



Progetto di fattibilità tecnica ed economica del Completamento della Nuova Struttura Ospedaliera Arzignano - Montebelluna Maggiore

ai sensi dell'art. 183, comma 15 del D.lgs. 18 Aprile 2016 n.50



timbri e firme Progettisti

Progettisti

Project manager e Resp. Integrazione delle Discipline:

Ing. Antonino Lauria

Progetto architettonico:

Ing. Antonino Lauria

Progetto funzionale: Ing. Antonino Lauria

Progetto sistemazioni esterne, parcheggi, viabilità ed

edifici accessori : Ing. Antonino Lauria

Progetto strutture: Ing. Antonino Lauria

Progetto impianti elettrici, meccanici e speciali:

Ing. Marco Tura

Progetto prevenzione incendi :

Ing. Marco Tura

Coordinatore per la sicurezza:

Ing. Ugo Di Camillo

Collaboratori

Ing. Jasmine Chiarelli

Ing. Veronica Bassi

Ing. Matteo Ferruzzi

Arch. Michael Gamberini

Ing. Lara Guerra

Ing. Giovanni Tramontana

Ing. Valentina Turra

Ing. Emanuele Regni

Ing. Massimo Patti

Ing. Daniele Stizza

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

Via Melozzo da Forlì 21
40133 Bologna ITALY
www.thema96.it

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

Via Del Porto 1
40122 Bologna ITALY
www.airis.it

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:



Via Carlo Marx 101
41012 Carpi (MO) ITALY
www.cmbcarpi.it

mandanti:



Via Bisceglie 95
20152 Milano ITALY
www.siram.it



Via Fenil Novo 10
37036 San Martino B. A. (VR) ITALY
www.gelminiimpianti.it



Via Rochdale 5
42122 Reggio Emilia ITALY
www.coopservice.it

timbri e firme Imprese

disciplina: Elaborati tecnico- specialistici

nome documento: RELAZIONE SUI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI

revisione: 00

codice documento: PF.ETS.L0.SP.RE.053

data: 06/07/2018

motivo revisione: -

Per la redazione della *Presente Proposta* progettuale si è utilizzata, in parte, documentazione grafica e di testo del *Progetto di Riferimento* reso disponibile dalla ULSS 8 – Berica che ne ha autorizzato l'uso.

SOMMARIO

I	RIFERIMENTI NORMATIVI	5
I.1	<i>Il DPCM 5/12/1997 "Requisiti acustici passivi degli edifici"</i>	<i>6</i>
I.2	<i>IL DMA sui CAM edilizia del 11 ottobre 2017 e la norma uni 11367:2010</i>	<i>7</i>
I.3	<i>Le indicazioni della legislazione per la sicurezza dei lavoratori</i>	<i>11</i>
I.4	<i>Norme tecniche di riferimento per la previsione ed il collaudo dei requisiti acustici passivi..</i>	<i>14</i>
I.5	<i>Individuazione elementi tecnici e parametri oggetto di verifica per la Presente Proposta progettuale</i>	<i>18</i>
II	ISOLAMENTO ACUSTICO AI RUMORI AEREI INTERNI: ELEMENTI DI SEPARAZIONE TRA AMBIENTI DELLA STESSA UNITÀ FUNZIONALE (INDICE DI VALUTAZIONE DNTW) E ELEMENTI DI SEPARAZIONE TRA UNITÀ FUNZIONALI (INDICE DI VALUTAZIONE R'W).....	21
II.1	<i>Metodologia di calcolo del potere fonoisolante R_w e del potere fonoisolante apparente R'_w in opera.....</i>	<i>22</i>
II.2	<i>Stima potere fonoisolante R_w (potere fonoisolante apparente R'_w in opera) e isolamento acustico D_{ntw} delle soluzioni adottate.....</i>	<i>31</i>
II.2.1	<i>Partizioni verticali di separazione tra diverse unità funzionali.....</i>	<i>31</i>
II.2.2	<i>Stima dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico ai rumori aerei D_{nTw}, pareti verticali di separazione tra vani della stessa unità funzionale: Camera tipo.</i>	<i>34</i>
II.2.3	<i>Caso di approfondimento: Parete divisoria di spessore inferiore</i>	<i>40</i>
II.3	<i>Stima dei parametri R_w e D_{nTw} per le Partizioni Orizzontali</i>	<i>41</i>
II.4	<i>Prescrizioni relative alle modalità esecutive e di posa in opera.....</i>	<i>43</i>
II.5	<i>Porte ingresso ambienti</i>	<i>51</i>
II.6	<i>Ultimazione lavori e collaudo</i>	<i>53</i>
III	ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA (INDICE DI VALUTAZIONE $D_{2M,nT,W} \geq 45$ dB)	53
III.1	<i>Metodologia di calcolo dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata $D_{2m,nTw}$.....</i>	<i>53</i>

Progettisti

Highlevel Team	Engineering and Management	con la collaborazione specialistica di:
T.H.E.M.A.		AIRIS
PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA		INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:	mandanti:			
				
COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	by VEOLIA	IMPIANTI TECNOLOGICI		

III.2 Stima dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata $D_{2m,nTw}$ nella camera tipo 57	
III.3 Stima dell'indice di isolamento della facciata relativa la camera tipo	62
III.4 Prescrizioni relative alle modalità esecutive di posa in opera	63
IV ISOLAMENTO ACUSTICO AI RUMORI IMPATTIVI (INDICE DI VALUTAZIONE $L'_{NW} \leq 53$ dB)	64
IV.1 Metodologia di calcolo dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico ai rumori di calpestio L'_{nw}	64
IV.2 Stima dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico ai rumori di calpestio L'_{nw}	68
IV.3 Prescrizioni relative alle modalità esecutive di posa in opera	69
IV.3.1 Posa del materassino elastico	71
V LA QUALITÀ ACUSTICA DEGLI AMBIENTI (TEMPO DI RIVERBERO T_{60})	73
V.1 Riferimenti normativi e linee guida nazionali ed internazionali	79
V.2 Controllo del tempo di riverberazione all'interno degli ambienti comuni	84
V.3 Prescrizioni relative alle modalità esecutive di posa in opera	87
VI RUMORE PRODOTTO DAGLI IMPIANTI TECNOLOGICI	88

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA****GELMINI**
IMPIANTI TECNOLOGICI**Coopservice**

I RIFERIMENTI NORMATIVI

Di seguito si riporta una disamina dei principali riferimenti normativi settoriali sia con riferimento alla legislazione attualmente vigente, sia a quella la cui applicazione è, con riferimento al caso in oggetto, raccomandabile. Parallelamente si indicheranno le principali norme tecniche di riferimento da seguire per la valutazione delle prestazioni acustiche sia in fase preventiva che per l'esecuzione delle prove in opera.

I testi di legge cui far riferimento nella determinazione di tali requisiti acustici passivi degli edifici sono i seguenti (*In grassetto si evidenziano quelli oggetto di specifica trattazione nella presente relazione*):

1. Legge 26/10/95 n. 447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico";
2. D.P.C.M. 14/11/97 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore".
3. **D.P.C.M. 5/12/97 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici";**
4. **DMA 11 Ottobre 2017** Aggiornamento dell'allegato 1 "Criteri Ambientali Minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici e per la gestione dei cantieri della pubblica amministrazione" del decreto ministeriale del 24 dicembre 2015 e NORMA UNI 11367:2010 Classificazione acustica delle unità immobiliari. Procedura di valutazione e verifica in opera

Infine poiché l'edificio è destinato comunque ad ospitare un'attività lavorativa, si ritiene opportuno far riferimento anche alla legislazione inerente la sicurezza ed il benessere dei lavoratori ovvero:

- D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81 e sss. Mm. ii. **TESTO UNICO SULLA SALUTE E SICUREZZA SUL LAVORO**
- Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome in collaborazione con ISPESL e ISTITUTO SUPERIORE di SANITA' **Decreto Legislativo 81/2008 Titolo VIII, Capo I, II, III, IV e V sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti all'esposizione ad agenti fisici nei luoghi di lavoro: Indicazioni operative**
- Commissione consultiva permanente per la salute e la sicurezza sul lavoro approvato il 28 novembre 2012 **METODOLOGIE E INTERVENTI TECNICI PER LA RIDUZIONE DEL RUMORE NEGLI AMBIENTI DI LAVORO: Manuale operativo**

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.M.A. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA	con la collaborazione specialistica di: AIRIS INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
---	--

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:  COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti:  by 	 IMPIANTI TECNOLOGICI	
---	--	--	---

Riguardo alle norme tecniche (UNI EN ISO) applicabili all'edificio in oggetto si rimanda ai paragrafi successivi.

I.1 IL DPCM 5/12/1997 "REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI"

Il D.P.C.M. 5/12/1997 definisce i parametri prestazionali degli edifici e dei loro componenti in opera che occorre considerare e fissa dei valori limite in funzione della destinazione d'uso degli ambienti abitativi. Tali parametri prestazionali sono:

- Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente dei divisori fra ambienti di due distinte unità o proprietà immobiliari (R'_w);
- Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di facciata ($D_{2m,nT,w}$);
- Indice di valutazione del livello di rumore di calpestio normalizzato dei solai ($L'_{n,w}$);
- Rumore prodotto da impianti a funzionamento continuo (LA_{eq});
- Rumore prodotto da impianti a funzionamento discontinuo (LAS_{max}).

Il DPCM definisce in base alla tipologia di requisito e alla destinazione d'uso degli edifici i valori a cui le costruzioni realizzate successivamente all'entrata in vigore del decreto (20 febbraio 1998) devono essere soggette. La seguente tabella riporta in modo sintetico i valori limite di cui alla Tabella B dell'allegato A del DPCM 5/12/1997 (in grigio sono evidenziati i limiti per gli edifici di tipo residenziale). L'edificio in oggetto può essere assimilato a un edificio di tipo direzionale terziario (Cat B del DPCM).

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA**

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

CATEGORIE	CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI ABITATIVI	R'_w (dB)	$D_{2m,nT,w}$ (dB)	$L'_{n,w}$ (dB)	L_{Aeq} dB(A)	L_{ASmax} dB(A)
A	Edifici adibiti a residenza o assimilabili	50	40	63	35 ¹	35
B	Edifici adibiti ad uffici e assimilabili	50	42	55	35	35
C	Edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili	50	40	63	35	35
D	Edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili	55	45	58	25	25
E	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili	50	48	58	25	25
F	Edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili	50	42	55	35	35
G	Edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili	50	42	55	35	35

Tabella 1- Classificazione degli ambienti abitativi e relativi parametri acustici

Occorre precisare che $D_{2m,nT,w}$ e R'_w sono definiti come parametri di isolamento acustico, il loro rispetto in opera comporta dunque la determinazione di valori maggiori o uguali al limite imposto. $L'_{n,w}$ è invece un parametro correlabile al rumore residuo misurabile in un determinato alloggio, la valutazione in opera di tale requisito comporta perciò la determinazione di livelli minori o uguali al limite imposto dal DPCM. Tali parametri devono essere valutati in opera e quindi in modo da tener conto (a differenza dei valori di laboratorio) oltreché delle reali condizioni di messa in opera della partizione anche delle trasmissioni laterali.

I.2 IL DMA SUI CAM EDILIZIA DEL 11 OTTOBRE 2017 E LA NORMA UNI 11367:2010

Il DM 11 Ottobre 2017 sui “Criteri ambientali minimi”, ha introdotto anche alcune importanti novità sul tema del comfort acustico degli edifici pubblici.

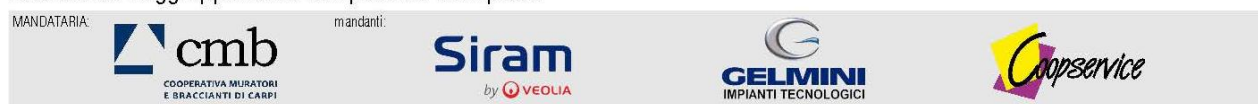
Nell’Allegato al Paragrafo 2.3.5.6 si legge che:

¹ Per gli impianti a funzionamento discontinuo nel DPCM 5/12/1997 vi è un’incongruenza tra i valori limite riportati in tabella B ($L_{Aeq} \leq 35$ dB(A)) e i valori riportati in allegato A ($L_{Aeq} \leq 25$ dB(A)). Nelle risposte ai questi posti al Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (Pg 2783/307/21 del 16/02/2004) è stato chiarito che il valore al quale fare riferimento risulta essere quello riportato nella tabella B ovvero $L_{Aeq} \leq 35$ dB(A).

Progettisti



costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese



- I valori dei requisiti acustici passivi dell'edificio devono corrispondere almeno a quelli della Classe II della norma UNI 11367;
- **I requisiti acustici passivi di ospedali, case di cura e scuole devono soddisfare il livello di "prestazione superiore" riportato nell'Appendice A della UNI 11367;**
- L'isolamento acustico tra ambienti di uso comune ed ambienti abitativi deve rispettare almeno i valori caratterizzati come "prestazione buona" nell'Appendice B della UNI 11367;
- Gli ambienti interni devono essere idonei al raggiungimento dei valori di tempo di riverbero (T) e intelligibilità del parlato (STI) indicati nella norma UNI 11532.

L'approccio generale del decreto è quello di imporre, per gli appalti pubblici, limiti più restrittivi rispetto alla normativa in vigore. Nei casi che fanno eccezione, come ad esempio l'isolamento acustico di facciata delle scuole, restano prevalenti i limiti del DPCM 5-12-1997.

La norma UNI 11367, pubblicata nel Luglio 2010, oltre a prevedere una metodologia di valutazione della classe in cui gli edifici dovranno essere inseriti in base ai valori rilevati nel corso dei collaudi, introduce delle variazioni nei parametri oggetto di collaudo rispetto a quelli contenuti nel DPCM 5/12/1997. Tra i pregi della Norma tecnica vi sono quelli di chiarire molti dei punti dubbi del DPCM 5/12/1997 in merito agli ambienti oggetto di valutazione e alle modalità tecniche di esecuzione delle misure, che già oggi, possono essere utilizzate dai tecnici per effettuare i collaudi in opera. La norma inoltre introduce una serie di requisiti aggiuntivi relativi a situazioni particolari applicabili solo a certi tipi di edifici oppure da verificare pur non entrando nella definizione della classe acustica² o ancora il fatto di correlare il valore dell'isolamento acustico di facciata con la rumorosità ambientale³. La norma inoltre introduce una serie di requisiti aggiuntivi relativi a situazioni particolari applicabili solo a certi tipi di edifici oppure da verificare pur non entrando nella definizione della classe acustica⁴ o ancora il fatto di correlare il valore dell'isolamento acustico di facciata con la rumorosità ambientale⁵. Il procedimento di classificazione è molto complesso ma quello che può essere utile in questa fase è quello di evidenziare quali siano i valori limite delle diverse classi riportati nella tabella seguente.

² Si vedano appendici A e B della Norma 11367:2010

³ Si veda Appendice L Norma UNI 11367:2010

⁴ Si vedano appendici A e B della Norma 11367:2010

⁵ Si veda Appendice L Norma UNI 11367:2010

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA**

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

Classe	Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$ [dB]	Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni verticali e orizzontali fra ambienti di differenti unità immobiliari R'_w [dB]	Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio fra ambienti di differenti unità immobiliari L'_{nw} [dB]	Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo L_{ic} [dBA]	Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo L_{id} [dBA]
I	≥ 43	≥ 56	≤ 53	≤ 25	≤ 30
II	≥ 40	≥ 53	≤ 58	≤ 28	≤ 33
III	≥ 37	≥ 50	≤ 63	≤ 32	≤ 37
IV	≥ 32	≥ 45	≤ 68	≤ 37	≤ 42

Tabella I - Valori dei parametri descrittivi delle caratteristiche prestazionali degli elementi edilizi da utilizzare ai fini della classificazione acustica di unità immobiliari

I valori di cui sopra devono essere verificati per tutti gli ambienti acusticamente verificabili secondo le norme tecniche di cui al successivo paragrafo, escludendo in tal modo gli ambienti troppo piccoli nonché tutti quelli destinati a funzioni di servizio quali disimpegni, bagni, rispostigli, vani accessori o non usufruiti per un periodo di tempo lungo.

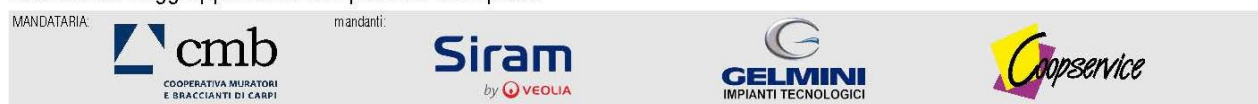
Oltre ai valori sopraindicati la norma tecnica introduce degli ulteriori parametri quali, ad esempio, l'isolamento acustico per via aerea di ambienti abitativi nei confronti di ambienti di uso comune o collettivo dell'edificio⁶ collegati mediante accessi o aperture, che è determinato in termini di indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione dell'ambiente abitativo ($D_{nT,w}$).

⁶ Il DPCM 5/12/1997 non diceva nulla a tale proposito non risultando chiaro se e quali limiti andassero attribuiti a tali elementi.

Progettisti



costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese



Livello prestazionale	Indice di valutazione descrittore dell'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi	
	$D_{nT,w}$ (dB)	
	Ospedali e scuole	Altre destinazioni d'uso
Prestazione ottima	≥ 34	≥ 40
Prestazione buona	≥ 30	≥ 36
Prestazione di base	≥ 27	≥ 32
Prestazione modesta	≥ 23	≥ 28

Tabella 3 - Requisiti per l'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo dell'edificio collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi (prospetto B3 Allegato B Norma UNI 11367).

Inoltre, sempre per scuole e ospedali e assimilabili, nella UNI 11367 vengono indicati i limiti di isolamento ai rumori aerei e al calpestio per le partizioni orizzontali e verticali tra camere d'albergo.

Livello prestazionale	$D_{nT,w}$ (dB)	L'_{nw} (dB)
Prestazione ottima	≥ 56	≤ 53
Prestazione buona	≥ 53	≤ 58
Prestazione di base	≥ 50	≤ 63
Prestazione modesta	≥ 45	≤ 68

Tabella 4 - Requisiti per l'isolamento acustico normalizzato e rumore calpestio per Alberghi (da Norma UNI 11367).

Infine per scuole e ospedali la norma propone nell'Appendice A alcuni valori di riferimento per definire costruzioni con prestazioni acustiche "di base" o "superiori".

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.M.A. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA	con la collaborazione specialistica di:  INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
---	---

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:  COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti:  by VEOLIA	 IMPIANTI TECNOLOGICI	
---	---	---	---

	Prestazione di base	Prestazione superiore
Isolamento di facciata (D2m,nT,w)	≥ 38	≥ 43
Partizioni fra ambienti di differenti U.I. (R'w)	≥ 50	≥ 56
Calpestio fra ambienti di differenti U.I. (L'n,w)	≤ 63	≤ 53
Livello impianti a funzionamento continuo, (Lic), ambienti diversi da quelli di installazione	≤ 32	≤ 28
Livello massimo impianti a funzionamento discontinuo, (Lid) in ambienti diversi da quelli di installazione	≤ 39	≤ 34
Isolamento acustico di partizioni fra ambienti sovrapposti della stessa U.I. (DnT,w)	≥ 50	≥ 55
Isolamento acustico di partizioni fra ambienti adiacenti della stessa U.I. (DnT,w)	≥ 45	≥ 50
Calpestio fra ambienti sovrapposti della stessa U.I. (L'n,w)	≤ 63	≤ 53

Tabella 5 - Requisiti acustici di ospedali, case di cura e scuole (da Appendice A Prospetto A1 Norma UNI 11367).

Valori consigliati	T	C50	STI
Ambienti adibiti al parlato	$T_{tot} = 0,32 \log(V) + 0,03$ [s]	≥ 0	$\geq 0,6$
Ambienti adibiti ad attività sportive	$T_{tot} = 1,27 \log(V) - 2,49$ [s]	≥ -2	$\geq 0,5$

Tabella 6 - Valori consigliati per tempo di riverbero, speech transmission index (STI) e chiarezza (C50) e (da Appendice C Norma UNI 11367).

I.3 LE INDICAZIONI DELLA LEGISLAZIONE PER LA SICUREZZA DEI LAVORATORI

Il **Manuale operativo** redatto dalla Commissione consultiva permanente per la salute e la sicurezza sul lavoro approvato il 28 novembre 2012 evidenzia correttamente che I locali di edilizia sanitaria (ospedali, case di cura, poliambulatori) presentano esigenze acustiche estremamente differenziate in dipendenza dell'uso (sale di degenza, day hospital, sale operatorie, laboratori, sale gessi, servizi ...).

Circa il clima acustico dell'area di insediamento del presidio, la vigente normativa prescrive che gli ospedali siano insediati in aree del territorio a bassa rumorosità ambientale, classificate in classe I, ove non si superino i 40 dB(A) di LAeq notturni ed i 50 dB(A) di LAeq diurni misurati alla facciata della struttura, in condizione di normale funzionamento dei macchinari. Ambulatori di diagnostica

Progettisti



costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese



e terapia ove non sia prevista la degenza ed ove la quiete non costituisca elemento essenziale della prestazione sanitaria, quali ad esempio laboratori di analisi o servizi di radiodiagnostica, ambulatori e studi medici non collegati a presidi sanitari, possono invece essere compatibili anche con classi di destinazione d'uso III (limite diurno 60 dB(A)).

Tale asserzione è a maggior ragione valida per quegli ambienti ove è posta la direzione amministrativa dell'ospedale e sono collocati usi diversi da quelli sopra elencati.

Per la tutela della riservatezza della conversazione e della tranquillità per i pazienti (camere di degenza), trattandosi di prestazioni acustiche di tramezzi interni non soggetti a limiti di alcuna legislazione, il Manuale si suggerisce un valore ottimale $D = 40$ dB, desunto dal D.M. 18/12/75 sugli edifici scolastici.

Relativamente al rumore prodotto dagli impianti tecnologici, il D.P.C.M. 05/12/97 prende in esame e fissa valori limite per le seguenti tipologie d'impianti:

- servizi a funzionamento discontinuo, quali gli ascensori, gli scarichi idraulici, i bagni e servizi igienici e la rubinetteria: 35 dB(A) $L_{pA\max}$;
- servizi a funzionamento continuo, quali gli impianti di riscaldamento, aerazione e condizionamento: 25 dB(A) L_{Aeq} .

E opinione diffusa che la legge preveda valori limite particolarmente restrittivi anche se tali limiti si riferiscono agli ambienti disturbati diversi da quelli in cui il rumore viene generato. Non è questo il caso della rumorosità prodotta dalle unità terminali degli impianti di ventilazione e climatizzazione, dove la rumorosità è generata nell'ambiente stesso. Per tali situazioni si può fare riferimento ai valori limite prescritti dalla norma UNI 8199:2016 riportati nella Tabella 2.5.

Destinazione d'uso	dB (A)
Camere di degenza	30
Sale operatorie	35
Corsie	40
Corridoi	40
Aree aperte al pubblico	40
Servizi	40

Tabella 7 - Livelli raccomandati dalla UNI 8199:2016 per il rumore dovuto ad impianti aerulici in ambienti ad uso sanitario.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA**

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

Per la definizione delle caratteristiche fonoassorbenti dei locali, del rumore di fondo e dei livelli di esposizione si è fatto riferimento in particolare alle norme UNI EN ISO 11690-1:1998, UNI 8199:1998 e i dati di Letteratura.

In linea generale nelle successive fasi progettuali della Presente Proposta si adotteranno soluzioni tendenti al raggiungimento delle seguenti condizioni:

- a) livello di esposizione: è sufficiente verificare il rispetto dei valori indicati per il rumore di fondo e per il T_{60} , in quanto il livello di esposizione è determinato dalle sole attività antropiche tipiche di quell'ambiente e come tali facilmente controllabili. Solo per i servizi di diagnostica e terapia e per i laboratori d'analisi si fornisce l'indicazione più specifica di un LEX non superiore a 65 dB(A);
- b) livello equivalente ambientale (LAeq) non superiore a 40 dB(A) laddove è richiesto sia possibile dormire (nelle camere di degenza, guardia medica), non superiore a 50 dB(A) laddove il compito richiede livelli di concentrazione e di attenzione particolarmente elevati (sale operatorie, ambulatori e studi medici, servizi di diagnostica e terapia) e non superiore a 60 dB(A) laddove l'attività prevede il ricorso frequente ad attrezzature (laboratori di analisi);
- c) rumore di fondo (LAeq) non superiore a 35 dB(A) nei locali a massima esigenza di comfort e di qualità nella comunicazione verbale (camere di degenza, guardia medica, sale operatorie) e non superiore a 40 o 45 dB(A) negli altri locali considerati;
- d) tempo di riverberazione T_{60} compreso tra 0,5 e 1 s nella gamma di frequenza da 250 Hz a 4 kHz e comunque non superiore ai valori indicati nella tabella di seguito riportata.

Volume del locale V (m ³)	Tempo massimo di riverberazione T_{60} (s)	Tasso di decadimento spaziale della pressione sonora al raddoppio della distanza DL_2
< 200	< 0,5 – 0,8	
200 < V < 1000	0,8 – 1,3	
> 1000		> 3-4

Tabella 8 - Tempo massimo di riverberazione in funzione del volume del locale (UNI EN ISO 11690 - 1:1998, prospetto 3)

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.M.A. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA	con la collaborazione specialistica di: AIRIS INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
--	---

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA: cmb COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti: Siram by VEOLIA	GELMINI IMPIANTI TECNOLOGICI	Coopservice
--	--	---	---------------------------

I.4 NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO PER LA PREVISIONE ED IL COLLAUDO DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI

In sede previsionale esistono delle norme tecniche che consentono di calcolare analiticamente le prestazioni di isolamento acustico previste in opera per gli edifici di nuova costruzione sulla base delle prestazioni dei prodotti e dei sistemi edilizi che si andranno ad utilizzare. Le norme appartengono alla serie **UNI EN 12354 Acustica in edilizia – Valutazione delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalla prestazioni di prodotti:**

- 12354 - 1- 2017: *Isolamento del rumore per via area tra ambienti;*
- 12354 - 2- 2017: *Isolamento acustico ai rumori da calpestio;*
- 12354 - 3 – 2017: *Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno;*
- 12354 - 4 - 2017: *Trasmissione del rumore dall'interno all'esterno*
- 12354 - 5- 2009: *Livelli sonori dovuti agli impianti tecnici*
- 12354 - 6 - 2006: *Assorbimento acustico in ambienti chiusi*

Le norme di cui sopra sono state elaborate in sede CEN e si riferiscono a tipologie costruttive tipiche del nord Europa ed i modelli di calcolo descritti richiedono spesso dati di ingresso difficili da reperire. Per questo motivo l'UNI ha emanato un rapporto tecnico/linea Guida UNI TR 11175/2005 Acustica in edilizia - Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici - Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale, che si basa sul metodo di calcolo semplificato proposto nelle UNI EN 12354, ma riferendolo alle tipologie edilizie tipiche del nostro paese. La linea guida presenta un'ampia banca dati in appendice contenente le prestazioni acustiche di strutture edilizie nazionali. Non essendo dichiarati i nomi commerciali dei prodotti inseriti nella suddetta banca dati l'utilizzo della stessa e l'estrapolazione astratta a cantieri generici deve essere valutata comunque con attenzione.

