
RELAZIONE ACUSTICA PER VERIFICA TEMPO DI RIVERBERO

AMBIENTI SCOLASTICI

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

OGGETTO:

- Messa in sicurezza di solai e controsoffitto, sistemazione impiantistiche ed opere complementari nel plesso Don Milani - SCUOLA GIALLA
Intervento 1

LOCALITA':

- Plesso Scolastico Don Milani
- Via Dante Alighieri 9 – Pogliano Milanese (MI)

COMMITTENTE:

- Amministrazione Comunale di Pogliano Milanese

DATA:

- REV00 del 18.09.2023

Ns. rif: 0025-23/MS

TeKnoProgetti engineering s.r.l.

www.teknoprogettisrl.it

info@teknoprogettisrl.it



Certificato n. 15429 DIVISIONE PROGETTAZIONE

DIVISIONE PROGETTAZIONE
via XXV Aprile n°24/a -20871- Vimercate (MB)
tel. 039/2142477
Direttore tecnico: Ing. M. Bertoni
m.bertoni@teknoprogettisrl.it

DIVISIONE TECNOLOGICA
via XXV Aprile n°24/a -20871- Vimercate (MB)
tel. 039/2142477
Direttore tecnico: Ing. A. Salmoiraghi
a.salmoiraghi@teknoprogettisrl.it

Il direttore tecnico della divisione progettazione
Ing. Mauro Bertoni

TeKnoProgetti engineering s.r.l.

www.teknoprogettisrl.it

info@teknoprogettisrl.it



Certificato n. 15429 DIVISIONE PROGETTAZIONE

DIVISIONE PROGETTAZIONE
viale Lombardia n°233 -20861- Brugherio (MB)
tel. 039/2142477 - fax. 039/2875445
Direttore tecnico: Ing. M. Bertoni
m.bertoni@teknoprogettisrl.it

DIVISIONE TECNOLOGICA
via XXV Aprile n°24/a -20871- Vimercate (MB)
tel. 039/6260355 - fax. 039/6084308
Direttore tecnico: Ing. A. Salmoiraghi
a.salmoiraghi@teknoprogettisrl.it

VERIFICA TEMPO DI RIVERBERO AMBIENTI SCOLASTICI

DPCM. 5.12.1997
D.M. 06.08.2022

**Oggetto: VERIFICA DEL TEMPO DI RIVERVERO PER GLI AMBIENTI
DELL'EDIFICIO SCOLASTICO "DON MILANI" – POGLIANO MILANESE
(MI)**

PROGETTISTA ACUSTICO:



Via Cascina Corte 26 – 26100 Cremona

INDICE:

1.	PREMESSA	3
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO IN MATERIA DI ISOLAMENTO ACUSTICO	4
3.	PARAMETRI DA RISPETTARE PER L'EDIFICIO IN OGGETTO	8
4.	METODOLOGIA UTILIZZATA PER IL CALCOLO DEI PARAMETRI	9
5.	TEMPO DI RIVERBERO	9
6.	VALUTAZIONE PARAMETRI DI LEGGE E CONCLUSIONI.....	14

1. PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto la valutazione del tempo di riverbero di alcuni ambienti interni all'edificio scolastico "Don Milani" a Pogliano Milanese (MI).

I relatori della presente sono in possesso della qualifica di cui all'art. 2, commi 6 e 7 della Legge 447/95, per lo svolgimento dell'attività di "Tecnico Competente" nel campo dell'acustica ambientale e iscritti all'albo nazionale ENTECA con numero 1584.

L'attenta progettazione acustica degli ambienti scolastici è finalizzata al corretto controllo della riverberazione interna, per creare le condizioni ottimali per una buona comprensione verbale fra insegnanti e studenti.

Il tecnico
Dott. Ing. Alessia Carrettini
Tecnico Competente in Acustica



2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO IN MATERIA DI ISOLAMENTO ACUSTICO

La normativa ha lo scopo di definire i limiti di isolamento acustico per tutti gli edifici con destinazione d'uso diversa da quella produttiva, al fine di prevenire il disturbo percepito all'interno degli ambienti abitativi per rumori provenienti dall'esterno dell'edificio, ma anche da rumori provocati all'interno dello stesso tra diverse unità immobiliari e/o dagli impianti a servizio.

La norma di riferimento in materia di inquinamento acustico è la **Legge 26 ottobre 1995 n° 447** "Legge quadro sull'inquinamento acustico". Tale legge stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico.

In attuazione dell'art. 3, comma 1, lettera e) della Legge 447/95, con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 5 dicembre 1997, sono stati determinati i requisiti delle sorgenti sonore interne agli edifici e i requisiti acustici passivi degli edifici.

