

provincia

Provincia di Treviso

comune

Comune di Ponzano Veneto

titolo progetto

**Servizio di redazione del progetto definitivo,
AMPLIAMENTO E DEMOLIZIONE DELLA SCUOLA
SECONDARIA DI PRIMO GRADO GALILEO GALILEI - 1°
LOTTO FUNZIONALE -AMPLIAMENTO.**

committente

Comune di Ponzano Veneto

Via G.B. Cicogna

31050 Ponzano Veneto (TV)

progettista

bfA+

architettura design ingegneria

ing. Mauro Bellinzani

studio bfA+ architettura design ingegneria

via mons. P. Artico n. 25, 31046 Oderzo (TV)



fase progetto

PROGETTO DEFINITIVO

titolo elaborato

RELAZIONE REQUISITI ACUSTICI PASSIVI

Tavola

09_VPAP

revisione

A

Servizio di redazione del progetto definitivo, AMPLIAMENTO E DEMOLIZIONE DELLA SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO GALILEO GALILEI - 1° LOTTO FUNZIONALE -AMPLIAMENTO.

VERIFICA DOCUMENTO

titolo progetto/job title

Servizio di redazione del progetto definitivo, AMPLIAMENTO E DEMOLIZIONE DELLA SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO GALILEO GALILEI - 1° LOTTO FUNZIONALE -AMPLIAMENTO.

titolo elaborato/document title

RELAZIONE REQUISITI ACUSTICI PASSIVI

codice elaborato/document code

18_382_VPAP

file reference

09_VPAP.A_requisiti acustici passivi.doc

revisione/revision

A	2019/05/03	emissione	CO	MB	MB	MB	00_RGEN.B_Relazione generale.doc
rev.	data	modifica	richiesto	redatto	verificato	validato	file
rev.	date	modification	asked	prepared	checked	approved	file

bfA+ considers this document privileged, confidential and of great economical value.

Any dissemination, copy, re-transmission, divulgation to third party or to competitors all over the world or other use of it in full/partially is prohibited without prior consent of bfA+.

Sommario

1. PREMESSA.....	5
2. DESCRIZIONE DELL'IMMOBILE	5
3. ESTRATTI PROGETTUALI DELL'EDIFICIO	5
4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
5. SOFTWARE DI CALCOLO UTILIZZATO.....	8
6. DEFINIZIONE DESCRITTORI ACUSTICI	8
7. D.P.C.M. 5 DICEMBRE 1997	9
8. PARAMETRI DA SODDISFARE PER IMMOBILE IN OGGETTO.	12
9. PARTIZIONE PERIMETRALE – ZONA AULE.....	12
10. SERRAMENTI	13
11. CALCOLO PREVISIONALE DEL POTERE FONOISOLANTE DI FACCIATA	13
12. CALCOLO PREVISIONALE DEL POTERE FONOISOLANTE SOLAIO INTERPIANO.....	14
13. CALCOLO PREVISIONALE DEL POTERE FONOISOLANTE DI COPERTURA.....	14
14. CONTROLLO DELLA RUMOROSITÀ IMPIANTI A FUNZIONAMENTO CONTINUO	16
15. CONTROLLO DELLA RUMOROSITÀ IMPIANTI A FUNZIONAMENTO DISCONTINUO	16
16. VERIFICA PARAMETRI D.M. 18.12.1975	16
1) 16.01	TEMPO DI RIVERBERO POST INTERVENTO
ERRORE. IL SEGNA LIBRO NON È DEFINITO.	
2) 16.02	DISTRIBUZIONE STATISTICA LIVELLO DI PRESSIONE SONORA IN AULA RANGE PARLATO 1-4 KHZ
ERRORE. IL SEGNA LIBRO NON È DEFINITO.	

3) **16.03** **MAPPA CAMPO RIVERBERATO**

ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.

4) **16.04** **RISPOSTA IN FREQUENZA AULA**

ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.

5) **16.05** **CONTROLLO PRIME E SECONDE RIFLESSIONI (EFFETTO HAAS)**

ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.

6) **16.06** **DISTRIBUZIONE STATISTICA DELLO STI**

ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.

17. RIEPILOGO VALORI E CLASSIFICAZIONE.....**ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.**

18. RIEPILOGO.....**ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.**

19. CONCLUSIONI..... **16**

20. ANNOTAZIONE DI CHIUSURA..... **16**

21. ALLEGATO 1 - INDICAZIONI DI ESECUZIONE DELLE OPERE A REGOLA D'ARTE **16**

1. Premessa

La presente relazione ha per oggetto l'analisi e la verifica delle partizioni verticali ed orizzontali dell'edificio scolastico sito nel comune di Ponzano, ai fini del soddisfacimento dei requisiti acustici passivi indicati nel DMPC del 5 dicembre 1997 (*Pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale - Serie generale n. 297 del 22 dicembre 1997*) e del DM 18/12/1975 referente acustica interna delle aule.

2. Descrizione dell'immobile

L'edificio, a due piani fuori terra, è diviso in due zone, una adibita ad attività didattica e prevede una struttura portante in XLAM che verrà protetta termicamente all'esterno da uno strato di lana di roccia, mentre all'interno sono previste delle contro pareti in cartongesso a doppia lastra, l'altro adibito a palestra con struttura portante in calcestruzzo da 25 cm e isolante esterno in lana di roccia. La divisione tra gli ambienti, sia per motivi di velocità di realizzazione dell'opera che per garantire prestazioni acustiche elevate, prevede strutture in cartongesso leggere mediante singola o doppia orditura, mentre la separazione tra le aule è realizzata in XLAM spessore 120mm con contropareti in cartongesso a doppia lastra.

Il solaio di piano tra le aule è in legno XLAM di spessore 28cm, con pacchetto di finitura superficiale in isocal e massetto radiante.

Le aule sono dotate di controsoffitto mentre la palestra prevede una travatura in legno a vista.

Unicamente ai fini indicativi, si allegano piante e prospetti dell'intero complesso per poi approfondire i parametri acustici nel prosieguo della presente.

3. Estratti progettuali dell'edificio

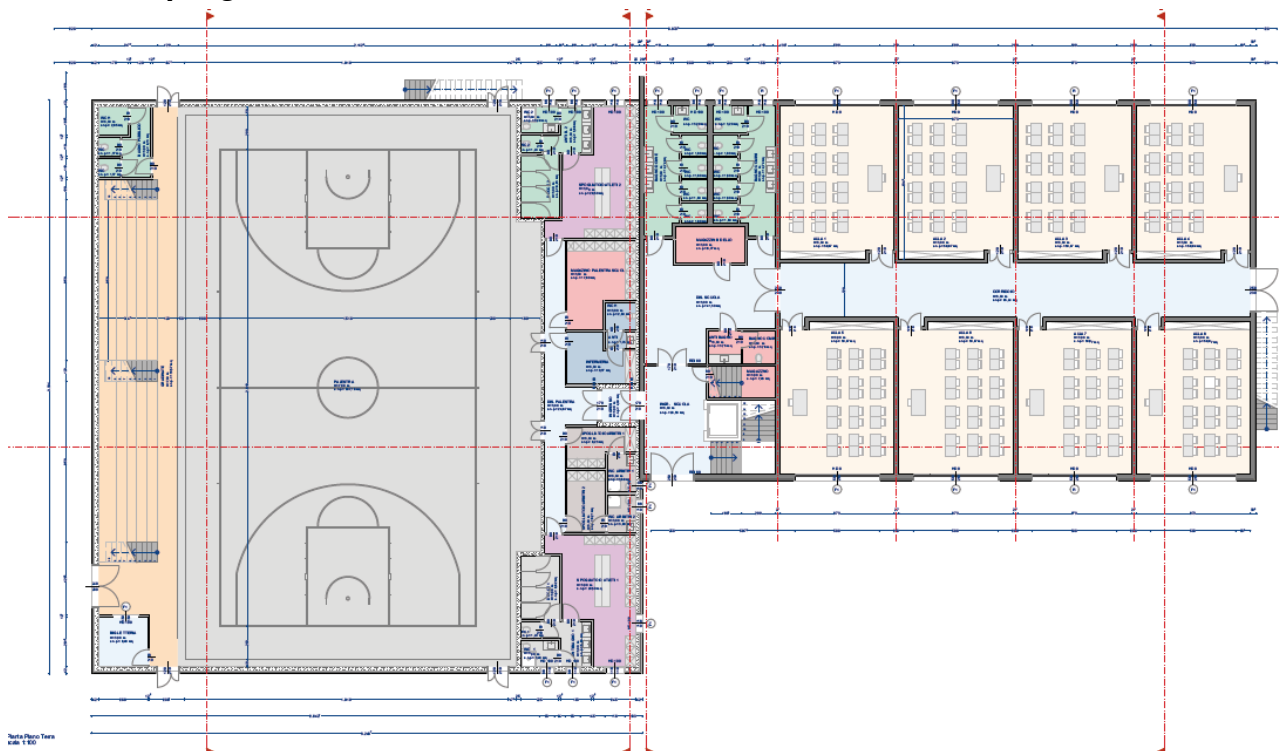


Figura (1) – pianta piano terra

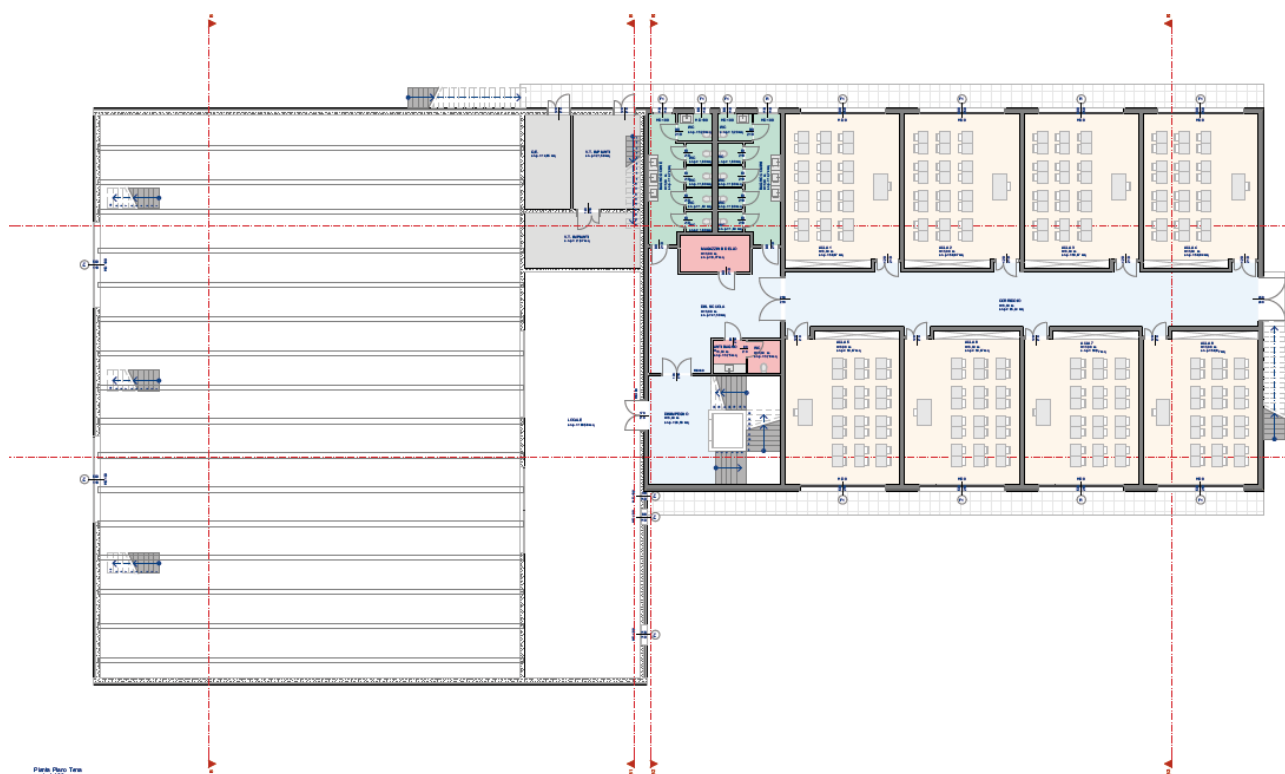


Figura (2) – pianta piano primo



Figura (2) – sezione aule e palestra

bfA+ considers this document privileged, confidential and of great economical value.

Any dissemination, copy, re-transmission, divulgation to third party or to competitors all over the world or other use of it in full/partially is prohibited without prior consent of bfA+.

