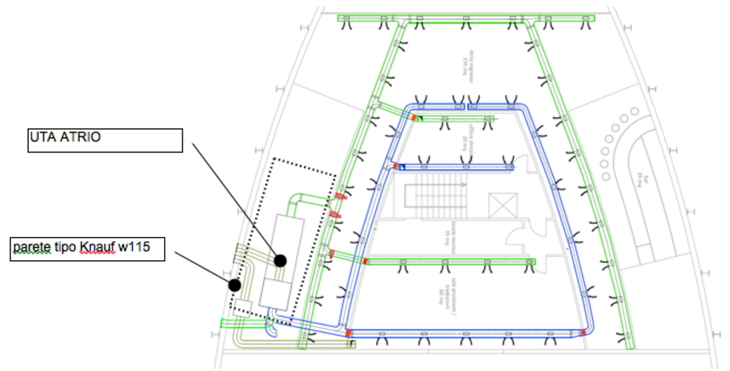
1 Calo del livello di potenza sonora e di pressione a causa delle lame opposte della serranda ...-AG e ...-DG (aria mandata)



Ripresa

3 Calo del livello di potenza sonora e di pressione a causa delle lame opposte della serranda ...-AG (aria di ritorno)



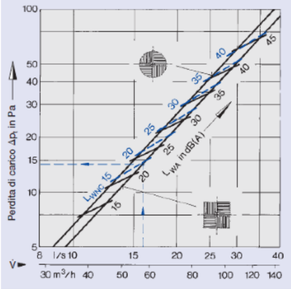


Su entrambe le UTA (interna ed esterna) verranno applicati silenziatori sulla mandata del tipo TROX Italia S.p.A."CB" con valori di smorzamento acustico riportati in ***Capitolato Tecnico Prestazionale.***

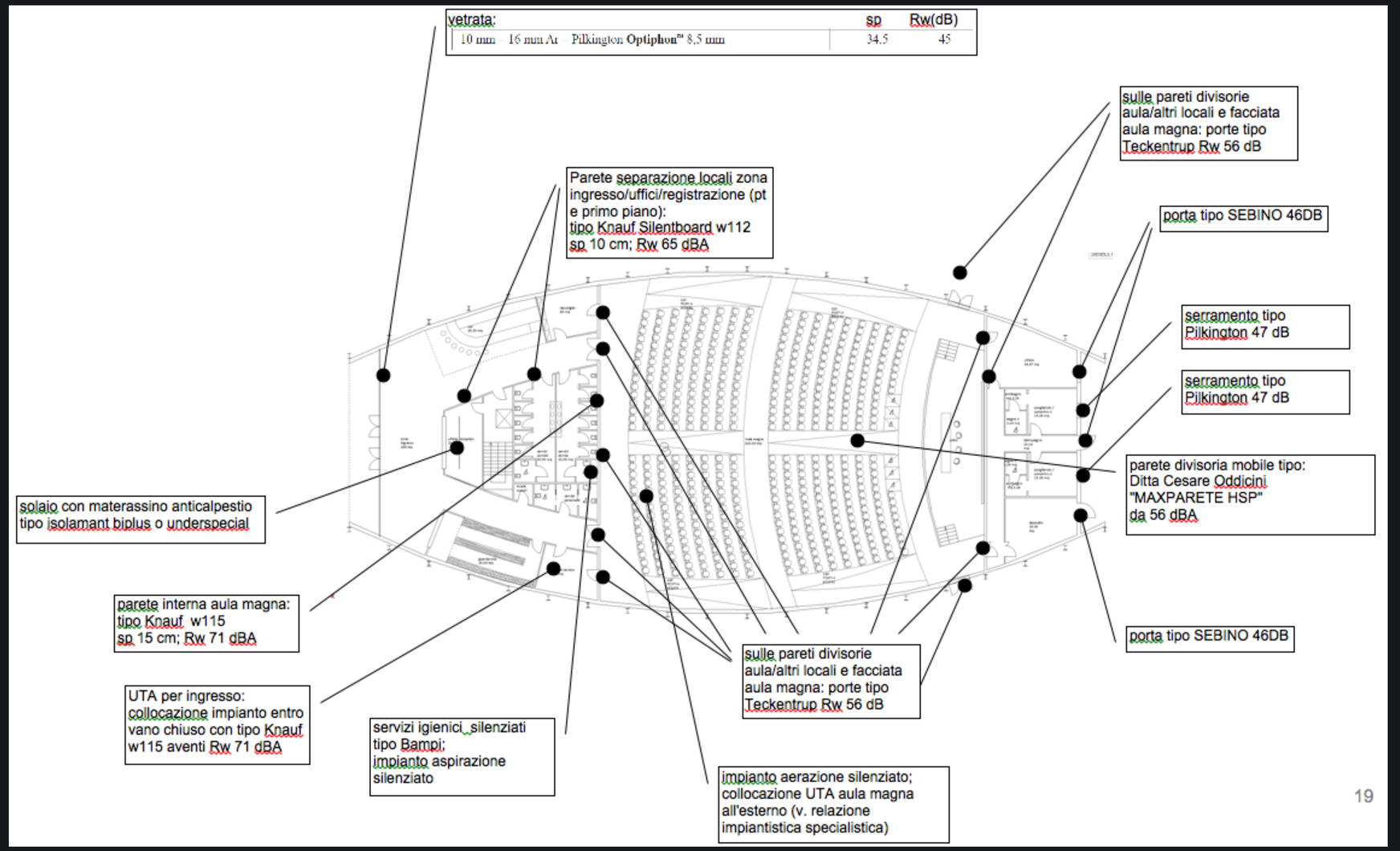
Spettro sonoro

Tipo	V̇ l/s	V̇ m³/h	Frequenza media di banda d'ottava Hz 63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	L_{WA} dB(A	L_{WNC} NC
SD-...-LR-T	14	50	38	30	27	25	16	10	–	–	25	19
	12	43	34	25	23	21	12	6	–	–	21	14
	10	36	28	20	17	15	6	–	–	–	15	8
SD-Q-LQ-T	14	50	28	24	22	20	11	6	–	–	20	13
	12	43	24	20	18	16	9	–	–	–	16	9
	10	36	18	14	12	10	–	–	–	–	10	–
SD-...-LR-S	24	86	39	33	32	33	34	34	26	10	39	34
	16	58	29	27	26	25	23	16	–	–	27	22
	10	36	26	18	15	13	–	–	–	–	13	6
SD-Q-LQ-S	24	86	35	32	31	30	30	27	20	5	34	29
	16	58	27	25	23	21	17	10	–	–	22	15
	12	43	22	18	16	14	5	–	–	–	14	7

