

CORSO TIROCINANTI - 2015



GEOMETRI : FRUGOLI WALTER, MARTINI TIZIANO, PALADINI ANDREA, PAOLI LAMBERTO, PARDINI NICOLA

# ACUSTICA in EDILIZIA

-

## Legislazione e norme tecniche



DPCM 5-12-1997

**Determinazione dei  
requisiti acustici  
passivi degli edifici**



# Introduzione

Gli edifici di nuova costruzione devono essere caratterizzati da specifiche prestazioni di isolamento ai rumori. I limiti da rispettare sono indicati nel Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 5 dicembre 1997 “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici” (Gazzetta Ufficiale - Serie generale n. 297) e riguardano:

- Isolamento dai rumori aerei tra differenti unita immobiliari
- Isolamento dai rumori provenienti dall'esterno (isolamento di facciata)
- Isolamento dai rumori da calpestio
- Isolamento dai rumori degli impianti a funzionamento continuo e discontinuo
- Tempo di riverberazione di aule scolastiche e palestre

Per ogni tipologia di rumore il DPCM indica:

- il **descrittore** da utilizzare
- i valori limite **da rispettare in opera**, a fine lavori, in funzione della destinazione d'uso dell'immobile.



### ***Analisi del DPCM /12/1997:***

Il Decreto è stato emanato per “ *fissare criteri e metodologie per il contenimento dell' inquinamento da rumore all' interno degli ambienti abitativi* ” con il fine di ridurre l'esposizione umana al rumore.

### ***Campo di applicazione:***

Il DPCM 5/12/1997 è un decreto attuativo dell'art. 3 comma 1 lettera e) della legge 447 del 1995 (Legge quadro sull'inquinamento acustico) e riguarda la determinazione di:

- requisiti acustici di sorgenti sonore **interne** agli edifici
- requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti **in opera**

Il Decreto non riguarda sorgenti sonore quali strade, ferrovie, aeroporti, ecc. Per tali sorgenti sono stati emanati altri decreti attuativi della Legge 447.



### ***Componenti degli edifici:***

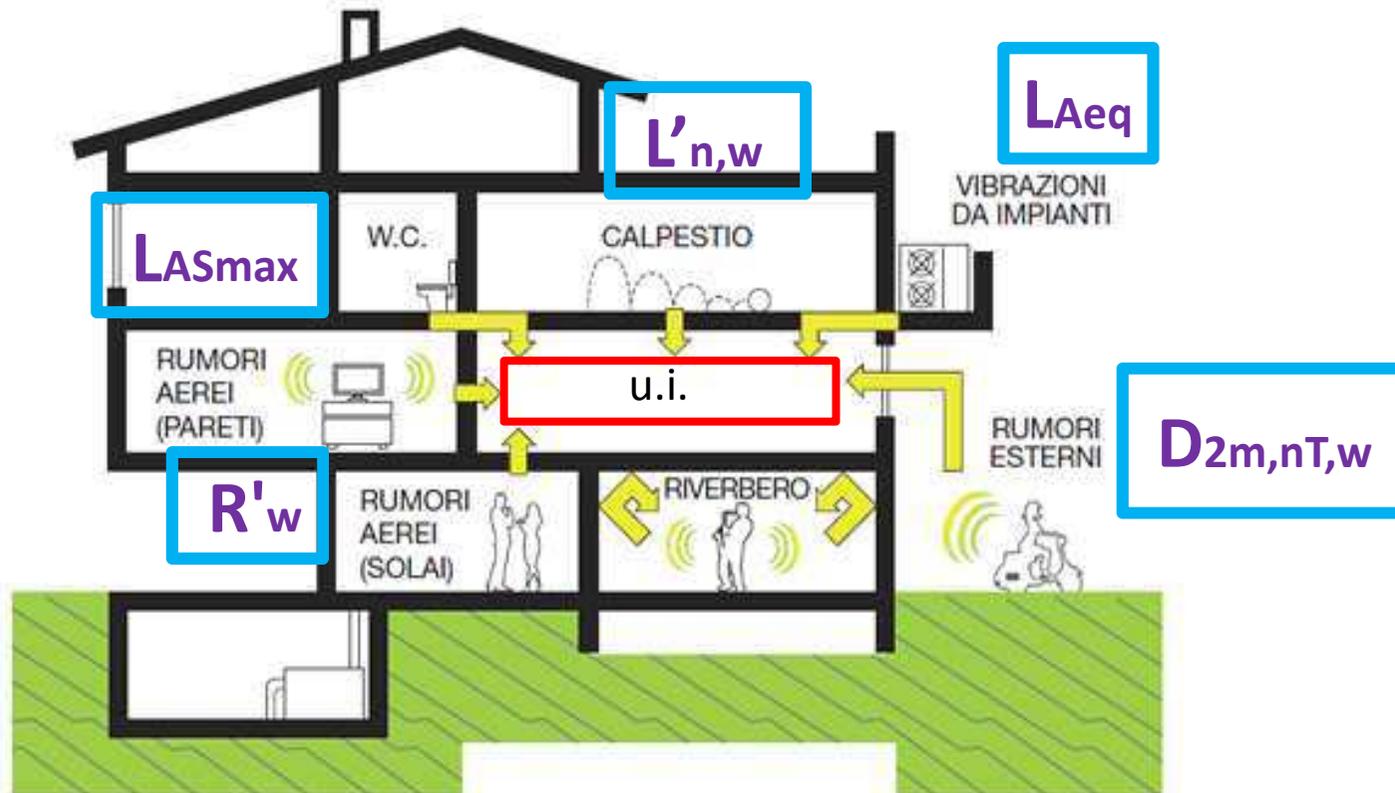
Il Decreto definisce limiti per i requisiti acustici passivi dei componenti degli edifici. Sono considerati componenti degli edifici le partizioni verticali (pareti) e le partizioni orizzontali (solai).