Normativa di riferimento

Il riferimento tecnico fondamentale è costituito dalla seguente normativa:

- Legge n°447 del 26 ottobre 1995 : *"Legge quadro sull'inquinamento acustico"*
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 5 dicembre 1997: *"Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici"*
- Decreto Ministeriale 18 dicembre 1975: *"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"*- (Supplemento Ordinario alla G.U. 2 febbraio 1976, n. 29)
- UNI EN 12354-1 *"Acustica - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti"*
- UNI EN 12354-2 *"Acustica - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Isolamento acustico al calpestio tra ambienti"*
- UNI EN 12354-3 *"Acustica - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea"*
- UNI/TR 11173 *"Finestre, porte e facciate continue - Criteri di scelta in base alla permeabilità all'aria, tenuta all'acqua, resistenza al vento, trasmittanza termica ed isolamento acustico"*
- UNI/TR 11175 *"Acustica in edilizia - Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici - Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale"*
- UNI EN ISO 140-3:2006 *"Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 3: Misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico per via aerea di elementi di edificio"*
- UNI EN ISO 16285:2013 *"Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea tra ambienti"*
- UNI EN ISO 11572:2014 *"Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea degli elementi di facciata e delle facciate"*
- UNI EN ISO 140-6:2000 *"Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 6: Misurazioni in laboratorio dell'isolamento dal rumore di calpestio di solai"*
- UNI EN ISO 140-7:2000 *"Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Misurazioni in opera dell'isolamento dal rumore di calpestio di solai"*
- UNI EN ISO 140-8:1999 *"Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edificio - Parte 8: Misurazione in laboratorio della riduzione del rumore di calpestio trasmesso da rivestimenti di pavimentazioni su un solaio pesante normalizzato"*
- UNI EN ISO 140-11:2005 *"Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 11: Misurazione in laboratorio della riduzione del rumore di calpestio trasmesso da rivestimenti di pavimentazioni su un solaio leggero normalizzato"*
- UNI EN ISO 140-16:2001 *"Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 16: Misurazione in laboratorio dell'incremento del potere fonoisolante mediante rivestimento addizionale"*
- UNI EN ISO 717-1:2007 *"Acustica. Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Isolamento acustico per via aerea"*
- UNI EN ISO 717-2:2007 *"Acustica. Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Isolamento del rumore di calpestio"*.
- UNI EN ISO 10052:2005 *"Acustica - Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea, del rumore da calpestio e della rumorosità degli impianti - Metodo di controllo"*;
- UNI EN 29052-1:1993 *"Acustica. Determinazione della rigidità dinamica. Materiali utilizzati sotto i pavimenti galleggianti negli edifici residenziali"*.
- UNI EN 1606:2008 *Isolanti termici per edilizia - Determinazione dello scorrimento viscoso a compressione*

bfA+ considers this document privileged, confidential and of great economical value.

Any dissemination, copy, re-transmission, divulgation to third party or to competitors all over the world or other use of it in full/partially is prohibited without prior consent of bfA+.

- *UNI EN 12431:2008 Isolanti termici per edilizia - Determinazione dello spessore degli isolanti per pavimenti galleggianti*
- *ISO 3382-2:2002 "Acustica. Misurazione del tempo di riverberazione in ambienti ordinari"*
- *UNI 8204:1981 "Edilizia. Serramenti esterni. Classificazione in base alle caratteristiche acustiche"*
- *UNI EN 12207:2000 "Finestre e porte. Permeabilità all'aria - Classificazione"*
- *UNI EN 1026:2001 "Finestre e porte. Permeabilità all'aria - Metodo di prova"*
- *UNI 11367:2010: "Classificazione acustica delle unità immobiliari - Procedura di valutazione e verifica in opera".*

4. **Software di calcolo utilizzato**

Per le valutazioni di cui alla presente relazione si sono utilizzati i software commerciali SONIDO PRO e ECHO 5, che implementano metodi di calcolo previsti da standard europei recepiti dalla normativa tecnica italiana.

Trattandosi di strutture in legno, al fine di determinare le caratteristiche acustiche delle componenti edilizie, risulta fondamentale la definizione della metodologia di calcolo.

Definire le ipotesi di calcolo è molto importante nello studio in questione in quanto per le componenti edilizie complesse in legno, non esistono attualmente delle relazioni sperimentali di calcolo (algoritmi) in grado di permettere una valutazione attendibile delle prestazioni acustiche.

Generalmente, anche come raccomandato dalle norme UNI, si cerca di far riferimento a strutture certificate in laboratorio o collaudate in opera o ad esse riconducibili in via cautelativa.

Per quanto possibile, in mancanza di specifici certificati, si è fatto riferimento alla banca dati delle strutture in legno di Dataholz.com. Come indicato da Promolegno, associazione senza fini di lucro per la promozione della cultura del legno in Italia, e che costituisce un'iniziativa comune fra le associazioni Assolegno, Fedecomlegno, EdilegnoArredo e Assopannelli di FederlegnoArredo, Agelegno, Swedish Forest Industries Federation e proHolz Austria, le schede tecniche di Dataholz.com possono essere usate per attestare le caratteristiche tecniche dei prodotti e degli elementi da costruzione in quanto i dati sono verificati, calcolati o certificati da istituti specializzati e accreditati.

Proprio per la particolarità delle strutture, e la carenza di modelli di calcolo consolidati (algoritmi sperimentali), occorre evidenziare che i valori delle grandezze acustiche ottenute dai calcoli, possono differire anche in modo apprezzabile da quelli riscontrabili a seguito di prove acustiche durante i lavori o in fase di collaudo.

Nei due paragrafi seguenti sono illustrate le ipotesi metodologiche assunte nel presente studio per la definizione delle caratteristiche acustiche degli elementi costruttivi e considerazioni in merito all'accuratezza e all'affidabilità dei risultati.

5. **Definizione descrittori acustici**

Ai fini della lettura della presente relazione si sottolinea che i descrittori qui utilizzati assumono le seguenti definizioni consolidate:

- ✓ R'_w è l'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente, da calcolare tra distinte unità immobiliari;
- ✓ $D_{2m,nT,w}$ è l'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione;
- ✓ $L'_{n,w}$ è l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico;
- ✓ $L_{A_{Smax}}$ è il livello massimo di pressione sonora ponderata A con costante di tempo slow, da valutare per gli impianti a funzionamento discontinuo;
- ✓ L_{Aeq} è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A, da valutare per gli impianti a funzionamento continuo.

6. **D.P.C.M. 5 dicembre 1997**

Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici

IL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI

Visto l'art. 3, comma 1, lettera e), della legge 26 ottobre 1995, n. 447 "legge quadro sull'inquinamento acustico";

Vista la circolare del Ministero dei lavori pubblici n. 1769 del 30 aprile 1966, recante i criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici nelle costruzioni edilizie;

Vista la circolare del Ministero dei lavori pubblici n. 3150 del 22 maggio 1967, recante i criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici;

Visto il decreto del Presidente della Repubblica del 26 agosto 1993, n. 412;

Considerata la necessità di fissare criteri e metodologie per il contenimento dell'inquinamento da rumore all'interno degli ambienti abitativi;

Sulla proposta del Ministro dell'ambiente, di concerto con i Ministri della sanità, dei lavori pubblici, dell'industria, del commercio e dell'artigianato;

Decreta:

Art. 1. - Campo di applicazione.

1. Il presente decreto, in attuazione dell'art. 3, comma 1, lettera e), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, determina i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici ed i requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti in opera, al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore.

2. I requisiti acustici delle sorgenti sonore diverse da quelle di cui al comma 1 sono determinati dai provvedimenti attuativi previsti dalla legge 26 ottobre 1995, n. 447.

Art. 2. - Definizioni.

1. Ai fini dell'applicazione del presente decreto, gli ambienti abitativi di cui all'art. 2, comma 1, lettera b), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, sono distinti nelle categorie indicate nella tabella A allegata al presente decreto.

2. Sono componenti degli edifici le partizioni orizzontali e verticali.

3. Sono servizi a funzionamento discontinuo gli ascensori, gli scarichi idraulici, i bagni, i servizi igienici e la rubinetteria.

4. Sono servizi a funzionamento continuo gli impianti di riscaldamento, aerazione e condizionamento.

5. Le grandezze cui far riferimento per l'applicazione del presente decreto, sono definiti nell'allegato A che ne costituisce parte integrante.

Art. 3. - Valori limite.

1. Al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore, sono riportati in tabella B i valori limite delle grandezze che determinano i requisiti acustici passivi dei componenti degli edifici e delle sorgenti sonore interne.

Art. 4. - Entrata in vigore.

Il presente decreto viene pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana ed entra in vigore dopo sessanta giorni.

ALLEGATO A**Grandezze di riferimento: definizioni, metodi di calcolo e misure**

Le grandezze che caratterizzano i requisiti acustici passivi degli edifici sono:

1. il tempo di riverberazione (T), definito dalla norma ISO 3382: 1975;
2. il potere fonoisolante apparente di elementi di separazione fra ambienti (R), definito dalla norma EN ISO 140-5:1996;
3. l'isolamento acustico standardizzato di facciata ($D_{2m,nT}$), definito da:

$$D_{2m,nT} = D_{2m} + 10 \log T/T_0$$

dove:

$D_{2m} = L_{1,2m} - L_2$ è la differenza di livello

$L_{1,2m}$ è il livello di pressione sonora esterno a 2 metri dalla facciata, prodotto da rumore da traffico se prevalente, o da altoparlante con incidenza del suono di 45 gradi sulla facciata;

L_2 è il livello di pressione sonora medio nell'ambiente ricevente, valutato a partire dai livelli misurati nell'ambiente ricevente mediante la seguente formula:

$$L_2 = 10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \right)$$

Le misure dei livelli L_i devono essere eseguite in numero di n per ciascuna banda di terzi di ottava. Il numero n è il numero intero immediatamente superiore ad un decimo del volume dell'ambiente; in ogni caso, il valore minimo di n è cinque;

T è il tempo di riverberazione nell'ambiente ricevente, in sec;

T_0 è il tempo di riverberazione di riferimento assunto, pari a 0,5s;

4. il livello di rumore di calpestio di solai normalizzato (L'_n) definito dalla norma EN ISO 140-6:1996;

5. $L_{A\text{ Smax}}$: livello massimo di pressione sonora ponderata A con costante di tempo slow;

6. L_{Aeq} : livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderata A.

Gli indici di valutazione che caratterizzano i requisiti acustici passivi degli edifici sono:

- a. indice del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti (R'_w) da calcolare secondo la norma UNI 8270:1987, Parte 7, para. 5.1.
- b. indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata ($D_{2m,nT,w}$) da calcolare secondo le stesse procedure di cui al precedente punto a.;
- c. indice del livello di rumore di calpestio di solai, normalizzato ($L_{n,w}$) da calcolare secondo la procedura descritta dalla norma UNI 8270: 1987, Parte 7°, para.5.2.

Rumore prodotto dagli impianti tecnologici

La rumorosità prodotta dagli impianti tecnologici non deve superare i seguenti limiti:

- a) 35 dB(A) L_{Amax} con costante di tempo slow per i servizi a funzionamento discontinuo;
- b) 25 dB(A) L_{Aeq} per i servizi a funzionamento continuo.

Le misure di livello sonoro devono essere eseguite nell'ambiente nel quale il livello di rumore è più elevato. Tale ambiente deve essere diverso da quello in cui il rumore si origina.

Tabella A - CLASSIFICAZIONI, DEGLI AMBIENTI ABITATIVI (art. 2)

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

Tabella B - REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI, DEI LORO COMPONENTI E DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI

Categorie di cui alla Tab. A	Parametri				
	$R'_w(*)$	$D_{2m,nT,w}$	$L'_{n,w}$	L_{ASmax}	L_{Aeq}
1. D	55	45	58	35	25
2. A, C	50	40	63	35	35
3. E	50	48	58	35	25
4. B, F, G	50	42	55	35	35

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

Nota: con riferimento all'edilizia scolastica, i limiti per il tempo di riverberazione sono quelli riportati nella circolare del Ministero dei lavori pubblici n. 3150 del 22 maggio 1967, recante i criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici.

7. Parametri da soddisfare per immobile in oggetto.

In base destinazione d'uso dell'immobile, i parametri acustici previsti nel DPCM 12/97 appena riportato:

Descrittore	R' _w	L' _{n,w}	D _{2m,nT,w}	L _{ASmax}	L _{Aeq}
Categoria E	50 dB	58 dB	48 dB	35 dB	25 dB

Nel caso in esame, i parametri oggetto di verifica sono quelli evidenziati; infatti l'edificio ha due piani fuori terra; in merito al limite inerente il rumore da impianti, più volte è stato ribadito che il valore indicato è sicuramente frutto di un errore di trascrizione da parte del legislatore; chiunque abbia conoscenza della materia acustica è conscio che 25 dB(A) sono un valore molto basso raggiungibile unicamente in talune particolari molto favorevoli condizioni con particolare riferimento all'ambiente esterno.

8. Partizione perimetrale – zona Aule

Come anticipato, la struttura perimetrale è costituita da un pannello in XLAM da 12cm a cui viene accoppiato un cappotto in lana minerale 16cm ed una controparete interna.

- parete in legno avente una massa superficiale (escluso il cappotto) $m' = 80 \text{ Kg/mq}$ avente un potere fonoisolante stimato di $R_w = 51 \text{ dB}$ (R_w struttura base = 38 dB ΔR_w cappotto = 13 dB vedasi tabella allegata).