La classificazione degli edifici è definita in relazione alla destinazione d'uso dell'immobile e precisamente.

Tabella 1 - Tabella a dpcm 05.12.1997 - classificazione acustica degli ambienti abitativi

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

ove per ciascuna categoria sono definiti i valori minimi di isolamento per le partizioni verticali ed 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
- **$L_{A\max}$** *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

I valori di riferimento, in funzione della classe di destinazione d'uso sono:

Tabella 2 - Tabella b DPCM 05.12.1997 – requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici

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

DM 6 AGOSTO 2022 – CRITERI AMBIENTALI MINIMI PER L’AFFIDAMENTO DI SERVIZI DI PROGETTAZIONE E LAVORI PER LA NUOVA COSTRUZIONE, RISTRUTTURAZIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI PUBBLICI

Articolo 2.4.11. – Prestazioni e comfort acustici

Le scuole soddisfano almeno i valori di riferimento di requisiti acustici passivi e comfort acustico interno indicati nella UNI 11532 -2.

Per quanto riguarda il tempo di riverbero e lo STI nell'ambito degli edifici a destinazione scolastica, nel prospetto 1 della UNI 11532-2 vengono individuate 6 categorie funzionali:

Tabella 3: Prospetto 1 UNI 11532-2

Categoria	Attività in ambiente	Modalità d'intervento
A1	Musica	Obbiettivo raggiunto con progettazione integrata di geometrie, arredo, controllo del rumore residuo
A2	Parlato/conferenze	
A3	Lezione/comunicazione come parlato/conferenza (aule grandi) interazione insegnante studente	
A4	Lezione/comunicazione, incluse aule speciali	
A5	Sport	
A6	Aree e spazi non destinati all'apprendimento e biblioteche	Obbiettivo raggiunto con assorbimento acustico ed il controllo del rumore residuo

E meglio dettagliate nel prospetto 2 (per le Categorie dalla A1 alla A5):

Tabella 4: Prospetto 2 UNI 11532-2

Categoria		Descrizione dell'utilizzo	Obiettivo qualitativo	Esempi
A1		Musica Prevalentemente rappresentazioni musicali	Buona acustica per musica non amplificata; ammissa limitata comprensione del parlato	Aule per la musica con musica suonata e canto
A2		Parlato/conferenze	Elevato grado di intellegibilità del parlato	Aule didattiche
A3	A3.1	Ambiti della categoria A2 per persone che hanno problemi di deficit uditivi o parlano una lingua diversa ovvero aule speciali	Elevato grado di intellegibilità del parlato anche per persone con deficit uditivo o non madrelingua oppure con differenze linguistiche	Aule didattiche, Aule magne
	A3.2	Parlato. Comunicazione con la presenza di più persone parlanti nell'aula	Elevato grado di intellegibilità del parlato anche con più oratori contemporaneamente	Aule didattiche, aule per colloqui, aule per seminari, aule per gruppi di studio o di lavoro, laboratori, uffici amministrativi, aula insegnanti e similari
A4		Più persone parlanti nella stanza (come Categoria A3.2) e destinate a persone con particolari necessità (aule speciali). Escluse aule speciale di volume superiore a 500 mc, oppure per utilizzo musicale	Elevato grado di intellegibilità del parlato con più oratori contemporaneamente e per persone con deficit uditivi o non madrelingua oppure con differenze linguistiche	Aule didattiche, aule per colloqui, aule per seminari, aule per gruppi di studio o di lavoro, laboratori, uffici amministrativi, aule insegnanti e similari. Ambienti per videoconferenze.
A5		Sport: piscine e palestre e similari	Comunicazione verbale possibile ma a distanze brevi	Palestre per utilizzo come ambienti sportivi in generale

E nel prospetto 3 (per la Categoria A6):

Tabella 5: Prospetto 3 UNI 11532-2

Categoria	Descrizione dell'utilizzo	Esempi
A6.1	Spazi senza permanenza	Vani scala
A6.2	Spazi con permanenza di ridotta	Spogliatoi palestre e similari
A6.3	Ambienti per la permanenza a lungo termine e/o di collegamento	Ambienti espositivi con interattività oppure sorgente di rumore elevata (Multimedia, arte visive e suoni) Spazi di studio, spazi/corridoi per attività didattiche

		alternative/ricreative scuole di ogni ordine e grado. Laboratorio, Biblioteche
A6.4	Ambienti con necessità di riduzione del rumore e di comfort nell'ambiente	Reception/area desk (bidellerie) con postazione di lavoro fissa Laboratorio con postazione di lavoro fissa, mense in scuole di ogni ordine e grado. Area distribuzione nelle mense
A6.5	Ambienti con necessità di riduzione del rumore e di comfort nell'ambiente	Sale da pranzo Aule e spogliatoi nelle scuole materne e nido

