

TITOLO

ISTITUTO SUPERIORE GALILEO-FERRARIS DI EMPOLI. LAVORI DI
COMPLETAMENTO DEGLI EDIFICI 4 E 5 DEL PLESSO SCOLASTICO DI
BIOARCHITETTURA - INCARICO PER REVISIONE ED
AGGIORNAMENTO DEL PROGETTO ESECUTIVO - CIG: 88604209E2.

COMMITTENTE

CITTA' METROPOLITANA DI FIRENZE
VIA GINORI n.10
50123 FIRENZE (FI)

UBICAZIONE

VIA RAFFAELLO SANZIO n 187
50053 EMPOLI (FI)

ELABORATO TECNICO

VALUTAZIONE PREVISIONALE DI CLIMA ACUSTICO

PERMESSO DI COSTRUIRE

ARCHITETTONICO

PROGETTAZIONE

RTI - ARCH. ENRICO MICELI
VIALE L. ARIOSTO, 695 - 50019 SESTO FIORENTINO (FI)

ARCH. ENRICO MICELI
ING. IURI LUPONE
TECNOENGINEERING SRL
ARCH. DAVIDE AIELLO
GEOL. LUCA BENCI
ING. CAROLINA LUDOVICA RADAELLI

NUMERO

VPA

RIF. COMMESSA

11/2021

DATA

MAGGIO 2022

AGGIORNAMENTO

SCALA

**ISTITUTO SUPERIORE GALILEO-FERRARIS DI EMPOLI. LAVORI DI
COMPLETAMENTO DEGLI EDIFICI 4 E 5 DEL PLESSO SCOLASTICO DI
BIOARCHITETTURA - INCARICO PER REVISIONE ED AGGIORNAMENTO DEL
PROGETTO ESECUTIVO - CIG: 88604209E2.**

VALUTAZIONE DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI

Relazione tecnica ai sensi del D.P.C.M. 5 Dicembre 1997

Analisi previsionale

Committente: CITTA' METROPOLITANA DI FIRENZE
VIA GINORI n.10
50123 FIRENZE (FI)

Ubicazione: VIA RAFFAELLO SANZIO n 187
50053 EMPOLI (FI)

IL TECNICO

Arch. Enrico Miceli

INDICE

PREMESSA	3
NORMATIVA DI RIFERIMENTO IN MATERIA DI ISOLAMENTO ACUSTICO	3
<i>Campo di applicazione e contenuti del D.P.C.M. 5/12/1997</i>	5
<i>Normativa di riferimento in materia di isolamento acustico in campo scolastico</i>	6
PARTIZIONI INTERNE	7
PARTIZIONI ESTERNE	10
CALCOLO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO PER VIA AEREA	21
SERRAMENTI	25
Porte	26
CALCOLO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA	28
SOLAI	30
CALCOLO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO AL CALPESTIO	38
TEMPO DI RIVERBERO	41
IMPIANTI	43
ANALISI DEGLI AMBIENTI	45
CONCLUSIONI	66

PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto la valutazione previsionale sul Progetto Esecutivo delle prestazioni acustiche di partizioni edilizie, finalizzata alla verifica del rispetto dei limiti fissati dal D.P.C.M. 5/12/1997.

Il D.P.C.M. 5/12/97, recante “*Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici*”, determina i valori limite relativi ai requisiti acustici passivi in opera dei componenti degli edifici (facciate, partizioni orizzontali e verticali) ed i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne nel rispetto del concetto di difesa passiva dei cittadini dal rumore introdotto dalla Legge 447 del 26/10/1995 “*Legge quadro sull'inquinamento acustico*”.

Si raccomanda, all’atto costruttivo, una particolare attenzione nella realizzazione delle interconnessioni tra gli elementi (siano essi partizioni verticali o orizzontali, impianti...) che possano avere un particolare riflesso sulle prestazioni acustiche dell’opera: risulterà imprescindibile, pertanto, concordarle con la direzione lavori.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO IN MATERIA DI ISOLAMENTO ACUSTICO

LEGGE n. 447, 26.10.95 - Legge quadro sull'inquinamento acustico.

DPCM 5.12.97 - Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici.

UNI EN 12354-1 - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti. Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti.

UNI EN 12354-2 - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti. Isolamento acustico al calpestio tra ambienti.

UNI EN 12354-3 - 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 11175 - Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici. Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale.

UNI EN ISO 717-1 - Isolamento acustico per via aerea.

UNI EN ISO 717-2 - Isolamento del rumore di calpestio.

UNI 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.

Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n° 3150, 22.05.1967 - Limiti per il tempo di riverberazione con riferimento all'edilizia scolastica.

Decreto Ministeriale 18.12.75 - Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica.

UNI 11532 - Acustica in edilizia. Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati.

LEGGE n. 88, 07.07.09, - Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee - Legge comunitaria 2008.

UNI 11367 - Classificazione acustica delle unità immobiliari. Procedura di valutazione e verifica in opera.

UNI EN ISO 16283-1 - Misure in opera dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 1: Isolamento acustico per via aerea.

UNI EN ISO 18233 - Applicazione di nuovi metodi di misurazione per l'acustica negli edifici e ambienti interni.

UNI EN ISO 15186-2 - Misurazione mediante intensità sonora dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Misurazioni in opera.

UNI EN ISO 10052 - Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea, del rumore da calpestio e della rumorosità degli impianti. Metodo di controllo.

UNI EN ISO 16032 - Misurazione del livello di press. sonora di impianti tecnici in edifici. Metodo tecnico progettuale.

UNI EN ISO 3382-1 - Misurazione dei parametri acustici degli ambienti. Sale da spettacolo.

UNI EN ISO 3382-2 - Misurazione dei parametri acustici degli ambienti. Tempo di riverberazione negli ambienti ordinari.

UNI EN ISO 3382-3 - Misurazione dei parametri acustici degli ambienti. Open space.

UNI 11296 - Linee guida per la progettazione, la selezione, l'installazione e il collaudo dei sistemi per la mitigazione ai ricettori del rumore originato da infrastrutture di trasporto.

UNI 8199 - Collaudo acustico degli impianti di climatizzazione e ventilazione. Linee guida contrattuali e modalità di misurazione.

UNI 8290-1 + A122 - Edilizia residenziale. Sistema tecnologico, classificazione e terminologia.

UNI 8369-1 Edilizia - Chiusure verticali, classificazione e terminologia.

UNI 8369-2 Edilizia - Pareti perimetrali verticali, classificazione e terminologia.

ISO 15186-2 Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements using sound intensity.

CEI EN 60268-16 Apparecchiature per sistemi elettroacustici.

Campo di applicazione e contenuti del D.P.C.M. 5/12/1997

Il D.P.C.M. 5/12/97 si applica agli ambienti abitativi. La Legge 26 ottobre 1995, n. 447 all'art. 2, comma 1, lettera b) definisce ambiente abitativo ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzato per le diverse attività umane. Il D.P.C.M. 5/12/1997 classifica gli ambienti abitativi in sette differenti categorie, riportate nella seguente tabella, allegata al decreto stesso:

Categoria	Specificazioni
A	Edifici adibiti a residenza o assimilabili
B	Edifici adibiti ad uffici e assimilabili
C	Edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili
D	Edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili
E	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
F	Edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili
G	Edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili

Per ciascuna categoria sono definiti i valori minimi di isolamento per le partizioni verticali e orizzontali, mentre si definiscono i valori massimi di rumore ammissibili per gli impianti ad uso continuo e discontinuo a servizio dell'immobile. I parametri considerati sono:

- **R'_w** Indice del potere fonoisolante apparente: si riferisce all'isolamento per via aerea di elementi di separazione tra due distinte unità abitative
- **$D_{2m,nT,w}$** Indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata: si riferisce all'isolamento per via aerea delle facciate degli immobili
- **$L'_{n,w}$** Indice di valutazione del livello apparente normalizzato di rumore da calpestio di solai: si riferisce all'isolamento al rumore da calpestio di una partizione orizzontale
- **L_{ASmax}** Livello massimo di pressione sonora, ponderata A con costante di tempo "Slow" per la valutazione della rumorosità degli impianti ad uso discontinuo
- **L_{Aeq}** Livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderata A per i servizi ad uso continuo

destinazione d'uso	pareti e solai tra distinte unità immobiliari	facciate	calpestio	impianti a funzionamento discontinuo	impianti a funzionamento continuo
	R'_w \geq	$D_{2m,nT,w}$ \geq	$L'_{n,w}$ \leq	$L_{A\text{Smax}}$ \leq	L_{Aeq} \leq
Ospedali, cliniche, case di cura (categoria D)	55	45	58	35	25
Residenze, alberghi e pensioni (categorie A, C)	50	40	63	35	35
Attività scolastiche a tutti i livelli (categoria E)	50	48	58	35	25
Uffici, attività ricreative o di culto, negozi (categorie B, F, G)	50	42	55	35	35

Normativa di riferimento in materia di isolamento acustico in campo scolastico

L'edificio in oggetto fa parte degli edifici scolastici. Per questa tipologia di edifici oltre al D.P.C.M 5.12.1997 e ai parametri ivi indicati, vi sono altri decreti con *parametri aggiuntivi*, di cui si riportano i lineamenti principali di seguito. L'acustica degli edifici ad uso scolastico è stata considerata per la prima volta nel 1967 con la "Circolare Min. LL.PP. – Pres. Consiglio Sup. – Serv. Tecnico Centr. – 22 Maggio 1967, n. 3150. *Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici.*" ove vengono forniti i primi valori di isolamento acustico tra aule adiacenti e sovrapposte, la rumorosità consentita ai servizi a funzionamento discontinuo e continuo ed il Tempo di Riverbero che aule, palestre ed altri ambienti scolastici devono avere. La suddetta circolare, desunta dalla norma di carattere generale "Circ. 30 aprile 1966 N. 1769", presenta i valori riportati nella Tabella seguente:

Requisiti di capitolato (Art. 3 comma 3.2)	dB (a 500 Hz)
Isolamento acustico fra due aule adiacenti	40
Isolamento acustico fra due aule sovrapposte	42
Livello di rumore di calpestio fra due aule sovrapposte	68
Servizi a funzionamento discontinuo	50 dB(A)
Servizi a funzionamento continuo	40 dB(A)

Media dei Tempi di Riverbero (250-500-1000-2000 Hz)	sec
Aule arredate con la presenza massima di due persone	1.2
Palestre	≤ 2.2

Nel 1975 il "D.M. 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", all'art. 5.1 riprende quanto già determinato nella Circolare n. 1769 e successiva n.3150.

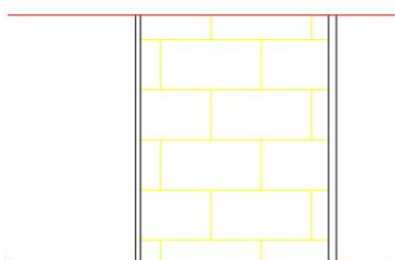
A decorrere dalla data di entrata in vigore della **Legge 11 Gennaio 1996 n. 23** “Norme per l’edilizia scolastica” tutte le norme relative all’edilizia scolastica non sono più applicabili fatto salvo quanto previsto all’Art. 5 comma 3 della Legge 11 Gennaio 1996 n. 23 relativamente all’acustica edilizia ove cita: “...omissis... possono essere assunti quali indici di riferimento quelli contenuti nel decreto del Ministero dei lavori pubblici 18 dicembre 1975, pubblicato nel supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 29 del 2 febbraio 1976”.

Pertanto, sebbene tutte le altre norme tecniche relative all’edilizia scolastica siano state sostituite, quelle relative all’acustica degli edifici scolastici rimangono vigenti.

Con l’entrata in vigore del **D.P.C.M. 5 Dicembre 1997** “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”, vengono fissati nuovi parametri di isolamento acustico tra aule sovrapposte e facciate, nonché nuovi valori per la rumorosità degli impianti tecnologici. Mentre i limiti per il Tempo di Riverbero, così come l’isolamento tra aule adiacenti, rimangono quelli riportati nella circolare del Ministero dei Lavori pubblici n. 3150 del 22 Maggio 1967, per quanto concerne l’Indice del potere fonoisolante apparente R'_w , il D.P.C.M. 5.12.97 esplicita l’applicazione tra distinte unità abitative senza contemplare la condizione di aule adiacenti o sovrapposte. Si ritiene, pertanto, che a livello normativo i limiti di riferimento rimangano quelli esposti nella Circolare n.3150.

PARTIZIONI INTERNE

Le partizioni interne sono costituite da muratura portante antisismica in laterizio tipo POROTON® P800 T2D realizzata con blocchi in categoria I, dimensioni 35x25x19 (spessore x lunghezza x altezza), a facce lisce e giacitura dei fori verticali, microporizzati e alleggeriti con farina di legno, percentuale di foratura $\leq 45\%$, resistenza a compressione in direzione dei carichi verticali ≥ 26 N/mm², potere fonoisolante 54 dB, sfasamento termico 17,04 ore, conducibilità termica del blocco "λ 10,dry" 0,167 W/mK, trasmittanza termica “U” della parete 0,483 W/m²K.



- rivestimento in intonaco a calce s = 2 cm
- muratura armata portante in poroton (tipo Danesi P800 T2D) con farina di legno s = 35 cm
- rivestimento in intonaco a calce s = 2 cm

POROTON P800 35X25X19 - ART. 635		
LATERIZIO PORIZZATO CON FARINA DI LEGNO		
CARATTERISTICHE DEL BLOCCO		
CARATTERISTICHE GENERALI		
Dimensioni (S x L x H)	cm	35x25x19 - 25x35x19
Peso cad.	kg	14
Pezzi pacco	N°	45
Pezzi al m²	N°	19,2(sp.35) - 13,8(sp.25)
Pezzi al m³	N°	60
Peso pacco	kg	630
Conducibilità del blocco "λ _{10,dry} "	W/mK	0,167(sp.35) - 0,203(sp.25)



Stabilimento: Todi



Prodotto in categoria I CE

**INDICE DI VALUTAZIONE
DEL POTERE FONOISOLANTE R_w
(UNI TR 11175 – UNI EN ISO 12354-1)**

Richiedente: T2D S.p.A. – Via A. Canobbio, 34 – 37132 Verona
Stabilimento di produzione: Toppetti 2 – Todi (PG)

Oggetto: Stima dell'indice di valutazione del potere fonoisolante " R_w "
di parete in blocchi POROTON® denominati "P800 35x25x19",
spessore parete 35 cm, valutato secondo UNI TR 11175, Appendice B,
punto B.3 "Dati da relazioni generali"

Dati ed ipotesi di calcolo

Blocco: (Cod. 635)	Dimensioni del blocco (LxSxH):	250 x 350 x 190	mm
	Spessore del blocco:	s = 350	mm
	Peso del blocco:	Peso = 14,0	kg
	N° di pezzi / m²:	Pezzi = 19,8	N°/m²
Malta(*) :	Massa volumica della malta:	$\rho_M = 1800$	kg/m³
	Disposizione giunti e tipo:	Orizz. + Verticali	Interrotti
	Spessore giunti di malta:	hm = 7	mm
Intonaco:	Massa volumica dell'intonaco interno	$\rho_{int} = 1500$	kg/m³
	Spessore dell'intonaco interno	s _{int} = 15	mm
	Massa volumica dell'intonaco esterno	$\rho_{est} = 1800$	kg/m³
	Spessore dell'intonaco esterno	s _{est} = 15	mm

(*) Coerentemente con le condizioni considerate nella relazione termica svolta per la parete.

Risultato

Massa della parete "asciutta" per unità di area (m'):

Blocchi:	276,5	kg/m²
Malta(**):	36,7	kg/m²
Intonaco:	49,5	kg/m²
Massa complessiva		$m' = 362,7$ kg/m²

(**) Quantitativo minimo calcolato con riferimento a condizioni convenzionali di posa.

UNI TR 11175
App. B, Rel. (B.2)

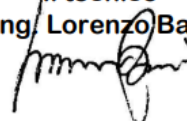
$$R_w = 37,5 \log (m') - 42$$

$$R_w = 54,0 \text{ dB}$$

Verona, 6 APR. 2018

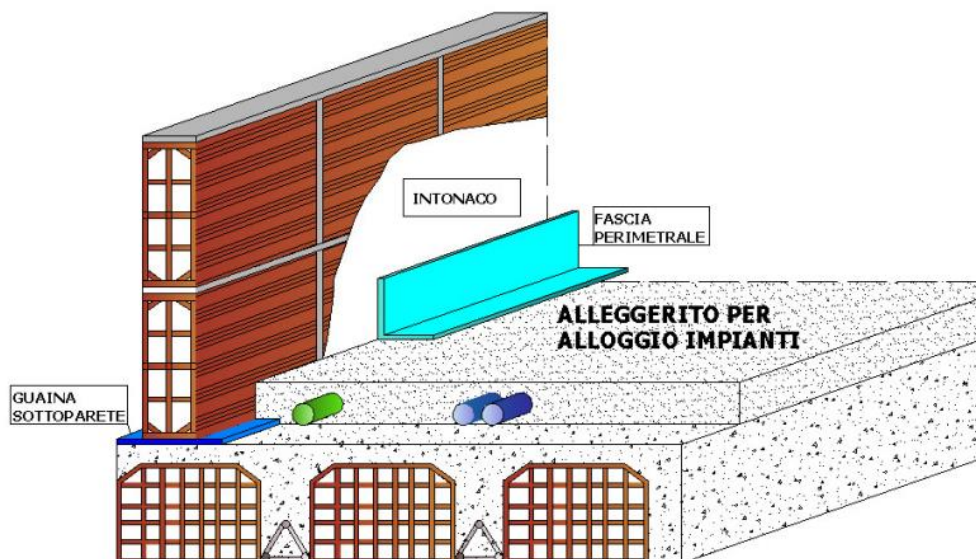
Consorzio POROTON® Italia
VERONA - Via Franchetti, 4 - ☎ (045) 572097

Il tecnico
Ing. Lorenzo Bari



Il valore di " R_w " sopra indicato è teorico ed indicativo, riferito alla parete correttamente posta in opera;
l'effettiva validità della stima può essere comprovata solo dall'esecuzione di una prova sperimentale in
laboratorio sulla parete in oggetto.

In termini esecutivi si rammenta all'impresa che sotto tutte le partizioni verticali, fatta eccezione per le pareti perimetrali, dovrà essere posta idonea guaina sotto parete al fine di limitare le trasmissioni per via strutturale. La stessa dovrà essere posta in opera come riportato nella figura seguente. Si consiglia di utilizzare una guaina in gomma riciclata da mm 3 oppure 5 mm, di densità compresa tra 700 e 900 Kg/mc. Si raccomanda particolare attenzione nella scelta delle guaine sottoparete, infatti la stessa potrebbe causare la cavillatura dell'intonaco a causa di piccolissimi cedimenti.



Le prestazioni acustiche delle pareti interne sono state modellate attraverso apposito software di calcolo, ottenendo i calcoli riportati di seguito (con risultati in linea con le previsioni sperimentali riportate in precedenza):

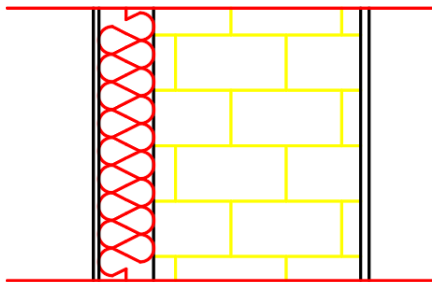
Parete PA.LA.923 (Pareti in laterizio)

Descrizione	Parete verticale interna da progetto
Composizione	Parete realizzata con blocchi di laterizio porizzato Poroton® BLOK 30/800 AST a fori verticali (30x25x18.5 cm, foratura 45%, peso 12.5 kg), giunto orizzontale di malta di allettamento continuo (sp. medio 1 cm), giunto di malta verticale continuo (sp. medio 1 cm), intonacata su ambo i lati (sp. 1.5 cm).
Origine Dati	Parete singola - C.E.N. $R_w = 37.5 \log m' - 44$ [$m' \geq 150 \text{ kg/m}^2$]Fonte: C.E.N. (UNI EN 12354-1:2017 - UNI/TR 11175)Nella formula è compreso un fattore cautelativo uguale a -2 dB.
Note	-
Spessore	33.0 cm
Massa Superficiale	394.9 kg/m ²
R_w	53.4 dB

Freq.(Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Ri (dB)	39.6	42.5	40.4	45.9	45.8	47.7	48.1	48.7	50.6	51.9	52.8	55.0	55.7	51.6	49.8	53.2

PARTIZIONI ESTERNE

Le partizioni esterne sono costituite dalla medesima muratura portante antisismica in laterizio tipo POROTON® P800 T2D con affiancato uno strato isolante di lana di roccia tipo Rockwool Frontrock Pro di spessore 10 cm, previa applicazione sulla muratura di rasatura uniformante e collante per pannelli isolanti e rifinito tramite un rivestimento esterno in intonachino con rete in fibra di vetro avente spessore pari a 1 cm.