Composizione della parete esterna dall'interno verso l'esterno:

- Struttura portante in XLAM sp. 120 mm densità 500 Kg/mc
- 160 mm cappotto termico in fibra di roccia densità minima 70 Kg/mc ($m = 11,2 \text{ kg/mq}$);
- intonaco finale per cappotto armato in due strati.

Il valore di ΔR_w è dedotto sulla base dei dati dell'associazione tedesca dei produttori di sistemi di isolamento a cappotto WDV-Systeme, che ha condotto una serie di prove sperimentali, che hanno portato alla stesura di tabelle sull'effetto dei sistemi a cappotto sull'isolamento acustico delle facciate.

TABELLA 3: MIGLIORAMENTO ΔR_w [dB] CON CAPPOTTO CON LANA MINERALE, INCOLLAGGIO SUL 40% DELLA SUPERFICIE, CON TASSELLI.

Spess. Isol. [mm]	massa superficiale del rivestimento (Intonaco + finitura) [kg/m ²]						
	6	8	10	12	16	24	30
60	1	3	5	7	9	12	14
80	3	6	7	9	11	14	16
100	5	7	9	10	13	16	18
120	7	9	10	12	14	17	19
140	8	10	12	13	15	18	20
160	9	11	13	14	16	20	21
180	10	12	14	15	17	20	22
200	10	13	14	16	18	21	23

$R_w = 51 \text{ dB}$, a favore di sicurezza non considerando la controparete interna con lana di roccia.

9. Serramenti

I serramenti saranno in alluminio a taglio termico con vetrocamere.

I calcoli che seguono indicheranno i requisiti minimi di prestazioni acustiche richiesti alle partizioni trasparenti al fine di avere la verifica del potere fono isolante che dovrà essere certificato da appropriata prova di laboratorio.

Grazie a questo valore possiamo procedere al calcolo del potere fono isolante di facciata al fine del soddisfacimento del requisito richiesto dal DPCM 12/97.

Nota:

Attenzione alla posa dei serramenti per non vanificare le prestazioni acustiche dei serramenti.

10. Calcolo previsionale del potere fonoisolante di facciata

Il calcolo dell'indice in oggetto parte dalla media energetica degli elementi componenti la facciata in esame.

La formula utilizzata è la seguente:

$$R' = -10 * \log \left(\sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S} * 10^{\frac{-R_i}{10}} + \frac{A_0}{S} * \sum_{i=1}^p 10^{\frac{-D_{n,e,i}}{10}} \right) - K \quad \text{al fine di poter calcolare} \quad (1)$$

$$D_{2m,nT} = R' + \Delta L_{fs} + 10 * \log \left(\frac{V}{6 * T_0 * S} \right) \quad (2)$$

Ricordando che **Rw = 51 dB** si può procedere al calcolo al fine di ottenere la prestazione acustica minima richiesta al serramento; come esempio si considera una aula tipo.

Si procede pertanto al calcolo mediato energeticamente delle superfici perimetrali esposte mediante i due poteri fono isolanti prima calcolati: parete perimetrale e serramento su una aula a campione.

Dal punto di vista previsionale risulta che il potere fono isolante minimo del serramento deve essere $Rw = 48 \text{ dB}$

11. Calcolo previsionale del potere fonoisolante solaio interpiano.

Il solaio di interpiano vede una partizione orizzontale in XLAM > 140 mm a cui viene agganciato un controsoffitto in cartongesso/fibra a copertura degli impianti. Superiormente il pacchetto di solaio prevede isocal, 10/12cm, pannello di isolamento acustico pacchetto radiante e massetto di finitura.

La verifica eseguita sulla scorta dei dati certificati da DATAHOLZ, su un pacchetto analogo risulta soddisfatta.

sezione

struttura

Datasheet

Flooring gdmnxn03-00

Pavimento soffitto gdmnxn03 -00

Costruzione in massello di legno massiccio, senza, umido, con riempimento

Costruire la valutazione fisica

protezione antincendio

REI 60

max. Span = 5 m; max. Carico $E_{d,fi} = 5 \text{ kN} / \text{m}^2$

Classificazione per HFA

Protezione antincendio Germania

Classificazione: REI60

Carica $E_{d,fi,m}$ base alla prova di usabilità tedesca

Prova: specifica del produttore

protezione termica

U

comportamento adatto

diffusione

insonorizzazione

$R_w (C; C_{tr})$

74 dB (-2; -8)

$L_{n,w} (C_1)$

45dB (-1)

Valutazione di Müller-BBM

Massa relativa all'area m

409,0 kg / m²

Dettagli del materiale da costruzione per la costruzione, struttura dello strato (esterno verso l'interno)

	Spessore [mm]	materiale da costruzione	protezione termica				Classe di comportamento al fuoco EN
			λ	μ min - max	ρ	c	
la	60,0	massetto	1.330	50-100	2000	1.080	A1
B	0,2	Strato di separazione in plastica	0,200	100000	1400	1,400	e
C	40,0	Isolamento acustico da impatto MM-T (s ≈ 10 MN / m ²)	0,035	1	68	1,030	A1
D	120,0	Letto elasticizzato (m'circa 180 kg / m ²)	0,700	1	1800	1,000	A1
e	0,2	gocciolare					e
F	140,0	legno lamellare	0,130	50	500	1,600	D

$R_w = 74 \text{ dB}$, $L_{n,w} = 45 \text{ dB}$

12. Calcolo previsionale del potere fonoisolante di copertura

Anche la copertura prevede una partizione orizzontale in XLAM a cui viene agganciato un controsoffitto in cartongesso/fibra a copertura degli impianti. Superiormente il pacchetto di solaio prevede lana di roccia da 200mm, e guaina impermeabilizzante.

La verifica eseguita sulla scorta dei dati certificati da DATAHOLZ, su un pacchetto analogo risulta soddisfatta.

sezione

struttura

Scheda tecnica

Tetto piano / tetto inclinato piatto

fdmobi01a-00

Tetto piano / inclinato tetto piano fdmobi01a -00

Tetto piano / tetto piatto tetto Costruzione in legno massiccio, non ventilata, con livello di installazione, con sospensione

Costruire la valutazione fisica

protezione antincendio

REI

60

max. Span = 5 m; max. Carico $E_{d,fi} = 0,6 \text{ kN} / \text{m}^2$

Classificazione per HFA

protezione termica

U

0,10 W / (m² K)

comportamento adatto

diffusione

Calcolo per HFA

insonorizzazione

R_w (C; C_{tr})

50 dB

$L_{n,w}$ (C₁)

Valutazione da parte di HFA

Massa relativa all'area

m

118,1 kg / m²

Calcolato con GKF

Spessore [mm]

materiale da costruzione

protezione termica

λ

μ min - max

ρ

c

Classe di comportamento al fuoco EN

la

copertura di plastica

B

300.0

Lana minerale [040; 130; ≥1000 °C] ignifugo

0,040

1

130

1.030

A1

C

Membrana sigillante sda 500m

D

125.0

Legno lamellare incrociato d ≥ 125.0; almeno 5 strati, strato superiore di almeno 27.5 mm

0,130

50

500

1.600

D

e

80.0

Tornio in legno di abete (50/80; e = 625) sospeso con barra oscillante

0,120

50

450

1.600

D

F

80.0

Lana minerale [040; 18] x

0,040

1

18

1.030

A1

sol

12.5

GKF cartone di fibra / gesso

0,250

10

800

1.050

A2

$R_w = 50 \text{ dB}$,

bFA+ considers this document privileged, confidential and of great economical value.

Any dissemination, copy, re-transmission, divulgation to third party or to competitors all over the world or other use of it in full/partially is prohibited without prior consent of bFA+.

Calcolo previsionale del potere fonoisolante tra aule

IL DPCM 12/97 si riferisce esplicitamente a differenti unità immobiliari (vd definizione del **D.P.R. 01/12/1949, n.1142** "Nuovo catasto edilizio urbano: *Unità immobiliare urbana: si accerta come distinta unità immobiliare urbana ogni fabbricato, o porzione di fabbricato od insieme di fabbricati che appartenga allo stesso proprietario e che, nello stato in cui si trova, rappresenta, secondo l'uso locale, un cespite indipendente*) ed in tal senso le aule di un medesimo dipartimento scolastico non possono essere in tal senso ritenute tali. Si ricorre pertanto alla Circolare Ministeriale del 22 Maggio 1967, "**CRITERI DI VALUTAZIONE E COLLAUDO DEI REQUISITI ACUSTICI NEGLI EDIFICI SCOLASTICI**", ove al punto 3.2, si indicano dei valori minimi da rispettare che per comodità di lettura si riportano nella seguente tabella:

Requisiti	Indice di valutazione
Isolamento acustico fra due aule adiacenti sullo stesso piano	40 dB
Isolamento acustico fra due aule sovrapposte	42 dB
Livello di rumore di calpestio fra due aule sovrapposte	68 dB

A progetto, i divisori sono realizzati con pareti in XLAM e controparete in cartongesso a 2 lastre per lato. Ricorrendo a certificati acustici disponibili nel sito DATAHOLZ, si rileva un valore di $R_w = 53 \text{ dB}$. Non esistono ponti acustici tra le aule e quindi,

essendo le partizioni di attacco di massa molto superiore, non si prevedono eccessive perdite per trasmissioni laterali che possono essere contenute in 1 dB come si evince dal calcolo che segue dove a 500 Hz $R_w = 52 \text{ dB}$.

sezione

struttura

</

bfA+ considers this document privileged, confidential and of great economical value.

Any dissemination, copy, re-transmission, divulgation to third party or to competitors all over the world or other use of it in full/partially is prohibited without prior consent of bfA+.

13. **Controllo della rumorosità impianti a funzionamento continuo**

Le colonne portanti principali vengono poste all'esterno delle aule e gli ingressi saranno realizzati con condotte silenziate; la velocità dell'aria è molto contenuta e si prevede che essa non superi i 5 m/sec. La verifica del risultato sarà in ogni caso condotta sia a livello preventivo che consuntivo ad impianto installato, prevedendo eventuale possibilità dell'inserimento di silenziatori atti a garantire i requisiti di norma.

14. **Controllo della rumorosità impianti a funzionamento discontinuo**

Non sussistono problematiche inerenti il disturbo da impianti a funzionamento discontinuo.

15. **Verifica parametri D.M. 18.12.1975**

Il DM 18/12/1975 all'articolo 5.1 indica i criteri di valutazione dei requisiti acustici dell'edilizia scolastica e i limiti per il tempo di riverberazione sono quelli riportati nella circolare del Ministero dei lavori pubblici n. 3150 del 22 maggio 1967 come si evince dalla nota alla tabella B allegata al DPCM 5 dicembre 1997. Detta circolare recante titolo "Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici" prevede il seguente tempo di riverbero: 1,2 secondi per le aule arredate per la media aritmetica dei tempi nelle frequenze da 125 a 2000 Hz

Per quanto riguarda la verifica dei parametri dei tempi di riverberazione, fare riferimento alla relazione allegata del tecnico acustico p.ind. Bruno Zorzi.

16. **Conclusioni**

A fronte di quanto sopra descritto, in relazione ai calcoli effettuati, **si ritiene il fabbricato conforme a quanto previsto dal DPCM 05 Dicembre 1997.**

17. **Annotazione di chiusura**

Si precisa che la presente è una verifica preventiva teorica determinata dall'applicazione delle norme tecniche citate al precedente paragrafo 3. E' evidente che nessuna relazione previsionale potrà mai identificare eventuali errori di posa; a tale proposito si sottolinea, anche nel rispetto di quanto previsto nel DPCM 12/97, la necessità di una verifica in opera una volta ultimati i lavori per una corretta e definitiva relazione finalizzata alla certificazione dell'edificio sotto il profilo dei requisiti acustici passivi.

Il tecnico progettista

Ing. Mauro Bellintani



18. **Allegato 1 - Indicazioni di esecuzione delle opere a regola d'arte**

Di seguito sono riportate alcune indicazioni generali di buona norma del costruire da seguire per ottenere le prestazioni acustiche in opera che risultino essere in linea con quelle previste nel presente documento. Le indicazioni devono intendersi non esaustive in quanto il costruttore deve attenersi a tutte le prescrizioni delle ditte produttrici degli elementi da porre in opera, quelle fornite dalla Direzione Lavori, alle norme UNI applicabili.