Per ciascuna delle categorie, nel prospetto 6 si individua il tempo di riverberazione ottimale T_{ott} :

Tabella 6: Prospetto 6 UNI 11532-2

Categoria	T_{ott}	Volume
A1	$T_{ott, A1} = (0,45 \log V + 0,07)^{*1}$	$30 \text{ mc} \leq V < 1000 \text{ mc}$
A2	$T_{ott, A2} = (0,37 \log V - 0,14)^{*1}$	$50 \text{ mc} \leq V < 5000 \text{ mc}$
A3	$T_{ott, A3} = (0,32 \log V - 0,17)^{*1}$	$30 \text{ mc} \leq V < 5000 \text{ mc}$
A4	$T_{ott, A4} = (0,26 \log V - 0,14)^{*1}$	$30 \text{ mc} \leq V < 500 \text{ mc}$
A5	$T_{ott, A5} = (0,75 \log V - 1,00)^{*2}$ $T_{ott, A5} = 2,00 \text{ }^{*2}$	$V \geq 10000 \text{ mc}$

*1 Ambiente arredato e occupato all'80%

*2 Ambiente arredato e non occupato

Dove

V= volume dell'ambiente

Il valore del tempo di riverberazione di progetto dovrà essere compreso nell'intervallo di conformità riportato nella figura seguente:

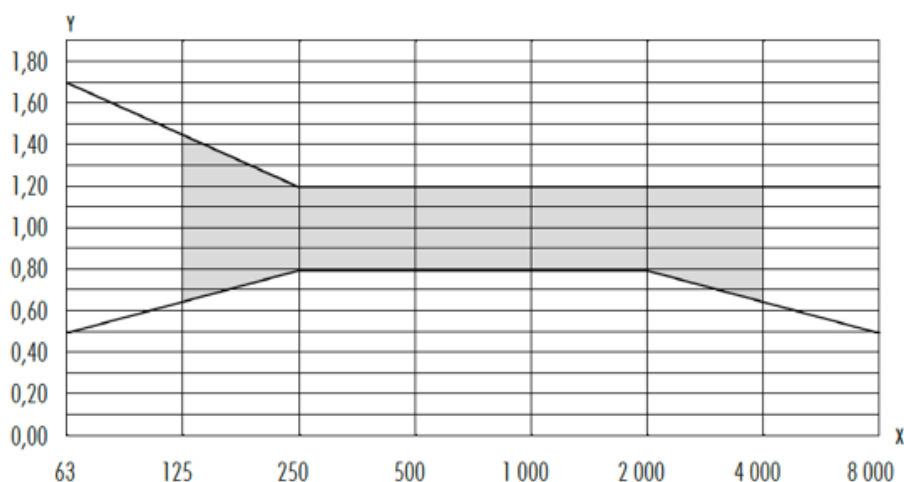


Figura 1: Andamento ed intervallo di conformità del tempo di riverberazione T in funzione della frequenza per le categorie da A1a A4

Dove:

X f= frequenza (Hz)

$Y = T/T_{ott}$ tempo di riverberazione dipendente dalla frequenza T rispetto al tempo di riverberazione desiderato T_{ott} (adimensionale)

Per le categorie dalla A1 alla A4 l'intervallo di conformità del tempo di riverberazione T , dipende dalla frequenza nelle bande di ottava fra 125 Hz e 4000 Hz.

Per la categoria A6, la verifica è condotta non sul tempo di riverberazione ottimale T_{ott} ma sul rapporto A/V .

Tabella 7: Prospetto 7 uni 11532-2

Categoria	Per altezze dell'ambiente $h \leq 2,5$ m	Per altezze $h > 2,5$ m
A6.1	Nessuna richiesta	Nessuna richiesta
A6.2	$A/V \geq 0,15$	$A/V \geq \{4,8 + 4,69 \log(h/1m)\}^{-1}$
A6.3	$A/V \geq 0,20$	$A/V \geq \{3,13 + 4,69 \log(h/1m)\}^{-1}$
A6.4	$A/V \geq 0,25$	$A/V \geq \{2,13 + 4,69 \log(h/1m)\}^{-1}$
A6.5	$A/V \geq 0,30$	$A/V \geq \{1,47 + 4,69 \log(h/1m)\}^{-1}$

Dove

A = Area di assorbimento equivalente (mq)

V = Volume dell'ambiente (mc)

H = altezza dell'ambiente (h)

I valori di riferimento A/V si applicano alle ottave da 250 Hz a 2000 Hz a locale non occupato.

