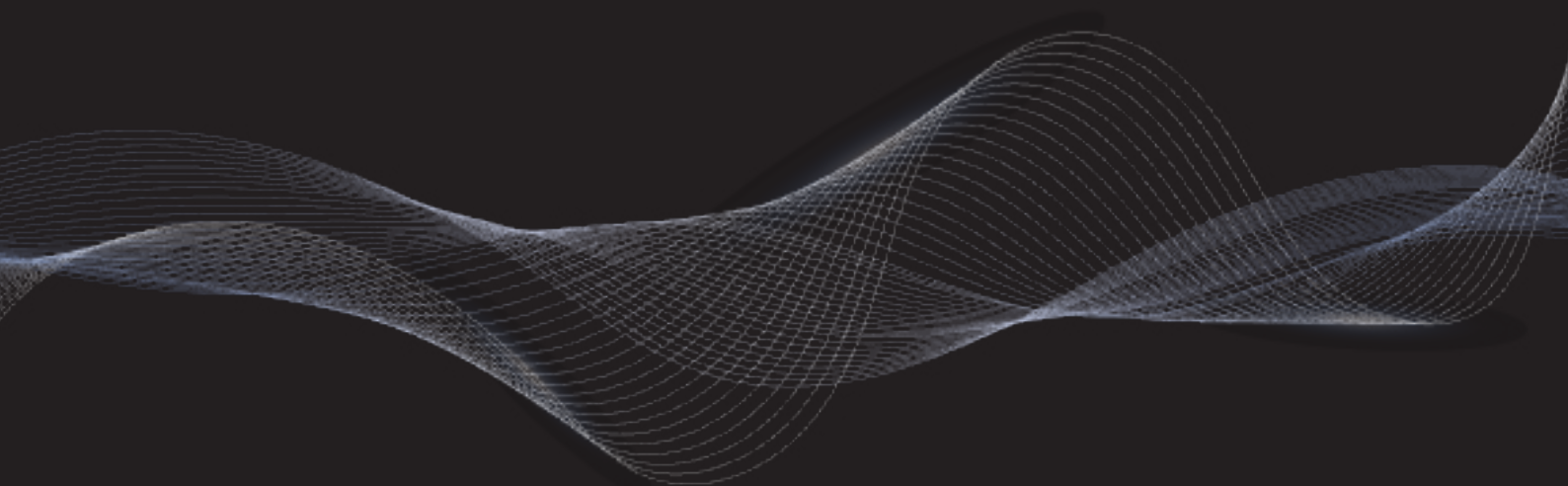




SOFT SOUND

acoustical innovation & design

**SOLUZIONI SOFT SOUND PER LA QUALITÀ
ACUSTICA DELLE SCUOLE**



La presente relazione illustrativa si riferisce al contributo di ricerca concesso all'Università degli Studi di Firenze – Laboratorio di Fisica Ambientale - Dipartimento di Ingegneria Industriale (DIEF), dal Comune di Firenze – Direzione Servizi Tecnici e relativo alla ricerca: "Criteri generali per la determinazione della qualità acustica degli ambienti scolastici del comune di Firenze ed eventuale correzione dei parametri sonori al fine di ridurre il potenziale disagio acustico degli alunni e di migliorare la qualità dei luoghi di apprendimento".

Soft Sound ha collaborato alla ricerca fornendo i suoi sistemi per interventi migliorativi della qualità acustica nelle seguenti scuole di Firenze:

- Scuola dell'infanzia "Desiderio da Settignano"
- Scuola dell'infanzia e primaria "Guglielmo Marconi"
- Scuola primaria "Niccolò Acciaiuoli"
- Scuola Primaria "Gianni Rodari"

La collaborazione a questa ricerca ha permesso a **Soft Sound** di mettere a disposizione il know how acquisito per la realizzazione delle seguenti scuole:

- Nuova Cittadella Scolastica - Liscate (MI)
- Scuola Primaria "Margherita Hack" – Montelupo Fiorentino (FI)
- Scuola Primaria "Rita Levi Montalcini" – Felino (PR)
- Scuola del Villair - Quart (AO)
- Istituto Comprensivo Statale - Alassio (SV)
- Scuola Secondaria M. Buonarroti - Olgiate Comasco (CO)



INTRODUZIONE AL PROBLEMA

La **qualità acustica negli ambienti scolastici** è requisito cogente di primaria importanza da soddisfare, avendo la ricerca scientifica evidenziato la correlazione tra la qualità acustica dell'ambiente scolastico e la possibilità di apprendimento degli studenti. Ciò è stato recepito sia dalla legislazione nazionale che dalla normativa tecnica internazionale.