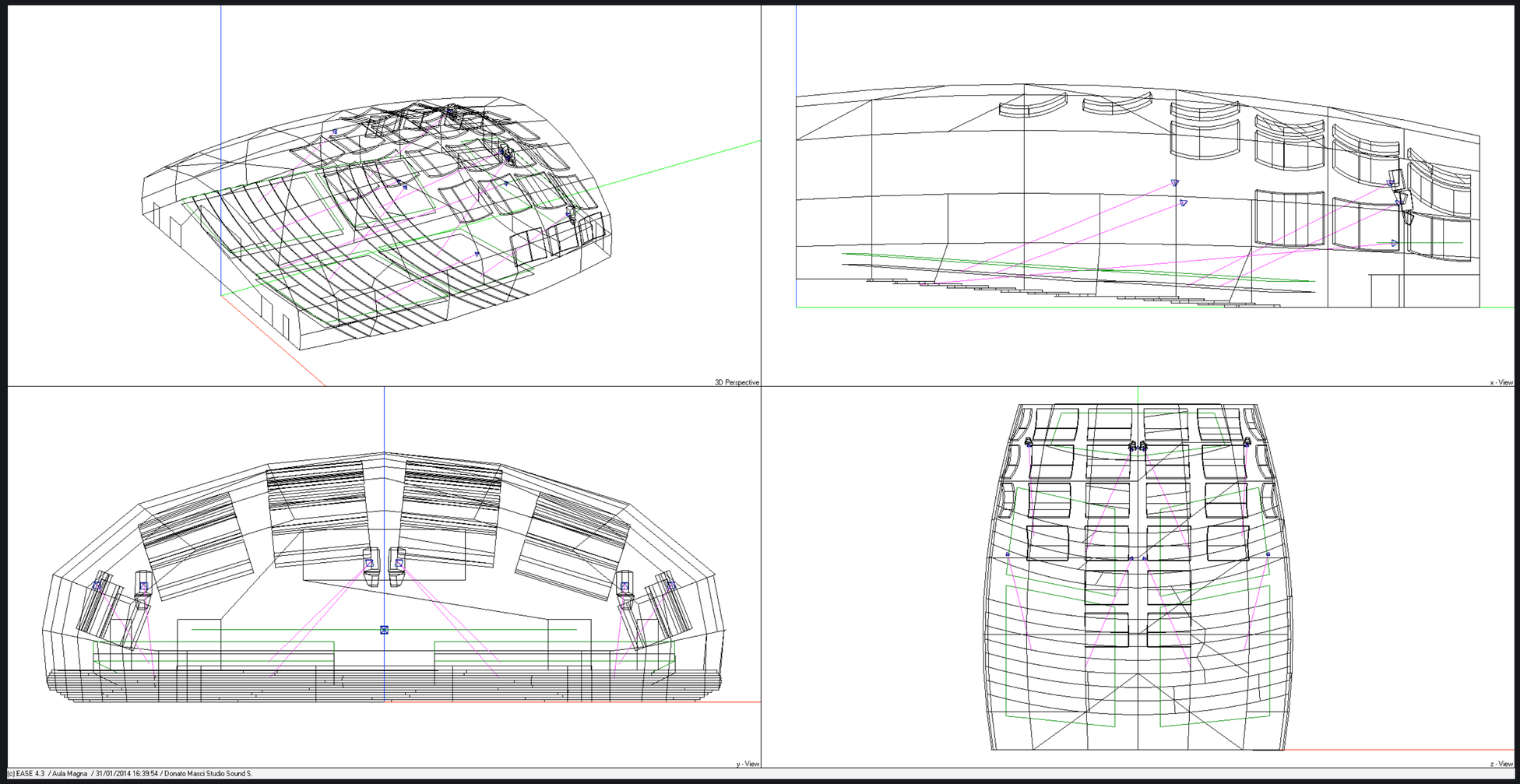
2 Potenza sonora e perdita di carico Tipo SD-...-S