In sede di collaudo, la determinazione degli indici di valutazione delle grandezze caratterizzanti le prestazioni acustiche degli edifici in opera si basa su misurazioni in situ secondo le procedure previste dalle più recenti normative nazionali della serie UNI EN ISO 16283:

- **UNI EN ISO 16283-1:2014** Misure in opera dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 1: **Isolamento acustico per via aerea**
- **UNI EN ISO 16283-2:2016** Misure in opera dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 2: **Isolamento dal rumore di calpestio**

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management
T.H.E.M.A.
PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA**

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

- **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 16487:2015** “Acustica - Procedura di prove per controsoffitti - Assorbimento acustico”

Mentre gli indici di valutazione (e i relativi termini di adattamento spettrale) da confrontare con i valori indicati dal DPCM sono definiti mediante le UNI EN ISO 717:2013 Acustica – Valutazione dell'isolamento acustico in edificio e di elementi di edificio:

- Parte 1 Isolamento di rumori aerei;
- Parte 2 Isolamento di rumori di calpestio;

Per quanto riguarda il rumore prodotto dagli impianti la verifica in opera degli stessi deve essere effettuata mediante le seguenti norme:

- UNI EN ISO 16032:2005 - Acustica - Misurazione del livello di pressione sonora di impianti tecnici in edifici - Metodo tecnico progettuale;
- UNI EN 10052/2010 Acustica – Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea, del rumore da calpestio e della rumorosità degli impianti – metodo di controllo.

Oltre alle due norme di cui sopra vi è la possibilità di far riferimento anche alla già citata:

- UNI 8199/2016 Acustica collaudo acustico degli impianti di climatizzazione e ventilazione – linee guida contrattuali e modalità di misurazione.

Per il tempo di riverbero occorre invece riferirsi alla **UNI EN ISO 3382 Misurazione dei parametri acustici degli ambienti (Tempo di riverberazione e altri parametri)** che è suddivisa in tre parti:

- Parte 1: Sale da spettacolo
- Parte 2: Tempo di riverberazione negli ambienti ordinari
- Parte 3: Open space

Per la qualificazione dei prodotti in sede di fornitura si deve invece far riferimento alle seguenti normative:

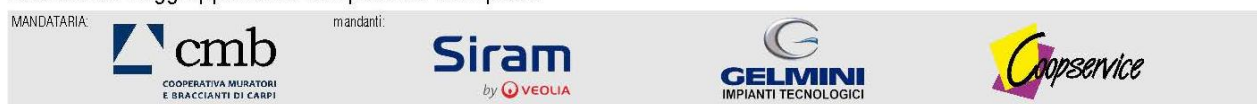
Norme della serie **UNI EN ISO 10140:2016** *Acustica - Misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio*” strutturata nelle seguenti parti:

- Parte 1: *Regole di applicazione per prodotti particolari*

Progettisti



costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese



- Parte 2: *Misurazione dell'isolamento acustico per via aerea*
- Parte 3: *Misurazione dell'isolamento del rumore da calpestio*
- Parte 4: *Procedure e requisiti di misurazione*
- Parte 5: *Requisiti per le apparecchiature e le strutture di prova.*

Il "pacchetto" di norme sostituisce alcune parti delle "vecchie" norme della serie UNI EN ISO 140, e precisamente le UNI EN 20140-10:1993, UNI EN ISO 140-1:2006, UNI EN ISO 140-3:2006, UNI EN ISO 140-6:2000, UNI EN ISO 140-8:1999, UNI EN ISO 140-11:2005 e UNI EN ISO 140-16:2006.

Il metodo di prova è identico al precedente e di conseguenza i dati ottenuti sono ancora validi. La nuova famiglia di norme non è altro che una ristrutturazione organica di tutta la materia con particolare riguardo ad alcuni aspetti emersi in questi anni nell'applicazione della varie parti delle norme serie UNI EN ISO 140.

Sinteticamente, la **parte 1** specifica i requisiti di prova per gli elementi di edificio e per i prodotti, inclusi i requisiti dettagliati per la preparazione, il montaggio, le condizioni di funzionamento e di prova, oltre alle grandezze applicabili e le informazioni di prova aggiuntive per il rapporto. Le procedure generali di prova per la misurazione dell'isolamento acustico per via aerea e dell'isolamento del rumore da calpestio sono riportate, rispettivamente, nelle UNI EN ISO 10140-2 e UNI EN ISO 10140-3.

La **parte 2** definisce il metodo di laboratorio per la misurazione dell'isolamento acustico per via aerea di elementi di edificio quali pareti, solai, porte, finestre, imposte/persiane/elementi oscuranti, elementi di facciata, vetrate, piccoli elementi tecnici, come dispositivi per il convogliamento dell'aria, tracce d'impianti, e loro combinazioni, per esempio pareti e solai con contropareti, controsoffitti e pavimenti galleggianti. I risultati di prova ottenibili possono essere utilizzati per confrontare le proprietà dell'isolamento acustico di elementi di edificio e per classificare tali elementi in base alle loro capacità di isolare acusticamente, per aiutare la progettazione dei prodotti da costruzione che necessitano di proprietà acustiche certe e per stimare le prestazioni in opera degli edifici. Le misurazioni sono eseguite in strutture di prova in laboratorio nelle quali la trasmissione sonora per via laterale è soppressa. I risultati delle misurazioni eseguite in conformità alla norma non sono applicabili direttamente alle situazioni in opera senza tenere conto di altri fattori che possono influenzare l'isolamento acustico, come per esempio la trasmissione per via laterale, le condizioni al contorno e il fattore di smorzamento totale.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA**

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

La **parte 3** specifica i metodi di laboratorio per la misurazione dell'isolamento del rumore da calpestio di solai. I risultati di prova possono essere utilizzati per confrontare le proprietà dell'isolamento acustico di elementi di edificio e per classificare tali elementi in base alle loro capacità di isolare acusticamente, per aiutare la progettazione dei prodotti da costruzione che necessitano di proprietà acustiche certe e per stimare le prestazioni in opera degli edifici. Le misurazioni sono eseguite in strutture di prova in laboratorio nelle quali la trasmissione sonora per via laterale è soppressa. I risultati della misurazioni fatte in conformità alla norma non sono applicabili direttamente alle situazioni in opera senza tenere conto di altri fattori che possono influenzare l'isolamento acustico, come per esempio la trasmissione per via laterale, le condizioni al contorno e il fattore di smorzamento. Il metodo di prova descritto in questa parte 3 della norma utilizza la macchina di calpestio normalizzata secondo UNI EN ISO 10140-5, che simula il rumore dei passi di una persona con le scarpe. La UNI EN ISO 10140-3 è applicabile a tutti i tipi di solai (sia pesanti sia leggeri) con tutti i tipi di rivestimenti per pavimenti

La **parte 4** definisce le procedure di base per la misurazione dell'isolamento acustico per via aerea e dell'isolamento del rumore da calpestio nei laboratori di prova, mentre la **parte 5** specifica le strutture e le apparecchiature di prova per la misurazione dell'isolamento sonoro degli elementi di edifici quali:

- Componenti e materiali;
- Elementi tecnici (piccolo elementi di edificio);
- Sistemi di miglioramento dell'isolamento acustico.

Essa si applica alle strutture dei laboratori di prova nei quali la trasmissione sonora per via laterale è soppressa tra l'ambiente emittente e quello ricevente.

La futura **UNI EN ISO 10140-5** specifica infine le procedure di qualificazione da utilizzare per la messa a punto di nuove attrezzature di prova per le misurazioni dell'isolamento acustico. Queste possono essere ripetute periodicamente per assicurarsi che non insorgano problemi nelle apparecchiature e nelle attrezzature di prova.

Per la caratterizzazione dei materiali fonoassorbenti occorre riferirsi invece alle:

- UNI EN 16487:2015 Titolo: Acustica - Procedura di prove per controsoffitti - Assorbimento acustico che è la versione ufficiale della norma europea EN 16487 (edizione novembre 2014). La norma specifica le informazioni supplementari e le condizioni di montaggio necessarie per svolgere in modo efficiente e in condizioni normate in camera riverberante

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.M.A. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA	con la collaborazione specialistica di:  AIRIS INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
---	---

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:  cmb COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti:  Siram by VEOLIA	 GELMINI IMPIANTI TECNOLOGICI	 Coopservice
---	--	--	---

la determinazione dei coefficienti di assorbimento acustico secondo la UNI EN ISO 354. I risultati ottenuti sono usati per la progettazione acustica degli ambienti e per convertire i valori del coefficiente di assorbimento acustico dipendenti dalla frequenza in un indice di valutazione unico, α_w , secondo la UNI EN ISO 11654.

- UNI EN ISO 11654:1998 Titolo: Acustica - Assorbitori acustici per l'edilizia - Valutazione dell'assorbimento acustico, che è la versione ufficiale in lingua italiana della norma europea EN ISO 11654 (edizione aprile 1997). La norma specifica un metodo che consente di convertire i valori del coefficiente di assorbimento acustico dipendenti dalla frequenza in un indice di valutazione unico α_w .

I.5 INDIVIDUAZIONE ELEMENTI TECNICI E PARAMETRI OGGETTO DI VERIFICA PER LA PRESENTE PROPOSTA PROGETTUALE

Sulla base della disamina svolta nei paragrafi precedenti, è possibile riassumere i requisiti da verificare nella realizzazione dell'intervento in oggetto nei valori di cui alla tabella seguente dove:

- Col termine “requisiti acustici” si vuol far riferimento ai parametri che possono indirizzare il progettista nel dimensionamento, nella scelta dei materiali e delle soluzioni progettuali (se desumibili da fonti legislative quali DPCM 5/12/1997 e Decreto Criteri Ambientali Minimi in edilizia dell'11 Ottobre 2017).
- Con la voce “standard acustici”, invece, ci si vuole riferire alle indicazioni delle normative di buona tecnica che, sulla base di una attenta lettura, integra e talvolta interpreta i requisiti legislativi (norme UNI 11367:2010, UNI 9241-6, UNI 11690) e Manuale dell'INAIL.

In Tabella 9 viene riportato il quadro, necessariamente schematico, di questi requisiti e standard acustici, applicabili agli spazi ospedalieri e/o agli elementi di separazione tra questi e gli ambienti ove sono collocati apparati in grado di generare rumore, e/o gli spazi tra le diverse unità funzionali nei quali la complessa struttura ospedaliera può essere suddivisa.

I valori indicati, pur essendo quasi sempre desunti da leggi e norme per la tutela “generica” degli occupanti l'edificio, vanno ritenuti validi anche per la tutela “specificata” dei lavoratori.

	Fonte	Valore Limite
Isolamento di facciata (D2m,nT,w)	DPCM 5/12/1997	≥ 45
Partizioni fra ambienti di differenti U. Funzionali. (R'w)	CAM Edilizia	≥ 56
Calpestio fra ambienti di differenti U. Funzionali (L'n,w)	CAM Edilizia	≤ 53

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management
T.H.E.M.A.
PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:  **cmb**
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:  **Siram**
by  **VEOLIA**

 **GELMINI**
IMPIANTI TECNOLOGICI

 **Coopservice**

Livello impianti a funzionamento continuo, (Lic), ambienti diversi da quelli di installazione		DPCM 5/12/1997	≤ 25
Livello massimo impianti a funzionamento discontinuo, (Lid) in ambienti diversi da quelli di installazione		CAM edilizia	≤ 34
Isolamento acustico di partizioni fra ambienti sovrapposti della stessa U. Funzionale. (DnT,w)		CAM Edilizia	≥ 55
Isolamento acustico di partizioni fra ambienti adiacenti della stessa U. Funzionale (DnT,w)		CAM Edilizia	≥ 50
Calpestio fra ambienti sovrapposti della stessa U. Funzionale (L'n,w)		CAM Edilizia	≤ 53
Isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture (D _{nT,w})		CAM Edilizia	≥ 30
• Caratteristiche fonoassorbenti T60 (s) • Rumore impianti LIC dB(A) • Rumore di fondo LAeq dB(A)	Camere di degenza	UNI 11690 – 1 p.3 ⁽¹⁾ ; ≤ 30 ⁽²⁾ ; ≤ 35	
	Guardia Medica	UNI 11690 – 1 p.3 ⁽¹⁾ ; ≤ 30 ⁽²⁾ ; ≤ 35	
	Sale Operatorie	UNI 11690 – 1 p.3 ⁽¹⁾ ; ≤ 35 ⁽²⁾ ; ≤ 40	
	Serv, Diagnostica e terapia ⁽³⁾	UNI 11690 – 1 p.3 ⁽¹⁾ ; ≤ 30 ⁽²⁾ ; ≤ 35	
	Ambulatori e studi medici	UNI 11690 – 1 p.3 ⁽¹⁾ ; ≤ 30 ⁽²⁾ ; ≤ 35	
	Laboratori di analisi	UNI 11690 – 1 p.3 ⁽¹⁾ ; ≤ 30 ⁽²⁾ ; ≤ 35	

Tabella 9 - Requisiti e standard acustici strutture sanitarie (ambienti specifici dell'attività sanitaria)

(1) Dato desumibile dal prospetto 3 della norma UNI 11690-1:1998 che collega le caratteristiche acustiche fonoassorbenti richieste per gli uffici con la loro volumetria (vedi Tabella 9).

(2) Valgono anche i limiti del D.P.C.M. 05/12/97 di 25 dB(A) di LAeq per gli impianti a funzionamento continuo e 35 dB(A) di LAS,max per gli impianti a funzionamento discontinuo (D.P.C.M. 05/12/97), misurati negli ambienti disturbati diversi da quelli in cui il rumore viene generato.

(3) Se è prevista la presenza di pazienti per periodi prolungati si applicano i valori previsti per le camere di degenza.

Nella lettura della Tabella, i requisiti presi in considerazione sono i seguenti:

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.M.A. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA	con la collaborazione specialistica di:  AIRIS INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
---	---

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:  cmb COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti:  Siram by 	 GELMINI IMPIANTI TECNOLOGICI	 Coopservice
---	--	--	---

- **Isolamento di facciata** = indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata (applicabile ai soli spazi ufficio) normalizzato rispetto al tempo di riverberazione $D_{2m,nT,w} \geq 45$ dB (da DPCM 5/12/1997); d'accordo con la Amministrazione pubblica si potrebbe utilizzare, almeno per le zone funzionali diverse da quelle che vedano la presenza di pazienti, valori inferiori a quello sopra indicato ed eventualmente in linea con quanto richiesto da Norma UNI 11367:2010 – Classificazione Acustica degli edifici. Il rispetto del requisito è assicurato mediante l'utilizzo di elementi opachi di chiusura aventi potere fonoisolante il cui indice di valutazione risulti non inferiore a $R_w = 55$ dB ed infissi esterni con $R_w = 45$ dB.
- **Isolamento Acustico tra ambiti funzionali diversi ai rumori aerei** (zone degenza con altre zone funzionali etc.) = indice del potere fonoisolante apparente espresso come $R'_w \geq 56$ dB (DMA 11 Ottobre 2017 aggiornamento CAM edilizia); L'utilizzo di pareti di adeguata massa (con $R_w \geq 62 - 65$ dB), rivestite con contropareti realizzate a secco (cartongesso, gessofibra, lastre fibrocemento), assicura il rispetto del potere fonoisolante apparente limite;
- **Isolamento ai rumori da calpestio** = indice di valutazione del livello di rumore da calpestio $L'_{nw} \leq 53$ sia per i solai di partizione tra diverse zone funzionali che per solai interni alla stessa unità funzionale; per solai realizzati in modo tradizionale il rispetto del requisito è garantito dall'utilizzo di sistemi galleggianti con elemento resiliente avente rigidità dinamica $s' \leq 21$ MN/m³ e massetto superficiale di massa non inferiore a 120 kg/m².
- **Isolamento Acustico tra ambienti della stessa unità funzionale** (camere reparto degenza) = isolamento acustico normalizzato espresso come indice di valutazione D_{nTw} per le pareti verticali ≥ 50 dB (≥ 55 dB per i solai di separazione); il valore scende a 30 dB per le pareti che confinano direttamente tramite accessi con spazi di collegamento orizzontali (corridoi) o verticali (vani scala); l'adozione di sistemi a secco, aventi potere fonoisolante $R_w \geq 58$ dB garantisce il rispetto del requisito; nel caso dei vani di collegamento è necessario utilizzare porte che abbiano un indice di valutazione $R_w \geq 35$ dB;
- **Rumore impianti** = livello corretto del rumore degli impianti Lic come da UNI 8199:2016 ovvero Lic non superiore a 30 dB(A) per gli ambienti sanitari ad eccezione delle sale operatorie, per le quali non deve essere superiore a 35 dB(A); deve comunque essere fatto salvo il rispetto del livello di rumore indotto dagli impianti di cui al DPCM 5/12/1997;
- **Rumore di fondo** = livello di rumorosità in assenza delle persone e delle attività tipiche del locale non superiore a 35 o a 40 dB(A) a seconda degli ambienti;

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

**AIRIS**
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

**cmb**
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

**Siram**
by  **VEOLIA****GELMINI**
IMPIANTI TECNOLOGICI**Coopservice**

- **Caratteristiche fonoassorbenti** = caratteristiche fonoassorbenti dell'ambiente espresse come T60; Il tempo di riverbero deve essere compreso tra 0,5 e 1,3 s nella gamma di frequenza da 250 Hz a 4 kHz e comunque non superiore ai valori indicati nella tabella di seguito riportata. Il requisito è soddisfatto mediante applicazione di elementi fonoassorbenti a soffitto (controsoffitto tradizionale su pendini, elementi in aderenza a intradosso, isole indipendenti); si consiglia l'installazione di elementi fonoassorbenti anche negli ambienti ove sono presenti sorgenti di rumore significative. Le caratteristiche acustiche dei materiali fonoassorbenti dovranno essere tali da garantire buone prestazioni anche alle frequenze medio-basse.

Volume del locale V (m ³)	Tempo massimo di riverberazione T60 (s)	Tasso di decadimento spaziale della pressione sonora al raddoppio della distanza DL ₂
< 200	< 0,5 – 0,8	
200 < V < 1000	0,8 – 1,3	
> 1000		> 3-4

Tabella 10 - Tempo massimo di riverberazione in funzione del volume del locale (UNI EN ISO 11690 - 1:1998, prospetto 3)

II ISOLAMENTO ACUSTICO AI RUMORI AEREI INTERNI: ELEMENTI DI SEPARAZIONE TRA AMBIENTI DELLA STESSA UNITÀ FUNZIONALE (INDICE DI VALUTAZIONE DNTW) E ELEMENTI DI SEPARAZIONE TRA UNITÀ FUNZIONALI (INDICE DI VALUTAZIONE R'w)

Di seguito si riporta una prima descrizione delle modalità realizzative degli:

- Elementi di separazione (pareti verticali e solai) tra ambienti appartenenti alla stessa unità funzionale il cui parametro di riferimento è costituito dall'indice di valutazione dell'isolamento acustico ai rumori aerei D_{nTw} ;
- Elementi di separazione (pareti verticali e solai) tra le unità funzionali il cui parametro di riferimento è costituito dall'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente R'_w ;

Tale considerazioni dovranno essere opportunamente approfondite in fase di progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento.

Il paragrafo è quindi strutturato secondo lo schema seguente:

1. Descrizione della metodologia per il calcolo di R_w e R'_w e D_{nTw} ;

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.M.A. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA	con la collaborazione specialistica di: AIRIS INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
--	---

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA: cmb COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti: Siram by VEOLIA	GELMINI IMPIANTI TECNOLOGICI	Coopservice
--	--	---	---------------------------

2. Descrizione delle diverse modalità esecutive degli elementi divisori di separazione tra le diverse unità immobiliari (pareti verticali e solai) del cantiere in oggetto;
3. Indicazioni e prescrizioni per progetto esecutivo, capitolato e posa in opera.

II.1 METODOLOGIA DI CALCOLO DEL POTERE FONOISOLANTE R_W E DEL POTERE FONOISOLANTE APPARENTE R'_W IN OPERA

Le prestazioni di una parete divisoria vengono normalmente espresse tramite il potere fonoisolante apparente R' , che è una grandezza che esprime la quantità di energia sonora trasmessa dalla parete nelle reali condizioni di utilizzo. Tale grandezza differisce dal potere fonoisolante R risultante da misure di laboratorio in quanto tiene conto, oltre che della trasmissione diretta attraverso la parete (τ_d), anche di eventuali percorsi di trasmissione aerea del suono (τ_e e τ_s) e dei percorsi di trasmissione sonora attraverso le strutture laterali (τ_f).

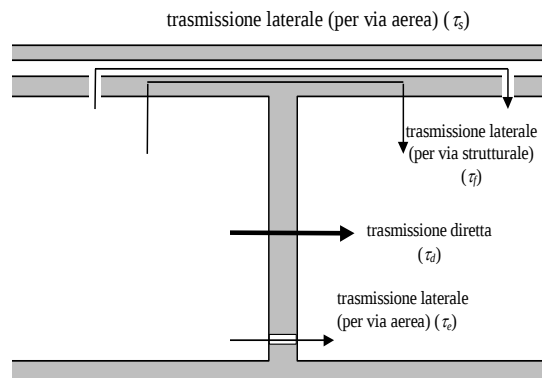


Figura 1 - Diversi percorsi di trasmissione del suono (per via aerea e strutturale) tra due ambienti adiacenti

Se la potenza sonora complessivamente trasmessa tra due ambienti è $W_t = W_1 + W_2$, con W_1 potenza trasmessa direttamente dalla partizione e W_2 potenza trasmessa dalle strutture laterali, e la potenza sonora incidente sulla partizione è W_i , si ha:

$$R = 10 \lg \frac{W_i}{W_1} \quad (\text{dB})$$

$$R' = 10 \lg \frac{W_i}{W_1 + W_2} \quad (\text{dB})$$

ovvero:

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by VEOLIA

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

$$R' = -10 \lg \tau' = -10 \lg \left(\tau_d + \sum_{f=1}^n \tau_f + \sum_{e=1}^m \tau_e + \sum_{s=1}^k \tau_s \right) \quad (\text{dB})$$

essendo τ_e e τ_s i coefficienti di trasmissione sonora di piccoli elementi posti nella partizione (ad esempio prese d'aria) o di sistemi in grado di trasmettere il suono per via aerea (condotti di ventilazione con uscite nei due ambienti).

Secondo la norma ISO 140-10, si intendono per piccoli elementi quelli aventi una superficie minore di 1 mq, ad esclusione delle finestre e porte. I coefficienti di trasmissione τ_e e τ_s sono dati dal rapporto tra la potenza sonora complessivamente irradiata dall'elemento o dal sistema e la potenza sonora incidente sull'intera partizione. Per calcolare i coefficienti di trasmissione aerea si fa riferimento ai rispettivi valori di isolamento acustico normalizzato D_n risultanti da prove di laboratorio degli elementi o dei sistemi.

La trasmissione laterale (τ_f) ha invece origine strutturale ed è funzione delle caratteristiche della struttura di separazione, delle strutture laterali dei due ambienti (solai e pareti) e dei relativi giunti. Uno studio approfondito di questa trasmissione comporta la conoscenza di parametri di difficile valutazione e per i quali sono disponibili scarsi valori di riferimento.

Con riferimento alla figura seguente si vede come i percorsi di trasmissione strutturale laterale relativi ad una determinata partizione siano complessivamente dodici, ai quali va successivamente aggiunto il percorso diretto.

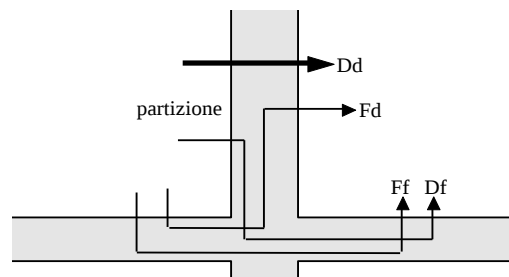


Figura 2 - I tre percorsi di trasmissione strutturale laterale relativi a ciascuno dei quattro giunti tra partizione e strutture laterali.

Ne consegue che, il potere fonoisolante apparente tra i due ambienti può essere calcolato mediante la seguente formula:

$$R'_w =$$

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA**

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

$$- \left[10 \lg \left(10^{-\frac{R_{Dd,w}}{10}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-\frac{R_{Ff,w}}{10}} + \sum_{f=1}^n 10^{-\frac{R_{Df,w}}{10}} + \sum_{F=1}^n 10^{-\frac{R_{Fd,w}}{10}} + \frac{A_0}{S_s} \sum_{j=1}^m 10^{-\frac{D_{n,j,w}}{10}} \right) \right]$$

in cui:

- R_{Dd} , R_{Ff} , R_{Df} , R_{Fd} rappresentano i valori del potere fonoisolante relativi alla trasmissione sonora che avviene attraverso il percorso diretto (D_d) ed i percorsi laterali;
- $D_{n,j,w}$ l'indice di valutazione dell'isolamento acustico per la trasmissione attraverso un piccolo elemento tecnico j ($D_{n,e}$), o un sistema di trasmissione per via aerea j ($D_{n,s}$), in decibel;
- n è il numero di lati dell'elemento divisorio (generalmente 4 per nodo);
- m è il numero j di elementi o sistemi di trasmissione per via aerea;
- S_s è l'area dell'elemento di separazione, in metri quadri;
- A_0 è l'area di assorbimento di riferimento, in metri quadri, $A_0 = 10 \text{ m}^2$

Pertanto per determinare $R'w$ occorre preventivamente calcolare l'indice di valutazione del potere fonoisolante per trasmissione laterale, $R_{ij,w}$, di ogni singolo percorso di trasmissione sonora; ciò può essere fatto mediante la formula seguente ricavata dalla formula della dinamica dei campi sonori aerei diffusi e dei campi vibratorii strutturali diffusi, in decibel, espressa da:

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

dove:

- i simboli (i) e (j) generalizzano i simboli (D), (d), (F) e (f) usati nella precedente espressione;
- $R_{i,w}$ è l'indice di valutazione del potere fonoisolante della struttura (i), in decibel (dB);
- $R_{j,w}$ è l'indice di valutazione del potere fonoisolante della struttura (j), in decibel (dB);
- $\Delta R_{ij,w}$ è l'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante dovuto all'apposizione di strati aggiuntivi di rivestimento alle strutture omogenee (i) e (j) lungo il percorso (ij); se lungo il percorso (ij) si trovano due strati aggiuntivi si somma il valore maggiore con la metà del minore ($\Delta R_{ij,w} = \Delta R_{i,w} + \Delta R_{j,w}/2$ con $\Delta R_{j,w} < \Delta R_{i,w}$);
- K_{ij} è l'indice di riduzione delle vibrazioni prodotto dal giunto (ij), in decibel (dB);
- S_s è l'area dell'elemento di separazione, in metri quadrati (m^2);

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA**

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

- l_0 è la lunghezza di riferimento, pari a 1 m;
- l_{ij} è la lunghezza del giunto (ij), in metri (m).