Le **condizioni acustiche** degli ambienti didattici sono legate sia all'immissione di rumore dagli ambienti esterni o adiacenti, sia alla riverberazione sonora interna. La normativa, per questo, indica valori limite specifici per gli ambienti scolastici sia per le condizioni di riverberazione sonora interna sia per l'immissione di rumore da altri ambienti adiacenti o esterni. Il **livello sonoro disturbante complessivo** che agisce sugli ascoltatori presenti nell'ambiente durante il suo utilizzo comprende, pertanto, il rumore proveniente dall'esterno, il rumore proveniente da attrezzature nell'aula ed il rumore degli occupanti presenti nell'aula. In particolare, gli studi evidenziano una correlazione tra la rumorosità della zona in cui è collocato l'edificio scolastico ed i risultati ottenuti dagli studenti delle stesse scuole in test attitudinali, con potenziali conseguenze negative qualora gli studenti risiedano in aree caratterizzate da elevata rumorosità ambientale.

Altri studi evidenziano con chiarezza l'influenza delle condizioni acustiche degli ambienti didattici sulla percezione del messaggio parlato e sullo sforzo vocale degli insegnanti.

Tali problematiche riguardano un'elevata percentuale di scuole italiane ed interessano insegnanti e studenti, con maggiori criticità in presenza di studenti con difetti uditivi o problemi di comprensione del parlato, alunni con i quali l'apprendimento e la comunicazione avviene in una lingua diversa dalla madrelingua, alunni con difficoltà di concentrazione o con sindrome da deficit di attenzione o iperattività. Queste categorie di studenti, per le ricerche specialistiche e per i fenomeni sociali in evoluzione, oggi si rivelano assai più numerose che nel passato, finanche a rappresentare oramai una percentuale non trascurabile. Le problematiche sulla comprensione del parlato sono oggi analizzate con tecniche evolute, sia sperimentali che previsionali, in grado di individuare in maniera efficace cause e rimedi.

Da quanto premesso, la ricerca in esame, con finalità applicative pratiche di facile attuazione, ha lo scopo di determinare la qualità acustica interna di aule scolastiche tipo e l'eventuale correzione dei parametri sonori con lo scopo di migliorare l'intelligibilità del parlato.

Al fine dell'individuazione dei casi di studio, in accordo con le Amministrazioni, è stato ritenuto interessante e utile ai fini della ricerca, individuare aule che ospitano o ospiteranno alunni con problemi uditivi, fermo restando che del miglioramento della qualità acustica ne beneficeranno tutti, gli alunni indistintamente e gli insegnanti.



RIFERIMENTI NORMATIVI E VALORI LIMITE PRESTAZIONALI

Per la verifica della qualità acustica degli ambienti interni (intelligibilità del parlato) si fa normalmente riferimento alla misura del tempo di riverberazione. Secondo la teoria accreditata nella comunità scientifica, infatti, il tempo di riverberazione è il principale parametro per definire la qualità percettiva della voce e della musica negli ambienti interni. Questo parametro, normalmente indicato con il **simbolo T60**, rappresenta il tempo necessario affinché un livello sonoro stazionario presente nell'ambiente decada di 60 dB, ovvero diventi impercettibile per le persone normoudenti. Valori elevati del tempo di riverberazione causano fastidiosi incrementi del livello di rumorosità prodotto all'interno dell'ambiente stesso o proveniente da ambienti adiacenti (sale definite sonore): queste situazioni di disturbo si verificano frequentemente non solo negli spazi ricreativi, negli auditori e nelle mense scolastiche ma anche nelle aule a causa dell'elevato affollamento e del comportamento degli alunni che parlano a voce alta; d'altro canto, tempi di riverberazione eccessivamente ridotti possono anch'essi indurre una mediocre qualità percettiva (sale definite sorde) anche se questo problema riguarda essenzialmente le sale destinate all'ascolto della musica dal vivo. Esistono diverse raccomandazioni sul valore ottimale del tempo di riverberazione negli ambienti scolastici, che diventa particolarmente importante in presenza di bambini affetti da disturbi uditivi che possono essere ulteriormente penalizzati nell'apprendimento da una qualità acustica scadente.

In generale, il **valore ottimale** dipende dai seguenti parametri:

- **volume dell'ambiente;**
- **frequenza del suono;**
- **tipologia di attività** (aula didattica, sala conferenze, esecuzioni musicali ecc.).

Per gli ambienti ad uso didattico il tempo di riverberazione deve rispondere a diversi valori limite, tra cui quelli dettati dal DM 18/12/75 "Norme tecniche per l'edilizia scolastica". I valori limite del tempo di riverberazione sono definiti, secondo il DM 18/12/75, in funzione del vo-

lume dell'ambiente interno e della frequenza del suono. Nelle figure 1 e 2 sono riportati i due diagrammi del decreto citato, che contengono i valori limite suddetti.