- rivestimento esterno con intonachino silossanico traspirante per cappotto termico armato con rete in fibra di vetro $s=1$ cm
- pannelli isolanti in lana di roccia per sistemi a cappotto (tipo Rockwool Frontrock pro) $s = 10$ cm
- rasatura uniformante e collante per pannelli isolanti $s = 0,5$ cm
- muratura armata portante in poroton (tipo Danesi P800 T2D) con farina di legno $s = 35$ cm
- rivestimento in intonaco a calce $s = 2$ cm

Non è stata rinvenuta in letteratura una prova di laboratorio effettuata sul pacchetto in parola, per cui si è proceduto a simulare e calcolare le caratteristiche acustiche sulla base delle formulazioni più idonee tra quelle disponibili in letteratura.

Parete PA.LA.D.003 (Pareti in laterizio)

Descrizione *Parete verticale esterna da progetto*

Composizione C1 : sp. 2.0 cm. Malta di calce o di calce e cemento. (36.0 kg/m²) C2 : sp. 35.0 cm. Blocco semipieno di laterizio (350*190*250) spessore 350 (362.7 kg/m²) C3 : sp. 10.0 cm. Da rocce feldspatiche -pannelli rigidi- appl. interne - mv.100. (12.0 kg/m²) C4 : sp. 1.0 cm. Malta di calce o di calce e cemento. (18.0 kg/m²)

Origine Dati Parete singola - ITALIARw = 20.0 log m' [m' ≥ 80 kg/m²]Fonte: EN 12354-1

Composizione stratigrafia

	Componente	Spessore (cm)	Massa sup. (kg/m ²)
C1	Malta di calce o di calce e cemento.	2.0	36.0
C2	Blocco semipieno di laterizio (350*190*250) spessore 350	35.0	362.7
C3	Da rocce feldspatiche -pannelli rigidi- appl. interne - mv.100.	10.0	12.0
C4	Malta di calce o di calce e cemento.	1.0	18.0


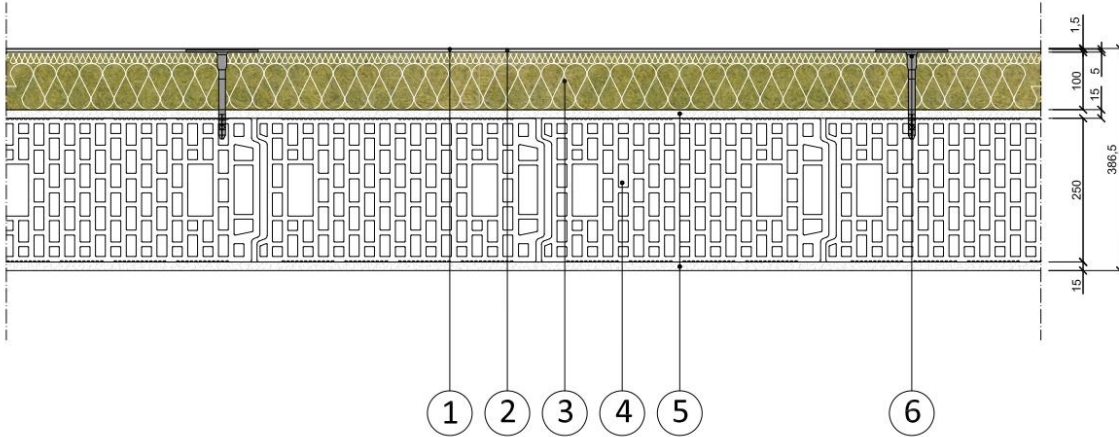
Note -

Spessore 48.0 cm

Massa Superficiale 428.7 kg/m²

R_w 57.4 dB

Si riportano di seguito le risultanze delle sperimentazioni di laboratorio condotte su una stratigrafia simile a quella suindicata, con la medesima tipologia di isolante e blocchi in laterizio forato di spessore 25 cm. Si riportano di seguito i relativi esiti.

		
Cappotto su muratura $R_w=61,2$ dB sp. 387 mm		
$R_w (C, C_{tr}) = 61,2 (-2, -7)$ dB $\Delta R_{w, direct} = 13,4$ dB		
		
N.	Descrizione	Description
1	Finitura Siliconica ROCKWOOL REDArt, sp. 1,5 mm	ROCKWOOL REDArt Top Coat finishing layer, th. 1,5 mm
2	Rasante ROCKWOOL REDArt armato con rete, sp. 5 mm	ROCKWOOL REDArt Base Coat and reinforcing mesh, th. 5mm
3	Pannelli ROCKWOOL Frontrock Max Plus, sp. 100 mm	ROCKWOOL Frontrock Max Plus double density, th. 100 mm
4	Blocchi in laterizio semipieno ad incastro, f<44%, sp. 250 mm	Masonry of hollow clay blocks (holes <60%), th. 250 mm
5	Intonaco tradizionale, sp. 15 mm	Cement plaster, th. 15 mm
6	Fissaggi meccanici	Screw fasteners
Riferimento:		Numero certificato:
ETICS001		042-2015-IAP Z Lab

RAPPORTO DI PROVA N. 042-2015-IAP rev.3

UNI EN ISO 10140-2:2010

MISURAZIONE IN LABORATORIO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI EDIFICI E DI ELEMENTI DI EDIFICIO MISURAZIONE DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO PER VIA AEREA

Luogo e data di emissione: Cerea (VR), 21/09/2015

Committente: ROCKWOOL International A/S

Indirizzo Committente: Hovedgaden 584 - DK-2640 Hedehusene - Denmark

Data della fornitura del campione: 15/06/2015

Provenienza del campione: ROCKWOOL International A/S

Data installazione del campione: 17/06/2015

Campione installato in laboratorio da: Committente (campionamento a cura del cliente)

Data dell'esecuzione della prova: 18/06/2015

Luogo della prova: Z Lab S.r.l. – Via Pisa, 5/7 – 37053 Cerea (VR) – Italia

Denominazione del campione: Cappotto Frontrock Max Plus 100 mm con muratura in laterizio 250 mm



LAB N° 1416

REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
Adriano Maci	Antonio Scofano	Antonio Scofano

M-TEC-03 rev.8
del 21/07/2015

Il presente rapporto di prova è composto da n. 9 pagine e non può essere riprodotto parzialmente, salvo autorizzazione scritta di Z Lab Srl. I risultati riportati nel presente documento sono riferiti esclusivamente al campione ed ai materiali oggetto di prova. I campioni vengono conservati per 30 giorni dopo il termine della prova.

Pagina
1 di 9

Descrizione del campione

Il campione oggetto della prova è costituito da una porta avente le seguenti caratteristiche:

Larghezza nominale* [mm]	3600
Altezza nominale* [mm]	2980
Spessore nominale* [mm]	387
Superficie utile* [m ²]	10,73

La muratura è composta da:

Strato di intonaco tradizionale a base di malta cementizia, spessore 15 mm e densità 1900 kg/m³

Parete realizzata con blocchi in laterizio con giunti verticali a incastro e giunti orizzontali in malta cementizia, con le seguenti caratteristiche:

- lunghezza nominale = 2980 mm;
- altezza nominale = 3600 mm;
- spessore nominale = 250 mm;
- percentuale di foratura = 44 %;
- densità del blocco = 820 kg/m³

Strato di intonaco tradizionale a base di malta cementizia, spessore 15 mm e densità 1900 kg/m³

Sistema di isolamento a cappotto composto dai seguenti elementi:

- Strato di materiale isolante formato dall'accostamento di pannelli in lana di roccia ROCKWOOL Frontrock Max Plus a doppia densità:
 - dimensioni = 1200 mm X 600 mm;
 - spessore = 100 mm
- I pannelli sono fissati tramite incollaggio eseguito su tutto il bordo e su n. 3 punti centrali mediante malta cementizia denominata REDArt Collante e tramite tasselli a vite della lunghezza di 155 mm denominati EJOT EJOTHERM STRU U 2G 155 quantità n. 3 tasselli a pannello;
- Rasatura armata dello spessore di 5 mm, realizzata mediante malta cementizia denominata REDArt Rasante con interposta rete di armatura in fibra di vetro antialcalina denominata REDArt rete standard.
- Finitura realizzata con strato denominato REDArt Finitura Siliconica dello spessore di 1,5 mm steso su strato fissativo denominato REDArt Fissativo per Finitura Siliconica.

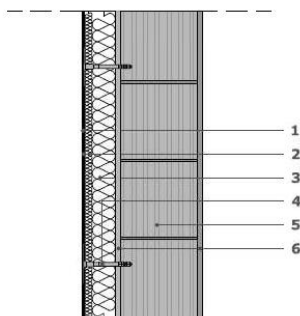
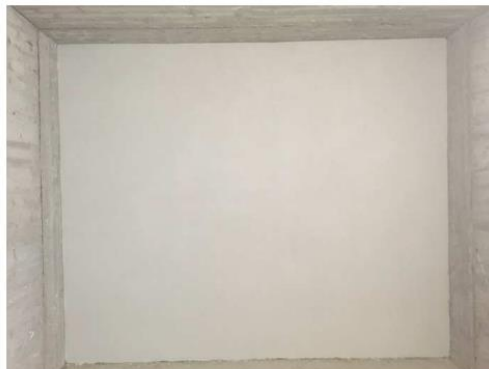


LAB N° 1416

(*) dati nominali forniti dal committente

(**) dati misurati mediante campionamento sull'elemento di prova

Schemi e immagini del campione



1. ROCKWOOL REDArt Finitura Siliconica su strato REDArt Fissativo per Finitura Siliconica sp. 1,5 mm
2. ROCKWOOL REDArt Rasante con rete di armatura in fibra di vetro antialcalina sp. 5 mm
3. ROCKWOOL Frontrock Max Plus th 100 mm
4. Fissaggi meccanici
5. Blocco in laterizio th. 250 mm
6. Intonaco tradizionale th. 15 mm

La prova è stata eseguita non appena raggiunto l'equilibrio idrotermico.



LAB N° 1416

M-TEC-03 rev.8
del 21/07/2015

Il presente rapporto di prova è composto da n. 9 pagine e non può essere riprodotto parzialmente, salvo autorizzazione scritta di Z Lab Srl. I risultati riportati nel presente documento sono riferiti esclusivamente al campione ed ai materiali oggetto di prova. I campioni vengono conservati per 30 giorni dopo il termine della prova.

Pagina
3 di 9

Riferimenti normativi

UNI EN ISO 10140-2:2010	Acustica – Misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio Parte 2: Misurazione dell'isolamento acustico per via aerea.
UNI EN ISO 717-1:2013	Acustica – Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio Parte 1: Isolamento acustico per via aerea.

Descrizione degli ambienti di prova

La struttura di prova è realizzata in cemento armato, completamente isolata dal pavimento del laboratorio mediante supporti antivibranti. È costituita da un ambiente emittente e un ambiente ricevente, entrambi di forma irregolare e privi di partizioni tra loro parallele. Sono separati da una cornice di prova avente spessore 100 cm. Le caratteristiche dimensionali sono:

Dimensioni ambiente emittente (L x W x H medie)	700 X 500 X 330 cm
Dimensioni ambiente ricevente (L x W x H medie)	770 X 560 X 370 cm

Strumentazione di prova

Strumento	Marca e Modello	N. serie
Fonometro	LARSON DAVIS L&D 2900B	1080
Microfono	PCB PIEZOTRONICS 377B20	126242
Preamplificatore	LARSON DAVIS L&D PRM900C	1267
Calibratore	LARSON DAVIS L&D CAL200	3852
Sorgente omnidirezionale	LOOKLINE D301	DO900159
Termoigrometro	DELTA OHM HD2301.0	09020599
Sonda combinata temperatura e umidità	DELTA OHM HP472AC R	09028736
Flessometro	STANLEY POWERLOCK 33-442	13/946
Microclima con misuratore di pressione	DELTA OHM HD 32.1	MSP430F4618

Condizioni fisiche al momento della prova

	Camera emittente	Camera ricevente
Volume	117,1 m ³	163,2 m ³
Temperatura media	23,2 ± 1,0 °C	23,6 ± 1,0 °C
Umidità relativa media	55,4 ± 2,0 %	54,6 ± 2,0 %
Pressione atmosferica	1013 hPa ± 1 hPa	
Superficie di separazione	10,73 m ²	



LAB N° 1416

Metodologia di rilievo

La verifica dell'isolamento acustico per via aerea tra ambienti si fonda sul principio della differenza tra il livello medio di pressione sonora nel locale emittente (L_1) e quello rilevato all'interno dell'ambiente ricevente (L_2). La sorgente acustica (la quale produce rumore rosa) viene messa in funzione all'interno dell'ambiente emittente in 3 posizioni differenti; il microfono è posizionato in 5 diversi punti dell'ambiente emittente e ricevente. Viene effettuata una misura per ogni combinazione sorgente-microfono, per un totale quindi di 15 misurazioni in ambiente emittente e 15 in ambiente ricevente. Il tempo di integrazione è, per ciascuna misura, almeno 15 s.

Terminata la rilevazione del livello medio di pressione sonora nell'ambiente ricevente, la sorgente viene disattivata, allo scopo di permettere la misura del livello del rumore di fondo L_b . Le correzioni da apportare allo spettro L_2 , da calcolarsi per ogni singola frequenza componente dello spettro, sono pari a:

$$L_2 = L_2 - 1,3 \text{ [dB]} \quad \text{se} \quad L_2 - L_b \leq 6 \text{ dB}$$

$$L_2 = 10 \cdot \log(10^{(L_2/10)} - 10^{(L_b/10)}) \text{ [dB]} \quad \text{se} \quad 6 < L_2 - L_b < 10 \text{ dB}$$

Il calcolo del tempo di riverberazione T è finalizzato alla determinazione del potere fonoisolante R o dell'isolamento acustico normalizzato di piccoli elementi $D_{n,e}$, parametri che risultano dall'applicazione delle seguenti formule:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \cdot \log(S/A) \text{ [dB]}$$

$$D_{n,e} = L_1 - L_2 + 10 \cdot \log(A_0/A) \text{ [dB]}$$

dove:

S : area dell'apertura di prova libera nella quale l'elemento di prova è installato, espressa in m^2 ;

A_0 : area di assorbimento acustico equivalente di riferimento, pari a 10 m^2 ;

A : area equivalente di assorbimento acustico nella camera ricevente calcolata nel modo seguente utilizzando l'espressione di Sabine:

$$A = 0,16 \cdot (V/T) \text{ [m}^2\text{]}$$

dove V è il volume dell'ambiente ricevente in m^3 .

Sulla base dei singoli valori calcolati per ogni frequenza da 100 Hz a 3150 Hz dello spettro in bande di 1/3 di ottava, si ricostruisce la curva sperimentale da confrontare con quella di riferimento che viene riportata nella norma UNI EN ISO 717-1.

Si applica quindi il metodo dell'avvicinamento della curva di riferimento a quella misurata, fino al punto in cui la somma degli scarti sfavorevoli è sulla curva di riferimento minore o uguale a 32 dB; si determina quindi il valore in corrispondenza della frequenza di 500 Hz. Tale valore è l'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente R_w (o l'indice dell'isolamento acustico normalizzato di piccoli elementi $D_{n,e,w}$).

Valori misurati muro di base

f [Hz]	L₁ [dB]	L₂ [dB]	L_b [dB]	T [s]	R [dB]
<i>Frequenza</i>	<i>Livello in ambiente emittente</i>	<i>Livello in ambiente ricevente</i>	<i>Livello del rumore di fondo</i>	<i>Tempo di riverberazione</i>	<i>Potere fonoisolante</i>
100	90,6	49,5	19,5	5,92	44,9
125	92,6	51,1	13,7	4,78	44,5
160	93,5	59,0	16,5	4,56	37,3
200	91,9	59,6	11,5	5,26	35,6
250	93,3	57,7	12,4	4,80	38,5
315	93,3	57,6	12,5	4,49	38,4
400	94,0	55,0	13,0	3,80	40,9
500	94,9	55,1	8,0	3,74	41,7
630	94,9	52,4	7,3	3,87	44,5
800	94,5	49,6	4,4	3,80	46,8
1000	93,5	45,8	5,2	3,40	49,2
1250	92,1	42,1	4,8	3,24	51,2
1600	93,8	41,7	5,2	3,34	53,4
2000	95,7	43,0	5,3	3,24	54,0
2500	93,0	38,1	5,2	2,96	55,8
3150	90,1	31,5	5,1	2,60	58,9
4000	92,6	31,2	4,9	2,22	61,0
5000	89,2	26,1	4,7	1,91	62,0

(*) Applicata correzione per il rumore di fondo secondo UNI EN ISO 10140-4:2010, §4.3,

Potere fonoisolante, R, secondo la ISO 10140-2:2010

Descrizione dell'elemento di prova:

Muro in laterizio forato da 25 cm, intonacato ambo i lati

Area dell'elemento di prova:

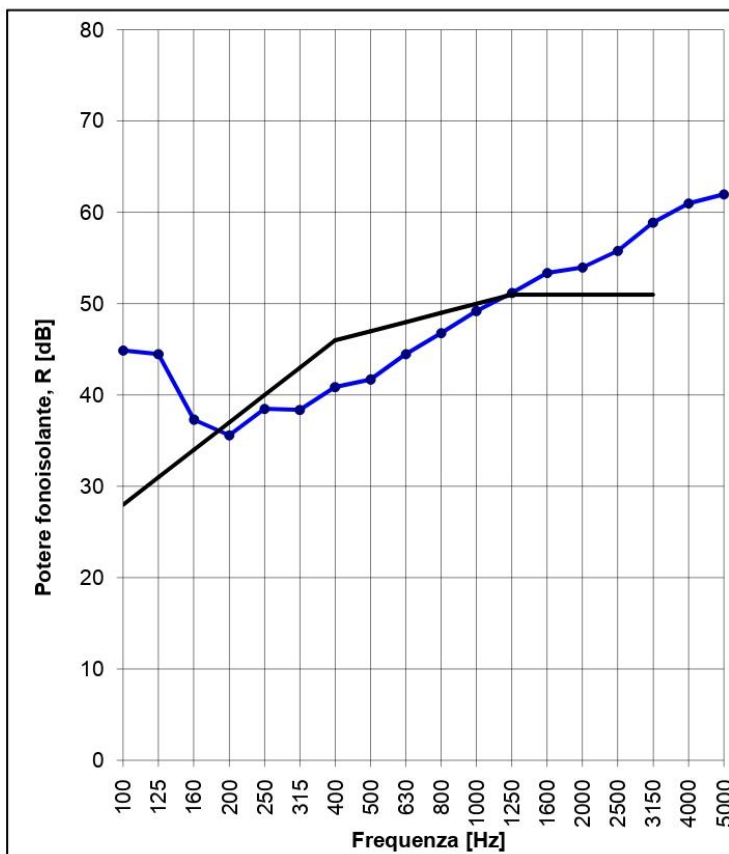
10,73 m²

Volume degli ambienti:

Emittente 118,5 m³

Ricevente 163,2 m³

f	R
[Hz]	[dB]
100	44,9
125	44,5
160	37,3
200	35,6
250	38,5
315	38,4
400	40,9
500	41,7
630	44,5
800	46,8
1000	49,2
1250	51,2
1600	53,4
2000	54,0
2500	55,8
3150	58,9
4000	61,0
5000	62,0



Valutazione in conformità ad ISO 717-1

 $R_w (C; C_{tr}) = 47,8 (0; -3) \text{ dB}$
 $C_{50-3150} = 0 \text{ dB};$
 $C_{50-5000} = 1 \text{ dB};$
 $C_{100-5000} = 1 \text{ dB}$

Valutazione basata su risultati di misurazioni in laboratorio ottenuti mediante un metodo tecnico.