1- Riduzione del rumore di calpestio nei solai

Il requisito previsto dal D.P.C.M. 5/12/1997 sarà ottenuto solo prestando attenzione alla modalità di posa in opera dello strato resiliente ed in particolar modo ai risvolti laterali della fascia desolidarizzante. In particolare sarà necessario:

- Effettuare il distacco del massetto dalle pareti mediante una striscia perimetrale di fascia desolidarizzante di altezza adeguatamente superiore allo spessore del massetto, per assicurare il distacco anche della pavimentazione.
- Prestare attenzione affinché non si creino ponti acustici tra il massetto di rivestimento e la struttura portante, avendo cura di risvoltare lo strato resiliente, adottato nel caso di 'Pavimento Galleggiante';
- È tassativo realizzare o impostare i muri divisorii prima della posa del pavimento galleggiante per evitare che la parete di separazione posata direttamente sul pavimento galleggiante trasmetta i rumori aerei e di percussione generati nel locale disturbante;
- La superficie del massetto non deve essere superiore a 30 mq con lati di non oltre 7 m; superfici più grandi devono essere frazionate mediante giunti di dilatazione.
- Allo scopo di evitare un'essiccazione troppo rapida e irregolare, bisogna mantenere umido il massetto per almeno 7 giorni, evitando di camminarci sopra per i primi 3 giorni ed attendendo un periodo sufficiente prima della posa della pavimentazione (almeno 4-5 settimane).
- Dopo la posa del massetto verificare di avere ancora un'altezza adeguata di fascia perimetrale; quest'ultima infatti dovrà contenere anche lo strato di pavimentazione finale per garantire una completa disgiunzione delle pareti.
- Dopo aver posato la pavimentazione rifilare l'eccesso di fascia desolidarizzante prima della posa del battiscopa
- Posare il battiscopa creando un distacco tra il battiscopa stesso e la pavimentazione. Il distacco si può realizzare o con un sottile velo di silicone (1,5 mm) oppure con un nylon che dovrà essere rimosso dopo la posa del battiscopa.

2- Isolamento da rumore aereo - Pareti

I valori di isolamento acustico in opera delle pareti divisorie risentono delle perdite del potere fonoisolante dovuto alle trasmissioni laterali del rumore.

Per limitare questo effetto è necessario porre particolare cura nella realizzazione di tutti i collegamenti laterali sia verticali che orizzontali, questo per ridurre la presenza di ponti acustici. Per la corretta posa in opera delle contropareti in cartongesso occorrerà far riferimento alla UNI 11424:2011 "Sistemi costruttivi non portanti di lastre di gesso rivestito (cartongesso) su orditure metalliche – Posa in opera".

In particolare si segnala la necessità di disaccoppiare tutto il perimetro della parete in carton-gesso. Questo può essere ottenuto utilizzando materiale resiliente da interporre tra profilo metallico e le strutture laterali (pareti e solai). A tale scopo possono essere utilizzate ad esempio strisce di neoprene, polietilene con adesivo o materiali prescritti dal produttore del sistema. Si ricorda la necessità che le porte delle aule ad uso didattico abbiano un adeguato indice di potere fonoisolante 40 dB (certificato da rapporti di prova di laboratori accreditati ottenuto secondo la norma UNI EN ISO 140-3 e UNI EN ISO 717-1). Questa richiesta è determinata dalla necessità di attenuare il ponte acustico creato dalla possibile trasmissione di rumore tra le aule attraverso le porte.

3- Requisiti degli impianti

bfA+ considers this document privileged, confidential and of great economical value.

Any dissemination, copy, re-transmission, divulgation to third party or to competitors all over the world or other use of it in full/partially is prohibited without prior consent of bfA+.

Di seguito sono riportate alcune soluzioni, suddivise per tipologia di impianto adottate per ridurre l'impatto acustico. Si fa notare che le indicazioni fornite non possono essere particolarmente dettagliate in quanto la gran parte delle situazioni andrà risolta in fase di messa in opera.

Tubazioni:

- Installazione di un riduttore di pressione a monte dell'impianto;
- Utilizzo, dove possibile, di tubazioni in materiale plastico multistrato in quanto permettono un sensibile aumento delle velocità pur mantenendo un basso livello di rumorosità;
- Isolamento delle tubazioni metalliche che attraversano parti strutturali a mezzo di materiale resiliente;
- Limitazione della velocità dell'acqua a 2 m/s e massimo dimensionamento possibile per il diametro delle tubazioni;
- Limitazione della pressione dell'acqua ad un massimo di 350 KPa nelle linee principali di distribuzione.

Scarichi:

- Utilizzo, dove possibile, di tubazioni in materiale plastico multistrato in quanto permettono un sensibile aumento delle velocità pur mantenendo un basso livello di rumorosità;
- Massimo dimensionamento possibile per le sezioni dei collettori per ridurre la velocità di deflusso delle acque. Scelta di pendenze poco elevate per il tubo di collegamento fra sifone e colonna di scarico, per ridurre il tipico "gorgoglio" degli impianti;
- Posizionamento dei sanitari su uno strato di materiale resiliente;
- Rivestimento delle cassette ad incasso con materiale resiliente;
- Rivestimento delle tubazioni di scarico con materiale resiliente nel passaggio attraverso le strutture

Ascensori:

La parete che definisce il vano corsa è caratterizzata da un potere fonoisolante $R_w \geq 60$ dB e per questo motivo si ritiene che l'isolamento del rumore che si propaga per via aerea dall'ascensore verso altri ambienti sia ragionevolmente garantito. Per quanto concerne la componente di rumore trasmessa per via strutturale essa dipende essenzialmente dalle caratteristiche e dalle modalità di installazione dell'impianto di sollevamento.

In particolare l'impianto di sollevamento prevede:

- Realizzazione di opportuno isolamento e sigillatura delle porte di ingresso situate vicino alle porte di sbarco dell'ascensore;
- Accoppiamento elastico delle guide dell'ascensore rispetto al cavedio che lo accoglie.

Impianti di riscaldamento:

- Utilizzo di giunti elastici e ancoraggi flessibili per le tubazioni;

Impianti di condizionamento:

- Posizionamento degli impianti in copertura dove l'impatto è minore;

- Posizionamento delle macchine su pavimento galleggiante con interposizione di materassino fonoimpedente per ridurre la trasmissione del rumore per via strutturale; ·
- Utilizzo di idonei giunti antivibranti per le staffe di supporto dell'impianto;

Impianti elettrici ·

- Gli impianti elettrici e speciali sono previsti di tipo esterno senza cassette inserite all'interno della parete. Ciò garantisce il mantenimento delle caratteristiche fonoisolanti delle pareti.



Dipartimento Analisi energetiche

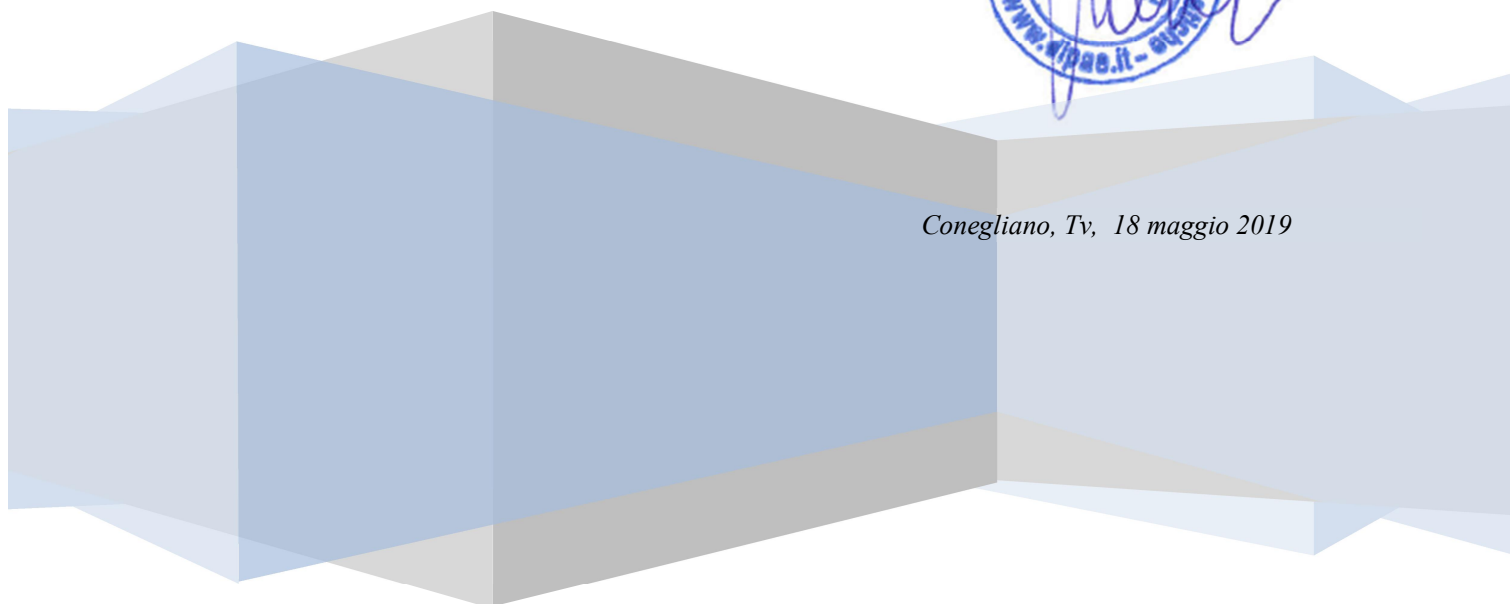
*Spett.le Ditta
bfA+ Architettura
Via Mons. Paride Artico 25
31046 ODERZO*

ANALISI ACUSTICA ARCHITETTONICA

Palestra ed aula scolastica



Conegliano, Tv, 18 maggio 2019





Dipartimento Analisi Energetiche

Sommario

1.	<i>Premessa.....</i>	3
2.	<i>Normativa di Riferimento</i>	3
3.	<i>Tempo di riverbero</i>	3
4.	<i>Dettami circolare DM 13/09/1977</i>	4
5.	<i>Circolare MLPP del 22 maggio 1967</i>	4
6.	<i>Palestra.....</i>	5
7.	<i>Proposte di miglioria.....</i>	7
8.	<i>Materiali indicati.....</i>	9
9.	<i>Attività di posa.....</i>	12
10.	<i>Aula tipo</i>	13
11.	<i>Conclusioni.....</i>	15
12.	<i>Iscrizione tecnico competente.....</i>	16



Dipartimento Analisi Energetiche

1. Premessa

La presente relazione esegue disamina parametri acustici relativi alla realizzazione di un complesso scolastico a tale proposito, partendo dagli elaborati progettuali, si esegue verifica dei parametri acustici di norma della palestra e di una aula tipo.

Lo studio è stato condotto con l'ausilio dei seguenti strumenti:

- Software previsionale modellazione acustica Modeler Bose
- "Capture Studio" prodotto da Cesva

Le fonti di letteratura tecnica specifica utilizzate sono le seguenti:

- "Attenuazione del rumore" – Ian Sharland
- "Il controllo del rumore" – Antonio Briganti
- Atti della Scuola di acustica della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Ferrara

2. Normativa di Riferimento

- D.P.C.M. 05.12.1997 Decreto attuativo Legge Quadro "Requisiti acustici passivi degli edifici"
- UNI EN ISO 3746
- UI EN ISO 3382
- DM 18/12/1975
- DM 13/09/1977
- Circolare 3159 del 22/05/1967

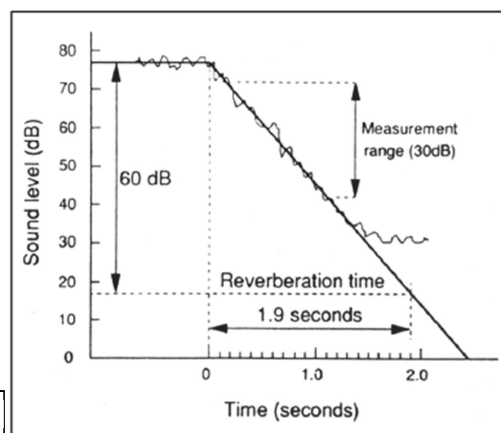
3. Tempo di riverbero

In acustica architettonica, il tempo di riverbero è uno dei parametri utilizzati per valutare il comportamento di una sala; esso ha dirette correlazioni con la comprensione della parola. Secondo il principio di conservazione dell'energia, ogni superficie ha la capacità di trasmettere, assorbire e riflettere una quota parte dell'onda che la investe.

La parte di energia riflessa va ad incrementare quella immessa dalla sorgente e quindi, un aumento non controllato di dette componenti, può rendere molto difficoltosa la comprensione del parlato e spiacevole la permanenza nell'ambiente; è quindi necessario prevenire tale inconveniente operando sulle superfici ponendo in opera dei materiali "fonoassorbenti" che tendano a dissipare l'energia acustica in eccesso; la loro quantità è chiaramente frutto di un calcolo che si traduce nell'ottenimento di tempi di riverbero standardizzati ed indicati nella letteratura tecnica di settore. Il posizionamento, pur importante, è invece nella pratica sempre dettato dall'architettura della stanza.

Si esprime pertanto il Tempo di Riverbero nei secondi necessari all'energia affinché il livello di pressione sonora presente in ambiente si riduca di 60 dB dopo che è cessata l'emissione da parte della sorgente sonora.