### ***Ambienti abitativi:***

Il Decreto è stato emanato per contenere l'inquinamento da rumore all'interno degli ambienti abitativi. Secondo l'Art.2 comma 1 lettera b) della L. 447/1995, ambiente abitativo: *“ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzato per le diverse attività umane, fatta eccezione per gli ambienti destinati ad attività produttive per i quali resta ferma la disciplina di cui al D.Lgs. 15 agosto 1991, n. 277, salvo per quanto concerne l'immissione di rumore da sorgenti sonore esterne ai locali in cui si svolgono le attività produttive”*.



# Descrittori



# Descrittori

## **Potere Fonoisolante apparente: $R'_w$**

La capacità di una partizione realizzata in opera di limitare il passaggio di rumori aerei (voci, TV, radio, ecc.) è definita dal descrittore *indice di potere fonoisolante apparente* ( $R'_w$ ). Il parametro indica in sostanza “quanti dB è in grado di eliminare la partizione”. Pertanto più il valore di  $R'_w$  è alto, migliore è la prestazione di isolamento.

## **Isolamento acustico di facciata: $D_{2m,n,Tw}$**

L'*indice di isolamento acustico di facciata* ( $D_{2m,n,Tw}$ ) caratterizza la capacità di partizione di abbattere i rumori aerei provenienti dall'esterno. Anche in questo caso il parametro indica in sostanza “quanti dB” e in grado di eliminare la facciata. Alti valori di  $D_{2m,n,Tw}$  indicano migliori prestazioni di isolamento.



## **Livello rumore di calpestio di solai normalizzato: $L'_{nw}$**

L'indice di livello di rumore di calpestio ( $L'_{nw}$ ) caratterizza la capacità di un solaio di abbattere i rumori impattivi. Si valuta azionando una macchina per il calpestio sul solaio da analizzare e misurando il livello di rumore percepito nell'ambiente disturbato (in genere l'ambiente sottostante). Di conseguenza più basso e il livello di rumore misurato migliori sono le prestazioni di isolamento del solaio.

## **Livello di rumore degli impianti a funzionamento discontinuo: $L_{ASmax}$**

Il livello di rumore di impianti a funzionamento discontinuo è caratterizzato dal descrittore *livello massimo di pressione sonora ponderata A misurata con costante di tempo slow* ( $L_{ASmax}$ ). Si valuta in sostanza misurando il “picco massimo” di rumore emesso da un impianto. Il DPCM considera impianti a funzionamento discontinuo: ascensori, scarichi idraulici, bagni, servizi igienici e rubinetteria.



## **Livello di rumore degli impianti a funzionamento continuo: $L_{Aeq}$**

Il livello di rumore di impianti a funzionamento continuo è definito dal descrittore *livello equivalente di pressione sonora ponderata A* ( $L_{Aeq}$ ). Si valuta misurando il “livello costante” di rumore emesso dall’impianto. Il DPCM considera impianti a funzionamento continuo gli impianti di riscaldamento, aerazione e condizionamento.

## **Tempo di riverberazione: $T_{60}$**

Il *tempo di riverberazione* ( $T_{60}$ ) è il tempo necessario perché un suono decada di 60 dB all’interno di un locale. Il parametro varia con la frequenza considerata.