 $C_{tr,50-3150} = -4 \text{ dB};$
 $C_{tr,50-5000} = -4 \text{ dB};$
 $C_{tr,100-5000} = -3 \text{ dB}$


LAB N° 1416

Valori misurati con campione

f [Hz]	L ₁ [dB]	L ₂ [dB]	L _b [dB]	T [s]	R [dB]
<i>Frequenza</i>	<i>Livello in ambiente emittente</i>	<i>Livello in ambiente ricevente</i>	<i>Livello del rumore di fondo</i>	<i>Tempo di riverberazione</i>	<i>Potere fonoisolante</i>
100	88,6	47,6	17,8	5,17	44,3
125	89,7	47,1	16,8	4,86	45,6
160	91,0	49,6	19,3	4,82	44,3
200	90,0	50,2	12,1	5,05	43,0
250	91,8	43,7	12,6	4,74	50,9
315	91,5	44,2	11,3	4,50	50,0
400	92,4	38,8	15,5	3,78	55,5
500	93,2	36,2	10,4	3,76	58,9
630	93,3	35,2	7,2	3,93	60,2
800	92,9	30,9	4,8	3,81	63,9
1000	92,1	27,1	5,2	3,48	66,6
1250	90,9	22,3	3,6	3,38	70,1
1600	92,6	21,1	5,0	3,43	73,0
2000	94,5	21,4	4,0	3,29	74,5
2500	91,7	16,3	3,9	2,99	76,6
3150	89,0	14,4	3,6	2,58	75,2
4000	91,1	15,9	3,3	2,18	74,9
5000	87,8	17,7	3,0	1,82	69,0

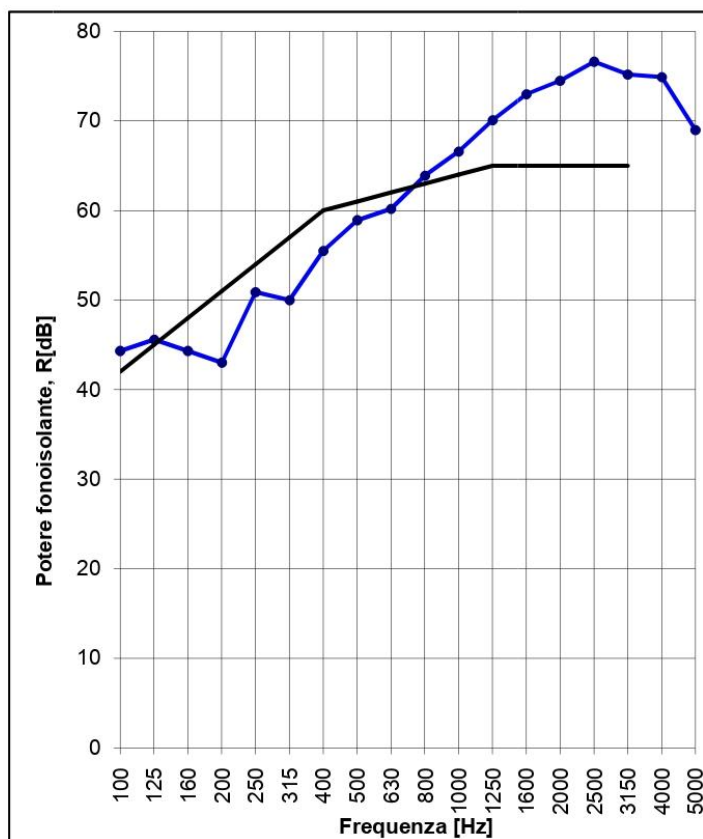
(*) Applicata correzione per il rumore di fondo secondo UNI EN ISO 10140-4:2010, §4.3,



Potere fonoisolante, R, secondo la ISO 10140-2

Descrizione dell'elemento di prova: Cappotto Frontrock Max Plus 100 mm con muratura in laterizio 250 mm
Area dell'elemento di prova: 10,73 m²
Volume degli ambienti: Emittente 117,1 m³ Ricevente 163,2 m³

f	R
[Hz]	[dB]
100	44,3
125	45,6
160	44,3
200	43,0
250	50,9
315	50,0
400	55,5
500	58,9
630	60,2
800	63,9
1000	66,6
1250	70,1
1600	73,0
2000	74,5
2500	76,6
3150	75,2
4000	74,9
5000	69,0



Valutazione in conformità ad ISO 717-1

$R_w (C; C_{tr}) = 61,2 (-2; -7) \text{ dB}$ $C_{50-3150} = -6 \text{ dB};$ $C_{50-5000} = -5 \text{ dB};$ $C_{100-5000} = -1 \text{ dB}$

Valutazione basata su risultati di misurazioni in laboratorio ottenuti mediante un metodo tecnico,

$C_{tr,50-3150} = -16 \text{ dB};$ $C_{tr,50-5000} = -16 \text{ dB};$ $C_{tr,100-5000} = -7 \text{ dB}$

Responsabile di Laboratorio Ing. Antonio Scofano

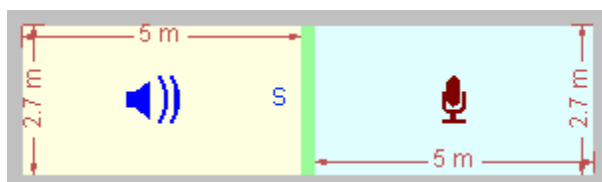
Antonio Scofano



LAB N° 1416

CALCOLO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO PER VIA AEREA

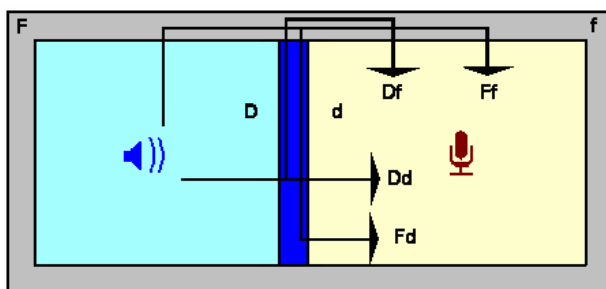
Il Potere Fonoisolante R di un determinato componente edilizio viene misurato in laboratorio (norma ISO 140-3) utilizzando delle "camere di prova": due stanze divise da una parete costruita con il materiale che si vuole testare. In un ambiente si trova la sorgente del suono (ambiente emittente), nell'altro c'è un apparecchio preposto alla ricezione del suono (ambiente ricevente).



Il Potere Fonoisolante Apparente R' , misurato in opera (ISO 140-4) differisce dal valore di laboratorio R per la specifica posa in opera del componente e per effetto della trasmissione laterale, fattori che portano ad una riduzione dei valori di fonoisolamento. Questo parametro è utile per fornire una descrizione delle reali prestazioni acustiche di un edificio.

Poiché R' varia al variare della frequenza, per ottenere un unico indice di valutazione (R'_w), si utilizza una procedura normalizzata (vedi calcolo in frequenza). Secondo il DPCM 5-12-97, i valori di R'_w , indice di valutazione del potere fonoisolante apparente, sono riferiti a elementi di separazione tra differenti unità immobiliari. Per il suo calcolo la norma UNI EN 12354-1 propone un metodo basato su alcune ipotesi semplificative che permettono di stimare il potere fonoisolante apparente di una partizione a partire dai valori del potere fonoisolante relativi ai soli percorsi di trasmissione strutturale. L'affidabilità del modello dipenderà dai dati di ingresso, dalla corrispondenza tra modello e situazione reale, dalla conoscenza del tipo di elementi e dei giunti coinvolti e dall'accuratezza della messa in opera.

La trasmissione complessiva di potenza sonora tra due ambienti è risultato della somma di diversi percorsi di trasmissione: percorso diretto Dd e percorsi indiretti Df , Fd , Ff . Considerando 4 giunti, si ha un totale di 13 percorsi di trasmissione indipendenti.



Modello semplificato

- La formula (A.1), tratta dalla UNI EN 12354-1:2017, consente di calcolare R'_w considerando R_{Dd} , R_{Ff} , R_{Df} e R_{Fd} , valori del potere fonoisolante per la trasmissione che avviene attraverso il percorso diretto (Dd) e per i percorsi laterali (Ff , Df e Fd), i piccoli elementi e la trasmissione indiretta per via aerea. Per semplicità $ij = Ff$, Fd o Df :

$$R'_{j,w} = -10 \log \left(10^{\frac{R_{Dd,w}}{10}} + \sum 10^{\frac{R_{ij,w}}{10}} + \frac{A_0}{S_s} \sum_{j=1}^m 10^{\frac{D_{n,j,w}}{10}} \right) \text{dB} \quad (\text{A.1})$$

- $R_{Dd,w}$ è l'indice di valutazione del potere fonoisolante per la trasmissione diretta;
- $R_{ij,w}$ è l'indice di valutazione del potere fonoisolante dovuto all'apposizione di strati di rivestimento lungo il percorso i-j;
- $D_{n,j,w}$ è l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato per la trasmissione attraverso un piccolo elemento tecnico ($D_{n,e}$) o un sistema di trasmissione indiretta per via aerea attraverso un sistema s ($D_{n,s}$),
- S_s è l'area dell'elemento di separazione,
- A_0 è l'area di assorbimento equivalente di riferimento, $A_0 = 10 \text{ m}^2$.

$R_{ij,w}$, incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante dovuto all'apposizione di strati di rivestimento lungo il percorso i-j, è espresso dalla (A.2):

$$R_{ij,w} = \frac{R_{i,w} + R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \log \frac{S_s}{l_o l_{ij}} \text{ (dB)} \quad (\text{A.2})$$

Per le costruzioni leggere con telaio di acciaio o di legno, invece, è determinato utilizzando la formula (A.2a):

$$R_{ij,w} = D_{n,f,ij,w} + 10 \log \frac{l_{lab}}{l_{ij}} \frac{S_s}{A_o} \text{ (dB)} \quad (\text{A.2a})$$

dove:

- $R_{i,w}/R_{j,w}$ è l'indice di valutazione del potere fonoisolante delle due strutture interessate. Nel caso di strutture rivestite con strati addizionali, gli indici sono quelli delle strutture di base, privi di strati addizionali quali contropareti, controsoffitti o pavimenti galleggianti. Nel caso di strutture laterali costituite da pareti doppie con intercapedine o da pareti con rivestimento leggero, gli indici $R_{i,w}$ e $R_{j,w}$ sono quelli del solo strato interno;
- $\Delta R_{ij,w}$ è dovuto all'apposizione di strati addizionali di rivestimento alle strutture i e j lungo il percorso i-j:
 - o se lungo il percorso si trova un solo strato: $\Delta R_{ij,w} = \Delta R_{i,w}$ oppure $\Delta R_{j,w}$;
 - o se lungo il percorso si trovano due strati addizionali, si somma il valore maggiore con la metà del minore; se entrambi gli strati di rivestimento hanno un valore negativo, allora la metà del valore viene presa per quello con il valore più alto.
- Gli strati di rivestimento da considerarsi nel calcolo di $\Delta R_{ij,w}$ sono solo quelli che effettivamente vengono attraversati dal percorso del rumore preso in esame. Quindi, ad esempio, nel caso si stiano considerando dei solai soprastanti una parete divisoria, i pavimenti galleggianti del piano superiore non andranno considerati in quanto non influenti. $\Delta R_{i,w}$ e $\Delta R_{j,w}$, sono ricavati da prove di laboratorio oppure in funzione della frequenza di risonanza del sistema "struttura di base-rivestimento" (UNI EN 12354-1, Appendice D);

- K_{ij} è l'indice di riduzione delle vibrazioni: dipende dal tipo di giunto (rigido o elastico, a croce o a T) e dal valore della massa superficiale delle pareti collegate ad angolo retto fra di loro (UNI EN 12354-1, Appendice E);
- l_0 è la lunghezza di riferimento, $l_0 = 1$ m;
- l_{ij} è la lunghezza del giunto tra le due strutture;
- $D_{n,f,ij,w}$ è l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato per la trasmissione laterale lungo il percorso i-j;
- l_{lab} , per gli elementi laterali orizzontali come i soffitti è solitamente di 4,5 m e per elementi verticali laterali come facciate è di solito 2,5 m.

Dal valore di R'_w si ottiene l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione (UNI/TR 11175 [18]):

$$D_{nT,w} = R'_w + 10 \log \frac{V}{3S_s} \quad (A.3)$$

dove:

- V è il volume del locale ricevente (m^3);
- S_s è l'area dell'elemento di separazione (m^2).

Calcolo in frequenza

Il calcolo precedentemente descritto è ripetuto per frequenze in bande di terzo di ottava comprese tra 100 Hz e 3150 Hz.

R'_w si ottiene utilizzando il metodo proposto nella EN ISO 717-1: procedendo a passi di 1 dB, si avvicina la curva di riferimento definita dalla norma alla curva misurata, fino a quando la somma degli scarti sfavorevoli è più grande possibile e comunque non maggiore di 32,0 dB. Uno scarto sfavorevole, ad una frequenza data, si produce quando il risultato delle misurazioni è minore del valore di riferimento. Quindi, R'_w è il valore ottenuto in corrispondenza della frequenza a 500 Hz della curva di riferimento scalata.

Parete intonacata: lo strato di intonaco contribuisce ad incrementare R_w della parete (sigilla le porosità e le fessure e aumenta la massa aerica della struttura).

Doppia tramezza: costruire le due tramezze con differente spessore o, in alternativa, massa diversa (per non far coincidere le rispettive frequenze di risonanza e frequenze di coincidenza).

Parete doppia: inserire uno strato di materiale fonoassorbente nell'intercapedine (per minimizzare l'effetto risonanza dell'intercapedine).

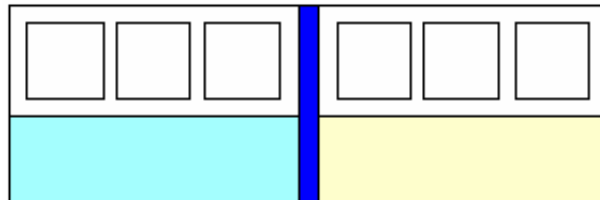
Parete con controparete: non incollare la controparete, ma utilizzare giunti di ancoraggio (favorisce una maggiore elasticità del sistema).

Per ridurre la trasmissione delle vibrazioni laterali, desolidarizzare le pareti dal pavimento e dalle pareti laterali (striscia di materiale antivibrante).

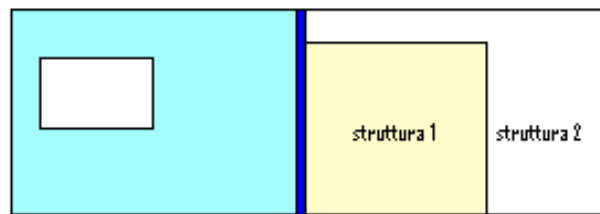
Cassonetti degli avvolgibili: rivestire la parte interna con materiale fonoisolante (per aumentare la protezione al rumore proveniente dall'esterno).

Serramenti: utilizzare due lastre di vetro con spessori differenti (per non far coincidere le due frequenze critiche).

Se una costruzione laterale è composta da più tipi di elementi, ognuno collegato direttamente alla parete di separazione, ognuno di questi deve essere considerato come un elemento laterale indipendente.



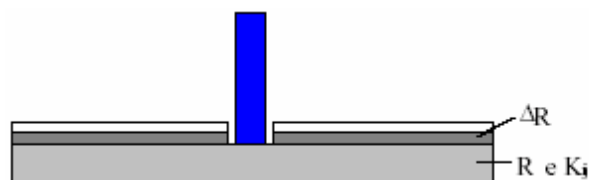
Se l'elemento di fiancheggiamento è composto da diverse parti, si deve considerare il potere fonoisolante della parte più grande fra quelle direttamente connesse alla parete di separazione.



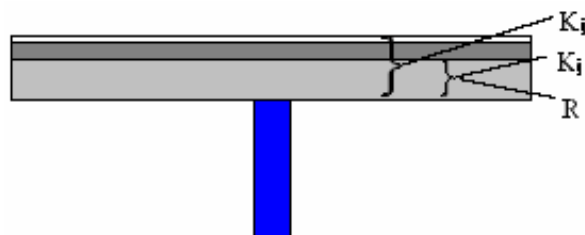
Se sono presenti delle aperture a tutta altezza, la porzione di parete al di là di queste può essere tralasciata.



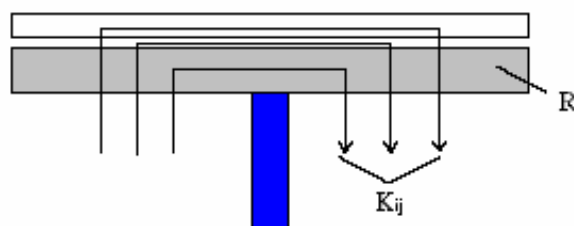
Nel caso di strutture laterali rivestite con strati addizionali, il potere fonoisolante R e l'indice di riduzione delle vibrazioni del giunto K_{ij} da considerare sono quelli delle strutture di base, privi di strati addizionali quali contropareti, controsoffitti o pavimenti galleggianti, poiché questi vengono considerati attraverso il ΔR .



Nel caso di strutture laterali costituite da pareti con rivestimento leggero, i valori di R sono quelli della struttura di base. L'effetto del rivestimento può essere trascurato o, altrimenti, preso in considerazione mediante l'indice di riduzione delle vibrazioni che può essere riferito, quindi, alla sola struttura base o all'insieme.



Nel caso di strutture laterali costituite da pareti doppie con intercapedine si considera il potere fonoisolante del solo strato interno, mentre l'insieme della struttura è preso in considerazione mediante l'indice di riduzione delle vibrazioni K_{ij} .



SERRAMENTI

Ad eccezione della serra, finestre e porte finestra che delimitano le aule dall'ambiente esterno e/o da altre zone dell'edificio saranno della tipologia Aluk C77k, e caratterizzati pertanto dalle seguenti prestazioni:

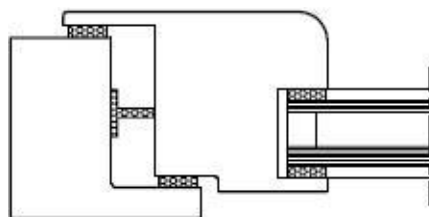
	C77K
PRESTAZIONI	
Trasmittanza termica (doppio vetro) :	Uw=1,19 W/m²K
Trasmittanza termica (triplo vetro) :	Uw=0,88 W/m²K
DIMENSIONI	
Profondità telaio :	77 mm
Profondità anta :	87 mm
Spessore min vetro :	24 mm
Spessore max vetro :	62 mm
Larghezza max :	1500 mm
Altezza max :	2600 mm
Carico max :	150 kg

Relativamente alle prestazioni acustiche, si riportano di seguito le caratteristiche di finestre e porte finestre utilizzate nel calcolo previsionale.

Serramento SR.014

Descrizione Serramento con $R \geq 49$ dB.

Composizione	Serramento con vetrocamera avente potere fonoisolante misurato sperimentalmente uguale o maggiore di 49 dB e con guarnizione centrale e guarnizione esterna in corrispondenza della battuta dei telai (caso A) o con guarnizione centrale e guarnizione interna (caso B).
Origine Dati	R _w calcolato in base alla tipologia di vetrata. 66.2a-20 SF6-44.2a (sp. totale 40 mm, massa 47 kg/m ²) (R _w = 51.0) di Classe 4 (UNI 12207).
Note	Classe di permeabilità all'aria UNI EN 12207 >2.
R_w	49.0 dB



Porte

Porta PO.001

Descrizione	Porta R _w 43
Composizione	Porta "Padilla", classe REI/RF 120, dotata di kit acustico KA7 (guarnizione di anta, guarnizione di telaio, guarnizione intumescente acustica telaio).
Origine Dati	Cert. n. ME06/030A/99 del 29/02/2000 (UNI EN ISO 140-3), CSI.
Note	-
Spessore	1.9 cm
Massa Superficiale	32.8 kg/m ²
R_w	43.0 dB

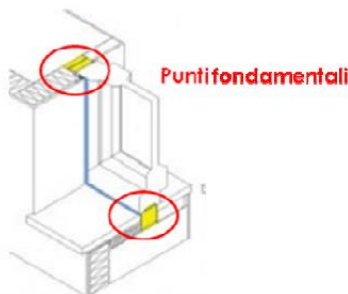
Ciò posto, nel caso in cui i serramenti effettivamente installati dovessero essere differenti dai prodotti indicati nei paragrafi che seguono, al fine di conseguire il rispetto dei valori limite di isolamento acustico di facciata ai sensi del D.P.C.M. 5/12/97, è necessario che i sistemi scelti siano caratterizzati dalle medesime prestazioni acustiche certificate in laboratorio secondo la normativa vigente.