In ambienti a doppia altezza, h si riferisce all'altezza media. L'altezza media dell'ambiente può essere calcolata dividendo il volume dello spazio per l'area netta in pianta dell'ambiente.

3. PARAMETRI DA RISPETTARE PER L'EDIFICIO IN OGGETTO

L'edificio si sviluppa su 3 piani, uno semi-interrato e due fuori terra.

La normativa UNI 11532-2 richiamata assegna la categoria A2, A3 e A6.4 per gli ambienti in oggetto.

I parametri e i limiti da rispettare sono:

Tabella 8: Parametri e limiti da rispettare per l'edificio in oggetto

	D.P.C.M 5.12.1997	UNI 11367	UNI 11532-2
Mensa/refettorio (A6.4) A/V			$A/V \geq \{2,13 + 4,69 \log(h/1m)\}^{-1}$
Tempo di riverbero Aule didattiche Tr			$T_{ott, A2} = (0,37 \log V - 0,14)^{-1}$
Tempo di riverbero Auditorium Tr			$T_{ott, A3} = (0,32 \log V - 0,17)^{-1}$

4. METODOLOGIA UTILIZZATA PER IL CALCOLO DEI PARAMETRI

La fase di verifica e progettazione dell'intervento dal punto di vista acustico avviene attraverso file di calcolo excel basate sulle formule riportate nella norma UNI 11532-1/2.

5. TEMPO DI RIVERBERO

La correzione acustica avviene tramite un'appropriata applicazione di materiali fonoassorbenti, con l'obiettivo di ottenere un tempo di riverberazione ottimale, per la categoria a cui appartiene l'edificio. La normativa UNI 11532-2 richiamata assegna la categoria A.2 per le aule didattiche standard, A.3. per le aule magna/Auditorium e A6.4 per la sala mensa.

Sono ambienti con particolare necessità di riduzione del rumore e di comfort per l'ambiente.

I coefficienti assorbenti dei materiali sono stati presi dal prospetto C della norma UNI 11532-2.

Negli ambienti in oggetto è stata prevista l'installazione di un controsoffitto acustico tipo Blanka della Rockfon. Il controsoffitto acustico ha le seguenti caratteristiche:

Tipologia	Descrizione pannello	Frequenze α (Hz)					
		125	250	500	1000	2000	4000
1	Blanka	0.55	0.80	0.95	1.00	1.00	1.00

A seguire i calcoli per i vari ambienti rappresentativi.