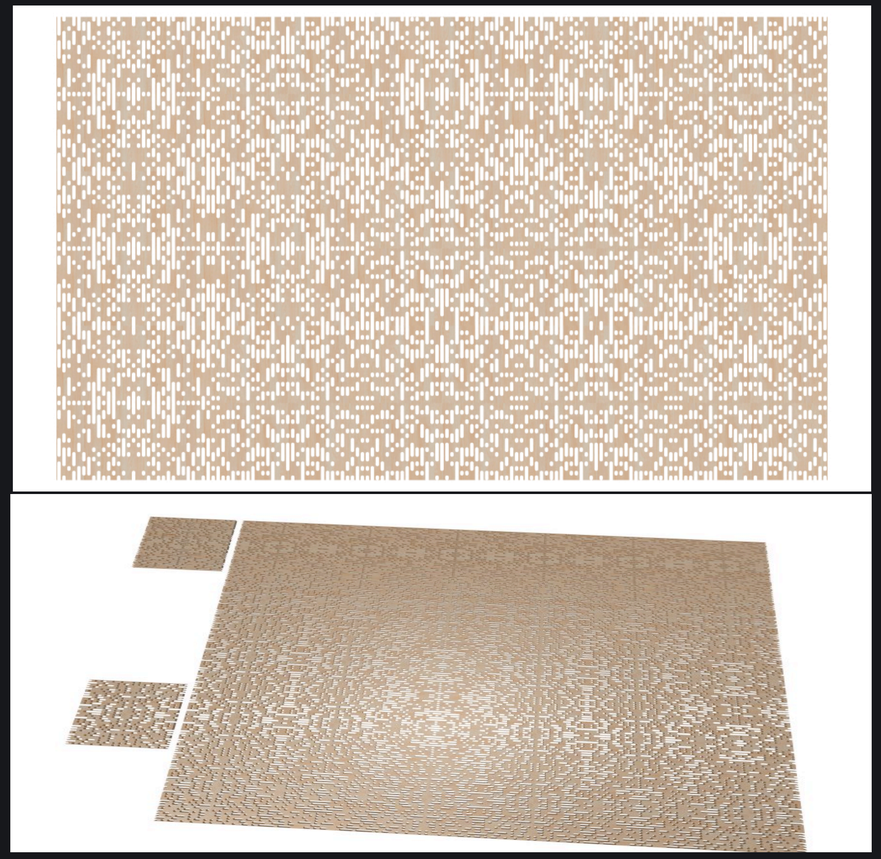
Requisiti acustici passivi: sintesi generale



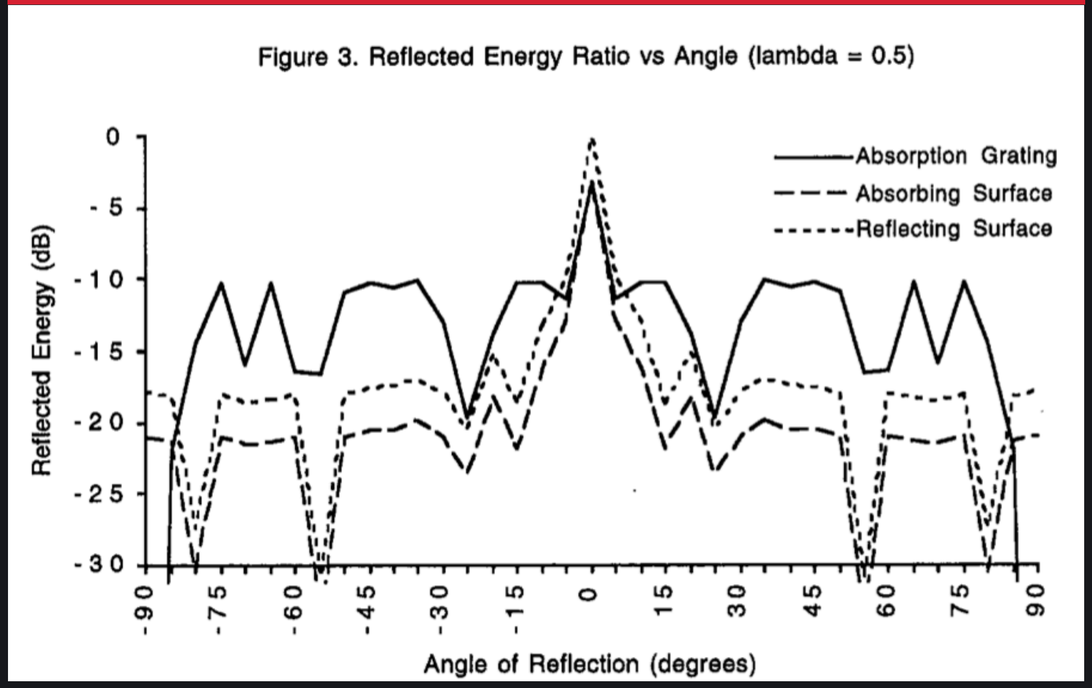
Acustica Interna: modello al CAD Acustico