Il sistema serramento è fondamentalmente costituito e caratterizzato da 3 elementi:

- Serramento con cassonetto e zanzariera (ove previsti)
- Controtelaio
- Posa in opera

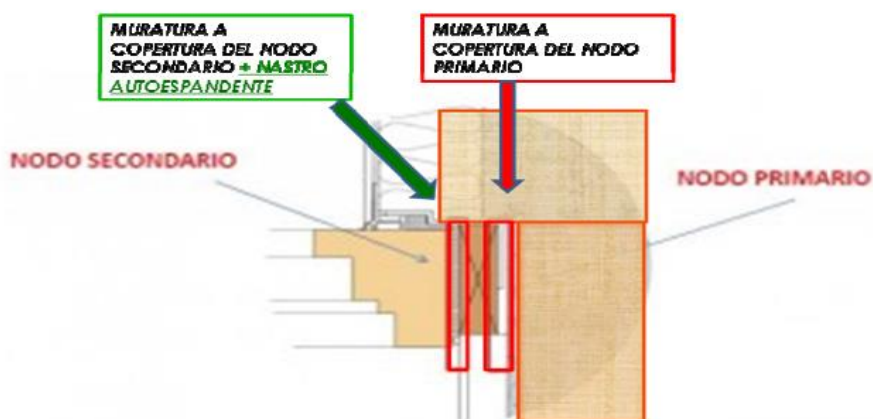
Affinché i valori prestazionali dell'elemento posato si avvicinino quanto più a quelli dell'elemento finestrato certificato è importante che si studino attentamente i due nodi di posa, quello primario, tra muratura e controtelaio e

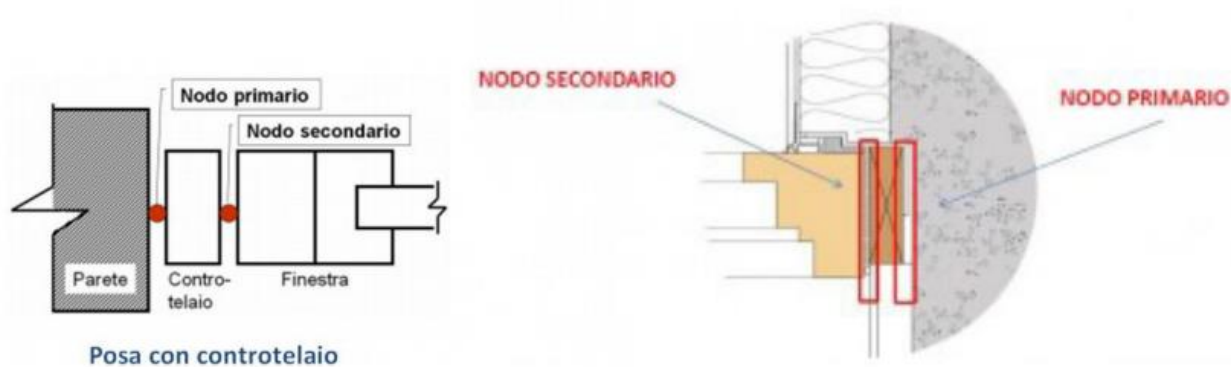
quello secondario, tra controtelaio e serramento. Solo una cura meticolosa di tutti gli aspetti sopra descritti porterà il serramento a non essere sempre l'elemento debole del sistema.



Pertanto, oltre a seguire le indicazioni fornite dai produttori di serramenti si raccomanda di prestare particolare attenzione:

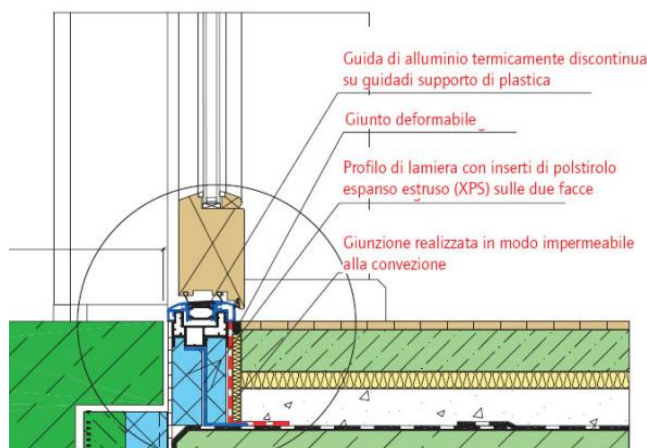
- a. alla realizzazione del *nodo primario* controtelaio-muratura, il cui vuoto con la muratura va riempito con malta non solo nei punti di zancatura ma ovunque al fine di non creare dei ponti acustici tra esterno ed interno. Se possibile realizzare una spalletta in muratura a copertura del giunto controtelaio – muratura.
- b. alla realizzazione del nodo secondario controtelaio-serramento. Nelle fessure oltre a schiumare è consigliato inserire del polietilene reticolato fisicamente oppure guaine auto espandenti tipo nastro sigillante Sto-Fugendichtband della ditta STO Italia srl o precomprese tipo GIUNTOPLASTO PRECOMPRESSO ditta LEM ITALIA S.p.a. o affini e quindi procedere col coprifiло. Se possibile realizzare una spalletta in muratura a copertura del giunto controtelaio – serramento: tali punti potrebbero inficiare l'isolamento acustico del serramento e di conseguenza della facciata. Si raccomanda in ogni caso di consultare i fornitori dei serramenti per determinare la corretta messa in opera secondo certificato di laboratorio





Nel caso non si potesse lavorare coprendo i nodi sia primari che secondari in esterno, si dovrà lavorare in interno. I medesimi accorgimenti andranno seguiti per la sezione verticale ed il cassonetto.

- c. alle portefinestre, in quanto presentano spesso punti deboli legati al numero di cerniere e alla chiusura del lato inferiore (battente a terra in alluminio che presenta uno scarso abbattimento acustico, in particolare ad alte frequenze, dovuto alle caratteristiche acustiche del materiale).



Si consideri che anche la corretta registrazione è un fattore estremamente importante per il risultato finale.

CALCOLO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA

L'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione a 2 metri di distanza ($D_{2m,nT}$) caratterizza la capacità di una facciata di abbattere i rumori aerei provenienti dall'esterno.

Il pedice "2m" indica che l'isolamento acustico di facciata D_{2m} è la differenza tra il valore medio del livello di pressione sonora a 2 metri dal piano della facciata e il valore medio del livello di pressione sonora nell'ambiente ricevente; "nT" indica che il valore deve essere normalizzato sulla base del tempo di riverberazione dell'ambiente ricevente. Poiché $D_{2m,nT}$ varia al variare della frequenza, per ottenere un unico indice di valutazione ($D_{2m,nT,w}$), si utilizza una procedura normalizzata (vedi calcolo in frequenza).

Il DPCM 5-12-97 stabilisce i valori minimi di $D_{2m,nT,w}$, indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di facciata, riferiti a elementi di separazione tra un ambiente abitativo e l'esterno. La norma UNI EN 12354-3 definisce un modello di calcolo per valutare l'isolamento acustico di una facciata di un edificio

basandosi sul potere fonoisolante dei diversi elementi che la costituiscono e considerando sia la trasmissione diretta, sia la trasmissione laterale del rumore.

Calcolo semplice

La formula (F.1), tratta dalla UNI EN 12354-3:2017, consente di calcolare $D_{2m,nT,w}$:

$$D_{2m,nT,w} = R'_w + \Delta L_{fs} + 10 \log C_{sab} \frac{V}{T_0 S} \text{ (dB)} \quad (F.1)$$

dove:

- C_{sab} è la costante di Sabine, in secondi per metro con $C_{sab} = 0,16$ s/m;
- V è il volume dell'ambiente ricevente, in metri cubi;
- S è l'area totale della facciata vista dall'interno (cioè la somma delle aree di tutti gli elementi di facciata), in metri quadri;
- ΔL_{fs} è l'isolamento acustico per la forma della facciata, in decibel che dipende dalla forma della facciata, dall'assorbimento acustico delle superfici aggettanti (balconi) e dalla direzione del campo sonoro (UNI EN 12354-3, Appendice C);
- T_0 è il tempo di riverberazione di riferimento pari a 0,5 secondi.

R'_w , indice di valutazione del potere fonoisolante apparente, è espresso dalla (F.2):

$$R'_w = -10 \log \left[\sum \frac{S_i}{S} 10^{\left(\frac{R_{w,i}}{10}\right)} + \sum \frac{A_0}{S} 10^{\left(\frac{D_{n,e,wi}}{10}\right)} \right] - K \quad (F.2)$$

dove:

- $R_{w,i}$ è l'indice di valutazione del potere fonoisolante del componente i-esimo, di superficie S_i ;
- $A_0 = 10 \text{ m}^2$;
- $D_{n,e,wi}$ è l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato del piccolo elemento i-esimo (bocchette di ventilazione, ingressi d'aria, cassonetti delle tapparelle, condotti elettrici). Se non si hanno a disposizione valori da certificato, si usa la relazione ricavata dall'appendice D della UNI EN 12354-3 e richiamata nella UNI/TR11175;
- K è la correzione per il contributo globale della trasmissione laterale (pari a 0 dB per elementi di facciata non connessi, 2 dB per elementi di facciata pesanti con giunti rigidi);

Calcolo in frequenza

Il calcolo precedentemente descritto è ripetuto per frequenze in bande di terzo di ottava comprese tra 100 Hz e 3150 Hz.

R'_w si ottiene utilizzando il metodo proposto nella EN ISO 717-1: procedendo a passi di 1 dB, si avvicina la curva di riferimento definita dalla norma alla curva misurata, fino a quando la somma degli scarti sfavorevoli è più grande possibile e comunque non maggiore di 32,0 dB. Uno scarto sfavorevole, ad una frequenza data, si produce quando il risultato delle misurazioni è minore del valore di riferimento. Quindi, R'_w è il valore

ottenuto in corrispondenza della frequenza a 500 Hz della curva di riferimento scalata. Tale valore è sostituito nella (F.1).

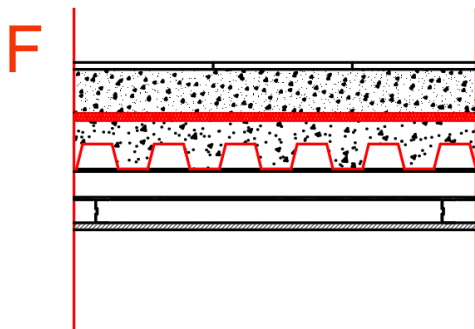
L'isolamento acustico di una facciata è condizionato dalla presenza di serramenti, cassonetti e dalla qualità di tenuta e dal peso dei telai.

Per ottenere un potere fonoisolante del sistema vetro+telaio+cassonetto, secondo quanto richiesto dal DPCM, si consiglia:

- vetro-camera ben sigillato sul telaio e con camera d'aria riempita di gas (per aumentare il potere fonoisolante);
- telaio con potere fonoisolante non inferiore a quello del vetro (possibilmente R_w pari a 40 dB);
- telaio ermetico lungo i giunti tra parti fisse e parti mobili e tra telaio e controtelaio;
- cassonetto con potere fonoisolante maggiore di 35 dB.

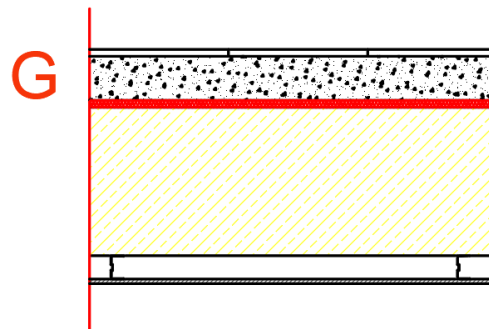
SOLAI

Si riportano di seguito le due tipologie di partizione orizzontale utilizzate nella progettazione.



- pavimentazione in gres $s = 1,5$ cm posato a colla
- massetto cementizio alleggerito a base di argilla espansa premiscelato (tipo Lecacem Classic della Leca) armato con rete in fibra di vetro spessore 9,5 cm porta impianti
- materassino anticalpestio in polietilene biaccoppiato fibrorinforzato (tipo Isolmant Biplus) $s=1,5$ cm
- soletta CA LC 40/44 D1,9 $s=10,5$ cm su lamiera grecata
- travi HEB 240 principali e 120 secondarie
- controsoffitto in cartongesso ($s = 1,5$ cm vuoto var.)

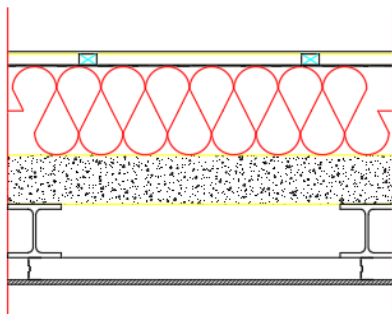
MASSIMO PESO DEL PACCHETTO
370 kg/mq



- pavimentazione in gres $s = 1,5$ cm posato a colla
- massetto cementizio alleggerito a base di argilla espansa premiscelato (tipo Lecacem Classic della Leca) armato con rete in fibra di vetro spessore 9,5 cm porta impianti
- materassino anticalpestio in polietilene biaccoppiato fibrorinforzato (tipo Isolmant Biplus) $s=1,5$ cm
- solaio predalles da 28+4 cm
- controsoffitto in cartongesso ($s = 1,5$ cm, vuoto 5 cm)

MASSIMO PESO DEL PACCHETTO (SOLAIO PORTANTE ESCLUSO) 355 kg/mq

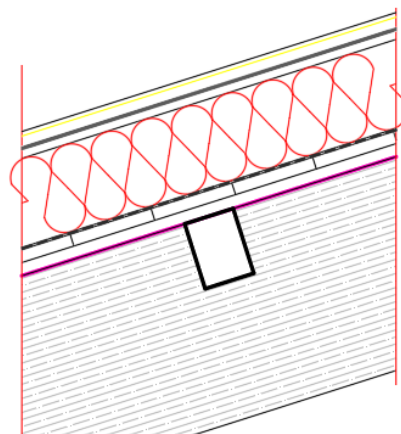
A



- lamiera di alluminio 10/10
- listelli in legno di abete per posa della lamiera (5x2,5 cm)
- membrana traspirante bicomponente (tipo Ondutiss Air 170)
- pannelli isolanti in lana di roccia a doppia densità (tipo Rockwool Hardrock Energy Plus) S = 20 cm
- soletta in C.A. LC40/44 (10,5 cm)
- freno al vapore in poliammide e tnt leggera (tipo Ondutiss Dynamic 90)
- profili strutturali HEB 120
- controsoffitto in cartongesso (1,25 cm) con profili a C in alluminio (H=5 cm)

MASSIMO PESO DEL PACCHETTO 300 kg/mq

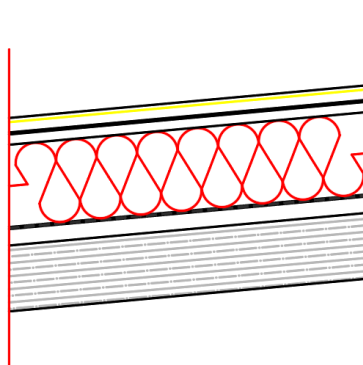
D



- lamiera continua di alluminio 10/10 color bordeaux
- listelli in legno di abete per posa della lamiera (5x2,5 cm)
- membrana traspirante bicomponente (tipo Ondutiss Air 170)
- tavolato in legno di abete 2 cm
- pannelli isolanti in lana di roccia a doppia densità (tipo Rockwool Hardrock Energy Plus) S = 20 cm
- freno al vapore in poliammide e tnt leggera (tipo Ondutiss Dynamic 90)
- doppio strato tavolato in legno incrociato e inchiodato (3+3 cm)
- travetti in legno lamellare 12x16 cm nello spessore della trave
- trave portante in legno lamellare 20x48 cm

MASSIMO PESO DEL PACCHETTO 200 kg/mq

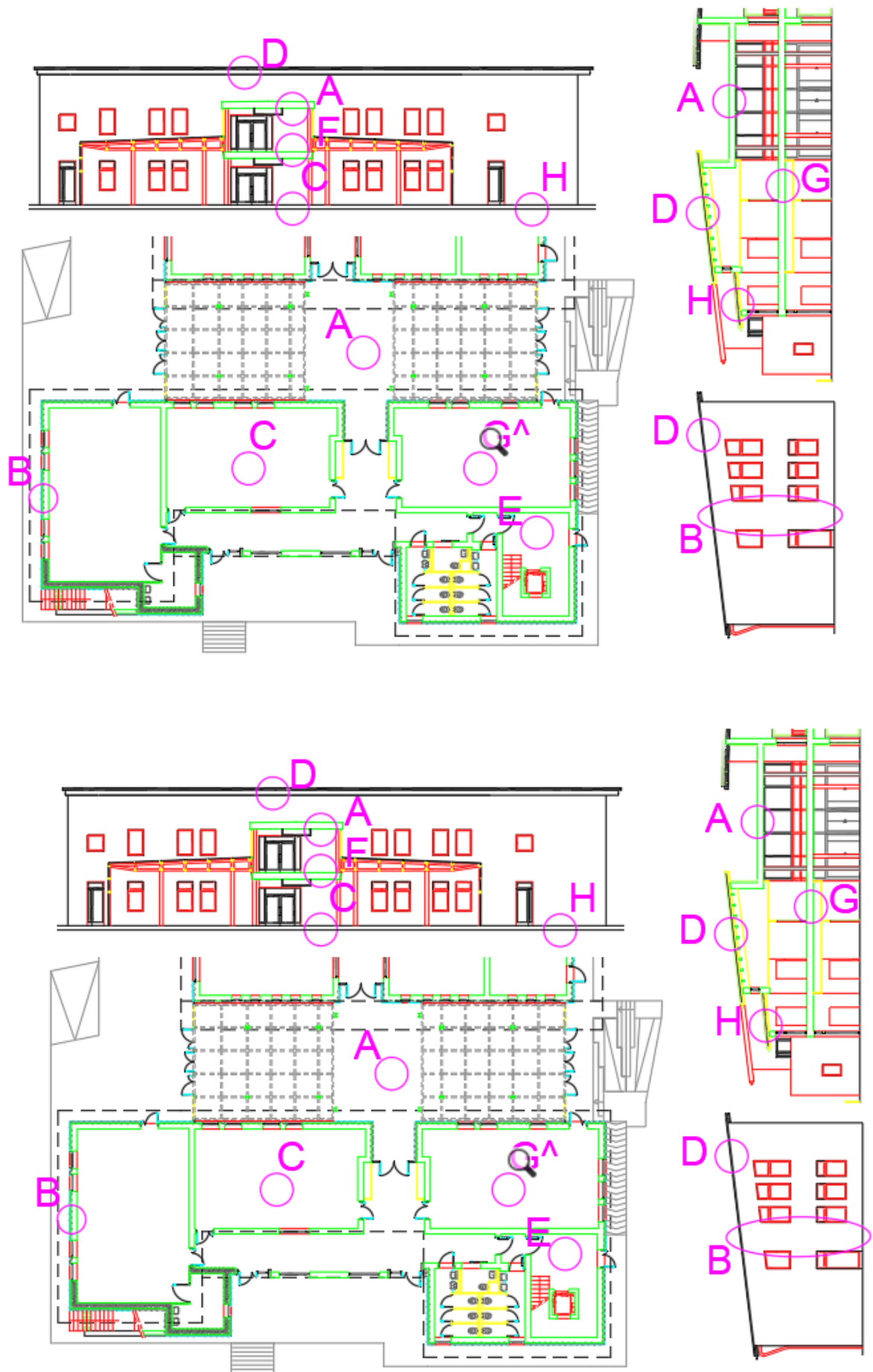
I



- lamiera continua di alluminio 10/10 color bordeaux
- listelli in legno di abete per posa della lamiera (5x2,5 cm)
- membrana traspirante bicomponente (tipo Ondutiss Air 170)
- tavolato in legno di abete 2 cm
- pannelli isolanti in lana di roccia a doppia densità (tipo Rockwool Hardrock Energy Plus) S = 20 cm
- freno al vapore in poliammide e tnt leggera (tipo Ondutiss Dynamic 90)
- tavolato in legno di abete (4 cm)
- travetti in legno lamellare 12x16 cm

MASSIMO PESO DEL PACCHETTO 180 kg/mq

Si riporta nello schema seguente l'univoca individuazione delle stratigrafie delle partizioni orizzontali effettivamente utilizzate nell'edificio.



Si riportano di seguito i principali risultati dei calcoli ottenuti attraverso la modellazione delle suddette stratigrafie:

Solaio SO.LC.009 (Solai in laterocemento)

Descrizione	Solaio in laterocemento (20+4).
Composizione	Solaio con travetti precompressi (interasse = 50 cm) e pignatte tipo B da 20 cm con 4 cm di soletta in calcestruzzo e 1.5 cm di intonaco all'intradosso.
Origine Dati	Pavimenti omogenei senza cavità $L_{n,w} = 164 - 35 \log m'$ [$100 \leq m' \leq 600 \text{ kg/m}^2$] Fonte: UNI EN 12354-2 (B.5) Tale formula è riportata nella norma europea UNI EN 12354-2:2017. E' valida per solai omogenei con massa superficiale $100 \leq m' \leq 600 \text{ kg/m}^2$.
Note	-
Spessore	25.5 cm
Massa Superficiale	362.0 kg/m ²

R_w 50.0 dB

Freq.(Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Ri (dB)	39.8	39.7	41.6	41.9	42.9	44.3	44.9	42.5	46.9	48.9	49.4	51.8	53.5	53.7	51.7	55.8

L_{n,w} 74.4 dB

Pavimento PV.010

Descrizione	Pavimento galleggiante costituito da un massetto applicato su uno strato di pannelli CELENIT N 25 posati su un solaio in calcestruzzo armato.
Composizione	Pavimento galleggiante costituito da un massetto applicato su uno strato di pannelli CELENIT N 25 (pannello in lana di legno di abete mineralizzata e legata con cemento Portland ad alta resistenza; spessore: 15 mm; massa superficiale: 11,5 kg/m ²) posati su un solaio in calcestruzzo armato.
Origine Dati	Cert. n. 3112 del 24/12/1982 (UNI EN ISO 140-6), Istituto Giordano (Celenit).
Note	-
Spessore	0.0 cm
Massa Superficiale	0.0 kg/m ²

DR_w 0.0 dB (Fisso da certificato, indipendente dalla struttura di base)

DL_{n,w} 22.0 dB

Controsoffitto CS.010

Descrizione Controsoffitto in gesso rivestito e fibra sospeso su pendini dotati di molla.

