

Nuova scuola media Enrico Panzacchi

Viale Il Giugno, 49 - Ozzano dell'Emilia



committente

Comune di Ozzano dell'Emilia

Via della Repubblica, 10

responsabile unico del procedimento

ing. Chiara De Plato

raggruppamento temporaneo di professionisti

_progettazione architettonica

AREA PROGETTI srl Arch. Giorgio Gazzera

Via Regaldi 3, 10154 Torino, tel. 011 2386221, info@area-progetti.it

Archisbang associati Arch. Silvia Minutolo, Arch. Marco Gai Via

Via Bogino 4, 10123 Torino, tel. 011 026 7246, info@archisbang.com

_progettazione strutturale

AREA PROGETTI srl Ing. Marco Cuccureddu

Via Regaldi 3, 10154 Torino, tel. 011 2386221, info@area-progetti.it

_progettazione impianti meccanici, elettrici e speciali

AREA PROGETTI srl Ing. Sergio Cerioni, Ing. Gabriele Pisani

Via Regaldi 3, 10154 Torino, tel. 011 2386221, info@area-progetti.it

_progettazione antincendio

AREA PROGETTI srl Ing. Sergio Cerioni

Via Regaldi 3, 10154 Torino, tel. 011 2386221, info@area-progetti.it

_progettazione urbanistica

arch. Andrea Cavaliere

Via Cassini 43 - 10129 Torino, tel. 3284240491, archicavaliere@gmail.com

_consulenza LEED

arch. Elisa Sirombo

Via Stampatori 21, 10122 Torino, tel. 3356277109, elisa.sirombo@gmail.com

_piano di sicurezza e coordinamento

AREA PROGETTI srl Arch. Domenico Racca

Via Regaldi 3, 10154 Torino, tel. 011 2386221, info@area-progetti.it

consulenti

_arch. Chiara Devecchi (progettazione acustica)

Via Principi d'Acaja 19, 10138 Torino, tel. 011 4172277, devecchichara@yahoo.it



archisbang

AREAPROGETTI
architettura e ingegneria

pratica PAN

fase PE_Progetto Esecutivo

oggetto PNT_CMF- Comfort acustico

elaborato Specifiche acustiche: comfort aule, laboratori, palestra

file PAN_PE_AC_Z_0004_REL_CMF

scala -

data 27 marzo 2020

rev.	data	redatto	verificato	approvato	oggetto revisione
	27/03/20	Devecchi	Gazzera	Gazzera	prima emissione

L'UTILIZZO E LA RIPRODUZIONE DEL PRESENTE DOCUMENTO SONO RISERVATE A NORMA DI LEGGE

AC_Z_0004

Comfort acustico

1	PREMESSA.....	2
2	PROGETTO DELLA QUALITA' ACUSTICA DEGLI AMBIENTI	3
3	TIPOLOGIE DI TRATTAMENTO ACUSTICO	8
3.1	L'ATRIO DI INGRESSO e CORRIDOI	9
3.2	PALESTRA	21
3.3	LAP	29
3.4	AULE	37
3.5	LABORATORI.....	51
3.5.1	Laboratorio di musica	58
4	TRATTAMENTI ACUSTICI NEGLI AMBIENTI.....	60

1 PREMESSA

La progettazione acustica della scuola Media Panzacchi di Ozzano (BO) è stata eseguita verificando sia il rispetto degli standard minimi normativi relativi alla valutazione della rumorosità prodotta, sia il rispetto dei requisiti acustici passivi degli edifici, sia volontariamente imponendo degli standard di comfort più elevati non prescritti dalla normativa italiana vigente ma che garantiranno a tutti i fruitori (alunni e insegnanti) un elevato grado di comfort all'interno dei differenti spazi particolarmente sensibili quali ad esempio aule, laboratori, palestra, atrio etc., secondo quanto prescritto dalle direttive di certificazione del protocollo LEED.

La **VERIFICA DEGLI STANDARD NORMATIVI** è stata definita attraverso:

1. La **valutazione della rumorosità verso l'esterno**:

- Verifica del clima acustico dell'area (ai sensi del DPCM 14/11/1997)
- Verifica dell'impatto prodotto dagli impianti tecnologici (ai sensi del DPCM 14/11/1997)

2. La **valutazione della rumorosità verso l'ambiente interno**:

- Verifica dei requisiti acustici passivi degli edifici (ai sensi del DPCM 05/12/1997 e ai sensi del DM 24 dicembre 2015 ~~Adozione~~ ^{Adozione} dei criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici per la gestione dei cantieri della pubblica amministrazione e criteri ambientali minimi per le forniture di ausili per l'incontinenza)
- Verifica delle ACOUSTIC PERFORMANCE stabilite dal protocollo LEED, al fine di fornire spazi di lavoro e aule che promuovono il benessere, la produttività e le comunicazioni degli occupanti attraverso un'efficace progettazione acustica.

Inoltre, il progetto acustico è stato redatto con l'obiettivo di ottenere la massima qualità ambientale all'interno dell'edificio per i differenti fruitori, poiché le conseguenze negative dovute ad ambienti con un ridotto livello di comfort acustico interno si ripercuoterebbero sia sugli insegnanti provocando affaticamento vocale e aumento del rischio di sviluppare patologie, sia sugli alunni con una diminuzione dell'intelligibilità, una perdita della concentrazione, una diminuzione dell'apprendimento e quindi, una frustrazione generalizzata. La **QUALITÀ AMBIENTALE INTERNA** è definita dall'analisi del comfort acustico interno. Al fine di garantire una buona comprensione verbale del parlato tra allievi e insegnanti, la progettazione ha previsto strategie di interventi acustici finalizzate a garantire il benessere acustico all'interno degli ambienti; tale obiettivo è conseguibile mediante:

- il **controllo della riverberazione degli spazi**. Esso è stato definito sia negli ambienti particolarmente sensibili quali le aule, i laboratori e i LAP, sia in altri ambienti utilizzati dagli alunni e dagli insegnanti verso i quali, normalmente, non vi è particolare attenzione quali la palestra, l'atrio, i corridoi, i vani scala etc.

- il **controllo del rumore degli impianti interni**. Sono stati valutati i livelli di rumorosità prodotti dagli impianti tecnologici nei differenti ambienti all'interno dell'immobile ed allo stesso tempo definiti gli interventi necessari al fine di ridurre la rumorosità prodotta dagli impianti stessi.
- un **elevato isolamento acustico**. Le partizioni divisorie fra i differenti ambienti (aule, laboratori, corridoi etc.) presentano dei requisiti acustici di isolamento che rispettano quelli di prestazione superiore (riferiti alla norma UNI 11367) come descrittore dell'isolamento acustico normalizzato e come livello di prestazione sonora di calpestio normalizzato sia per gli ambienti maggiormente sensibili (quali aule, laboratori etc.) sia anche per tutte le altre partizioni meno sensibili (quali pareti bagni, spogliatoi etc.). Tutte le partizioni, inoltre, rispettano i valori minimi di Sound Transmission (STC_c) definiti dalla norma ANSI S12-60 part I

La progettazione acustica degli spazi ha definito gli interventi necessari a garantire un elevato livello di comfort interno all'edificio scolastico al fine di favorire la produttività sia degli insegnanti sia degli alunni e il benessere psico-fisico di tutti gli occupanti garantendo una elevata qualità acustica degli ambienti. Tutto questo è stato ottenuto attraverso una corretta progettazione (scelta dei materiali e collocazione) all'interno degli spazi stessi.

2 PROGETTO DELLA QUALITÀ ACUSTICA DEGLI AMBIENTI

È oggi riconosciuto come il disagio acustico, lo stress e l'affaticamento d'ascolto siano in parte collegati alla bassa qualità di un ambiente sonoro.

Scopo dello studio eseguito è stato quello di valutare la "qualità acustica" come parametro compreso nel processo di progettazione degli spazi considerati.

È possibile progettare l'acustica degli spazi interni di pari passo con le scelte architettoniche: realizzando modelli matematici in tre dimensioni e implementandoli tramite sofisticati programmi di calcolo, al fine di valutare il risultato finale e indicare le scelte necessarie per la "correzione" acustica.

La metodica per valutare lo stato acustico e definire i valori alla base delle possibili soluzioni migliorative prevede una fase di valutazione dello spazio senza interventi (stato %ustico+senza progetto acustico) e del conseguente trattamento acustico definito necessario (stato di progetto acustico). Si caratterizza, quindi, l'acustica dello stato %ustico+e se ne valutano le criticità in funzione della destinazione d'uso dello spazio (comprensione della parola, etc.). Sulla base delle indicazioni fornite dallo studio acustico si determina la soluzione che possa fornire un adeguato comportamento acustico dell'ambiente.

La qualità acustica che determina il comfort di una sala, non è definita unicamente attraverso la valutazione del tempo di riverberazione. Esso, infatti, se non correlato ad altri parametri, non è sufficiente a creare le condizioni di un buon ascolto della parola e della voce. Infatti, l'acustica di ambienti come aule scolastiche, laboratori, sale per la musica, biblioteche, etc. è valutata mediante parametri acustici che rendono oggettiva la percezione soggettiva del suono in un ambiente confinato quali:

- **Tempo di riverberazione:** grandezza che quantifica la riverberazione di un ambiente.
- **Suono diretto:** il primo suono prodotto da una sorgente sonora che raggiunge gli altri occupanti dell'ambiente senza essere riflesso da superfici oppure ostacolato da oggetti.
- **Prime riflessioni:** le riflessioni prodotte dalle superfici dell'ambiente che arrivano con un certo ritardo e intensità dopo il suono diretto.
- **Riflessioni successive e diffusione:** coda della risposta all'impulso prodotta dalle successive riflessioni e diffusioni delle superfici.
- **Uniformità e omogeneità del campo sonoro:** i parametri acustici sono uguali nei diversi punti nello spazio di ascolto, ovvero la qualità della sala non varia al variare della posizione dell'ascoltatore nell'ambiente.
- **Intelligibilità del parlato (STI):** il concetto alla base della valutazione della comprensione della parola STI (Speech Transmission Index), è dato dalla prova che chiunque può effettuare quando si ripetono delle frasi o semplicemente si pronunciano delle parole e chi ascolta è in grado o meno di riconoscerle. la percentuale di parole correttamente riconosciute è proporzionale al livello di comprensione della parola.
- **Chiarezza (C50):** (rapporto suono utile/riverberato): definito come C80, è calcolato sui primi 50 ms;

I fattori che influenzano e che possono degradare l'indice STI (intelligibilità del parlato) sono:

- **Il tempo di riverberazione.** È correlato alla percezione di rimbombo ed è legato alle proprietà fisiche globali della sala: le scelte progettuali relative alle forme e ai materiali impiegati modificano profondamente la qualità della sala in relazione a questo termine. La misura di questa grandezza è definita secondo i metodi contenuti nella norma ISO 3382.
- **Il rumore di fondo.** Gli impianti tecnologici, il disturbo proveniente da aule adiacenti o dai corridoi ed eventuali altre sorgenti presenti nei locali adiacenti possono essere considerati elementi potenzialmente disturbanti. Infatti, le emissioni sonore e le vibrazioni che si possono propagare per via strutturale riducono rapidamente la comprensione della parola in ambienti dove è fondamentale avere un ridotto rumore di fondo. In particolare, con riferimento al rumore di fondo, il termine di paragone è funzione della tipologia di rumore presente (impianto a ciclo continuo, presenza di componenti tonali o impulsive, etc.) ed esistono differenti criteri in letteratura per quantificare il disturbo in termini di difficoltà di concentrazione o sensazione di fastidio come le curve Noise Criteria, Room Criteria, etc.

Gli ambienti "non trattati" acusticamente creano delle riflessioni non controllate che determinano una sensazione di confusione difficilmente recuperabile. Si crea, inoltre, una mancanza di omogeneità del campo sonoro che determina rinforzi o indebolimenti per le differenti frequenze del suono a seconda della posizione dell'ascoltatore.

Allo stesso modo, ambienti "eccessivamente trattati", tali da essere quasi paragonati ad ambienti anecoici, si possono trasformare in ambienti percepiti come soffocanti/oppressivi. Un ambiente eccessivamente sordo brucia l'energia sonora ed elimina le riflessioni che, se

opportunamente controllate, contribuiscono a determinare un campo sonoro uniforme in ciascuna posizione in cui si trovi l'ascoltatore (o gli ascoltatori).

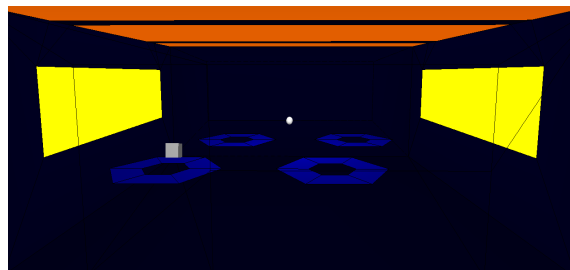
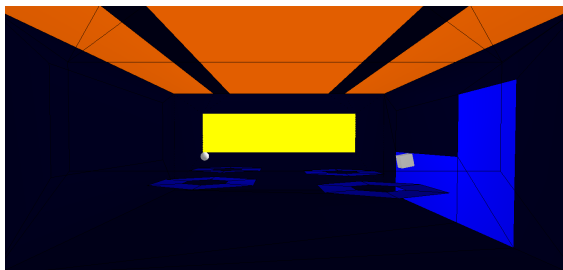
L'uniformità del campo sonoro, generata anche attraverso il posizionamento opportuno di elementi diffondenti (superfici non assorbenti), è l'elemento che contribuisce maggiormente alla propagazione dell'energia sonora.

La procedura adottata per determinare il comportamento dell'ambiente si è basata sui passi descritti di seguito:

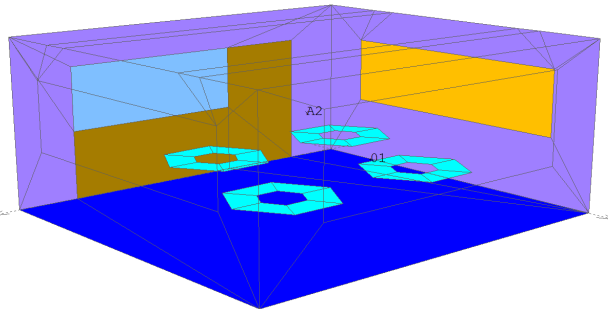
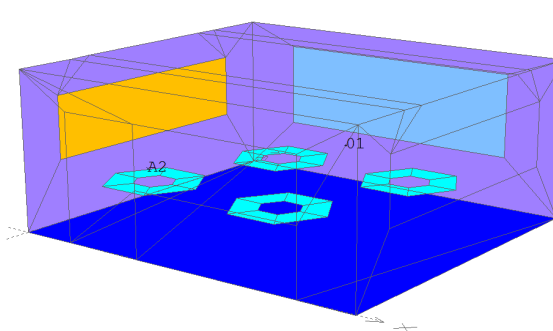
1. Realizzazione di un modello geometrico tridimensionale degli ambienti, specificando le caratteristiche acustiche dei materiali che costituiscono tali spazi.
2. Calcolo dei parametri acustici secondo l'attuale configurazione degli ambienti e valutazione della compatibilità tra i risultati di calcolo e i requisiti minimi.
3. Definizione dei materiali e delle superfici minime che consentono di adeguare le caratteristiche acustiche degli ambienti al valore obiettivo del tempo di riverberazione, dell'indice STI e della Chiarezza C50.
4. Calcolo degli indici descrittivi dell'acustica dopo i trattamenti proposti.
5. Valutazione finale di dettaglio relativa all'uniformità dei parametri nei diversi ambienti.

Di seguito, si riportano, a titolo di esempio delle immagini del modello di simulazione acustica utilizzato per lo studio dei differenti ambienti.

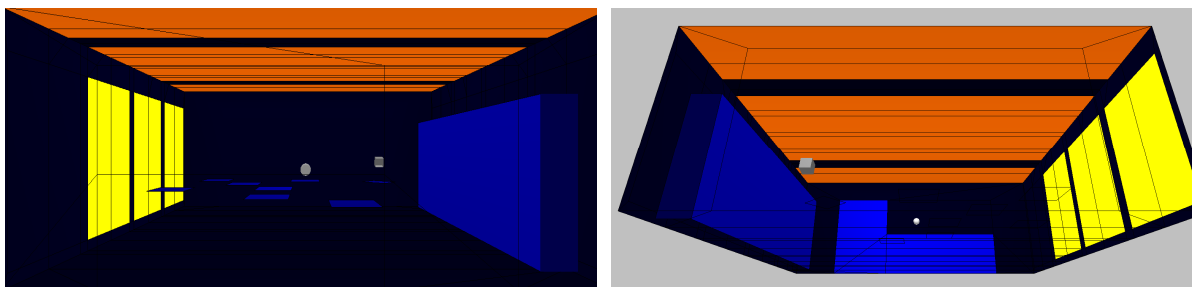
AULE TIPO



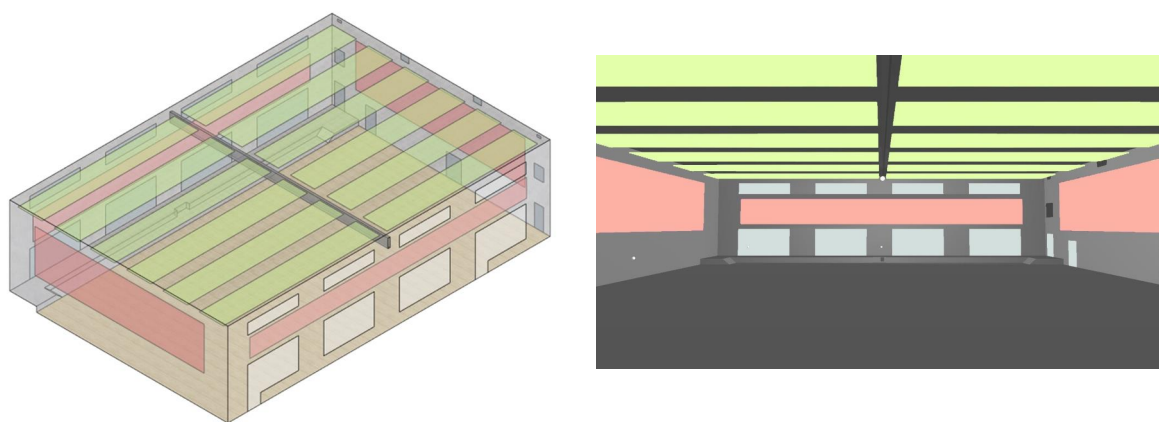
AULE TIPO



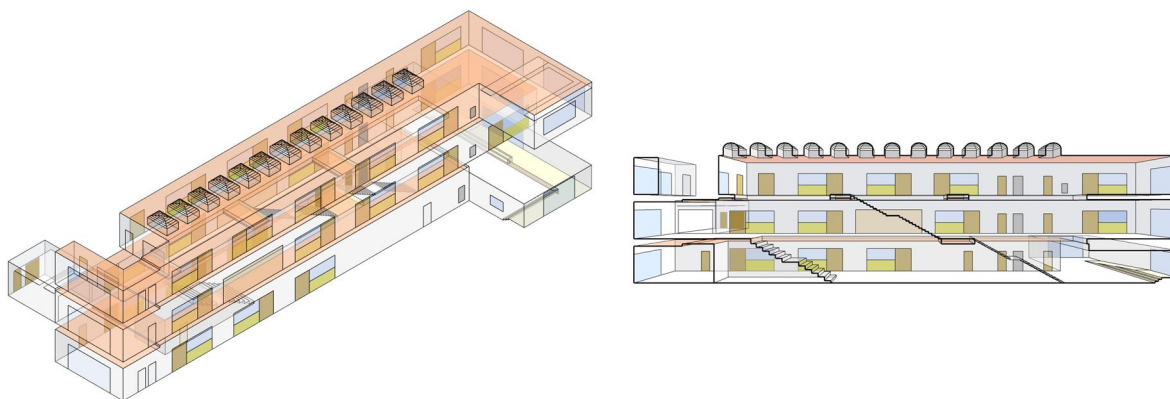
LABORATORIO DI MUSICA



PALESTRA



ATRIO INGRESSO



Le valutazioni sopra indicate sono riportate nei paragrafi seguenti mediante grafici di confronto e mappe acustiche di distribuzione nell'ambiente.

Si sono utilizzati come riferimento normativo italiano il **DM 24 dicembre 2015** e successivi aggiornamenti che definiscono gli indirizzi metodologici per la predisposizione dei quadri prescrittivi nei provvedimenti di valutazione ambientale di competenza statale (Adozione dei criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici per la gestione dei cantieri della pubblica

amministrazione) e che stabilisce che al fine di avere all'interno degli ambienti di nuova costruzione appartenenti alla Pubblica Amministrazione dei buoni livelli di comfort acustico si deve anche valutare all'interno degli ambienti il valore del tempo di riverberazione. Tali livelli devono essere compatibili con i livelli imposti per i differenti ambienti dalla norma UNI 11532-2014: tempo di riverberazione minore o uguale a 0,7s per le aule scolastiche, ospedali e ambienti di cura.

Gli ambienti adibiti al parlato (aule scolastiche, ambienti espositivi, sale da conferenza, mense etc.) e gli ambienti adibiti ad attività sportive (palestre, piscine, ambienti per lo sport in genere) devono, inoltre, rispettare i valori contenuti nel prospetto C.1 dell'Allegato C alla norma UNI 11367 ed essere idonei al raggiungimento dei valori indicati per i descrittori acustici riportati nella norma UNI 1153:2014 (T minore o uguale a 0,7 s per le aule scolastiche, ambienti espositivi, sale da conferenza, mense, ospedali e T minore o uguale a 1,5 s per piscine e palestre).

Al fine di progettare classi che facilitino la comunicazione tra insegnante e studenti e tra studenti, sono state seguite le norme stabilite per una efficace progettazione acustica dalla ANSI S12.60-2010 Part 1 *Acoustical Performance Criteria, Design Requirements and Guidelines for Schools, or a local equivalent for projects outside the U.S.* e richieste come prestazioni acustiche minime dal protocollo LEED.

Nello specifico si richiede che per ottenere il tempo di riverberazione ideale per ogni aula o laboratorio, la superficie totale di pannelli fonoassorbenti acustici posizionati a parete o a soffitto sia almeno pari alla superficie del soffitto stesso e che tutti i materiali abbiano almeno un coefficiente di assorbimento NRC pari a 0.70 o maggiore.

Gli standard prescritti dalla norma ANSI S12.60-2010 stabiliscono i tempi di riverberazione massimi previsti per ogni ambiente, con valori compresi fra 0.6 e 0.7 per gli ambienti di insegnamento scolastico a seconda delle differenti dimensioni. I tempi di riverberazione devono essere verificati a 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz.

Gli ambienti quali auditorium e aule per l'apprendimento speciale hanno, invece, parametri richiesti specifici.

Si è fatto riferimento anche alla norma **francese "NF S 31-080 Janvier 2006"** che stabilisce un punto di riferimento per un dialogo tecnico e un impiego formale tra i diversi attori coinvolti nella progettazione e realizzazione di un progetto associato, e al "Building Bulletin 93" il quale stabilisce alcuni valori limite di riferimento.