Figura (1) : andamento T60



4. *Dettami circolare DM 13/09/1977*

Il decreto ministeriale riporta una indicazione del tempo di riverbero da misurarsi all'interno di una aula scolastica e riporta la seguente relazione empirica:

$$T_{ott} = K(-0.2145 + 0.45 * \log V)$$

indicando nel valore K i coefficienti di correzione del TR in base alle bande di ottava come indicato nella sottostante tabella:

125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
1.7	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0

Nell'analisi dell'aula, rimandata al prossimo paragrafo 10, il tempo di riverbero calcolato sui 180 mc di volume offre i seguenti risultati:

125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
1,4	1,1	1,0	0,9	0,8	0,8

5. *Circolare MLPP del 22 maggio 1967*

La circolare richiamata prevede per le palestre un tempo di riverbero massimo di 2.2 secondi, qualora il volume non venga utilizzato anche come auditorium; in tal caso, presa a riferimento la curva degli "auditori per il parlato", si ricava che il valore di RT suggerito a fronte del volume della sala pari a circa 6200 mc, è pari a circa 0.9 secondi.

Considerato infine il fatto che spesso una palestra scolastica può anche essere utilizzata anche per rappresentazioni musicali, si preferisce estrapolare un valore medio compreso i valori appena descritti, fissando in circa **1.7 secondi** il TR desiderato in ambiente alle frequenze centrali 500-4Khz.

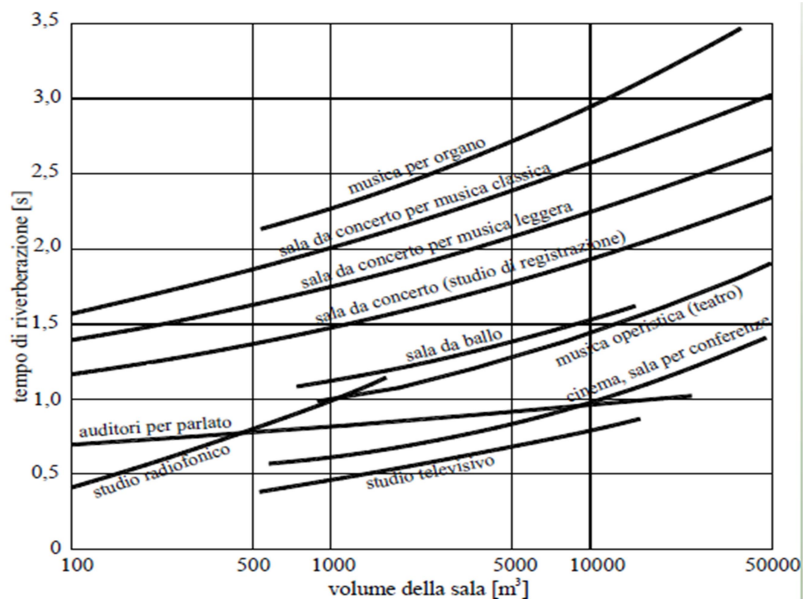


Figura (2) : T60 da letteratura

6. Palestra

Si procede quindi allo sviluppo del modello tridimensionale del volume per la verifica preventiva dello stato di progetto e per l'indicazione delle migliorie.

Le superfici che determinano il volume sono qui di seguito descritte:

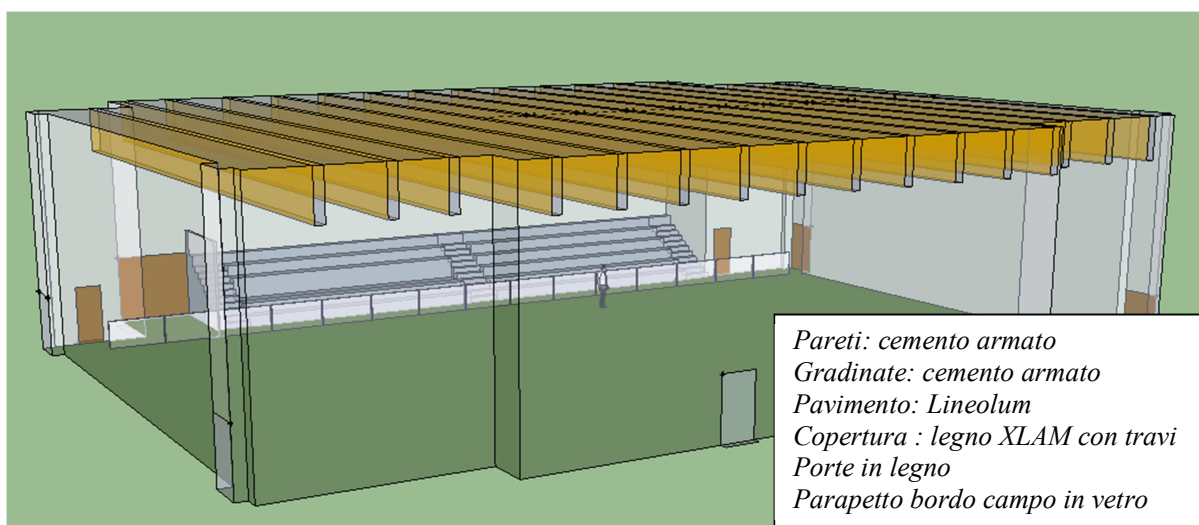


Figura (4) : Elaborazione 3D

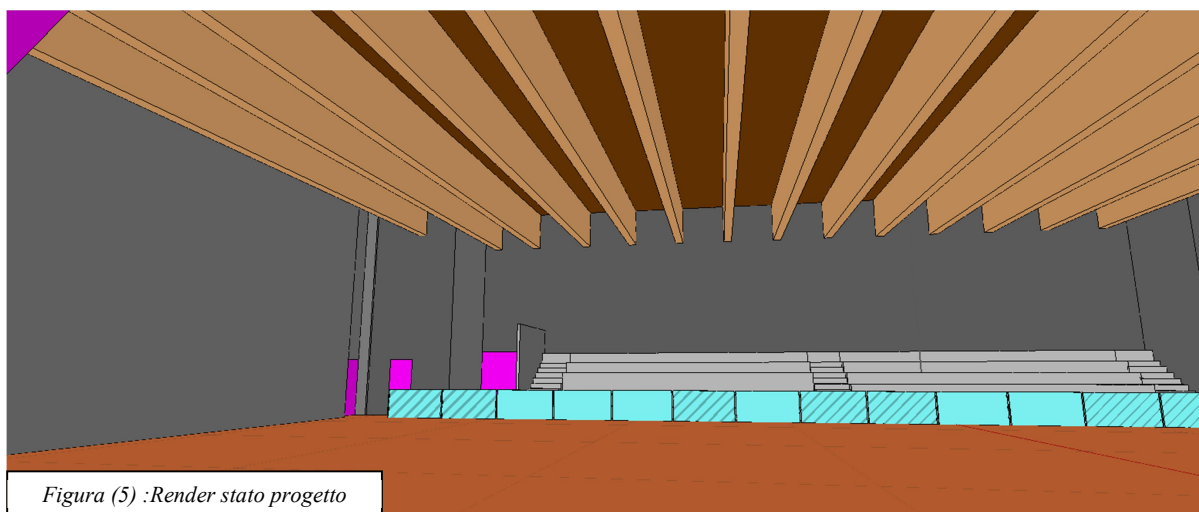


Figura (5) :Render stato progetto

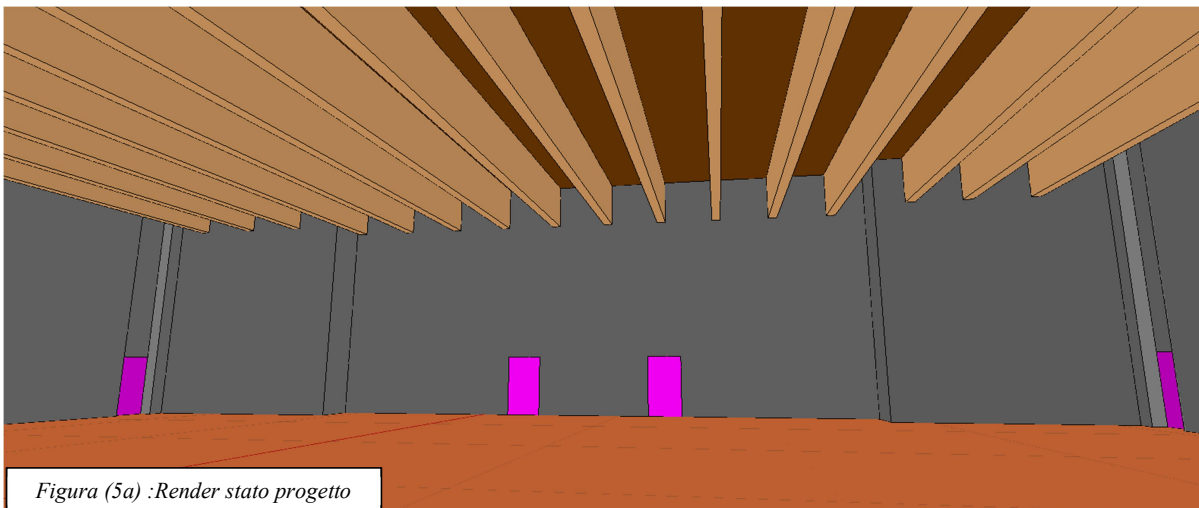
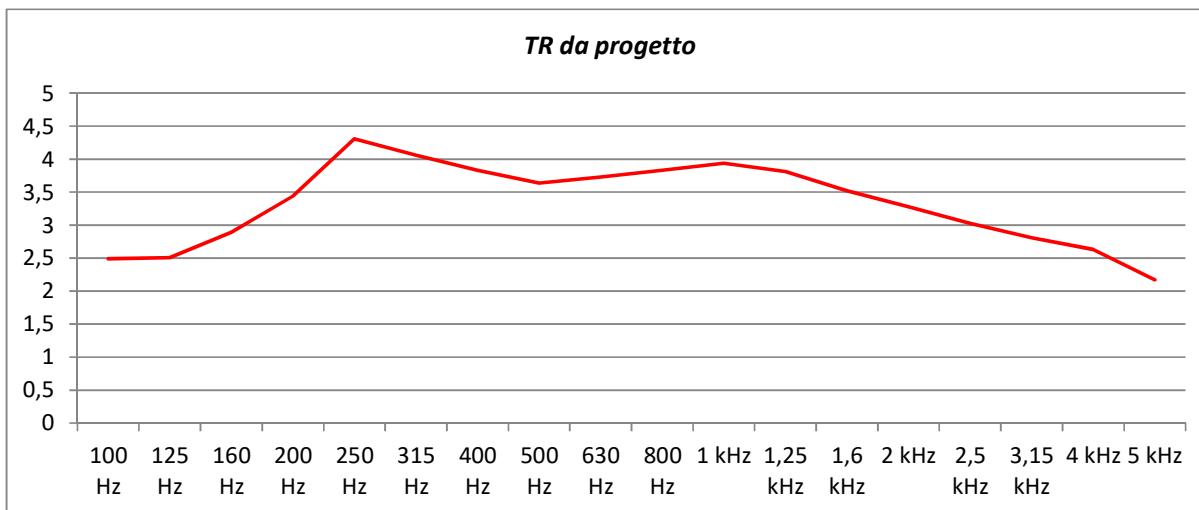


Figura (5a) :Render stato progetto

Material	31Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz	Area	Color
Linoleum	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	740,0	
Cemento armato	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06	952,3	
Porte ingresso	0,15	0,15	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	26,8	
Scalinate in cemento armato	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06	134,3	
Parapetto in Vetri	0,45	0,45	0,10	0,10	0,07	0,05	0,01	0,05	0,01	0,01	63,0	
Xlam copertura	0,24	0,24	0,24	0,10	0,12	0,10	0,11	0,10	0,10	0,10	698,6	
Trave in legno	0,24	0,18	0,20	0,10	0,12	0,10	0,11	0,10	0,10	0,10	1315,7	

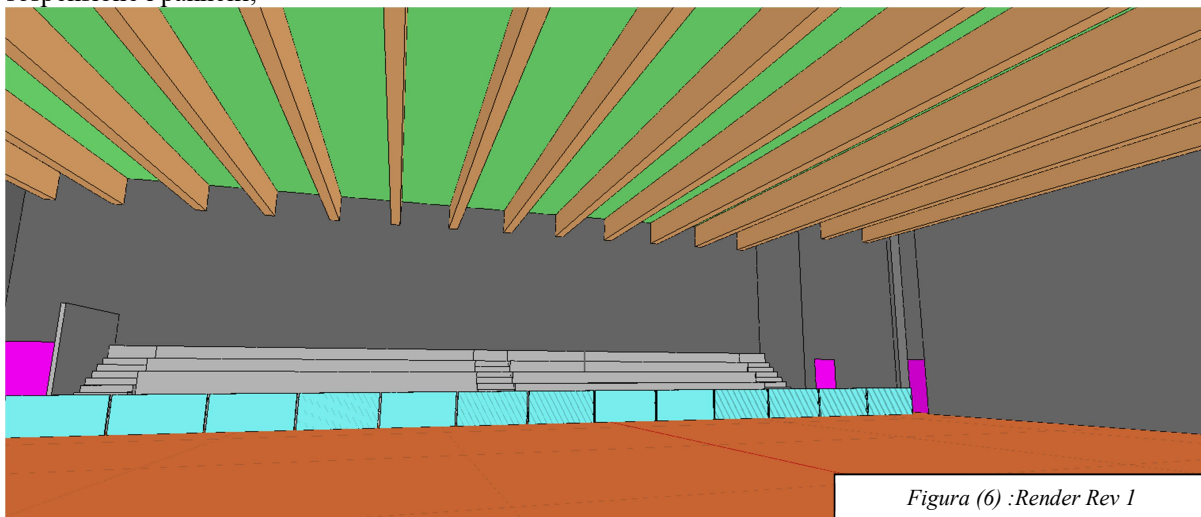
Una volta associati i materiali con le caratteristiche come da tabella sovrastante alle diverse superfici, il risultato atteso come tempo di riverbero è il seguente:



Si noti come effettivamente i valori calcolati in frequenza siano sensibilmente più elevati rispetto a 1.7 secondi medi come dapprima stabilito.