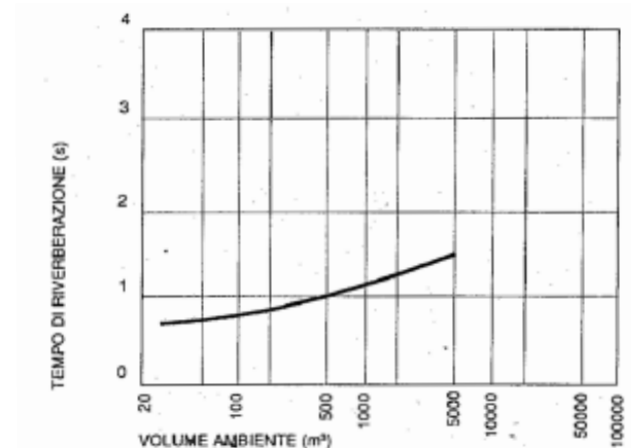


Figura 1 - Valore del tempo di riverberazione in funzione del volume dell'ambiente.

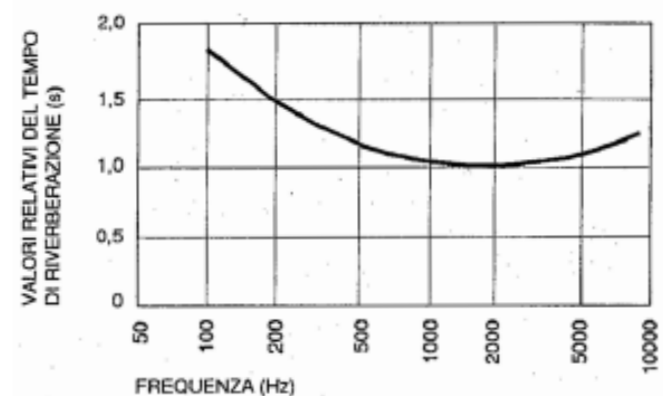


Figura 2 - Valori correttivi alle varie frequenze del suono per il tempo di riverberazione calcolato con il diagramma di figura 1.

Occorre anche precisare che per i locali mensa o comunque ricreativi, dove si verifica un elevato affollamento degli alunni che parlano a voce alta, è normalmente auspicabile ottenere tempi di riverbero quanto più possibile al di sotto dei valori ottimali desunti dalle indicazioni ministeriali (sale sorde), dato che in tale contesto, venendo meno l'apprezzamento della qualità del parlato, diventa prioritario ridurre i livelli di esposizione sonora che possono raggiungere valori ben superiori alla soglia raccomandata per evitare effetti di disturbo generati, ad esempio, dal traffico ferroviario o stradale (45 dBA misurati all'interno dei locali a finestre chiuse).



In merito alle caratteristiche acustiche degli edifici scolastici è inoltre stato recentemente emanato il **DM 11 gennaio 2017**, Adozione dei criteri ambientali minimi per gli arredi per interni, per l'edilizia e per i prodotti tessili (GU Serie Generale n.23 del 28-01-2017), aggiornato nell'ottobre 2017, che specifica l'obbligo per le pubbliche amministrazioni di adottare criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici, quindi anche per gli interventi di riqualificazione delle scuole. Tra questi criteri sono compresi a pieno titolo quelli relativi alla risposta acustica degli ambienti interni, con riferimento alle norme UNI 11367:2010 (Classificazione acustica delle unità immobiliari) e UNI 11532:2014 (Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati).

La norma UNI 11367:2010 (Acustica in edilizia - Classificazione acustica delle unità immobiliari - Procedura di valutazione e verifica in opera) indica, all'allegato C, le seguenti formule per il calcolo del valore ottimale del tempo di riverberazione (T_{ott} in secondi) per ambienti non occupati, come **valore medio fra 500 Hz e 1000 Hz**:

$T_{ott} = 0,32 \lg (V) + 0,03 [s]$
(per ambienti adibiti al parlato);

$T_{ott} = 1,27 \lg (V) - 2,49 [s]$
(per ambienti adibiti ad attività sportive);

dove **V** indica il **volume (m^3)** dell'ambiente analizzato.