L'aspettativa relativa alla qualità acustica di un ambiente varia a seconda del tipo di spazio e di attività che vi si svolge. Ad esempio, un colloquio in una sala non comporta gli stessi vincoli come l'utilizzo del telefono in spazi aperti. Di conseguenza, i parametri utilizzati per descrivere l'ambiente e l'equilibrio di determinate condizioni possono variare a seconda del tipo di spazio in questione.

Questo standard, secondo la norma francese, definisce e classifica l'acustica dello spazio in tre livelli di prestazioni per ogni tipo di ambiente:

- **Livello "base"**: corrisponde ai requisiti funzionali "minimi" senza esigenze specifiche e non garantisce un comfort acustico;

- *Livello "performante"*: assicura un comfort acustico favorevole e buone condizioni di utilizzo;
- *Livello "molto performante"*: corrisponde alla prestazione acustica massima prodotta dall'azione su tutti i diversi elementi del processo di progettazione (design, architettura, materiali, etc.). Questo livello concretizza il concetto di percezione del solo suono utile e contemporaneamente di percezione nulla del rumore "inutile" (rumore estraneo, di fondo, etc.): è quindi un concetto qualitativo proprio per l'uso e l'attività da svolgere nei locali.

Per ogni tipo di ambiente, la norma stabilisce gli insiemi di indici e i rispettivi valori obiettivo da raggiungere per ciascuno di questi tre livelli. Il livello è raggiunto se tutti i requisiti minimi sono rispettati.

Nell'ambito del presente progetto acustico sono stati presi in considerazione tutti gli ambienti dell'edificio, per i quali si è provveduto a quantificare i trattamenti acustici necessari e la posizione ottimale di tali materiali per il miglioramento della qualità acustica e hanno permesso di trasformare gli spazi facendoli diventare molto performanti dal punto di vista della qualità acustica.

I calcoli eseguiti hanno consentito di determinare la superficie minima da trattare per rispettare i valori ottimali.

Nei paragrafi seguenti si riportano le analisi svolte nei locali rappresentativi degli ambienti dell'edificio, mostrando i risultati ottenuti applicando i trattamenti acustici previsti dall'intervento in relazione con le curve ottimali del tempo di riverberazione (in base alla destinazione d'uso degli spazi), all'indice di intelligibilità del parlato (STI) ed alla Chiarezza (C50). Per alcuni ambienti, le analisi sono state svolte anche rispetto alla distribuzione del suono all'interno dell'ambiente (SPL): in tali casi sono riportate a confronto le mappe di distribuzione del parametro in analisi.

3 TIPOLOGIE DI TRATTAMENTO ACUSTICO

Nel seguente paragrafo verranno esposte le tipologie di trattamento proposte per i diversi ambienti. Tali proposte sono state sviluppate tenendo conto della destinazione d'uso dei vari ambienti, dei fruitori, delle caratteristiche geometriche degli spazi e dei vincoli progettuali ed architettonici.

Per ciascun ambiente sono state svolte delle analisi dettagliate per determinare il trattamento acustico necessario per ottenere una buona qualità acustica. Nello specifico, sono stati realizzati dei modelli geometrici tridimensionali di tali ambienti, utilizzati per definire le prestazioni acustiche attualmente riscontrabili e per valutare i miglioramenti ottenuti mediante l'utilizzo dei trattamenti proposti. Il modello geometrico realizzato viene completato mediante la definizione delle caratteristiche acustiche dei materiali costituenti gli elementi definiti: le superfici sono caratterizzate mediante le loro caratteristiche di assorbimento acustico e di diffusione sonora. Esso fornisce la stima previsionale degli indici acustici con il metodo di calcolo basato su un algoritmo di ray-tracing, metodo particolarmente adatto allo studio acustico di un ambiente nei casi in cui si voglia valutare l'intelligibilità del parlato.

Nei paragrafi successivi saranno, invece, descritti i trattamenti ambiente per ambiente.

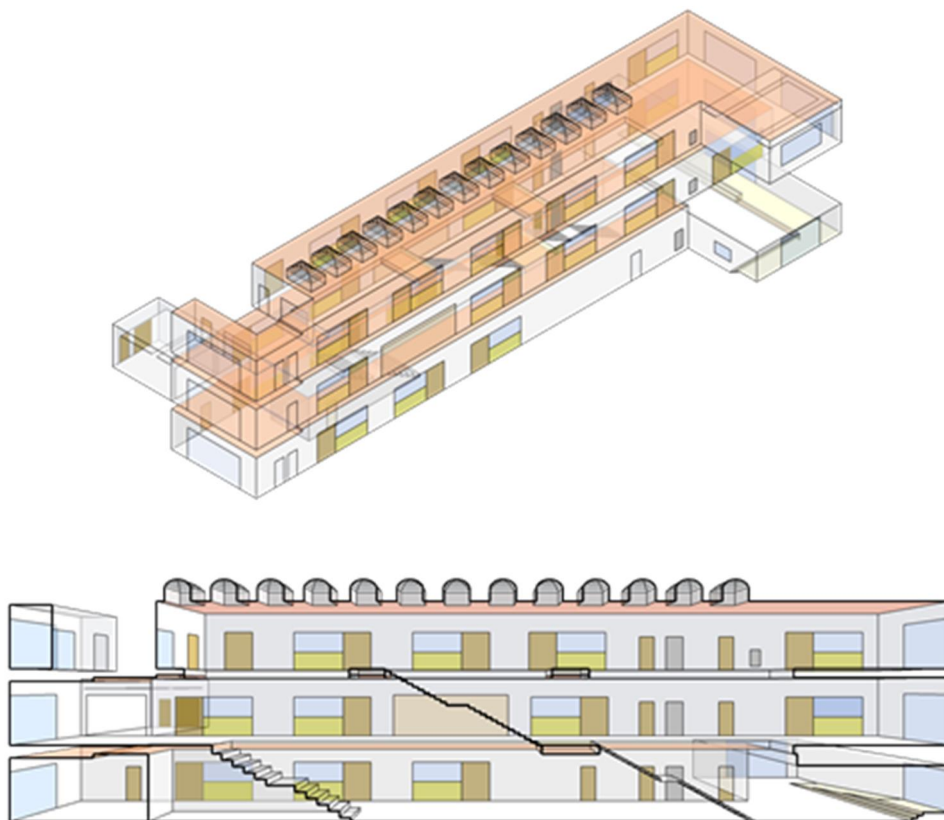
3.1 L'ATRIO DI INGRESSO e CORRIDOI

I primi ambienti oggetto di analisi sono l'atrio di accesso e i corridoi ai vari piani. Tali ambienti sono caratterizzati da pareti parallele completamente riflettenti che rendono gli spazi molto riverberante e possono produrre una fastidiosa sensazione di rimbombo che degrada la qualità degli ambienti obbligando gli utilizzatori ad alzare il tono della voce creando un ulteriore aumento dei livelli sonori all'interno dello spazio.

L'inserimento di un trattamento acustico permetterà di ottenere un ambiente all'interno del quale si potranno ridurre i livelli di rumore e si potranno svolgere contemporaneamente più funzioni senza che le une si possano disturbare con le altre.

Di seguito si riportano alcune immagini del modello di simulazione acustica utilizzato per la definizione delle prestazioni acustiche dell'atrio.

ATRIO INGRESSO e CORRIDOI



L'intervento acustico prevede il posizionamento di un controsoffitto fonoassorbente che permetta di ridurre il tempo di riverberazione in questo ampio spazio: nelle piante riportate di seguito (Figura 1, Figura 2 e Figura 3) sono indicate le posizioni dei trattamenti acustici previsti per questi ambienti. In azzurro si indica nelle planimetrie seguenti un trattamento realizzato con pannelli in lana di vetro rivestiti e verniciati, mentre in rosa si indica un trattamento realizzato mediante lastre di cartongesso forato con retrostante materassino in fibra di

poliestere. A lato dei lucernari, inoltre sarà previsto l'inserimento di un trattamento acustico monolitico (intonaco fonoassorbente) costituito da pannello in lana di vetro verniciato, in Figura 4 si riporta il posizionamento in pianta ed in sezione di tale intervento.

ABACO CONTROSOFFITTI NUOVA COSTRUZIONE

C01	92,5 mm	controsoffitto a lastre fonoassorbenti - sospeso
C02	40 mm	controsoffitto in pannelli fonoassorbenti - sospeso
C03	9,5 mm	controsoffitto in pannelli idrorepellenti - sospeso
C05	65 mm	controsoffitto a doppia lastra - sospeso
C06	12,5 mm	controsoffitto a lastre idrorepellenti - sospeso

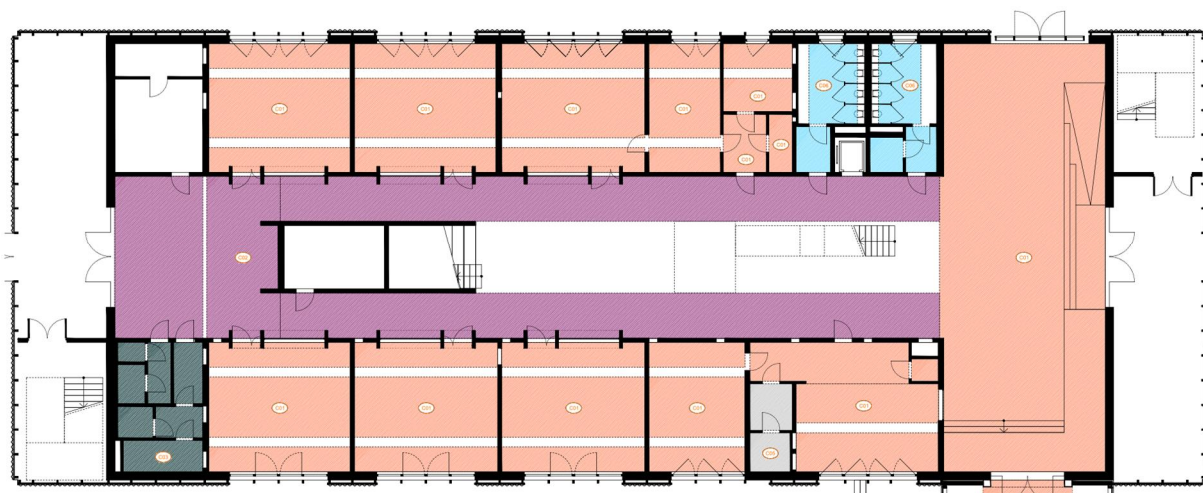


Figura 1: Planimetria del piano terra con indicazione dei trattamenti acustici da realizzare nell'atrio di ingresso (controsoffitto fonoassorbente C01) e nel corridoio (controsoffitto fonoassorbente C02)

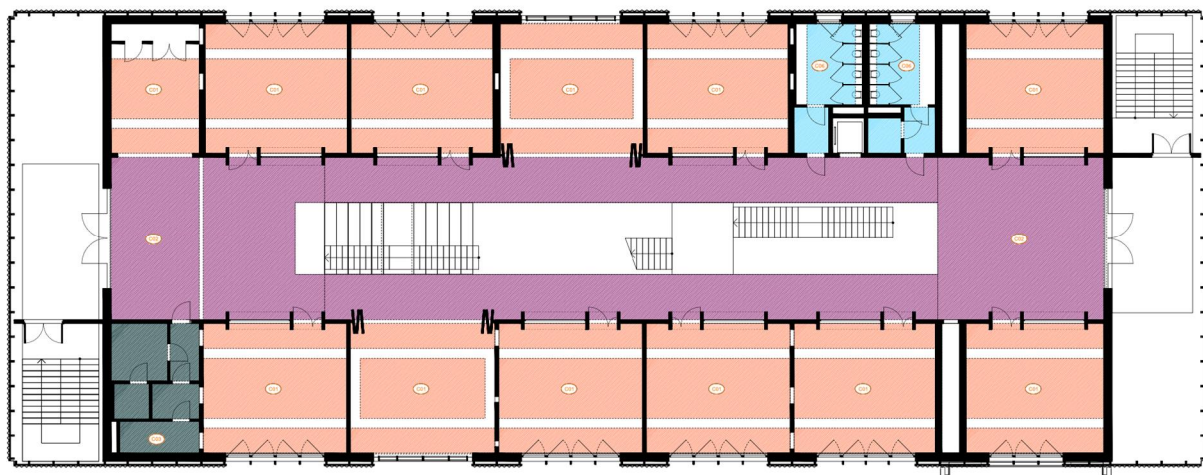


Figura 2: Planimetria del piano primo con indicazione dei trattamenti acustici da realizzare nel corridoio (controsoffitto fonoassorbente C02)

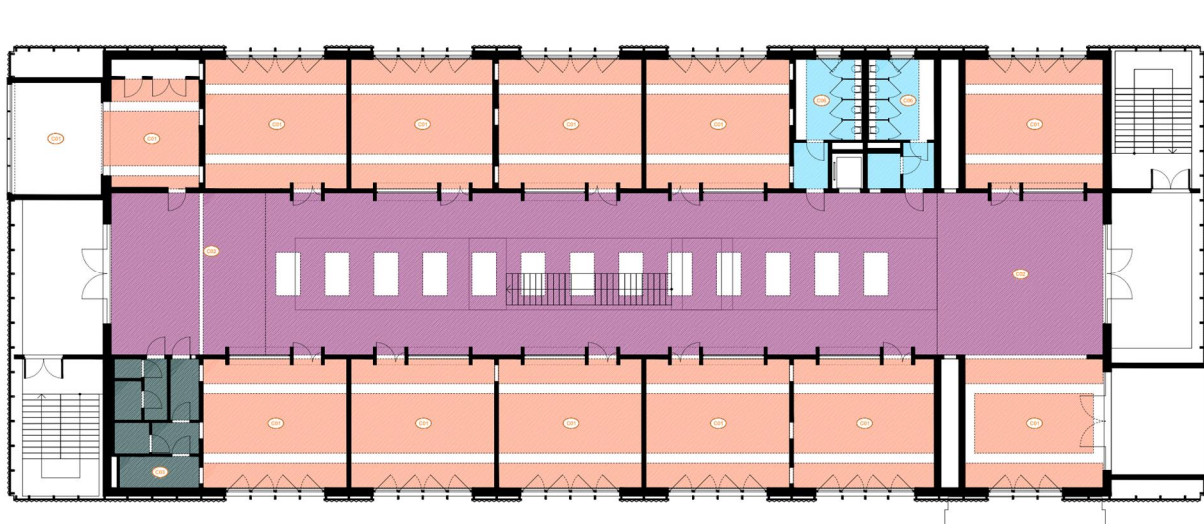


Figura 3: Planimetria del piano secondo con indicazione dei trattamenti acustici da realizzare nel corridoio (controsoffitto fonoassorbente C02)

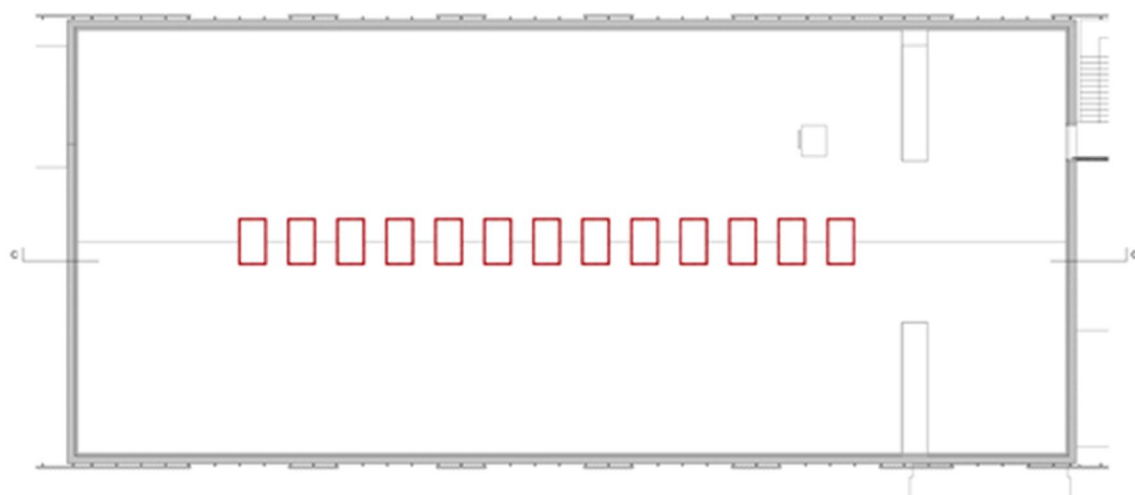


Figura 4a: Planimetria della copertura con indicazione del posizionamento del trattamento acustico a lato dei lucernari_pianta

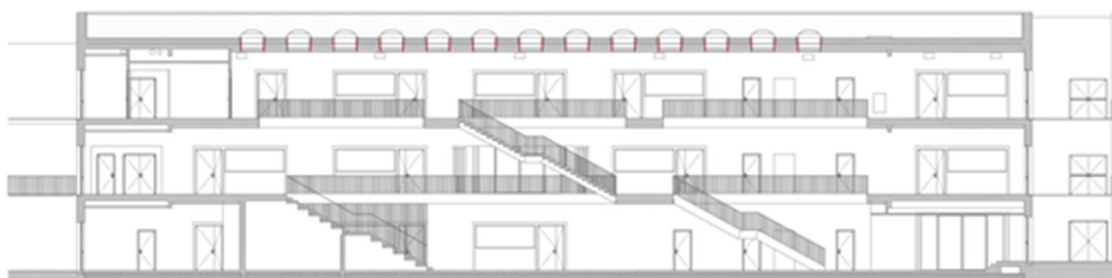


Figura 4b: Planimetria della copertura con indicazione del posizionamento del trattamento acustico a lato dei lucernari_sezione

I tipi di interventi previsti dovranno essere realizzati mediante:

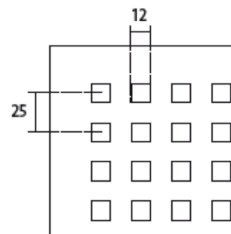
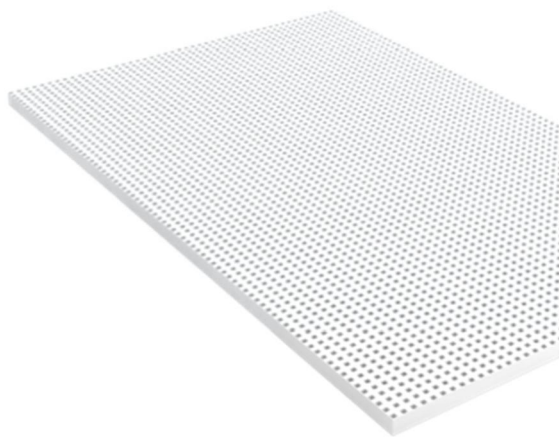
- Il **controsoffitto**, indicato nelle piante con il colore azzurro, è costituito da **pannelli in lana di roccia** tipo Rockfon Blanka (spessore 20 mm e retrostante intercapedine 200 mm) con faccia a vista rivestita con velo verniciato extra bianco con finitura liscia e matt e faccia superiore rivestita con controvelo.
- il trattamento del soffitto per mezzo di **lastre in cartongesso forato**, indicato nella planimetria con il colore rosa, tipo Gyproc Rigitone 12/25 Q (percentuale di foratura 23%, intercapedine 200 mm, **con interposto un materassino in fibra di poliestere** (densità 50 kg/m³, spessore 80 mm); RIGITONE ACTIVE AIR Modello 12/25 Q: lastre in gesso rivestite con decoro costituito da foratura continua regolare quadrata, con fori che permettono di realizzare controsoffitti di tipo continuo con elevate prestazioni acustiche. Sul retro delle lastre è applicato un tessuto fonoassorbente con funzione antipolvere. Le lastre sono caratterizzate dall'esclusivo sistema Active Air, che consente di assorbire e neutralizzare fino al 70% della formaldeide contenuta nell'aria degli ambienti.
- trattamento in intonaco fonoassorbente a lato dei lucernari realizzato con un **trattamento monolitico costituito da un pannello in fibra di roccia** (spessore 40mm) **rivestito con velovetro verniciato bianco** tipo Rockfon Mono Acoustic.

Pannello in lana di roccia fonoassorbente: controsoffitto



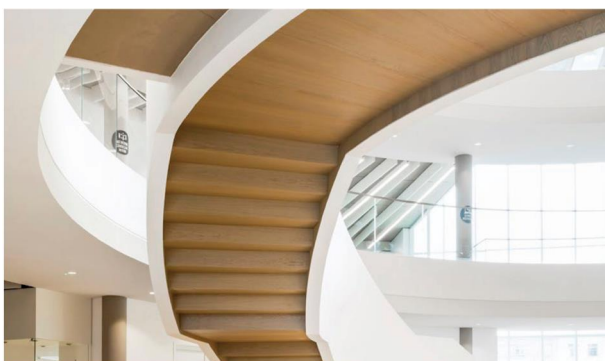
Pannello in lana di roccia tipo Rockfon Blanka
 Spessore 20 mm e intercapedine d'aria retrostante 200mm
 $w=1,00$
 $NRC=0,95$

Pannello in gesso forato: controsoffitto



Pannello in cartongesso forato tipo Rigitone 12/25 Q
 Percentuale di foratura 23%
 Con retrostante materassino in fibra di poliestere dello spessore di 80mm e densità pari a 50 kg/mc ed intercapedine d'aria 200mm
 $w=0,75$
 $NRC=0,85$

Pannello in lana di roccia monolitico rivestito con un velovetro bianco



Trattamento in intonaco fonoassorbente a lato dei lucernari realizzato con un trattamento monolitico costituito da un pannello in fibra di roccia (spessore 40mm) rivestito con velovetro verniciato bianco tipo Rockfon Mono Acoustic
 $w=1,00$

Di seguito si riporta in (Figura 5, Figura 6 e Figura 7) i grafici della curva del coefficiente di assorbimento dei materiali previsti per l'intervento nel controsoffitto di tutti gli spazi distributivi.