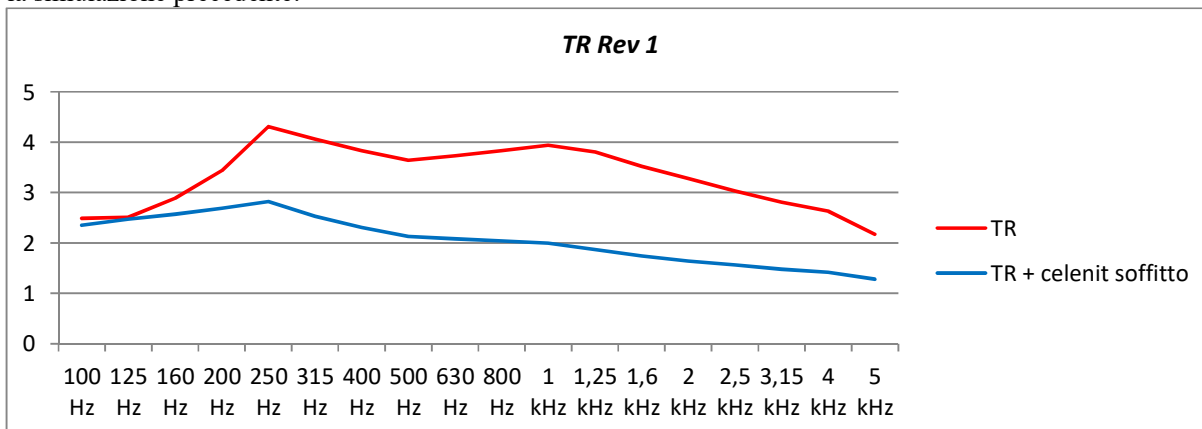
7. Proposte di miglioria

Nella vastità di materiali presenti a mercato, una possibile soluzione atta a migliorare il tempo di riverbero nel volume potrebbe essere quella di applicare tra trave e trave delle lastre in Fermacell, alla distanza di circa 60 cm dal solaio, lasciando circa 2 cm di spazio dalle trave stessa e quindi ponendo in unica sospensione i pannelli;



Material	31Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz	Area	Color
Linoleum	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	740,0	Orange
Cemento armato	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06	952,3	Grey
Porte ingresso	0,15	0,15	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	26,8	Pink
Scalinate in cemento armato	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06	134,3	Grey
Parapetto in Vetri	0,45	0,45	0,10	0,10	0,07	0,05	0,01	0,05	0,01	0,01	63,0	Cyan
Trave in legno	0,24	0,18	0,20	0,10	0,12	0,10	0,11	0,10	0,10	0,10	1315,7	Orange
Soffitto Celenit	0,10	0,10	0,20	0,70	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,00	735,1	Green

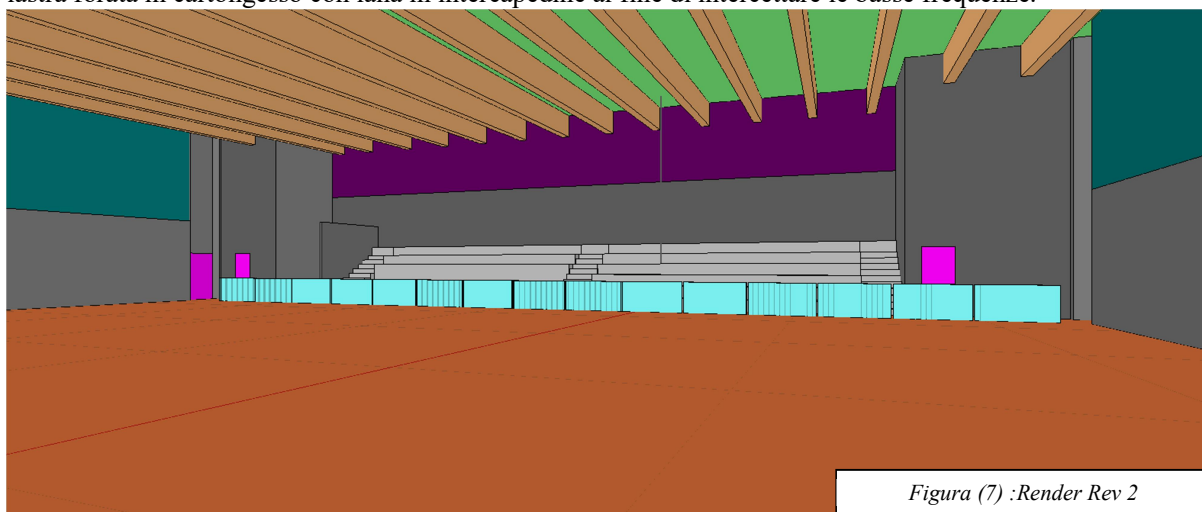
Coprendo l'intero solaio, quindi con circa 700 mq di materiale si ottiene il seguente risultato confrontato con la simulazione precedente:



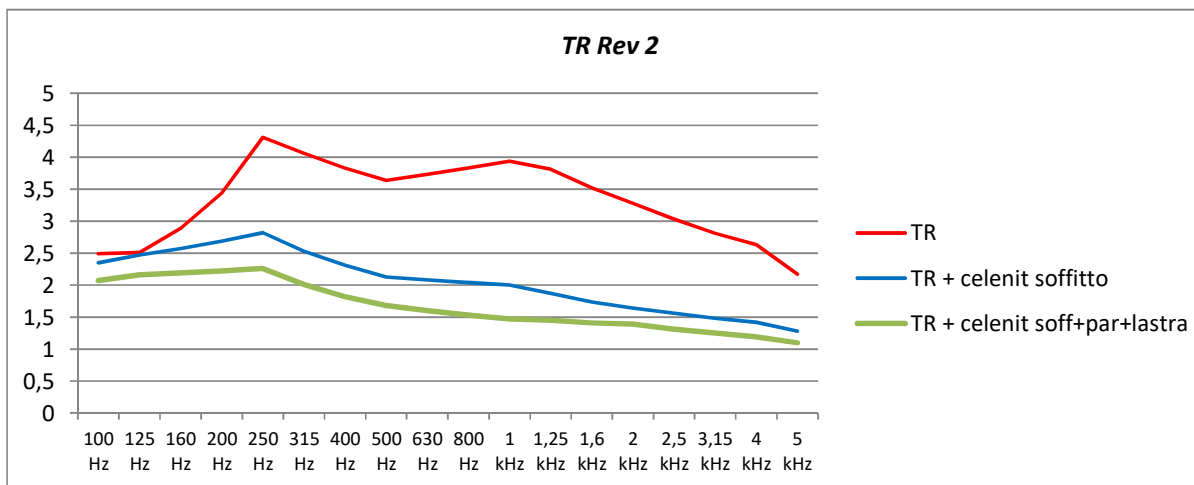


Dipartimento Analisi Energetiche

Si deve comunque ricordare che non è sufficiente ridurre il tempo di riverbero, ma bisogna anche controllare i fenomeni di eco che si possono generare su facciate riflettenti parallele come nel caso in esame; ecco quindi che una ulteriore importante miglioria sarebbe quella di trattare , sempre con Celenit o equivalente le due pareti dietro i canestri oltre che la parete sopra gli spalchi ed in questo caso il prodotto suggerito è una lastra forata in cartongesso con lana in intercapedine al fine di intercettare le basse frequenze.



Material	31Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz	Area	Color
Linoleum	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	740,0	
Cemento armato	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06	653,4	
Porte ingresso	0,15	0,15	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	26,8	
Scalinate in cemento armato	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06	134,3	
Parapetto in Vetri	0,45	0,45	0,10	0,10	0,07	0,05	0,01	0,05	0,01	0,01	63,0	
Trave in legno	0,24	0,18	0,20	0,10	0,12	0,10	0,11	0,10	0,10	0,10	837,2	
Soffitto Celenit	0,36	0,38	0,30	0,32	0,47	0,54	0,72	0,71	0,71	0,63	698,6	
Lastra Knauf Fessurata B4 intercap 200 mm con lana	0,00	0,00	0,60	0,75	0,70	0,60	0,40	0,40	0,30	0,20	72,7	
Celenit a parete	0,36	0,38	0,10	0,20	0,50	1,00	0,60	0,80	0,70	0,70	159,1	



Dipartimento Analisi energetiche

DIP.A. sas di Bruno Zorzi & C. Via Accademia, 6 31015 CONEGLIANO TV
Tel 329.6705172 Cod. Fisc e P.Iva 04276990266 www.dipae.it info@dipae.it

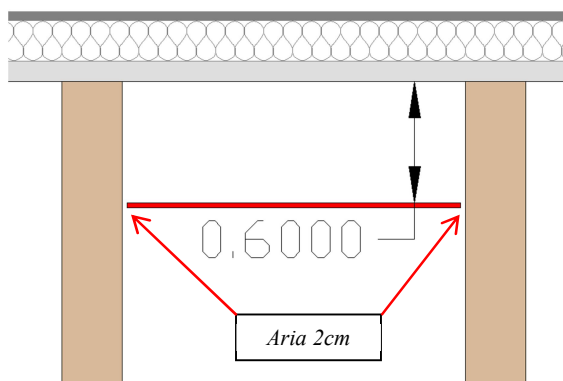
8. *Materiali indicati*

Per il trattamento fonoassorbente del soffitto e delle pareti si è ricorsi ai seguenti prodotti:

- a) CELENIT AB posto a 60 cm dal soffitto e con 2 cm di aria dalla trave senza lana di roccia



CELENIT AB



DATI TECNICI:

Dimensioni

2400x600 - 2000x600 - 1200x600 - 600x600 mm

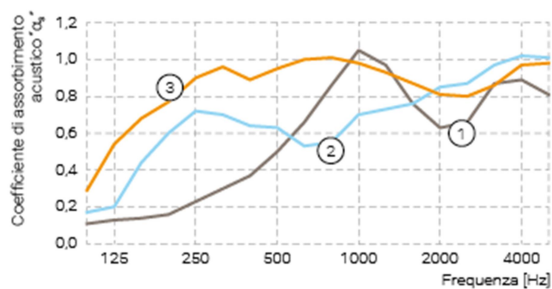
Spessore

15 - 25 - 35 - 50 mm

Reazione al fuoco

Euroclasse B-s1, d0

Assorbimento acustico



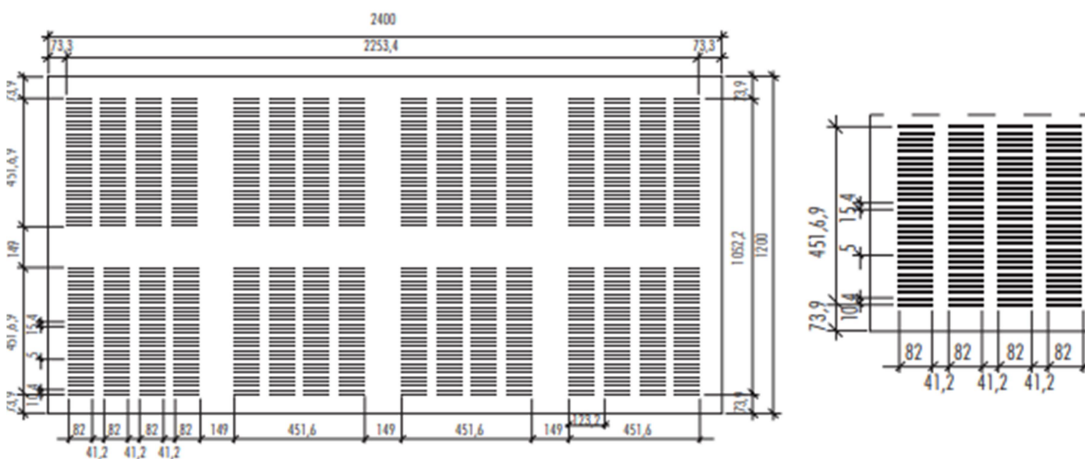
1. Posa in aderenza α_w fino a 0,60
2. Intercapedine vuota α_w fino a 0,65
3. Riempimento con lana di roccia α_w fino a 0,95

b) Lastra fessurata Knauf B4 a 20 cm dalla retrostante parete e lana in intercapedine