Materiali:
Binary Amplitude Diffuser

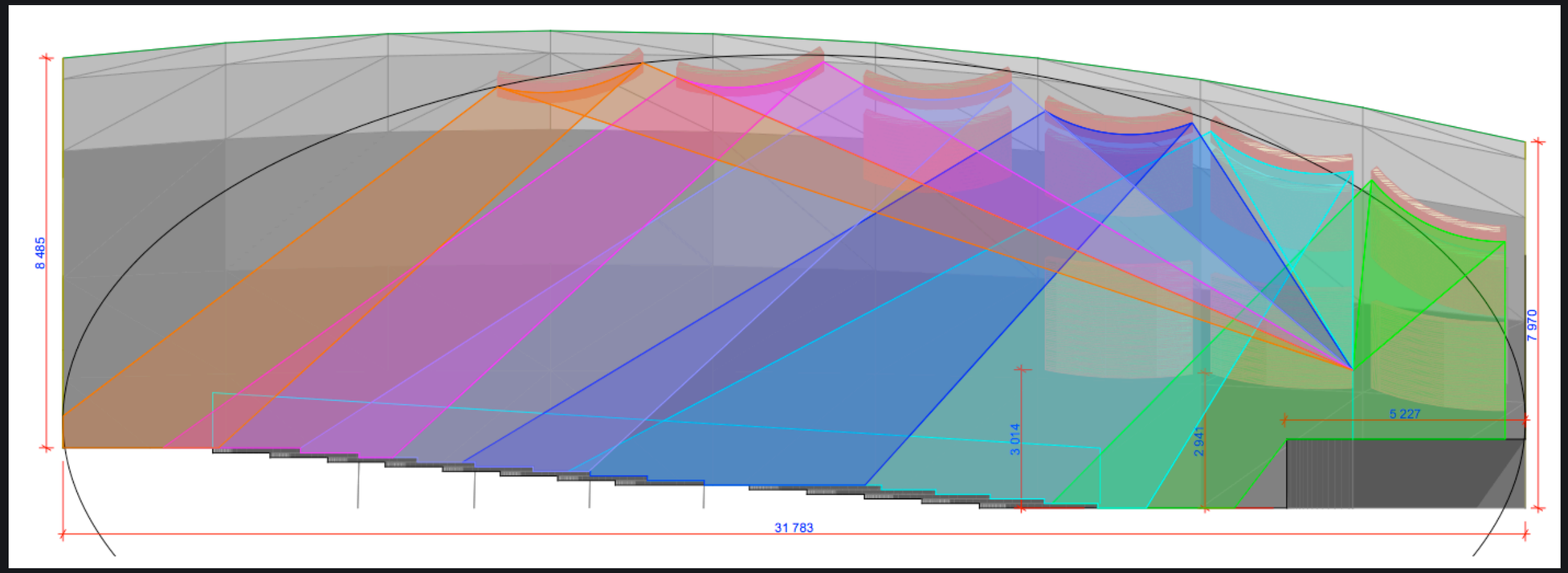


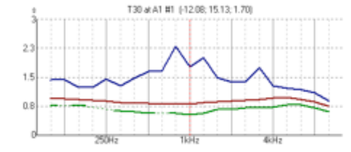
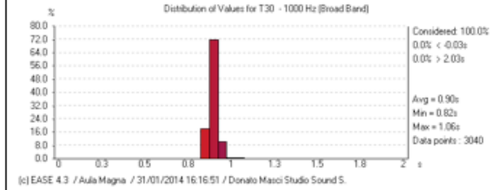
La parte del suono che non viene assorbita, viene riflessa con un angolo molto più ampio di quello incidente, creando così un campo acustico “diffuso”. Questi dispositivi sono creati sulla base di un algoritmo matematico basato sulle sequenze MLS e i numeri primi, e rappresenta lo stato dell'arte della correzione acustica degli interni.

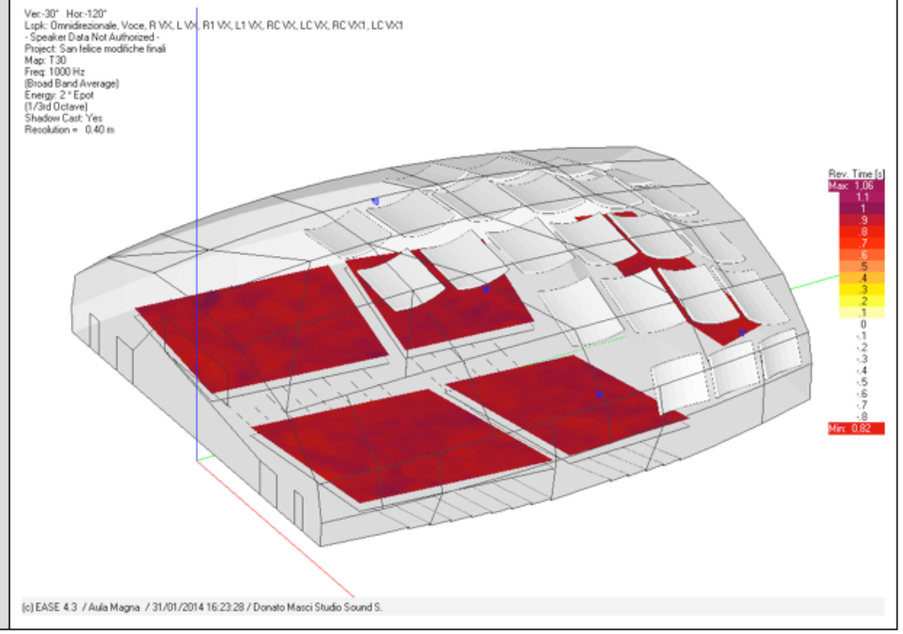


Geometria:
Canopy al Soffitto

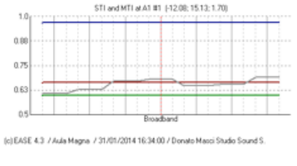
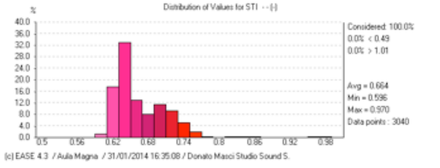
Le prime riflessioni sono state “guidate” verso i recettori più lontani che altrimenti avrebbero sentito una pressione sonora molto meno elevata di quelli alle prime file. I materiali posti in fondo alla sala e sull’ultima parte del soffitto invece sono (parzialmente) assorbenti per smorzare le riflessioni successive.

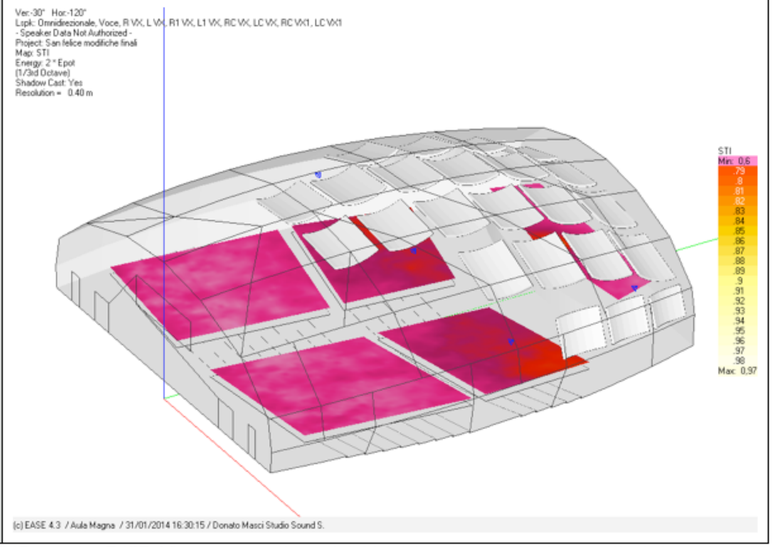


T30	valori *(max medio min)*	distribuzione *(statistica %)*
Tempo di riverberazione calcolato su un decadimento di 30 dB		



L'intelligibilità del parlato assume valori compresi tra 0.65 ÷ 0.75, ideale per teatri, auditorium e sale conferenza (si veda la legenda in Appendice B).