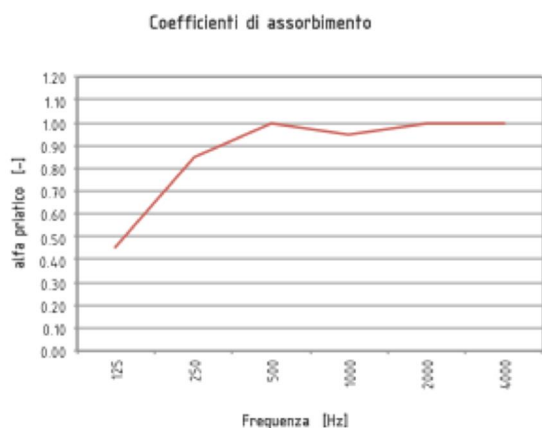


Figura 5: Curva del coefficiente di assorbimento del trattamento a soffitto in lana di roccia

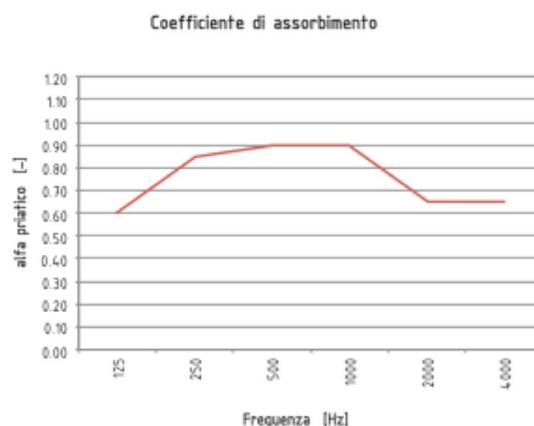


Figura 6: Curva del coefficiente di assorbimento acustico dei pannelli in cartongesso forato Gyproc Rigitone 12/25 Q

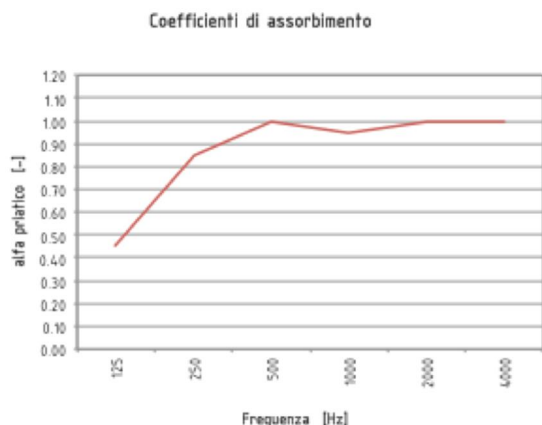
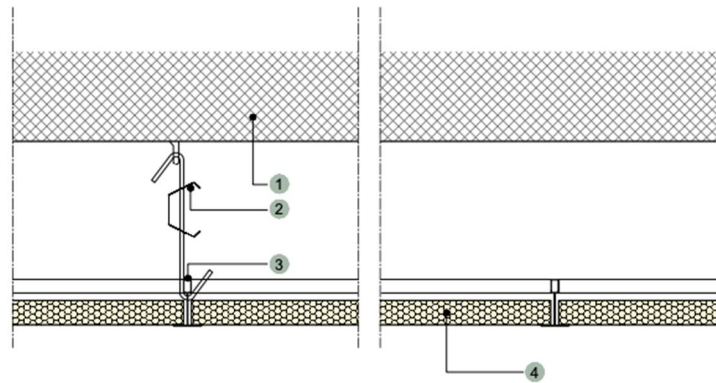


Figura 7: Curva del coefficiente di assorbimento del trattamento monolitico a soffitto in lana di roccia

Nelle Figure 8, 9 e 10 seguenti si riportano i dettagli delle due tipologie di controsoffitto fonoassorbente previsti in questi ambienti.

C02 controsoffitto in pannelli fonoassorbenti - sospeso (APAR_09)



- 1 Solaio prefabbricato
- 2 Gancio di sospensione, interasse 1200 mm
- 3 Sottostruttura in acciaio verniciato bianco dotata di una base di 24 mm di larghezza, interasse 600 mm
Il sistema è composto da profili portanti, traversi e cornici perimetrali
- 4 Pannello in lana di roccia con faccia a vista di velo verniciato extra bianco con finitura liscia e opaca e faccia superiore con controvelo
Spessore 20 mm
Dimensioni variabili (600-1800-2400 x 600 x 20 mm)
Assorbimento acustico α_w : fino a 1,00 (classe A)
Reazione al fuoco A1
Riflessione alla luce 87%

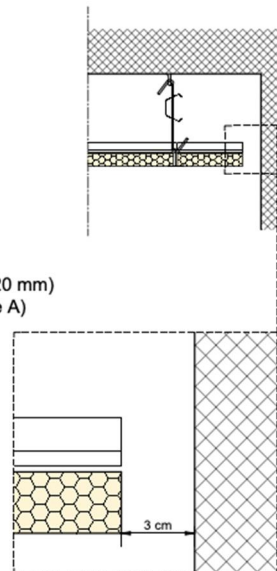


Figura 8: Dettaglio del controsoffitto fonoassorbente_materassino in lana di roccia spessore 20mm (C02)

C01 controsoffitto a lastre fonoassorbenti - sospeso (APAR_08)

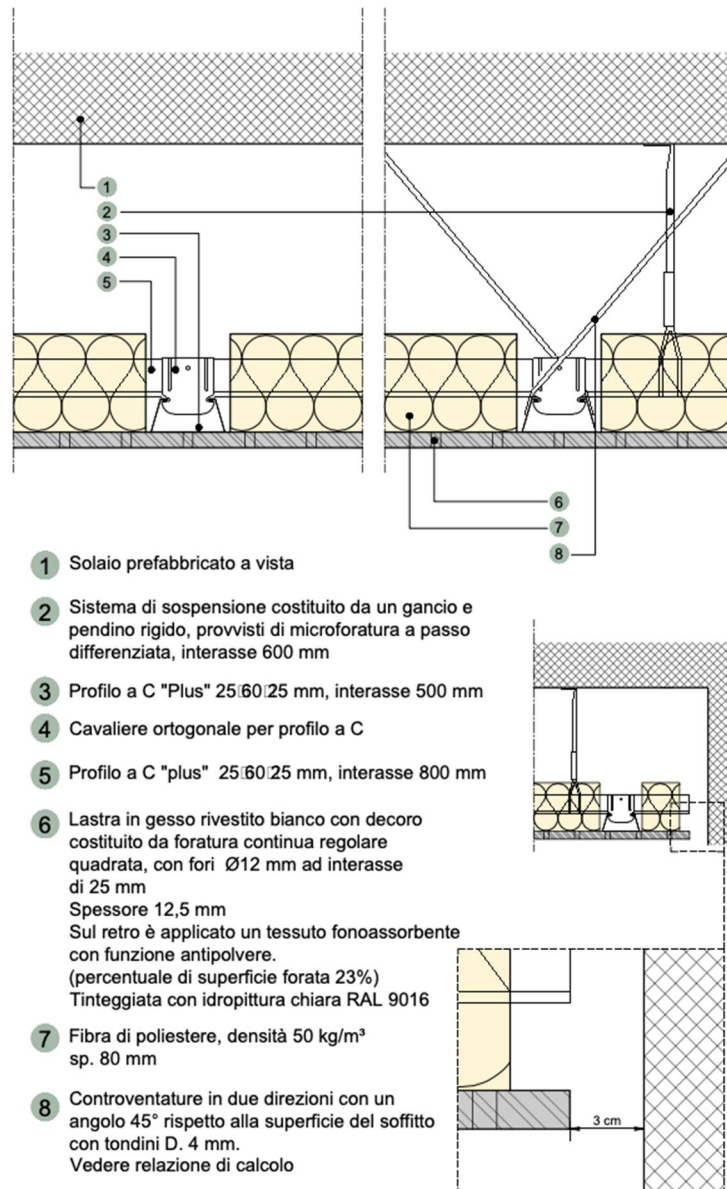


Figura 9: Dettaglio del controsoffitto fonoassorbente_lastra cartongesso forato con retrostante fibra di poliestere (C01)

■ Sistema monolitico composto da pannello in lana di roccia (40 mm), da stucco coprigiunti ed uno stucco di finitura

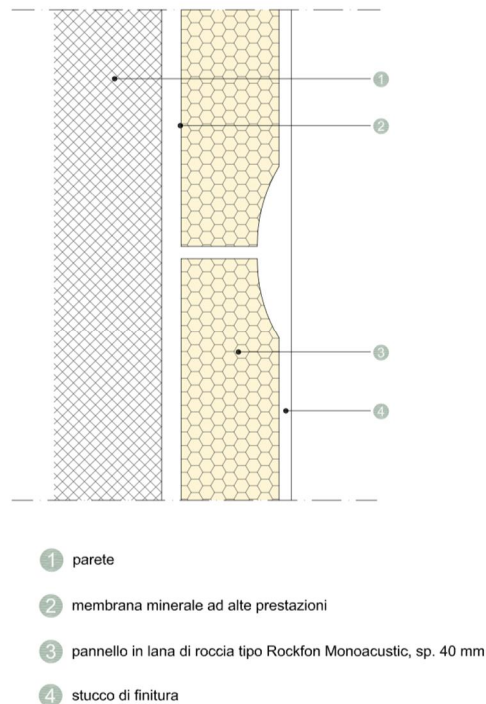


Figura 10: Dettaglio del trattamento fonoassorbente monolitico a lato dei lucernari

Sono stati definiti i trattamenti acustici necessari e sono stati distribuiti uniformemente nello spazio al fine di ottenere un tempo di riverberazione conforme alla destinazione d'uso degli ambienti in esame. Inoltre, alcune porzioni dei corridoi del primo e del secondo piano saranno destinati ad attività speciali quali $\%biblioteca\ diffusa+$ e $\%LAP\ diffuso+$; per questo motivo è importante che tali ambienti vengano trattati acusticamente secondo il progetto descritto.

La progettazione del trattamento acustico di tale ambiente è stata svolta facendo riferimento ai valori del tempo di riverberazione e alla distribuzione dei livelli di pressione sonora all'interno dell'ambiente stesso. Di seguito si riportano il grafico del tempo di riverberazione confrontando i valori ottenuti nelle valutazioni con gli interventi acustici in relazione ai valori ottimali e le mappe di distribuzione dei livelli di pressione sonora prodotto da una sorgente presente all'interno dell'atrio (ad esempio un gruppo di alunni che parlano).

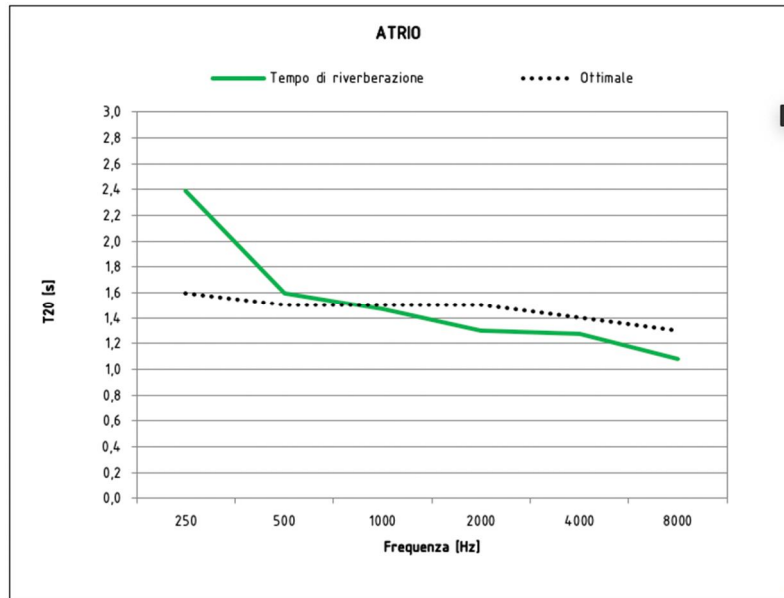
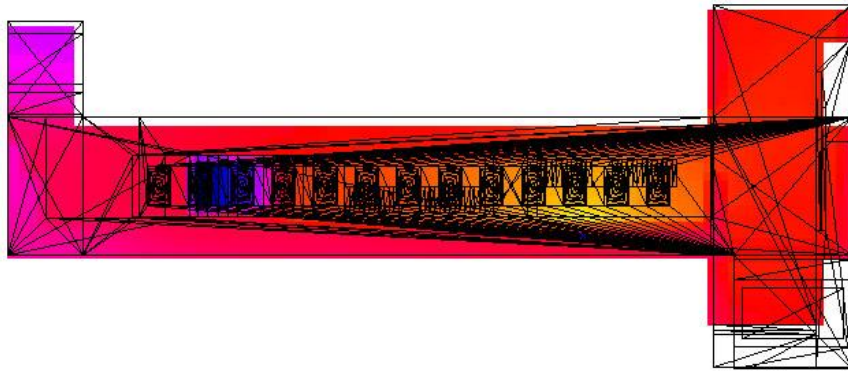


Figura 11: Grafico del tempo di riverberazione dell'atrio

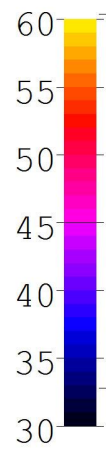
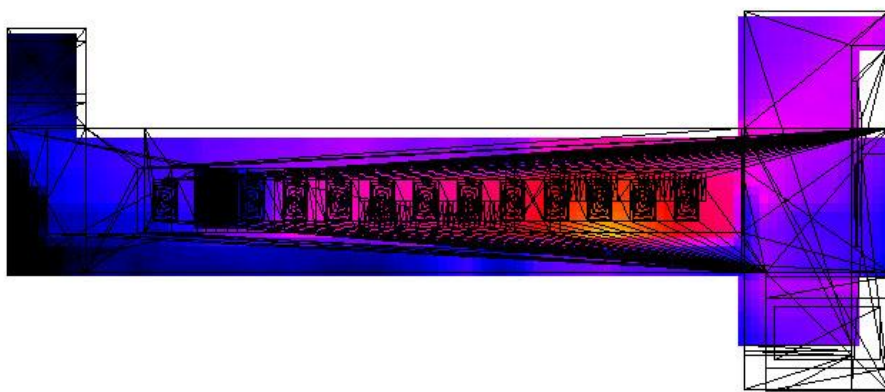
L'andamento del tempo di riverberazione senza trattamenti acustici assumerebbe in un ambiente così ampio valori alle medie frequenze non compatibili con l'utilizzo dello spazio in maniera simultanea nelle diverse funzioni previste, poiché esso si attesterebbe mediamente intorno a valori a 2,7s. Per questo motivo sono stati definiti i trattamenti acustici necessari e sono stati distribuiti uniformemente nello spazio al fine di ottenere un tempo di riverberazione pari a $T=1s$.

L'effetto dell'introduzione delle unità assorbenti è evidente nelle mappe cromatiche riportate di seguito (Figura 12), nelle quali si evince che nelle zone opposte dell'ambiente il livello sonoro si riduce di circa 8 dB a 10 metri di distanza, attenuazione che garantisce il minimo disturbo indotto da persone presenti nello stesso ambiente (aspetto correlato alla privacy) e riduce il livello di pressione sonora immesso verso gli altri ambienti limitrofi.

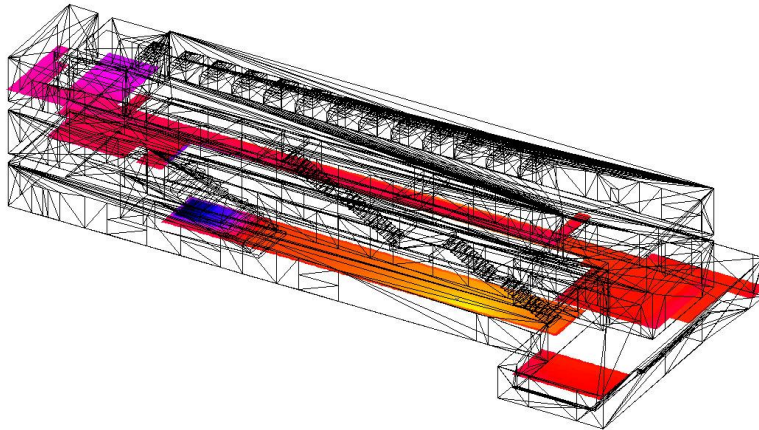
SENZA TRATTAMENTO



CON TRATTAMENTO ACUSTICO



SENZA TRATTAMENTO



CON TRATTAMENTO ACUSTICO

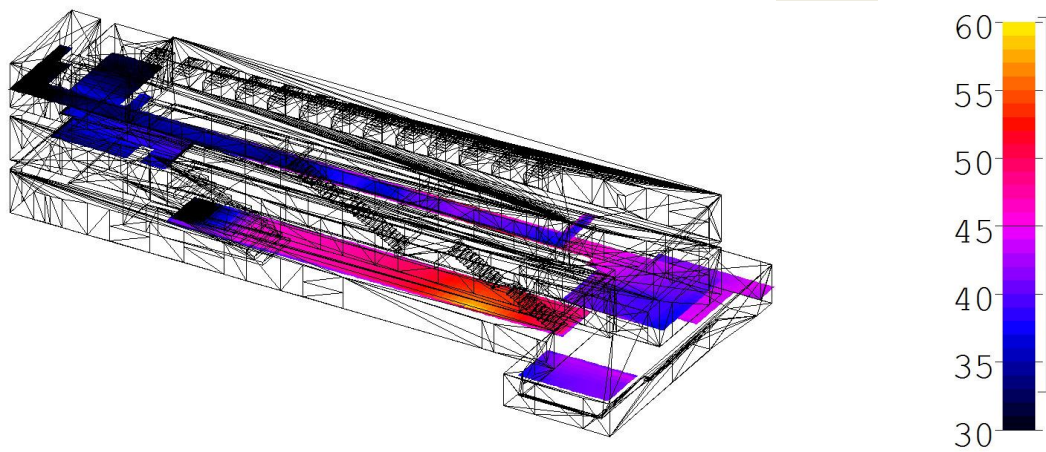


Figura 12: Mappe di distribuzione dei livelli di pressione sonora senza trattamenti (in alto) e con trattamenti acustici (in basso)

3.2 PALESTRA

Il corpo di fabbrica adiacente a quello che ospita le aule ed i laboratori ospita la palestra della scuola. Di seguito si riportano alcune immagini del modello di simulazione acustica utilizzato per verificare i parametri dello spazio.

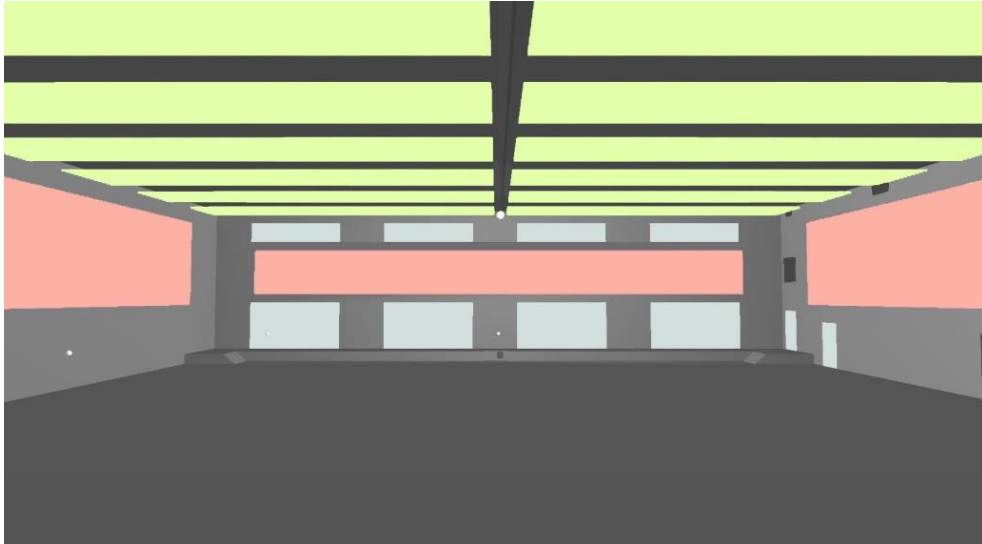


Figura 13: Immagine del modello tridimensionale di simulazione acustica della palestra_vista NORD



Figura 14: Immagine del modello tridimensionale di simulazione acustica della palestra_vista OVEST

All'interno del modello è possibile vedere il posizionamento degli interventi di correzione acustica definiti al fine di ridurre il tempo di riverberazione dello spazio e portare i parametri entro i limiti normativi previsti dalla UNI 11367 Appendice C, ovvero:

- Tempo di riverberazione all'interno dello spazio $m1,5sec.$,
- Speech Trasmission Index (Indice STI) $\geq 0,5$
- Chiarezza C50 ≥ -2

Per ottenere le prestazioni acustiche adeguate dovrà essere realizzato un trattamento acustico non limitato al solo intradosso del solaio superiore ma distribuito anche sulle pareti laterali al

fine di garantire l'adeguato grado di assorbimento ed eliminare i possibili flutter echoes che si verrebbero a creare sulle pareti parallele contrapposte.

Nella pianta di seguito (Figura 15) si riporta in verde l'indicazione della posizione di tali trattamenti da realizzarsi a soffitto, mentre, nelle figure seguenti (Figura 16, Figura 17, Figura 18 e Figura 19) si riportano i prospetti delle 4 pareti della palestra con la posizione dei pannelli fonoassorbenti indicata in rosso.