La norma suggerisce che i risultati ottenuti dalle misurazioni di tempo di riverberazione T ad ambiente non occupato, rispettino il seguente criterio, in tutte le bande di ottava comprese fra 250 Hz e 4 000 Hz:

$$T \leq 1,2 T_{ott}$$

Ai fini della ricerca è inoltre utile citare che la norma UNI 11532:2014 indica, all'allegato A, i valori di riferimento da rispettare per il tempo di riverberazione, nel caso di aule che ospitano bambini con deficit uditivo. In tali casi la norma indica il seguente valore di riferimento per il tempo di riverberazione, relativo a misure eseguite in ambiente arredato e non occupato dalle persone, in un campo di frequenze da 500 a 2000 Hz:

$$T \leq 0,4 s.^2$$

È necessario sottolineare che la norma UNI 11532 del 2014 è stata aggiornata con una nuova versione nel 2018 di cui però, al momento della redazione della presente relazione, deve essere ancora emanata la parte contenente i nuovi valori limite. Pertanto ai fini della presente relazione si fa riferimento all'allegato A della norma 11532 nella sua versione del 2014.

METODOLOGIA DI CALCOLO

Il tempo di riverberazione può essere stimato mediante la relazione di Sabine, valida per ambienti riverberanti aventi volume non superiore a 10.000 m³ (norma UNI EN ISO 12354-6).

$$T_{60} = 0,16V/A \text{ (s)}$$

dove:

- **V (m³)** è il volume dell'ambiente;

- **A (m²)** sono le unità fonoassorbenti alle varie frequenze di analisi, fornite dal prodotto della sommatoria delle superfici S_i di involucro dell'ambiente (pavimenti, soffitti, pareti ecc.) per il relativo coefficiente di assorbimento acustico, α_i .



METODOLOGIA DI MISURA ADOTTATA

Le misure acustiche sono state eseguite in conformità con la normativa vigente, che prevede la disposizione dei microfoni ad una distanza superiore di 1 m da ogni superficie e disposti ad una altezza di almeno 1,5 m. Sono stati utilizzati un analizzatore in tempo reale a due canali in classe 1, modello "Symphonie", prodotto dalla ditta 01dB, dotato di preamplificatori e microfoni da ½ di pollice a campo diffuso marca "Gross".

Prima di ogni misura si è proceduto alla taratura dei microfoni. Per la riproduzione del campo sonoro è stata utilizzata una sorgente stazionaria omnidirezionale o una sorgente sonora di tipo impulsivo (clappatore). Complessivamente sono state effettuate per ogni ambiente tra 8 e 18 rile-

vazioni in funzione del volume degli stessi.

Tutte le misure sono state effettuate in bande di frequenza di terzi di ottava tra 50 e 5000 Hz, anche se i dati rilevati a bassa frequenza (sotto i 100 Hz) sono meno significativi sia per la minore sensibilità dell'orecchio a bassa frequenza sia per la maggiore incertezza di misura dovuta alla presenza di significative onde stazionarie negli ambienti esaminati. I risultati ottenuti sono stati confrontati con i valori limite, che hanno fornito le indicazioni per la correzione acustica degli ambienti.

A titolo esemplificativo riportiamo come ambiente campione il refettorio della scuola Marconi.

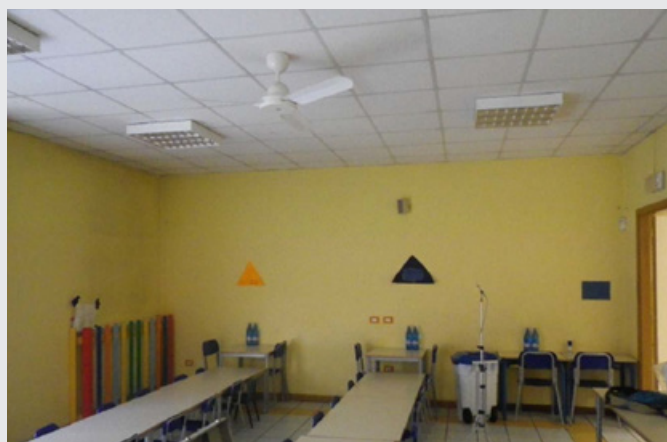
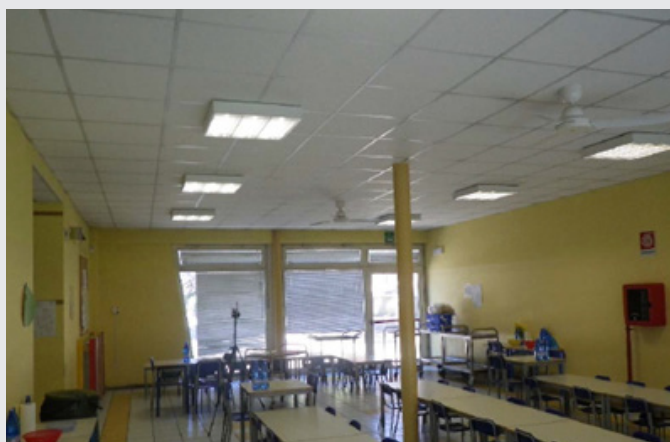
REFETTORIO SCUOLA MARCONI