Nel caso di strutture rivestite con strati addizionali, gli indici $R_{i,w}$ e $R_{j,w}$ da inserire per il calcolo di $R_{ij,w}$ sono quelli propri 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 $R_{j,w}$ da inserire nella formula per il calcolo di $R_{ij,w}$ sono quelli propri del solo strato interno.

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 i percorsi che attraversano i solai a soffitto, soprastanti la parete in esame, i pavimenti galleggianti del piano superiore non andranno considerati in quanto non influenti.

L'indice di valutazione del potere fonoisolante R_w di una struttura può essere determinato sulla base di:

- a) Dati di laboratorio;
- b) Correlazioni specifiche;
- c) Relazioni generali;
- d) Metodi di calcolo complessi.

Riguardo al punto A) diversi produttori di materiali (blocchi in laterizio o altro materiale, isolanti termoacustici, sistemi leggeri) forniscono soluzioni che risultano essere state certificate mediante misurazioni in laboratorio effettuate secondo la norma tecnica di riferimento. Qualora si intendano utilizzare queste tipologie di dati occorre verificare con attenzione che il campione misurato in laboratorio sia del tutto simile alla partizione realizzata in opera. In particolare per pareti in laterizio occorre verificare che:

- La tipologia di laterizi sia uguale a quella utilizzata in laboratorio;
- La posa ed in particolare l'esecuzione di giunti di malta orizzontali e verticali sia eseguita in modo conforme a quanto avviene in laboratorio;
- L'influenza possibile di tracce impiantistiche e di elementi di discontinuità ovviamente non

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.M.A. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA	con la collaborazione specialistica di: AIRIS INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
---	--

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA: cmb COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti: Siram by VEOLIA	GELMINI IMPIANTI TECNOLOGICI	Coopservice
--	---	--	--------------------

presenti in laboratorio.

Per correlazioni specifiche (punto B) si intende l'utilizzo di prove di laboratorio effettuate su partizioni aventi caratteristiche morfologiche analoghe a quelle in esame.

Di relazioni generali (punto C) ne sono state sviluppate diverse a livello nazionale basate su prove di laboratorio e prevalentemente basate sulla correlazione tra la massa delle strutture in esame e il potere fonoisolante delle stesse. Tali formule hanno l'evidente limite (ad eccezione di alcune di seguito riportate) di non tener conto dell'influenza di materiale isolante e/o fonoimpedente eventualmente inserito all'interno delle strutture (per i rivestimenti parietali si veda più avanti nel paragrafo).

Le principali sono le due riportate nella norma CEN e nella linea guida dell'UNI ovvero:

a1) $R_w = 20 \log(m)$; per $m > 80 \text{ kg/m}^2$

a2) $R_w = 37,5 \log(m) - 42$; per $m > 150 \text{ kg/m}^2$

Il rapporto tecnico dell'UNI consiglia di applicare un fattore correttivo pari a 2 dB qualora la stima del potere fonoisolante di una determinata partizione venga eseguita nel modo descritto.

Per pareti monostrato in laterizio sono inoltre state verificate le seguenti correlazioni:

b) $R_w = 16,9 \log(m) + 3,6$; pareti in laterizio alleggerito ($m > 100 \text{ kg/m}^2$);

c) $R_w = 16,8 \log(m) + 6,1$; pareti in laterizio ($m > 100 \text{ kg/m}^2$);

d) $R_w = 16 \log(m) + 7$; pareti in laterizio ($80 \text{ kg/m}^2 < m < 400 \text{ kg/m}^2$);

e) $R_w = 18,1 \log(m) + 2,9$; pareti in laterizio ($80 \text{ kg/m}^2 < m < 500 \text{ kg/m}^2$);

f) $R_w = 15,4 \log(m) + 8$; pareti in laterizio ($100 \text{ kg/m}^2 < m < 700 \text{ kg/m}^2$);

Per pareti doppie in laterizio sono inoltre state proposte anche le seguenti correlazioni:

g) $R_w = 16 \log(m) + 10$; pareti in laterizio ($80 \text{ kg/m}^2 < m < 400 \text{ kg/m}^2$); intercapedine $e \geq 50 \text{ mm}$. riempita se pure parzialmente con materiale fibroso;

h) $R_w = -9,5 + 23,7 \log(m) + 6,2 \log(1+e)$; pareti in laterizio ($80 \text{ kg/m}^2 < m < 400 \text{ kg/m}^2$); intercapedine $e \geq 50 \text{ mm}$.

Per i solai in laterocemento:

i) $R_w = 22,4 \log(m) - 6,5$;

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA**

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

j) $R_w = 23 \log(m) - 8$; massa areica $250 \text{ kg/m}^2 < m < 500 \text{ kg/m}^2$

Come si vede trattasi di relazione che riferite a stesse tipologie di materiale forniscono spesso risultati tra loro più o meno discordanti a seconda della massa dell'elemento strutturale individuato. Le oscillazioni rispetto ai valori di laboratorio variano tra i 1-2 dB sino a valori decisamente superiori (3-4 dB).

Per questo può essere utile far riferimento a metodi di calcolo più sofisticati che però scontano il fatto che dovrebbero risultare perfettamente note le caratteristiche dei diversi materiali utilizzati.

I metodi di calcolo complessi (punto D) sono quelli che fanno riferimento alle seguenti metodologie ovvero:

- Metodo delle Impedenze Progressive⁷, MIP (Potere fono-isolante / Parete singola / Parete singola generica);
- Metodo delle Impedenze Accoppiate, MIA (Potere fonoisolante / Parete doppia / Parete doppia generica) -accoppio impedenze⁸;
- Teoria di Sharp⁹ Potere fonoisolante / Parete doppia / Pareti leggere;
- Contatto puntuale, Contatto linea¹⁰ (pareti leggere, contropareti);
- Statistical Energy Analysis (SEA)¹¹ (Valido per tutte le partizioni);

Il miglioramento delle prestazioni acustiche di partizioni verticali od orizzontali ΔR a cui venga aggiunto un rivestimento (controparete o rivestimento galleggiante) si può valutare mediante misurazioni di laboratorio eseguite secondo la norma ISO 140-3 oppure teoricamente. La differenza di potere fonoisolante ΔR è una grandezza introdotta per specificare le prestazioni acustiche di strati di rivestimento fonoisolanti quali contropareti, controsoffitti, ecc. Si tratta della differenza tra il potere fonoisolante di una struttura base ed il potere fonoisolante della struttura con il rivestimento fonoisolante applicato. Le prestazioni acustiche del rivestimento dipendono dall'interazione tra le vibrazioni di questo e della struttura base, coinvolgendo diversi fenomeni di

⁷ Rif. Frank Fahy. *Sound and structural vibration. Radiation, transmission and response*. Academic Press, Great Britain 1985.

⁸ Rif. Ewins, D. J.: *Modal Testin: theory and Practice*. Brüel & Kjær, London, England 1986.

⁹ Rif: Sharp, B. H. (1978). Prediction methods for the sound transmission of building elements. *Noise Control Engineering*, 11, 5533.

¹⁰ Rif. Frank Fahy. *Sound and structural vibration. Radiation, transmission and response*. Academic Press, Great Britain 1985.

¹¹ Rif. Leo L. Beranek. *Noise and Vibration Control*. Institute Of Noise Control Engineering, USA 1988.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.M.A. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA	con la collaborazione specialistica di: AIRIS INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
---	--

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:  COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti:  by   IMPIANTI TECNOLOGICI	
---	--	---

risonanza. Per questo, nei certificati di prova è sempre necessario specificare la natura della struttura base (massa superficiale) e le caratteristiche di messa in opera.

Per la valutazione teorica occorre tener conto del fatto che se su un divisorio in muratura (verticale od orizzontale) viene applicato uno strato addizionale per il tramite di un supporto elastico, si determina un sistema risonante a doppia parete che può produrre un miglioramento nel potere fonoisolante complessivo. Condizione essenziale per un intervento di questo tipo è che il collegamento tra le due strutture avvenga con il minor numero possibile di punti rigidi. Per i divisori verticali sono molto utilizzate le contropareti formate da una o più lastre di gesso rivestito accoppiata con un pannello in fibra minerale.

Nelle strutture orizzontali (solai) lo strato addizionale può essere rappresentato dalla controsoffittatura, considerata come trattamento della superficie inferiore, oppure dal pavimento galleggiante considerato come trattamento superficiale superiore. L'entità del miglioramento prodotto dipende da:

- Dal potere fonoisolante della struttura di base (tra l'altro l'incremento è tanto maggiore quanto più basso è il potere fonoisolante della struttura di partenza);
- Dalla frequenza propria f_0 del sistema risonante formato dalle due strutture e dall'intercapedine che le separa; infatti in corrispondenza di tale frequenza si ottiene una forte riduzione della prestazione acustica della controparete. Per questo controparete ed intercapedine devono essere realizzate in modo da avere il valore di tale frequenza sufficientemente basso (possibilmente < 80 Hz). Al di sopra della frequenza di risonanza, la crescita di isolamento è teoricamente di circa 12 dB ogni ottava di frequenza, ovvero il doppio della legge di massa;
- Dalle caratteristiche del supporto elastico

In generale la frequenza di risonanza del sistema è data da¹²:

$$f_0 = 160 \sqrt{s' \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)}$$

¹² Si veda UNI EN 12354 – 1- 2002 Acustica in edilizia Valutazione delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti: Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti. Appendice D2 Indice di valutazione dell'incremento del potere fonoisolante degli strati. Si fa notare che il calcolo della frequenza di risonanza descritto nella UNI EN 12354-1 2017 non porta ad un risultato rappresentativo del fenomeno fisico.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA**

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

dove:

- m'_1 è la massa areica della struttura di base;
- m'_2 è la massa areica della struttura di rivestimento;
- s' è la rigidità dinamica per unità di superficie del supporto elastico, in MN/mc¹³.

Tale relazione si ritiene normalmente valida per i pavimenti galleggianti in quanto per le contropareti e le controsoffittature, non essendovi carico statico sul supporto elastico, viene considerata la rigidità dinamica s' a dell'aria contenuta nel materiale elastico.

In particolare nel caso si stiano analizzando strati addizionali non direttamente collegati alla struttura di base, realizzati con montanti e correnti e con la cavità riempita con materiale poroso avente resistenza al flusso dell'aria $r > 5$ kPas/m² (ad esempio contropareti o controsoffitti in cartongesso con fibra minerale nell'intercapedine):

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{0,111}{d} \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \quad (\text{Hz})$$

dove:

- d è lo spessore della cavità (in m.) ovvero la distanza tra la parete esistente e la controparte priva di materiale isolante;
- m'_1 è la massa per unità di superficie della struttura di base in kg/m²;
- m'_2 è la massa per unità di superficie della struttura di rivestimento in kg/m²;

Nota la frequenza di risonanza si determina ΔR_w sulla base del prospetto 2 riportato nella UNI TR 11175/05 che risulta valido per pareti di base aventi potere fonoisolante R_w compreso tra 20 e 60 dB e dal quale si evince che per frequenze f_0 inferiori ai 200 Hz, l'incremento è funzione anche del potere fonoisolante della struttura di base, mentre per frequenze superiori può assumere valori negativi.

¹³ Valutata secondo UNI EN 29052-1

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.M.A. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA	con la collaborazione specialistica di: AIRIS INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
--	---

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA: cmb COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti: Siram by VEOLIA	GELMINI IMPIANTI TECNOLOGICI	Coopservice
--	--	---	---------------------------

Frequenza di risonanza f_0 del rivestimento Hz	ΔR_w dB
$30 \leq f_0 \leq 160$	$74,4 - 20 \log(f_0) - R_w/2$
200	-1
250	-3
315	-5
400	-7
500	-9
Da 630 a 1600	-10
$1600 \leq f_0 \leq 5000$	-5

Tabella 11- prospetto per il calcolo della valutazione dell'incremento di isolamento mediante un rivestimento, a seconda della frequenza di risonanza

L'indice di riduzione delle vibrazioni, K_{ij} , per giunti tra strutture omogenee più comuni, è una grandezza scarsamente dipendente dalla frequenza, almeno nel campo da 125 Hz a 2 000 Hz. L'indice di riduzione delle vibrazioni, K_{ij} , può essere calcolato per i più comuni tipi di giunzioni in funzione delle masse per unità di area degli elementi connessi con la giunzione mediante le relazioni riportate nel prospetto 3, ricavato dall'appendice E della UNI EN 12354-1, valide per i giunti nei quali la continuazione degli elementi sul giunto ha la stessa massa per unità di area.

Esistono delle relazioni empiriche che consentono tuttavia di valutare il potere fonoisolante apparente (ovvero comprensive della trasmissione laterale per fiancheggiamento)¹⁴. In via semplificata la trasmissione per fiancheggiamento può essere valutata considerando un contributo globale K che può essere stimato a partire dalla massa media superficiale delle strutture laterali¹⁵.

Si può affermare che nei casi più ricorrenti la trasmissione laterale comporta un decadimento delle prestazioni comprese in un campo di valori da 3 a 5 dB. Ad esempio nel Regolamento Edilizio tipo regionale della Regione Emilia Romagna si assumeva che K fosse sempre uguale a 3, ammettendo quindi che il requisito risultasse sempre soddisfatto qualora si utilizzi una soluzione che per materiali e per modalità di posa in opera abbia un indice di valutazione del potere fonoisolante R_w in laboratorio non inferiore a 3 dB rispetto al valore limite (certificato in laboratorio in modo conforme a UNI EN ISO 140 – 3 e UNI EN ISO 717 – 1).

¹⁴ Si veda ad esempio la Norma DIN 4109

¹⁵ Si vedano linee guida UNI/TR 11175 Appendice A3 Metodo B a trasmissione laterale equivalente

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA**

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

Una volta calcolato il potere fonoisolante R'_w è possibile determinare altre grandezze pertinenti per la caratterizzazione delle prestazioni acustiche dell'edificio nella trasmissione per via aerea del suono tra ambienti adiacenti. In particolare è possibile determinare, per ogni situazione specifica, l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto all'assorbimento equivalente, $D_{n,w}$, oppure l'indice di valutazione dell'isolamento normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, $D_{nT,w}$, mediante la seguente formula:

$$D_{nT} = R' + \left(10 \lg \frac{C_{sab} V}{T_0 S_s} \right) = R' + \left(10 \lg \frac{0,32 V}{S_s} \right) \text{ dB}$$

dove:

- V è il volume del locale ricevente, in metri cubi (m^3);
- $C_{sab} = 0,16$ è la costante di Sabine in s/m
- T_0 è il tempo di riverberazione di riferimento per appartamenti, assunto pari a $0,5 \text{ s}$;
- A_0 è l'area di assorbimento equivalente di riferimento per appartamenti, assunta pari a 10 m^2 ;
- S_s è l'area dell'elemento di separazione, in metri quadrati (m^2).

Tali grandezze possono essere determinate anche da misurazioni in opera dall'isolamento acustico normalizzato rispetto all'assorbimento equivalente, D_n , o dall'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, D_{nT} .

II.2 STIMA POTERE FONOISOLANTE R_w (POTERE FONOISOLANTE APPARENTE R'_w IN OPERA) E ISOLAMENTO ACUSTICO $D_{nT,w}$ DELLE SOLUZIONI ADOTTATE

II.2.1 Partizioni verticali di separazione tra diverse unità funzionali

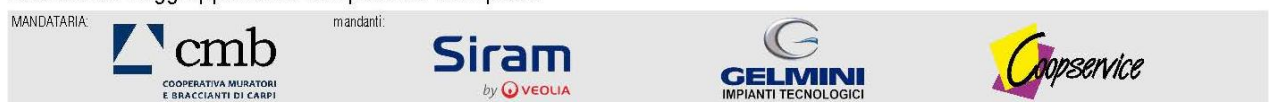
Le pareti di separazione tra **diverse unità funzionali** devono possedere un potere fonoisolante stimabile in $R_w \geq 62 - 65 \text{ dB}$ al fine di garantire, in via previsionale, la prescrizione di legge. I sistemi costruttivi più diffusi in grado di possedere una tale caratteristica, che deve essere comunque certificata, sono essenzialmente le pareti massive dotate di controparete oppure le pareti a secco a 5 lastre e doppia struttura.

Nel primo caso, alle strutture massive (principalmente setti in cls, o muratura in blocchi di cls o LECA) viene sovrapposta una controparete con strutture a secco a doppia lastra in cartongesso o

Progettisti



costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese



fibrocemento o gessofibra, su strutture metalliche (autoportanti) il cui dimensionamento e modalità di realizzazione (presenza e spessore dell'intercapedine, numero e tipo di lastre, tipo isolante) saranno legate anche a specifiche esigenze di protezione al fuoco.

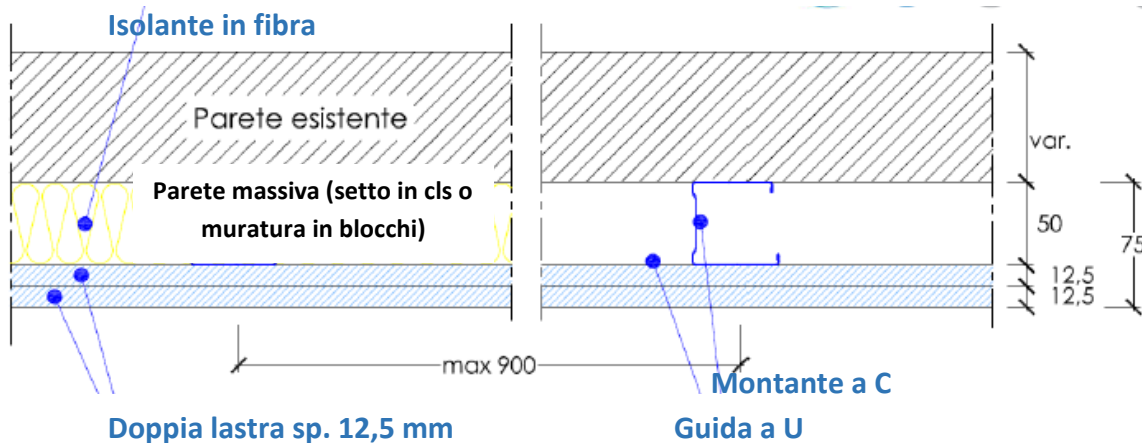


Figura 3 - Schema tipologico pareti massive di separazione tra diverse unità funzionali

A titolo esemplificativo, la controparete tipo CP.S 75-50 L EASY2 Activ'Air, prodotta dalla ditta Gyproc, formata da due lastre in gesso rivestito con incrementata densità del nucleo ed un isolante in lana di vetro, certifica un potere fonoisolante di 62 dB. Sul mercato è presente una vasta gamma di prodotti facenti riferimento a questa tipologia costruttiva, realizzati da ditte differenti da quella appena citata, che possiedono caratteristiche simili e che andranno analizzati nelle successive fasi progettuali. Qualsiasi sarà la scelta effettuata, la parete dovrà possedere una certificazione del potere fonoisolante non minore dei valori raccomandati.

Il potere fonoisolante delle partizioni sopra viste può essere determinato in via previsionale mediante le indicazioni di cui alla UNI EN 12354-1 Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Parte 1: Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti.

Nel caso in cui la struttura di base sia costituita da un setto in cls. il potere fonoisolante della stessa è tale per cui da sola garantisce un adeguato isolamento ai rumori aerei.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

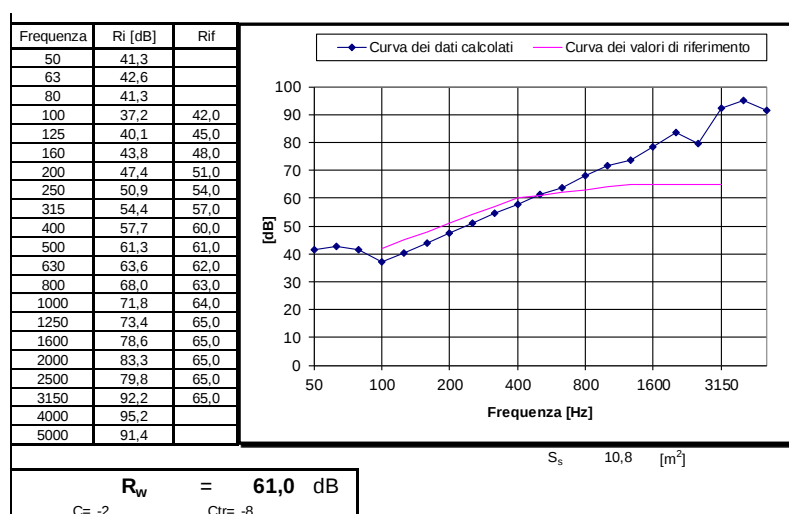
cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by VEOLIA

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

Figura 4 - Potere Fonoisolante R_w setto in cls, spessore 300 mm

Il potere fonoisolante R_w delle partizioni di separazione tra zone funzionali, può essere dedotto anche dai prospetti B1-B5 della UNI TR 11175 o mediante report di laboratorio relativi a partizioni similari.

Schema di montaggio	Composizione parete (partendo dal lato esposto al rumore)	Spessore Totale m	Massa superficiale totale kg/m ²	R_w (C, C _{tr}) dB
	-intonaco in malta cementizia di spessore 15 mm; - muratura in blocchi semipieni di laterizio alleggerito in pasta 20 cm x 30 cm x 19 cm, spessore 20 cm e foratura al 45%, in opera con asse dei fori verticale, legati con giunti verticali ed orizzontali continui in malta cementizia; - pannello di lana di vetro di spessore nominale 50 mm e massa volumica di 85 kg/m³, accoppiato ad una lastra di gesso con fibre di vetro incorporate e rivestita con cartone, spessore 125 mm e massa superficiale 11,8 kg/m². Fissaggio alla muratura in laterizio mediante colla vinilica a base acqua.	0,278	251	67 (-2; -6)

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by VEOLIA

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

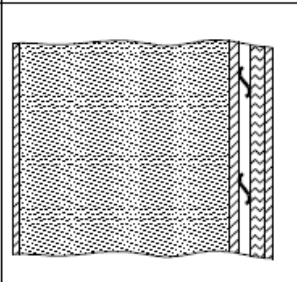
	- lastra in cartongesso da 7 mm; - blocchi di calcestruzzo cellulare da 30 cm; - lastra in cartongesso da 13 mm, cavità da 17 mm formata da appositi profili metallici, pannello sandwich composto da 2 cm di schiuma a base poliuretanica con celle aperte e lastra in cartongesso da 12,5 mm.	0,370	192	59 (-3;-9)
---	---	-------	-----	---------------

Figura 5 - Valori dell'indice di valutazione del potere fonoisolante, R_w , di pareti placcate di varia tipologia, ottenuti da prove di laboratorio – Prospetto B5 UNI TR 11175

In definitiva può quindi asserirsi che le partizioni verticali di separazione **tra unità funzionali diverse**, composte da una parete di base di tipo massivo (cls. o muratura in elementi pesanti), cui è stata aggiunta una controparete o un rivestimento realizzato secondo le modalità descritte in precedenza, ha un potere fonoisolante $R_w \geq 62 - 65$ dB. Anche considerando una trasmissione laterale forte ($K > 3$), si può facilmente ipotizzare che il requisito di legge sia soddisfatto (ovvero $R'_w \geq 56$ dB).

Questo purché il montaggio, in particolare degli elementi a secco, venga realizzato in modo idoneo. Per le modalità di montaggio di tali sistemi si rimanda al successivo paragrafo.

Si raccomanda, a prescindere dal modello di parete scelto, che il potere fonoisolante certificato non sia inferiore di quanto precedentemente prescritto. Sul mercato sono presenti numerose soluzioni in grado di fornire adeguato isolamento acustico, prodotte da varie aziende, che andranno valutate in fase esecutiva.

II.2.2 Stima dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico ai rumori aerei D_{nTw} , pareti verticali di separazione tra vani della stessa unità funzionale: Camera tipo.

La tecnologia con la quale verranno realizzate le partizioni di separazione tra le camere tipo è della tipologia a secco, ovvero lastre in cartongesso o similare montate su strutture metalliche.

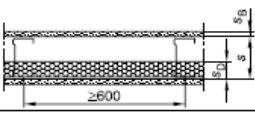
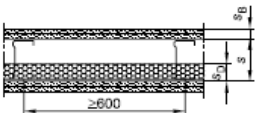
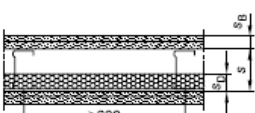
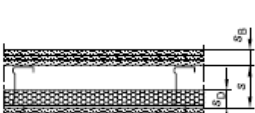
La prestazione acustica ottenibile da questa tipologia di costruzione è desumibile dal prospetto B6 della Norma UNI/TR 11175 relativo a pareti di tipo leggero in lastre di gesso rivestito su orditura metallica.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.M.A. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA	con la collaborazione specialistica di: AIRIS INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
--	---

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA: cmb COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti: Siram by VEOLIA	GELMINI IMPIANTI TECNOLOGICI	Coopservice
--	--	---	---------------------------

Tipologia	s_B	Tipo profilo a C	s	s_D	$R_{w,R}$
	12,5	C 50x0,6	50	40	45
		C 75x0,6	75	40	45
		C 100x0,6	100	40	47
			100	60	48
			100	80	51
	2 x 12,5	C 50x0,6	50	40	50
		C 75x0,6	75	40	51
		C 100x0,6	75	60	52
			100	40	53
			100	60	55
			100	80	56
	15+12,5	C 50x0,6	50	40	51
		C 75x0,6	75	40	52
		C 100x0,6	75	60	53
			100	40	54
			100	60	56
	3 x 12,5	C 50x0,6	50	40	55
		C 75x0,6	75	60	56
		C 100x0,6	100	40	58
			100	60	59
			100	80	60
	2 x 12,5	C 50x0,6	105	40	61
				80	63
		C 100x0,6	205	40	63
				80	65

Legenda figure
 s_B è lo spessore delle lastre in gesso rivestito, in millimetri
 s è lo spessore minimo dell'intercapedine, in millimetri
 s_D è lo spessore minimo del materiale isolante fibroso, in millimetri
 $R_{w,R}$ è il valore di progetto, ottenuto da media statistica di R_w e già corretto da un termine cautelativo uguale -2 dB
X è uno strato di materiale ammortizzante
Il materiale isolante fibroso ha resistenza di flusso d'aria $r \geq 5 \text{ kNs/m}^4$ e spessore 50 mm

Tabella 12 – Prospetto B.6 Valore dell'indice di valutazione, $R_{w,R}$ di tipologia di pareti doppie di tipo leggero in lastre di gesso rivestito su orditura metallica

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:


AIRIS
 INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:


cmb
 COOPERATIVA MURATORI
 E BRACCianti DI CARPI

mandanti:


Siram
 by VEOLIA


GELMINI
 IMPIANTI TECNOLOGICI


Coopservice

Come si vede il potere fonoisolante si modifica in funzione del numero di lastre per lato, della larghezza del montante e dello spessore del materiale fonoassorbente posto in intercapedine, variando da un minimo di $R_w = 50$ dB a un massimo di $R_w = 65$ dB.