ABACO CONTROSOFFITTI NUOVA COSTRUZIONE

	C04	75	mm	controsoffitto in pannelli fonoassorbenti - sospeso
	C05	65	mm	controsoffitto a doppia lastra - sospeso
	C06	12,5	mm	controsoffitto a lastre idrorepellenti - sospeso

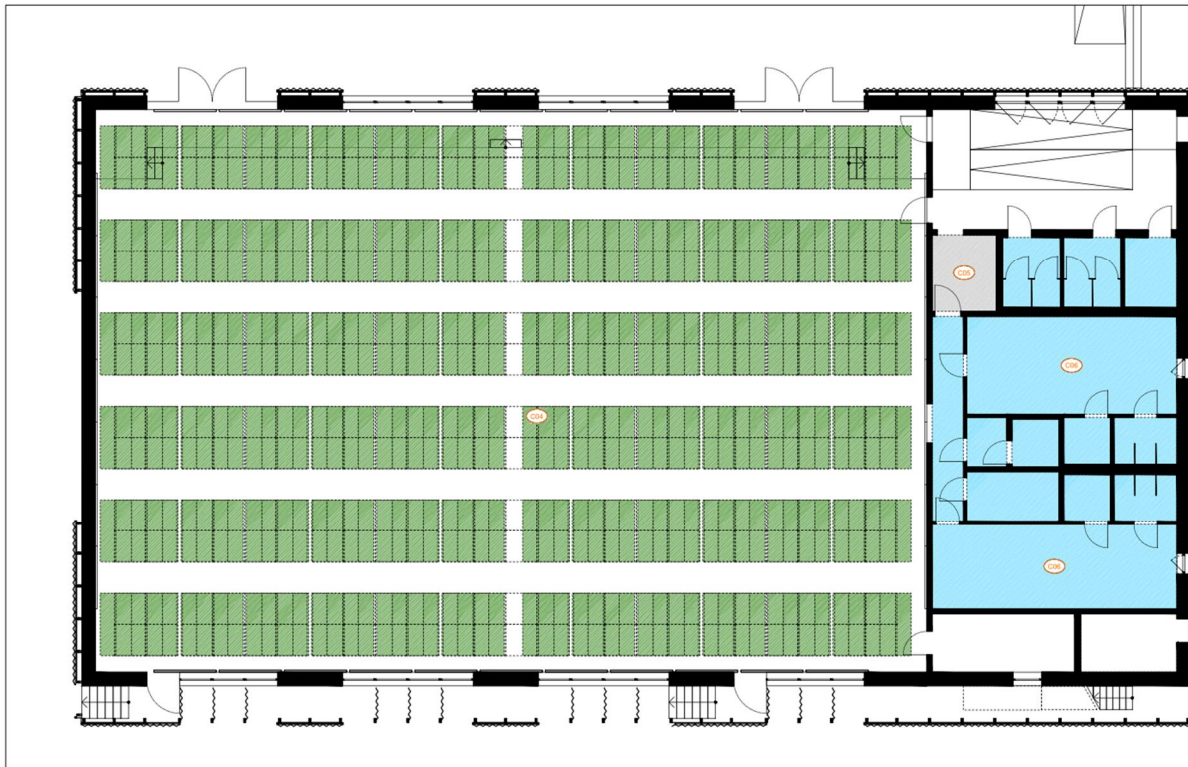


Figura 15: Planimetria del soffitto della palestra con indicata in verde la posizione dei pannelli fonoassorbenti a soffitto C04 (materassino in lana di roccia spess. 40mm)

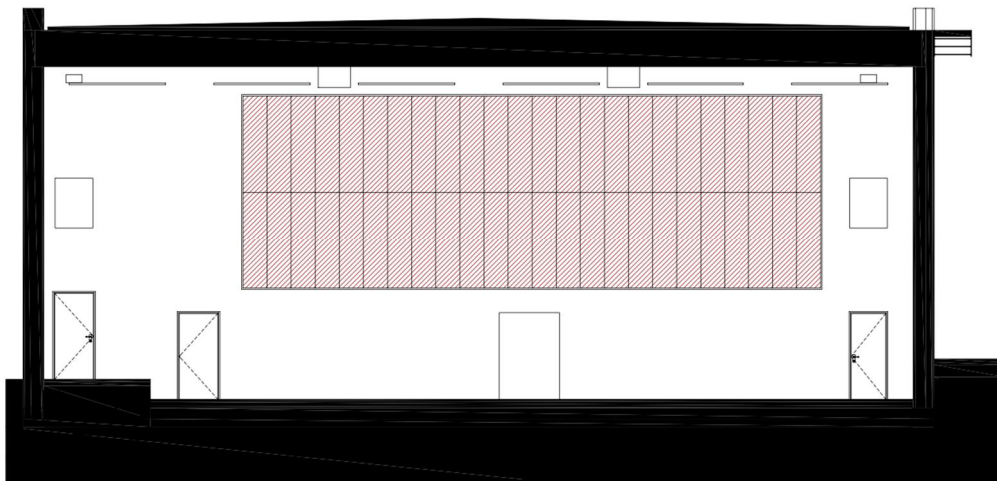


Figura 16: Prospetto Ovest con indicazione dei pannelli a parete (pannelli in fibra di legno mineralizzata con retrostante pannello in lana di roccia spess. 75mm)

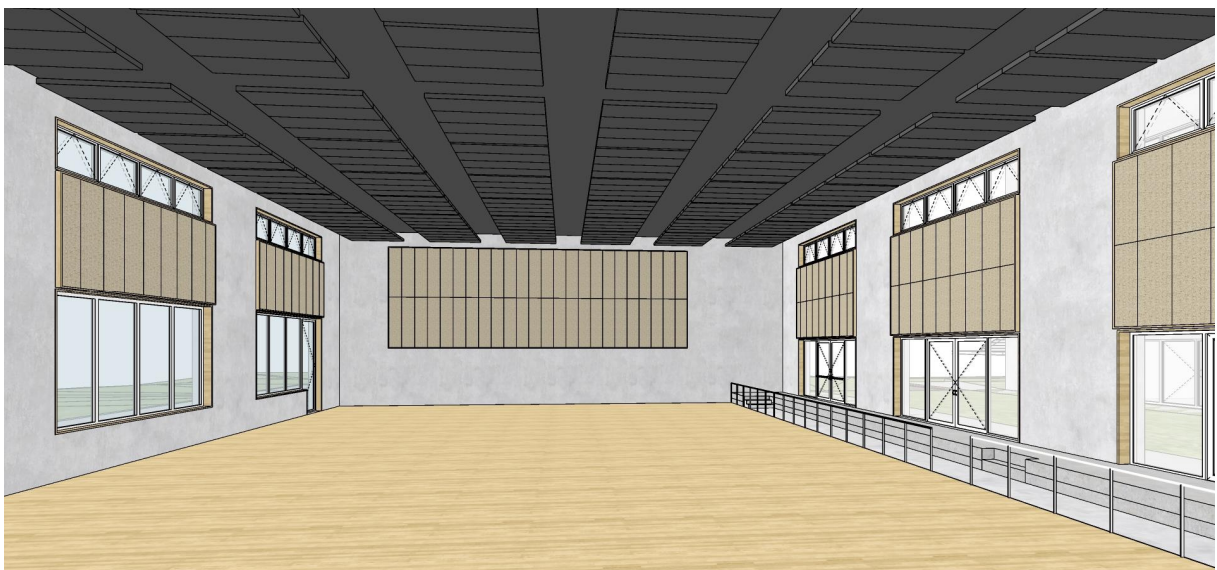




Figura 17: Prospetto Est con indicazione dei pannelli a parete (pannelli in fibra di legno mineralizzata con retrostante pannello in lana di roccia spess. 75mm)

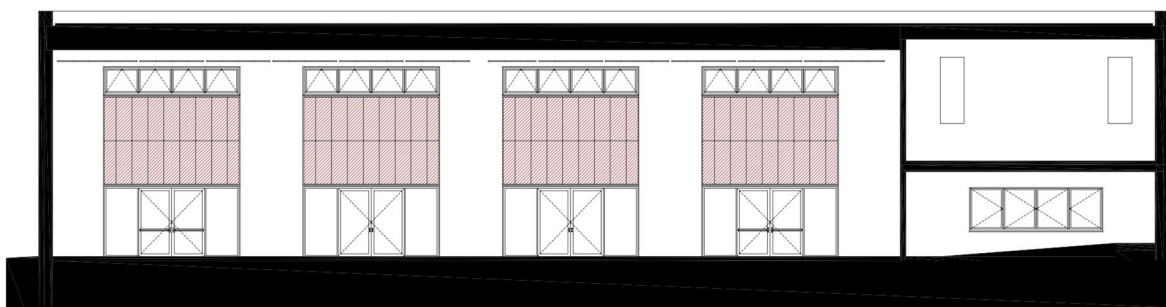


Figura 18: Prospetto Nord con indicazione dei pannelli a parete (pannelli in fibra di legno mineralizzata con retrostante pannello in lana di roccia spess. 75mm)

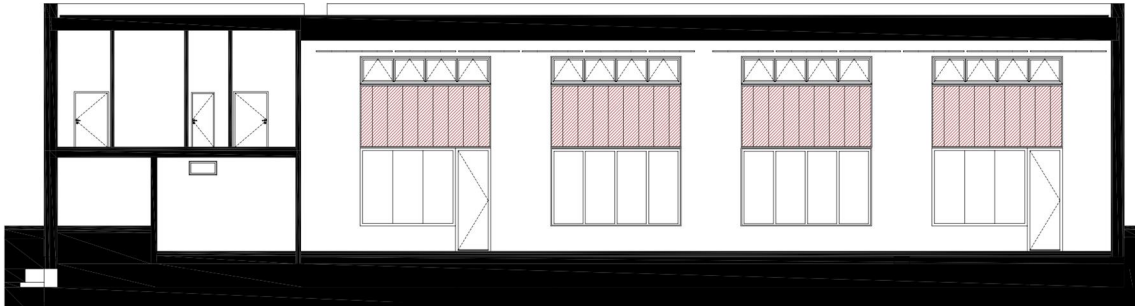


Figura 19: Prospetto Sud con indicazione dei pannelli a parete (pannelli in fibra di legno mineralizzata con retrostante pannello in lana di roccia spess. 75mm)

Come si evince dalle piante e dai prospetti sopra riportati è stato previsto l'utilizzo dei seguenti trattamenti:

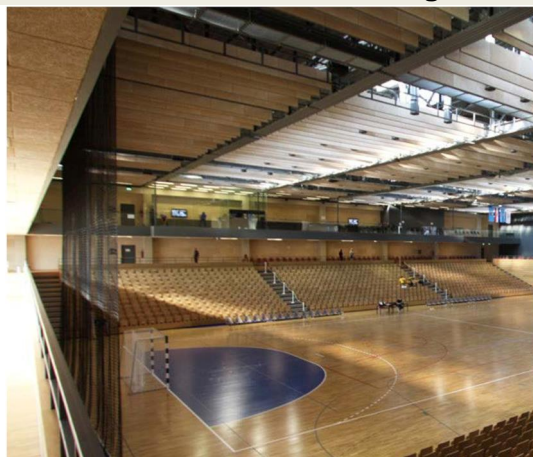
- il trattamento del SOFFITTO per mezzo di **pannelli fonoassorbenti in lana di roccia** tipo Rockfon Color All, spessore 40 mm, con faccia a vista rivestita con velo verniciato con finitura liscia e faccia superiore rivestita con controvelo
- l'applicazione a PARETE di **pannelli fonoassorbenti in lana di legno mineralizzata legata con cemento Portland** spessore 25mm tipo CELNIT ABE (fibre sottili 1mm) con retrostante pannello in lana di roccia densità pari a 120 kg/mc e spessore pari a 75mm.

Pannello fonoassorbente in lana di roccia: controsoffitto



Pannello acustico in lana di roccia tipo Rockfon Color All
 Spessore di 40 mm
 $w=1,00$
 $NRC=1,00$

Pannello fonoassorbente in legno mineralizzato e lana di roccia: parete



Pannello acustico in lana di legno mineralizzata legata con cemento Portland spessore 25mm tipo CELENIT ABE (fibre sottili 1mm) con retrostante pannello in lana di roccia densità pari a 120 kg/mc e spessore pari a 75mm.
 Spessore di 25 mm + 75mm
 $w=0,95$
 $NRC=0,95$

Di seguito si riportano (Figura 18 e Figura 19) i grafici delle curve del coefficiente di assorbimento dei materiali previsti per l'intervento.

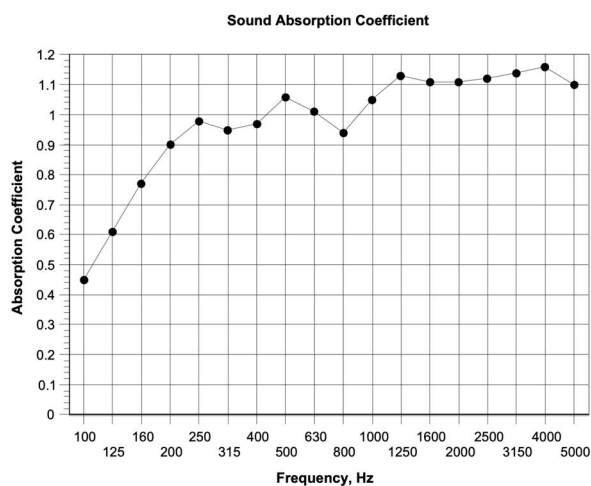


Figura 20 - Curva del coefficiente di assorbimento acustico dei pannelli fonoassorbenti Rockfon Color All

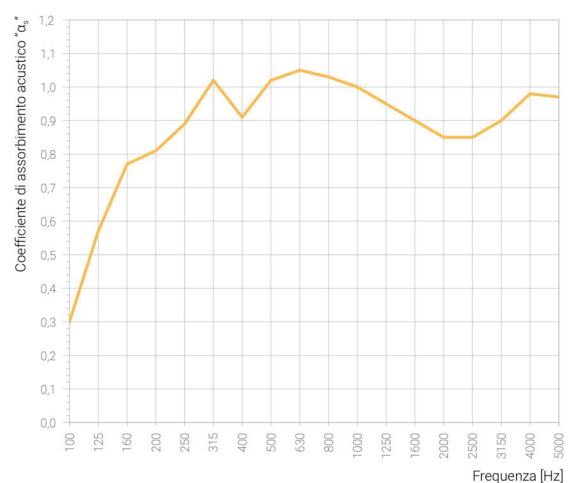


Figura 21 - Curva del coefficiente di assorbimento acustico dei pannelli fonoassorbenti celenit ABE+lana

Nelle Figure 22 e 23 seguenti si riportano i dettagli delle due tipologie di pannelli fonoassorbenti previsti in questi ambienti (parete e soffitto).

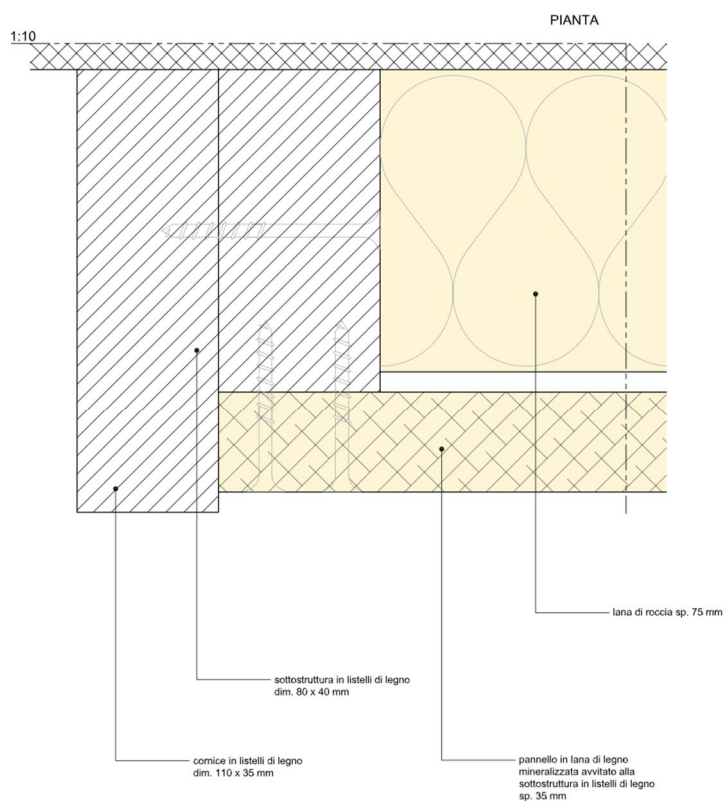
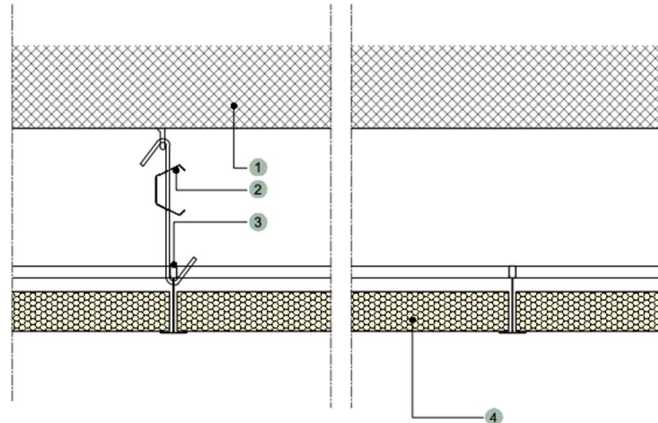


Figura 22: Dettaglio del pannello in legno minerale + lana di roccia a parete

C04 controsoffitto in pannelli fonoassorbenti - sospeso (APAR_15)



- 1 Solaio prefabbricato a vista
- 2 Gancio di sospensione, interasse 1200 mm
- 3 Sottostruttura in acciaio verniciato bianco dotata di una base di 24 mm di larghezza, interasse 600 mm
Il sistema è composto da profili portanti, trasversi e cornici perimetrali
- 4 Pannello in lana di roccia con faccia a vista di velo colorato (nero) con finitura liscia e opaca e faccia superiore con controvelo, con aggiunta di clips antisollevamento in plastica
Spessore 40 mm
Assorbimento acustico α_w : fino a 1,00 (classe A)
Reazione al fuoco A1
Riflessione alla luce 4%
Dimensioni 1200 x 600 mm

Figura 23: Dettaglio del pannello in lana di roccia a soffitto (Color all sp.40mm)

La progettazione del trattamento acustico di tale ambiente è stata svolta facendo riferimento ai valori del tempo di riverberazione pari a 1,5 secondi. Di seguito si riporta il grafico del tempo di riverberazione ottenuto con l'inserimento degli interventi acustici (Figura 24). Il grafico seguente riporta il valore stimato del RT60 nella palestra.

RT60 PALESTRA			
AMBIENTE	Frequenza [Hz]		
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
PALESTRA	1,47	1,30	1,27

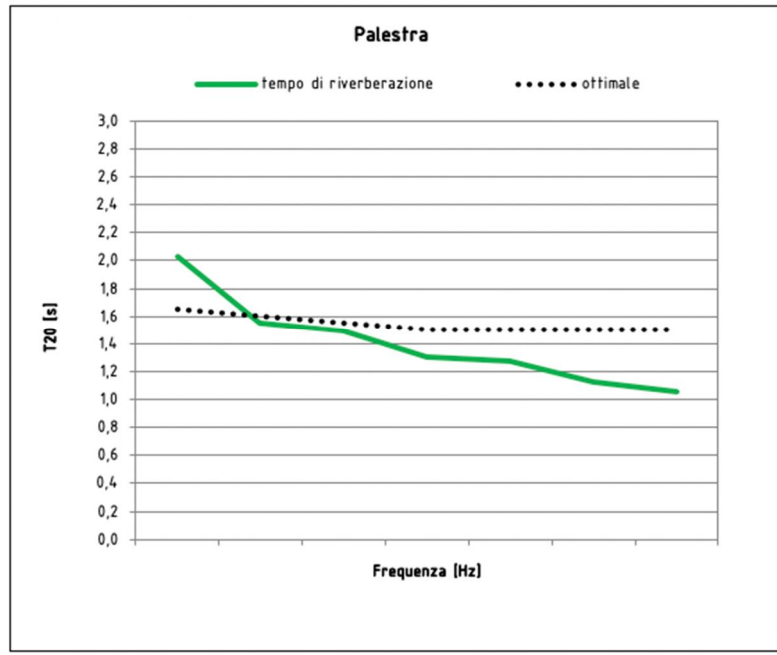


Figura 24: Grafico del tempo di riverberazione della palestra

Il tempo di riverberazione ritenuto ottimale per tale ambiente deve essere, come detto, T inferiore di 1,5 s (alle frequenze di 500 Hz, 1000Hz e 2000Hz) e, come si evince dal grafico riportato in Figura 24, il trattamento fornisce dei valori per la palestra ritenuti ottimali rispetto alla destinazione d'uso in entrambe le configurazioni.

Nella palestra sono stati valutati, inoltre, anche due altri parametri: l'indice di Intelligibilità STI e la chiarezza C50.

Ambiente	STI valutato	STI minimo richiesto	C50 valutato	C50 minimo richiesto
Palestra	0,61	$\geq 0,5$	1,31	≥ -2

Anche questi due parametri soddisfano i minimi normativi prestabiliti dalla norma UNI 11367 prescritta dai Criteri Ambientali Minimi e rispettano le Acoustic performance richieste dal protocollo LEED (Indoor stadium, gymnasium: large-capacity space with speech amplification - $RT_{60} \leq 1,5s$).

3.3 LAP

Al piano primo sono presenti due LAP (Laboratori): obiettivo del trattamento acustico è fare sì che il tempo di riverberazione sia inferiore a 0,6 s e che vi sia una omogenea distribuzione dei livelli di pressione sonora negli ambienti. Tale parametro, garantisce un ottimo comfort acustico all'interno dello spazio e il rispetto contemporaneamente dei parametri minimi richiesti dai Criteri Ambientali Minimi ($RT_{60} \leq 0,7sec.$) e dalle Acoustic Performance ($RT_{60} \leq 0,6sec.$).

L'inserimento di un trattamento acustico (diffuso a soffitto e a parete) permetterà di ottenere un ambiente nel quale si potranno ridurre i livelli di rumore e, controllando il tempo di

riverberazione, si garantirà un buon grado di comfort acustico interno, considerata l'attività cui è destinato. Inoltre, il posizionamento del trattamento fonoassorbente anche a parete garantirà l'eliminazione dei flutter echoes che potrebbero venire a generarsi all'interno dell'ambiente fra le superfici parallele dei laboratori.

Nelle piante di seguito (Figura 25 e Figure 26) si indicano i trattamenti acustici da applicare in questi ambienti.

Con il riquadro tratteggiato nero si riporta la posizione del controsoffitto fonoassorbente (C01) (lastra di gesso forato + materassino in fibra di poliestere), mentre nell'immagine seguente la posizione dei pannelli fonoassorbenti collocati a parete (materassino in fibra di roccia).