Composizione	Il sistema è così composto:- Pavimentazione legno.- Massetto di sabbia cemento.- Solaio a travetti e tavelloni.- Intercapedine di 200 mm con doppio strato di materiale fibroso a base poliestere.- Controsoffitto di lastra di gesso.
Origine Dati	-
Note	-
Spessore	29.3 cm
Massa Superficiale	274.0 kg/m ²
Tipo	Interno
Materiale	-
DR_w	13.0 dB (Fisso da certificato, indipendente dalla struttura di base)
DL_{n,w}	8.0 dB

Al fine di garantire la desolidarizzazione dei pavimenti i massetti sottopavimento in sabbia e cemento devono essere tra loro disgiunti in corrispondenza di tutte le soglie interponendo tra le due parti uno strato di materiale elastico, come ad esempio quello utilizzato per le fasce alla base delle pareti in laterizio. In corrispondenza della porta, la fessura tra i due pavimenti dovrà essere coperta con un coprigiunto elastico. È raccomandata questa soluzione in corrispondenza della porta di accesso alle aule.

L'elemento di separazione ipotizzato in fase di progetto è del tipo Isolmant Biplus, strato resiliente in polietilene reticolato, espanso a celle chiuse, accoppiato sul lato superiore con tessuto FIBRORINFORZATO con funzione antilacerazione e sul lato inferiore con speciale fibra agugliata per migliorare la prestazione acustica (tipo Isolmant Biplus). Si riporta di seguito il rapporto di prova per la misura della rigidità dinamica apparente.



Istituto Elettrotecnico Nazionale
Galileo Ferraris



Sede di Corso Massimo d'Azeglio, 42 - 10125 TORINO - Telefax (+39)-011) 650.76.11
Sede di Strada delle Cacce, 91 - 10135 TORINO - Telefax (+39)-011) 34.63.84
Telefono (+39)-011) 3919.1 (selezione passante) - Telex 211553 IENGFI - Sito Internet: <http://www.ien.it>

RAPPORTO DI PROVA

N. 36262-01

costituito di n. 3 pagine

rilasciato in data 05 luglio 2004

a Tecnasfalti - via Umbria 8, 20098 San Giuliano M.se (MI)

Conforme alla richiesta: 2166/04 (Prot. IEN)

in data: 24/03/2004

Tipo di prova : misura in laboratorio della rigidità dinamica apparente

Campione in prova : Isolmant BIPLUS

Data di ricevimento in Istituto : 26/03/2004

Data di esecuzione della prova : 01/04/2004

Lo sperimentatore

Il Responsabile del
Settore Acustica

(Renato Spagnolo)

I risultati riportati nel presente documento si riferiscono esclusivamente agli esemplari descritti e alle condizioni di misura specificate. Ogni estensione dei risultati ad altri esemplari e ad altre condizioni di misura esula dallo scopo del documento.

Le misure delle grandezze di cui al presente documento sono espresse, in accordo con quanto disposto dal D.P.R. 12 agosto 1982, n. 802, mediante le unità del Sistema Internazionale delle unità di misura (SI), definito ed approvato dalla Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure (CGPM). In accordo con quanto stabilito dalla legge 11 agosto 1991, n. 273, la riferibilità alle unità SI è assicurata dai campioni nazionali realizzati e conservati dagli Istituti metrologici primari (Istituto di Metrologia Gustavo Colonnetti del CNR, Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris ed Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti dell'ENEA). L'incertezza di misura è dichiarata come incertezza estesa corrispondente al livello di fiducia del 95% ed è ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura specificato.

La riproduzione del presente documento è ammessa solo in copia **conforme integrale**. Può essere ammessa la riproduzione conforme parziale di questo documento soltanto su autorizzazione scritta dell'IEN, da riportare con il numero di protocollo in testa alla riproduzione.

PROCEDIMENTO DI PROVA

La misura è effettuata in accordo con la norma UNI EN 29052-1, secondo il carico statico e la tipologia di eccitazione raccomandati. Il campione sottoposto a misura aveva dimensioni pari a 200x200 mm; Il carico nominale applicato ai campioni è corrispondente a 200 kg/m². Si sono effettuate complessivamente nove misure su tre differenti provini del medesimo materiale ed il risultato esposto corrisponde alla media aritmetica delle tre misure.

STRUMENTI DI MISURA IMPIEGATI

- Oscillatore Brüel & Kjær, tipo 1027;
- Amplificatore di potenza Brüel & Kjær, tipo 4166;
- Mini Shaker Brüel & Kjær tipo 4810;
- 2 Accelerometri Brüel & Kjær tipo 4370;
- 2 Amplificatori di carica Brüel & Kjær tipo 2635;
- Analizzatore di frequenza digitale FFT a due canali ONOSOKKI CF 940;

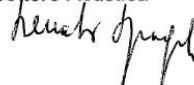
MODALITÀ DI MISURA

Il campione è stato collocato su una piastra in acciaio appoggiata sul pavimento costruito su terrapieno e pertanto dall'inerzia tale da rendere la velocità di vibrazione delle particelle trascurabile rispetto a quella della piastra di carico, in accordo con quanto disposto dalla norma; per realizzare il carico statico, secondo la disposizione tipo 1a della norma, trattandosi di materiale a cellule chiuse, sopra il campione è stata collocata una piastra in acciaio. Sulla massa superiore è stato appoggiato l'eccitatore, costituito da un Mini-Shaker Brüel & Kjær tipo 4810, ed è stato fissato mediante cera d'api il sensore di vibrazioni, l'accelerometro Brüel & Kjær tipo 4370. I dispositivi di eccitazione e misura devono essere applicati in modo da ottenere unicamente oscillazioni verticali, senza componenti di rotazione. Il carico complessivo applicato al campione è stato pari a 8,020 kg, con tolleranza rispetto al valore nominale (8 kg \pm 0,5 kg) corrispondente a quanto fissato dalla norma.

Il segnale di eccitazione, di tipo random (rumore bianco limitato ad una banda compresa tra 2 e 200 Hz, tra le quali è sicuramente compresa la frequenza di risonanza del sistema) e di tipo sinusoidale, è fornito dal generatore Brüel & Kjær tipo 1027. Il segnale generato dall'oscillatore è inviato ad un amplificatore di potenza Brüel & Kjær tipo 2706, la cui uscita è collegata al Mini-Shaker 4810. Il segnale di vibrazione, trasdotto dall'accelerometro, è inviato ad un amplificatore di carica Brüel & Kjær tipo 2635, la cui uscita in tensione, proporzionale al segnale di accelerazione nella gamma 2 ÷ 1000 Hz, è collegato ad un canale dell'analizzatore FFT, sul quale viene effettuata la lettura del livello di accelerazione in dB. Al secondo canale del medesimo analizzatore è collegato il segnale di eccitazione (uscita del generatore) onde consentire di effettuare il calcolo della funzione di trasferimento come rapporto tra gli autospettri del segnale di risposta (uscita dell'amplificatore di carica) e di eccitazione (uscita del generatore). La validità della funzione di trasferimento ottenuta è verificata controllando la funzione di coerenza, che è risultata essere prossima ad 1 nella banda di frequenze interessata.

È stata anche individuata la frequenza corrispondente al primo modo di vibrazione (frequenza di risonanza, f_r), procedendo alla verifica della frequenza alla quale si individua il livello massimo di tensione in uscita dall'accelerometro montato sulla piastra: tramite l'oscillatore si è variata la frequenza di eccitazione in modo continuo mantenendo costante la forza di eccitazione.

Il Responsabile del
Settore Acustica



La riproduzione del presente documento è ammessa solo in copia **conforme integrale**. Può essere ammessa la riproduzione conforme parziale di questo documento soltanto su autorizzazione scritta dell'IEN, da riportare con il numero di protocollo in testa alla riproduzione.

DETERMINAZIONE DELLA RIGIDITÀ DINAMICA

In base alla norma UNI-EN 29052/1-1993, la *rigidità dinamica apparente* per unità di area del campione è data dalla relazione:

$$s'_t = (2\pi \cdot f_r)^2 \cdot m'_t \quad [N/m^3], \text{ in cui:}$$

m'_t = massa per unità di area del carico totale applicato al campione, in kg/m^2

f_r = frequenza di risonanza, in Hz.

La rigidità dinamica reale s' viene calcolata tenendo conto della resistività al flusso r : nel caso presente, non essendo nota e misurabile tale resistività, viene fornito il valore della rigidità dinamica apparente.

Le specifiche del campione ed il risultato della misura vengono espressi nella tabella 1.

TABELLA 1 - RISULTATO DELLA MISURA

Campione:	Sottofondo per pavimenti
Massa:	24,0 g
Spessore:	0,75 cm
Densità:	80,0 kg/m^3
Carico statico:	8,00 kg
Massa per unità di area del carico m'_t :	200,0 kg/m^2
Frequenza di risonanza f_r :	37,6 Hz
Rigidità dinamica apparente s'_t :	11,14 MN/m^3

Il dato di calcolo viene arrotondato: $s'_t = 11 \text{ MN/m}^3$

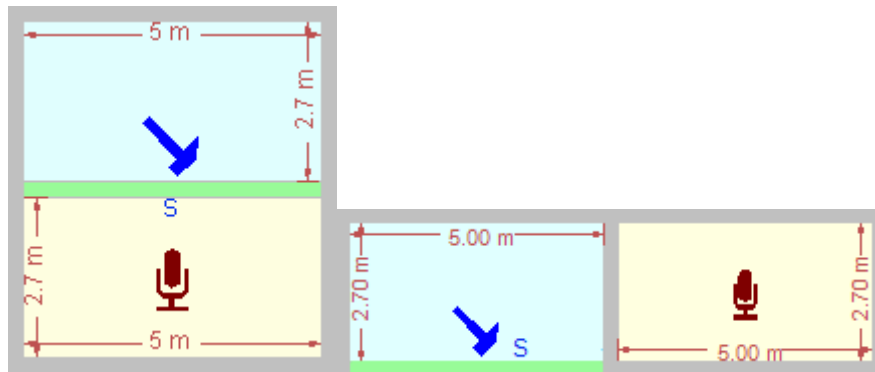
Il Responsabile del
Settore Acustica



La riproduzione del presente documento è ammessa solo in copia **conforme integrale**. Può essere ammessa la riproduzione conforme parziale di questo documento soltanto su autorizzazione scritta dell'IEN, da riportare con il numero di protocollo in testa alla riproduzione.

CALCOLO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO AL CALPESTIO

Per determinare le proprietà fonoisolanti di un solaio si pone una macchina normalizzata da calpestio su di esso: nell'ambiente sottostante (o nell'ambiente adiacente), attraverso una rete di microfoni, si misura il livello di pressione sonora L , ovvero il rumore percepito.



Il livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'area equivalente di assorbimento acustica, L'_n , caratterizza la capacità di un solaio realizzato in opera di abbattere i rumori impattivi (ISO 140-7): più è basso, maggiore è la capacità del solaio di smorzare il rumore nel piano sottostante.

Poiché L'_n varia al variare della frequenza, per ottenere un unico indice di valutazione ($L'_{n,w}$) si utilizza una procedura normalizzata (vedi calcolo in frequenza). Secondo il DPCM 5-12-97, i valori di $L'_{n,w}$, indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato, sono riferiti a elementi di separazione tra differenti ambienti abitativi. Per il suo calcolo la norma UNI EN 12354-2 propone un metodo basato su alcune ipotesi: suppone che i percorsi di trasmissione possano essere considerati indipendenti e che i campi sonori e vibratorii si comportino in modo statistico, cosicché il livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, L'_n , può essere ottenuto sommando l'energia trasmessa per mezzo di ciascun percorso.

Calcolo semplice

Ambienti sovrapposti

Secondo la UNI EN 12354-2:2017, il livello totale della pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, $L'_{n,w}$, nell'ambiente ricevente è espresso dalla (C.1):

$$L'_{n,w} = 10 \log \left(10^{\frac{L_{n,d,w}}{10}} + \sum_{j=1}^n 10^{\frac{L_{n,j,w}}{10}} \right) (\text{dB}) \quad (\text{C.1})$$

Ambienti adiacenti

Secondo la UNI EN 12354-2:2017, $L'_{n,w}$ per ambienti adiacenti è espresso dalla (C.2):

$$L'_{n,w} = 10 \log \left(\sum_{j=1}^n 10^{\frac{L_{n,j,w}}{10}} \right) (\text{dB}) \quad (\text{C.2})$$

$L_{n,d,w}$ è l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico per trasmissione diretta:

$$L_{n,d,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w - \Delta L_{d,w} \text{ (dB)} \quad (C.3)$$

dove:

- $L_{n,eq,0,w}$ è l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico equivalente del solo pavimento;
- ΔL_w è l'indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio di un rivestimento di pavimentazione;
- $\Delta L_{d,w}$ è l'indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio di uno strato ulteriore sul lato ricevente dell'elemento divisorio; questa grandezza è raramente disponibile e spesso approssimata dall'incremento del potere fonoisolante $\Delta R_{d,w}$

$L_{n,ij,w}$ è l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato per trasmissione laterale (elemento i, pavimento dell'ambiente emittente e elemento j nell'ambiente ricevente), calcolato secondo la (C.4):

$$L_{n,ij,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + \frac{R_{i,w} - R_{j,w}}{2} - \Delta R_{j,w} - K_{ij} - 10 \log \frac{S_i}{l_o l_{ij}} \text{ (dB)} \quad (C.4)$$

dove:

- $L_{n,eq,0,w}$ è l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico equivalente del solo pavimento;
- ΔL_w è l'indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio di un rivestimento di pavimentazione;
- $R_{i,w}$ è l'indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento (i);
- $R_{j,w}$ è l'indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento (j);
- K_{ij} è l'indice di riduzione delle vibrazioni per il percorso ij;
- $\Delta R_{j,w}$ è l'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante di uno strato ulteriore sul lato ricevente dell'elemento laterale (j) (vedere punto 4.3.2);
- S_i è l'area dell'elemento eccitato (pavimento);
- l_{ij} è la lunghezza del giunto ij.

Per i pavimenti omogenei l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico equivalente, $L_{n,eq,0,w}$ può essere calcolato dalla massa per unità di area m' (nell'intervallo da 100 kg/m² a 600 kg/m²) come illustrato dalla (C.5):

$$L_{n,eq,0,w} = 164 - 35 \log \left(\frac{m'}{kg/m^2} \right) \text{ (dB)} \quad (C.5)$$

I Pavimenti considerati "omogenei" secondo la UNI EN 12354-2 sono:

- Pavimento di calcestruzzo pieno gettato in opera;
- Pavimento di calcestruzzo cellulare pieno, autoclavato;
- Pavimento di travetti e alveoli;
- Pavimento di lastroni di calcestruzzo;

- Pavimento di travetti di calcestruzzo.

Per i pavimenti parzialmente omogenei l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico equivalente, $L_{n,eq,0,w}$ può essere calcolato dalla massa per unità di area m' (nell'intervallo da 270 kg/m² a 360 kg/m²) come illustrato dalla (C.6):

$$L_{n,eq,0,w} = 160 - 35 \log \left(\frac{m'}{1 \text{ kg/m}^2} \right) \text{ (dB)} \quad (C.6)$$

I Pavimenti considerati "omogenei" secondo la UNI EN 12354-2 sono:

- Travetti e blocchi di argilla prefabbricati;
- Travetti e blocchi di argilla gettati in opera.

Se non sono disponibili valori misurati, ΔL_w , per pavimenti galleggianti in cemento sabbioso o solfato di calcio, si può calcolare dalla (C.7):

$$\Delta L_w = 30 \cdot \log \frac{f}{f_0} \quad (C.7)$$

Secondo la UNI/TR 11175 [28] e la UNI EN ISO 717-2 si aggiungono 3dB a ΔL_w

Per pavimenti galleggianti in asfalto o per i pavimenti galleggianti a secco può essere calcolato dalla (C.8):

$$\Delta L_w = 40 \cdot \log \frac{f}{f_0} \quad (C.8)$$

Secondo la UNI/TR 11175 [29] e la UNI EN ISO 717-2 si sottraggono 3dB a ΔL_w

Per entrambe le formule:

f è la frequenza centrale di banda di ottava o di terzo di ottava, in hertz;

f_0 è la frequenza risonante del sistema, in hertz, secondo la (C.9):

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{s'}{m'}} \quad (C.9)$$

dove:

s' è la rigidità dinamica per unità di area dello strato resiliente in conformità alla EN 29052-1 misurata senza alcun pre-carico, in meganewton per metro cubo;

m' è la massa per unità di area del pavimento galleggiante, in kilogrammi per metri quadri.

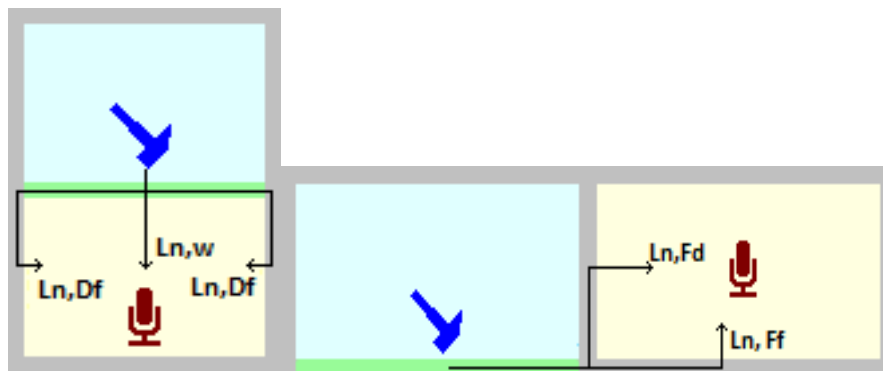
Dal valore di $L'_{n,w}$ si ottiene l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto al tempo di riverberazione:

$$L'_{nT,w} = L'_{n,w} - 10 \log \frac{C_{sab} V}{A_0 T_0} \quad (C.10)$$

dove:

- V è il volume del locale ricevente (m³)
- C_{sab} è la costante di Sabine, in secondi per metro con $C_{sab} = 0,16$ s/m.

Per le situazioni comuni il numero degli elementi laterali da considerare è $n = 4$ per ambienti sovrapposti e $n = 2$ per ambienti adiacenti .



$L'_{n,w}$ si ottiene utilizzando il metodo proposto nella EN ISO 717-2: procedendo a passi di 1 dB, si avvicina la curva di riferimento definita dalla norma alla curva misurata, fino a quando la somma degli scarti sfavorevoli è più grande possibile e comunque non maggiore di 32,0 dB. Uno scarto sfavorevole, ad una frequenza data, si produce quando il risultato delle misurazioni è maggiore del valore di riferimento. Quindi, $L'_{n,w}$ è il valore ottenuto in corrispondenza della frequenza a 500 Hz della curva di riferimento scalata.

Il calcolo è effettuato per frequenze in bande di terzo di ottava comprese tra 100 Hz e 3150 Hz.

Il sistema per ridurre il rumore generato dal calpestio consiste nel realizzare pavimenti galleggianti in tutti gli ambienti abitativi, nel pianerottolo delle scale e anche sui gradini.

Il sistema materiale resiliente-massetto-pavimento deve essere costituito opportunamente, infatti la frequenza di risonanza dipende dalle caratteristiche di tutte le parti del sistema, per cui i benefici di un materiale morbido potrebbero essere neutralizzati da un massetto troppo pesante. A questo scopo, come materiali resilienti, si utilizzano gomme, polietilene, polistirene espanso.

Per contenere l'effetto dei ponti acustici costituiti dall'intersezione del solaio alle pareti laterali, è necessario stendere uno strato di materiale resiliente sul solaio nudo e ripiegare tale materiale sui fianchi, fino all'altezza del pavimento, anche in corrispondenza delle soglie di ingresso dei balconi o delle porte.

Per le stesse ragioni, si consiglia di desolidarizzare le scale dalle pareti adiacenti.

Nella realizzazione di sistemi di riscaldamento a pavimento anche le tubazioni e i collettori devono essere opportunamente desolidarizzati.

TEMPO DI RIVERBERO

L'acustica interna delle aule, dei laboratori e degli spazi polivalenti e della palestra è stata valutata al fine di ottenere il rispetto dei parametri di legge ($TR_{1,2}$ sec aula arredata con 2 persone secondo **Circolare n. 3150 22 Maggio 1967** e **D.M. 18 Dicembre 1975** e TR 2.2 .2), e garantire un buon comfort acustico negli ambienti. Per rispettare il parametro tempo di riverbero è necessario realizzare controsoffitti che abbiano caratteristiche di assorbimento acustico adeguate

Il parametro che fornisce un'indicazione su quanto lungo sia il tempo nel quale un suono si mantiene a livelli relativamente elevati, anche dopo la cessazione dell'emissione da parte della sorgente, è il Tempo di Riverberazione.