Per molteplici ragioni l'impiego di soluzioni che prevedano l'utilizzo di una sola lastra in cartongesso per lato sono da evitarsi.

Perché il requisito venga soddisfatto ($D_{nTw} \geq 50$ dB) è necessario che le partizioni utilizzate abbiano un $R_w \geq 58$ dB e che la posa in opera avvenga in modo corretto.

Di seguito viene mostrata una relazione previsionale sul soddisfacimento del requisito di isolamento acustico di rumori aerei tra vani della stessa unità funzionale, ovvero tra due camere tipo.

Spessore Totale = 150 mm

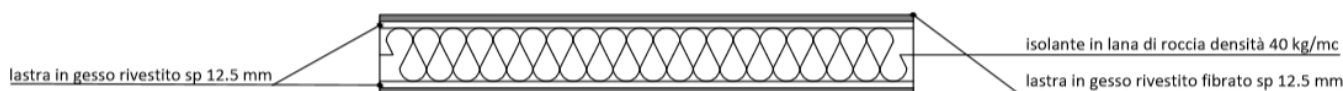


Figura 6 - dettaglio tipologico della parete di separazione tra le degenze

Si specifica che la valutazione acustica preliminare è stata eseguita su una parete di spessore 150 mm tipo GYPROC SA 150/100 LR DURAGYP AA STD, la cui sezione semplificata è rappresentata nel dettaglio grafico illustrato in figura. Le due lastre, per ciascun lato, sono realizzate in gesso rivestito l'una, gesso rivestito fibrato l'altra per garantire un elevato grado di resistenza meccanica.

La scelta è stata motivata da:

- 1) Necessità prestazionali acustiche
- 2) Confronto con altre soluzioni

In merito al primo punto si sottolinea che la parete utilizzata deve possedere un potere fonoisolante **certificato** di almeno $R_w = 58$ dB.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management
T.H.E.M.A.
PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA**

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

Qualsiasi soluzione costruttiva differente da quella qui analizzata deve possedere tale certificazione per poter garantire, in via previsionale, il raggiungimento del requisito acustico precedentemente descritto.

In questa fase preliminare, la scelta più coerente con quanto esplicitato potrebbe ricadere sulla parete prodotta dalla Gyproc poiché oltre a possedere la stratigrafia conforme con quella di progetto, ha una certificazione acustica da confronto con sistema comparabile.

Nel mercato possono essere individuati ulteriori prodotti che andranno valutati in fasi esecutiva. Aziende come ad esempio la KNAUF e la ROCKWOOL propongono anch'esse prodotti da analizzare in quanto possidenti caratteristiche simili.

La stima del potere fonoisolante attribuito al dettaglio proposto è riconducibile a

Rw = 58 dB dichiarato dal produttore per confronto con strutture similari

Per simulare, in via preventiva, la probabile perdita di isolamento dovuto al passaggio interno dei soli tubi per i gas medicali e l'alimentazione elettrica proveniente in verticale dal controsoffitto, si stima un'area di 1 m² in cui si denota un calo di isolamento pari a 6 dB

Rw = 52 dB (1,0 mq)

Sommando i poteri fonoisolanti dei due elementi, si ottiene il potere totale di isolamento della parete

Rw = 57 dB

Al fine di verificare il rispetto del requisito di isolamento da rumore aereo tra stesse unità funzionali, è necessario stimare anche il potere fonoisolante di ogni parete verticale ed orizzontale presente nella camera.

La parete esterna è composta dalla seguente stratigrafia:

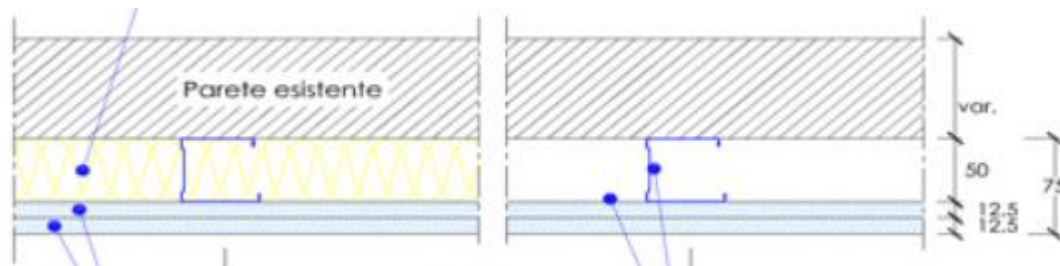
- Struttura portante in CLS armato sp = 30 cm
- Isolante in lana di vetro sp = 5 cm
- Lastra in gesso rivestito sp = 12,5 mm
- Lastra in gesso rivestito sp = 12,5 mm

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.M.A. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA	con la collaborazione specialistica di: AIRIS INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
---	--

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA: cmb COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti: Siram by VEOLIA	GELMINI IMPIANTI TECNOLOGICI	Coopservice
--	---	--	--------------------



Spessore totale controparete = 75 mm

Per cui si stima un potere fonoisolante pari a

Rw = 60 dB

A titolo di esempio la stratigrafia tipo Gyproc CP.S 75-50 L EASY2 Activ'Air, che prevede l'uso di materiali simili a quelli di progetto sopraelencati, certifica un potere fonoisolante $R_w = 62$ dB. In questa fase si preferisce tuttavia di utilizzare un indice inferiore $R_w = 60$ dB per stimare la prestazione acustica a favore di sicurezza e definire un valore minimo di isolamento che l'elemento determinato in fase esecutiva dovrà possedere, a prescindere dalla tipologia e azienda produttrice scelta.

Si osserva che il cappotto termico situato nel lato esterno della parete, non contribuisce ad attenuare le trasmissioni laterali che si scambiano tra la parete di separazione delle camere e quella esterna, in forza di tale considerazione non viene considerato in questo calcolo.

Il solaio delle camere tipo segue tale stratigrafia:

- Struttura portante in soletta piena, di spessore pari a 40 cm;
- Isolante acustico, avente rigidità dinamica non superiore a 21 MN/m^3 ;
- Massetto in sabbia e cemento;
- Pavimento (prevalentemente in linoleum o PVC).

Spessore Totale pacchetto = 55 cm

Il potere fonoisolante può essere stimato come

Rw = 63 dB

Non considerando l'effetto del controsoffitto.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA**

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

Il potere fonoisolante della parete di separazione tra il corridoio e le camere/bagno, esaminando la seguente stratigrafia:

- Lastra in gessofibra $sp = 12,5$ mm
- Pannello in lana di roccia densità = 40 kg/mc, $sp = 60$ mm
- Lastra in gesso rivestito $sp = 12,5$ mm
- Lastra in gesso rivestito $sp = 12,5$ mm

Per uno spessore totale del pacchetto pari a 100 mm, che può essere stimato come

$$R_w = 43 \text{ dB}$$

Viste le tipologie costruttive della parete esterna, del solaio e del nodo bagno-corridoio, la scelta dei giunti più coerente è la seguente:

Setto divisorio – Parete esterna = collegamento a T tra strutture omogenee e pareti leggere, trasmissione attraverso strutture omogenee

Lunghezza = 3,8 m (altezza setto)

Setto divisorio – Solaio = collegamento a T tra strutture omogenee e pareti leggere, trasmissione attraverso strutture omogenee

Lunghezza = 4.12 m (lunghezza setto)

Setto divisorio – Bagno = collegamento a T tra strutture omogenee e pareti leggere, trasmissione attraverso strutture omogenee

Lunghezza = 3,8 m (altezza setto)

Setto divisorio – Solaio = collegamento a T tra strutture omogenee e pareti leggere, trasmissione attraverso strutture omogenee

Lunghezza = 4.12 m (lunghezza setto)

Si specifica che tali definizioni di giunti sono state riprese dal software Echo, il quale valuta i requisiti acustici passivi in base alle normative vigenti. In questo caso specifico la UNI 12354-2017, la quale possiede un approfondimento legato alla definizione dei giunti strutturali ed al calcolo delle trasmissioni laterali che derivano dalla loro scelta.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.M.A. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA	con la collaborazione specialistica di: AIRIS INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
---	--

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA: cmb COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti: Siram by VEOLIA	GELMINI IMPIANTI TECNOLOGICI	Coopservice
--	---	--	--------------------

Considerando quindi la trasmissione diretta del suono attraverso la parete divisoria e l'effetto delle trasmissioni laterali, che hanno luogo attraverso tutti gli elementi sovra descritti, si simula il seguente risultato per il setto divisorio tra le camere tipo:

$R'w$ setto = 51 dB

DnT,w = 54,5 dB

DnT,w , normativa > 50 dB

Considerando

Volume ambiente ricevente = 80 mc

Area setto divisorio = 12 mq

II.2.3 Caso di approfondimento: Parete divisoria di spessore inferiore

Analizzando le proprietà acustiche di una comune parete divisoria in cartongesso, intendendo l'impiego di lastre ordinarie senza particolari specificità quali, a titolo esemplificativo, addizioni con fibre di vetro, si ipotizza un potere fonoisolante di singolo setto spesso 125 mm pari a

Rw = 54 dB

Abbassando di 1dB per tenere conto di eventuali perdite di isolamento dovute a passaggio dei tubi portatori di gas, seppur localizzati esternamente al setto:

Rw = 53 dB

Se si simula l'effetto delle dispersioni laterali, si ottiene come risultato di calcolo un indice

DnT,w = 53 dB

comunque maggiore del minimo di legge fissato in DnT,w = 50 dB.

Eseguendo un'analisi superficiale sembrerebbe quindi superfluo utilizzare una parete di spessore 150 mm, rispetto ad una più sottile, tuttavia non è possibile trascurare due elementi fondamentali.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA**

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

Il modello previsionale è basato su calcoli possidenti un'incertezza intrinseca, stimabile secondo normativa in:

- $R'w = \pm 1,9$ dB per la parete spessa 150 mm
- $R'w = \pm 1,7$ dB per la parete spessa 125 mm

Da sommare o peggio sottrarre al valore di partenza. Poichè il parametro DnT,w è legato al valore di $R'w$ applicando questa correzione matematica, e confrontando le situazioni si ricava:

DnT,w , incertezza, parete sp 150 = 53,1 dB

DnT,w , incertezza, parete sp 125 = 51,6 dB

Il potere fonoisolante di una parete, è definito dalla somma logaritmica dei diversi indici $R'w$ dovuti alla presenza di aperture o fori legati alla cattiva messa in opera dei materiali o ad un loro degrado.

L'impianto matematico del logaritmo prevede un'attribuzione di grande peso sulla sommatoria finale, di tutte le possibili riduzioni di isolamento causate da queste imperfezioni, nonostante la loro area in metri quadrati sia molto inferiore, anche di un ordine di grandezza, rispetto il setto murario.

Inoltre, anche in fase di collaudo devono essere considerate delle piccole incertezze di misura dovute alla strumentazione ed all'operato del tecnico competente.

Alla luce di queste considerazioni, si rivela di fondamentale importanza che il valore minimo di legge sia abbondantemente soddisfatto. Una parete spessa 150 mm, considerando il caso peggiorativo in cui dal valore di base viene sottratto l'errore dovuto al modello, garantisce ancora 3 dB da poter eventualmente perdere in opera per via dell'esecuzione, mentre quella spessa 125 mm possiede un margine poco superiore ad 1 dB, insufficiente ad attribuire la garanzia previsionale richiesta in questa fase progettuale.

II.3 STIMA DEI PARAMETRI Rw E $DnTw$ PER LE PARTIZIONI ORIZZONTALI

La successione degli strati che compongono il solaio è la seguente:

- Struttura portante in CLS armato sp = 40 cm
- Sottofondo cls alleggerito sp = 10 cm

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.M.A. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA	con la collaborazione specialistica di: AIRIS INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
---	--

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA: cmb COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti: Siram by VEOLIA	GELMINI IMPIANTI TECNOLOGICI	Coopservice
--	---	--	--------------------

- Materassino anticalpestio rigidità dinamica non superiore a 21 MN/m^3
- Massetto cls armato $s_p = 5 \text{ cm}$
- Pavimento in linoleum

Applicando le formule previsionali del potere fonoisolante di un solaio, descritte nelle già citate UNI, si stima che il potere fonoisolante della struttura portante sia superiore a

$R_w > 57 \text{ dB}$

L'incremento del potere fonoisolante, dovuto alla presenza del pavimento galleggiante, può essere stimato a partire dalle formule contenute nella UNI 12354-1, sull'ipotesi di utilizzo di un massetto standard di massa superficiale 100 Kg/m^2 sotto il quale viene appoggiato uno strato resiliente, dalla rigidità dinamica s' non superiore a 21 MN/m^3 , del tipo, a solo titolo esemplificativo, Arco Floor della ditta Arcoacustica ($s' = 18,9 \text{ MN/m}^3$) come altri prodotti presenti sul mercato che possiedono caratteristiche coincidenti o migliori. Sotto queste ipotesi, l'incremento di isolamento può essere stimato non inferiore a 6 dB.

Ottenendo quindi un potere fonoisolante dell'elemento orizzontale, stimabile in

$R_w > 63 \text{ Db}$

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA**

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

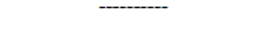
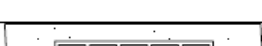
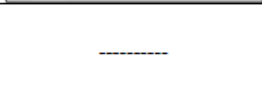
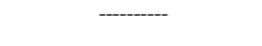
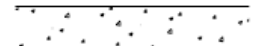
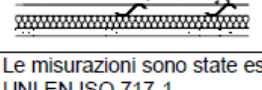
Schema di montaggio	Descrizione	Spessore m	Massa superficial e kg/m ²	R _w (C; C _{tr}) dB
	Solaio con travetti precompressi (interasse = 50 cm) e pignatte tipo A da 16 cm con 4 cm di soletta in calcestruzzo e 15 mm di intonaco all'intradosso.	0,215	270	48 (-1; -3)
	Solaio a pannelli prefabbricati (interasse = 80 cm), con pignatte tipo B da 16,5 cm con 4 cm di soletta in calcestruzzo e 15 mm di intonaco all'intradosso.	0,220	320	48 (-1; -3)
	Solaio con travetti a traliccio (interasse = 50 cm) e pignatte tipo A da 16 cm con 4 cm di soletta in calcestruzzo e 15 mm di intonaco all'intradosso.	0,215	270	49 (-1; -3)
	Solaio a lastre precomprese spesse 4 cm (interasse = 120 cm), con pignatte tipo B da 12 cm con 4 cm di soletta in calcestruzzo e 1,5 cm di intonaco all'intradosso.	0,240	420	51 (0; -2)
	Solaio con travetti a traliccio (interasse = 50 cm) e pignatte tipo A da 20 cm con 4 cm di soletta in calcestruzzo e 15 mm di intonaco all'intradosso.	0,255	340	50 (-1; -3)
	Solaio con travetti precompressi (interasse = 50 cm) e pignatte tipo B da 20 cm con 4 cm di soletta in calcestruzzo e 15 mm di intonaco all'intradosso.	0,255	360	50 (-1; -3)
	Solaio a pannelli prefabbricati (interasse = 80 cm), con pignatte tipo B da 20 cm con 4 cm di soletta in calcestruzzo e 15 mm di intonaco all'intradosso.	0,255	370	52 (-1; -4)
	Solaio a pannelli prefabbricati (interasse = 80 cm), con pignatte tipo B da 16,5 cm con 4 cm di soletta in calcestruzzo e 15 mm di intonaco all'intradosso.	0,285	460	53 (0; -3)
	Solaio composto da: soletta piena in calcestruzzo da 14 cm, cavità di 17 mm formata da appositi profili metallici, pannello sandwich composto da 2 cm di schiuma a base poliuretanica con celle aperte e lastra in cartongesso da 12,5 mm.	0,19	310	59 (-3; -10)
Le misurazioni sono state eseguite in conformità alle norme seguenti: UNI EN ISO 140-1; UNI EN ISO 140-3 e UNI EN ISO 717-1.				

Figura 7 - Potere fonoisolante Elementi strutturali solaio (Da Prospetto B8 norma UNI 11175)

II.4 PRESCRIZIONI RELATIVE ALLE MODALITÀ ESECUTIVE E DI POSA IN OPERA

L'isolamento acustico ai rumori aerei tra i **diversi** ambiti funzionali è assicurato mediante la realizzazione di partizioni per le quali risultino verificate le seguenti prescrizioni:

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.M.A. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA	con la collaborazione specialistica di: AIRIS INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
--	---

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA: cmb COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti: Siram by VEOLIA	GELMINI IMPIANTI TECNOLOGICI	Coopservice
--	--	---	---------------------------

La parete prescelta è corredata di certificazione di laboratorio che attesti che l'indice di valutazione del potere fonoisolante $R_w \geq 62$ dB. La certificazione di laboratorio dovrà essere conforme alle norme UNI EN ISO 10140 – 2:2010 Acustica: Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edifici – parte 3: Misurazioni in laboratorio dell'isolamento acustico per via aerea di elementi di edificio e alla UNI EN ISO 717-1:2013 - Acustica: Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edifici – parte 1: Isolamento acustico per Via aerea o comunque alle normative tecniche vigenti all'atto della realizzazione dell'opera. La parete dovrà essere realizzata in modo conforme per materiali e posa a quella descritta nel certificato di prova.

In via subordinata qualora per il sistema in esame non risulti possibile fornire tale certificazione il fornitore del materiale dovrà presentare:

- Misure di collaudo in opera;
- Valutazioni previsionali redatte secondo metodi di calcolo riconosciuti (NORME UNI EN 12354 – 1 Acustica in edilizia stima delle prestazioni acustiche degli edifici a partire dalle prestazioni dei componenti, parte 1 isolamento ai rumori aerei tra ambienti o equivalenti o UNI TR 11175/2005) o conformi alle norme tecniche aggiornate al momento di realizzazione dell'intervento.

L'isolamento acustico ai rumori aerei tra gli ambienti posti nella **stessa unità** funzionale è assicurato mediante la realizzazione di partizioni verticali con tecnologia a secco per le quali risultino verificate le seguenti prescrizioni:

- La parete prescelta è corredata di certificazione di laboratorio che attesti che l'indice di valutazione del potere fonoisolante $R_w \geq 58$ dB. La certificazione di laboratorio dovrà essere conforme alle norme UNI EN ISO 10140 – 2:2010 Acustica - Misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio - Part 2: Misurazione dell'isolamento acustico per via aerea e alla UNI EN ISO 717-1:2013 - Acustica: Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edifici – parte 1: Isolamento acustico per Via aerea o comunque alle normative tecniche vigenti all'atto della realizzazione dell'opera. La parete dovrà essere realizzata in modo conforme per materiali e posa a quella descritta nel certificato di prova.
- In via subordinata qualora per il sistema in esame non risulti possibile fornire tale certificazione il fornitore del materiale dovrà presentare alla DL o all'impresa incaricata dei lavori:
 - Misure di collaudo in opera;

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA**

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

- Valutazioni previsionali redatte secondo metodi di calcolo riconosciuti (NORME UNI EN 12354 – 1 Acustica in edilizia stima delle prestazioni acustiche degli edifici a partire dalle prestazioni dei componenti, parte 1 isolamento ai rumori aerei tra ambienti o equivalenti o UNI TR 11175/2005) o conformi alle norme tecniche aggiornate al momento di realizzazione dell'intervento;

Di seguito si riportano indicazioni relative alla posa in opera dei suddetti divisori.

Nella realizzazione delle partizioni ed in particolare si dovranno inoltre osservare le seguenti indicazioni:

- Al fine di ridurre al minimo le perdite per trasmissione laterali nel caso di realizzazione di pareti a secco con controsoffitto, le pareti verticali dovranno proseguire sino ad incontrare la struttura del solaio.

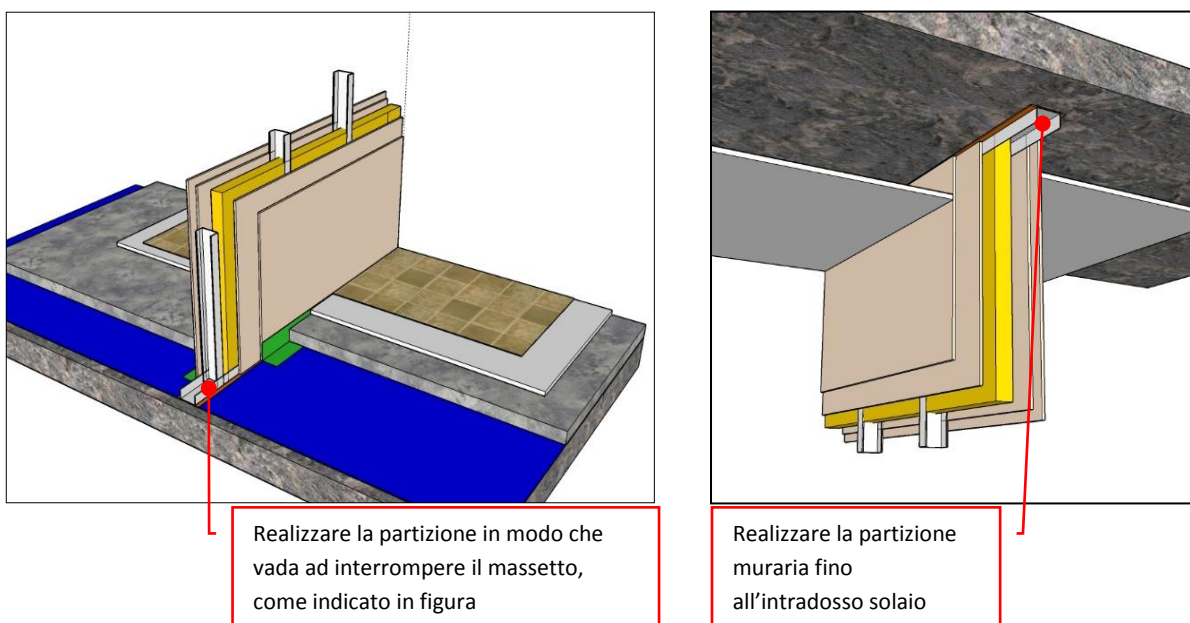


Figura 8 - Partizioni e pavimentazione tradizionale

Analogamente alle strutture in muratura particolare cura deve essere posta nella connessione verticale dei divisori alle strutture perimetrali (pareti esterne o solai) privilegiando la realizzazione di ammorsature; in tal modo si evitano delle discontinuità¹⁶ o dei percorsi preferenziali di

¹⁶ In merito agli effetti negativi della mancata realizzazione dell'ammorsatura si vedano prospetti A4 e A5 Appendice A norma Linea Guida UNI TR 11175.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.M.A. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA		con la collaborazione specialistica di: INGEGNERIA PER L'AMBIENTE	
costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese			
MANDATARIA: COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti: by VEOLIA	 IMPIANTI TECNOLOGICI	

trasmissione del rumore per via laterale che possono risultare prevalenti rispetto alla trasmissione per via diretta come è ben evidente per i massetti di tipo passante o per il solaio a predalles.

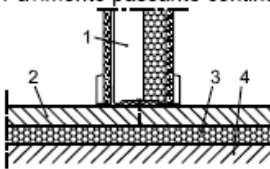
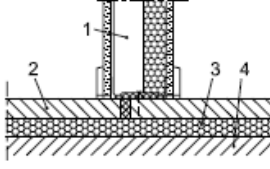
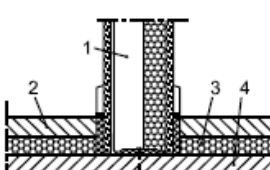
Schema del giunto tra pavimento e parete	
	$R_{Ff,w}$ dB
	Massetto in anidrite o calcestruzzo
Pavimento passante continuo 	38
Pavimento passante interrotto 	55
Pavimento non passante 	70
Legenda figure 1 Divario con struttura semplice o doppia in legno o metallo oppure parete mobile; il collegamento al pavimento è sigillato con una guarnizione 2 Pavimento 3 Materiale isolante fibroso	

Figura 9 – Valori di $R_{Ff,w}$ per pavimenti galleggianti su solai di tipo massivo. Si osserva come una errata posa in opera del setto determini una grande perdita di prestazioni acustiche.