RISULTATI A TITOLO ESEMPLIFICATIVO DELLE MISURAZIONI, CONFRONTO CON I VALORI LIMITE ED INDICAZIONI PER LA CORREZIONE ACUSTICA DEGLI AMBIENTI

Di seguito, a titolo esemplificativo, sono riportati, per il refettorio della Scuola Marconi, i grafici dei valori rilevati del tempo di riverberazione, in bande di frequenza in terzi d'ottava tra 50 e 5000 Hz, ponendoli in confronto con le normative di riferimento di cui sopra. Per ogni ambiente campione esaminato vengono indicati la superficie in pianta e il volume, utilizzato come dato ai fini della determinazione dei valori limite del tempo di riverberazione.

REFETTORIO (INFANZIA)

Il refettorio è caratterizzato da superficie in pianta pari a circa 121 m², altezza pari a 3 m e volume pari a circa 364 m³ (v. foto). Le superfici e l'arredo del refettorio sono prevalentemente riflettenti con l'eccezione del soffitto dove era già installato un controsoffitto fonoassorbente di fibra minerale spessore 15 mm con soprastante materassino in lana minerale imbustata.



In figura 7 sono riportati i valori in bande di terzi di ottava del tempo di riverberazione con i relativi confronti con i valori limite ottimali per le varie frequenze del DM 18.12.1975, della UNI 11367 e della UNI 11532.

Il valore limite ottimale tra 500 e 1000 Hz, ottenuto in base alla norma UNI 11367 è pari a:

$$T_{\text{ott}} = 0,32 \lg (364) + 0,03 = 0,85 \text{ (s)}.$$

Secondo la norma UNI 11532, trattandosi di ambiente che potrebbe ospitare bambini con deficit uditivo il tempo di riverberazione medio tra 500 e 2000 Hz dovrebbe essere inferiore a 0,4 (s).

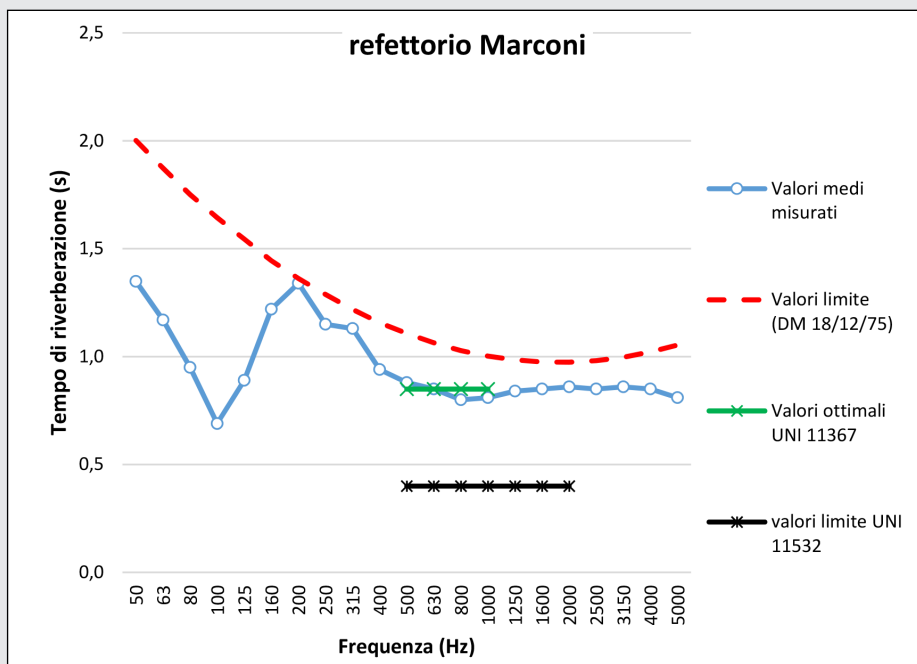


Figura 7 – Valori medi misurati del tempo di riverberazione refettorio della scuola materna Marconi al confronto con i valori limite del DM 18/12/75 e della UNI 11367 e della UNI 11532.

DESCRIZIONE DEI REQUISITI MINIMI DEL SISTEMA FONOASSORBENTE INSTALLATO

Allo stato attuale il valore medio tra 500 e 2000 Hz del tempo di riverberazione dell'aula esaminata risulta pari a 0.9 (s), che pertanto deve essere ridotto al valore di qualità pari a 0,4 (s) per la UNI 11532 e, comunque, a valori non superiori a 1 (s) (UNI 11367).