Le misurazioni del tempo di riverberazione sono importanti nel campo del controllo del rumore e per la valutazione degli ambienti in cui tenere discorsi o suonare musica. Maggiore è il tempo di riverberazione, maggiore è l'eco all'interno di un ambiente, quindi, il tempo di riverberazione dovrà assumere dei valori idonei al tipo di destinazione d'uso dell'ambiente stesso: valori bassi sono adeguati a locali con permanenza di persone, cinema e ristoranti; valori elevati sono adeguati a chiese e ambienti di ascolto.

La presenza di persone all'interno dell'ambiente influenza il valore del tempo di riverberazione, poiché determina un aumento dell'assorbimento acustico.

Il calcolo può essere effettuato utilizzando la formula di Sabine:

$$T_R = 0.16 \frac{V}{A} \text{ (s)} \quad \text{(T.1)}$$

dove:

- T_R è il tempo di riverberazione alla frequenza definita (s);
- V è il volume dell'ambiente (m³);
- A è l'area equivalente di assorbimento acustico dell'ambiente (m²).

L'area equivalente di assorbimento acustico è data dalla somma delle aree delle diverse superfici presenti nell'ambiente, ciascuna moltiplicata per il proprio coefficiente di assorbimento acustico, α_i , e la somma del numero di elementi del j-esimo tipo (n_j), ciascuno moltiplicato per l'assorbimento totale (A_j).

Di norma, è utilizzato il tempo di riverberazione T_{60} che è l'intervallo di tempo in cui l'energia sonora decresce di 60 dB dopo lo spegnimento della sorgente.

Il DPCM 5-12-1997 richiama i limiti per gli ambienti scolastici definiti nella Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n° 3150 del 22-05-1967 che prevede dei valori massimi da applicare alla media dei tempi di riverberazione relativi alle frequenze di 250 – 500 – 1000 – 2000 Hz:

- 1,2 secondi per le aule arredate, con la presenza di due persone al massimo;
- 2,2 secondi per le palestre (non utilizzate come auditorio).

IMPIANTI

Gli impianti sono classificati, a seconda delle modalità temporali di funzionamento (DPCM 5-12-97), in:

- **Servizi a funzionamento discontinuo:** impianti fissi il cui livello sonoro emesso non sia costante nel tempo e caratterizzato da brevi periodi di funzionamento rispetto al tempo di inattività durante l'arco di una giornata; rientrano in questa tipologia gli impianti sanitari (scarichi idraulici, bagni, servizi igienici, rubinetteria), gli ascensori, i montacarichi e le chiusure automatiche, il cui parametro di riferimento è L_{ASmax} , livello massimo di pressione sonora, ponderata A con costante di tempo slow.
- **Servizi a funzionamento continuo:** impianti fissi il cui livello sonoro emesso nel tempo sia essenzialmente costante; rientrano in questa tipologia gli impianti di riscaldamento, climatizzazione, ricambio d'aria, estrazione forzata, il cui parametro di riferimento è L_{Aeq} , livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderata A.

I valori limite di tali parametri cambiano in funzione della destinazione d'uso dell'edificio e sono indicati nella Tabella 1.

La misura è eseguita nell'ambiente con livello di rumore più elevato e diverso da quello in cui si trova la sorgente, infatti i limiti imposti dal DPCM non sono riferiti agli impianti, ma al rumore che propagano nell'edificio.

Di seguito gli interventi realizzati per prevenire e/o ridurre il disturbo verso gli utenti dell'edificio.

Tubazioni (tipo di funzionamento: Discontinuo)

Interventi:

- Il tubo è sconnesso dall'elemento solido (parete o solaio) attraverso la sistemazione di materiale smorzante e fissato al muro con "collari" muniti di elemento insonorizzante.
- A monte dell'impianto è installato un riduttore di pressione.
- I rubinetti sono dotati di elementi "rompi-getto".
- All'interno dei tubi è utilizzata una valvola che estingue lentamente il flusso d'acqua.
- Presso le valvole di condotta è installata una camera d'aria ad assorbimento d'urto.
- Le tubazioni sono inserite in appositi cavedi con adeguato potere fonoisolante.

Scarichi (tipo di funzionamento: Discontinuo)

Interventi:

- Non sono utilizzate connessioni rigide con le strutture.
- La sezione del collettore è aumentata per ridurre la velocità di deflusso delle acque.
- Sono evitate le pendenze elevate del tubo di collegamento fra sifone e colonna di scarico, per ridurre i tipici "gorgoglii".

Ascensori (tipo di funzionamento: Discontinuo)

Interventi:

- Il vano ascensore è realizzato con pareti in muratura ad elevata massa areica.
- Il motore di sollevamento è montato su supporti antivibranti in apposito locale.
- Il vano ascensore non è in prossimità di locali in cui è richiesta particolare tranquillità.
- Le porte di ingresso situate vicino alle porte di sbarco dell'ascensore sono sigillate opportunamente.

Impianti di riscaldamento (tipo di funzionamento: Continuo)

Interventi:

- Le tubazioni sono dotate di giunti elastici e ancoraggi flessibili.
- Gli elementi termo-radianti hanno un collegamento elastico con la tubatura.
- Gli elementi termo-radianti hanno un supporto elastico per l'ancoraggio alla parete o al solaio.
- La centrale termica è collocata all'esterno.
- La centrale termica è collocata in un locale di servizio.
- La centrale termica è delimitata da strutture ad elevato potere fonoisolante.
- La centrale termica è montata su supporti antivibranti.
- La canna fumaria è collegata alla caldaia con un elemento elastico.
- La canna fumaria è coibentata in acciaio e ancorata con supporti antivibranti alle pareti.

Impianti di condizionamento (tipo di funzionamento: Continuo)

Interventi:

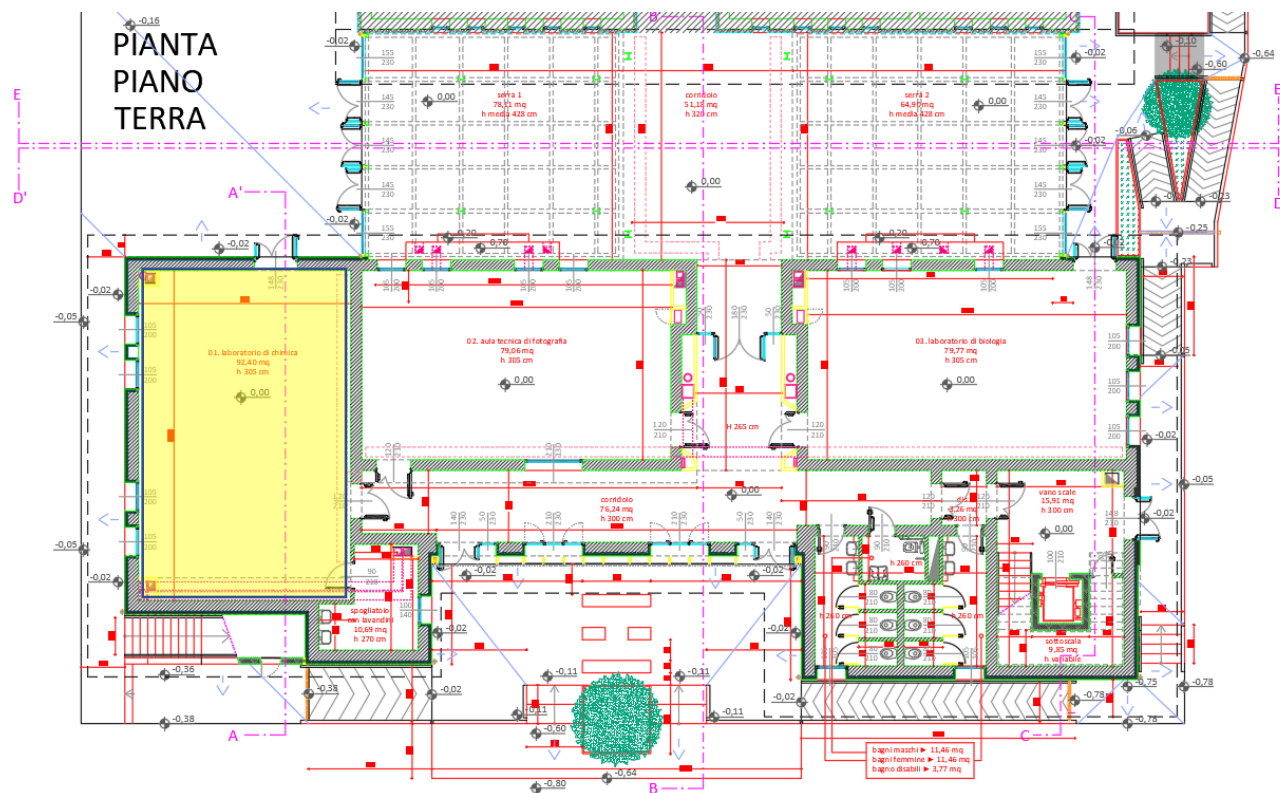
- Gli impianti sono posizionati in luoghi dove l'impatto è minore.
- Le staffe di supporto dell'impianto sono provviste di idonei giunti antivibranti.
- I macchinari sul tetto sono isolati con barriere antirumore.

Impianti elettrici (tipo di funzionamento: Continuo)

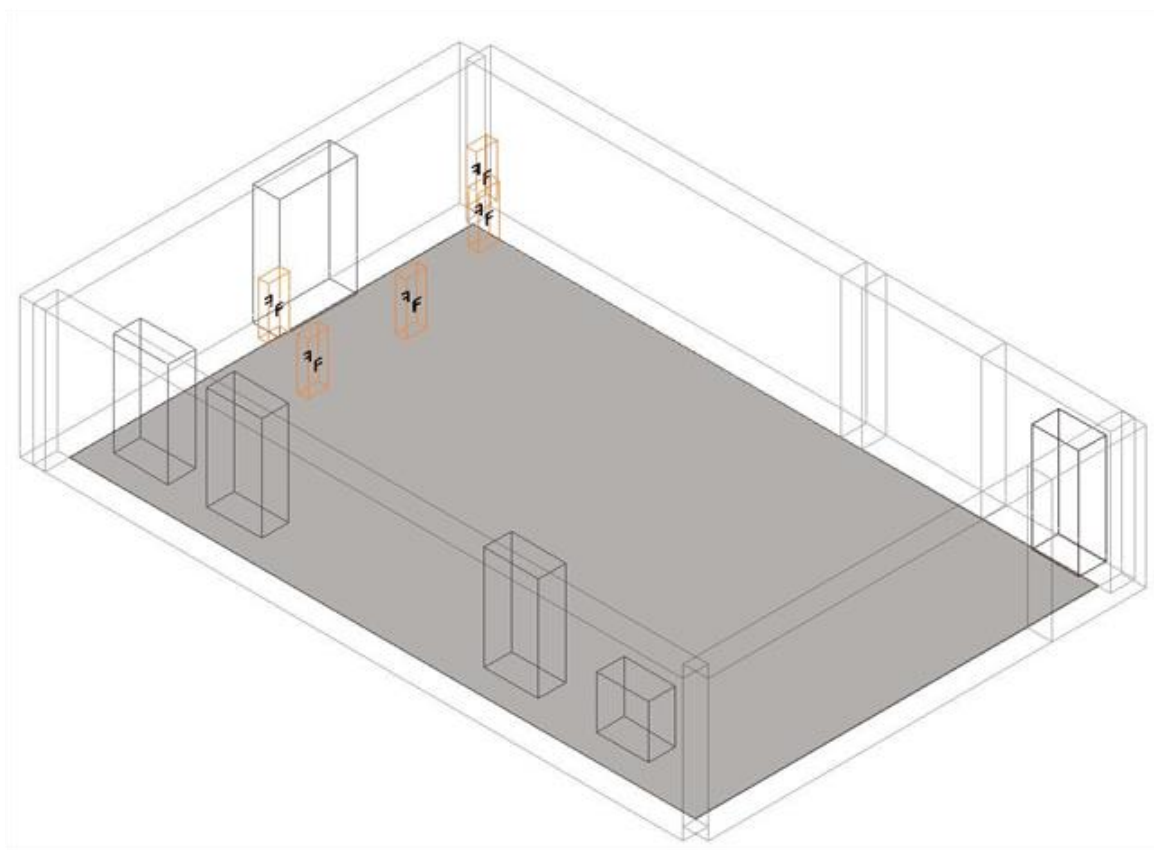
Interventi:

- Le cassette elettriche e i quadri elettrici non sono posizionati sui due lati di una stessa parete in corrispondenza l'uno dell'altro.

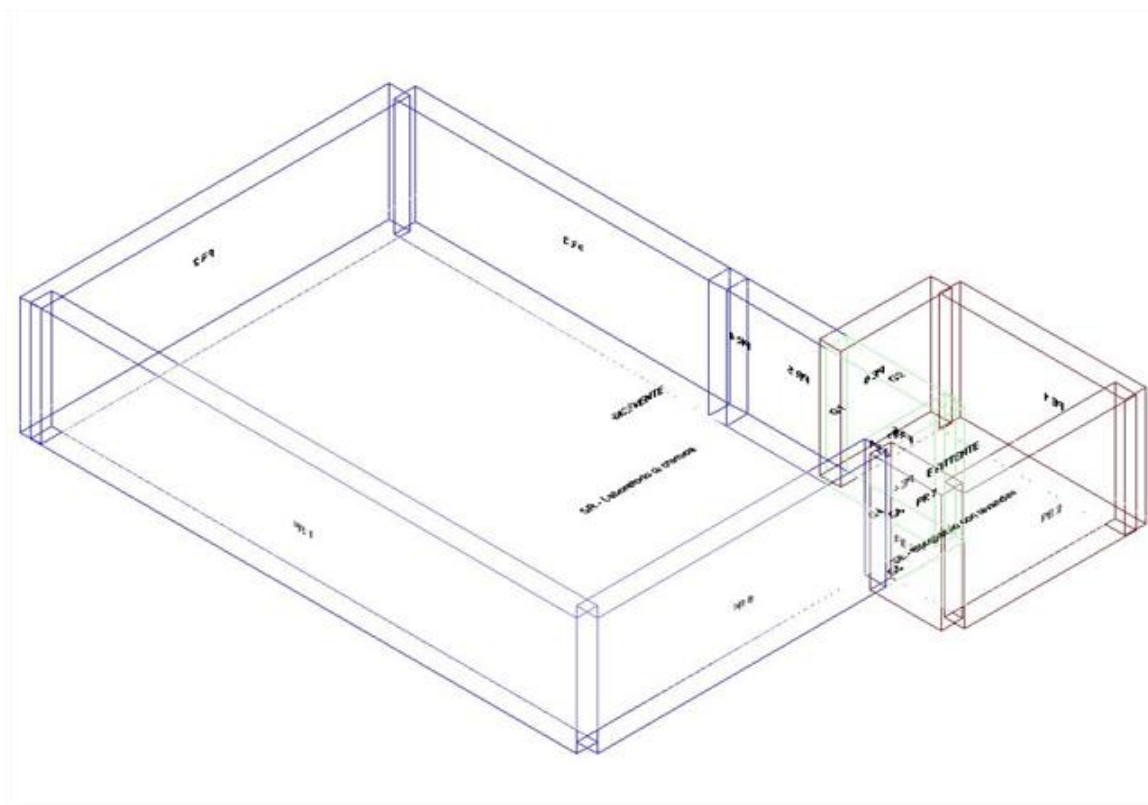
Esaminati gli aspetti relativi ai singoli materiali da impiegare, è possibile condurre le verifiche previste dalla normativa vigente. Nell’ambito della presente relazione, esse saranno condotte per il locale “Laboratorio di chimica”, evidenziato in giallo nell’immagine seguente



Valori dei parametri indicati nel DPCM del 5/12/1997		
Cat. E - Attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili		
$R'_w \geq$	50.0	Indice del potere fonoisolante apparente
$D_{2m,nT,w} \geq$	48.0	Indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata
$L'_{n,w} \leq$	58.0	Indice di valutazione del livello apparente normalizzato di rumore da calpestio
$L_{A_{\max}} \leq$	35.0	Livello massimo di pressione sonora
$L_{Aeq} \leq$	25.0	Livello continuo equivalente di pressione sonora



**Isolamento acustico per via aerea (adiacenti): Piano T.-Spogliatoio con lavandini »
Piano T.-Laboratorio di chimica**



Calcolo di isolamento per via aerea tra il vano emittente "Piano T.-Spogliatoio con lavandini" e il vano ricevente "Piano T.-Laboratorio di chimica"

	Vano Ricevente Laboratorio di chimica	Vano Emittente Spogliatoio con lavandini
Piano	Piano T.	Piano T.
Unità immobiliare	Laboratorio di chimica	Spogliatoio con lavandini
Volume	286.04	25.03 m ³
Superficie	93.78	9.27 m ²

Pareti di separazione:

Parete	Controparete ricevente	Controparete emittente	Superf.
PA.LA.923	---	---	6.10 m ²
PA.LA.923	---	---	3.67 m ²

Parete di separazione equivalente:

Superficie	Rw	Massa Sup.	DRw Ricevente	DRw Emittente
9.77 m ²	53.4 dB	394.9 Kg/m ²	0.0 dB	0.0 dB

Descrizione dei giunti e di strutture e strati che ne fanno parte:

Giunto	Lato Ricevente		Lato Emittente	
	Struttura	Strato	Struttura	Strato
G1	PA.LA.923	---	PA.LA.923	---
G2	SO.LC.009	CS.010	SO.LC.009	CS.010
G3	SO.LC.009	CS.010	SO.LC.009	CS.010
G4	PA.LA.D.003	---	PA.LA.D.003	---
G5	SO.LC.009	PV.010	SO.LC.009	PV.010
G6	SO.LC.009	PV.010	SO.LC.009	PV.010

Giunto			Kij			Dv,ij,n			Rij		
	Descrizione	Lunghezza	Df	Fd	Ff	Df	Fd	Ff	Df	Fd	Ff
G1	A T con ambiente emittente spostato per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	2.70	5.7	5.7	5.7	---	---	---	64.7	64.7	64.7
G2	A croce per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	2.26	8.7	8.7	9.4	---	---	---	80.2	80.2	86.1
G3	A croce per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	1.36	8.7	8.7	9.4	---	---	---	82.4	82.4	88.3
G4	A T con ambiente emittente spostato per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	2.70	5.7	6.1	5.7	---	---	---	68.5	68.9	72.4
G5	A T per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	1.36	5.7	5.7	6.2	---	---	---	66.4	66.4	65.6
G6	A T per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	2.26	5.7	5.7	6.2	---	---	---	64.2	64.2	63.4

RISULTATI

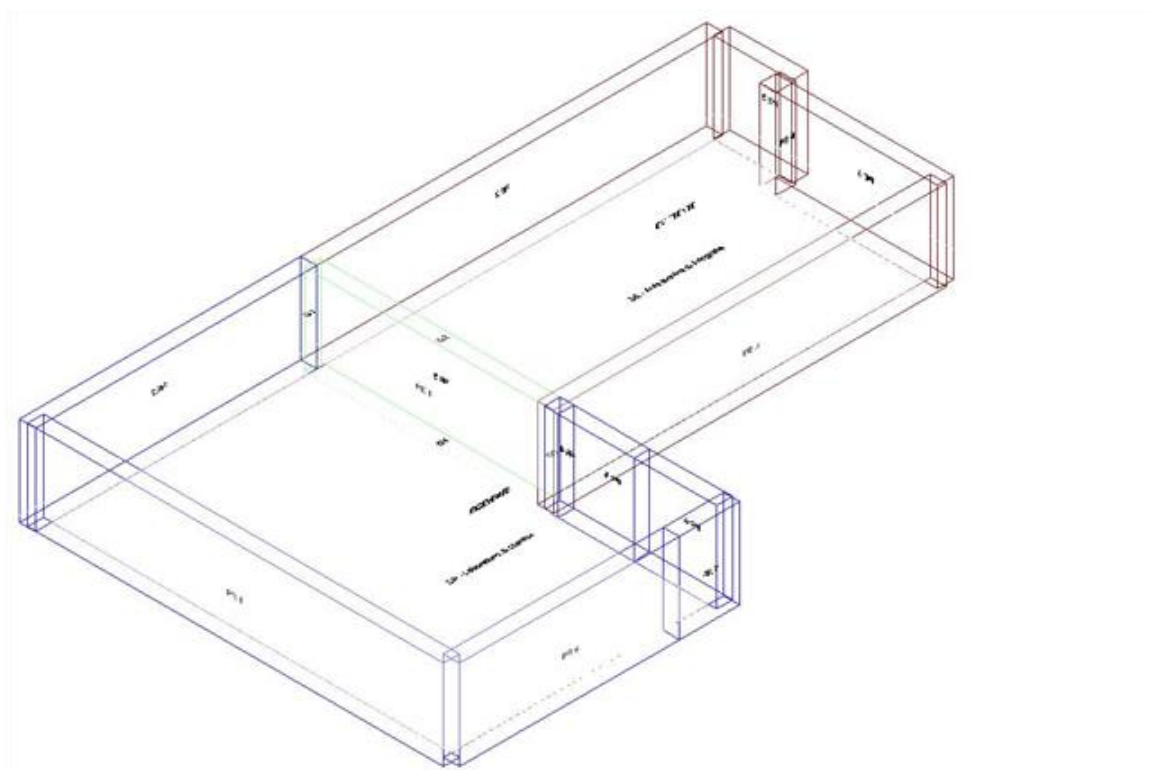
R'_w = 51.0 dB

$D_{nT,w}$ = 60.7 dB

DPCM del 5/12/97: **Cat. E - Attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili $R'_w \geq 50$ dB**