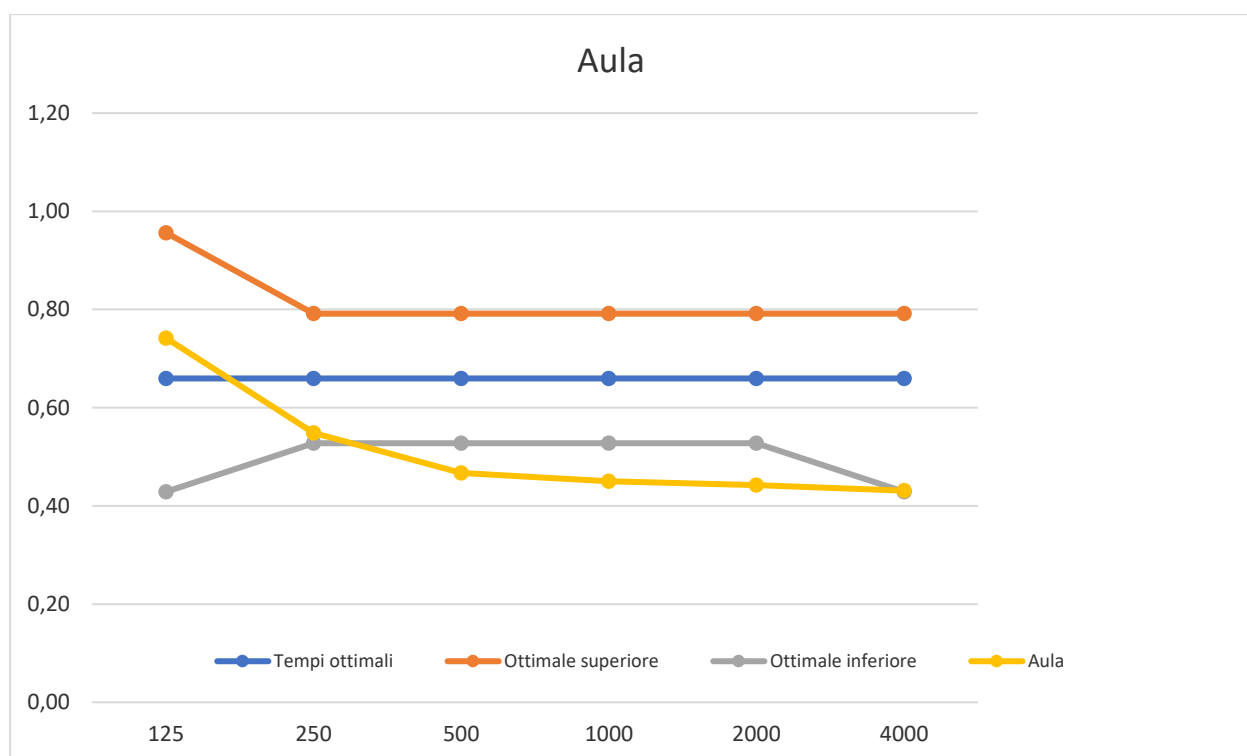
AULA STANDARD

I calcoli sono stati fatti con foglio di calcolo excel utilizzando le indicazioni per il calcolo della normativa UNI 11532:2020.

Tipo di scuola	SCUOLA PRIMARIA
Tipo di aula	Aula
Lunghezza	7,8
Larghezza	6,05
Altezza	3,07
Finestre	9,6
Volume	1,87
Superficie totale	145
Categoria 11532	A.2.

Calcolo unità assorbenti							
Frequenza		125	250	500	1000	2000	4000
SUPERFICI/UNITA'	mq/unità	a	a	a	a	a	a
Parete intonacata	73,6	1,5	1,5	2,2	2,2	2,9	4,4
Pavimento	47,2	0,9	0,9	1,4	1,4	1,9	1,9
Controsoffitto acustico	47,2	26,0	37,8	44,8	47,2	47,2	47,2
Finestra	9,6	2,7	1,9	1,1	0,6	0,3	0,2
Porta	1,9	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Totale unità assorbenti		31,2	42,2	49,6	51,5	52,4	53,8
TR		0,74	0,55	0,47	0,45	0,44	0,43
MEDIA T60 500-100-2000	0.51						

Per tutte le frequenze il tempo di riverbero è al di sotto del tempo ottimale superiore:



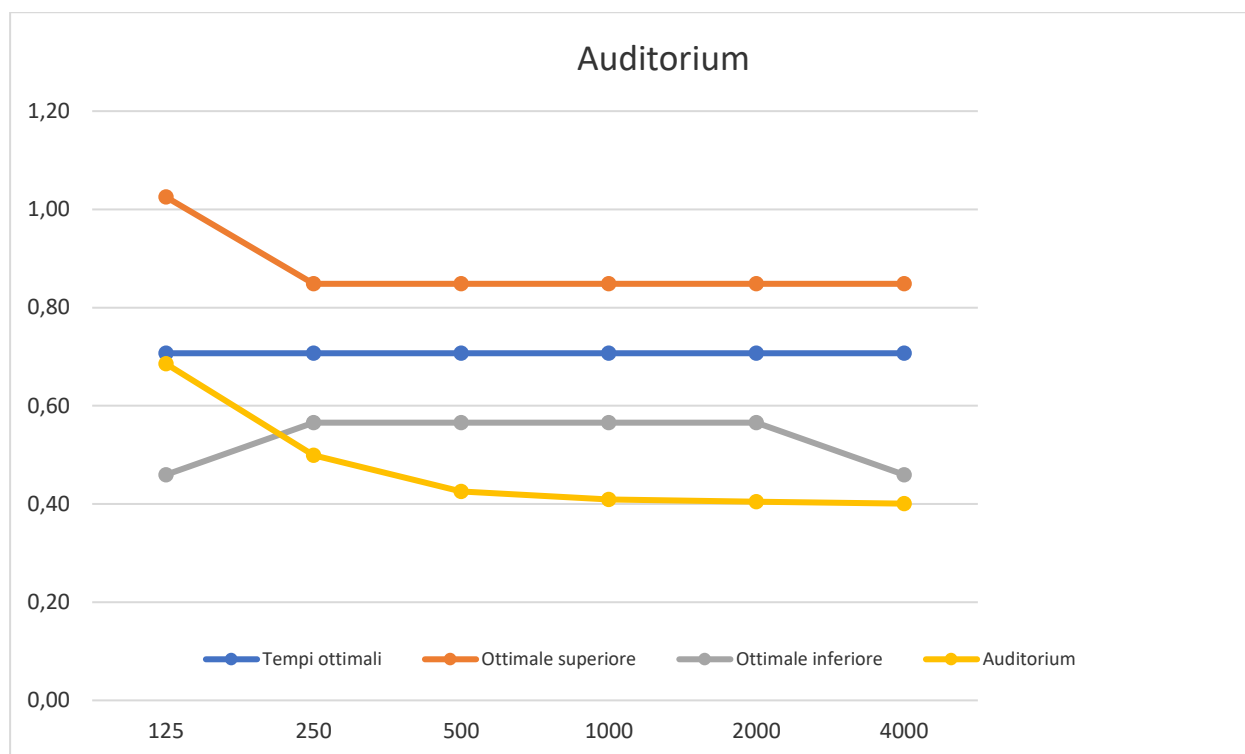
AULA MAGNA/AUDITORIUM

I calcoli sono stati fatti con foglio di calcolo excel utilizzando le indicazioni per il calcolo della normativa UNI 11532:2020.

Tipo di scuola	SCUOLA PRIMARIA
Tipo di aula	Aula Magna/Auditorium
Lunghezza	7,8
Larghezza	6,05
Altezza	3,07
Finestre	9,6
Volume	1,87
Superficie totale	145
Categoria 11532	A.3.

Calcolo unità assorbenti							
Frequenza		125	250	500	1000	2000	4000
SUPERFICI/UNITA'	mq/unità	α	α	α	α	α	α
Parete intonacata	154,0	3,1	3,1	4,6	4,6	6,2	9,2
Pavimento	149,4	3,0	3,0	4,5	4,5	6,0	6,0
Controsoffitto acustico	149,4	82,2	119,5	141,9	149,4	149,4	149,4
Finestra	28,0	7,8	5,6	3,1	1,7	0,8	0,6
Porta	5,6	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
Totale unità assorbenti		96,6	131,6	154,4	160,5	162,6	165,4
TR		0,76	0,56	0,48	0,46	0,45	0,44
MEDIA T60 500-100-2000	0,52						

Per tutte le frequenze il tempo di riverbero è al di sotto del tempo ottimale superiore:



MENSA/REFETTORIO

I calcoli sono stati fatti con foglio di calcolo excel utilizzando le indicazioni per il calcolo della normativa UNI 11532:20220.

Tipo di scuola	SCUOLA PRIMARIA
Tipo di aula	Refettorio
Lunghezza	21,04
Larghezza	9,65
Altezza	2,71
Finestre	33,6
Porta	7,92
Volume	550
Superficie totale	572
Categoria 11532	A.6.4.

Calcolo unità assorbenti							
Frequenza		125	250	500	1000	2000	4000
SUPERFICI/UNITA'	mq/unità	a	a	a	a	a	a
Parete intonacata	124,8	12,5	18,7	18,7	18,7	25,0	37,4
Pavimento	203,0	4,1	4,1	6,1	6,1	8,1	8,1

Controsoffitto acustico	203,0	111,7	162,4	192,9	203,0	203,0	203,0
Finestra	33,6	9,4	6,7	3,7	2,0	1,0	0,7
Porta	7,9	0,8	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4
Totale unità assorbenti		138,4	192,6	221,9	230,3	237,5	249,7
TR		0,64	0,46	0,40	0,38	0,37	0,35
MEDIA T60 500-100-2000	0,43						
A/V			0,35	0,40	0,42	0,43	

La normativa chiede un valore minimo del rapporto A/V (categorie A6.4, in ambienti con l'altezza interna $\geq 2,5$ m) : **A/V $\geq 0,24$**

VERIFICATO

6. VALUTAZIONE PARAMETRI DI LEGGE E CONCLUSIONI

La valutazione ivi svolta, consiste nella verifica del tempo di riverbero in alcuni ambienti scolastici della scuola primaria Don Milani a Pogliano Milanese (MI).

I calcoli effettuati, seguendo la UNI 11532:20220, hanno dimostrato che il controsoffitto acustico tipo Blanka della Rockfon è conforme alle richieste della normativa vigente e dei CAM.

È rilevante evidenziare che tutto quanto descritto nel progetto deve essere trasmesso agli operatori di cantiere, in quanto la messa in opera di ogni singolo elemento è di fondamentale importanza per la buona riuscita del progetto e la rispondenza a quanto ivi contenuto, il progettista acustico non risponde della messa in opera degli elementi sopra riportati e i cambiamenti in corso d'opera devono essere rivalutati anche acusticamente.