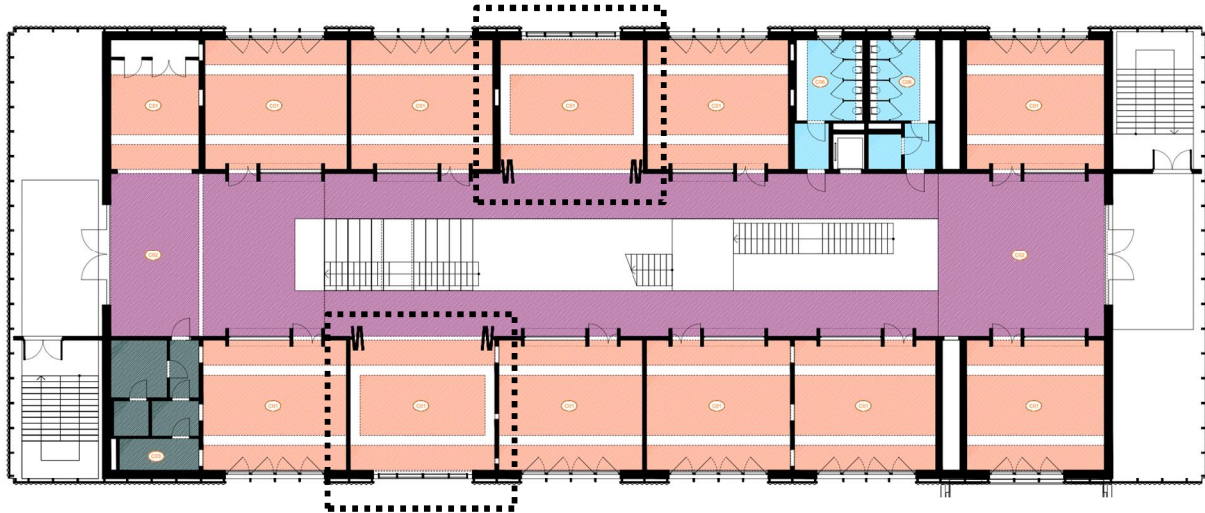


Figura 25: Pianta piano primo con indicazione dei trattamenti acustici dei LAP

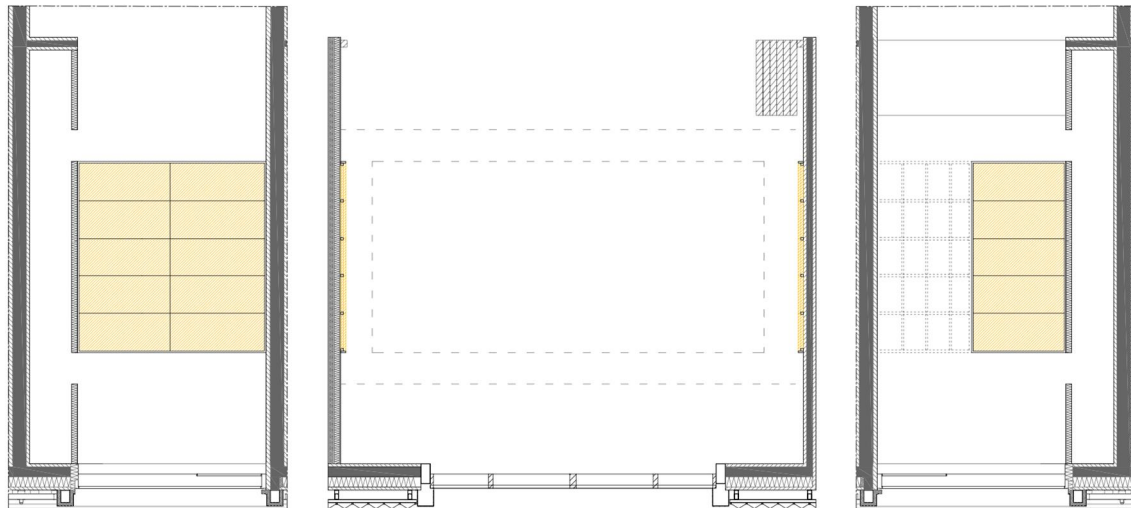
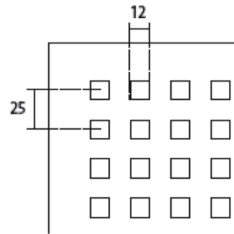
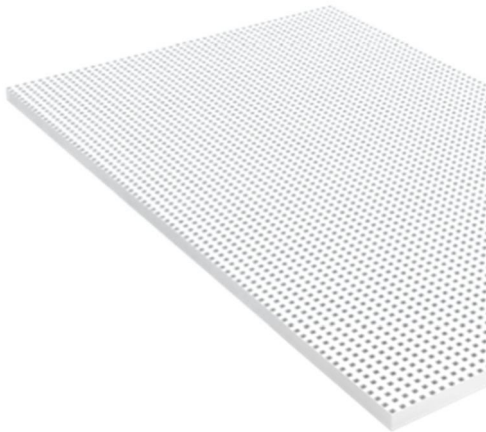


Figura 26 sezione schematica LAP benessere

Come si evince dalle figure sopra riportate è stato previsto:

- il trattamento del soffitto per mezzo di **lastre in cartongesso forato** tipo Gyproc Rigitone 12/25 Q (percentuale di foratura 23%, intercapedine 200 mm, **con interposto un materassino in fibra di poliestere** (densità 50 kg/m³, spessore 80 mm); RIGITONE ACTIVEAIR Modello 12/25 Q: lastre in gesso rivestito con decoro costituito da foratura continua regolare rettangolare, con fori che permettono di realizzare controsoffitti di tipo continuo con elevate prestazioni acustiche. Sul retro delle lastre è applicato un tessuto fonoassorbente con funzione antipolvere. Le lastre sono caratterizzate dall'esclusivo sistema ActiveAir, che consente di assorbire e neutralizzare fino al 70% della formaldeide contenuta nell'aria degli ambienti
- l'applicazione a parete di **pannelli fonoassorbenti** costituiti da Celenit ABE (fibre sottili 1mm) spessore 35mm e retrostanti pannelli in lana di roccia, spessore 40 mm, densità 60 kg/mc.

Pannello in gesso forato + materassino in fibra di poliestere: controsoffitto



Pannello in cartongesso forato
 tipo Rigitone 12/25 Q
 Percentuale di foratura 23%
 Con retrostante materassino in
 fibra di poliestere dello spessore
 di 80mm e densità pari a 50 kg/mc
 ed intercapedine d'aria 200mm
 $w=0,75$
 $NRC=0,85$

Pannello fonoassorbente: parete



Pannello acustico murale in lana di roccia
 Tipo Celenit ABE (fibre sottili 1mm) con
 retrostante pannello in lana di roccia
 Spessore di 40mm e densità pari a 60 kg/mc
 $w=1,00$
 $NRC=1,00$

Di seguito si riportano (Figura 27 e 28) i grafici delle curve del coefficiente di assorbimento dei materiali previsti per l'intervento.



Figura 27: Curva del coefficiente di assorbimento acustico dei pannelli in cartongesso forato Gyproc Rigitone 12/25 Q con retrostante pannello in fibra di poliestere

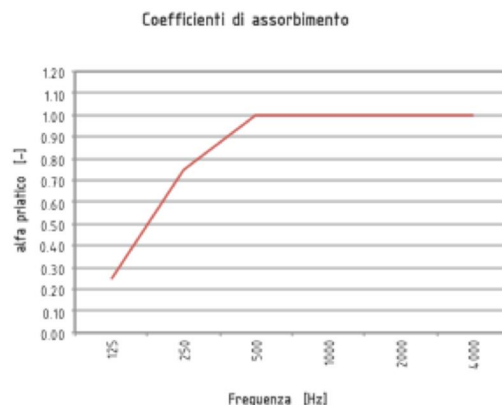


Figura 28: Curva del coefficiente di assorbimento acustico dei pannelli fonoassorbenti Celenit ABE+pannello in lana di roccia

Nella Figura 29 seguente si riporta il dettaglio del controsoffitto in lastra di gesso forato con retrostante materassino in fibra di poliestere ed il dettaglio del pannello fonoassorbente a parete.

C01 controsoffitto a lastre fonoassorbenti - sospeso (APAR_08)

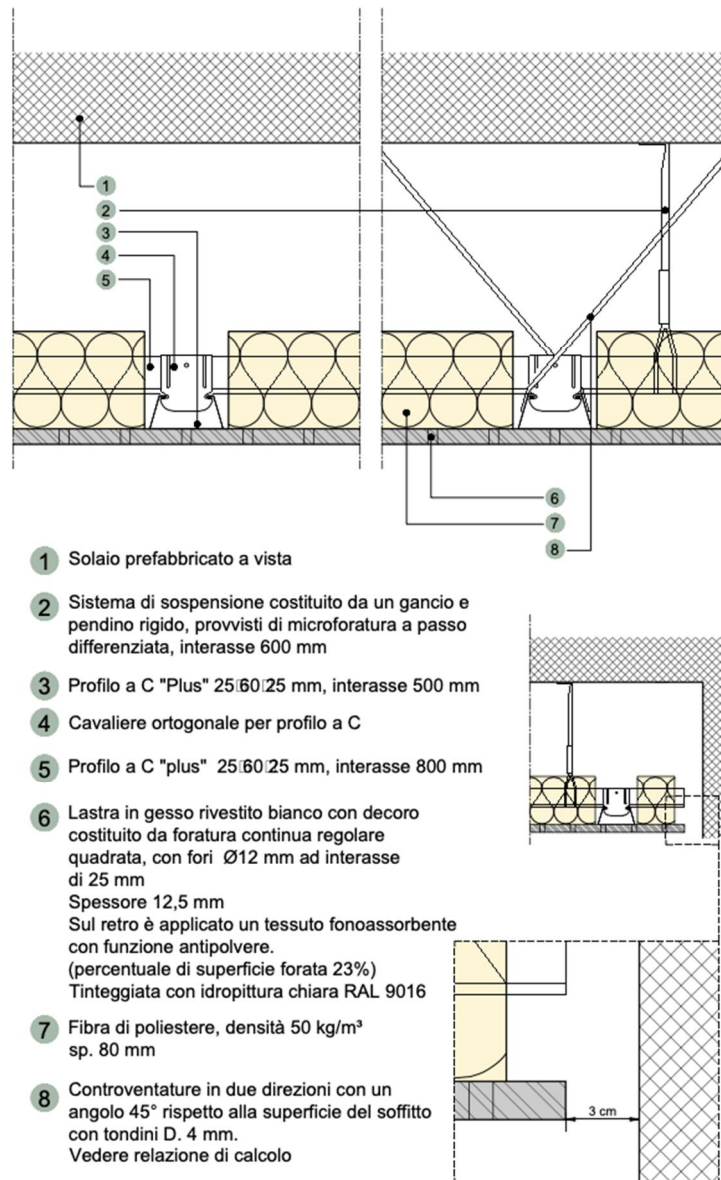
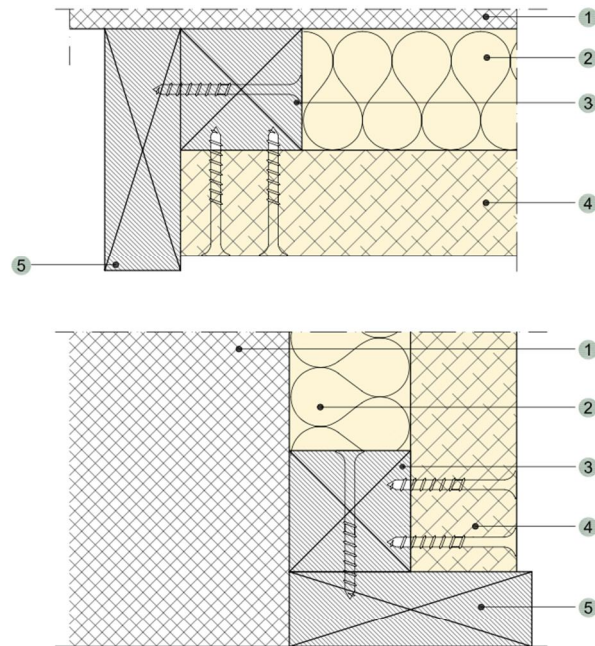


Figura 29a: Dettaglio del controsoffitto fonoassorbente_lastra cartongesso forato con retrostante fibra di poliestere

- Pannello acustico murale in lana di legno mineralizzata sp. 35 mm
- accoppiato a lana di roccia sp.40 mm (APAR_14)



- 1 parete
- 2 lana di roccia sp. 40 mm
- 3 sottostruttura in listelli di legno sp. 40 mm
- 4 pannello in lana di legno mineralizzata avvitato alla sottostruttura in listelli di legno, sp. 35 mm
- 5 cornice in listelli di legno dim. 80 x 25 mm

Figura 29b: Dettaglio del pannello fonoassorbente a parete_ pannello di Celenit ABE (sp.35mm) e retrostante pannello in lana di roccia (densità 60 kg/mc) sp. 40mm

La progettazione del trattamento acustico di tali ambienti è stata svolta facendo riferimento ai valori del tempo di riverberazione pari a 0,6 secondi, per ottenere sia rispetto ai parametri richiesti dai Criteri Minimi Ambientali sia rispetto alle specifiche delle Acoustic Performance del protocollo LEED e per garantire all'interno dello spazio un buon grado di comfort acustico. Di seguito si riporta il grafico del tempo di riverberazione confrontando i valori ottenuti nelle valutazioni con gli interventi acustici in relazione ai valori ottimali (Figura 30 e Figura 31).

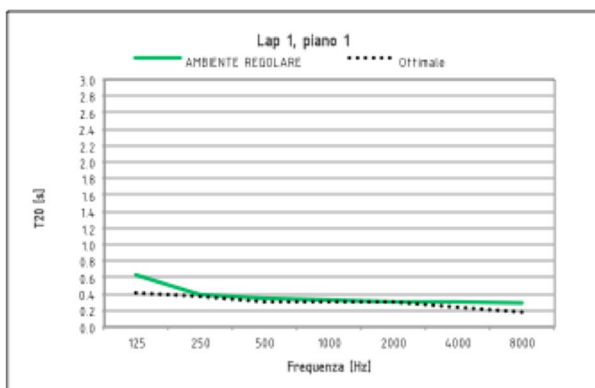


Figura 30: Grafico del tempo di riverberazione del LAP1 piano primo

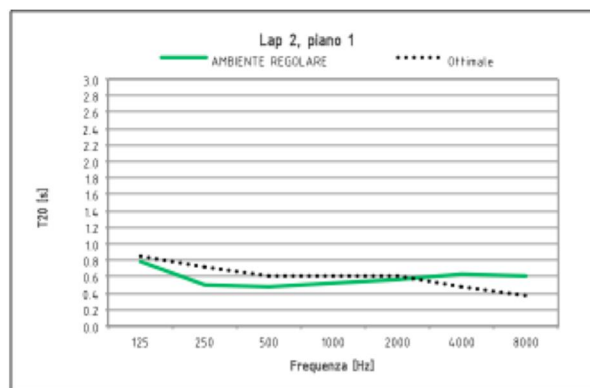


Figura 31: Grafico del tempo di riverberazione del LAP2 piano primo

RT60 LAP				
AMBIENTE	Frequenza [Hz]			RTm
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	
LAP 1	0,34	0,32	0,30	0,40
LAP 2	0,47	0,51	0,57	0,60

Il comportamento acustico degli ambienti risulta uniformato al requisito ritenuto ottimale e prescritto dal protocollo LEED e dai Criteri Minimi Ambientali garantendo all'interno dello spazio un ottimo comfort acustico con un tempo di riverberazione (alle frequenze di 500 Hz, 1000Hz e 2000 Hz) inferiore a 0,6s.

Nei LAP sono stati valutati, inoltre, anche due altri parametri: l'indice di Intelligibilità STI e la chiarezza C50.

Ambiente	STI valutato	STI minimo richiesto	C50 valutato	C50 minimo richiesto
LAP 1	0,70	$\geq 0,6$	4,3	≥ 0
LAP 2	0,70	$\geq 0,6$	4,3	≥ 0

Anche questi due parametri soddisfano i minimi normativi prestabilita dalla norma UNI 11367 prescritta dai Criteri Ambientali Minimi e rispettano le Acoustic performance richieste dal protocollo LEED.

3.4 AULE

Le aule per la didattica hanno dimensioni simili tra loro, pertanto l'analisi è stata svolta su alcune di esse come rappresentative di tutte le aule: in particolare, è stata svolta la verifica del tempo di riverberazione, del parametro STI e della chiarezza C50 in tutte le aule mentre l'analisi della distribuzione dei livelli di pressione sonora (SPL) è stata effettuata per un ambiente rappresentativo di tutti gli altri analoghi per forma, trattamento e dimensioni.

Il progetto acustico delle aule è stato redatto, come già enunciato, con l'obiettivo di ottenere la massima qualità ambientale all'interno degli spazi da parte dei differenti fruitori (alunni ed insegnanti). Le conseguenze negative dovute ad ambienti con un ridotto livello di comfort acustico interno si ripercuoterebbero sia sugli insegnanti, provocando affaticamento vocale e aumento del rischio di sviluppare patologie, sia sugli alunni, con una diminuzione dell'intelligibilità e una conseguente difficoltà alla partecipazione alle attività svolte in aula, una perdita della concentrazione, una diminuzione dell'apprendimento e quindi una frustrazione generalizzata.

Si è quindi proceduto con l'analisi del comfort interno agli ambienti. L'inserimento di un trattamento acustico permetterà di ottenere ambienti all'interno dei quali si potranno ridurre i livelli di rumore e, controllando il tempo di riverberazione, si garantirà un buon grado di comfort acustico interno considerata l'attività cui tali ambienti sono destinati.

Secondo quanto previsto dal protocollo LEED il tempo di riverberazione negli ambienti destinati all'apprendimento deve essere $T_{500,1000,2000} < 0,6$ s.

Si riportano di seguito le piante dei tre piani dell'edificio (Figura 32, Figura 33 e Figura 34) e una sezione (Figura 35) in cui sono indicati i trattamenti acustici da applicare.

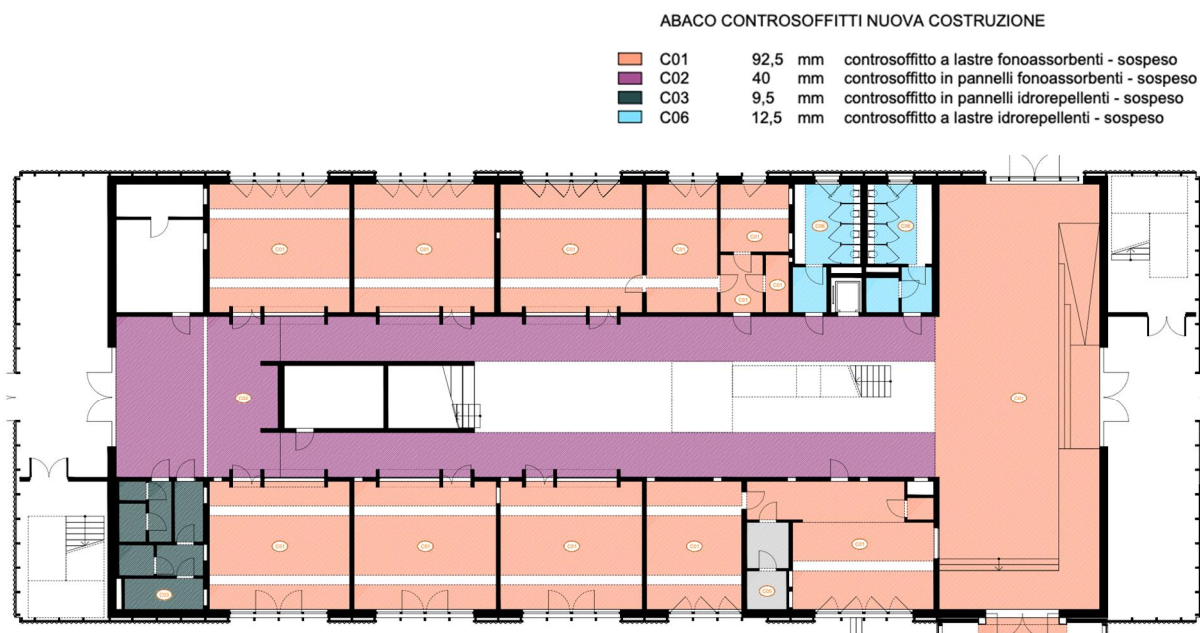


Figura 32: Pianta piano terra con indicazione dei trattamenti acustici delle aule

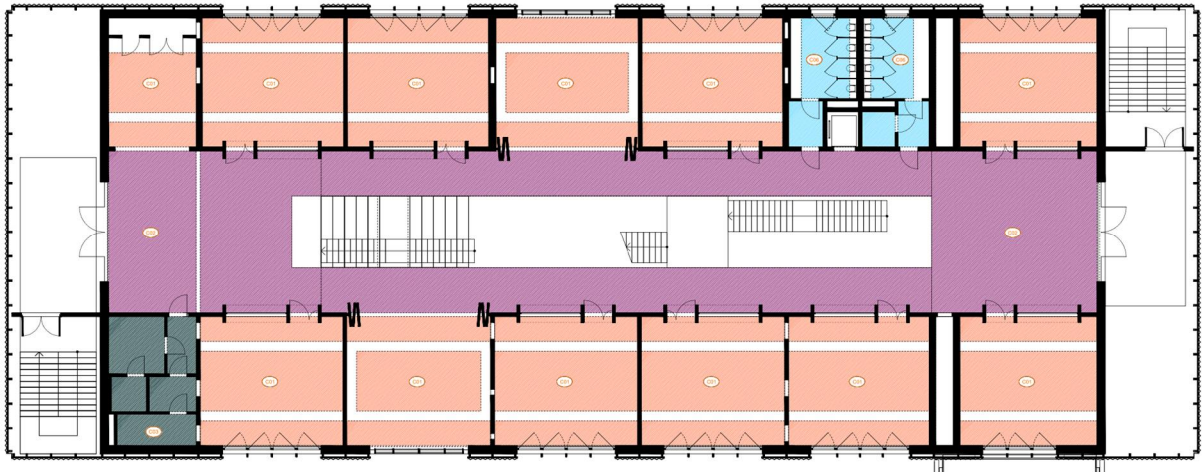


Figura 33: Pianta piano primo con indicazione dei trattamenti acustici delle aule

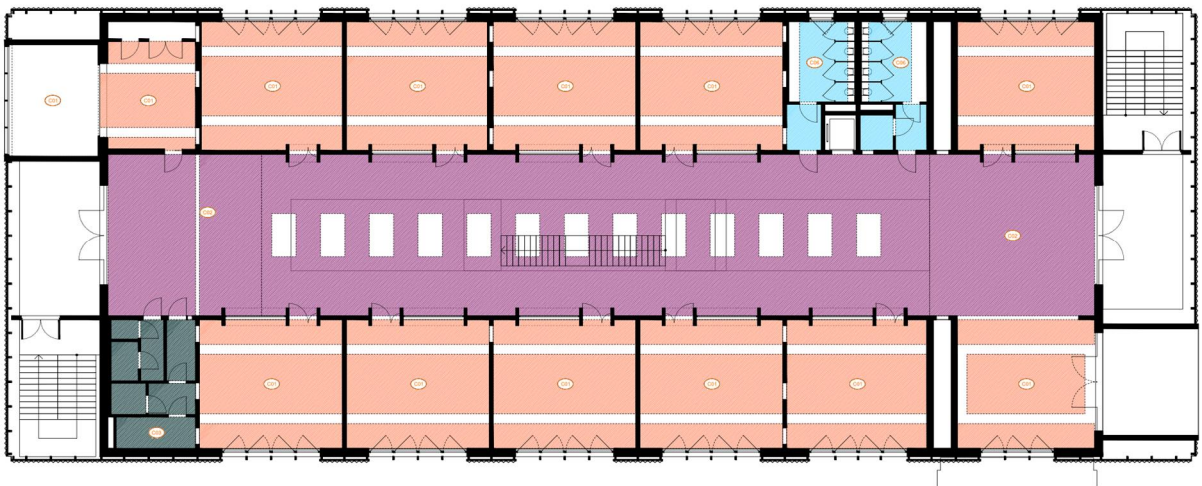


Figura 34: Pianta piano secondo con indicazione dei trattamenti acustici delle aule