Verificato

**Isolamento acustico per via aerea (adiacenti): Piano T.-Aula tecnica di fotografia »
Piano T.-Laboratorio di chimica**



Calcolo di isolamento per via aerea tra il vano emittente "Piano T.-Aula tecnica di fotografia" e il vano ricevente "Piano T.-Laboratorio di chimica"

	Vano Ricevente Laboratorio di chimica	Vano Emittente Aula tecnica di fotografia
Piano	Piano T.	Piano T.
Unità immobiliare	Laboratorio di chimica	Aula tecnica di fotografia
Volume	286.04	238.32 m ³
Superficie	93.78	78.14 m ²

Pareti di separazione:

Parete	Controparete ricevente	Controparete emittente	Superf.
PA.LA.923	---	---	19.20 m ²

Descrizione dei giunti e di strutture e strati che ne fanno parte:

Giunto	Lato Ricevente	Lato Emittente
--------	----------------	----------------

	Struttura	Strato	Struttura	Strato
G1	PA.LA.D.003	---	PA.LA.D.003	---
G2	SO.LC.009	CS.010	SO.LC.009	CS.010
G3	PA.LA.923	---	PA.LA.923	---
G4	SO.LC.009	PV.010	SO.LC.009	PV.010

Giunto			Kij			Dv,ij,n			Rij		
	Descrizione	Lunghezza	Df	Fd	Ff	Df	Fd	Ff	Df	Fd	Ff
G1	A T per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	2.70	5.7	5.7	4.9	---	---	---	71.4	71.4	74.5
G2	A croce per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	7.11	8.7	8.7	9.4	---	---	---	78.1	78.1	84.1
G3	A T con ambiente emittente spostato per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	2.70	5.7	5.7	5.7	---	---	---	67.6	67.6	67.6
G4	A T per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	7.11	5.7	5.7	6.2	---	---	---	62.1	62.1	61.4

RISULTATI

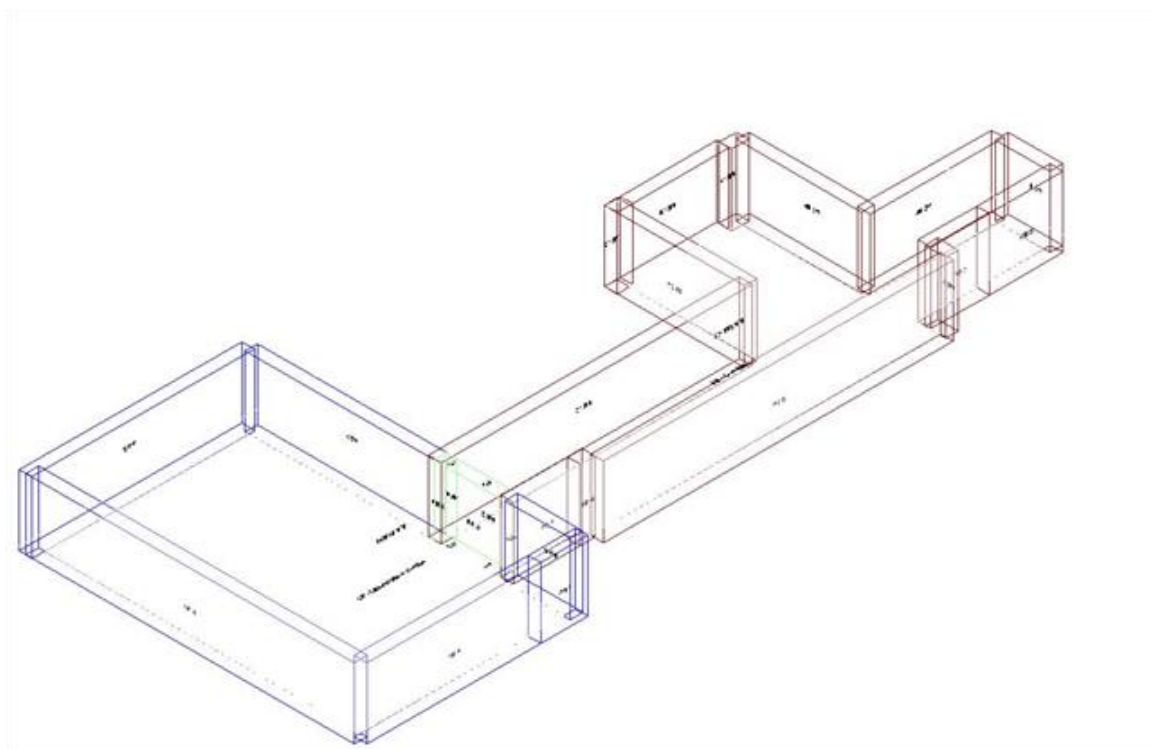
R'_w = 51.4 dB

D_{nT,w} = 58.2 dB

DPCM del 5/12/97: **Cat. E - Attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili R'_w ≥ 50 dB**

Verificato

Isolamento acustico per via aerea (adiacenti): Piano T.-Corridoio » Piano T.-Laboratorio di chimica



Calcolo di isolamento per via aerea tra il vano emittente "Piano T.-Corridoio" e il vano ricevente "Piano T.-Laboratorio di chimica"

	Vano Ricevente Laboratorio di chimica	Vano Emittente Corridoio
Piano	Piano T.	Piano T.
Unità immobiliare	Laboratorio di chimica	Corridoio
Volume	286.04	209.03 m ³
Superficie	93.78	69.68 m ²

Pareti di separazione:

Parete	Controparete ricevente	Controparete emittente	Superf.
PA.LA.923	---	---	1.08 m ²
PA.LA.923	---	---	6.21 m ²

Parete di separazione equivalente:

Superficie	Rw	Massa Sup.	DRw Ricevente	DRw Emittente
7.29 m ²	53.4 dB	394.9 Kg/m ²	0.0 dB	0.0 dB

Descrizione dei giunti e di strutture e strati che ne fanno parte:

Giunto	Lato Ricevente		Lato Emittente	
	Struttura	Strato	Struttura	Strato
G1	SO.LC.009	CS.010	SO.LC.009	CS.010
G2	SO.LC.009	CS.010	SO.LC.009	CS.010
G3	PA.LA.923	---	PA.LA.923	---
G4	SO.LC.009	PV.010	SO.LC.009	PV.010
G5	SO.LC.009	PV.010	SO.LC.009	PV.010

Giunto			Kij			Dv,ij,n			Rij		
	Descrizione	Lunghezza	Df	Fd	Ff	Df	Fd	Ff	Df	Fd	Ff
G1	A croce per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	0.40	8.7	8.7	9.4	---	---	---	86.4	86.4	92.4
G2	A croce per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	2.30	8.7	8.7	9.4	---	---	---	78.8	78.8	84.8
G3	A T con ambiente emittente spostato per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	2.70	5.7	5.7	5.7	---	---	---	63.4	63.4	63.4
G4	A T per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	2.30	5.7	5.7	6.2	---	---	---	62.8	62.8	62.1
G5	A T per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	0.40	5.7	5.7	6.2	---	---	---	70.4	70.4	69.7

RISULTATI

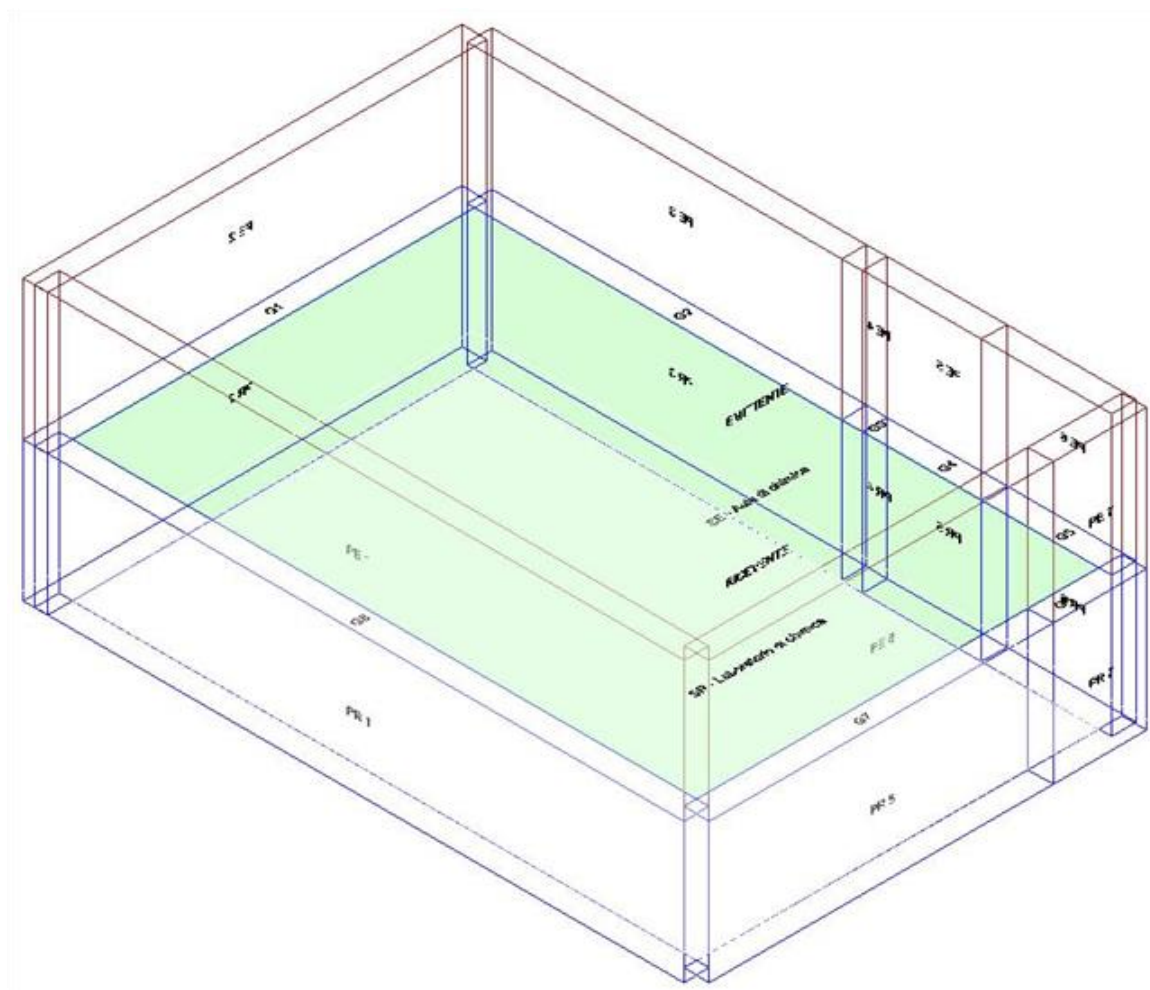
R'_w = 51.0 dB

D_{nT,w} = 62.0 dB

DPCM del 5/12/97: **Cat. E - Attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili R'_w ≥ 50 dB**

Verificato

Isolamento acustico per via aerea (sovrapposti): Piano 1-Aula di chimica » Piano T.-Laboratorio di chimica



Calcolo di isolamento per via aerea tra il vano emittente "Piano 1-Aula di chimica" e il vano ricevente "Piano T.-Laboratorio di chimica"

	Vano Ricevente Laboratorio di chimica	Vano Emittente Aula di chimica
Piano	Piano T.	Piano 1
Unità immobiliare	Laboratorio di chimica	Aula di chimica
Volume	286.04	286.04 m ³
Superficie	93.78	93.78 m ²

Solaio di separazione:

Solaio	Controsoffitto ricevente	Pavimento emittente	Superf.
SO.LC.009	CS.010	PV.010	93.78 m ²

Descrizione dei giunti e di strutture e strati che ne fanno parte:

Giunto	Lato Ricevente		Lato Emittente	
	Struttura	Strato	Struttura	Strato
G1	PA.LA.D.003	---	PA.LA.D.003	---
G2	PA.LA.923	---	PA.LA.923	---
G3	PA.LA.923	---	PA.LA.923	---
G4	PA.LA.923	---	PA.LA.923	---
G5	PA.LA.923	---	PA.LA.923	---
G6	PA.LA.923	---	PA.LA.923	---
G7	PA.LA.D.003	---	PA.LA.D.003	---
G8	PA.LA.D.003	---	PA.LA.D.003	---

Giunto			Kij			Dv,ij,n			Rij		
	Descrizione	Lunghezza	Df	Fd	Ff	Df	Fd	Ff	Df	Fd	Ff
G1	A T per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	7.77	5.7	5.7	4.4	---	---	---	72.5	85.5	76.3
G2	A croce per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	7.11	8.7	8.7	8.1	---	---	---	72.0	85.0	72.7
G3	A croce per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	0.40	8.7	8.7	8.1	---	---	---	84.5	97.5	85.2
G4	A croce per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	2.30	8.7	8.7	8.1	---	---	---	76.9	89.9	77.6
G5	A croce per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	2.26	8.7	8.7	8.1	---	---	---	77.0	90.0	77.6
G6	A croce per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	1.36	8.7	8.7	8.1	---	---	---	79.2	92.2	79.9
G7	A T per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	6.41	5.7	5.7	4.4	---	---	---	73.3	86.3	77.1
G8	A T per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	12.07	5.7	5.7	4.4	---	---	---	70.6	83.6	74.4

RISULTATI

R'_w = 60.4 dB

D_{nT,w} = 60.3 dB

	Vano Ricevente Laboratorio di chimica	Vano Emittente Aula di chimica
Piano	Piano T.	Piano 1
Unità immobiliare	Laboratorio di chimica	Aula di chimica
Volume	286.04	286.04 m³
Superficie	93.78 m²	93.78 m²

Solaio di separazione	Controsoffitto ricevente	Pavimento emittente	Superf.
SO.LC.009	CS.010	PV.010	93.78 m ²

Descrizione dei giunti e di strutture e strati che ne fanno parte:

Giunto	Lato Ricevente		Lato Emittente	
	Struttura	Strato	Struttura	Strato
G1	PA.LA.D.003	---	PA.LA.D.003	---
G2	PA.LA.923	---	PA.LA.923	---
G3	PA.LA.923	---	PA.LA.923	---
G4	PA.LA.923	---	PA.LA.923	---
G5	PA.LA.923	---	PA.LA.923	---
G6	PA.LA.923	---	PA.LA.923	---
G7	PA.LA.D.003	---	PA.LA.D.003	---
G8	PA.LA.D.003	---	PA.LA.D.003	---

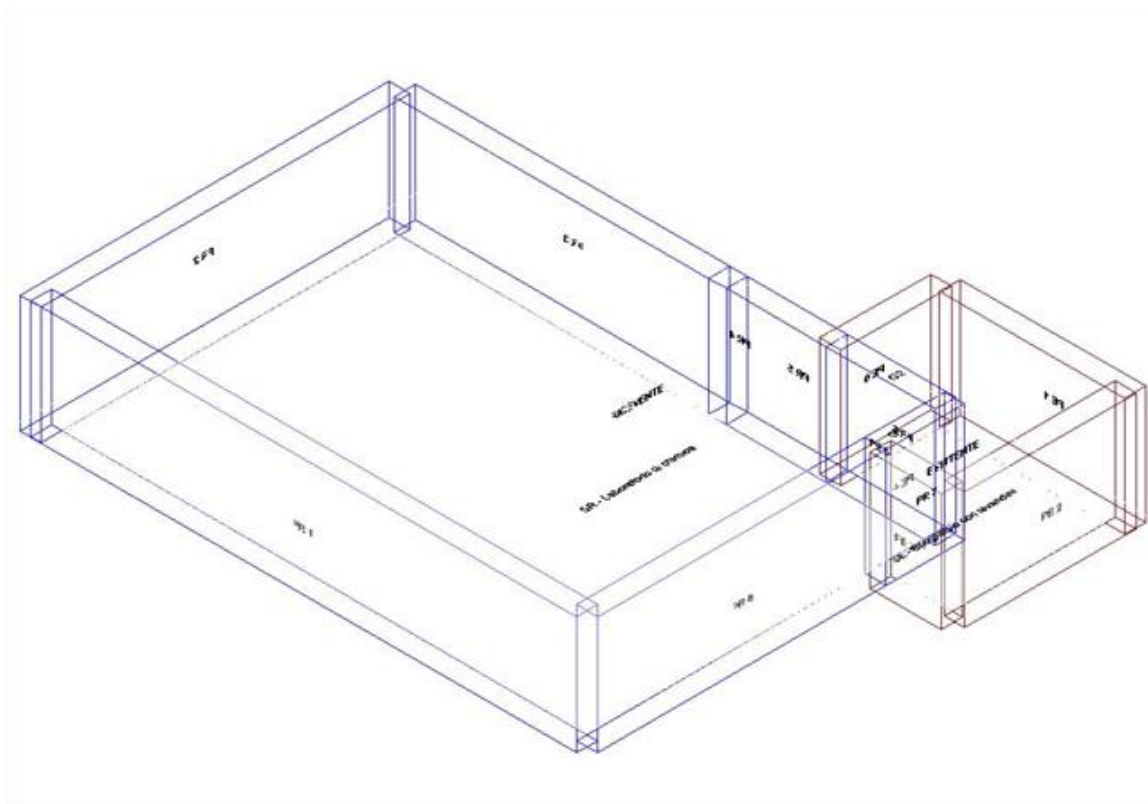
Giunto			Kij			Dv,ij,n			Ln,ij		
	Descrizione	Lunghezza	Df	Fd	Ff	Df	Fd	Ff	Df	Fd	Ff
G1	A T per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	7.77	5.7	---	---	---	---	---	15.0	---	---
G2	A croce per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	7.11	8.7	---	---	---	---	---	15.4	---	---
G3	A croce per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	0.40	8.7	---	---	---	---	---	2.9	---	---
G4	A croce per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	2.30	8.7	---	---	---	---	---	10.5	---	---
G5	A croce per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	2.26	8.7	---	---	---	---	---	10.5	---	---
G6	A croce per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	1.36	8.7	---	---	---	---	---	8.3	---	---
G7	A T per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	6.41	5.7	---	---	---	---	---	14.1	---	---
G8	A T per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	12.07	5.7	---	---	---	---	---	16.9	---	---

RISULTATI

$$L'_{nw} = 33.0 \text{ dB}$$

$$L'_{nT,w} = 23.4 \text{ dB}$$

Isolamento acustico al calpestio: Piano T.-Spogliatoio con lavandini » Piano T.-Laboratorio di chimica



Calcolo di isolamento per via aerea tra il vano emittente "Piano T.-Spogliatoio con lavandini" e il vano ricevente "Piano T.-Laboratorio di chimica"

	Vano Ricevente Laboratorio di chimica	Vano Emittente Spogliatoio con lavandini
Piano	Piano T.	Piano T.
Unità immobiliare	Laboratorio di chimica	Spogliatoio con lavandini
Volume	286.04	25.03 m ³
Superficie	93.78 m ²	9.27 m ²

Solaio di separazione	Controsoffitto ricevente	Pavimento emittente	Superf.
SO.LC.009	---	PV.010	9.27 m ²

Descrizione dei giunti e di strutture e strati che ne fanno parte:

Giunto	Lato Ricevente		Lato Emittente	
	Struttura	Strato	Struttura	Strato
G1	SO.LC.009	PV.010	SO.LC.009	PV.010
G2	SO.LC.009	PV.010	SO.LC.009	PV.010

Giunto			Kij			Dv,ij,n			Ln,ij		
	Descrizione	Lunghezza	Df	Fd	Ff	Df	Fd	Ff	Df	Fd	Ff
G1	A T per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	1.36	---	5.7	6.2	---	---	---	---	21.3	22.1
G2	A T per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	2.26	---	5.7	6.2	---	---	---	---	23.5	24.3