Cremona 15 Settembre 2023

Il tecnico

Dott. Ing. Alessia Carrettini
Tecnico Competente in Acustica
(D.P.G.R. Lombardia n°6446/09)



APPENDICE 1: NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

NORME TECNICHE PER LA PROGETTAZIONE DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI

UNI EN ISO 12354 (2017)

Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti

Parte 1: Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti

Parte 2: Isolamento acustico al calpestio tra ambienti

Parte 3: Isolamento acustico dal rumore proveniente dall'esterno per via aerea

Parte 4: Trasmissione del rumore interno all'esterno

Parte 5: Livelli sonori dovuti agli impianti tecnici

UNI EN 12354

Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti

Parte 6: Assorbimento acustico in ambienti chiusi (2006)

UNI TR 11175 (2021) – Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici. Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale

UNI 11532-1:2018 – Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinanti

UNI 11532:2: 2020 - Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinanti – Metodo di progettazione e tecniche di valutazione – Parte 2 settore scolastico

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

NORME TECNICHE PER LA MISURA IN OPERA DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI

UNI EN ISO 16283-1:2018

Misure in opera dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 1: Isolamento acustico per via aerea

UNI EN ISO 16283-2:2018

Misure in opera dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 2: Isolamento dal rumore di calpestio

UNI EN ISO 16283-3:2016

Misure in opera dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 3: Isolamento acustico di facciata

UNI EN ISO 16032:2005

Misurazione del livello di pressione sonora di impianti tecnici in edifici – Metodo tecnico progettuale

UNI EN ISO 10052:2010

Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea, del rumore da calpestio e della rumorosità degli impianti – Metodo di controllo

UNI 8199:2016

Collaudo acustico di impianti a servizio di unità immobiliari – Linee guida contrattuali e modalità di misurazione all'interno degli ambienti serviti

UNI EN ISO 3382

Misurazione dei parametri acustici degli ambienti (Tempo di riverberazione e altri parametri)

Parte 1: Sale da spettacolo

Parte 2: Tempo di riverberazione negli ambienti ordinari

Parte 3: Open space

EN 60268-16:2011

Sound system equipment – Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index (Misura di STI: Speech Transmission Index – Indice di intelligibilità del parlato)

Per approfondimenti:

NORME TECNICHE PER LA POSA IN OPERA DI SISTEMI COSTRUTTIVI

UNI 11296:2018 (Posa serramenti)

Acustica in edilizia – Posa in opera di serramenti e altri componenti di facciata – Criteri finalizzati all'ottimizzazione dell'isolamento acustico di facciata dal rumore esterno

UNI 11516:2013 (Posa massetti galleggianti)

Indicazioni di posa in opera dei sistemi di pavimentazione galleggiante per l'isolamento acustico

CALCOLO DEGLI INDICI DI VALUTAZIONE

UNI EN ISO 717 Acustica – Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio

Parte 1 – Isolamento di rumori aerei;

Parte 2 – Isolamento di rumore di calpestio.

APPENDICE 2: MODELLI DI CALCOLO PER I PARAMETRI ACUSTICI

POTERE FONOISOLANTE R_w

Come definito anche dalle vigenti norme in materia di acustica, il parametro che descrive l'isolamento acustico per via aerea tra due ambienti adiacenti è il **Potere Fonoisolante** definito come:

$$R = 10 \log \left(\frac{1}{\tau} \right)$$

ove τ , coefficiente di trasmissione, è definito dal rapporto energetico tra l'energia trasmessa (E_t) e l'energia incidente (E_i):

Nella realtà, oltre alla trasmissione diretta, all'interno degli edifici avvengono anche altre trasmissioni per via solida dovute agli elementi strutturali che compongono l'edificio stesso.

Pertanto il suono all'interno degli edifici si propaga:

- per *Trasmissione diretta*: la trasmissione del rumore avviene attraverso il solo elemento considerato
- per *Trasmissioni laterali*: trasmissione del rumore attraverso gli elementi strutturali adiacenti l'elemento in analisi

Per tenere conto anche delle perdite di isolamento dovute alle trasmissioni laterali, si definisce un ulteriore parametro, che è il Potere Fonoisolante Apparente.