Fessurata B4

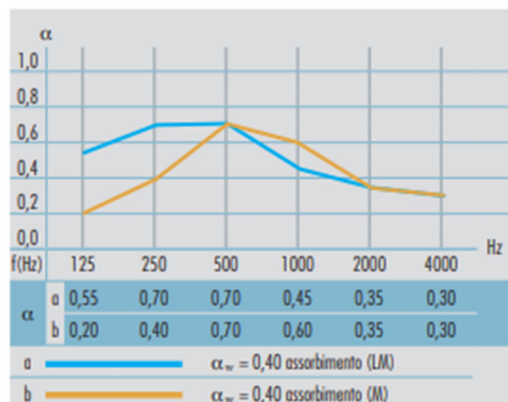
con tecnologia Cleaneo®

Figura (9)



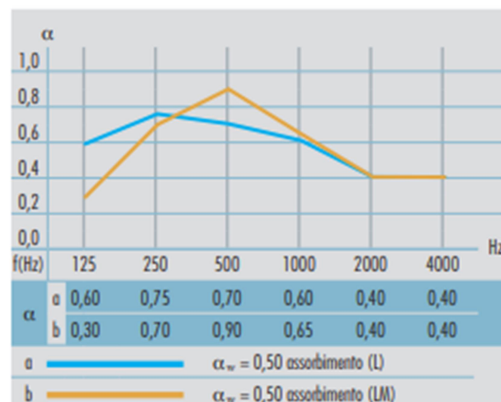
Senza pannello in lana di vetro

Ribassamento: a = 200 mm; b = 60 mm

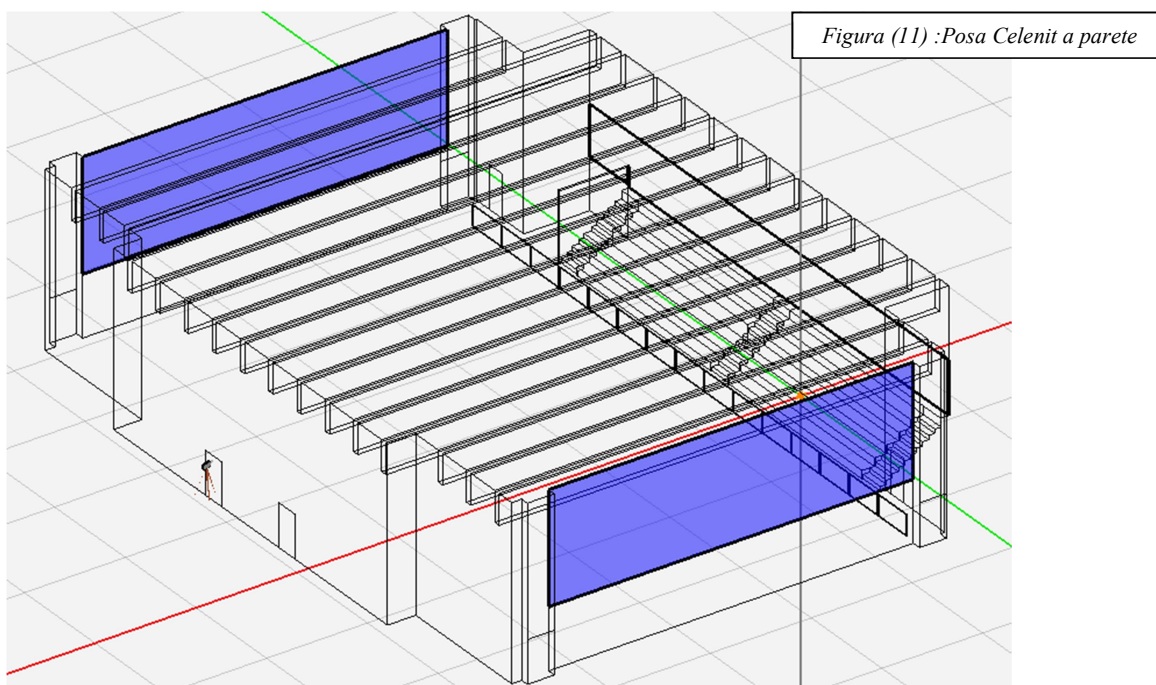
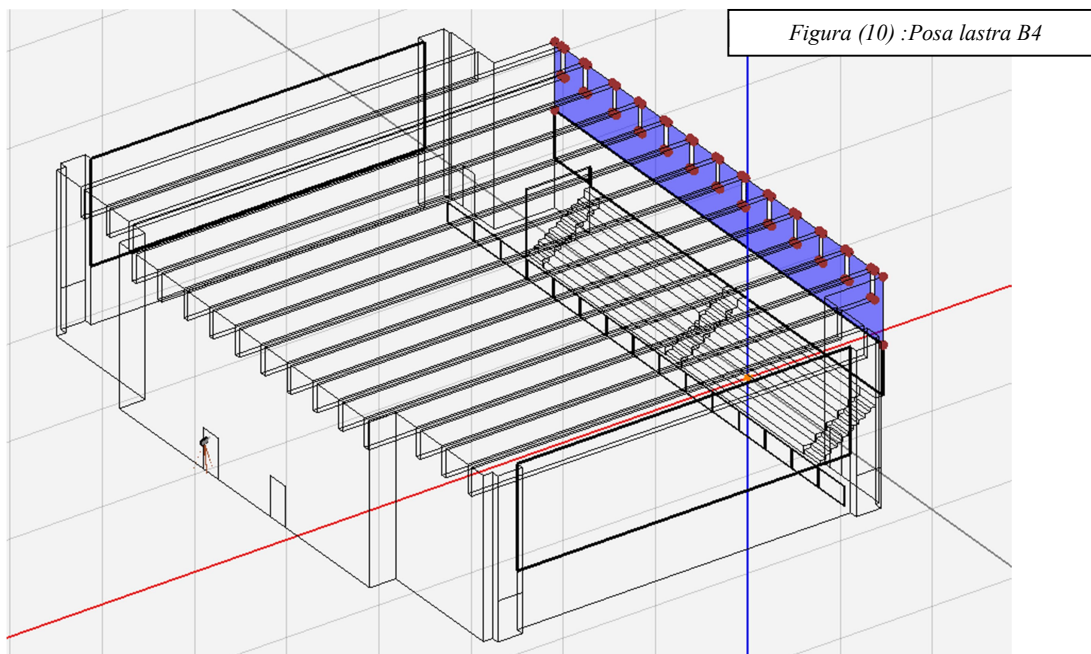


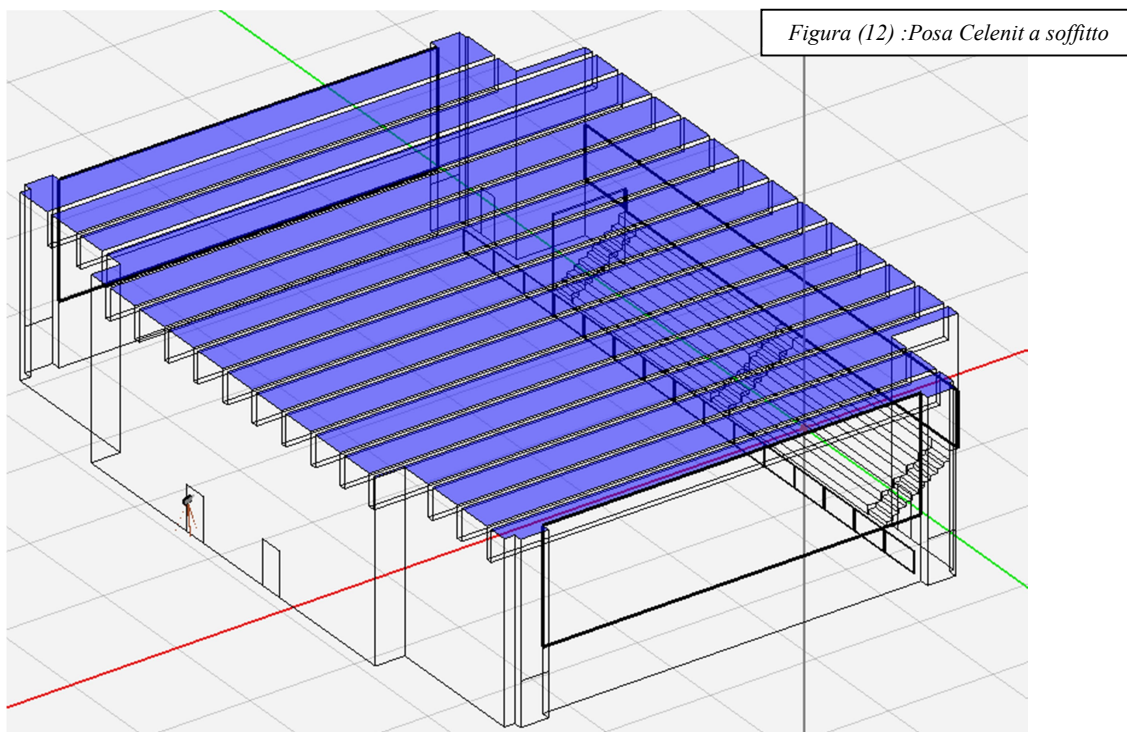
Con pannello in lana di vetro spessore 20 mm

Ribassamento: a = 200 mm; b = 60 mm



* Per lana di vetro si intende un pannello dello spessore di 2 cm posto ad di sopra delle lastre posizionate a controsoffitto





9. Attività di posa

In acustica architettonica i collaudi durante le attività di posa permettono di calibrare al meglio le soluzioni definite a progetto; anche nel caso in esame si suggerisce di operare in tal senso eseguendo in modo specifico dei collaudi intermedi per il controllo delle riflessioni sulle facciate parallele.

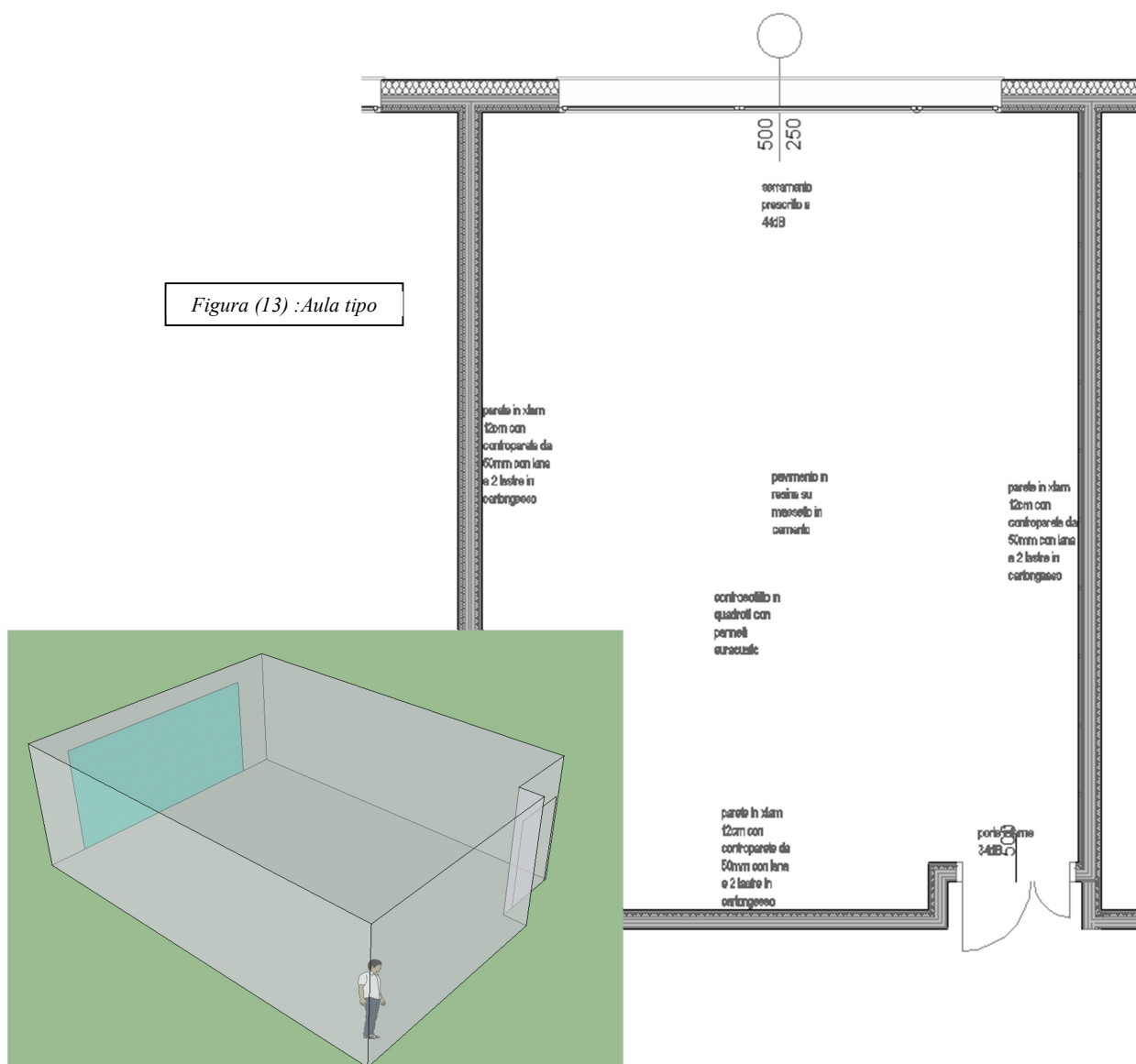
Molto importante sarà inoltre l'impianto audio che dovrà soddisfare la copertura degli spalti con una distribuzione omogenea del livello sonoro anche ai fini del segnale di sicurezza EVAC.