RISULTATI

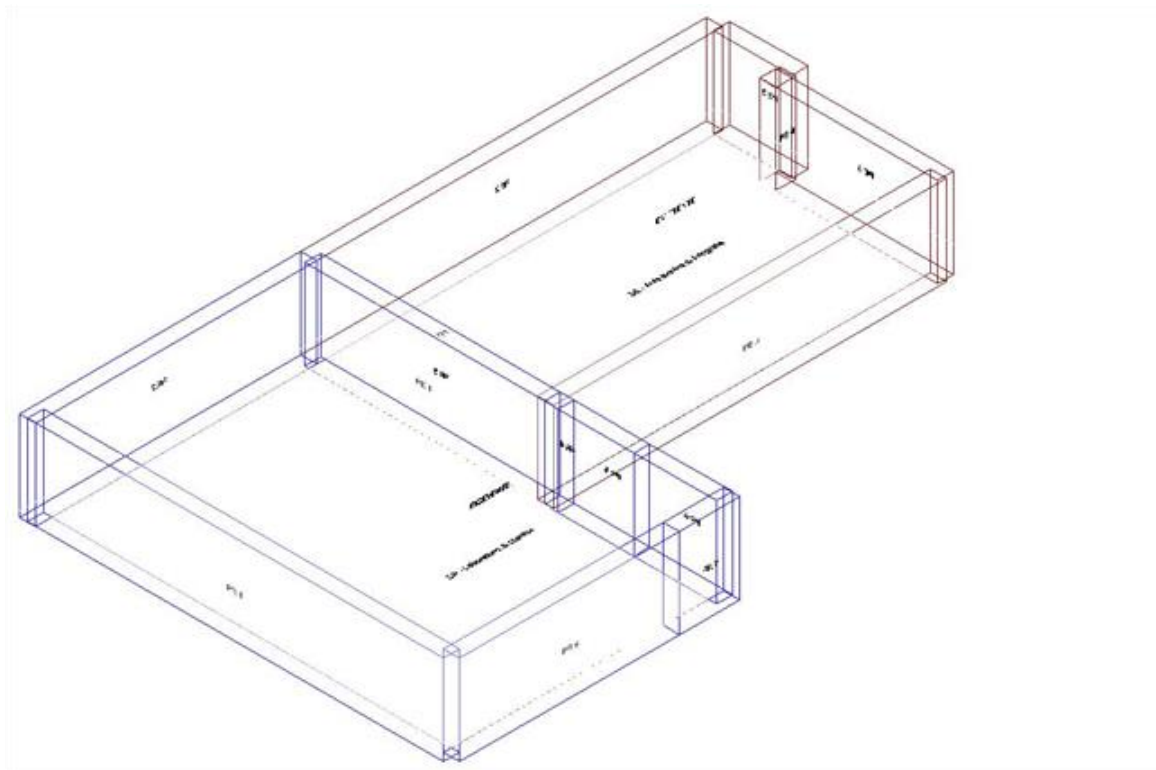
L'_{nw} = 29.0 dB

$L'_{nT,w}$ = 19.4 dB

DPCM del 5/12/97: **Cat. E - Attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili** $L'_{nw} \leq 58$ dB

Verificato

Isolamento acustico al calpestio: Piano T.-Aula tecnica di fotografia » Piano T.-Laboratorio di chimica



Calcolo di isolamento per via aerea tra il vano emittente "Piano T.-Aula tecnica di fotografia" e il vano ricevente "Piano T.-Laboratorio di chimica"

	Vano Ricevente Laboratorio di chimica	Vano Emittente Aula tecnica di fotografia
Piano	Piano T.	Piano T.
Unità immobiliare	Laboratorio di chimica	Aula tecnica di fotografia
Volume	286.04	238.32 m ³
Superficie	93.78 m ²	78.14 m ²

Solaio di separazione	Controsoffitto ricevente	Pavimento emittente	Superf.
SO.LC.009	---	PV.010	78.14 m ²

Descrizione dei giunti e di strutture e strati che ne fanno parte:

Giunto	Lato Ricevente		Lato Emittente	
	Struttura	Strato	Struttura	Strato
G1	SO.LC.009	PV.010	SO.LC.009	PV.010

Giunto	Kij	Dv,ij,n	Ln,ij
--------	-----	---------	-------

	Descrizione	Lunghezza	Df	Fd	Ff	Df	Fd	Ff	Df	Fd	Ff
G1	A T per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	7.11	---	5.7	6.2	---	---	---	---	19.2	20.0

RISULTATI

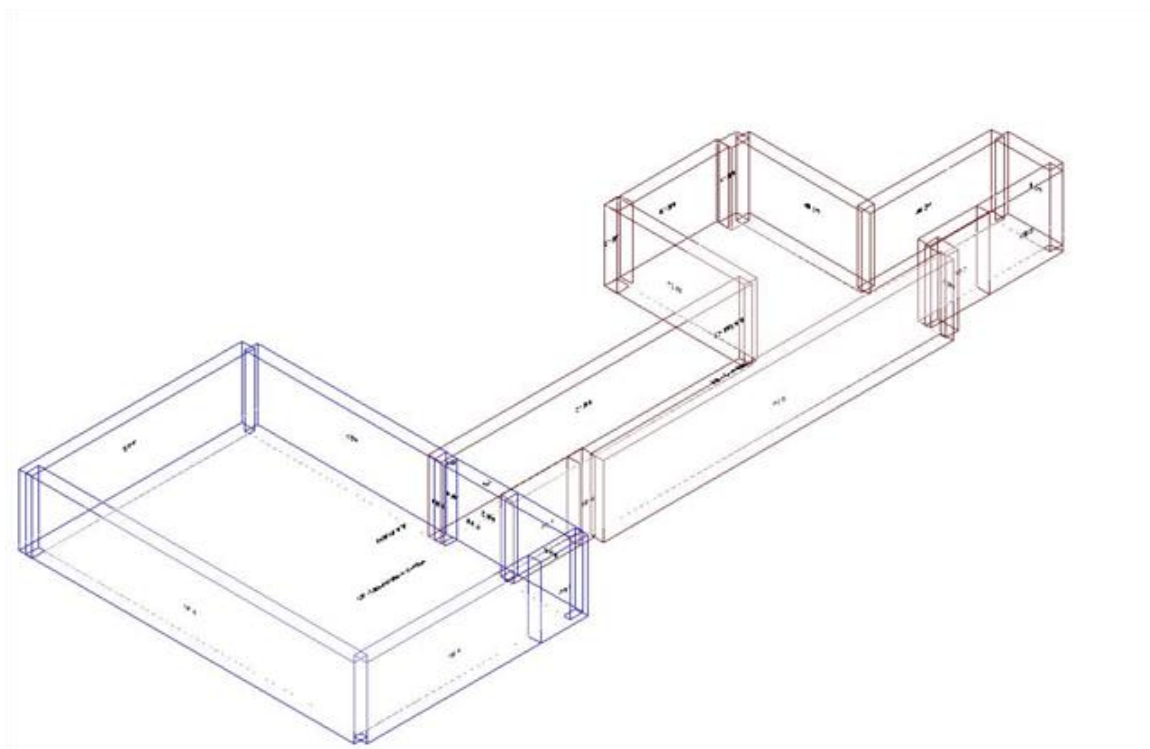
L'_{nw} = 22.6 dB

$L'_{nT,w}$ = 13.0 dB

DPCM del 5/12/97: **Cat. E - Attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili** $L'_{nw} \leq 58$ dB

Verificato

Isolamento acustico al calpestio: Piano T.-Corridoio » Piano T.-Laboratorio di chimica



Calcolo di isolamento per via aerea tra il vano emittente "Piano T.-Corridoio" e il vano ricevente "Piano T.-Laboratorio di chimica"

	Vano Ricevente Laboratorio di chimica	Vano Emittente Corridoio
Piano	Piano T.	Piano T.
Unità immobiliare	Laboratorio di chimica	Corridoio

Volume	286.04	209.03 m ³
Superficie	93.78 m ²	69.68 m ²

Solaio di separazione	Controsoffitto ricevente	Pavimento emittente	Superf.
SO.LC.009	---	PV.010	69.68 m ²

Descrizione dei giunti e di strutture e strati che ne fanno parte:

Giunto	Lato Ricevente		Lato Emittente	
	Struttura	Strato	Struttura	Strato
G1	SO.LC.009	PV.010	SO.LC.009	PV.010
G2	SO.LC.009	PV.010	SO.LC.009	PV.010

Giunto			Kij			Dv,ij,n			Ln,ij		
	Descrizione	Lunghezza	Df	Fd	Ff	Df	Fd	Ff	Df	Fd	Ff
G1	A T per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	2.30	---	5.7	6.2	---	---	---	---	14.8	15.6
G2	A T per edificio pesante: giunti di elementi omogenei, trasmissione attraverso elementi omogenei	0.40	---	5.7	6.2	---	---	---	---	7.2	8.0

RISULTATI

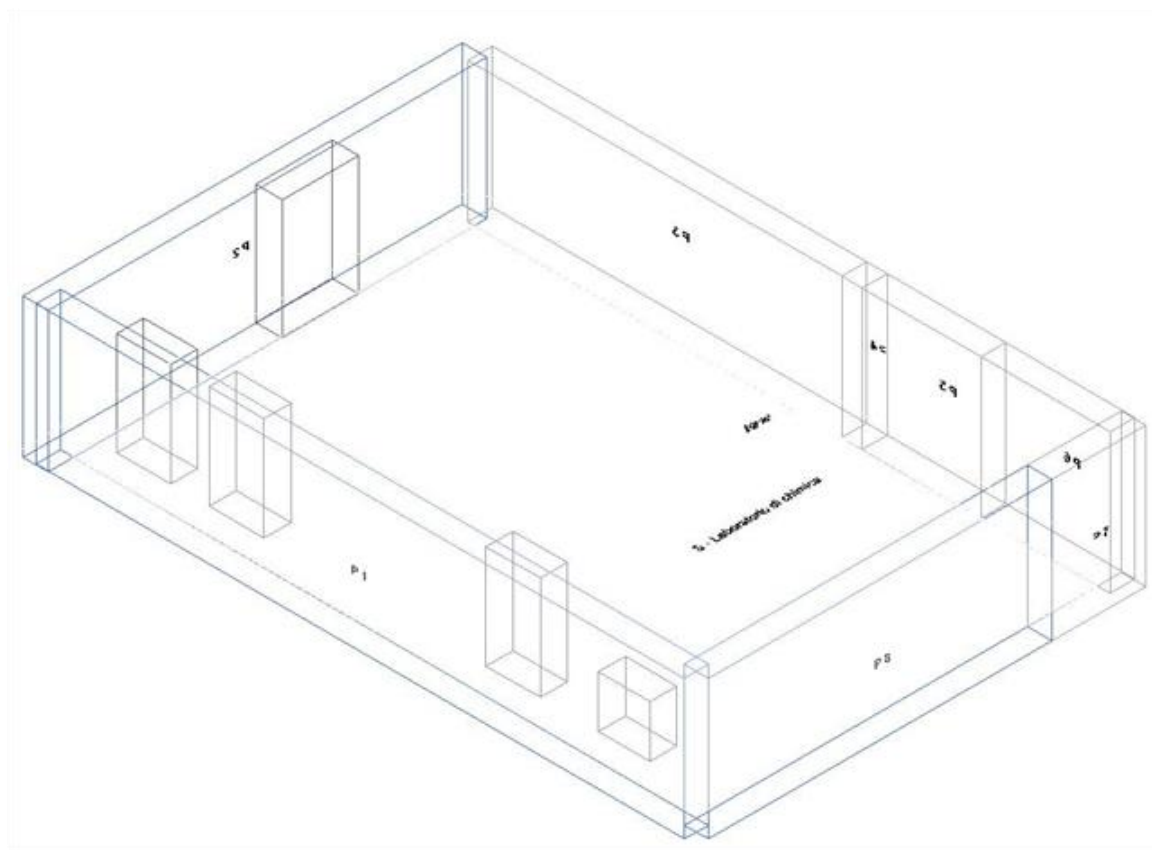
L'_{nw} = 18.9 dB

L'_{nT,w} = 9.3 dB

DPCM del 5/12/97: **Cat. E - Attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili L'**_{nw} ≤ 58 dB

Verificato

Isolamento acustico di facciata: Piano T.-Laboratorio di chimica



Calcolo di isolamento di facciata per il vano "Piano T.-Laboratorio di chimica"

	Vano Ricevente Laboratorio di chimica
Piano	Piano T.
Unità immobiliare	Laboratorio di chimica
Volume	286.04 m ³
Superficie	93.78 m ²

Facciata F1

Parete	PA.LA.D.003
Controparete sinistra	-
Controparete destra	-
Superficie	20.98 m ²
Trasmissione laterale K	2 dB: Elementi di facciata pesanti con giunti rigidi
DeltaL_{fs}	0
Forma della facciata	Facciata piana (Vedi Appendice B)
Assorbimento (α_w)	n.a.

Orizzonte visivo (h) n.a.

Elementi di facciata:

Tipo	Codice	Superficie	Lunghezza
Serramento	SR.014	3.40 m ²	---

Facciata F2

Parete PA.LA.D.003

Controparete sinistra -

Controparete destra -

Superficie 17.31 m²

Trasmissione laterale K 2 dB: Elementi di facciata pesanti con giunti rigidi

DeltaL_{fs} 0

Forma della facciata Facciata piana (Vedi Appendice B)

Assorbimento (α_w) n.a.

Orizzonte visivo (h) n.a.

Facciata F3

Parete PA.LA.D.003

Controparete sinistra -

Controparete destra -

Superficie 32.59 m²

Trasmissione laterale K 2 dB: Elementi di facciata pesanti con giunti rigidi

DeltaL_{fs} 0

Forma della facciata Facciata piana (Vedi Appendice B)

Assorbimento (α_w) n.a.

Orizzonte visivo (h) n.a.

Elementi di facciata:

Tipo	Codice	Superficie	Lunghezza
Serramento	SR.014	1.00 m ²	---
Serramento	SR.014	2.10 m ²	---
Serramento	SR.014	2.10 m ²	---
Serramento	SR.014	2.10 m ²	---

Facciata Equivalente:

Superficie	DeltaLfs	Trasm.Lat.K
70.88 m ²	0	2

RISULTATI

R'_w = 49.7 dB

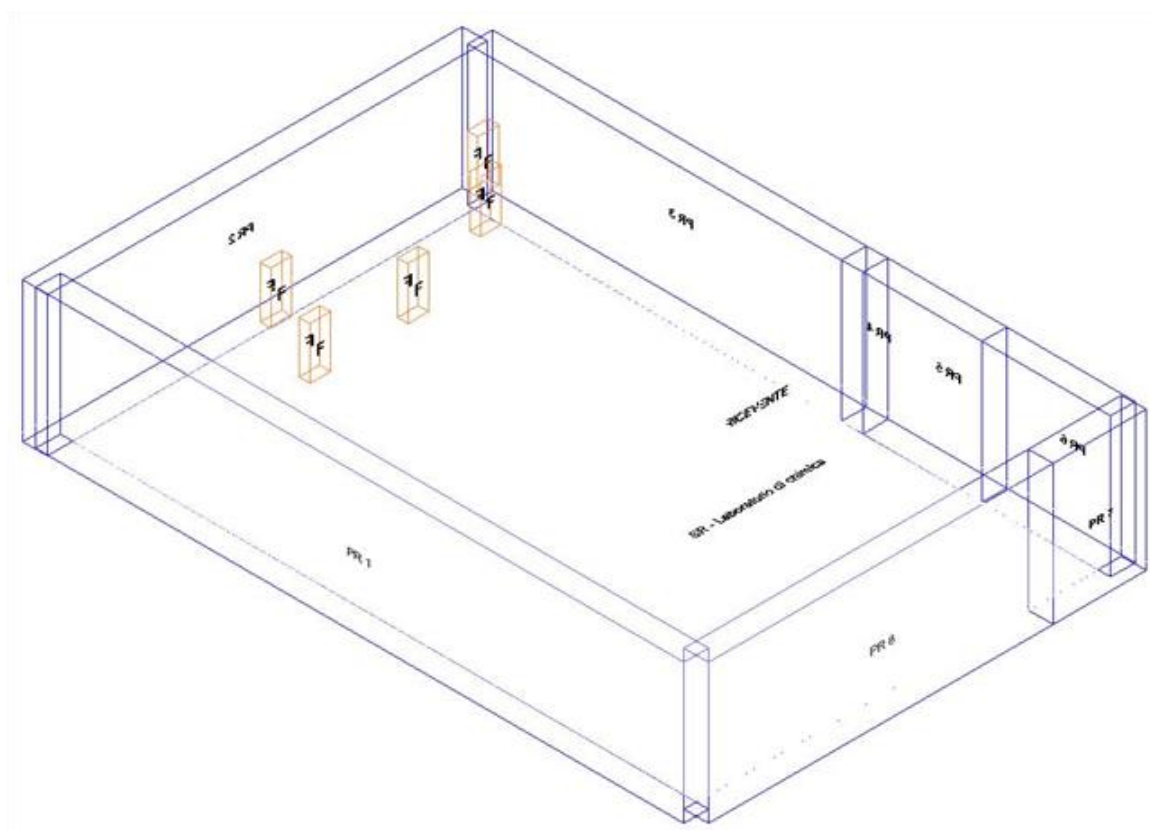
$D_{2m,nT,w}$ = 50.8 dB

$D_{2m,n,w}$ = 41.2 dB

DPCM del 5/12/97: **Cat. E - Attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili** $D_{2m,n,T,w} \geq 48$ dB

Verificato

Tempo di riverberazione T60: Piano T.-Laboratorio di chimica



Calcolo tempo di riverberazione per il vano "Piano T.-Laboratorio di chimica"

	Vano Ricevente Laboratorio di chimica
Piano	Piano T.
Unità immobiliare	Laboratorio di chimica
Volume	286.04 m ³
Superficie	93.78 m ²

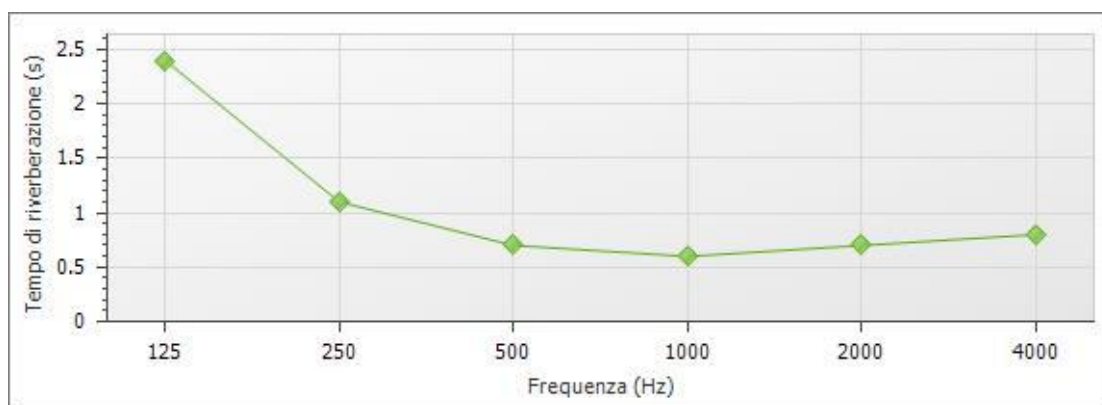
Elementi fonoassorbenti:

Codice	Descrizione	Quantità
FA.082	Pavimento in marmo lucidato o piastrelle.	93.78 m ²
FA.009	Parete in muratura con intonaco.	120.00 m ²
FA.001	Persona adulta in piedi o seduta.	10 unità
FA.002	Sedia in legno.	10 unità
FA.103	Lastre per controsoffitti GYPTONE BIG SIXTO 63 (α _w = 0.60), Plenum 58 mm senza lana minerale.	93.78 m ²

RISULTATI

Tempo di riverberazione medio: 1.0 s

Frequenze (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Tempo di riverberazione (s)	2.4	1.1	0.7	0.6	0.7	0.8



Legenda	◆ Valori calcolati
---------	--------------------

DPCM del 5/12/97: $T_{60} \leq 1.2$ dB

Verificato

Destinazione d'uso **Edificio scolastico - aula**

Tempo di riverberazione ottimale:

Destinazione d'uso	T60 ottimale
Ambiente non occupato adibito al parlato (UNI 11367:2010 - App. C)	1.8
Ambiente non occupato adibito ad attività sportive (UNI 11367:2010 - App. C)	0.6
Aula piccola	0.5
Aula grande	1.0
Cinema	0.7 ÷ 0.8
Teatro d'opera (musica lirica)	1.3 ÷ 1.5
Sala da concerto (musica sinfonica)	1.7 ÷ 2.3
Chiesa (musica sacra)	2.5 ÷ 5.0

CONCLUSIONI

Quanto esposto permette di ipotizzare, in fase progettuale, il rispetto degli indici di valutazione stabiliti dal D.P.C.M. 5/12/1997, tenendo presente tutte le ipotesi e gli accorgimenti indicati nei paragrafi precedenti per il rispetto dell'isolamento acustico delle pareti e del solaio. L'attendibilità delle stime espresse potrà essere accertata in corso d'opera o successivamente attraverso l'effettuazione di rilievi fonometrici secondo i criteri dettati dalla normativa vigente.

Le prestazioni acustiche dei materiali che saranno utilizzati dovranno essere certificate dalle case produttrici o dai rivenditori.

La verifica della corretta esecuzione dei lavori secondo le indicazioni del presente progetto spetterà al Direttore dei Lavori.