Ai fini del calcolo del potere fonoisolante apparente tra due ambienti adiacenti, si deve quindi determinare il valore del potere fonoisolante per ogni singolo percorso di trasmissione laterale, mediante la relazione:

$$R_{ij,w} = \frac{R_{i,w} + R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \log \frac{S_s}{l_0 l_f} \quad \text{dB}$$

dove:

$R_{i,w}$ è il potere fonoisolante della struttura i (dB)

$\Delta R_{ij,w}$ = incremento del potere fonoisolante dovuto all'apposizione di strati di rivestimento lungo il percorso i - j (dB)

K_{ij} = indice di riduzione delle vibrazioni del percorso i - j (dB)

S_s = superficie della partizione (mq)

l_0 = lunghezza di riferimento (1 m)

l_f = lunghezza del giunto tra le strutture considerate (m)

Dalla determinazione di tali parametri è possibile ricavare il valore del potere fonoisolante apparente R'_{w} , secondo la relazione:

$$R'_{w} = -10 \log \left[10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum_{f=1}^n 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum_{F=1}^n 10^{-R_{Fd,w}/10} \right] \quad \text{dB}$$

dove:

$R_{Dd,w}$ = indice di valutazione del potere fonoisolante per la trasmissione diretta

$R_{Ff,w}$ = indice di valutazione del potere fonoisolante laterale per il percorso di trasmissione Ff

$R_{Df,w}$ = indice di valutazione del potere fonoisolante laterale per il percorso di trasmissione Df

$R_{Fd,w}$ = indice di valutazione del potere fonoisolante laterale per il percorso di trasmissione Fd

n = numero di elementi laterali dei due ambienti, di solito 4

ISOLAMENTO ACUSTICO NORMALIZZATO RISPETTO AL TEMPO DI RIVERBERAZIONE D_{nT}

La norma volontaria inserisce il nuovo parametro D_{nT} : Isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione. Il parametro è così definito secondo la Norma UNI 11367:

$$D_{nT} = D + 10 \lg(T/T_0)$$

dove:

D = indica la differenza di isolamento tra ambiente L1 ed ambiente L2

$T_0 = 0.5$ s tempo di riverbero di riferimento

T = tempo riverberazione stimato nell'ambiente ricevente

ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA $D_{2M,NTW}$

L'isolamento acustico standardizzato di facciata è direttamente correlato al potere fonoisolante apparente R'_{w} (cioè all'isolamento effettivo in opera, determinato dalle trasmissioni dirette e laterali) ed è definito come di seguito riportato:

$$D_{nT} = R' + 10 \log \left(\frac{0.16V}{(T_0 * S)} \right)$$

dove

R' = potere fonoisolante apparente, composto nel caso di combinazione di parti opache e parti vetrate

T_0 = tempo di riverbero di riferimento, pari a 0.5 secondi

S = superficie della facciata del locale (mq)

V = volume dell'ambiente in analisi (mc)

Si deve considerare inoltre una differenza di livello dettata dalla geometria della facciata ΔL_{fs} .

RUMORE DA CALPESTIO E TRASMISSIONI STRUTTURALI

La norma EN 12354-2 prevede una procedura di calcolo semplificata per il livello di calpestio:

$$L'_{n,w} = L_{n,w,eq} - \Delta L_w + K$$

dove:

$L_{n,w,eq}$ = indice di valutazione del livello equivalente di pressione sonora di calpestio normalizzato;

ΔL_w = indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio del rivestimento di pavimentazione;

K = correzione per la trasmissione dei rumori di calpestio attraverso le strutture laterali.

TEMPO DI RIVERBERO T_{60}

Per tempo di riverberazione si intende il tempo, in secondi, impiegato dal suono per attenuarsi di 60 dB dopo che la sorgente ha cessato di emetterlo. I tempi di riverberazione per ogni banda di frequenza possono essere calcolati dalla formula di Sabine

$$T_{60} = 0,163V/A$$

Dove

V = Volume dell'ambiente (mc)

A = Assorbimento totale (mq sabine)

L'assorbimento totale in un locale ad una data frequenza è la somma degli assorbimenti, a quella frequenza di tutti i materiali presenti

$$A = \sum S\alpha = \sum a$$

Dove

S = superficie (mq)

α = coefficiente di assorbimento

a = assorbimento di ogni materiale (mq sabine)

Il valore di assorbimento in un materiale varia con la frequenza. Per confrontare gli assorbimenti dei vari materiali all'interno della gamma del parlato si utilizza α_w che è uguale a:

$$\alpha_w = (\alpha_{250} + \alpha_{500} + \alpha_{1000} + \alpha_{2000})/4$$

INDICE DI TRASMISSIONE DEL PARLATO STI

L'indice di trasmissione del parlato STI è la grandezza fisica che rappresenta la qualità di trasmissione del parlato in relazione all'intellegibilità