Per detto argomento si rimanda ad eventuali future considerazioni in funzione del tipo di diffusori prescelti dalla committenza.

10. Aula tipo

L'analisi si conclude con la verifica al tempo di riverbero di una aula tipo; le misure sono ricavabili dall'immagine seguente costituita da struttura in XLAM e contropareti perimetrali in cartongesso; presente una ampia vetrata che dovrà necessariamente essere dotata di un elevato potere fonoisolante al fine di soddisfare i requisiti richiesti dal DPCM 5/12/1997.

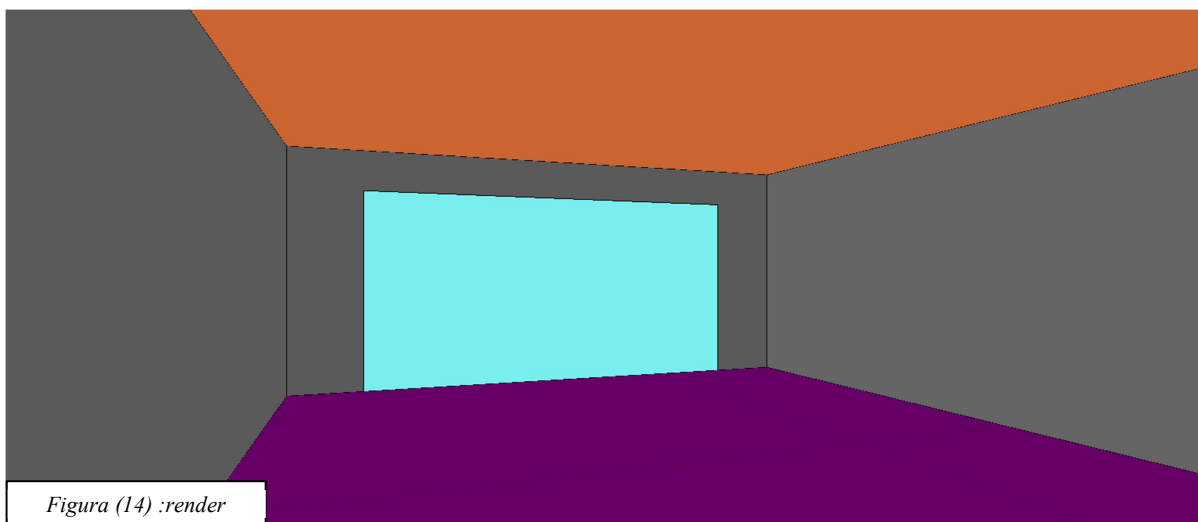
L'aula prevede un controsoffitto in lana minerale fonoassorbente all'altezza di 3 metri.



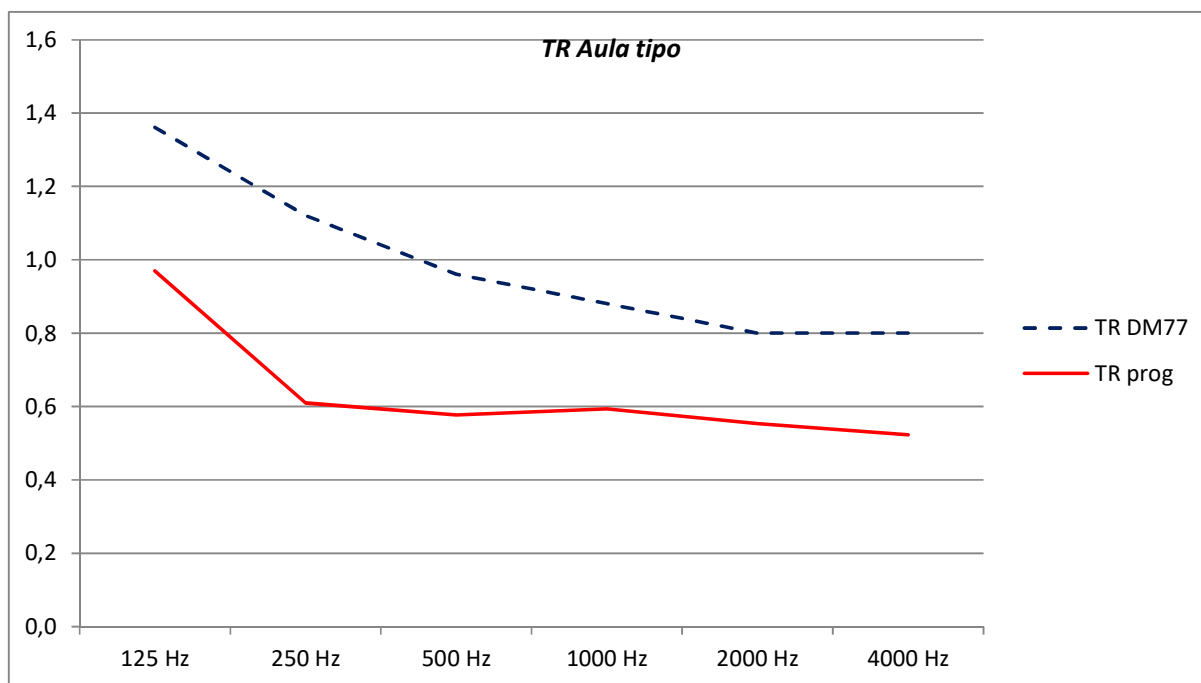


Dipartimento Analisi Energetiche

Come eseguito per la palestra, segue modello 3D con relativo calcolo del TR atteso



Material	31Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz	Area	Color
Soffitto fonoassorbente Area A15	0,20	0,20	0,30	0,80	0,90	0,85	0,99	1,00	1,00	0,99	60,0	
Contropareti Cartongesso	0,07	0,07	0,07	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	79,4	
Porta ingresso	0,10	0,10	0,10	0,07	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	2,7	
Vetrata	0,18	0,18	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	12,5	
Pavimento in resina su cemento	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	60,0	



Come si nota il valore di calcolo è ampiamente al di sotto dei valori massimi previsti dalla normativa; ciò è indubbiamente merito del controsoffitto che lavora in modo adeguato vista la sua composizione in lana minerale.

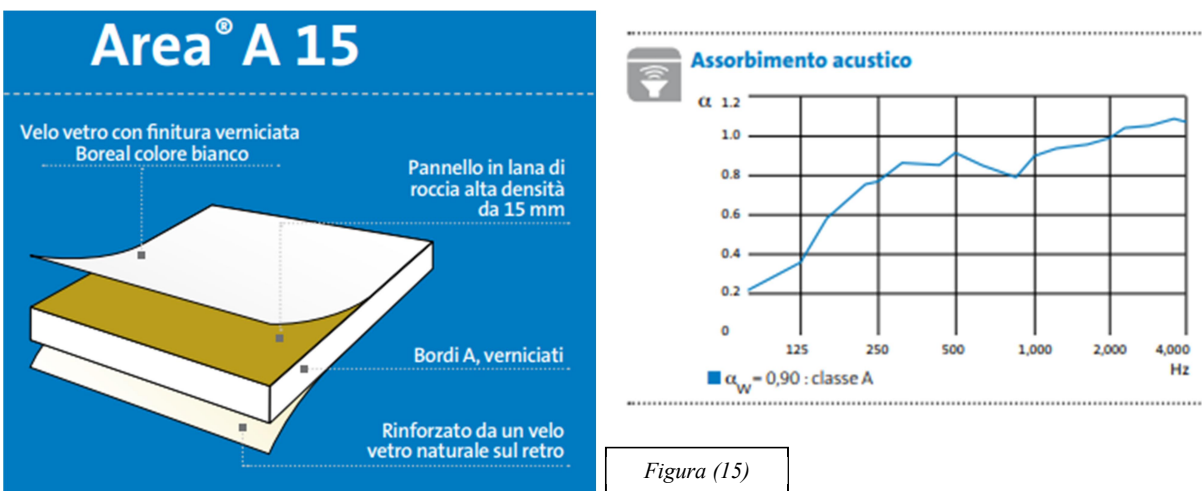


Figura (15)

11. Conclusioni

Lo scrivente è ad assoluta disposizione per tutta l'assistenza sia nelle fasi di posa che di verifica atte ad ultimare le lavorazioni in modo corretto.

La scelta dei materiali nella presente relazione in accordo con i progettisti è motivata dalla disponibilità di valori di laboratorio necessari allo sviluppo della presente simulazione. E' comunque importante sottolineare che altri materiali potranno essere utilizzati per lo scopo a condizione che la loro risposta acustica sia uguale nei valori a quelli qui utilizzati in termini di unità assorbenti equivalenti.

Le quantità indicate devono essere verificate in loco mediante rilievo a carico azienda incaricata.

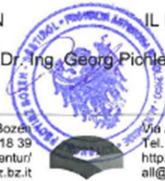
Dr Bruno Zorzi





Dipartimento Analisi Energetiche

12. Iscrizione tecnico competente

AUTONOME PROVINZ BOZEN - SÜDTIROL Abteilung 29 - Landesagentur für Umwelt Amt 29.2 - Amt für Luft und Lärm Prot. Nr. 448173 Bolzano, 30.07.2010 redatto da: Anneliese Troger Tel. 0471 41 18 22 Anneliese.troger@provinz.bz.it		PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO - ALTO ADIGE Ripartizione 29 - Agenzia provinciale per l'ambiente Ufficio 29.2 - Ufficio Aria e rumore Dr. Bruno Zorzi Via Zanchetta, 46 31058 Susegana (TV)			
Eintragung in das Landesverzeichnis der befähigten Techniker im Bereich Lärmschutz. Hiermit teilen wir Ihnen mit, dass Ihr Ansuchen vom 28.07.2010 von der Prüfungskommission zur Bewertung der Anfragen für die Ausübung der Tätigkeit des befähigten Technikers im Bereich Lärmschutz, eingesetzt durch Beschluss der Landesregierung Nr. 1792 vom 29.05.2007 im Sinne des Gesetzes vom 26 Oktober 1995, Nr.447, angenommen wurde. Ihr Namen und die von Ihnen angegebenen Daten werden in das Landesverzeichnis der befähigten Techniker mit der Nr. 49 aufgenommen. Die Liste der befähigten Techniker wird bei der Landesagentur für Umwelt aufbewahrt und auf Anfrage ausgehändigt und im Internet veröffentlicht. Mit freundlichen Grüßen DER PRÄSIDENT DER KOMMISSION			Iscrizione nell'elenco provinciale dei tecnici competenti in acustica. Si comunica che la Sua domanda del 28.07.2010 è stata accolta dalla Commissione esaminatrice per la valutazione delle domande per lo svolgimento dell'attività di tecnico competente in acustica, istituita con delibera della Giunta Provinciale n.1792 del 29.05.2007 ai sensi della legge 26 ottobre 1995, n.447. Il Suo nominativo ed i dati che Lei ci ha fornito verranno pertanto inseriti nell'elenco provinciale dei tecnici competenti con il n. 49. L'elenco verrà conservato presso l'Agenzia provinciale per l'ambiente e distribuito su richiesta e pubblicato su internet. Distinti saluti IL PRESIDENTE DELLA COMMISSIONE		
Dr. Ing. Georg Pichler 					
Amba-Alagi-Str. 35 • 39100 Bozen Tel. 0471 41 18 20 • Fax 0471 41 18 39 http://www.provinz.bz.it/umweltagentur/ all@provinz.bz.it Steuer Nr. 00390090215 Via Amba Alagi 35 • 39100 Bolzano Tel. 0471 41 18 20 • Fax 0471 41 18 39 http://www.provincia.bz.it/agenzia-ambiente/ all@provincia.bz.it Cod.fisc. 00390090215					

Dipartimento Analisi energetiche

DIP.A. sas di Bruno Zorzi & C. Via Accademia, 6 31015 CONEGLIANO TV
Tel 329.6705172 Cod. Fisc e P.Iva 04276990266 www.dipae.it info@dipae.it