# Limiti di legge

Destinazione d'uso	Indice del potere fonoisolante apparente $R'_w$	Indice dell'isolamento acustico delle facciate $D_{2mnTw}$	Indice del livello di rumore da calpestio dei solai $L'_{nw}$	Liv. max di rumore impianti a funzionamento discontinuo $L_{As\ max}$	Liv. max di rumore impianti a funzionamento continuo $L_{A\ eq}$
Ospedali, cliniche, case di cura	55	45	58	35	25
<b>Residenze, alberghi, pensioni</b>	50	40	63	35	35
Scuole a tutti i livelli	50	48	58	35	25
Uffici, attività ricreative o di culto, attività commerciali	50	42	55	35	35



## Tempo di riverberazione (T60)

Il DPCM richiama quanto riportato nella Circ. Min. LL. PP. n. 3150 del 22/05/1967 “Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici”: *“La media dei tempi di riverberazione **misurati** alle frequenze 250 - 500 - 1000 - 2000 Hz, non deve superare **1,2 sec.** ad aula arredata, con la presenza di due persone al massimo. Nelle palestre la media dei tempi di riverberazione (qualora non debbano essere utilizzate come auditorio) non deve superare 2,2 sec”*

**Norme locali:** Regolamenti edilizi o leggi regionali possono imporre valori più restrittivi.

**Entrata in vigore:** Il Decreto è entrato in vigore il giorno 20 febbraio 1998, dopo 60 giorni dalla pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale (22 dicembre 1997). Per gli edifici realizzati precedentemente a tale data vanno applicate eventuali prescrizioni riportate all'interno di normative locali (Regolamenti edilizi, ecc.). Rientrano nell'applicazione del Decreto tutti gli edifici per i quali sia stata rilasciata Concessione Edilizia (o altra autorizzazione prevista) dopo il 20 febbraio 1998 (cfr. Circ. Min. Ambiente del 9 marzo 1999)



# Considerazioni sui descrittori

I limiti di **R'w** sono valori **minimi** consentiti e riguardano solo “**elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari**”. Pertanto non vi sono specifiche prescrizioni per le pareti tra aule scolastiche, camere d'albergo, camere d'ospedale, uffici o per le pareti tra appartamento e vano scala comune.

I limiti **D2m,nT,w** sono valori **minimi** consentiti, riguardano i singoli **ambienti abitativi** (non l'intera facciata della U.I.) e non dipendono dal rumore esterno all'edificio (qualsiasi residenza in Italia deve possedere un isolamento di facciata pari almeno a 40 dB). Nel caso l'immobile venga edificato in prossimità di opere rumorose la L.447/1995 richiede di realizzare una valutazione di “clima acustico” dell'area. Tale valutazione ha lo scopo di analizzare i livelli di rumore ambientale e, se necessario, prescrivere adeguati interventi di mitigazione dei rumori quali, ad esempio, isolamenti di facciata superiori ai limiti definiti nel DPCM. Per definire l'entità dell'isolamento possono essere utilizzate le prescrizioni riportate negli artt. 4 e 5 del DPR 18/11/1998, n. 459 (traffico ferroviario) e l'art. 6 del DPR 30/03/2004, n. 142 (traffico veicolare) che indicano i seguenti valori massimi di livello sonoro da misurarsi a centro della stanza, a finestre chiuse, all'altezza di 1,5 metri dal pavimento.:

- 35 dB(A) Leq notturno (ospedali, case di cura e di riposo)
- 40 dB(A) Leq notturno (tutti gli altri ricettori)
- 45 dB(A) Leq diurno (scuole)

Altre indicazioni sui livelli di rumori accettabili all'interno di ambienti abitativi sono riportati nella norma tecnica UNI 8199



I limiti di  $L'_{nw}$  sono valori **massimi** consentiti. Il DPCM non chiarisce se la prescrizione è riferita ai solai “a soffitto” o ai solai “a pavimento” degli ambienti abitativi esaminati. Pertanto in caso di edifici a destinazione d’uso mista (ad esempio uffici a piano terra e residenze a piano primo) non è chiaro quali limiti si debbano applicare. Si suggerisce di adottare sempre i valori più restrittivi. Si segnala però che ragionevolmente i limiti del DPCM possono avere senso solo se si considera il solaio “a pavimento” dell’ambiente in esame. Ad esempio è ragionevole che il “pavimento” di un ambiente destinato ad uffici ( $L'_{nw}=55$  dB) debba avere un limite di calpestio più restrittivo del “pavimento” di un ambiente destinato a residenza ( $L'_{nw}=63$  dB) (in un ufficio le persone “camminano di più” che in una residenza...).