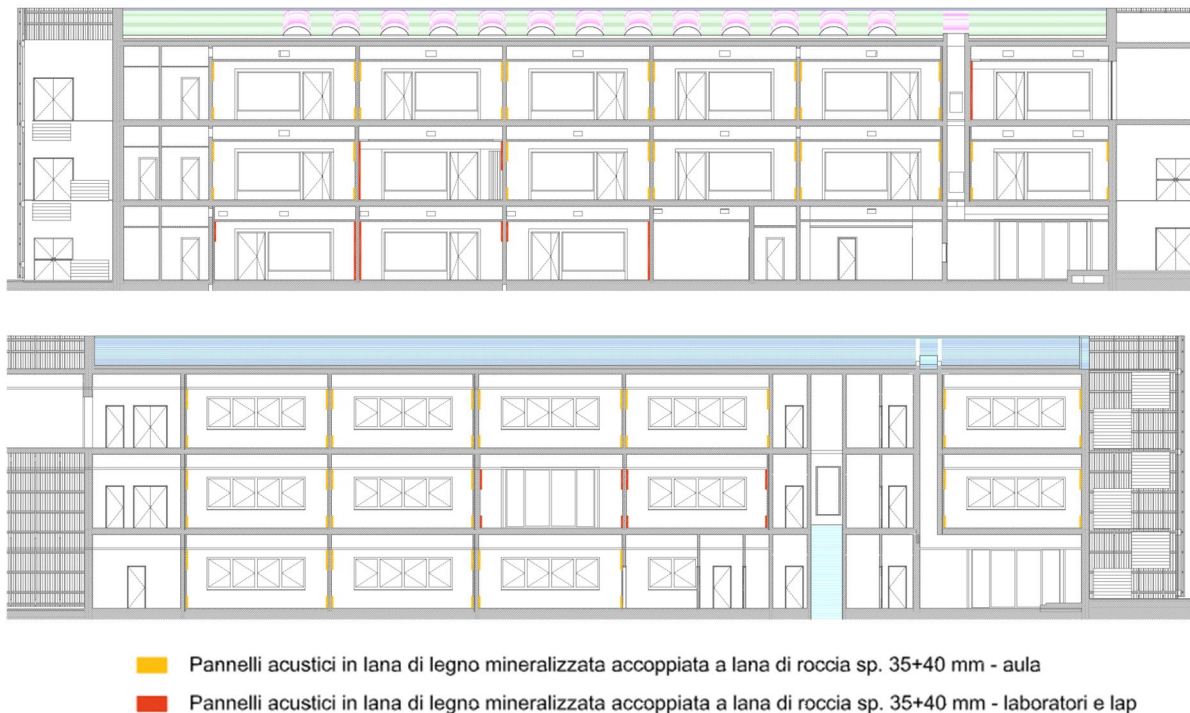
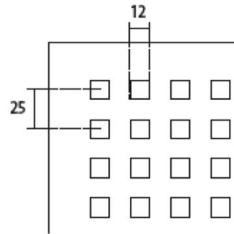
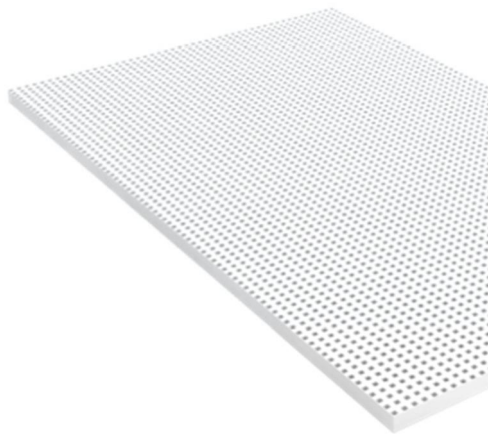


Figura 35: Sezioni dell'edificio con indicazione dei trattamenti acustici a parete

Come si evince dalle piante sopra riportate è stato previsto l'inserimento dei seguenti trattamenti acustici:

- il trattamento del soffitto per mezzo di **lastre in cartongesso forato** tipo Gyproc Rigitone 12/25 Q (percentuale di foratura 23%, intercapedine 200 mm, **con interposto un materassino in fibra di poliestere** (densità 50 kg/m³, spessore 80 mm); RIGITONE ACTIVEAIR Modello 12/25 Q: lastre in gesso rivestito con decoro costituito da foratura continua regolare quadrata, che permettono di realizzare controsoffitti di tipo continuo con elevate prestazioni acustiche. Sul retro delle lastre è applicato un tessuto fonoassorbente con funzione antipolvere. Le lastre sono caratterizzate dall'esclusivo sistema ActiveAir, che consente di assorbire e neutralizzare fino al 70% della formaldeide contenuta nell'aria degli ambienti
- l'applicazione a parete di **pannelli fonoassorbenti** Celenit ABE (fibre sottili 1mm) spessore 35mm con retrostante pannello in lana di roccia, spessore 40 mm, densità 60 kg/mc.

Pannello in gesso forato: controsoffitto



Pannello in cartongesso forato tipo Rigitone 12/25 Q

Percentuale di foratura 23%

Con retrostante materassino in fibra di poliestere dello spessore di 80mm e densità pari a 50 kg/mc ed intercapedine d'aria 200mm

$w=0,75$

$NRC=0,85$

Pannello fonoassorbente: parete



Pannello acustico murale in lana di roccia Tipo Celenit ABE (fibre sottili 1mm) con

retrostante pannello in lana di roccia

Spessore di 40mm e densità pari a 60 kg/mc

$w=1,00$

$NRC=1,00$

Di seguito si riportano (Figura 34 e Figura 35) i grafici delle curve del coefficiente di assorbimento dei materiali previsti per l'intervento.

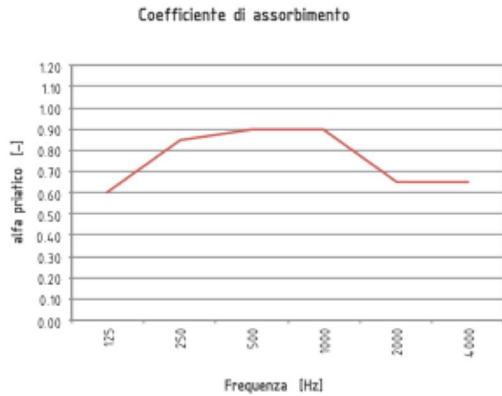


Figura 36: Curva del coefficiente di assorbimento acustico dei pannelli in cartongesso forato Gyproc Rigitone 12/25 Q con retrostante pannello in fibra di poliestere

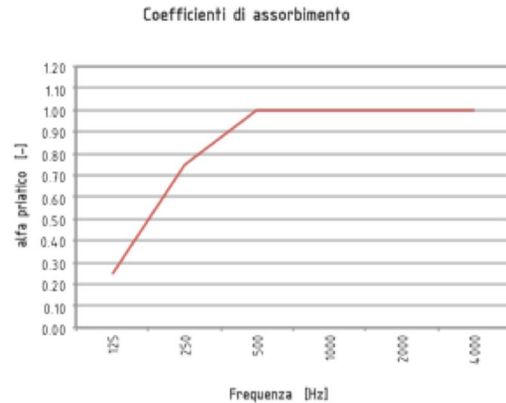


Figura 37: Curva del coefficiente di assorbimento acustico dei pannelli fonoassorbenti celenit ABE (sp.35mm) e retrostante pannello in lana di roccia sp. 40mm

Essendo ambienti particolarmente sensibili, la progettazione del trattamento acustico di tali ambienti è stata svolta facendo riferimento ai valori del tempo di riverberazione, ai valori del parametro STI ed alla Chiarezza C50 e alla distribuzione dei livelli di pressione sonora all'interno dell'ambiente

Di seguito si riportano i grafici dei tempi di riverberazione di tutte le aule confrontando i valori ottenuti nella valutazione degli ambienti in relazione ai valori ottimali (da Figura 38 a Figura 58) e la mappa di distribuzione dei livelli di pressione sonora prodotta da una sorgente collocata nella posizione dell'insegnante all'interno di una aula tipo (Figura 55).

Il parametro di riferimento per le aule è pari a $RT=0,6s$, l'indice STI deve risultare maggiore di 0,6 e la Chiarezza C50 deve essere superiore a 0.

Di seguito si riporta, a titolo di esempio, la planimetria di una aula tipo con l'indicazione della possibile collocazione che i pannelli acustici dovranno avere all'interno dell'ambiente.

POSIZIONE PANNELLI FONOASSORBENTI A PARETE_AULA TIPO



CONTROLLARE TUTTI I NOMI NUOVI AULE

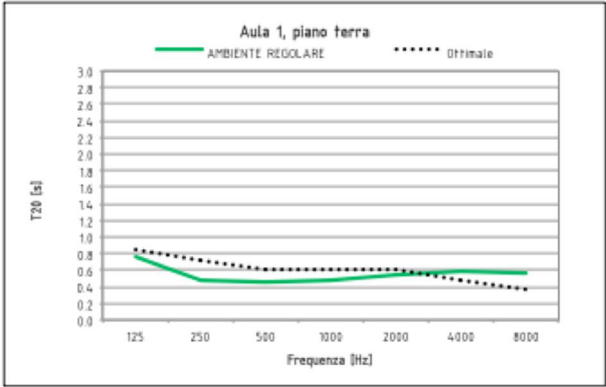


Figura 38: Grafico del tempo di riverberazione dell'aula 1 piano terra (S017)

Ambiente	STI stimato	C50 stimato
Aula 1 - PT	0,70	4,3

Ambiente	RT60			
	Frequenza [Hz]			
	500	1000	2000	RTm
Aula 1	0,45	0,48	0,53	0,6

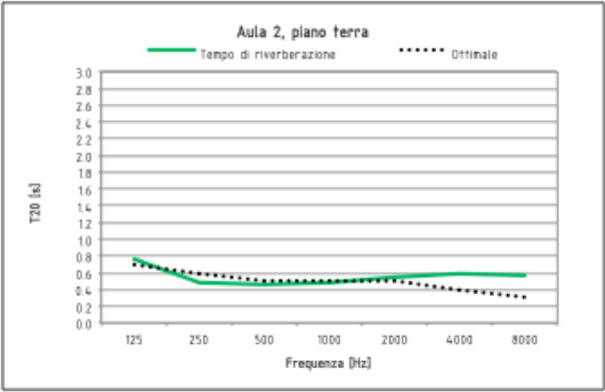


Figura 39: Grafico del tempo di riverberazione dell'aula 2 piano terra (S018)

Ambiente	STI stimato	C50 stimato
Aula 2 - PT	0,70	4,3

RT60				
Ambiente	Frequenza [Hz]			
	500	1000	2000	RTm
Aula 2	0,45	0,49	0,54	0,6

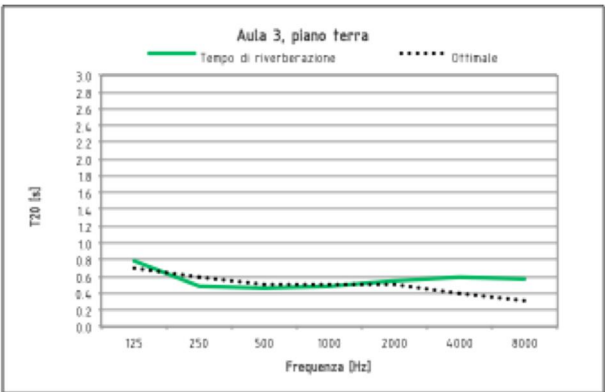


Figura 40: Grafico del tempo di riverberazione dell'aula 3 piano terra (S101)

Ambiente	STI stimato	C50 stimato
Aula 3 - PT	0,70	4,3

RT60				
Ambiente	Frequenza [Hz]			
	500	1000	2000	RTm
Aula 3	0,45	0,49	0,54	0,6

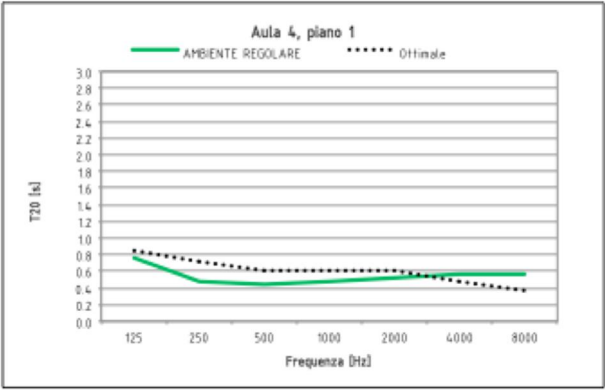


Figura 41: Grafico del tempo di riverberazione dell'aula 4 piano primo (S102)

Ambiente	STI stimato	C50 stimato
Aula 4 . 1P	0,70	4,3

RT60				
Ambiente	Frequenza [Hz]			
	500	1000	2000	RTm
Aula 4	0,44	0,48	0,53	0,6

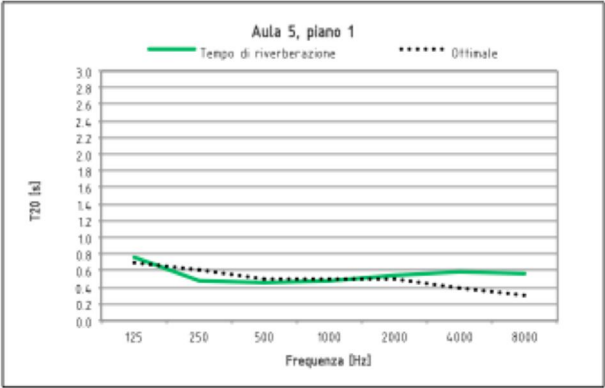


Figura 42: Grafico del tempo di riverberazione dell'aula 5 piano primo (S103)

Ambiente	STI stimato	C50 stimato
Aula 5 . 1P	0,70	4,3

RT60				
Ambiente	Frequenza [Hz]			
	500	1000	2000	RTm
Aula 5	0,45	0,49	0,54	0,6

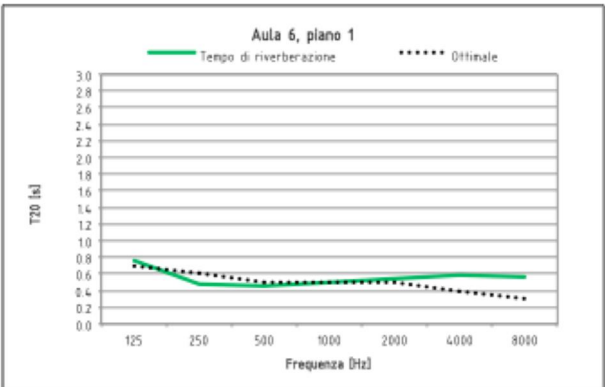


Figura 43: Grafico del tempo di riverberazione dell'aula 6 piano primo (S104)

Ambiente	STI stimato	C50 stimato
Aula 6 . 1P	0,70	4,3

RT60				
Ambiente	Frequenza [Hz]			
	500	1000	2000	RTm
Aula 6	0,45	0,49	0,54	0,6

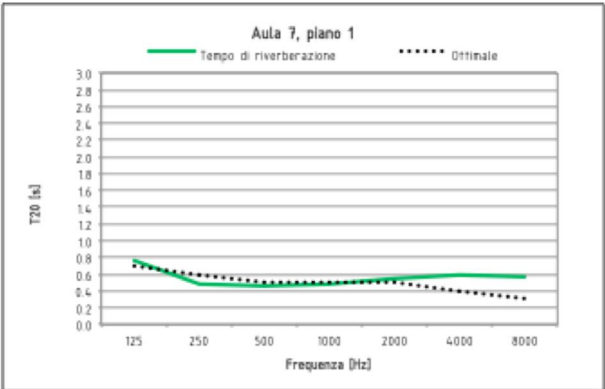


Figura 44: Grafico del tempo di riverberazione dell'aula 7 piano primo (S106)

Ambiente	STI stimato	C50 stimato
Aula 7 . 1P	0,70	4,3

RT60				
Ambiente	Frequenza [Hz]			
	500	1000	2000	RTm
Aula 7	0,45	0,49	0,54	0,6

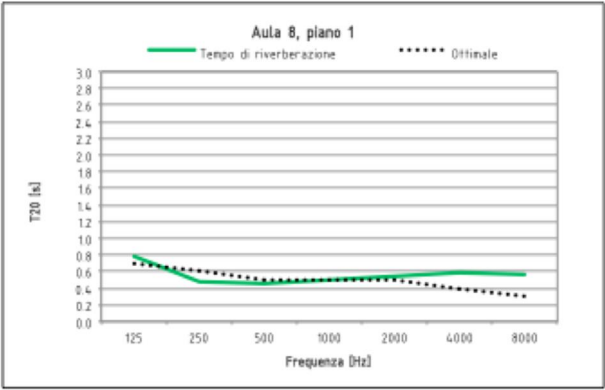


Figura 45: Grafico del tempo di riverberazione dell'aula 8 piano primo (S114)

Ambiente	STI stimato	C50 stimato
Aula 8 . 1P	0,70	4,3

RT60				
Ambiente	Frequenza [Hz]			
	500	1000	2000	RTm
Aula 8	0,45	0,49	0,54	0,6

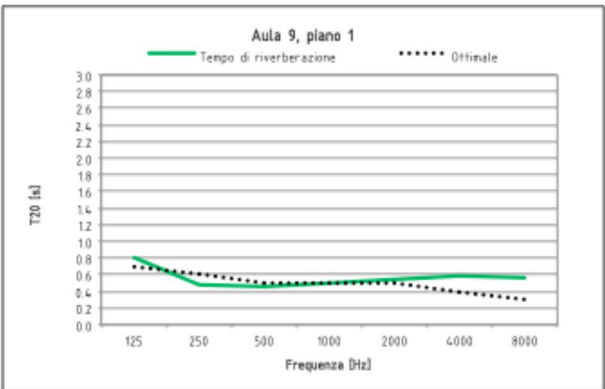


Figura 46: Grafico del tempo di riverberazione dell'aula 9 piano primo (S115)

Ambiente	STI stimato	C50 stimato
Aula 9 . 1P	0,70	4,3

RT60				
Ambiente	Frequenza [Hz]			
	500	1000	2000	RTm
Aula 9	0,46	0,49	0,55	0,6

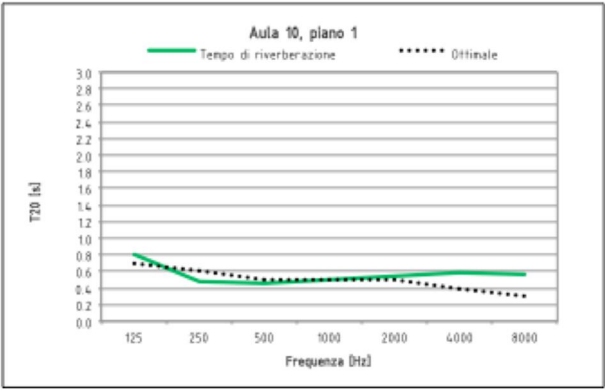


Figura 47: Grafico del tempo di riverberazione dell'aula 10 piano primo (S123)

Ambiente	STI stimato	C50 stimato
Aula 10 . 1P	0,70	4,3

RT60				
Ambiente	Frequenza [Hz]			
	500	1000	2000	RTm
Aula 10	0,46	0,49	0,55	0,6

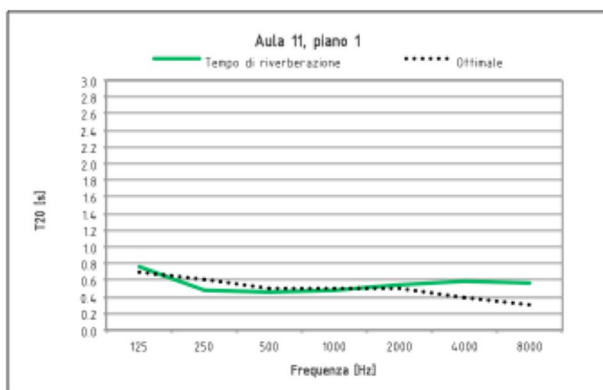


Figura 48: Grafico del tempo di riverberazione dell'aula 11 piano secondo (S202)

Ambiente	STI stimato	C50 stimato
Aula 11 . 2P	0,70	4,3

RT60				
Ambiente	Frequenza [Hz]			
	500	1000	2000	RTm
Aula 11	0,45	0,49	0,54	0,6

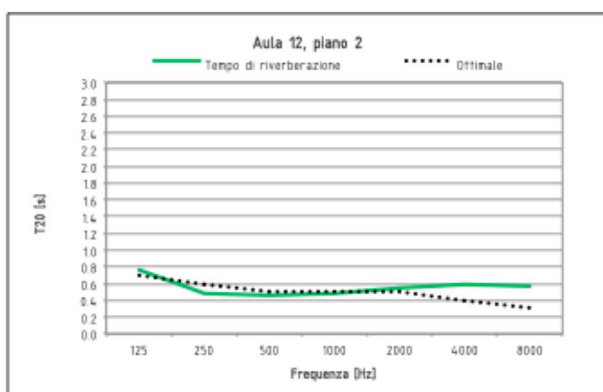


Figura 49: Grafico del tempo di riverberazione dell'aula 12 piano secondo (S203)

Ambiente	STI stimato	C50 stimato
Aula 12 . 2P	0,70	4,3

RT60				
Ambiente	Frequenza [Hz]			
	500	1000	2000	RTm
Aula 12	0,45	0,49	0,54	0,6

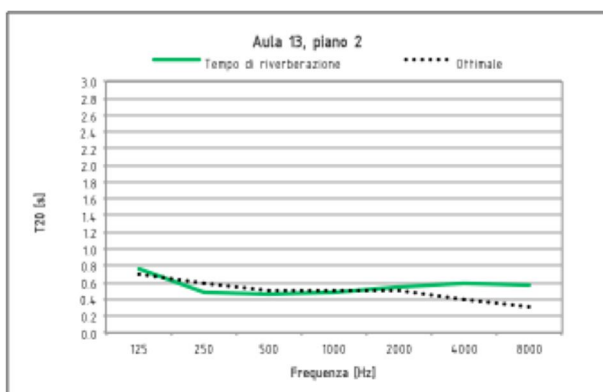


Figura 50: Grafico del tempo di riverberazione dell'aula 13 piano secondo (S204)

Ambiente	STI stimato	C50 stimato
Aula 13 . 2P	0,70	4,3

RT60				
Ambiente	Frequenza [Hz]			
	500	1000	2000	RTm
Aula 13	0,45	0,49	0,54	0,6

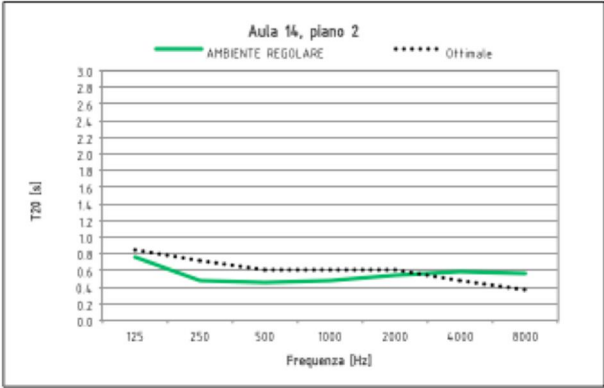


Figura 51: Grafico del tempo di riverberazione dell'aula 14 piano secondo (S205)

Ambiente	STI stimato	C50 stimato
Aula 14 . 2P	0,70	4,3

RT60				
Ambiente	Frequenza [Hz]			
	500	1000	2000	RTm
Aula 14	0,45	0,48	0,53	0,6

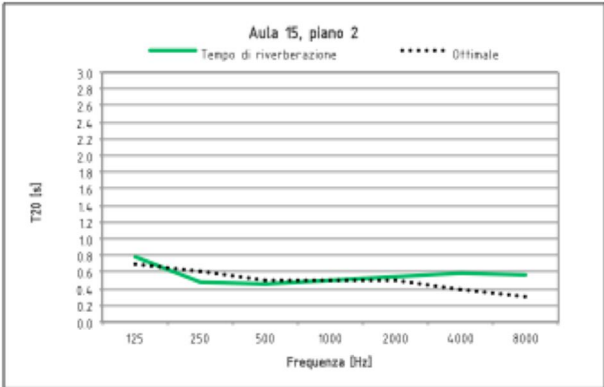


Figura 52: Grafico del tempo di riverberazione dell'aula 15 piano secondo (S206)