STI	valori *(max medio min)*	distribuzione *(statistica %)*
Intelligibilità del parlato		



Simulazione al CAD acustico EASE 4.3: parametro di intelligibilità del parlato con impianto audio, i risultati sono perfettamente in linea con i valori ottimali presenti in letteratura.

STUDIO SOUND SERVICE

Dott. Donato Masci – ing. Cecilia Torracchi

Caso studio: Istituto Comprensivo di Camigliano (LU)

Scuola Saltocchio (LU)

Aula Mensa/Refettorio pannelli in fibra di poliestere.

42° CONVEGNO NAZIONALE DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA DI ACUSTICA
FIRENZE 2015

L'USO DELLA FIBRA DI POLIESTERE RICICLATO PER LA CORREZIONE ACUSTICA DEGLI AMBIENTI INTERNI.

Sara Casini (1), Massimiliano Lunardi (1), Donato Masci (2), Cecilia Torracchi (2), Rosa Romano (3), Simone Secchi (4)

1) Manifattura Maiano S.p.A., Firenze 2) Studio Sound Service, Firenze 3) Dipartimento DIDA, Università degli Studi di Firenze 4) Dipartimento DIEF, Università degli Studi di Firenze

1.INTRODUZIONE

Grazie al riciclo di contenitori di plastica post consumo è possibile ottenere fibre in PET da utilizzare per realizzare pannelli dalle ottime qualità acustiche.
Le fibre di poliestere mantengono inalterate nel tempo le proprie caratteristiche conferendo ai pannelli, se correttamente applicati, una durata assimilabile a quella del ciclo vita di un edificio (~50 anni).
I pannelli non subiscono variazioni cromatiche, non risentono dell'umidità degli ambienti e sono inattaccabili da microrganismi, muffe e insetti. La fibra di poliestere è un prodotto anallergico che non contiene sostanze nocive per la salute dell'uomo (in special modo particelle volatili dannose per le vie respiratorie).
Per quanto riguarda la classe di reazione al fuoco i pannelli generalmente risultano in Euro-classe B s2, d0 (secondo UNI EN 13501-1).

2.ANALISI DEL CICLO VITA

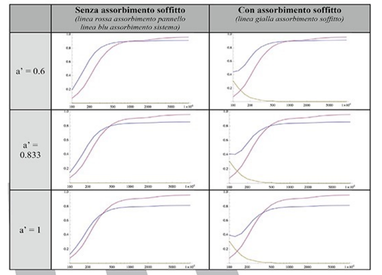
La "***Valutazione del ciclo vita***" (*LCA – Life Cycle Assessment*) è una metodologia regolata dagli standard ISO 14040 che mira a quantificare il carico energetico ed ambientale del ciclo di vita di un prodotto, o di un'attività, attraverso la quantificazione dell'energia, dei materiali usati, delle emissioni (solide, liquide e gassose) rilasciate nell'ambiente, dall'estrazione delle materie prime fino allo smaltimento dei rifiuti finali.

Categoria d'impatto	Unità	Totale per R=1m²K/W	Totale per 1 kg
Carbon footprint (GWP 100)	kg CO_2 eq	3,119	2,106
Water footprint	m^3 water eq	21,070	14,227
Consumo energetico CED, non rinnovabile	MJ	17,074	22,525
Acidificazione	mole H+ eq	6,525E-03	4,406E-03

Risultati per alcune categorie di impatto di un pannello in poliestere riciclato di densità 40 kg/m³ e spessore 40 mm.

3.STUDIO SPERIMENTALE SULLA RESA ACUSTICA DI PANNELLI BAFFLES FONOASSORBENTI A SOFFITTO

Il coefficiente di assorbimento di un "*pacchetto baffle*" non ha un valore fissato ma varia a seconda di molti parametri tra cui la distanza dalla superficie rigida, la distanza tra i baffles e la loro geometria (oltre che, ovviamente, le proprietà del materiale fonoassorbente).
Il miglioramento rispetto ai sistemi a *cloud orizzontali* è dovuto al fatto che il poliestere, in questa configurazione, pur perdendo una piccola quantità di assorbimento ad alta frequenza (dove però il materiale poroso è già di per sé estremamente performante), acquista performance sulle basse frequenze.
Per valutare le prestazioni del sistema è stato verificato sperimentalmente che la semplice somma dell'area di assorbimento equivalente di un singolo baffle sovrastima l'assorbimento del sistema e, quindi, non è corretta.



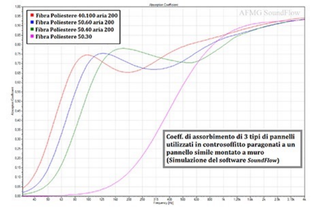
Variazione del coefficiente di assorbimento di baffles in poliestere.
a è il rapporto di a (distanza tra i baffle) e h (altezza dei baffle).*

Per calcolare il coefficiente di assorbimento di una superficie equivalente di soffitto trattata con baffle verticali si può ricorrere ad un metodo teorico [1] che si basa su una costruzione di tipo geometrico, valida in situazioni in cui l'altezza dei baffle è dello stesso ordine di grandezza della loro spaziatura.

[1] Probst W., "Sound Absorption of Baffle Systems", ACCON GmbH (2007).