Si è raccomandato di porre il materiale fonoassorbente non in sostituzione del controsoffitto esistente in pannelli di fibra minerale ma in aggiunta, occupando altre superfici, quali le pareti laterali, al fine di beneficiare sia del contributo acustico del controsoffitto esistente che del sistema di nuova posa.

Poiché il caso in questione risulta particolarmente critico sia per i valori rilevati del tempo di riverberazione, che per la difficoltà a reperire spazi per l'installazione di pannelli fonoassorbenti, è stata valutata una soluzione di trattamento fonoassorbente, in funzione delle superfici di pareti e di soffitto effettivamente disponibili. Si è valutata la seguente soluzione: rivestimento in aderenza di tutte le pareti del locale da un'altezza da terra di 1.2 m su tutte le superfici laterali disponibili con pannelli fresati/forati tipo **SOFT TOP SF 13.3**, Il tempo di riverberazione deve risultare inferiore a 1,2 volte il valore ottimale definito dalla UNI 11367:2010 in tutte le bande di frequenza tra 200 e 5000 Hz, come di seguito riportato.

$$T_{\text{limite}} = 1,2(0,32 \lg(V) + 0,03) = 0,85 \text{ (s)}$$

In figura 8 sono riportati i risultati delle misure del tempo di riverberazione ottenute dopo la posa di pannelli di materiale fonoassorbente tipo pannelli **SOFT TOP SF 13.3** con retrostante materassino in lana minerale, lungo il perimetro dell'ambiente, come mostrato dalle foto 9-10.

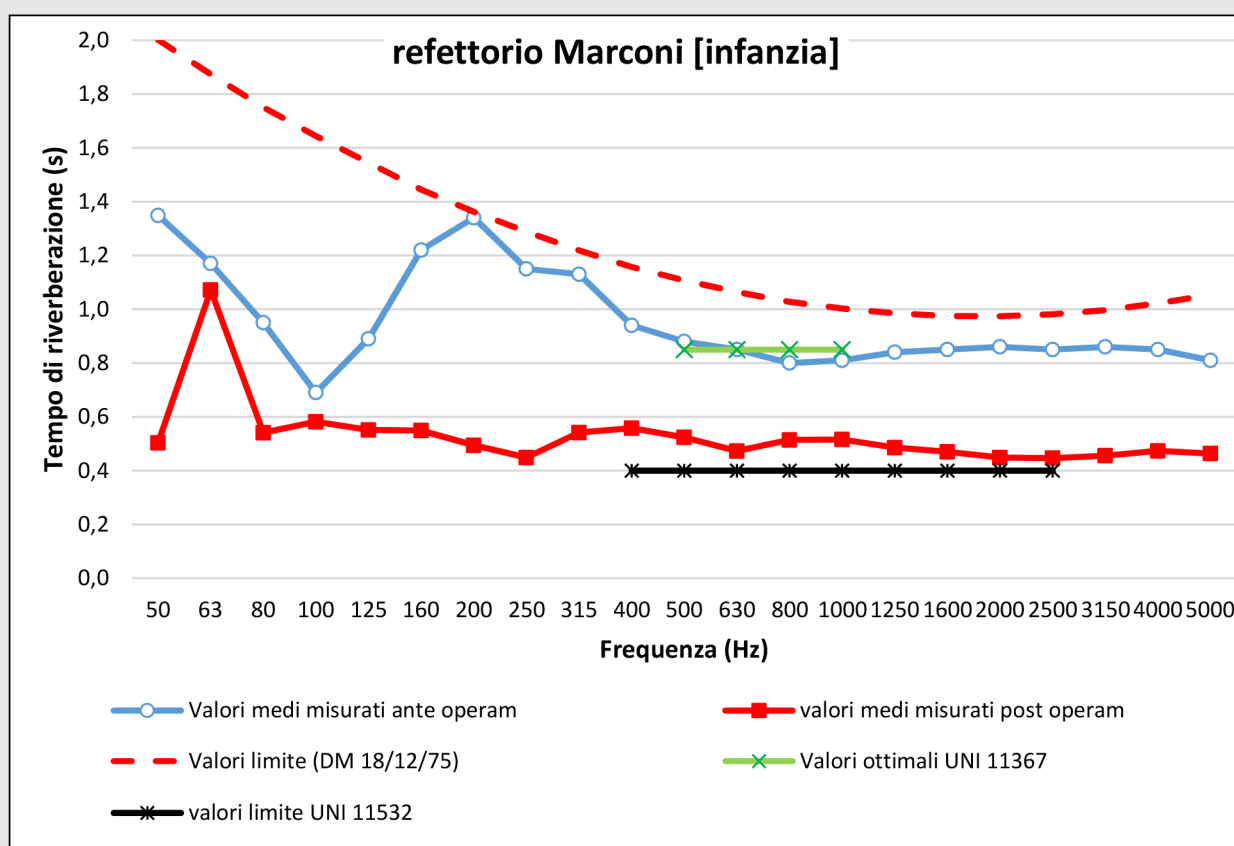


Figura 8 - Valori medi misurati del tempo di riverberazione refettorio della scuola materna Marconi al confronto prima e dopo la posa di pannelli tipo **SOFT TOP SF 13.3** con retrostante materassino in lana minerale, al confronto con i valori limite del DM 18/12/75 e della UNI 11367 e della UNI 11532.