Ambiente	STI stimato	C50 stimato
Aula 15 . 2P	0,70	4,3

RT60				
Ambiente	Frequenza [Hz]			
	500	1000	2000	RTm
Aula 15	0,45	0,49	0,54	0,6

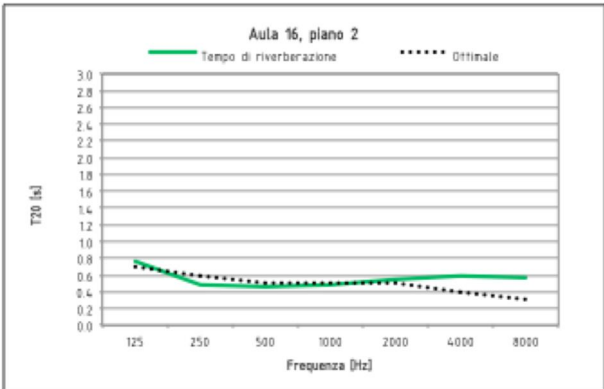


Figura 53: Grafico del tempo di riverberazione dell'aula 16 piano secondo (S216)

Ambiente	STI stimato	C50 stimato
Aula 16 . 2P	0,70	4,3

RT60				
Ambiente	Frequenza [Hz]			
	500	1000	2000	RTm
Aula 16	0,45	0,49	0,54	0,6

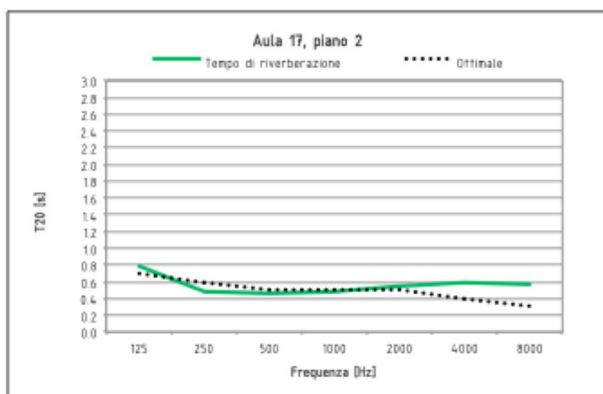


Figura 54: Grafico del tempo di riverberazione dell'aula 17 piano secondo (S217)

Ambiente	STI stimato	C50 stimato
Aula 17 . 2P	0,70	4,3

RT60				
Ambiente	Frequenza [Hz]			
	500	1000	2000	RTm
Aula 17	0,45	0,49	0,54	0,6

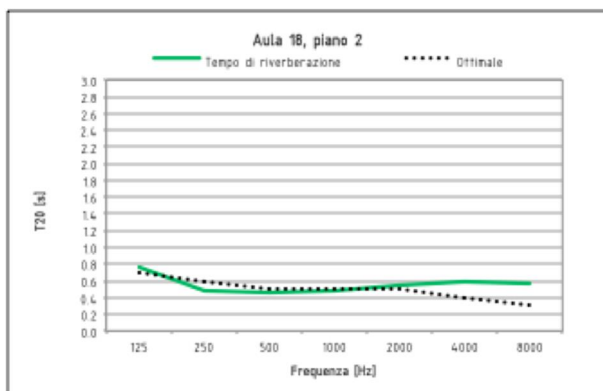


Figura 55: Grafico del tempo di riverberazione dell'aula 18 piano secondo (S218)

Ambiente	STI stimato	C50 stimato
Aula 18 . 2P	0,70	4,3

RT60				
Ambiente	Frequenza [Hz]			
	500	1000	2000	RTm
Aula 18	0,45	0,49	0,54	0,6

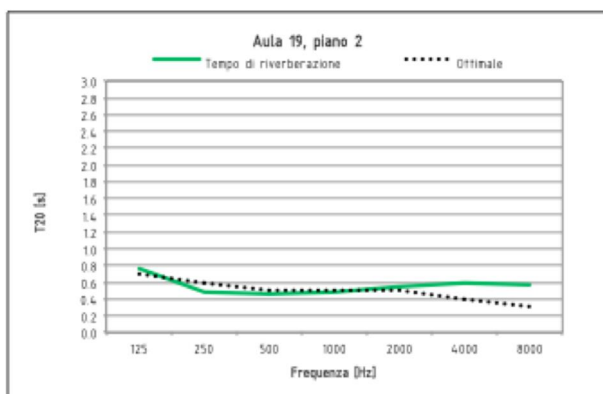


Figura 56: Grafico del tempo di riverberazione dell'aula 19 piano secondo (S219)

Ambiente	STI stimato	C50 stimato
Aula 19 . 2P	0,70	4,3

RT60				
Ambiente	Frequenza [Hz]			
	500	1000	2000	RTm
Aula 19	0,45	0,49	0,54	0,6

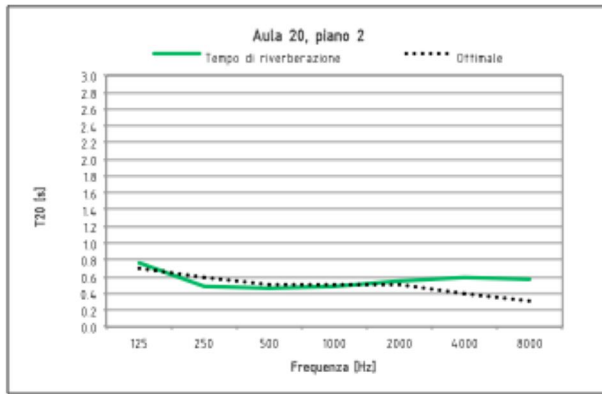


Figura 57: Grafico del tempo di riverberazione dell'aula 20 piano secondo (S225)

Ambiente	STI stimato	C50 stimato
Aula 20 . 2P	0,70	4,3

RT60				
Ambiente	Frequenza [Hz]			
	500	1000	2000	RTm
Aula 20	0,45	0,49	0,54	0,6

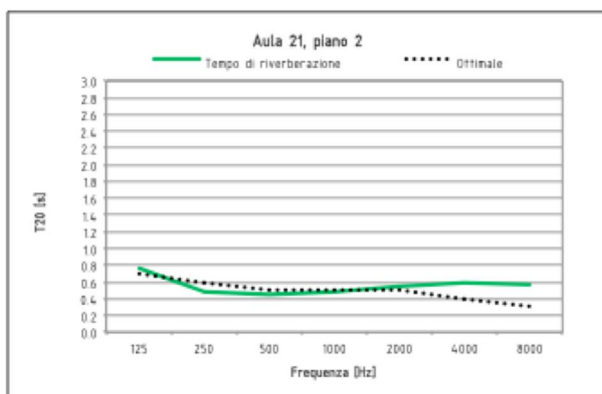


Figura 58: Grafico del tempo di riverberazione dell'aula 21 piano terra (S019)

Ambiente	STI stimato	C50 stimato
Aula 21 . 2P	0,70	4,3

RT60				
Ambiente	Frequenza [Hz]			
	500	1000	2000	RTm
Aula 21	0,45	0,49	0,54	0,6

Il tempo di riverberazione, all'interno delle aule assume valori uniformi su tutta la banda di interesse (125 Hz ÷ 4000 Hz) e in particolare assume valori inferiori a 0,6 s alle frequenze 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz per le quali è espresso il requisito del protocollo LEED ($T < 0,6$ s) e dei Criteri Minimi ambientali. Pertanto, l'andamento del tempo di riverberazione si approssima ai valori ottimali assicurando una permanenza soddisfacente all'interno degli spazi anche per lunghe ore e garantendo la giusta concentrazione durante lo svolgimento delle attività più impegnative svolte dagli insegnanti e dagli alunni.

Di seguito si riportano alcune immagini del modello di simulazione acustica utilizzato per definire tutti i parametri di analisi calcolati per le singole aule.

AULE TIPO

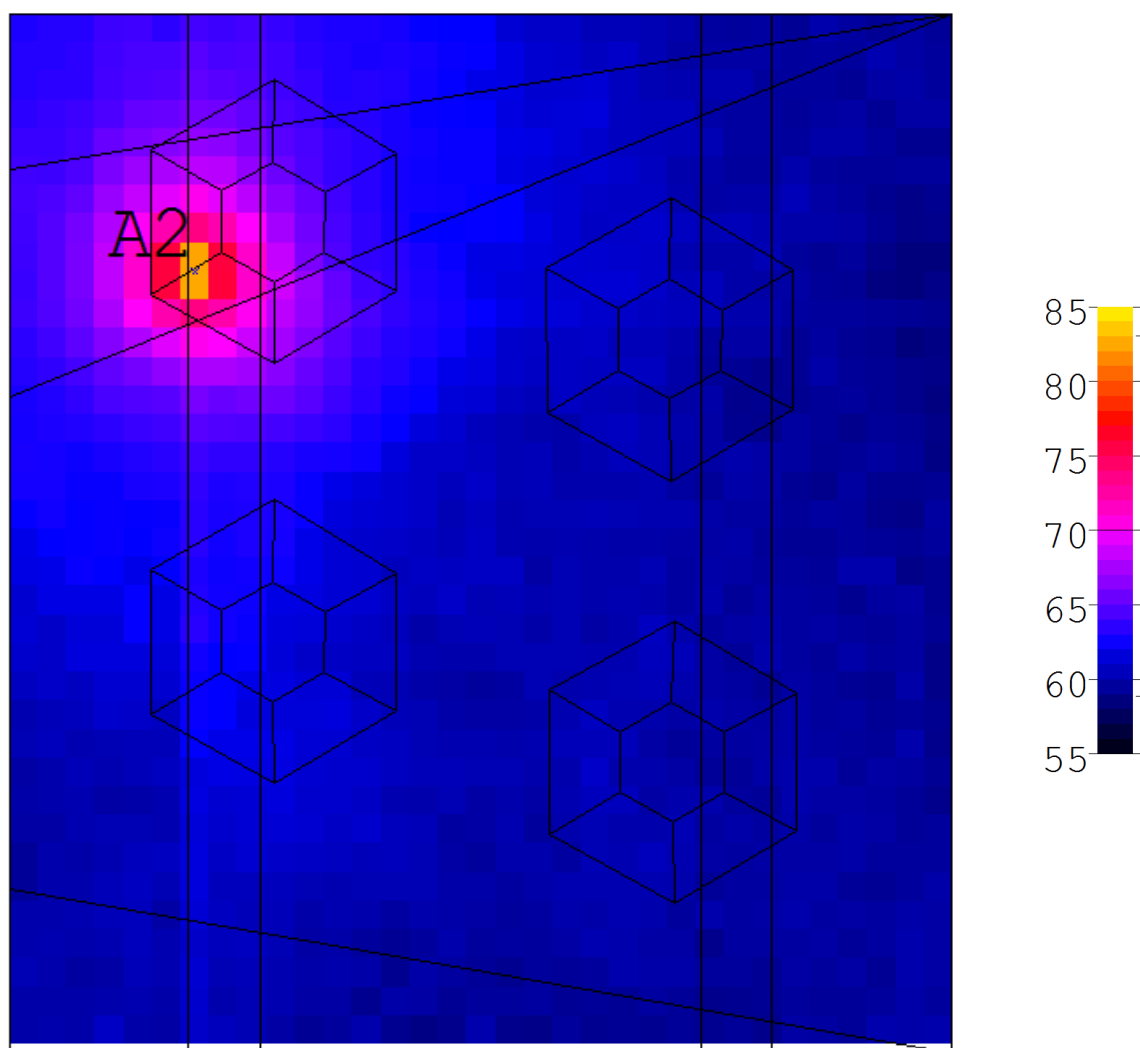
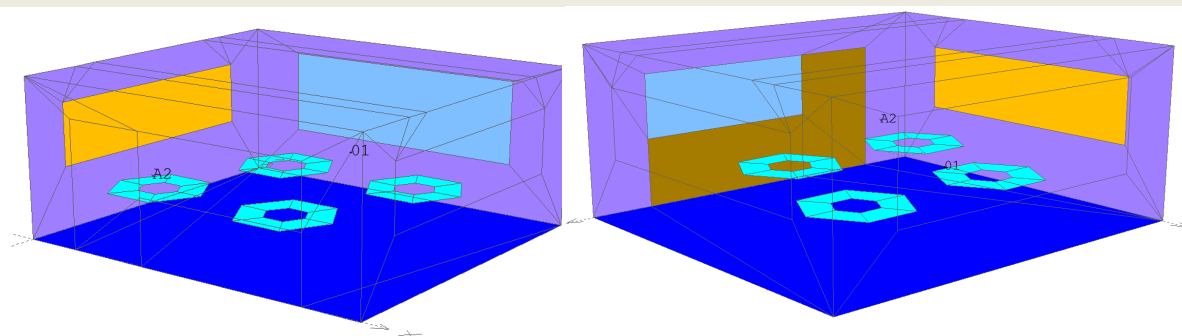


Figura 59: Mappa di distribuzione dei livelli di pressione sonora in un'aula tipo

La mappa di pressione sonora (SPL) riportata precedentemente (Figura 59) evidenzia che il campo sonoro risulta omogeneo in tutta l'aula e questo permetterà di sfruttare lo spazio utilizzando la configurazione dei banchi che l'insegnante ritiene più opportuna per ogni singola lezione e non sarà così costretto ad eseguire esclusivamente lezioni frontali.

3.5 LABORATORI

Lo edificio scolastico ospiterà, oltre alle aule di didattica tradizionale, alcuni laboratori dedicati a diverse attività (musica, informatica, arte e scienze): si è proceduto analizzandoli.

Tali ambienti sono caratterizzati da una geometria analoga a quella delle aule e simile tra di essi: per ciascun laboratorio è stata svolta la verifica del tempo di riverberazione, dell'indice STI, della Chiarezza C50 e per uno di essi, assunto come rappresentativo di tutti, è stata svolta l'analisi della distribuzione all'interno dell'ambiente dei livelli di pressione sonora (SPL).

L'inserimento di un trattamento acustico permetterà di ottenere ambienti all'interno dei quali si potranno ridurre i livelli di rumore e, controllando il tempo di riverberazione, si garantirà un buon grado di comfort acustico interno, considerata l'attività cui sono destinati. Nelle piante (Figura 60 e Figura 61) e nella sezione (Figura 62) di seguito sono indicati i trattamenti acustici da applicare nei laboratori.

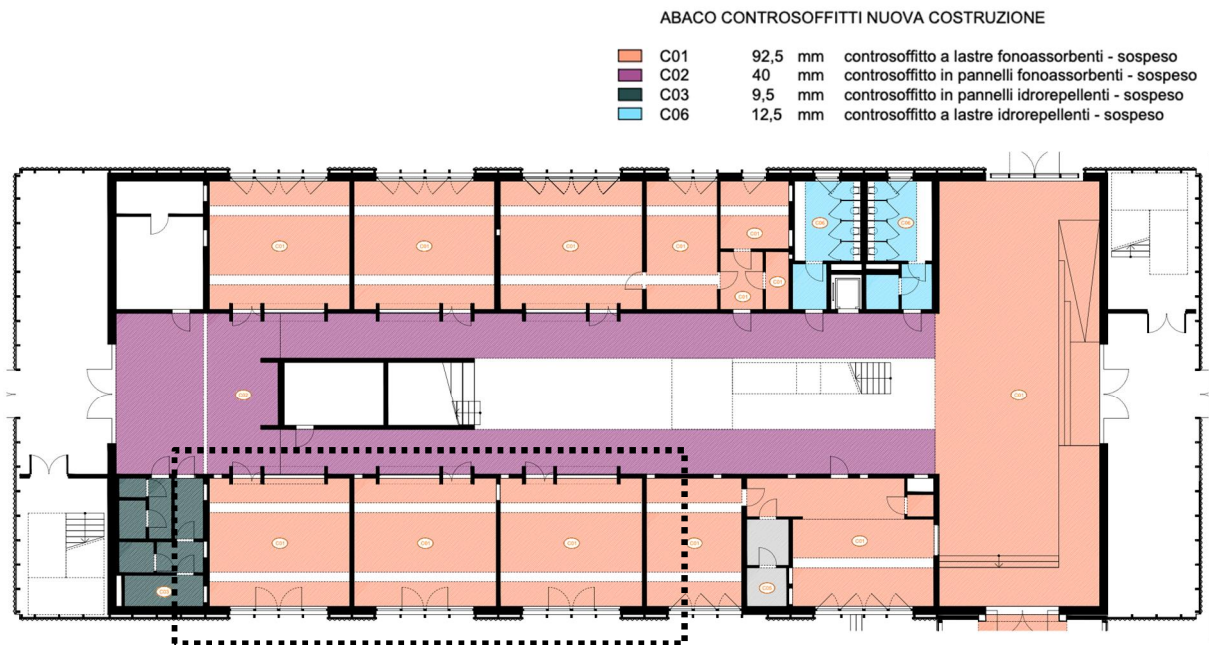


Figura 60: Pianta piano terra con indicazione dei trattamenti acustici dei laboratori (rettangolo nero tratteggiato)

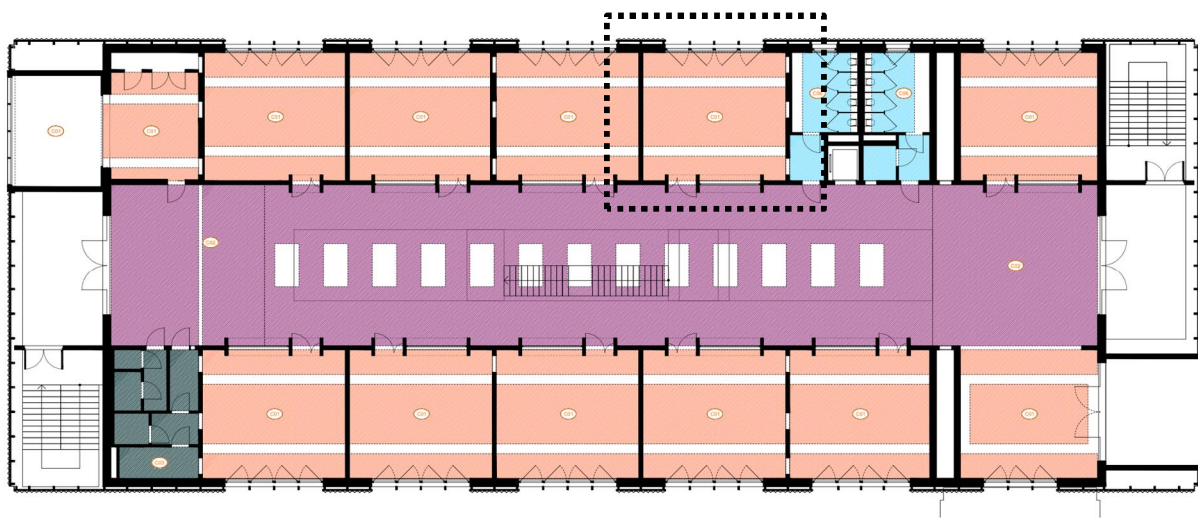


Figura 61: Pianta piano secondo con indicazione dei trattamenti acustici dei laboratori (rettangolo nero tratteggiato)



- Pannelli acustici in lana di legno mineralizzata accoppiata a lana di roccia sp. 35+40 mm - aula
- Pannelli acustici in lana di legno mineralizzata accoppiata a lana di roccia sp. 35+40 mm - laboratori e lap

Figura 62: Sezioni AA e BB dell'edificio con indicazione dei trattamenti acustici

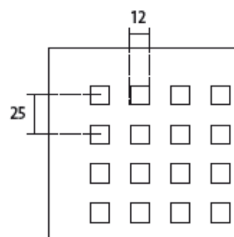
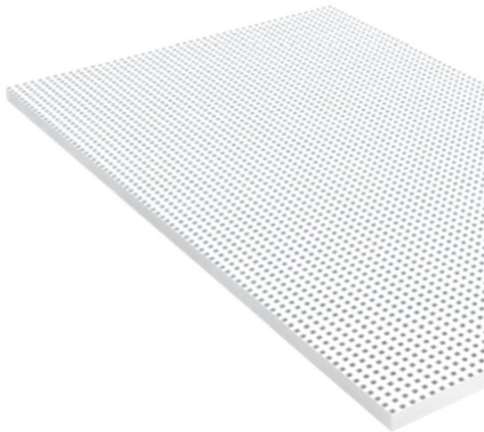
Come si evince dalle piante sopra riportate è stato previsto il seguente trattamento acustico:

- il trattamento del soffitto per mezzo di **lastre in cartongesso forato** tipo Gyproc Rigitone 12/25 Q (percentuale di foratura 23%, intercapedine 200 mm, **con interposto un materassino in fibra di poliestere** (densità 50 kg/m³, spessore 80 mm); RIGITONE ACTIVEAIR Modello 12/25: lastre in gesso rivestito con decoro costituito da foratura continua regolare, che permettono di realizzare controsoffitti di tipo continuo

con elevate prestazioni acustiche. Sul retro delle lastre è applicato un tessuto fonoassorbente con funzione antipolvere. Le lastre sono caratterizzate dall'esclusivo sistema ActiveAir, che consente di assorbire e neutralizzare fino al 70% della formaldeide contenuta nell'aria degli ambienti

- applicazione a parete di **pannelli fonoassorbenti** Celenit ABE (fibre sottili 1mm) spessore 35mm con retrostante pannello in lana di roccia, spessore 40 mm, densità 60 kg/mc.

Pannello in gesso forato: controsoffitto



Pannello in cartongesso forato tipo Rigitone 12/25 Q

Percentuale di foratura 23%

Con retrostante materassino in fibra di poliestere dello spessore di 80mm e densità pari a 50 kg/mc ed intercapedine d'aria 200mm

$w=0,75$

$NRC=0,85$

Pannello fonoassorbente: parete



Pannello acustico murale in lana di roccia

Tipo Celenit ABE (fibre sottili 1mm) con retrostante pannello in lana di roccia

Spessore di 40mm e densità pari a 60 kg/mc

$w=1,00$

$NRC=1,00$

Di seguito si riportano (Figura 63 e Figura 64) i grafici delle curve del coefficiente di assorbimento dei materiali previsti per l'intervento.