4.L'APPLICAZIONE DI PANNELLI IN FIBRA POLIESTERE PER LA CORREZIONE ACUSTICA DI SCUOLE

Nelle aule scolastiche è importante garantire oltre al soddisfacimento delle prestazioni che limitano il rumore in eccesso ed il tempo di riverbero anche quei parametri che indicano la qualità della trasmissione del suono come la chiarezza e la definizione del parlato; in tal senso il contenimento delle basse frequenze è fondamentale per migliorare la trasmissione del suono rendendolo neutro e più chiaro possibile.
È da notare a questo proposito che pur trattandosi di un trattamento acustico con materiale poroso, è possibile ottenere una colorazione tonale del tempo di riverberazione molto neutra; in questo modo si permette di ottimizzare il comfort acustico di un ambiente in cui si svolgono attività quotidiane che possono influire sulla qualità reale della vita dei bambini e degli insegnanti.

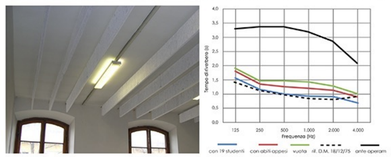


Confronto tra il coefficiente di assorbimento acustico di pannelli montati in aderenza al muro o a distanza di 200 mm da esso.

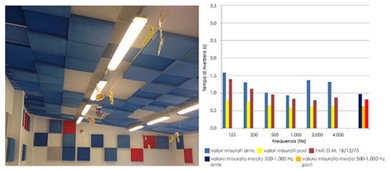
4.1.CASI STUDIO

L'economicità, il basso impatto ambientale, la facilità di posa, la possibilità di essere colorata o rivestita facilmente e le alte prestazioni acustiche fanno della fibra poliestere un materiale particolarmente indicato per la correzione acustica di ambienti interni ed in particolare delle scuole, come mostrano i due casi studio riportati.

Correzione acustica delle aule dell'Istituto Tecnico G. Salvemini a Firenze



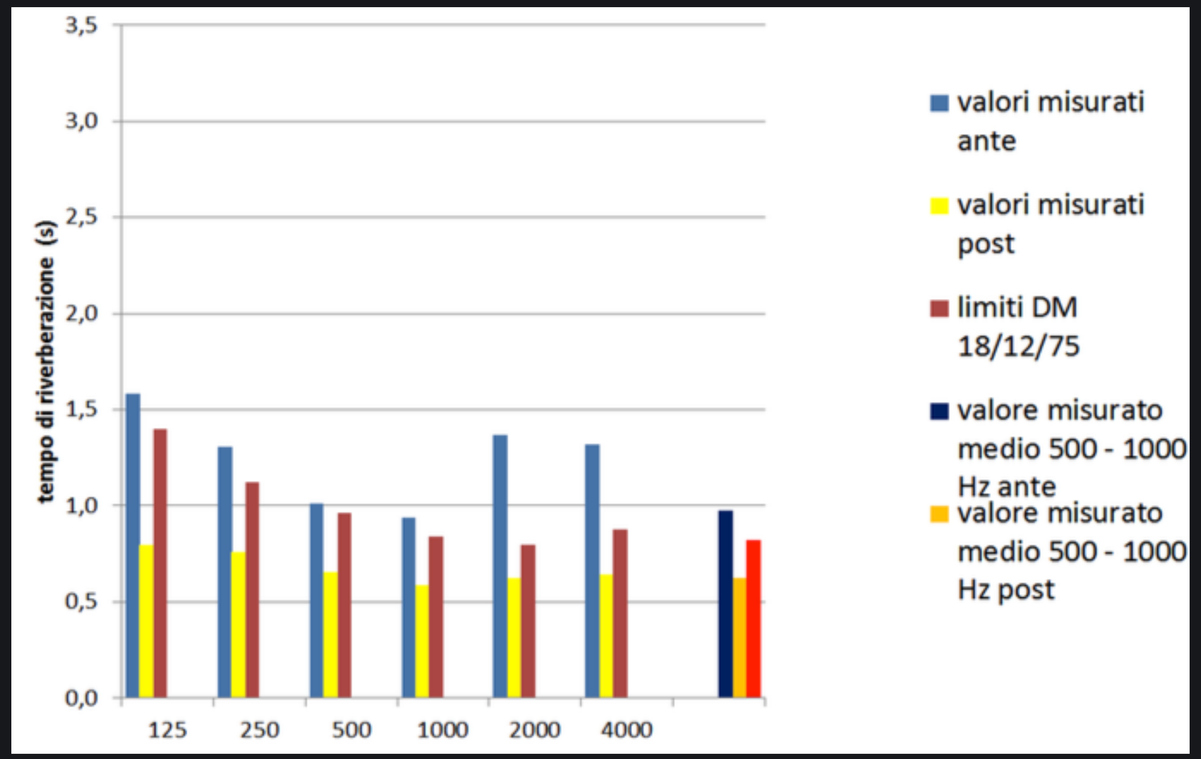
Correzione acustica del refettorio della scuola media Saltocchio a Lucca



Analisi della sala mensa/refettorio

Posa di pannelli fonoassorbenti in fibra di poliestere di diverso **spessore** e **colore**, sia a parete che a soffitto; sono stati utilizzati pannelli di densità 50 kg/mc con spessore 40 e 60 mm e di densità 40 kg/mc con spessore 100 mm.
Il loro posizionamento e la loro coloritura è stata scelta in funzione della necessità di migliorare anche la percezione cromatica dell'ambiente senza peggiorare l'illuminazione naturale degli interni.

Analisi della sala mensa/refettorio



Nel grafico son riportati i valori del tempo di riverberazione in bande di ottava di frequenza misurati prima e dopo l'intervento ed il confronto con i valori limite definiti dal DM 18/12/75.
I pannelli sono montati in questo caso a contatto con un controsoffitto preesistente e quindi a distanza dal solaio di copertura.
Si nota il significativo miglioramento della risposta acustica del locale soprattutto alle basse frequenze del suono.

Adottando particolari criteri di posa, si può migliorare sostanzialmente la riverberazione anche a bassa frequenza!

STUDIO SOUND SERVICE

Istituto tecnico G. Salvemini @ Firenze

Mensa scolastica
baffle in fibra di poliestere.