In tal senso sono da preferirsi modalità realizzative delle partizioni con sistemi a secco con i nodi tra le pareti verticali e gli elementi al contorno, i cui nodi siano realizzati secondo gli schemi seguenti.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by VEOLIA

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

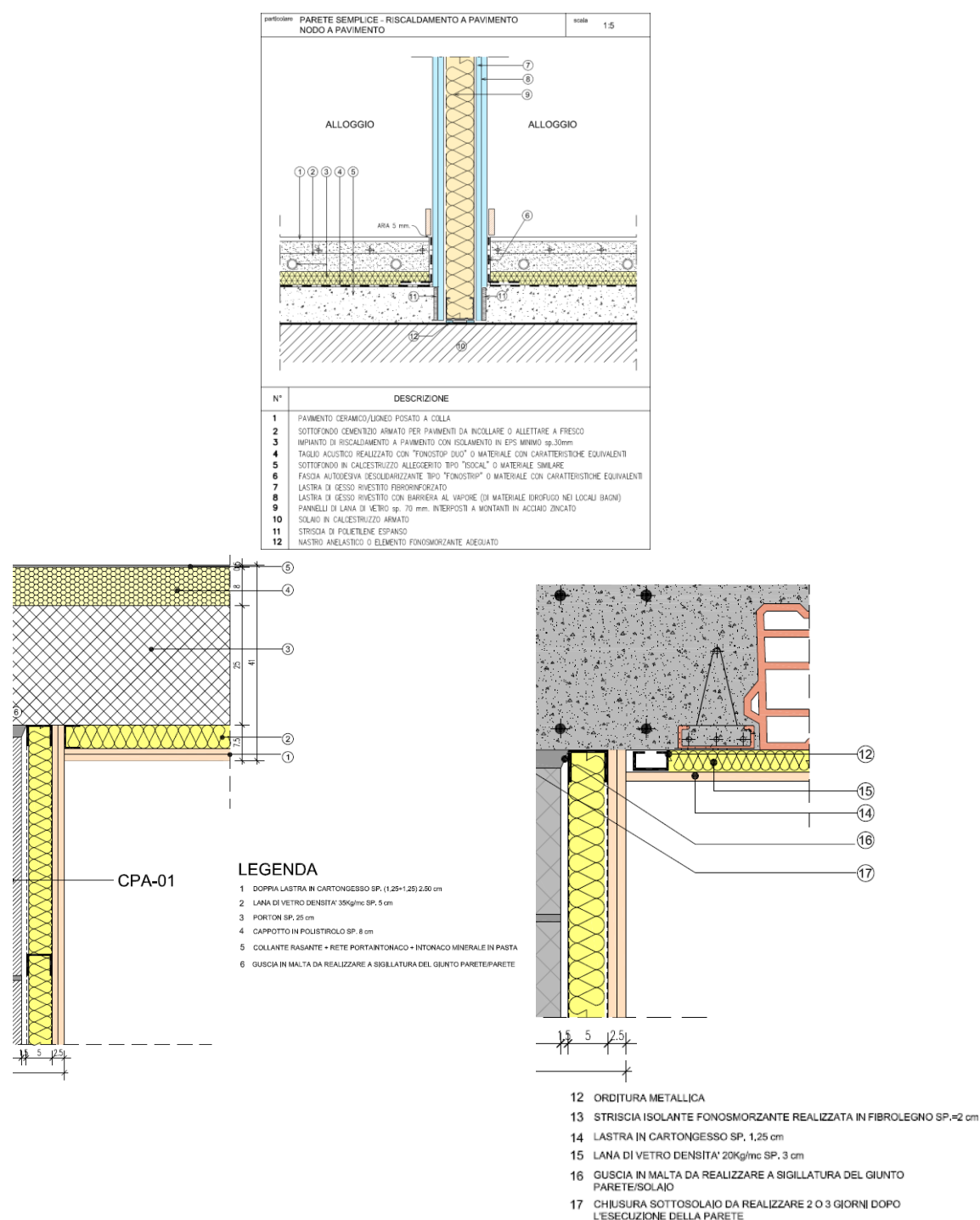


Figura 10 - Nodi verticali ed orizzontali partizioni a secco

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by VEOLIA**GELMINI**
IMPIANTI TECNOLOGICI**Coopservice**

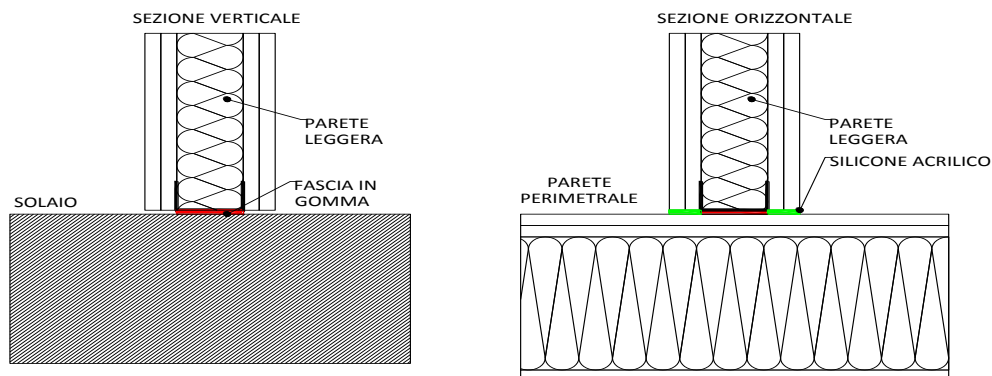


Figura 11 - Particolari architettonici fissaggio parete estera/partizione interna

Quanto riportato nelle precedenti immagini risulta essere la soluzione migliore per evitare ponti acustici in corrispondenza dell'ammorsamento divisorio/parete e divisorio/intradosso solaio;

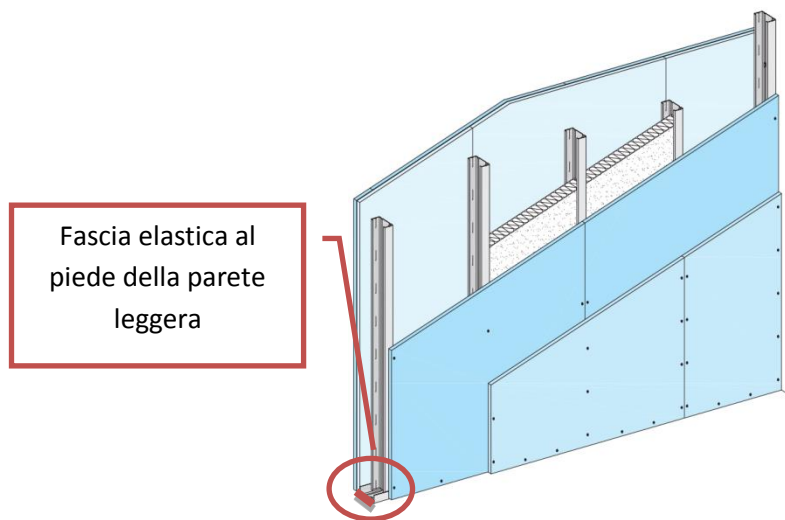


Figura 12 - Vista assonometrica di una parete leggera e posizionamento fascia elastica sottoparete

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA**

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

Particolare attenzione deve essere posta alla giunzione tra pareti divisorie e elementi al contorno e più in generale a giunzioni tra elementi diversi per tipologia di materiale e/o spessore che, da un lato impediscono la trasmissione per fiancheggiamento, e dall'altro se non sono fissati in modo continuo, possono costituire elementi di trasmissione aerea.

Nelle ammorsature tra pareti divisorie e elementi laterali, occorre che la struttura laterale sia dotata di adeguata tenuta acustica, questo al fine di evitare che la trasmissione laterale possa diventare la via prioritaria di passaggio del rumore e vanificare l'isolamento acustico dell'elemento divisorio.

Le partizioni dovranno essere desolidarizzate, dalle strutture rigidamente collegate, mediante l'interposizione di fascia sottoparete costituita da materiale elastico tipo STYWALL della ditta ISOLGOMMA o materiale similare (ad esempio nastro vinilico monoadesivo KNAUF di spessore 3,5 mm.) di opportuno spessore e resistenza meccanica. In particolare tale materiale deve avere la funzione di disgiunzione tra divisorio verticale ed elementi orizzontali (solai) ed essere quindi in grado di smorzare le vibrazioni strutturali; tale elemento andrebbe posto al disotto di tutti i tramezzi (anche quelli interni all'alloggio) e non solo per i divisori tra unità immobiliari diverse; il materiale che deve essere utilizzato deve essere in grado di sopportare carichi concentrati per lunghi periodi.

Le lastre per poter dissipare energia sonora devono poter vibrare liberamente si raccomanda pertanto di avvitare i pannelli (che nel caso delle lastre doppie dovranno avere i giunti sfalsati) alla struttura portante adottando le prescrizioni indicate dal produttore del sistema costruttivo.

Il pannello fonoassorbente/fonoisolante (materiale poroso, fibre di legno o lane di roccia/vetro) posto in intercapedine delle pareti in cartongesso a doppia deve avere resistenza al flusso d'aria non inferiore a $r > 5 \text{ kPa}/\text{m}^2$ da certificarsi ai sensi della norma UNI EN 29053:1994 Resistività al flusso d'aria.

Il pannello fonoassorbente (materiale poroso, fibre di legno o lane di roccia/vetro) posto in intercapedine delle pareti in cartongesso a doppia lastra dovrà essere continuo su tutto il paramento ovvero non dovranno esserci interruzioni o "buchi" (in particolare nella parte più vicina all'intradosso del solaio) e dovrà essere posato secondo le indicazioni della ditta produttrice/fornitrice del materiale (prevedendo se ritenuto necessario la nastratura dei diversi pannelli).

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.M.A. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA	con la collaborazione specialistica di: AIRIS INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
---	--

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA: cmb COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti: Siram by VEOLIA	GELMINI IMPIANTI TECNOLOGICI	Coopservice
--	---	--	--------------------

La posa dei sistemi a secco dovrà comunque in modo conforme a norma UNI 11424:2015 "Gessi - Sistemi costruttivi non portanti di lastre di gesso rivestito (cartongesso) su orditure metalliche - Posa in opera" relativa alla riguarda la posa in opera di sistemi realizzati con lastre di gesso rivestito su orditure metalliche e ne precisa i criteri e le regole in relazione ai sistemi seguenti: tramezzi, rivestimenti di pareti e controsoffitti realizzati all'interno di edifici residenziali e non residenziali; pareti e rivestimenti di pareti con orditura a tutta altezza.

Relativamente alla eventuale presenza di impianti:

- Le canalizzazioni degli impianti principali (in particolare le colonne di scarico dei bagni) devono essere collocate in appositi cavedi rivestiti con materiale fonoassorbente e/o fonoimpedente (tipo lana di vetro/roccia e/o GEBERIT ISOL delle ditta GEBERIT o altro materiale equivalente) del quale sia dimostrata l'efficienza in situazioni di montaggio simili a quelle del cantiere in oggetto.
- È preferibile realizzare le colonne di scarico e più in generale gli scarichi con tubazioni aventi caratteristiche superiori di isolamento acustico. Tuttavia è possibile anche fasciare il tubo mediante materiali le cui caratteristiche siano certificate dal fornitore e dei quali sia dimostrata l'efficacia quale elemento di riduzione del rumore prodotto dagli impianti in situazioni di montaggio simili a quelle del cantiere in oggetto; tale accorgimento riduce il rumore generato dallo scorrimento dell'acqua nella tubazione ma non ha effetti sul potere fonoisolante della parete.
- Tutti gli impianti (elettrico, idraulico) realizzati in corrispondenza dell'intercapedine tra controparte e struttura di base devono essere desolarizzati rispetto alla struttura di base o mediante semplice distacco oppure rivestendoli con materiale elastico e/o fonoimpedente-fonoassorbente; sarebbe preferibile che l'isolante comunque non riempisse completamente l'intercapedine per limitare possibili collegamenti rigidi dovuti alla compressione del materiale sulla struttura retrostante. Per le ragioni già espresse in precedenza si prescrive l'assenza di scatole impiantistiche nelle pareti separanti le camere di degenza

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA**

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

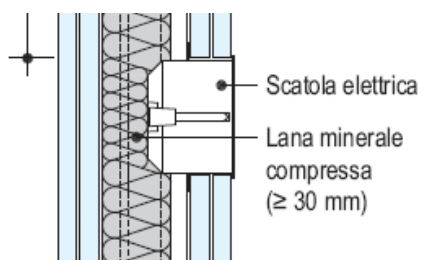


Figura 83 - Trattamento impianti elettrici (da documentazione tecnica KNAUF)

II.5 PORTE INGRESSO AMBIENTI

Affinché non vi sia una riduzione del potere fonoisolante delle partizioni di separazione tra i diversi ambienti, dovuto alla trasmissione per via aerea attraverso le porta di accesso ai diversi vani si prescrive che:

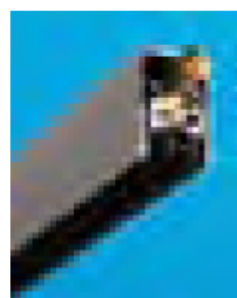
- Le porte di ingresso ai diversi ambienti abbiano un potere fonoisolante R_w non inferiore ai 35 dB (da attestare da parte del fornitore mediante certificazione redatta ai sensi della Norma UNI EN ISO 10140-2 e UNI EN ISO 717-1).
- Le modalità di posa in opera del serramento ed in particolare l'attacco al muro dovranno essere conformi a quanto riportato nel certificato di laboratorio. Nel montaggio del serramento deve avvenire secondo quanto detto per l'isolamento di facciata di cui al paragrafo precedente (curare la giunzione di battuta dei componenti e fissare il telaio alla muratura in modo tale da evitare cretti e cavità che possono costituire un facile veicolo di trasmissione sonora).
- Il montaggio delle suddette porte dovrà avvenire in modo da assicurare la perfetta tenuta all'aria delle stesse
- Le porte dovranno essere dotate di dispositivo automatico a fondo porta (ghigliottina) il cui isolamento acustico risulti non inferiore a $D_{n,e,w} \geq 45$ dB;
- Se possibile gli accessi ai diversi vani dovranno essere dotati di soglia di battuta conforme a norme per disabilità (altezza inferiore a 10 mm).

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.M.A. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA	con la collaborazione specialistica di: AIRIS INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
---	--

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

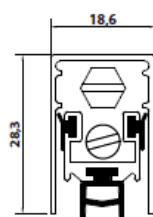
MANDATARIA: cmb COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti: Siram by VEOLIA	GELMINI IMPIANTI TECNOLOGICI	Coopservice
--	---	--	--------------------

**DOTAZIONE DI SERIE:**

- Pulsante di spinta in ottone esagonale
- 3 guarnizioni in silicone
- Fissaggio tradizionale con sfilabilità

MISURE STANDARD:

Cm. 43 ACCORCIABILITÀ cm. 12
Cm. 53-63-73-83-93-103-113-123-133 - ACCORCIABILITÀ cm. 10
IMBALLI: 24 pezzi

**DOTAZIONI OPZIONALI:**

- Pulsante di spinta in plastica tondo
- Guarnizione in silicone autoestinguente

CERTIFICAZIONE:

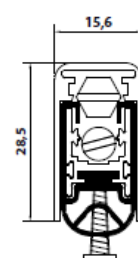
IFT Rosenheim
Rapporto di prova n. 167 18460

**DOTAZIONE DI SERIE:**

- Pulsante di spinta in ottone esagonale
- Guarnizione in silicone autoestinguente
- Fissaggio con viti pre-montate autopercoranti

MISURE STANDARD:

Cm. 43 ACCORCIABILITÀ cm. 9
Cm. 53-63-73-83-93-103-113-123-133 - ACCORCIABILITÀ cm. 10
IMBALLI: 28 pezzi

**DOTAZIONI OPZIONALI:**

- Pulsante di spinta in plastica tondo
- Viti auto-filettanti per legno

CERTIFICAZIONE:

Istituto Giordano
Rapporto di prova n. 262912

Figura 9 - Esempi di dispositivi fondoporta a tenuta acustica

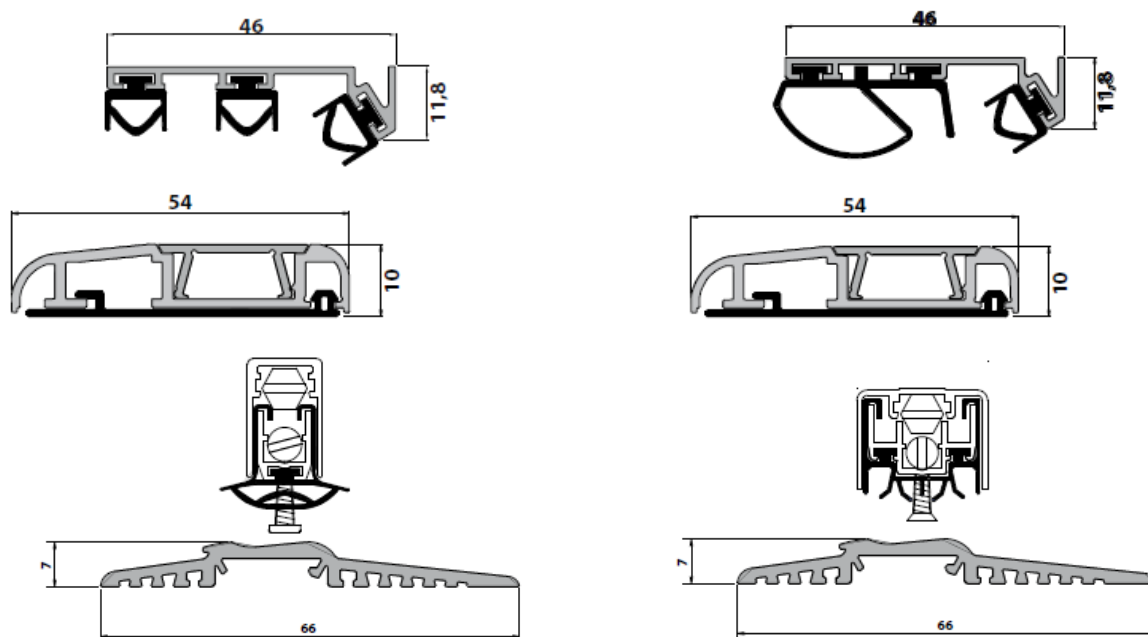


Figura 10 - Esempi di soglie in alluminio conformi a norme disabilità

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by VEOLIA

 GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

 Coopservice

II.6 ULTIMAZIONE LAVORI E COLLAUDO

Al termine dei lavori l'impresa esecutrice dovrà rilasciare dichiarazione di conformità relativamente alla posa e verificare inoltre la corretta esecuzione del paramento murario (pareti di tipo massivo e partizioni a secco).

Nel corso dei lavori potranno inoltre essere individuati degli ambienti di comune accordo tra D.L. impresa esecutrice delle opere sui quali effettuare delle misure di collaudo volte a determinare il potere fonoisolante apparente R'_w e dell'isolamento acustico D_{nTw} secondo le procedure indicate nelle norme UNI EN ISO 16283-1:2014 - Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea tra ambienti e 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.

C - Per le prescrizioni da adottare per la posa in opera del materiale resiliente si rimanda a quanto indicato nel paragrafo relativo all'isolamento ai rumori di calpestio.

III ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA (INDICE DI VALUTAZIONE $D_{2M,NT,W} \geq 45$ dB)

Di seguito si riporta:

1. Descrizione della metodologia di calcolo per il calcolo di $D_{2m,nTw}$;
2. Descrizione degli elementi che compongono la facciata e calcolo delle prestazioni minime di potere fonoisolante dei serramenti al fine di garantire un isolamento di facciata tale da rispettare i limiti di legge previsti dalla normativa;
3. Indicazioni e prescrizioni per progetto esecutivo, capitolato e posa in opera;

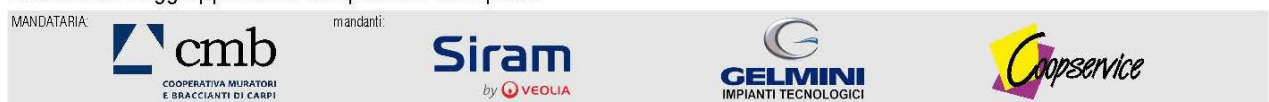
III.1 METODOLOGIA DI CALCOLO DELL'INDICE DI VALUTAZIONE DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA $D_{2M,NTW}$

La verifica del requisito è stata svolta sulla base del metodo di calcolo riportato nella Norma UNI EN 12354-3:2017 "Valutazione delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti: Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea". Tutti i software sulla simulazione dei requisiti acustici passivi (EDILiso, ECHO, NIS, SONIDO) hanno al loro interno implementata tale procedura di valutazione.

Progettisti



costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese



La UNI TR 1175/05 "Acustica in Edilizia. Guida alle norme serie UNI 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici. Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale" riporta il modello semplificato (cui ci si baserà per le valutazioni che seguono).

La norma definisce un modello di calcolo per valutare l'isolamento acustico o la differenza di livello di pressione sonora di una facciata. Il calcolo è basato sul potere fonoisolante dei diversi elementi che costituiscono la facciata e considera la trasmissione diretta e laterale. Il calcolo fornisce dei risultati che corrispondono approssimativamente ai risultati ottenuti con misurazioni in opera, conformemente a quanto indicato dalla UNI EN ISO 140 – 5.

Tale modello consente di prevedere l'indice di valutazione dell'isolamento acustico in facciata sulla base degli indici di valutazione degli elementi considerati, determinati in conformità con il procedimento definito nella UNI EN ISO 717-1:1996.

Ai fini della valutazione dell'isolamento acustico di facciata, si utilizza l'isolamento acustico di facciata $D_{2m,nT}$, normalizzato rispetto al tempo di riverberazione. La grandezza può essere posta in relazione con il potere fonoisolante apparente di facciata R' che, come per la trasmissione dei rumori aerei tra ambienti interni, tiene conto sia della trasmissione diretta attraverso i vari elementi della partizione che della trasmissione laterale:

$$D_{2m,nT} = R' + \Delta L_{fs} + \left[10 \lg \left(C_{sab} \frac{V}{T_0 S} \right) \right] \text{ dB}$$

Dove ΔL_{fs} è la differenza di livello per forma della facciata (dB), definita nel seguito, V è il volume dell'ambiente interno considerato in metri cubi, S è la porzione di superficie della facciata vista da tale ambiente, T_0 è il tempo di riverberazione di riferimento, in secondi, per le abitazioni pari a 0,5 s, C_{sab} è la costante di Sabine in secondi per metro, con $C_{sab} = 0,16 \text{ s/m}$

Dove ΔL_{fs} è la differenza di livello per forma della facciata (dB), definita nel seguito, V è il volume dell'ambiente interno considerato e S è la porzione di superficie della facciata vista da tale ambiente.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA**

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

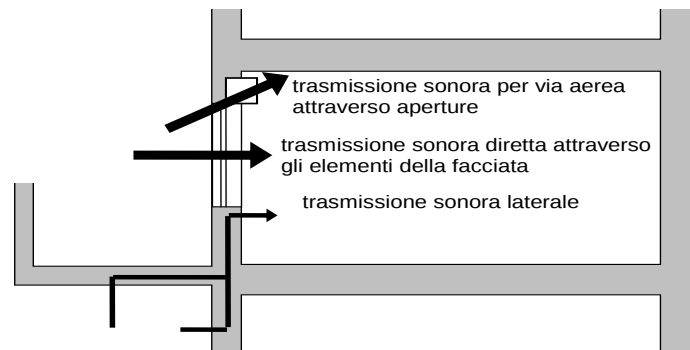


Figura 16 - Diversi percorsi di trasmissione del suono (per via aerea e strutturale) in una facciata

Il potere fonoisolante apparente di facciata R' viene definito allo stesso modo del potere fonoisolante apparente dei divisori interni, con la sola differenza che in questo caso il componente in esame appartiene alla facciata di un edificio. Pertanto si tratta di una grandezza che viene calcolata o misurata con riferimento a specifiche condizioni di messa in opera, cioè di assemblaggio di diversi componenti (muratura, finestre, ecc.), tenendo conto della trasmissione strutturale.

Il potere fonoisolante apparente di facciata R' si esprime mediante la seguente relazione:

$$R' = -10 \lg \left(\sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S} 10^{\frac{-R_i}{10}} + \frac{A_0}{S} \sum_{i=1}^p 10^{\frac{-D_{ni}}{10}} \right) - C_L \quad (\text{dB})$$

Dove il primo termine è relativo all'isolamento degli n elementi "normali" di facciata; il secondo termine all'isolamento dei p elementi "piccoli" di facciata. Nello specifico si ha:

- R_i è il potere fonoisolante dell'elemento "normale" di facciata i (dB);
- S_i è la superficie dell'elemento "normale" di facciata i (m²);
- A_0 sono le unità di assorbimento acustico di riferimento, pari a 10 m²;
- $D_{n,e,i}$ è l'isolamento acustico normalizzato del "piccolo" elemento di facciata i (dB), calcolato o risultante da misure di laboratorio effettuate secondo la ISO 140-10;
- S è la superficie complessiva della facciata (m²), vista dall'interno (corrispondente alla somma della superficie di tutti gli elementi che compongono la facciata);
- C_L è la correzione relativa al contributo globale della trasmissione laterale.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.M.A. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA	con la collaborazione specialistica di: AIRIS INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
--	---

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA: cmb COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti: Siram by VEOLIA	GELMINI IMPIANTI TECNOLOGICI	Coopservice
--	--	---	---------------------------

La forma della facciata può influire sul potere fonoisolante di questa in senso positivo o negativo (maggiore o minore valore di R'). Il primo caso può essere determinato dall'effetto di schermatura dovuto a parti sporgenti della facciata come balconi; il secondo dalla formazione di un campo riverberante dovuto a riflessioni multiple sulle superfici di parti della facciata (nicchie, ecc.).

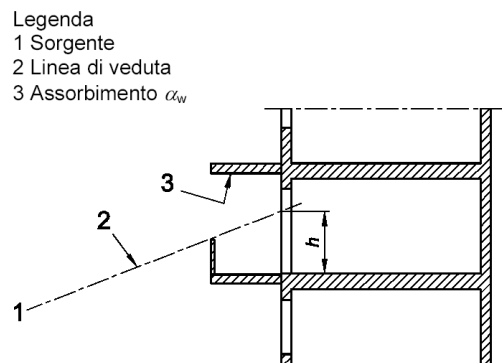


Figura 17 - Direzione dell'onda sonora incidente sulla facciata

La valutazione del contributo di tale elemento è stata effettuata anche in questo caso in via cautelativa facendo da un lato riferimento alle modalità di esecuzione della misura in opera riportate nelle norme UNI EN ISO 140-5 ed in particolare alla posizione dell'altoparlante e dall'altro a quanto riportato in Appendice C (Influenza della forma della facciata) della norma UNI EN 12354-3 o nel prospetto 6 della UNI TR 11175.

	Facciata piana	Ballatoio ¹⁾			Ballatoio ¹⁾			Ballatoio ¹⁾			Ballatoio ¹⁾		
α_w	Non si applica	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$
$H < 1,5$ m	0	-1	-1	0	-1	-1	0	0	0	1	Non si applica		
$1,5 \leq h \leq 2,5$ m	0	Non si applica			-1	0	2	0	1	3	Non si applica		
$H > 2,5$ m	0	Non si applica			1	1	2	2	2	3	3	4	6

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by VEOLIA

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

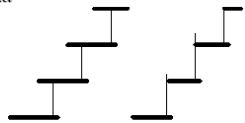
	Balcone ²⁾			Balcone ²⁾			Balcone ²⁾			Terrazza					
															
										Schermature aperte			Schermature chiuse		
α_w	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$
$h < 1,5 \text{ m}$	-1	-1	0	0	0	1	1	1	2	2	1	1	3	3	3
$1,5 \leq h \leq 2,5 \text{ m}$	-1	1	3	0	2	4	1	1	2	3	4	5	5	6	7
$h > 2,5 \text{ m}$	1	2	3	2	3	4	1	1	2	4	4	5	6	6	7
Note: 1) Ballatoio, terrazza continua, 2) Balcone, terrazza discontinua limitata lateralmente															

Tabella 13 - Differenza di livello esterno per forma della facciata (ΔL_{fs} da prospetto 6 UNI TR 11175/2005)

Per quanto riguarda invece il contributo globale dovuto alla trasmissione laterale questo è pari a 0 per elementi di facciata disconnessi e pari a 2 per elementi con giunti rigidi.

Occorre sottolineare come la prestazione acustica della facciata sia fortemente influenzata dagli elementi di maggiore debolezza della stessa quali ad esempio infisso, montanti nonché dall'accuratezza con la quale viene svolto il montaggio in opera. È sufficiente che uno di questi elementi non sia stato opportunamente curato perché, anche a fronte di elementi di notevoli proprietà fonoisolanti (infissi acustici e/o vetrocamera ad con elevate prestazioni), il risultato complessivo della facciata risulti deludente.

III.2 STIMA DELL'INDICE DI VALUTAZIONE DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA $D_{2M,N}TW$ NELLA CAMERA TIPO

Ai fini del calcolo, è necessario stimare il potere fonoisolante della parete esterna e del serramento.

La parete esterna, in analogia alla tecnica costruttiva utilizzata per la realizzazione degli elementi interni, sarà realizzata mediante elementi costruttivi a secco.