Il Decreto non specifica che la macchina da calpestio debba essere posizionata in una unità immobiliare differente rispetto a quella dell’ambiente disturbato. Pertanto è possibile eseguire rilevazioni di calpestio anche all’interno della medesima unità immobiliare. La prescrizione è più che ragionevole se si considerano scuole, ospedali, alberghi o uffici. D’altro canto si segnala che realizzare misure di livello di calpestio tra stanze di una unità immobiliare residenziale può risultare, in alcuni casi, particolarmente complicato. Gli ambienti infatti possono essere tra loro collegati da vani scale o altri “ponti acustici”.

Il Decreto non specifica che la sorgente di calpestio debba essere posizionata nell’ambiente soprastante all’ambiente di misura. E quindi è possibile realizzare anche rilevazioni tra stanze adiacenti sullo stesso piano o ambienti sfalsati.

Non vi sono specifiche indicazioni nel Decreto in merito al calpestio proveniente dalle scale comuni.



I limiti di **L<sub>A</sub>max** e **L<sub>A</sub>eq** sono valori **massimi** consentiti, il disturbo deve essere misurato **in ambienti diversi da quello in cui il rumore si origina** ed è possibile eseguire rilievi anche all'interno della medesima unità immobiliare. Anche in questo caso quest'ultima indicazione è più che ragionevole se si considerano scuole, ospedali, alberghi o uffici, ma più difficile da realizzare per due ambienti interni a una residenza.

Si evidenzia che anche la misura su impianti a funzionamento continuo deve essere eseguita in ambienti diversi da quello in cui il rumore si origina. Pertanto, ad esempio, il rumore di un fan-coil a servizio di una camera d'albergo deve essere misurato nella camera adiacente.

I limiti di rumore degli impianti a funzionamento continuo non sono chiari. Poco sopra alla tabella il DPCM indica che il livello **L<sub>A</sub>eq** degli impianti a funzionamento continuo non deve superare 25 dB(A) indipendentemente dalla destinazione d'uso degli ambienti considerati. In merito a quali valori vadano applicati sono stati espressi pareri discordanti su due circolari ministeriali:

- Il Ministero dell'Ambiente in una circolare del 9/03/1999 sembra far riferimento ai valori riportati nel paragrafo suddetto.
- Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici in una circolare del 27/05/2003 fa riferimento ai valori riportati in tabella.



# Dettagli tecnici dei materiali



Sistema	Rigidità dinamica	$\Delta Lw$	$L_{nw}$ solaio isolato (K=3 dB)	$\Delta R_w$
<b>A</b> FONOSTOP DUO	21 MN/m <sup>3</sup>	28,0 dB	53 dB	7,63 dB
<b>B</b> FONOSTOP DUO+FONOSTOP DUO	11 MN/m <sup>3</sup>	32,0 dB	48 dB	10,63 dB
<b>C</b> FONOSTOP TRIO+FONOSTOP DUO	9 MN/m <sup>3</sup>	33,5 dB	47 dB	10,63 dB

## Prestazioni fonoisolanti delle 5 configurazioni di sistema disponibili

N°	Configurazioni MAPESILENT	$m'_{\text{solai}}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$L_{n,w,eq}$ (dB)	$m'_{\text{mass+pav}}$ (kg/m <sup>2</sup> )	S'	$f_0$ (Hz)	$\Delta L_w$ (dB)	K (dB)	$L'_{n,w}$ (dB)
1	MAPESILENT ROLL in monostrato	300	77,3	120	47	100,1	24,0	2	55,3
2	MAPESILENT ROLL in doppio strato				23,5	70,8	28,5		50,8
3	MAPESILENT PANEL in monostrato				21	66,9	29,2		50,1
4	MAPESILENT ROLL + MAPESILENT PANEL				14,5	55,6	31,6		47,7
5	MAPESILENT PANEL in doppio strato				10,5	47,3	33,7		45,6

$m'_{\text{solai}}$  = massa superficiale solaio + massetto alleggerito

$L_{n,w,eq}$  = livello di pressione sonora da calpestio del solaio, secondo UNI TR 11175

$m'_{\text{mass+pav}}$  = massa superficiale massetto + pavimentazione

S' = rigidità dinamica utile al calcolo ( $\Sigma$  S' materiali accoppiati secondo UNI EN 12354-2)