42° CONVEGNO NAZIONALE DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA DI ACUSTICA
FIRENZE 2015

L'USO DELLA FIBRA DI POLIESTERE RICICLATO PER LA CORREZIONE ACUSTICA DEGLI AMBIENTI INTERNI.

Sara Casini (1), Massimiliano Lunardi (1), Donato Masci (2), Cecilia Torracchi (2), Rosa Romano (3), Simone Secchi (4)
1) Manifattura Maiano S.p.A., Firenze 2) Studio Sound Service, Firenze 3) Dipartimento DIDA, Università degli Studi di Firenze 4) Dipartimento DIEF, Università degli Studi di Firenze

1.INTRODUZIONE

Grazie al riciclo di contenitori di plastica post consumo è possibile ottenere fibre in PET da utilizzare per realizzare pannelli dalle ottime qualità acustiche.
Le fibre di poliestere mantengono inalterate nel tempo le proprie caratteristiche conferendo ai pannelli, se correttamente applicati, una durata assimilabile a quella del ciclo vita di un edificio (~50 anni).
I pannelli non subiscono variazioni cromatiche, non risentono dell'umidità degli ambienti e sono inattaccabili da microrganismi, muffe e insetti. La fibra di poliestere è un prodotto anallergico che non contiene sostanze nocive per la salute dell'uomo (in special modo particelle volatili dannose per le vie respiratorie).
Per quanto riguarda la classe di reazione al fuoco i pannelli generalmente risultano in Euro-classe B s2, d0 (secondo UNI EN 13501-1).

2.ANALISI DEL CICLO VITA

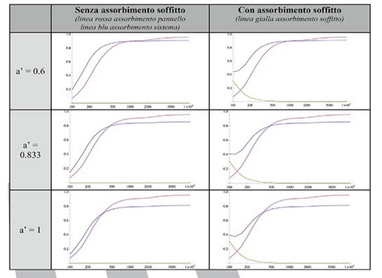
La "***Valutazione del ciclo vita***" (*LCA – Life Cycle Assessment*) è una metodologia regolata dagli standard ISO 14040 che mira a quantificare il carico energetico ed ambientale del ciclo di vita di un prodotto, o di un'attività, attraverso la quantificazione dell'energia, dei materiali usati, delle emissioni (solide, liquide e gassose) rilasciate nell'ambiente, dall'estrazione delle materie prime fino allo smaltimento dei rifiuti finali.

Categoria d'impatto	Unità	Totale per $R=1 m^2K/W$	Totale per 1 kg
Carbon footprint (GWP 100)	kg CO_2 eq	3,119	2,106
Water footprint	m^3 water eq	21,070	14,227
Consumo energetico CED, non rinnovabile	MJ	17,074	22,525
Acidificazione	mole H+ eq	6,525E-03	4,406E-03

Risultati per alcune categorie di impatto di un pannello in poliestere riciclato di densità 40 kg/m³ e spessore 40 mm.

3.STUDIO SPERIMENTALE SULLA RESA ACUSTICA DI PANNELLI BAFFLES FONOASSORBENTI A SOFFITTO

Il coefficiente di assorbimento di un "*pacchetto baffle*" non ha un valore fissato ma varia a seconda di molti parametri tra cui la distanza dalla superficie rigida, la distanza tra i baffles e la loro geometria (oltre che, ovviamente, le proprietà del materiale fonoassorbente).
Il miglioramento rispetto ai sistemi a *cloud orizzontali* è dovuto al fatto che il poliestere, in questa configurazione, pur perdendo una piccola quantità di assorbimento ad alta frequenza (dove però il materiale poroso è già di per sé estremamente performante), acquista performance sulle basse frequenze.
Per valutare le prestazioni del sistema è stato verificato sperimentalmente che la semplice somma dell'area di assorbimento equivalente di un singolo baffle sovrastima l'assorbimento del sistema e, quindi, non è corretta.



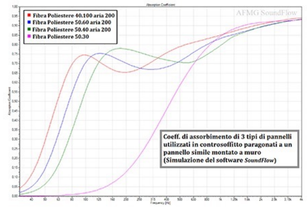
Variazione del coefficiente di assorbimento di baffles in poliestere.
a è il rapporto di a (distanza tra i baffle) e h (altezza dei baffle).*

Per calcolare il coefficiente di assorbimento di una superficie equivalente di soffitto trattata con baffle verticali si può ricorrere ad un metodo teorico [1] che si basa su una costruzione di tipo geometrico, valida in situazioni in cui l'altezza dei baffle è dello stesso ordine di grandezza della loro spaziatura.

[1] Probst W., "Sound Absorption of Baffle Systems", ACCON GmbH (2007).

4.L'APPLICAZIONE DI PANNELLI IN FIBRA POLIESTERE PER LA CORREZIONE ACUSTICA DI SCUOLE

Nelle aule scolastiche è importante garantire oltre al soddisfacimento delle prestazioni che limitano il rumore in eccesso ed il tempo di riverbero anche quei parametri che indicano la qualità della trasmissione del suono come la chiarezza e la definizione del parlato; in tal senso il contenimento delle basse frequenze è fondamentale per migliorare la trasmissione del suono rendendolo neutro e più chiaro possibile.
È da notare a questo proposito che pur trattandosi di un trattamento acustico con materiale poroso, è possibile ottenere una colorazione tonale del tempo di riverberazione molto neutra; in questo modo si permette di ottimizzare il comfort acustico di un ambiente in cui si svolgono attività quotidiane che possono influire sulla qualità reale della vita dei bambini e degli insegnanti.

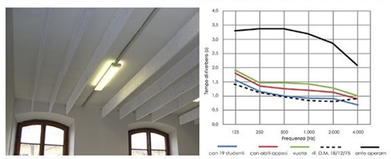


Confronto tra il coefficiente di assorbimento acustico di pannelli montati in aderenza al muro o a distanza di 200 mm da esso.