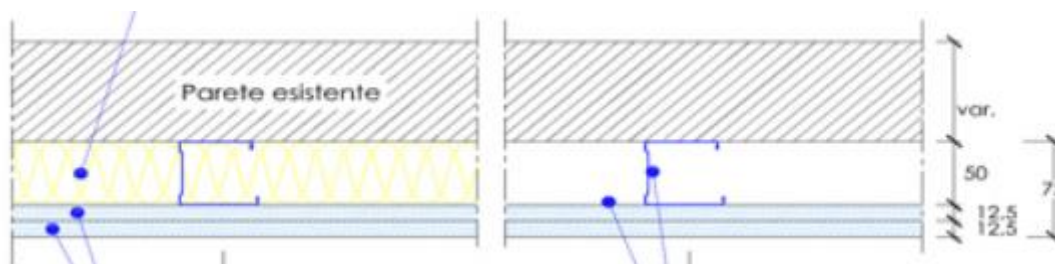
Come accennato nel paragrafo precedente, il dettaglio costruttivo proposto è caratterizzato da un indice di valutazione del potere fonoisolante R_w superiore a 60 dB.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.M.A. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA	con la collaborazione specialistica di:  AIRIS INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
---	---

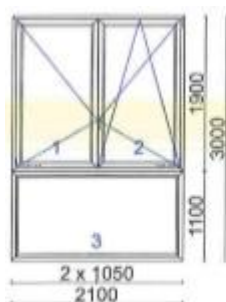
costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:  cmb COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti:  Siram by VEOLIA	 GELMINI IMPIANTI TECNOLOGICI	 Coopservice
---	---	--	---

Figura 18 - Partizione oggetto di verifica $D2m,nTw$

Tuttavia l'isolamento di facciata è fortemente condizionato dall'elemento più debole della parete esterna ovvero dal serramento e/o da ulteriori elementi tecnici presenti in essa (griglie di areazione, cassonetti avvolgibili etc.), rispetto ai quali deve essere posta la massima attenzione in fase di progettazione esecutiva e in fase di costruzione.

Per quanto riguarda il serramento, come si vede dal suddetto prospetto è presumibile che per la tipologia di infissi in oggetto il potere fonoisolante R_w del vetro risulti essere = 49 dB.



Finestra a a due ante con ribalta Dx e sottoluce fisso

Giunzione orizzontale con 1/2 giunto interno, rinforzo 60x40 esterno

Con nastro termoespandente

Compreso di coprifilo di finitura piatto 30x2.5, su 3 lati interni

Martellina bianca

Colore copricerniere: Bianco R07.1/2

Con cerniere portata 130Kg

Fermavetri. Campi:

1-3: Fermavetro a gradino

Colore: 100 bianco (simile RAL 9010)

Lato inferiore: Telaio DQG 85

Uw serramento: 1,10 W/m²K

H maniglia 2: 583mm. da sotto anta

Campi	Descrizione vetri e pannelli	Ug. (W/m²K)	Fs (g)	RW (dB)	TL (%)
1,2,3	PbKingtonKochelGussardCylphon 70/35 G+6 0,55/16argon veil+4 0,50 PbKingtonCylphon	1,00	33	49	62

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

by VEOLIA

IMPIANTI TECNOLOGICI

In linea di massima, comunque, l'ottenimento di valori elevati di potere fonoisolante per gli infissi e più in generale valori elevati di isolamento acustico in facciata possono essere ottenuti mediante particolare attenzione posta a:

- sistema di vetratura;
- scelta della tipologia di telaio;
- attenzione ed accuratezza nel montaggio del serramento e degli altri elementi al contorno;

Riguardo la scelta della tipologia di vetri si consiglia:

- asimmetria nello spessore dei vetri: usando vetri di spessore differente le prestazioni migliorano poiché le perdite per coincidenza non avvengono alla medesima frequenza; inoltre alle basse frequenze diminuisce l'accoppiamento delle lastre;
- impiego di lastre stratificate: l'inserimento di prodotti viscoelastici come resine colate o fogli di PVB (polivinilbutirrale), in più strati (è consigliabile uno spessore non inferiore ad almeno 0,76 mm. Per risentire degli effetti dell'impiego di una lastra stratificata rispetto ad una lastra singola di pari spessore), permette di migliorare le prestazioni acustiche della struttura vetrata combinando l'aumento della massa complessiva con l'incremento del potere smorzante della struttura, diminuendo così gli effetti di coincidenza e le risonanze massa-aria-massa del vetrocamera;
- incremento dello spessore del vetrocamera: si consiglia l'impiego di spessori del vetrocamera non inferiori ai 15 mm;
- impiego di gas nell'intercapedine: ulteriore beneficio può essere introdotto mediante l'inserimento di gas ad alto peso molecolare.

La scelta del telaio deve indirizzarsi verso:

- telai ad elevata tenuta;
- presenza di doppia o tripla guarnizione e quindi di doppia o tripla battuta;
- profilati in alluminio a taglio termico.

Particolare attenzione deve essere posta nella posa in opera. Infatti un montaggio errato può rendere del tutto inutile la scelta di vetrate e telai aventi elevate prestazioni acustiche. Di seguito si riportano alcune indicazioni riprese dalla norma UNI 11296:2018 Acustica - 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 cui si rimanda per un maggior dettaglio.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.M.A. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA	con la collaborazione specialistica di AIRIS INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
---	---

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA: cmb COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti: Siram by VEOLIA	GELMINI IMPIANTI TECNOLOGICI	Coopservice
--	---	--	--------------------

I criteri per il corretto montaggio del serramento ai fini dell'isolamento acustico sono quelli del montaggio a regola d'arte, dove il giunto con la parte muraria deve essere riempito perfettamente e completamente e successivamente sigillato, curando particolarmente bordi ed angoli dove si concentra il carico della pressione acustica.

L'operazione di montaggio su muro di un serramento rappresenta una fase molto delicata per le prestazioni acustiche in opera. Occorre eseguire alcuni elementi di dettaglio che sono fondamentali per l'ottenimento delle prestazioni di isolamento acustico richieste.

In particolare, è necessario determinare la conformazione del vano murario: la presenza di una battuta del serramento nella muratura (figura 26, sinistra) è generalmente più efficace di un giunto in luce (figura 26, destra). In quest'ultimo, infatti, in presenza di un giunto mal realizzato, l'onda sonora si può propagare più facilmente verso l'ambiente interno. Inoltre la presenza della battuta muraria consente di realizzare delle soluzioni di collegamento tecnicamente più valide in quanto rappresenta un elemento di protezione dei giunti e consente una vantaggiosa disposizione dei cordoli di sigillatura e di eventuali materiali di coibentazione.

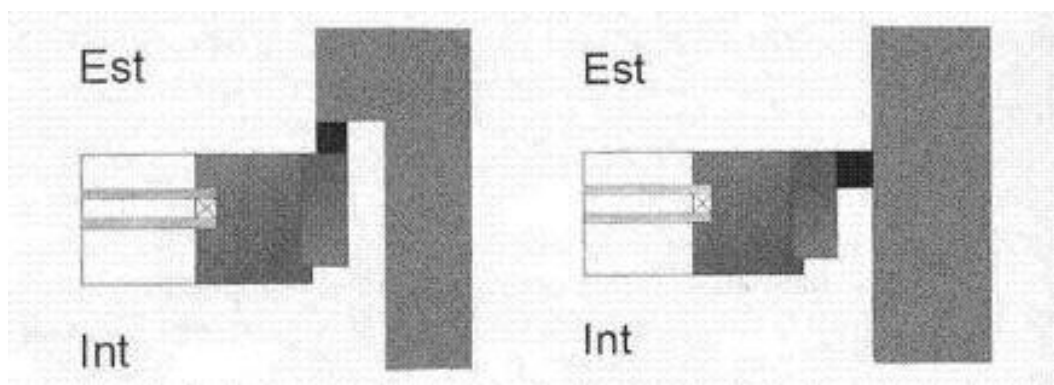


Figura 11 - Esempio di giunto con battuta (sinistra) e di giunto in luce (destra)

Molto importante è il controllo delle tolleranze dimensionali, necessario per prevenire gravi inconvenienti nella posa dei serramenti. In generale è necessario considerare una tolleranza variabile tra serramento e vano murario, in funzione del materiale e del colore usato per il telaio e della dimensione del vano, con un valore minimo di 5 mm per lato. I serramenti con telaio in PVC di colore scuro sono quelli soggetti a maggiore dilatazione termica.

La giunzione tra muratura e serramento deve essere realizzata con particolare cura: piccoli fori o cattive realizzazioni dell'attacco, spesso coperte solo da un listello coprifilo, possono compromettere il risultato complessivo, con perdite dell'isolamento acustico di oltre 10 dB.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA**

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

Di seguito si riportano alcuni esempi di posa dei serramenti in battuta e con giunto in luce. Il giunto del telaio in luce è costituito dai seguenti componenti messi in opera nell'ordine di seguito riportato:

- in posizione di mezzera del traverso inferiore si posiziona un cordolo di silicone continuo;
- una volta posizionato e fissato il serramento, si inserisce il supporto di fondo giunto (in genere di polietilene espanso o neoprene) continuo e di diametro opportuno che, inserito nella fuga, esercita sulle pareti una pressione tale da resistere all'iniezione della schiuma e permette di fissare la profondità di inserimento del sigillante conferendo ad esso la libertà di dilatazione o di contrazione;
- la chiusura del giunto viene effettuata con materiale espandente avente funzioni riempitive (ad esempio schiuma poliuretanica autoespandente);
- la parte esterna del giunto viene sigillata con un cordolo di materiale dotato di una grande resistenza agli agenti atmosferici, buona elasticità e buona adesione alle pareti del giunto;
- la parte interna del giunto viene sigillata con un cordolo di materiale sigillante;
- per finire si esegue l'operazione di sigillatura esterna dell'appoggio sul davanzale.

Per il giunto a battuta occorre applicare un cordolo sigillante sulle tre spallette di battuta del vano finestra e sul davanzale, avendo cura di raccordarli; una volta inserito e fissato il telaio del serramento all'interno del vano murario, occorre eseguire l'operazione di riempimento del giunto con materiale espandente ed effettuare la sigillatura della parte interna del giunto con sigillante. Infine deve essere sigillata la piccola fuga che rimane tra la muratura e il serramento sulla parte esterna del giunto con materiale idoneo.

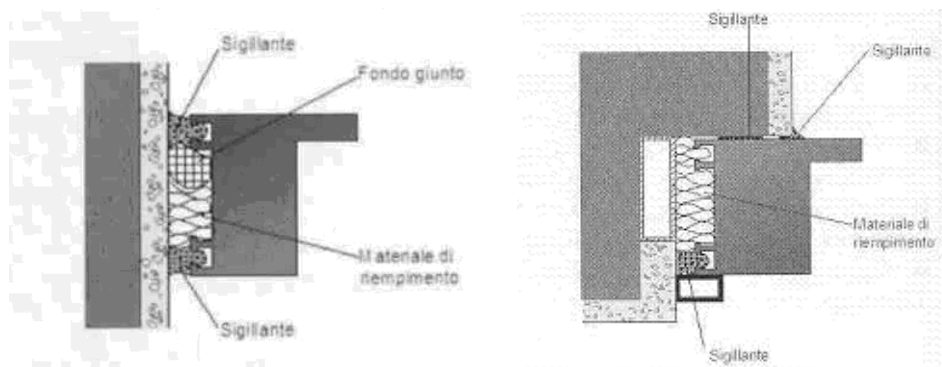


Figura 20 - Esempio di realizzazione di un giunto in luce (a sinistra) e giunto in battuta (a destra)

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.M.A. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA	con la collaborazione specialistica di: AIRIS INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
--	---

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA: cmb COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti: Siram by VEOLIA	GELMINI IMPIANTI TECNOLOGICI	Coopservice
--	--	---	---------------------------

In merito alla tenuta dell'infisso occorre osservare che la prestazione del serramento dipende chiaramente oltre che dal sistema di vetratura anche dal tipo di telaio e dalla permeabilità all'aria. Riguardo a tale aspetto esistono delle correlazioni legate all'esperienza che consentono di determinare la riduzione del potere fonoisolante del vetro in relazione alla classe dell'infisso (si fa riferimento alla norma UNI EN 42); ovvero:

- per infissi di classe 4 si ha una perdita di R_w tra ≤ 1 dB,
- per infissi di classe 3 si ha una perdita di R_w tra 1-2 dB;
- per infissi di classe 2 si ha una perdita di R_w tra 2-5 dB
- per infissi di classe 1 si ha una perdita di R_w tra 5-8 dB

Occorre quindi impiegare sistemi aventi classe di permeabilità all'aria pari a 4.

Sotto queste ipotesi (di montaggio eseguito a regola d'arte ed adeguata coibentazione acustica per gli elementi al contorno) si può supporre che in opera il serramento non perda eccessivamente le proprie caratteristiche acustiche.

III.3 STIMA DELL'INDICE DI ISOLAMENTO DELLA FACCIATA RELATIVA LA CAMERA TIPO

In linea con l'analisi e le considerazioni appena svolte, applicando la formula per il calcolo previsionale del parametro $D_{2m,n,T,w}$ si conclude che il valore limite fissato dalla normativa

$D_{2m,n,T,w} > 45$ dB,

può essere rispettato in quanto risulta

$D_{2m,n,T,w} = 52$ dB

Considerando i parametri illustrati nella tabella seguente:

Elemento	R_w	Area
parete esterna	60 dB	23,0 m ²
serramento	49 dB	6,3 m ²

Volume totale ambiente = 80 m³

$R'_w = 52$ dB

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA**

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

III.4 PRESCRIZIONI RELATIVE ALLE MODALITÀ ESECUTIVE DI POSA IN OPERA

In definitiva, quindi, affinché la soluzione proposta risulti conforme al requisito di legge deve verificarsi che:

- il serramento nel suo complesso (Telaio+vetro) ha un potere fonoisolante definito dall'indice di valutazione R_w mediante la UNI EN ISO 10140 – 2: 2010 Acustica: Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edifici – parte 4: Misurazioni in laboratorio dell'isolamento acustico per via aerea di elementi di edificio e la UNI EN ISO 717 – 1:2013 di cui sopra, non inferiore a 49 dB.
- Essendo tale certificazione di norma relativa ad infissi aventi dimensioni non necessariamente coincidenti con quelle previste dal progetto, il fornitore dovrà garantire che la prestazione certificata possa ritenersi attribuibile agli infissi indicati negli abachi di progetto¹⁷ tenendo conto dei criteri di estendibilità dei risultati previsti dalla norma UNI TR 11469:2012 Acustica – Estendibilità del potere fonoisolante per serramenti.
- In particolare per serramenti per i quali si prevede l'inserimento di diversi montanti verticali di collegamento tra gli elementi apribili e/o fissi, si raccomanda che la prova di laboratorio sia eseguita su un serramento in cui risultino presenti due o più di tali montanti verticali;
- La posa del serramento dovrà avvenire secondo i Criteri per la posa in opera dei componenti delle:
 - Norma UNI 11673-1:2017 *Posa in opera di serramenti – Parte 1: Requisiti e criteri di verifica della progettazione*;
 - Norma UNI 11296:2018 *Acustica - 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*, cui si rimanda per un maggior dettaglio.
- Qualora il fornitore riconosca che nella messa in opera del serramento vi siano significative riduzioni del potere fonoisolante dell'infisso rispetto a quanto da lui certificato, il materiale fornito dovrà avere un indice di valutazione adeguatamente maggiorato rispetto a quanto

¹⁷ Sulla base anche di quanto indicato nella UNI TR 11175/05 paragrafo B4.6. oppure secondo quanto riportato nella Norma UNI EN 14351 – 1:2006: “Finestre e porte pedonali – Norma di prodotto, caratteristiche prestazionali – Parte 1: Finestre e porte esterne pedonali senza caratteristiche di resistenza al fuoco e tenuta la fumo”

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.M.A. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA	con la collaborazione specialistica di: AIRIS INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
---	--

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:  COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti:  by   IMPIANTI TECNOLOGICI	
---	--	---

calcolato nella presente relazione.

- Al termine dei lavori la ditta dovrà fornire dichiarazione relativa alla corretta posa in opera che attesti che non sussistono elementi in base ai quali il serramento abbia ridotto significativamente le proprie caratteristiche acustiche rispetto a quanto certificato.
- Nel corso dei lavori potranno inoltre essere individuati degli ambienti di comune accordo tra D.L. impresa esecutrice delle opere e fornitore sui quali effettuare delle misure di collaudo volte a determinare il potere fonoisolante apparente $R'w$ secondo le procedure indicate nelle norme **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** e **UNI EN ISO 717-1:1997** - Acustica: Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edifici – parte 1: Isolamento acustico per Via aerea. Tale valutazione svolta in via preventiva consentirebbe di verificare immediatamente la conformità rispetto al requisito del DPCM.
- Le misure di collaudo saranno svolte da tecnici indicati dalla Direzione Lavori e saranno a carico dell'impresa appaltatrice o della Committenza.

IV ISOLAMENTO ACUSTICO AI RUMORI IMPATTIVI (INDICE DI VALUTAZIONE $L'_{nw} \leq 53$ dB)

Di seguito si riporta la descrizione delle modalità esecutive dei solai di separazione tra le diverse unità immobiliari del cantiere in oggetto nonché una stima del livello di isolamento al calpestio $L'_{n,w}$ delle stesse.

Di seguito si riporta:

1. Descrizione della metodologia di calcolo per la valutazione di L'_{nw} ;
2. Descrizione dell'elemento e stima dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico ai rumori di calpestio L'_{nw} del solaio per l'edificio oggetto di verifica;
3. Indicazioni e prescrizioni per progetto esecutivo, capitolato e posa in opera.

IV.1 METODOLOGIA DI CALCOLO DELL'INDICE DI VALUTAZIONE DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO AI RUMORI DI CALPESTIO L'_{nw}

La verifica del requisito è stata svolta sulla base del metodo di calcolo riportato nella UNI EN 12354-2 e nella Linea Guida UNI TR 11175.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management
T.H.E.M.A.
PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA**

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

Il livello normalizzato di rumore da calpestio fra due ambienti sovrapposti $L'_{n,w}$ si ottiene dal livello equivalente normalizzato di rumore da calpestio $L_{n,w,eq}$ in base alla formula appartenente alla UNI 12354-2:

$$L_{n,ij,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + \frac{R_{i,w} - R_{j,w}}{2} - \Delta R_{j,w} - K_{ij} - \left(10 \log \frac{S_i}{l_0 l_{ij}} \right) \text{ dB}$$

dove $L_{n,ij,w}$ è l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato per trasmissione laterale generato sul pavimento (i) e irradiato dall'elemento (j),

$L_{n,eq,0,w}$ è l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto l'assorbimento acustico equivalente del solo pavimento,

ΔL_w è il valore della riduzione del livello di rumore da calpestio dovuta ad eventuali strati di rivestimento applicati all'intradosso o all'estradosso del solaio,

$R_{i,w}$ ed $R_{j,w}$ rappresentano l'indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento i e j,

K_{ij} è l'indice di riduzione delle vibrazioni del percorso ij,

$\Delta R_{j,w}$ è l'incremento di isolamento dovuto ad un eventuale strato ulteriore posto sul lato ricevente dall'elemento laterale j,

S_i è l'area dell'elemento i, l

l_0 la lunghezza del giunto di riferimento pari a 1 m,

l_{ij} la lunghezza in metri del giunto tra l'elemento i e j.

Per i solai omogenei (nei quali possono essere fatti rientrare anche le strutture utilizzate nell'edificio oggetto di verifica) l'indice di valutazione del livello equivalente di pressione sonora di calpestio normalizzato, $L_{n,w,0,eq}$ può essere determinato a partire dalla massa per unità di area, m' (per valori ricompresi tra 100 kg/mq e 600 kg/mq) mediante la¹⁸:

$$L_{n,eq,0,w} = 164 - 35 \log (m') \text{ dB}$$

¹⁸ Appendice B.2 Norma UNI EN 12354-2

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.M.A. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA	con la collaborazione specialistica di: AIRIS INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
--	---

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA: cmb COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti: Siram by VEOLIA	GELMINI IMPIANTI TECNOLOGICI	Coopservice
--	--	---	---------------------------

Tuttavia diversi autori hanno posto in evidenza come, nel contesto edilizio italiano¹⁹ la formula proposta dal CEN fornisca valori sottostimati di circa 10 dB rispetto ai livelli relativi ai solai grezzi. Cautelativamente si può quindi far riferimento alla seguente formula empirica:

$$L_{n,w,eq} = 160 - 30 \log(m') \text{ dB}$$

Nel caso di pavimenti galleggianti costituiti da uno strato di massetto in conglomerato cementizio su sottofondo resiliente oppure dovuto all'impiego di pavimenti resilienti (moquette), l'indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio ΔL_w può essere ricavato da certificati di laboratorio conformi alla normativa UNI EN ISO 140-8. Tale procedura va guardata con molta attenzione in quanto in laboratorio la prova viene eseguita su una soletta in cls di spessore pari a circa 14 cm, ovvero con una tipologia generalmente difforme dalle tipologie di solai impiegati tradizionalmente nell'edilizia.

Tuttavia l'indice ΔL_w può essere dedotto per via analitica mediante le seguenti relazioni:

per massetti galleggianti realizzati in cls.

$$\Delta L_w = [13 \log(m')] - [14,2 \log(s')] + 20,8 \text{ dB}$$

per massetti galleggianti realizzati a secco

$$\Delta L_w = [(-0,21m') - 5,45] \log(s') + (0,46m') + 23,8 \text{ dB}$$

con s' rigidità dinamica dello strato elastico (MN/m^3) (da certificare ai sensi della UNI EN 29052-1) e m' massa superficiale dello strato di rivestimento (kg/m^2).

Per ottenere buoni valori di isolamento al calpestio occorre agire sul peso dell'elemento strutturale (ma sono necessari valori superiori a 1.000 kg/m^2) oppure utilizzare il sistema del pavimento galleggiante che sfrutta il principio del sistema Massa – molla – Massa. L'attenuazione ai rumori di calpestio offerta dal sistema dipende dal peso del massetto ripartitore e dalla rigidità dinamica s' del materiale impiegato: maggiore è la massa o migliore è la rigidità dinamica (ovvero più piccolo è il valore di s'), tanto più efficace è il sistema. Altra caratteristica fondamentale è che il materiale impiegato come elemento di separazione deve conservare nel tempo inalterate le proprie caratteristiche ed in particolare deve resistere ai carichi dovuti al peso della sovrastruttura

¹⁹ Si veda ad esempio A. Cocchi, A. Farina, P. Fausti, R. Pompoli, G. Semprini "Prestazioni acustiche dei solai in laterizio – Murature oggi n. 44 giugno 1994.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA**

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

e di elementi di arredo. Accade spesso che materiali aventi buona rigidità dinamica riducano sotto carico prolungato nel tempo le proprie caratteristiche.

Si fa inoltre presente che molti produttori di materiali anticalpestio forniscono per il loro prodotto il solo parametro della rigidità dinamica apparente $s't$ (sempre valutato secondo la UNI EN 29052-1). Tale valore andrebbe successivamente corretto con la rigidità dinamica dell'aria s'_a ottenendo quindi:

$$s' = s'_t + s'_a$$

Per determinare la rigidità dinamica dell'aria sarebbe necessario determinare la resistenza al flusso dell'aria del materiale secondo la norma UNI EN 20053 Acustica – Materiali per applicazioni acustiche – Determinazione della resistenza al flusso d'aria. Solo nei casi in cui la resistenza al flusso risulti nulla o superiore a 100 KPAs/m² è possibile considerare $s' = s't$.

Nella trasmissione di rumori da impatto il modello di calcolo è applicato prevalentemente ad ambienti uno sovrapposto all'altro e a solai aventi una struttura di base omogenea. Tuttavia la trasmissione del rumore di tipo impattivo può avvenire anche tra ambienti adiacenti anche se generalmente presenta minori criticità rispetto alla configurazione standard.

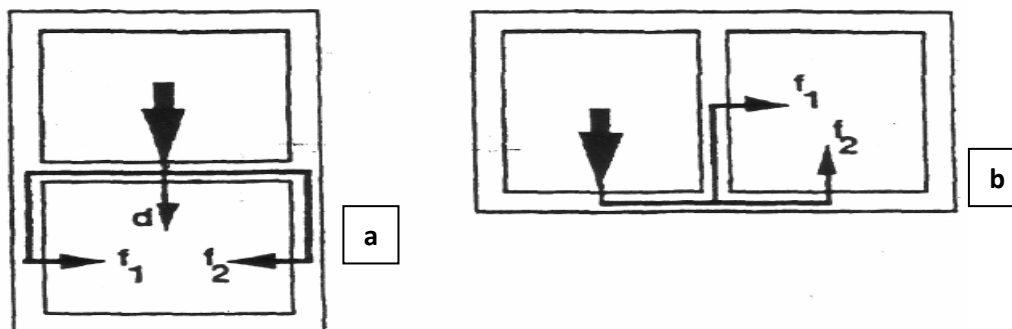


Figura 12 - Trasmissione sonora impattiva a) Ambienti sovrapposti b) Ambienti adiacenti

La trasmissione laterale può risultare, in alcune situazioni, prevalente rispetto a quella tra ambienti sovrapposti, come ad esempio nelle strutture collettive quali, alberghi e ospedali, nelle quali viene spesso realizzato un massetto galleggiante che risulta essere passante rispetto alle tramezzature di divisione tra ambienti.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.M.A. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA		con la collaborazione specialistica di: INGEGNERIA PER L'AMBIENTE	
costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese			
MANDATARIA: COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti: Siram by VEOLIA	 GELMINI IMPIANTI TECNOLOGICI	 Coopservice

IV.2 STIMA DELL'INDICE DI VALUTAZIONE DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO AI RUMORI DI CALPESTIO L'_{NW}

La successione degli strati che compongono il solaio è la seguente:

- Struttura portante in soletta piena, di spessore pari a 40 cm;
- Isolante acustico, avente rigidità dinamica non superiore a 21 MN/m^3 , tipo Arco Floor ($s' = 18,9 \text{ MN/m}^3$)
- Massetto in sabbia e cemento;
- Pavimento (prevalentemente in linoleum o PVC).