**INTERVENTI ESEGUITI ALL'INTERNO
DEL REFETTORIO DELLA SCUOLA MATERNA MARCONI**

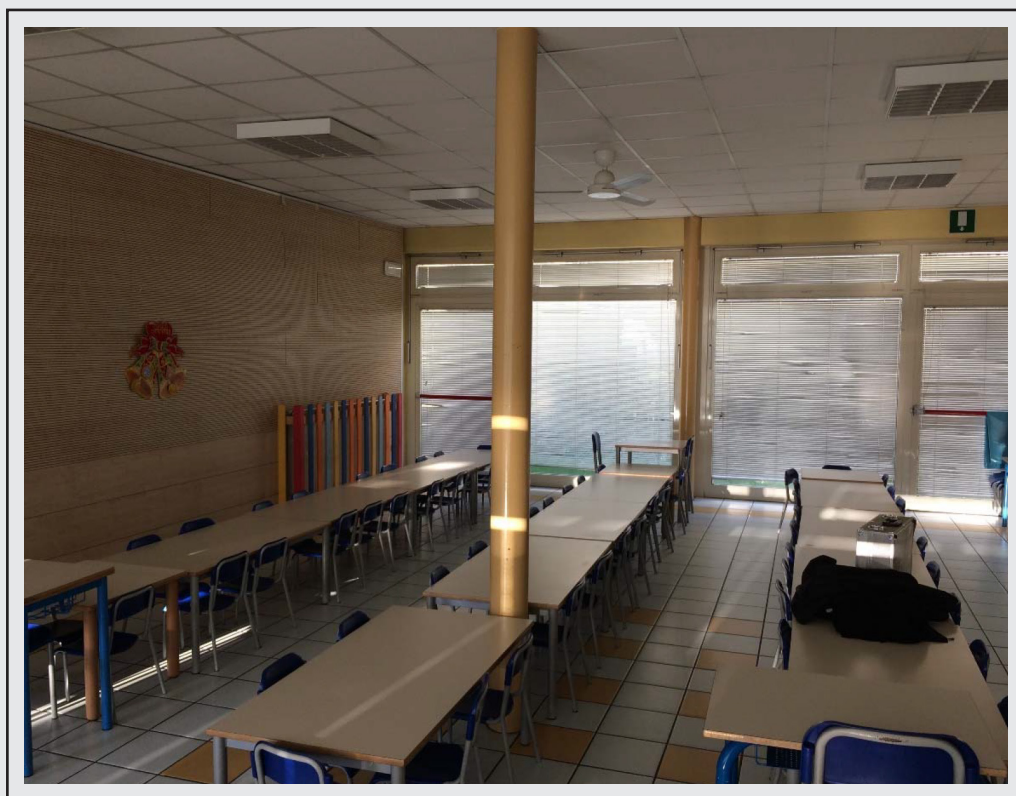


Figura 9

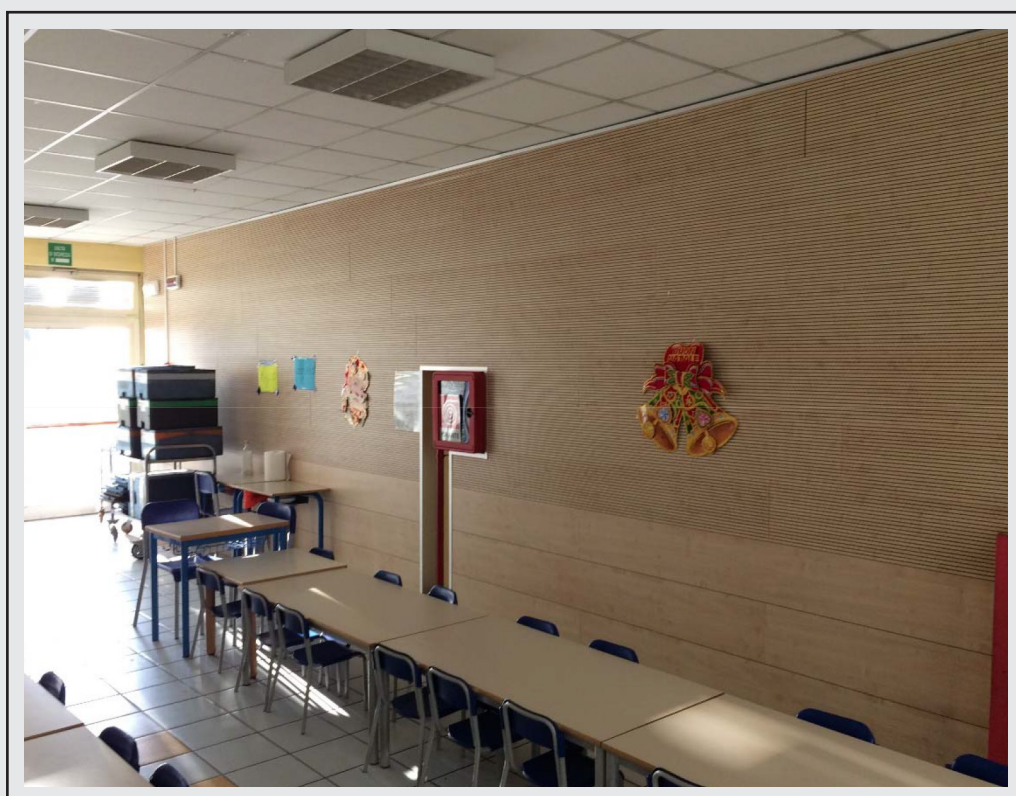


Figura 10

PER IL REFETTORIO DELLA SCUOLA MARCONI SOFT SOUND HA FORNITO

Rivestimenti acustici **SOFT TOP SF 13.3** In pannelli modulari 288x2.400 mm; in MDF sp. 14 mm ignifugo (certificato Euroclass B-s2,d0 sul prodotto finito) nobilitato melaminico decorativo Acero Fade. Pannelli fresati 3 mm passo 16 mm; retro forato Ø 10 mm passo 16x16 mm, completi di tessuto non tessuto fonoassorbente nero applicato sul retro. Materiale marcato CE in AVCP1 in conformità alla norma EN 13986 con Certificato CE di Costanza della Prestazione e certificato FSC (Forest Stewardship Council) e CARB Phase 2 (California Air Resource Board - bassissima emissione di formaldeide). Completo di profili di fissaggio e di finitura in alluminio anodizzato argento; sottostruttura in acciaio zincato; staffe di fissaggio alla muratura retrostante e pannello fonoassorbente di lana di roccia inserito nell'intercapedine.

In aggiunta alle prestazioni acustiche, sono stati soddisfatti anche i seguenti ulteriori criteri:

- **Comportamento al fuoco:** materiale ignifugo Certificato Euroclass B-s2,d0 sul prodotto finito.
- **Sicurezza:** materiale marcato CE AVCP1 con certificato CE di Costanza della Prestazione come da obblighi di legge.