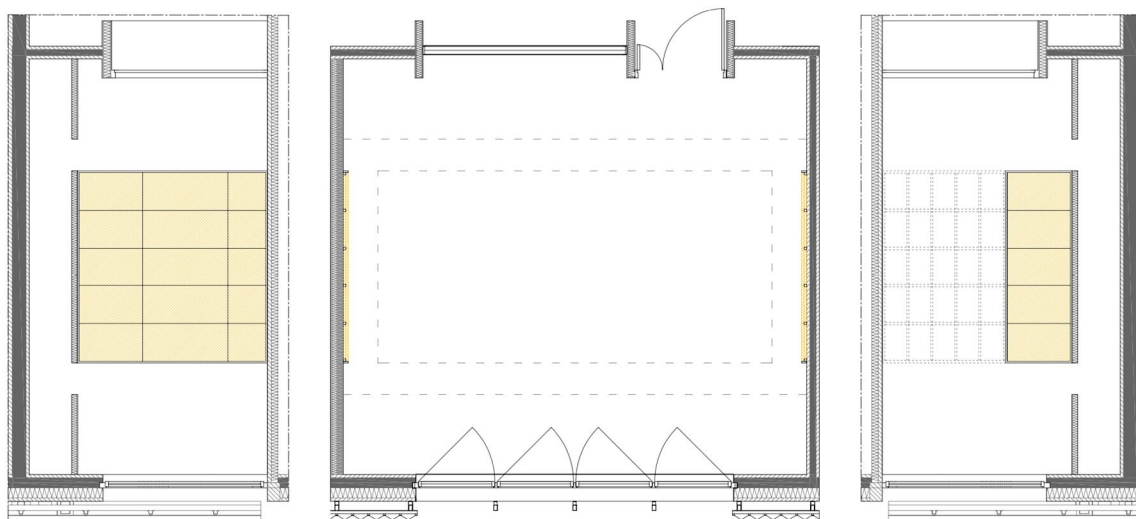
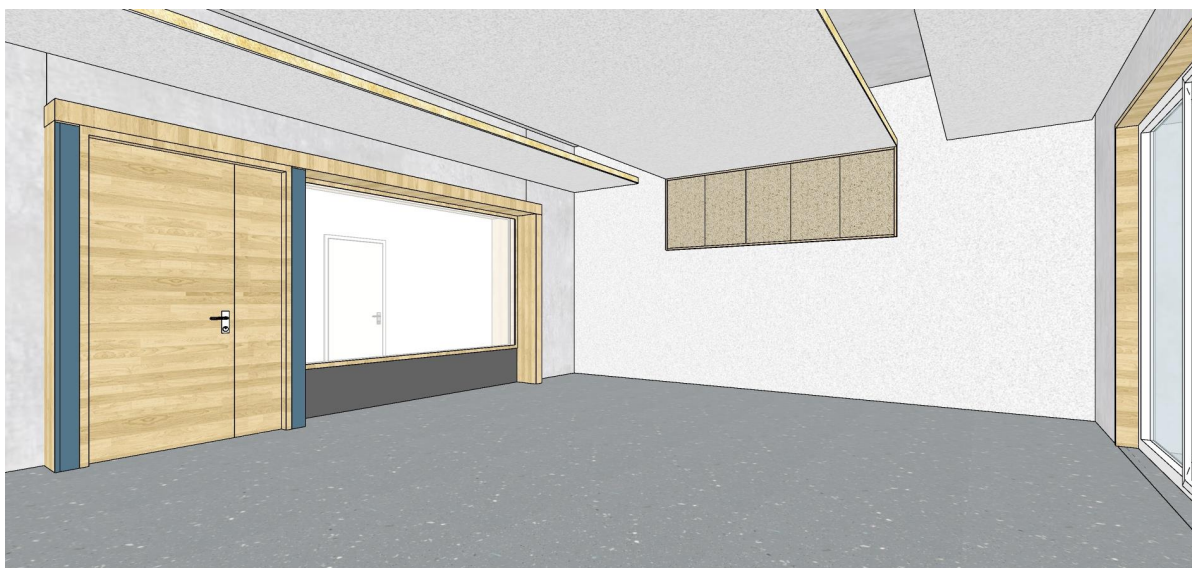
Figura 63: Curva del coefficiente di assorbimento acustico dei pannelli in cartongesso forato Gyproc Rigitone 12/25 Q



Figura 64: Curva del coefficiente di assorbimento acustico dei pannelli fonoassorbenti Celenit ABE + lana di roccia sp. 40mm

Di seguito si riporta, a titolo di esempio, la planimetria di un laboratorio tipo con l'indicazione della possibile collocazione che i pannelli acustici dovranno avere all'interno dell'ambiente.

POSIZIONE PANNELLI FONOASSORBENTI A PARETE_LABORATORIO TIPO



Di seguito si riportano i grafici dei tempi di riverberazione di tutti i laboratori confrontando i valori ottenuti nella valutazione degli ambienti in relazione con i valori ottimali (Figura dalla 63 alla 66 e la mappa di distribuzione dei livelli di pressione sonora prodotta da una sorgente collocata nella posizione dell'insegnante (Figura 67).

LABORATORIO DI MUSICA

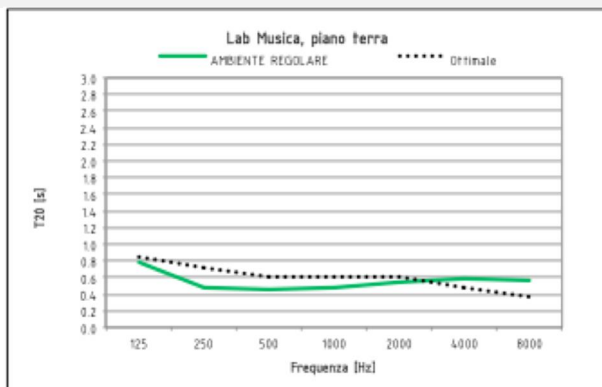


Figura 63: Grafico del tempo di riverberazione del Laboratorio Musica piano terra

Ambiente	STI stimato	C50 stimato
Lab. Musica	0,69	4,2

RT60				
Ambiente	Frequenza [Hz]			
	500	1000	2000	RTm
Lab. Musica	0,45	0,49	0,54	0,6

LABORATORIO SCIENZE

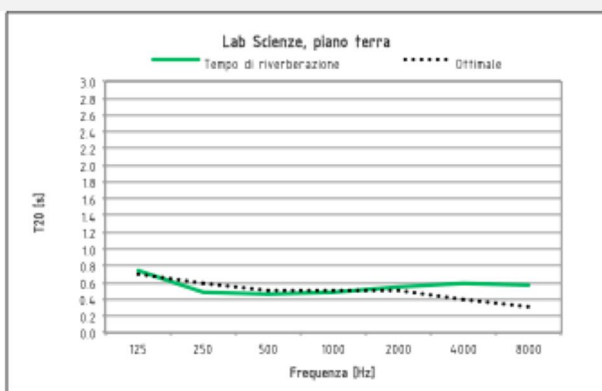


Figura 66: Grafico del tempo di riverberazione del Laboratorio Scienze Piano Terra

Ambiente	STI stimato	C50 stimato
Lab. Scienze	0,69	4,2

RT60				
Ambiente	Frequenza [Hz]			
	500	1000	2000	RTm
Lab. Scienze	0,45	0,49	0,55	0,6

LABORATORIO ARTE

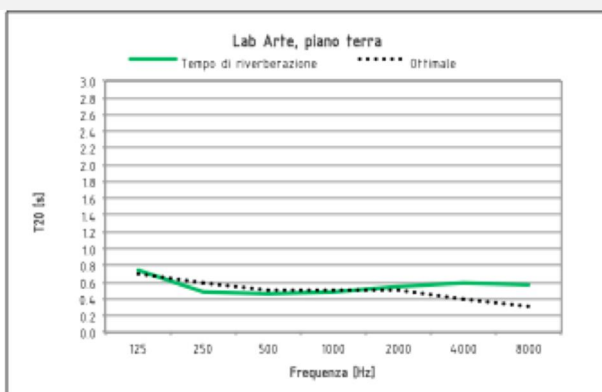


Figura 67: Grafico del tempo di riverberazione del Laboratorio Arte Piano Terra

Ambiente	STI stimato	C50 stimato
Lab. Arte	0,69	4,2

RT60				
Ambiente	Frequenza [Hz]			
	500	1000	2000	RTm
Lab. Arte	0,45	0,49	0,54	0,6

LABORATORIO INFORMATICA

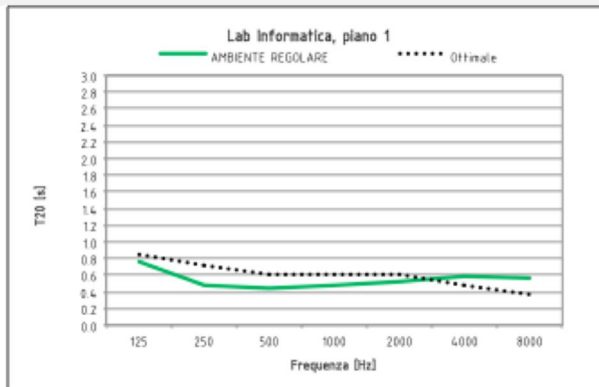


Figura 68: Grafico del tempo di riverberazione del Laboratorio Informatica Piano Terra

Ambiente	STI stimato	C50 stimato
Lab. Informatica	0,69	4,2

RT60				
Ambiente	Frequenza [Hz]			
	500	1000	2000	RTm
Lab. Informatica	0,45	0,49	0,54	0,6

Il tempo di riverberazione assume valori uniformi su tutta la banda di interesse (125 Hz ÷ 4000 Hz) e in particolare assume valori inferiori a 0,6 s alle frequenze 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz per le quali è espresso il requisito del protocollo LEED ($T < 0,6$ s) e dalla UNI 11367 richiesta come strumento di analisi dai Criteri Ambientali Minimi. Pertanto, anche all'interno dei laboratori, il fondamento del tempo di riverberazione si approssima ai valori ottimali assicurando una permanenza soddisfacente all'interno degli spazi anche per lunghe ore e garantendo la giusta concentrazione durante lo svolgimento delle attività più impegnative svolte dagli insegnanti e dagli alunni.

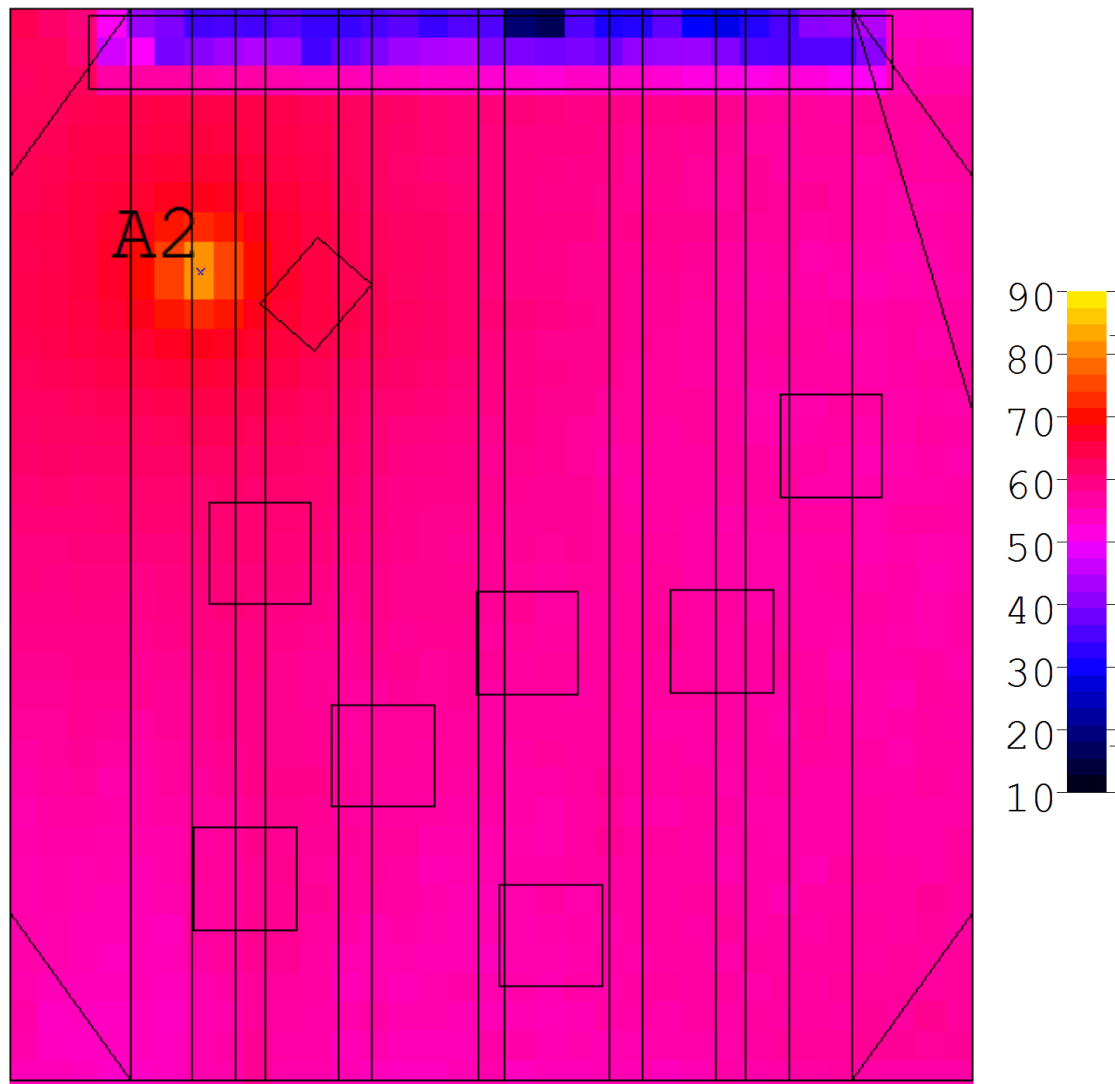


Figura 69: Mappa di distribuzione dei livelli di pressione sonora in un laboratorio tipo

La mappa di pressione sonora riportata di precedentemente (Figura 67) evidenzia, inoltre, che il campo sonoro risulta omogeneo e questo permetterà di sfruttare lo spazio utilizzando la configurazione dei banchi che l'insegnante ritiene più opportuna per le lezioni di laboratorio.

3.5.1 Laboratorio di musica

L'approccio applicato alla progettazione di uno "spazio neutro" è orientata alla realizzazione di un ambiente con buone qualità acustiche e di utilizzo generale, nel senso che la stanza non impone le sue caratteristiche al suono che viene prodotto al suo interno.

In questo senso, il musicista che studia in tale ambiente deve sentirsi a proprio agio per produrre nelle migliori condizioni la musica.

In generale le carenze correlate a questo aspetto possono essere riassunte nei punti seguenti:

- a. presenza di superfici parallele quali pavimento e soffitto oppure pareti contrapposte, che generano particolari riflessioni multiple (flutter echoes)

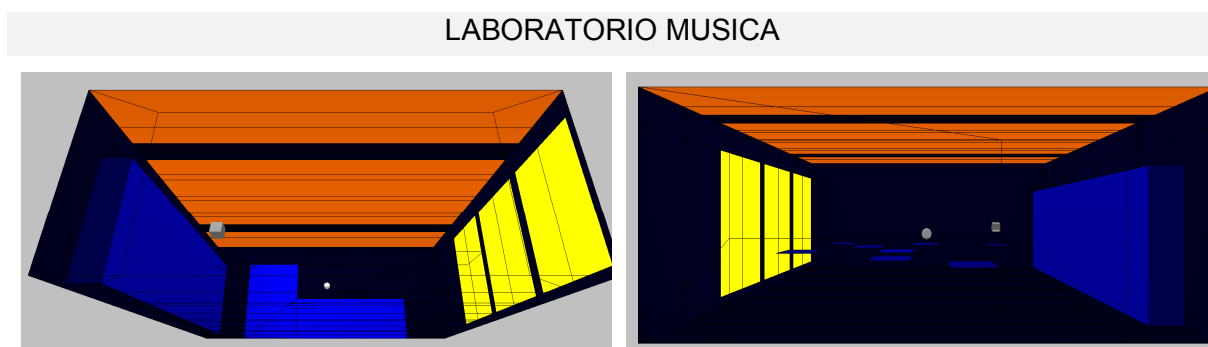
- b. presenza di superfici riflettenti per creare un senso di spazialità o, viceversa, per evitare un effetto di oppressione dovuto all'eccesso di superfici fonoassorbenti (bilanciamento tra le superfici fonoassorbenti e diffondenti il suono)

Tali aspetti hanno definito la distribuzione degli elementi che rispondono ai vincoli di progetto suddetti e che permettono di determinare il corretto comportamento acustico dello spazio.

In termini di:

1. isolamento acustico: le partizioni sono definite in modo da garantire la riduzione delle intense emissioni prodotte durante l'esecuzione di brani musicale, sia del singolo sia di piccoli ensemble.
2. Comfort acustico interno evitando la creazione di possibili flutter echoes o eccessivo assorbimento.

Di seguito si riportano alcune immagini del modello di simulazione acustica utilizzato per verificare i parametri all'interno del laboratorio di musica.



L'aula musica deve quindi rispondere alle esigenze illustrate precedentemente. L'approccio, quindi, deve necessariamente contemplare un trattamento che uniformi il comportamento dello spazio senza particolari aree preferenziali. Il soffitto è quindi la superficie necessaria ad ottenere tale caratteristica. Tale elemento è destinato ad una seconda funzione non meno importante, infatti l'assorbimento acustico minimo introdotto dal trattamento dissipa il volume prodotto dai musicisti che, per gli strumenti può essere elevato (si pensi che i livelli sonori che possono venire prodotti anche da un solo studente possono essere compresi tra circa 80 dB(A) per gli strumenti ad arco fino a 95 dB(A) per gli strumenti a fiato, senza considerare i livelli di picco raggiunti dagli strumenti a percussione).

Il trattamento ha, quindi, un coefficiente di assorbimento elevato alle basse - medie frequenze. La gamma alta sarà invece integrata con i moduli a parete.

Contemporaneamente il soffitto presentando una superficie non omogenea e liscia garantirà all'interno dello spazio una buona diffusività.

Partendo da questo ambiente neutro+ attraverso la progettazione degli arredi (siano essi diffondenti oppure fonoassorbenti) si potrà caratterizzare maggiormente l'ambiente.

Definita la prestazione minima di assorbimento acustico potrà, a seconda delle esigenze, essere determinata una soluzione ad **acustica variabile** che permetta agli utilizzatori dello spazio di scegliere la qualità della sala in funzione del numero, del tipo di musica etc.

L'idea di alla base è data dalla possibilità di variare con continuità il tempo di riverberazione modulando il carattere acustico dell'ambiente.

Tale idea a livello didattico consentirebbe una possibilità di gioco/sperimentazione da parte degli alunni e dell'insegnante che possono, durante gli esercizi scolastici, "percepire" l'ambiente e con esso la diversa risposta degli strumenti e della voce.

4 TRATTAMENTI ACUSTICI NEGLI AMBIENTI

Di seguito si riporta in Tabella 1 una sintesi in cui ambiente per ambiente sono riportati i trattamenti di correzione acustica proposti (trattamenti a parete o a soffitto), il tipo di trattamento necessari, metri quadrati utili ed il numero degli elementi da installare in funzione delle dimensioni degli stessi. Nelle ultime colonne a destra si trova, invece, il valore del Tempo di riverberazione in ogni ambiente della scuola nelle 3 bande di ottava di interesse (500 Hz, 1000 Hz e 2000Hz) ed il valore del Tempo di riverberazione medio.

Tali trattamenti, sono inoltre rappresentati, nella corretta posizione che dovranno assumere nella scuola, all'interno degli elaborati architettonici di progetto.

Tabella 1: Tabella riassuntiva dei trattamenti negli ambienti dell'edificio scolastico PANZACCHI

Piano	Ambiente	Sup.	Vol.	Trattamento soffitto		Trattamento pareti			tempo di riverberazione			
		[m ²]	[m ³]	tipo	sup. [m ²]	tipo	sup. [m ²]	numero di pannelli	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	T _m
terra	Aula 1	48	143	lastra forata RIGITONE 12/25 Q con materassino acustico in lana minerale 50 mm	38	Pannello CELENIT ABE (sp. 35mm) + materassino lana di roccia densità 60 kg/mc (sp. 40mm)	10	14	0,45	0,48	0,53	0,6
terra	Aula 2	48	143		38		10	14	0,45	0,49	0,54	0,6
terra	Aula 3	48	145		39		10	14	0,45	0,49	0,54	0,6
terra	Lab. Musica	49	148		39		10	14	0,45	0,49	0,54	0,6
terra	Lab. Scienze	49	148		39		10	14	0,45	0,49	0,55	0,6
terra	Lab. Arte	49	148		39		10	14	0,45	0,49	0,54	0,6
terra	Aula 21	47	140		37		10	14	0,45	0,49	0,54	0,6
primo	Aula 4	47	140	lastra forata RIGITONE 12/25 Q con materassino acustico in lana minerale 50 mm	37	Pannello CELENIT ABE (sp. 35mm) + materassino lana di roccia densità 60 kg/mc (sp. 40mm)	10	14	0,44	0,48	0,53	0,6
primo	Aula 5	48	144		38		10	14	0,45	0,49	0,54	0,6
primo	Aula 6	48	145		39		10	14	0,45	0,49	0,54	0,6
primo	Aula 7	48	145		39		10	14	0,45	0,49	0,54	0,6
primo	Lap 1	56	168		40		10	14	0,34	0,32	0,30	0,4
primo	Aula 8	48	144		39		10	14	0,45	0,49	0,54	0,6
primo	Aula 9	48	144		38		10	14	0,46	0,49	0,55	0,6
primo	Aula 10	48	144		38		10	14	0,46	0,49	0,55	0,6
primo	Lap 2	57	171		38		10	14	0,47	0,51	0,57	0,6
primo	Lab. Informatica	48	144		38		10	14	0,44	0,48	0,53	0,6
primo	Aula 11	47	140		37		10	14	0,45	0,49	0,54	0,6
primo	Biblioteca 2	25	75		20		10	14	0,28	0,29	0,31	0,6
secondo	Lap 4	50	150	lastra forata RIGITONE 12/25 Q con materassino acustico in lana minerale 50 mm	37	Pannello CELENIT ABE (sp. 35mm) + materassino lana di roccia densità 60 kg/mc (sp. 40mm)	13	18	0,42	0,45	0,50	0,5
secondo	Aula 12	48	144		38		10	14	0,45	0,49	0,54	0,6
secondo	Aula 13	48	145		39		10	14	0,45	0,49	0,54	0,6
secondo	Aula 14	48	145		39		10	14	0,45	0,48	0,53	0,6
secondo	Aula 15	48	145		39		10	14	0,45	0,49	0,54	0,6
secondo	Aula 16	48	145		39		10	14	0,45	0,49	0,54	0,6
secondo	Aula 17	48	143		39		10	14	0,45	0,49	0,54	0,6
secondo	Aula 18	48	143		39		10	14	0,45	0,49	0,54	0,6
secondo	Aula 19	48	145		39		10	14	0,45	0,49	0,54	0,6
secondo	Aula 20	48	145		39		10	14	0,45	0,49	0,54	0,6
secondo	Aula 21	47	140		37		10	14	0,45	0,49	0,54	0,6

Torino, 27 MARZO 2020



Arch. Chiara Devecchi
 (Tecnico competente in acustica ambientale
 Regione Piemonte Determina Dirigenziale
 n.222/DB 10.04 del 14 luglio 2011)



Ing. Paolo Onali
 (Tecnico competente in acustica ambientale
 Regione Piemonte Determina Dirigenziale
 n.143/DB 10.13 del 15 aprile 2014)