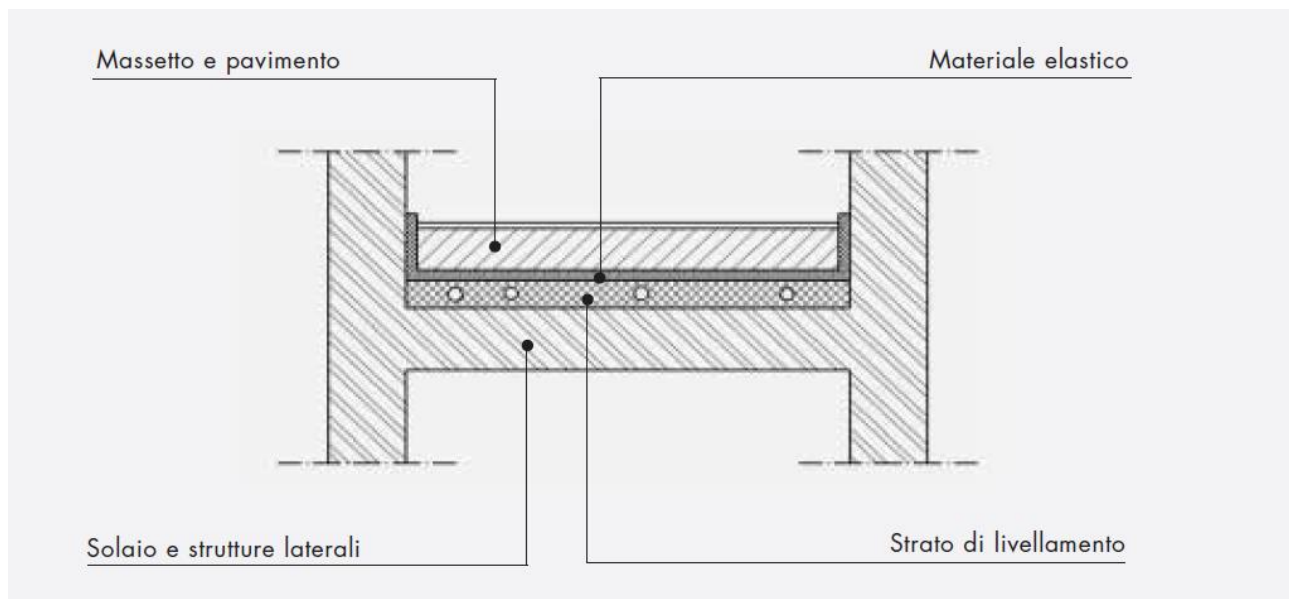


Figura 13 - Schema realizzativo del solaio tipo di interpiano

Lo spessore complessivo del solaio risulta essere pari a circa 500 mm con massa superficiale complessiva dell'elemento strutturale non inferiore a 750 kg/m^2 .

L'indice di valutazione del livello equivalente di pressione sonora di calpestio normalizzato relativo all'elemento strutturale può essere stimato, applicando le formule sopraindicate, come

$L_{n,eq,0,w}$ non inferiore a 66 dB

Ottenuto sostituendo nel calcolo il limite superiore della massa superficiale previsto ($100 \text{ kg/m}^2 < m' < 600 \text{ kg/m}^2$)

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA****GELMINI**
IMPIANTI TECNOLOGICI**Coopservice**

Nota la rigidità dinamica, non superiore a $s' = 21 \text{ MN/m}^3$, e il peso della soletta, stimato pari a $m_2 = 100 \text{ kg/m}^2$ si deduce che l'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio è:

ΔLw almeno 28 dB

Simulando il contributo della facciata, dei divisori e dei giunti previsti dal progetto, si stima che l'indice di valutazione del Livello normalizzato di rumore da calpestio ($L'_{n,w} < 40 \text{ dB}$) risulta essere tale da rispettare ampiamente il limite di legge ($L'_{n,w} \leq 53 \text{ dB}$) previsto dal DMA 11 Ottobre 2017 (CAM Edilizia).

IV.3 PRESCRIZIONI RELATIVE ALLE MODALITÀ ESECUTIVE DI POSA IN OPERA

L'isolamento acustico ai rumori da calpestio verrà assicurato mediante la realizzazione di un sistema a "pavimento galleggiante" secondo le modalità indicate al paragrafo precedente. Lo strato di disconnessione tra l'elemento strutturale del solaio ed il massetto superficiale sarà fornito da guaina resiliente o altro materiale fatta salva la verifica dei punti seguenti.

Il materiale utilizzato deve rispondere alle seguenti caratteristiche:

- il materiale resiliente utilizzato deve garantire una rigidità dinamica s' non superiore a 15 MN/m^3 ; tale valore dovrà essere certificato mediante prova di laboratorio redatta in conformità alla norma UNI EN 29052 – 1: 1993 Determinazione della rigidità dinamica; materiali utilizzati sotto i pavimenti galleggianti negli edifici residenziali;
- Qualora il fornitore fornisca il valore della sola rigidità dinamica apparente s'_t lo stesso dovrà fornire:
 - Certificazione relativa alla resistenza al flusso d'aria ai sensi della norma UNI EN 29053;
 - Oppure dichiarazione attestante il fatto che per il materiale utilizzato si possa assumere $s'_t = s'$;
- Qualora per il materiale in esame non risulti possibile fornire tale certificazione il fornitore del materiale dovrà presentare alla DL o all'impresa incaricata dei lavori:
 - Misure di collaudo in opera relative a solai aventi caratteristiche analoghe a quelle oggetto della presente relazione;
 - Valutazioni previsionali redatte secondo metodi di calcolo riconosciuti (Linee Guida UNI TR 11175/05 o NORMA UNI EN 12354 – 2 Acustica in Edilizia: stima delle

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.M.A. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA	con la collaborazione specialistica di: AIRIS INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
---	--

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:  COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti:  by   IMPIANTI TECNOLOGICI	
---	--	---

prestazioni acustiche degli edifici a partire dalle prestazioni dei componenti, parte 2 Isolamento ai rumori impattivi tra ambienti o equivalenti);

- Al fine di assicurare che lo strato elastico non perda le proprie caratteristiche nel tempo, il produttore dovrà fornire certificazione in merito alla comprimibilità c' (secondo la norma UNI EN 12431 – 2000 Isolanti termici per l'edilizia – Determinazione dello spessore degli isolanti per pavimenti galleggianti) del materiale oppure alla rigidità dinamica s' mediante prove ripetute nel tempo, oppure dichiarazione volta ad affermare che il materiale non varia le proprie caratteristiche nel tempo.

Nella posa del materiale si dovranno inoltre osservare le seguenti precauzioni

- Lo strato elastico perché sia efficace deve essere posto in opera (a secco) in modo accurato; prima della posa dello stesso occorre verificare se debba essere prevista la posa di un sottile strato di livellamento in grado di eliminare eventuali imperfezioni e rugosità che potrebbero danneggiarlo. I fogli che compongono lo strato resiliente devono essere continui (nel caso il tappeto venga realizzato con guaine sottili e flessibili i fogli devono essere adeguatamente sovrapposti nelle giunzioni oppure nastrati in corrispondenza delle giunzioni).
- Per evitare che il pavimento trasmetta le vibrazioni dalla soletta galleggiante alle strutture verticali, (compreso le pareti) vanificando così l'effetto dello strato elastico, occorre separare la soletta da tali strutture mediante l'interposizione di una striscia elastica perimetrale che deve essere fatta sbordare oltre la quota del pavimento finito²⁰; la striscia perimetrale dovrà essere posta anche in corrispondenza delle soglie delle porte finestre e delle porte di accesso ai diversi vani

²⁰ A proposito degli effetti dovuti ad una non corretta posa della fascia perimetrale si vedano gli articoli di G. Semprini e M. Garai presentati all'AIA nel giugno del 2005. L'interruzione di 1 m. di tale striscia perimetrale provoca una perdita di efficacia nel livello di isolamento al calpestio di circa 10 dB.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA**

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

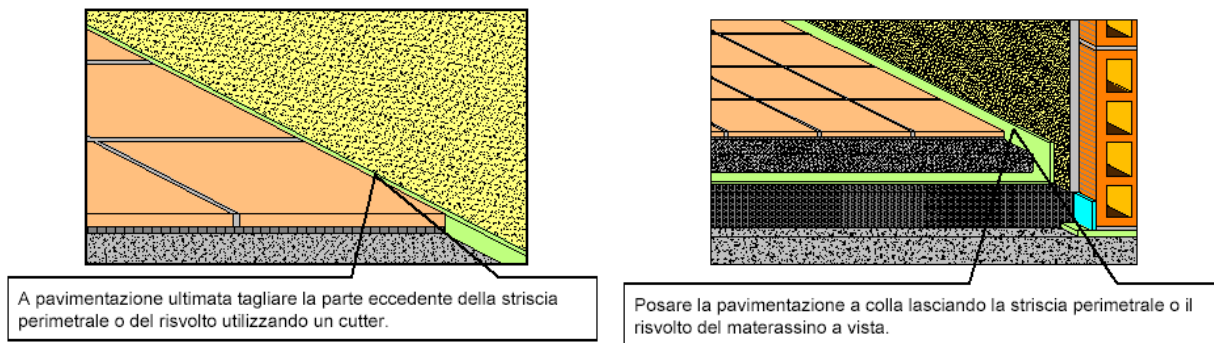


Figura 23 - Esempio di posa del materassino elastico

IV.3.1 Posa del materassino elastico

- Durante il getto del massetto di allettamento è necessario evitare che l'impasto realizzi dei collegamenti tra il massetto stesso e la soletta sottostante o le pareti del locale e che lo strato isolante venga lesionato. Occorre pertanto proteggere il materiale isolante mediante la posa di uno strato protettivo che tra l'altro impedisca che la parte fluida del cemento costituente il massetto penetri tra gli elementi che compongono la guaina.
- Affinché il pavimento galleggiante risulti efficace occorre che lo strato posto al di sopra dello strato elastico sia sufficientemente pesante (massa superficiale del materiale posta sopra allo strato di separazione non inferiore a 120 kg/mq) e che sia realizzato in modo specifico (rinforzato o meno, di spessore non inferiore a 5 cm); per questo il massetto dovrà essere realizzato sulla base delle indicazioni specifiche fornite dal produttore del materiale elastico.
- La realizzazione del pavimento galleggiante si completa con la posa del pavimento e quindi ritagliando con lama affilata l'eccesso di materiale sporgente oltre la quota di pavimento finito;
- Nella posa della pavimentazione, del battiscopa e di eventuali rivestimenti occorre evitare che questi siano in contatto tra loro e che si realizzi un collegamento rigido con il pavimento galleggiante e le pareti o i pilastri, ciò può essere effettuato interponendo del materiale elastico (nastri adesivi e in seconda battuta silicone);

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.M.A. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA	con la collaborazione specialistica di: AIRIS INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
--	---

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA: cmb COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti: Siram by VEOLIA	GELMINI IMPIANTI TECNOLOGICI	Coopservice
--	---	---	---------------------------

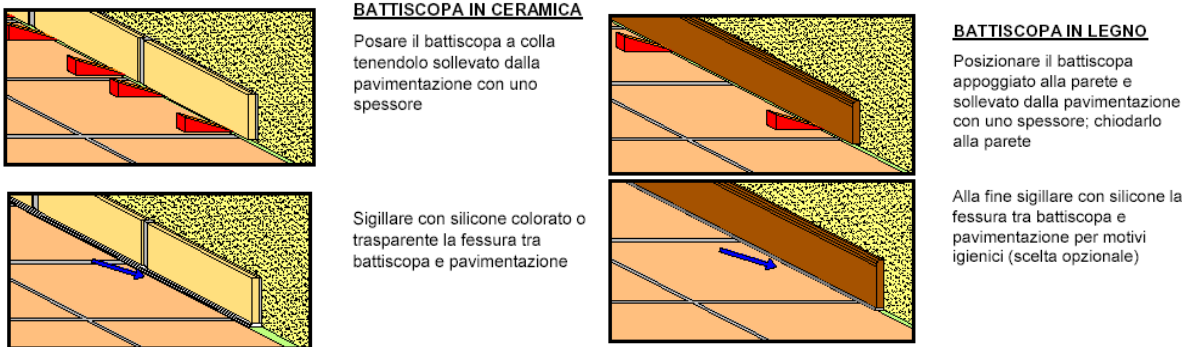


Figura 14 - Posa Battiscopa

- Gli impianti tecnologici non devono diventare dei ponti acustici bypassando il materiale resiliente e quindi mettendo in contatto i diversi strati che compongono il solaio; in generale qualora dovesse risultare necessaria la presenza di impianti tecnologici di qualsiasi natura (e relativi elementi di fissaggio), questi devono essere rivestiti con guaine elastiche che impediscano il contatto diretto con la struttura galleggiante, con il solaio, e con le pareti degli ambienti così da non trasmettere vibrazioni agli elementi strutturali.
- Qualora non sia possibile dare continuità al pavimento galleggiante, occorre realizzare delle fasce di separazione (o risvoltare il materiale nel caso si utilizzino dei fogli) e realizzare quindi dei giunti di separazione (come visto per gli ambienti adiacenti);
- Per ulteriori indicazioni in merito alla posa si rimanda al manuale di posa che la ditta produttrice del materiale deve fornire all'impresa esecutrice delle opere;
- Particolare cura dovrà essere posta per la presenza di componenti quali canne fumarie passanti, porte a scomparsa, etc. che possono amplificare il rumore trasmesso per fiancheggiamento (rivestimento dei cavedi etc.).

Ultimazione lavori e collaudo:

- **I tecnici della ditta fornitrice e/o l'impresa esecutrice dei lavori dovranno rilasciare al termine dei lavori una dichiarazione relativa alla corretta esecuzione della posa in opera (e quindi a garanzia dei risultati acustici ipotizzati). Qualora dopo la posa dello strato di separazione, intervengano altre lavorazioni i tecnici della ditta fornitrice e dell'impresa che ha eseguito la posa dovranno accertare che il materiale non abbia subito dei danneggiamenti e/o degradi;**

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA****GELMINI**
IMPIANTI TECNOLOGICI**Coopservice**

- Nel corso dei lavori potranno inoltre essere individuati degli ambienti di comune accordo tra D.L., impresa esecutrice delle opere e fornitore sui quali effettuare delle misure di collaudo volte a determinare l'indice di valutazione dell'isolamento ai rumori da calpestio in opera L'_{nw} secondo le procedure indicate nelle norme **UNI EN ISO 16283-2:2016** Misure in opera dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 2: **Isolamento dal rumore di calpestio** e UNI EN ISO 717-2:1997 - Acustica: Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edifici – parte 2: Isolamento del rumore di calpestio.
- Le eventuali misure di collaudo in corso d'opera e a termine dei lavori saranno svolte da tecnici indicati dalla Direzione Lavori e saranno a carico dell'impresa appaltatrice o della Committenza.

V LA QUALITÀ ACUSTICA DEGLI AMBIENTI (TEMPO DI RIVERBERO T60)

La qualità acustica degli spazi può essere qualificata mediante la sola caratterizzazione del tempo di riverbero almeno per quegli ambienti destinati ad essere occupati da un ridotto numero di persone e per i quali la dotazione di dispositivi hardware in essi presenti a disposizione degli utenti (computer, monitor, stampanti, fax, telefoni etc.) sia di tipo standard. È presumibile che negli uffici singoli o comunque caratterizzati da ridotte dimensioni in pianta < 50 mc, il tempo di riverbero TR60 risulti essere non superiore a 0,5 s purché gli ambienti non siano particolarmente spogli.

La voce umana presenta fluttuazioni di livello di pressione sonora molto ampie, dell'ordine di 30 dB, escluse le pause di silenzio. I suoni vocalici sono più intensi e di durata maggiore ($30 \div 300$ ms) rispetto a quelli prodotti dalle consonanti ($10 \div 100$ ms), che possono essere anche mute e assumere caratteristiche impulsive. I livelli più elevati sono attribuibili ai suoni vocalici, mentre quelli più bassi alle consonanti sonore che contribuiscono maggiormente alla comprensione del messaggio verbale. Ai fini dell'intelligibilità è importante che le caratteristiche acustiche dell'ambiente siano tali da non aumentare la durata dei suoni vocalici al punto da mascherare i fonemi consonantici, più brevi. Le frequenze di maggiore interesse ai fini di una buona intelligibilità sono quelle comprese fra 300 e 3000 Hz. La maggior parte dell'energia sonora (circa l'80%) è concentrata a frequenze inferiori a 500 Hz (suoni vocalici). La potenza vocale media a lungo termine (> 10 s) con livello di voce normale è invece dell'ordine di 20 μ W, corrispondente ad un livello di pressione sonora, a 1 m di distanza dalla bocca del parlatore in direzione frontale e in campo acustico libero, di circa 62 dB. In genere il parlatore adatta l'intensità della sua voce inversamente a come detta intensità è percepita dal suo stesso udito (effetto Lombard); in

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.M.A. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA	con la collaborazione specialistica di: AIRIS INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
---	--

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA: cmb COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti: Siram by VEOLIA	GELMINI IMPIANTI TECNOLOGICI	Coopservice
--	---	--	--------------------

presenza di rumore superiore a 50 dB(A) un parlatore normo udente solitamente aumenta l'intensità della sua voce da 3 a 6 dB per ogni incremento di 10 dB del rumore mascherante il messaggio verbale. Inoltre, per l'ascoltatore la comprensione del messaggio verbale è possibile se giunge alle sue orecchie ad una intensità che superi il rumore di fondo di almeno 10dB.

Il dimensionamento di tali sistemi può essere eseguito secondo metodologie più o meno complesse quali ad esempio la stima analitica del TR 60 secondo la norma **UNI EN 12354 – 6 Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Parte 6: Assorbimento acustico in ambienti chiusi** oppure metodologie semplificate come quelle riportate nella DIN 18041:2016 Udibilità nei locali da piccoli a medi. La DIN suddivide gli ambienti in due categorie A (Udibilità da media e grande distanza) e B (Udibilità da breve distanza) e fornisce per questi ultimi (nei quali sono ricompresi, uffici singoli, di più persone e uffici open-space), dei consigli esemplificativi per consentire una comunicazione orale a distanza ravvicinata adeguata all'utilizzo del locale. In sintesi in funzione del volume dell'ambiente e delle caratteristiche dei materiali fonoassorbenti (definiti in base al coefficiente α_w di cui alla norma **UNI EN ISO 11654 Acustica - Assorbitori acustici per l'edilizia - Valutazione dell'assorbimento acustico.**) vengono indicati i metri quadrati di materiale che occorre installare (a soffitto o a parete).

Riguardo alla UNI EN 12354 si evidenzia che è la versione ufficiale in lingua inglese e italiana della norma europea EN 12354-6 (edizione dicembre 2017). La norma descrive un modello di calcolo per valutare l'area totale di assorbimento equivalente o il tempo di riverberazione di ambiente chiuso di un edificio. Il calcolo è basato principalmente sui valori misurati che caratterizzano l'assorbimento acustico dei materiali e degli oggetti. La norma descrive i principi del modello di calcolo elencando le grandezze pertinenti e definisce inoltre l'applicazione ed i limiti.

Il tempo di riverberazione è determinato dall'area di assorbimento equivalente, dal volume dell'ambiente vuoto chiuso e dalla parte di elementi:

$$T = \frac{55,3}{c_0} \frac{V(1 - \Psi)}{A}$$

dove:

- A = Area totale di assorbimento equivalente per un ambiente chiuso deriva da:

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_{s,i} S_i + \sum_{j=1}^o A_{obj,j} + \sum_{k=1}^p \alpha_{s,k} S_k + A_{air}$$

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA**

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

con:

- coefficiente di assorbimento di una superficie i : $\alpha_{s,i}$;
- area della superficie i : S_i ;
- area di assorbimento equivalente dell'elemento j : $A_{obj,j}$;
- coefficiente di assorbimento dell'insieme di elementi k : $\alpha_{s,k}$;
- area della superficie coperta dall'insieme di elementi k : S_k ;
- volume di un ambiente vuoto chiuso: V ;
- volume dell'elemento j o dell'insieme di elementi k : $V_{obj,j}$, $V_{obj,k}$.
- n è il numero di superfici i ;
- j è il numero di elementi j ;
- p è il numero di insiemi di elementi k .

L'area totale di assorbimento equivalente per l'assorbimento in aria deriva da: $A_{air} = 4 m V (1 - \Psi)$

dove:

- m è il coefficiente di attenuazione della potenza in aria, in Neper per metro;
- V è il volume dell'ambiente vuoto chiuso, in metri cubi;
- Ψ è la parte di un elemento.

$$\Psi = \frac{\sum_{i=1}^n V_{obj,i} + \sum_{k=1}^p V_{obj,k}}{V}$$

- c_0 è la velocità del suono in aria, in metri al secondo.

I limiti applicativi della norma sono specificati all'interno della stessa laddove si evidenzia come i risultati calcolati secondo la procedura descritta sono tanto più attendibili quanto più gli ambienti hanno una forma regolare e la distribuzione delle superficie assorbenti risulta essere il più possibile omogenea nello spazio oggetto di indagine.

Per i motivi indicati in precedenza, si è ipotizzato l'impiego di sistemi caratterizzati da un buon valore di α_w (Classe C $\geq 0,6$) e assorbimenti buoni già a frequenze medio basse.

Generalmente la riduzione della riverberazione negli ambienti è affidata al controsoffitto che, nello specifico, sarà di tipo radiante.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.M.A. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA	con la collaborazione specialistica di: AIRIS INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
--	---

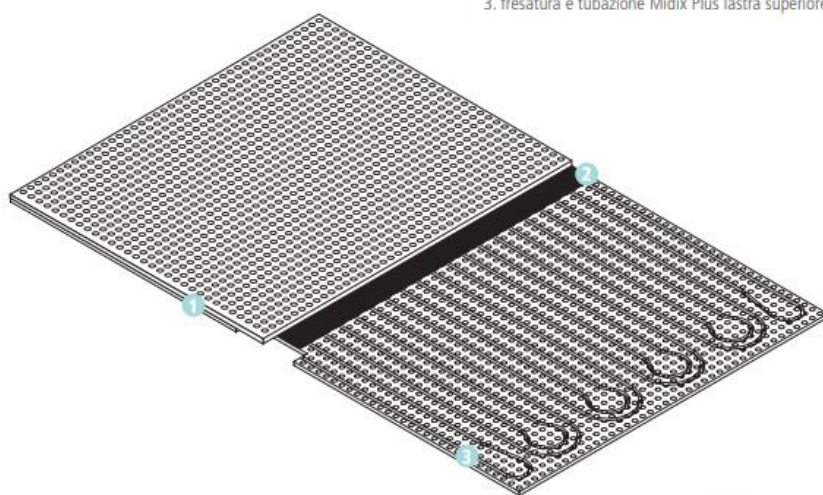
costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA: cmb COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti: Siram by VEOLIA	GELMINI IMPIANTI TECNOLOGICI	Coopservice
--	--	---	---------------------------

Poiché è necessario, soprattutto negli ambienti comuni quali la Hall di ingresso, la sala di attesa, l'area destinata alle attività CUP oppure del check-in o del bar far coesistere le necessità termiche con il comfort acustico, è necessario scegliere una soluzione che sia in grado di essere anche fonoassorbente.



1. due lastre fonoassorbenti accoppiate.
2. guaina.
3. fresatura e tubazione Midix Plus lastra superiore.



Vista del sistema dal basso.

Figura 25- tipologie di un controsoffitto radiante fonoassorbente

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

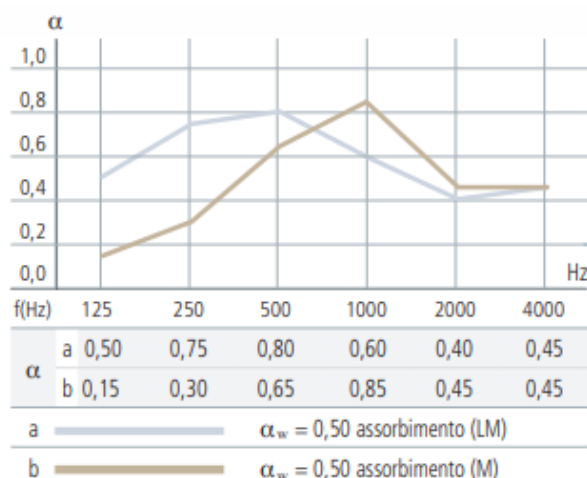
cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA**

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice



PRESTAZIONI ACUSTICHE

Grazie alla doppia lastra acustica in cartongesso, questo sistema coniuga i benefici del comfort climatico, di un impianto radiante a soffitto, all'elevato potere fonoassorbente che elimina tutti quei fastidiosi fenomeni di riverbero ambientale.

Valori di assorbimento acustico relativi alla singola lastra fonoassorbente (dati scheda tecnica Knauf).

Ribassamento: a = 200 mm | b = 60 mm

Figura 156- esempio di prestazioni acustiche di un controsoffitto radiante fonoassorbente. Si noti come a parità di materiali, esse cambino in base alla distanza tra il controsoffitto stesso ed il solaio.

Nella figura 23 si notano le prestazioni acustiche di un controsoffitto della ditta Eurotherm, qui inserito a solo titolo illustrativo del comportamento tipico di un elemento radiante fonoassorbente. Le prestazioni acustiche del pacchetto così composto dovranno essere approfondite nelle successive fasi progettuali, rapportandole alle dimensioni degli ambienti ed al tipo di finiture scelte. Per incrementare ulteriormente il fonoassorbimento del controsoffitto si può prevedere la posa di materiale poroso tra la parte superiore del controsoffitto e l'intradosso del solaio.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by VEOLIA

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice



1. Pannello in lana imbustato (non compreso)
2. Lastra in cartongesso fonoassorbente completa di tubazione MidiX Plus
3. Feltro acustico
4. Lastra in cartongesso fonoassorbente

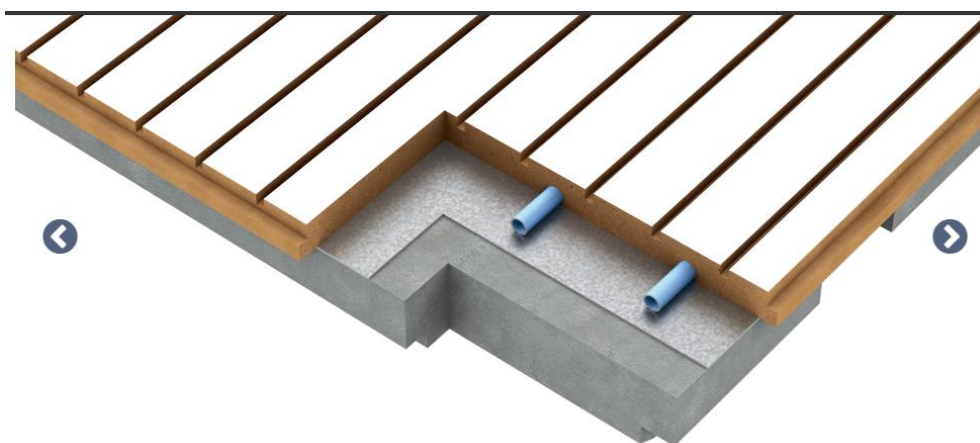


Figura 16- schemi illustrativi di combinazione tra materiale fonoassorbente e controsoffitto radiante.

In figura 24 si osservano due dettagli costruttivi realizzati dalle ditte Eurotherm e Fantoni group, il cui inserimento in relazione è funzionalizzato a rappresentare una soluzione costruttiva tipo, la cui scelta definitiva dovrà essere compiuta in una fase successiva.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by VEOLIA

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

Nei casi in cui non sia presente il sistema radiante, il controsoffitto dovrebbe comunque possedere un certo grado di fonoassorbimento, come quello mostrato in figura che, a solo titolo illustrativo, rappresenta lo schema del prodotto MASTER A della ditta Ecophon.