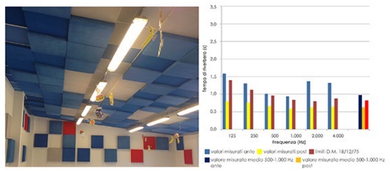
4.1.CASI STUDIO

L'economicità, il basso impatto ambientale, la facilità di posa, la possibilità di essere colorata o rivestita facilmente e le alte prestazioni acustiche fanno della fibra poliestere un materiale particolarmente indicato per la correzione acustica di ambienti interni ed in particolare delle scuole, come mostrano i due casi studio riportati.

Correzione acustica delle aule dell'Istituto Tecnico G. Salvemini a Firenze



Correzione acustica del refettorio della scuola media Saltocchio a Lucca



Aula Scolastica

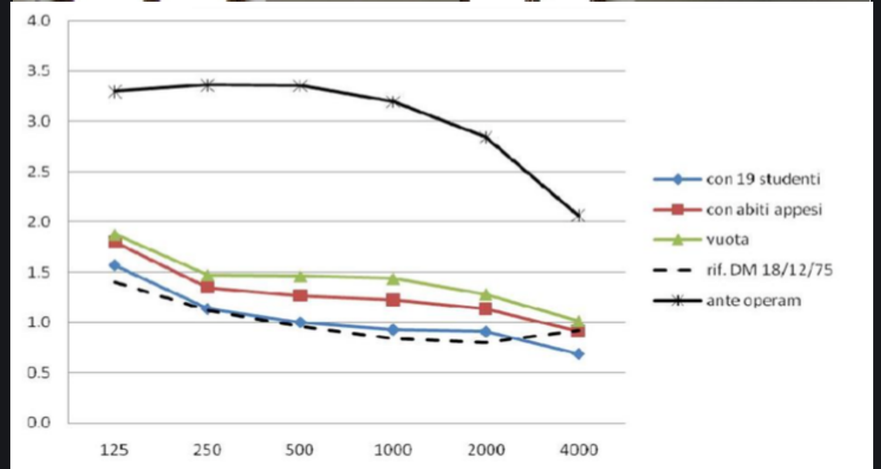


Figura 6 – Grafico del tempo di riverbero di un'aula dell'Istituto Salvemini

L'intervento è consistito nel posare in opera dei tiranti in acciaio ai quali appendere, tramite semplici sistemi di ancoraggio, i baffles in fibra di poliestere riciclata.

Questa soluzione, oltre al beneficio acustico apportato, ha permesso di realizzare un intervento non invasivo e reversibile su un edificio dal valore storico e di integrarsi bene con il sistema di illuminazione ed impiantistico delle aule.

STUDIO
SOUND
SERVICE

Grazie

Download presentazione

studiosoundservice.com/it/education

Contatti

info@studiosoundservice.com

studiosoundservice.com

Bibliografia

- L. Busa, G. Cellai, S. Secchi: “Isolamento acustico di facciata delle scuole risultati sperimentali e proposta di criteri di intervento” AIA 42° convegno nazionale 16-17 Luglio 2015;
- P. Fausti, G. Cellai, S. Secchi, F. Serpilli, A. Tombolato: “Quali prospettive per una nuova regolamentazione dei requisiti acustici degli edifici” AIA Napoli, 12 ottobre 2018;
- Cellai G., Nannipieri E., Secchi S., Il rispetto dei requisiti acustici passivi: dalla protezione alla speculazione – riflessioni a margine dell’esperienza e proposte d’intervento, in Atti del 35° Convegno Nazionale AIA, Milano, 13-15 giugno 2007;
- M.I.U.R. “Linee guida per le architetture interne delle scuole”;
- CIRCOLARE MINISTERIALE n.1769 del 30/04/1966;
- CIRCOLARE MINISTERIALE n.3150 del 22/05/1967;
- DM 18/12/75 “Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica”;
- DPCM 05/12/97 “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”;
- DPR 30 marzo 2004, n. 142 “Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell’inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare”;
- DM 11 gennaio 2017 - Adozione dei criteri ambientali minimi per gli arredi per interni, per l'edilizia e per i prodotti tessili. (17A00506) (GU Serie Generale n.23 del 28-1-2017)
- Decreto Legislativo 17-2-2017, n° 42 (GU 4-4-2017), Disposizioni in materia di armonizzazione della normativa nazionale in materia di inquinamento acustico, a norma dell’articolo 19, comma 2, lettera f) della legge 30 ottobre 2014, n. 161.
ISO 3382 - 1 – “Performance spaces”;
- Regione Toscana – DGR 1018 del 25 settembre 2017, “Approvazione linee guida per l’effettuazione dei controlli sui requisiti acustici passivi degli edifici ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 ed azioni in caso di non conformità, in B.U. Regione Toscana n. 40 del 4.10.2017;
- Regione Toscana- Decreto del 24 ottobre 2017, n. 15328, Approvazione modulistica per l’attestazione del rispetto dei requisiti acustici passivi degli edifici, in B.U. Regione Toscana n. 44 del 31.10.2017;
- Regione Toscana, Faq su "Requisiti acustici passivi degli edifici”,
http://www.regione.toscana.it/-/faq-su-requisiti-acustici-passivi-degli-edifici ;
- UNI 11367: 2010. Acustica edilizia – Classificazione acustica delle unità immobiliari – Procedura di valutazione e verifica in opera;
- UNI 11444: 2012. Acustica in edilizia - Classificazione acustica delle unità immobiliari - Linee guida per la selezione delle unità immobiliari in edifici con caratteristiche non seriali;
- UNI 11532: 2014 Acustica in edilizia - Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati;
- UNI 11532: 2018 Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati – Metodi di progettazione e tecniche di valutazione – Parte 1: Requisiti generali
- ISO FDIS 19488 (10-2018), Acoustics — Acoustic classification of dwellings.