- **Sostenibilità:** Materiale certificato FSC (Forest Stewardship Council) proveniente da foreste gestite in maniera corretta e responsabile, secondo rigorosi standard ambientali, sociali ed economici, e da altre fonti controllate.
- **Salubrità:** materiale certificato Carb Phase 2 – bassissima emissione di formaldeide, classi di emissioni di VOC certificate A+.

La stessa tipologia di materiale è stata fornita per le aule della Scuola Marconi, e per le aule ed i refettori delle Scuole Desiderio da Settignano, Acciaiuoli e Rodari.

Negli altri plessi scolastici sono stati utilizzati controsoffitti e rivestimenti **SOFT TOP** in varie configurazioni.

Qualora si ritenga necessario **SOFT SOUND**, su richiesta, può fornire i controsoffitti e rivestimenti **SOFT TOP** nella versione **SAFE** con superficie melaminica antibatterica certificata dall'Istituto Industrial Microbiological Service LTD (IMSL) UK, che ha testato le superfici melaminiche **SAFE** secondo la norma ISO 22196. Il test dimostra che dopo 24 ore di contatto con la superficie, il numero di batteri si riduce del 99,99%. Il test è stato condotto per due tipi di patogeni batterici: Escherichia Coli (E. Coli) e Stafilococco Aureo (S. Aureus) e prova che la superficie della melamina **SAFE** inibisce la proliferazione dei batteri e previene la loro riproduzione, e che l'effetto antibatterico si mantiene durante tutta la vita utile del prodotto.

SOFT SOUND S.R.L.
Via Oscar Romero, 31 | 60027 Osimo (AN) | Tel. +39 039 5787102
www.softsoundsrl.com | info@softsoundsrl.com