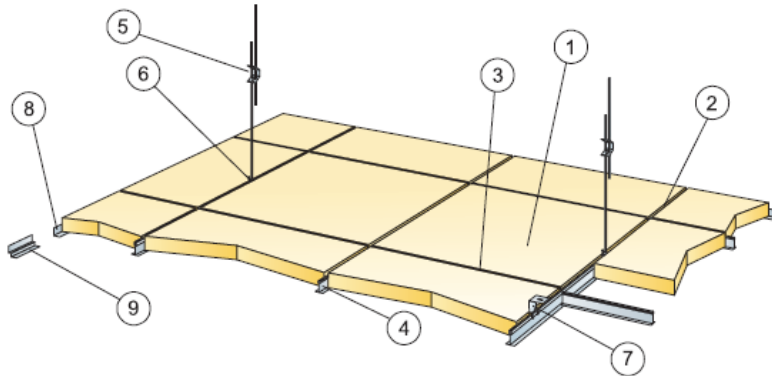


Figura 17 - Esempio Controsoffitto modulare ribassato

Alternativamente, il controllo della riverberazione potrebbe essere gestito tramite isole fonoassorbenti, che quindi verrebbero integrati al controsoffitto radiante, quali a titolo indicativo i prodotti SOLO della ditta Ecophon, o qualsiasi altro pannello utilizzabile in modo puntuale la cui scelta è rimandata ad una successiva fase. Si noti che in quest'ultimo caso, vista la tipologia di prodotto anziché riferirsi al valore α_w si caratterizza il materiale riportando l'area di assorbimento equivalente in m^2 Sabin.

V.1 RIFERIMENTI NORMATIVI E LINEE GUIDA NAZIONALI ED INTERNAZIONALI

Il tempo di riverbero degli ambienti è normato dai dispositivi di legge nazionale limitatamente agli edifici scolastici rispetto ai quali le principali normative sono:

- La Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 3150 del 22 maggio 1967;
- Il D.M. del 18/12/1975 riportante le "Norme tecniche aggiornate relative alla edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica", con particolare riferimento a quanto riportato a punto 5.1;
- D.P.C.M. 5/12/97 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici".

Oltre ai provvedimenti normativi di cui sopra si richiamano inoltre:

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.M.A. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA	con la collaborazione specialistica di: AIRIS INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
---	--

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA: cmb COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti: Siram by VEOLIA	GELMINI IMPIANTI TECNOLOGICI	Coopservice
--	---	--	--------------------

- Accordo tra il Ministro della Salute, le Regioni e le Province Autonome di Trento e di Bolzano relativo agli aspetti igienicosanitari per la costruzione, la manutenzione e la vigilanza della piscine ad uso natatorio - Repertorio Atti n. 1605 del 16 gennaio 2003 CONFERENZA STATO REGIONI SEDUTA DEL 16 gennaio 2003
- Norma UNI 11367:2010 Acustica edilizia - Classificazione acustica delle unità immobiliari
- Norma UNI 11532:2014 Acustica edilizia – Caratteristiche acustiche di ambienti confinati

In particolare il DPCM 5/12/1997 richiama, in toto, la circolare del maggio 1967, la quale prescrive che, per le aule arredate ed in presenza al massimo di due persone, il tempo di riverbero (Tr_{60}) mediato alle frequenze centrali di 250–500–1000–2000 Hz, risulti inferiore a 1,2 s per le aule e 2,2 s per le palestre. Decisamente più complesse le modalità di calcolo e verifica di cui al DM del 18/12/1975 nel quale il tempo di riverbero varia in funzione del Volume dell'ambiente considerato e i cui limiti devono essere verificati frequenza per frequenza e non per singolo numero.

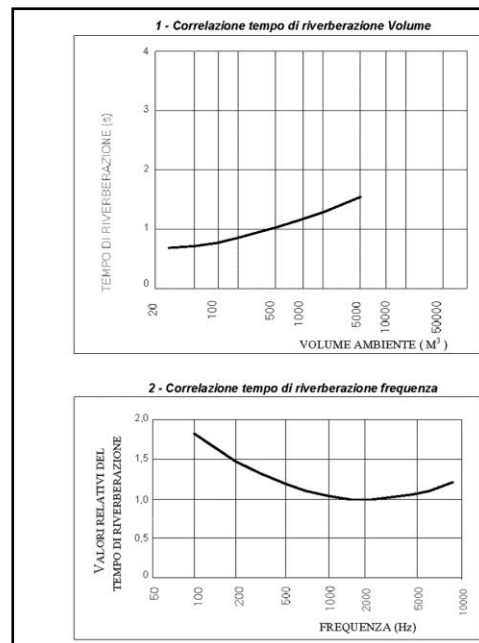


Fig. 29 - Correlazione tempo di riverberazione frequenza DM 18/12/1975

Pertanto i valori limite di legge per la normativa italiana attuale sono i seguenti.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA**

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

	Aule	Palestre
Circolare Min. LL.PP. 22 maggio 1967	$\leq 1,2$ s	$\leq 2,2$ s
DM 18/12/197	Variabile in funzione di Volume e frequenza	

Tabella. 13 - Valori ottimali del tempo di riverberazione secondo la Normativa Italiana

Nell' Accordo tra il Ministro della Salute, le Regioni e le Provincie Autonome di Trento e di Bolzano relativo agli aspetti igienicosanitari per la costruzione, la manutenzione e la vigilanza della piscine ad uso natatorio al punto 1.8 REQUISITI ACUSTICI in modo assolutamente non correlato con i provvedimenti legislativi precedenti si stabilisce che *Nella sezione delle attività natatorie e di balneazione delle piscine coperte, il tempo di riverberazione non dovrà in nessun punto essere superiore a 1,6 sec, I requisiti acustici passivi ed il rumore generato dall'attività devono far riferimento alla normativa vigente in materia. Il livello di rumore, generato dagli impianti e da altre sorgenti installate, non deve superare il limite di 50 dBA, commisurato come livello massimo ambientale.*

La norma UNI sulla classificazione Acustica degli edifici (UNI 11367:2010) ha affrontato il tema in oggetto in una specifica appendice. L'Appendice C riguarda la valutazione del tempo di riverberazione. La norma precisa che all'interno di ambienti dove l'intelligibilità del parlato riveste un importanza fondamentale (aule scolastiche, ambienti espositivi, sale da conferenza, mense, ecc) e dove il controllo dell'assorbimento acustico risulta essere critico (palestre, piscine, ambienti per lo sport in genere) deve essere calcolato il tempo di riverberazione ottimale Tott, dato dalle seguenti relazioni:

- $T_{ott} = 0,32 \lg(V) + 0,03$ [s] (ambiente non occupato adibito al parlato)
- $T_{ott} = 1,27 \lg(V) - 2,49$ [s] (ambiente non occupato adibito ad attività sportive)

Dove: V è il volume dell'ambiente [m³].

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.M.A. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA	con la collaborazione specialistica di:  AIRIS INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
---	---

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:  cmb COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti:  Siram by VEOLIA	 GELMINI IMPIANTI TECNOLOGICI	 Coopservice
---	---	--	---

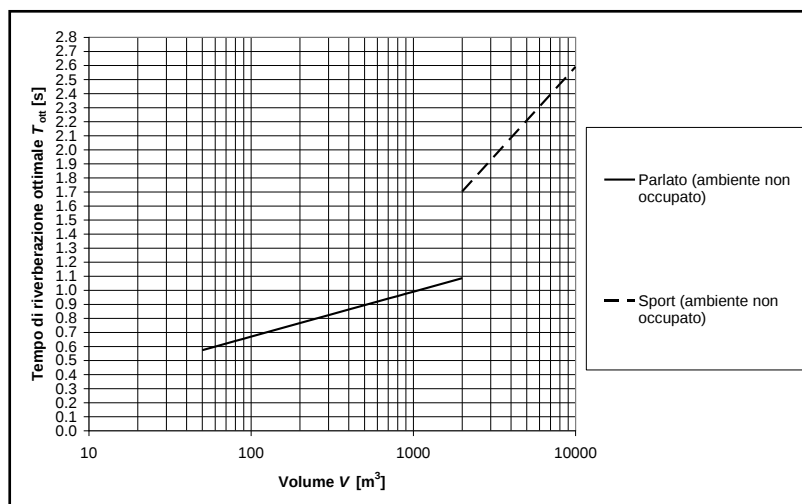


Fig. 30 - Valori ottimali del tempo di riverberazione medio tra 500 Hz e 1000 Hz, T_{ott} , in ambienti adibiti al parlato e ad attività sportiva (da Appendice C Norma UNI 11367 - Classificazione acustica degli edifici)

Le caratteristiche interne di un ambiente possono essere descritte anche attraverso i parametri Indice di Chiarezza C_{50} e Speech Transmission Index (STI), rispettando i seguenti criteri:

	C_{50} dB	STI dB
Ambienti adibiti al parlato	≥ 0	$\geq 0,56$
Ambienti adibiti ad attività sportive	≥ -2	$\geq 0,50$

Con la procedura descritta la Norma UNI attua una semplificazione rispetto al DM 18/12/1975 pur tuttavia introducendo delle modalità di valutazione più articolate rispetto alla circolare del 1967 (tempo ottimale variabile in funzione dell'uso e del volume dell'ambiente e valutazione semplificata rispetto al tempo di riverbero) riallineandosi con ciò alle linee guida presenti a livello internazionale.

Il valore di 0.4 secondi deve essere considerato come limite invalicabile per non avere un ambiente in cui la diffusione del suono sia eccessivamente poco riverberante, in cui cioè si hanno suoni ovattati e anecoici con conseguente difficoltà di percezione degli stessi e sovraccarico del sistema neurosensoriale, che può indurre disorientamento, nausea, panico, etc.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA**

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

Infine vale la pena richiamare con più attenzione la norma tedesca DIN 18041 – 2004 “Udibilità nei locali da piccoli a medi” anche se in essa non si fa specifico riferimento ai locali destinati a refettorio.

La norma suddivide gli ambienti in due gruppi A e B:

- Gruppo A Udibilità da media e grande distanza;
- Gruppo B Udibilità da breve distanza;

Appartengono al gruppo A gli ambienti destinati all’insegnamento ad eccezione delle sale destinate alla musica e gli ambienti sportivi destinati ad accogliere un singolo gruppo (sport 1) oppure più gruppi contemporaneamente (sport 2) che svolgono attività didattica parallela, ma sempre in assenza di pubblico. La norma definisce un tempo di riverbero ottimale espresso in secondi, quale valore medio in bande d’ottava tra 500 Hz e 1000 Hz, in relazione al volume dell’ambiente oggetto della verifica che deve essere assicurato con adeguata progettazione acustica del locale.

- Musica: $T_{ott} = [0,45 \lg(V) + 0,07]$ sec
- Parlato: $T_{ott} = [0,37 \lg(V) - 0,14]$ sec
- Insegnamento: $T_{ott} = [0,32 \lg(V) - 0,17]$ sec

I tempi di riverbero nominali T_{ott} valgono per locali occupati (arredamento + persone). Per locali vuoti il tempo di riverbero non dovrebbe essere di oltre 0,2 s superiore al valore nominale. Per palazzetti dello sport e piscine coperte con $2000 \text{ m}^3 \leq V \leq 8500 \text{ m}^3$ le correlazioni sono le seguenti:

- Sport 1: $T_{ott} = [1,27 \lg(V) - 2,49]$ sec

Palazzetti dello sport o piscine coperte, senza pubblico, con utilizzo normale e/o attività d’insegnamento singola (una classe o un gruppo sportivo, con contenuto di comunicazione omogeneo).

- Sport 2: $T_{ott} = [0,95 \cdot \lg(V) - 1,74]$ sec

Palazzetti dello sport o piscine coperte, senza pubblico, per attività d’insegnamento multiple (più classi o gruppi sportivi, con contenuti di comunicazione differenziati).

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.M.A. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA	con la collaborazione specialistica di:  INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
---	---

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:  COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti:  by VEOLIA	 IMPIANTI TECNOLOGICI	
---	---	--	---

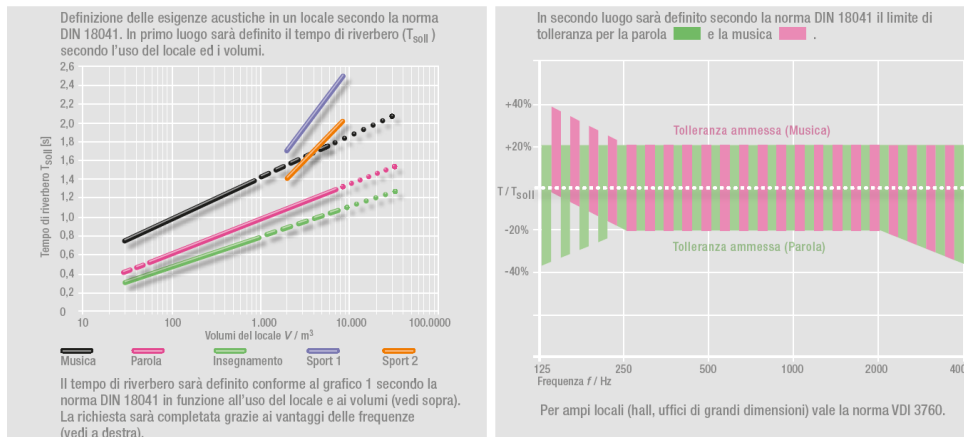


Figura 31 - Valore ottimale $[T_{ott}]$ del tempo di riverberazione medio tra 500 Hz e 1000 Hz ad ambiente occupato in spazi per la didattica, e fascia di tolleranza consigliata in dipendenza della frequenza, secondo norma DIN 18041.

V.2 CONTROLLO DEL TEMPO DI RIVERBERAZIONE ALL'INTERNO DEGLI AMBIENTI COMUNI

La riduzione del tempo di riverberazione all'interno degli ambienti comuni quali la Hall di ingresso, la sala di attesa, l'area destinata alle attività CUP oppure del check-in o del bar può essere ottenuta inserendo controsoffitti fonoassorbenti oppure elementi puntuali. Alcune specifiche e descrizioni di entrambi sono contenute nel paragrafo precedente.

Si mostra un esempio di calcolo effettuato per l'area bar, CUP, check-in, in cui è stato simulato l'effetto di un controsoffitto fonoassorbente.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management
T.H.E.M.A.
PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCIANTI DI CARPI

mandanti:

Siram
by VEOLIA

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice



Sul mercato sono presenti numerosi prodotti che possano sopperire a questa necessità, quali ad esempio il tipo Focus della ditta Ecophon, le cui caratteristiche acustiche, con intercapedine di 20 cm, sono riportate nella tabella seguente. Si consiglia di valutare nella scelta del prodotto sia il fattore estetico, che il tipo di integrazione con i corpi radianti che verranno utilizzati.

In base alla geometria della stanza, è possibile stimare il tempo di riverberazione ottimale

$$T_{\text{ottimale}} = 0,32 \lg(V) + 0,03 = 1,06 \text{ s}$$

$$\text{Volume} = 1650 \text{ m}^3$$

Simulando l'incidenza del controsoffitto radiante fonoassorbente, i cui coefficienti di assorbimento tipo, assieme a quelli dei materiali più comuni negli ambienti interni, sono mostrati nella tabella 14,

elemento	α assorbimento						superficie m ²
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	
Controsoffitto radiante	0.50	0.75	0.80	0.60	0.40	0.45	524.0
Intonaco su muratura	0.013	0.015	0.02	0.03	0.04	0.05	157.5

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by VEOLIA

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

RELAZIONE SUI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI

PF.ETS.LO.SP.RE.053

Intonaco su cartongesso	0.2	0.12	0.1	0.07	0.07	0.07	353.0
pavimento PVC	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06	524.0

Tabella 12 - stima del coefficiente di assorbimento ed area, dei materiali di progetto nell'area bar-cup-check-in

Si prevede il tempo di riverberazione, come illustrato in tabella 15.

Tempo di riverberazione	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
T₆₀	0.76	0.58	0.55	0.71	0.99	0.88

Tabella 13 - previsione del tempo di riverberazione, determinata mediante la teoria classica Sabiniana, nell'area bar-cup-check-in

Si specifica che questa analisi è stata condotta adottando coefficienti tipici dei materiali riscontrabili negli ambienti interni e sfruttando la teoria classica Sabiniana. Esistono quindi variabili che devono essere approfondite in successive fasi progettuali, quali la scelta delle finiture e in particolar modo del controsoffitto che, a seconda di fattori quali la distanza di montaggio dal solaio, tipologia di materiale fonoassorbente, percentuale di foratura nel pannello, poiché si rivelano determinanti nel controllo della riverberazione.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:


AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:


cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

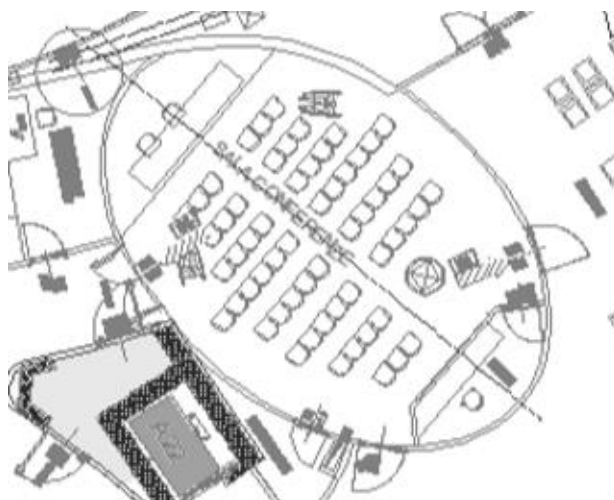
mandanti:


Siram
by VEOLIA


GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI


Coopservice

V.3 PRESCRIZIONI RELATIVE ALLE MODALITÀ ESECUTIVE DI POSA IN OPERA



La sala conferenze possiede un volume pari a circa 250 m³ e applicando le citate formule previsionali, si stima che il tempo di riverberazione ottimale risulti essere

$$T_{\text{ottimale}} = 0,32 \log V + 0,03 = 0,80 \text{ s}$$

Considerando uno scarto di 0,2 s a partire dal valore ottimale, il valore del tempo di riverberazione sulle cinque bande di ottava di riferimento risulta essere:

Sala conferenze	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
T_{ottimale}	1.0 s	1.0 s	0.8 s	0.8 s	1.0 s	1.0 s

Attualmente, invece, il tempo di riverberazione stimato è descritto dalla seguente tabella.

Sala conferenze	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
T_{attuale}	7.5 s	7.2 s	6.41 s	4.75 s	4.03 s	3.38 s

Per avvicinare il parametro al valore ottimale è necessario modificare le condizioni al contorno dell'ambiente, ovvero inserire dei materiali porosi che possano assorbire le onde sonore.

In via previsionale si stima che sia necessario introdurre 50 m² di pannelli fonoassorbenti nella sala, possibilmente lungo le pareti laterali e sul fondo. Nella tabella seguente sono elencati i valori tipici di assorbimento di pannelli fonoassorbenti, in questo caso si sono assunti dal modello tipo akusto wall prodotti dalla ditta Ecophon, e dei materiali di maggiore utilizzo per una simile tipologia di ambiente.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS

INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb

COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram

by **VEOLIA**

GELMINI

IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

elemento	α assorbimento						superficie
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	m ²
pannelli fonoassorbenti	0.25	0.8	0.95	1.0	1.0	1.0	50
intonaco	0.013	0.015	0.02	0.03	0.04	0.05	129.5
vetro	0.12	0.08	0.05	0.04	0.03	0.02	4.5
legno	0.14	0.1	0.06	0.08	0.1	0.1	12.6
pavimento PVC	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06	67

Tabella 16 - stima del coefficiente di assorbimento ed area, dei materiali di progetto nella sala conferenze

Tempo di riverberazione	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
T₆₀	1.63 s	0.82 s	0.73 s	0.77 s	0.68 s	0.68 s

Tabella 17 - previsione del tempo di riverberazione, determinata mediante la teoria classica Sabiniana, a seguito dell'inserimento dei pannelli fonoassorbenti

Si specifica che la sola introduzione di elementi fonoassorbenti non è sufficiente ad evitare il fenomeno di focalizzazione acustica delle onde emesse dalla sorgente, che avviene in alcuni punti del volume per via della forma ellittica della sala. La conseguenza di questo meccanismo si può riassumere in bassa qualità acustica, ovvero scarsa intelligibilità del parlato. Per rimediare a questa situazione è necessario intervenire sulla geometria delle pareti laterali, cercando di realizzare delle dentature che devino il più possibile le riflessioni delle onde. Tale aspetto non è di immediata analisi e necessita di un specifico approfondimento in fase esecutiva.

VI RUMORE PRODOTTO DAGLI IMPIANTI TECNOLOGICI

Le pagine che seguono hanno lo scopo di fornire un quadro delle tecniche utilizzabili in tema di bonifica acustica di macchine, attrezzature e impianti, sulla base di una metodologia che, come previsto dalla tecnica e richiesto dalla legge, deve privilegiare gli interventi sulle sorgenti sonore, valutando poi gli interventi possibili per ridurre trasmissione e propagazione del rumore ed infine considerare gli interventi a protezione degli utenti:

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by VEOLIA

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

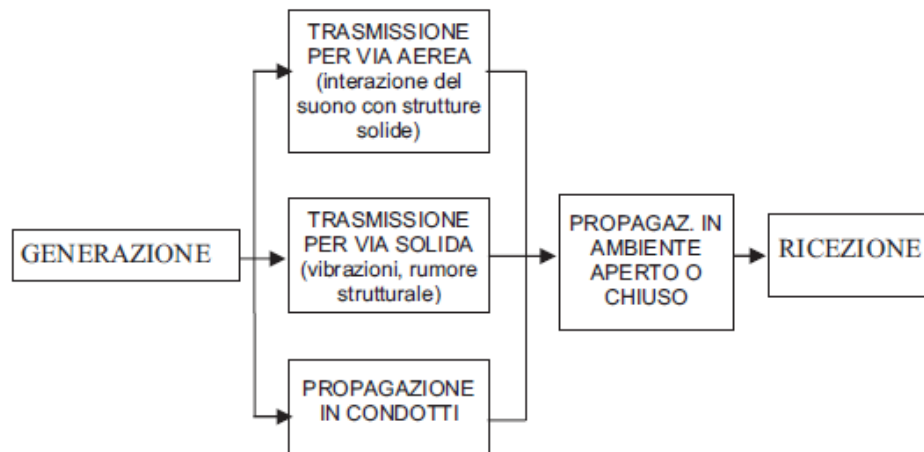


Figura 32 - Schema generale della emissione ed immissione acustica.

Per questo motivo il controllo del rumore prodotto dalle apparecchiature tecnologiche spetta in primo luogo al tecnico impiantista che deve orientare la scelta verso le tecnologie migliori e l'impiego di prodotti forniti di adeguata certificazione rispetto alla rumorosità prodotta ed inoltre progettare l'impianto in modo che sia il più efficiente possibile in quanto sistemi sovradimensionati e/o sottoutilizzati possono produrre livelli sonori superiori (GENERAZIONE).

Le possibili tecniche di controllo sulla trasmissione del rumore sono schematizzate nell'immagine seguente.



Figura 33 - Tecniche di controllo della trasmissione sonora.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA**

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

Anche la scelta degli elementi smorzanti dovrà essere fatta in primo luogo con il fornitore della macchina, in funzione delle caratteristiche della stessa e della sua ubicazione (TRASMISSIONE PER VIA SOLIDA).

Per concludere la descrizione delle misure attuate e attuabili per la riduzione del rumore prodotto dagli impianti meccanici ed elettrici, si riportano delle linee guida da adottare nella fase di progettazione esecutiva di impianti.

- Progettare il sistema di distribuzione dell'aria in modo da contenere il più possibile la caduta di pressione e la velocità. Infatti per i ventilatori, indipendentemente dal tipo, il rumore generato aumenta con il quadrato della pressione statica di targa.
- Scegliere il tipo di ventilatore che presenta un valore di livello della potenza sonora di riferimento più basso.
- Evitare ventilatori con basso numero di pale in quanto diventa critica la generazione di rumore tonale.
- Verificare che il ventilatore operi intorno al punto di efficienza massima.
- Posizionare le macchine a distanza dalle pareti della centrale.
- Evitare che le bocche non intubate di ingresso e/o uscita delle macchine siano posizionate in prossimità di pareti
- Prevedere l'uso di sospensioni elastiche appropriate per isolare la macchina e ridurre la propagazione di vibrazioni.
- I condotti devono essere collegati alle macchine mediante raccordi flessibili (minore trasmissione strutturale) possibilmente non corrugati.
- I raccordi tra i condotti di ingresso e di uscita con le macchine devono essere gradualizzati (minore turbolenza).
- Filtri, curve, raccordi non devono essere posizionati nel sistema ad una distanza inferiore a 3 diametri equivalenti dal ventilatore/UTA.

Per quanto attiene i condotti inoltre occorre:

- Se possibile prevedere condotti trattati internamente con materiali o sistemi fonoassorbenti.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management

T.H.E.M.A.

PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA

con la collaborazione specialistica di:

AIRIS
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:

cmb
COOPERATIVA MURATORI
E BRACCianti DI CARPI

mandanti:

Siram
by **VEOLIA**

GELMINI
IMPIANTI TECNOLOGICI

Coopservice

- È preferibile, a parità di portata, prevedere più canali in parallelo (maggiore area interna fonoassorbente).
- Limitare le cause di turbolenza per limitare la conseguente generazione di rumore aerodinamico (variazioni brusche di sezione, curve e diramazioni a 90°, assenza di alette deviatrici, velocità dell'aria eccessive, serrande ed altro).
- Controllare i fenomeni del break-out e del break-in rivestendo i canali con sistemi fonoisolanti.
- Evitare collegamenti rigidi dei canali alle strutture portanti.

Per la presenza di eventuali Plenum:

- Trattare i plenum di derivazione internamente con idonei materiali o sistemi fonoassorbenti.
- Non posizionare le bocche di ingresso e di uscita del plenum contrapposte in linea.

Per gli eventuali silenziatori:

- Posizionare i filtri lungo le canalizzazioni in modo da ottenere la massima attenuazione ed evitando fenomeni di break-in a valle.
- Evitare filtri con forti perdite di carico (richiedono ventilatori più rumorosi).
- Posizionare i filtri a distanza da curve, diramazioni (minore area libera del filtro risulterebbe interessata dal passaggio dell'aria e la velocità aumenterebbe).
- Evitare che in prossimità del filtro aumenti la velocità dell'aria (maggiore generazione di rumore).

Infine per i diffusori:

- Scegliere diffusori compatibili che presentano bassi valori di generazione del rumore.
- Evitare che il tratto di collegamento tra il canale principale ed il diffusore non sia in asse con il diffusore stesso.

Progettisti

Highlevel Team Engineering and Management T.H.E.MA. PROGETTAZIONE E SERVIZI DI INGEGNERIA	con la collaborazione specialistica di:  AIRIS INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
--	---

costituendo Raggruppamento Temporaneo di Imprese

MANDATARIA:  cmb COOPERATIVA MURATORI E BRACCianti DI CARPI	mandanti:  Siram by  VEOLIA	 GELMINI IMPIANTI TECNOLOGICI	 Coopservice
---	--	--	---