$f_0$  = frequenza di risonanza del sistema, secondo UNI EN 12354-2 [ $f_0 = 160\sqrt{s'/m'_{\text{massetto}}}$ ]

$\Delta L_w$  = indice di attenuazione del livello di pressione sonora da calpestio, secondo UNI EN 12354-2

K = fattore di correzione per la trasmissione laterale

$L'_{n,w}$  = livello di pressione sonora da calpestio

### Parete portante esterna

Parete in pietrame listato intonacata su ambo i lati	Massa superficiale: 642 kg/m <sup>2</sup>
Spessore: 40 cm	

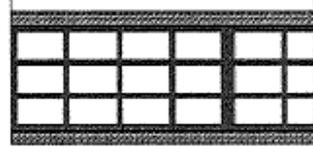


spessore 40 cm

Indice di valutazione (R<sub>w</sub>): 63,3 dB

### Pareteina Interna

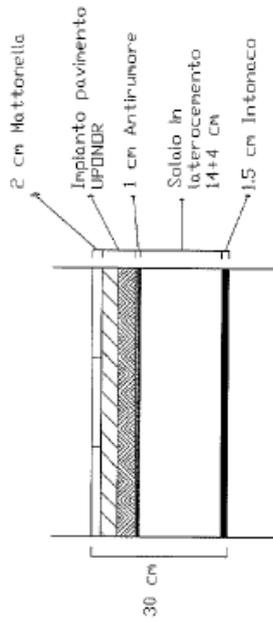
Intonaco in malta cementizia di spessore 1,5 cm; muratura in blocchi in laterizio, dimensioni 8 cm × 28 cm × 55 cm, di spessore 8 cm; intonaco in malta cementizia di spessore 15 mm.	Massa superficiale: 168 kg/m <sup>2</sup>
Spessore: 11 cm	



Indice di valutazione (R<sub>w</sub>): 41,4 dB

### Solaio tra i due appartamenti

Solaio in laterocemento 14+4 con strato di isolante anticalpestio e impianto per riscaldamento a pavimento.	
Spessore: 19,5 cm	Massa superficiale: 273 kg/m <sup>2</sup>
Spessore: 10,5 cm (pavimento galleggiante)	Massa superficiale: 120 kg/m <sup>2</sup>



#### Solaio:

Indice di valutazione (R<sub>w</sub>): 49,4 dB

Indice di valutazione livello di pressione sonora di calpestio normalizzato (L<sub>n,w</sub>): 78,7 dB

#### Pavimento galleggiante:

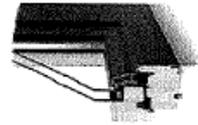
Indice di valutazione (delta R<sub>w</sub>): 10,3 dB

Indice di valutazione attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato (delta L<sub>n,w</sub>): 32,0 dB

Il pannello fonoisolante da utilizzare dovrà avere una rigidità dinamica non superiore a 11 MN/m<sup>3</sup>. Un esempio è il sistema FONOSTOP Duo+ FONOSTOPDuo della ditta Index con rigidità dinamica certificata di 11 MN/m<sup>3</sup>.

#### Finestre

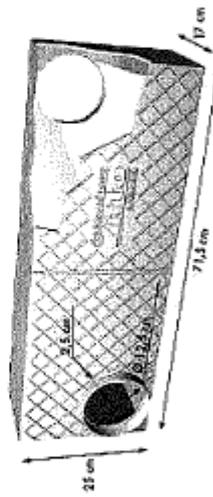
Infissi con potere fonoisolante pari ad almeno 37 dB(A), a titolo di esempio si indica la vetrata isolante SAINT GOBAIN della linea CLIMAPLUS N SILENCE così costituita: vetro esterno PLANISTAR 6mm, intercapedine 12 mm, vetro interno STADIP SILENCE 44.1A; R<sub>w</sub> = 38 dB, C<sub>w</sub> = -1 dB, R'<sub>w</sub> 37 U/(W/m<sup>2</sup>·K)=1,6 spessore 26,5 mm; peso 35,5 kg/m<sup>2</sup> o altri con caratteristiche tecniche similari che rispettino sia le prestazioni acustiche che termiche di legge.



Indice di valutazione (R<sub>w</sub>): 37,0 dB

### Silenziatore Cilindrico

Silenziatore per fori di ventilazione con struttura in fibra di poliestere ad alta densità, inodore, idrorepellente, imputrescibile, inattaccabile da microrganismi, funghi, batteri, insetti, la quale non rilascia fibre o polveri anche se sollecitata a lungo, tossicità ed opacità dei fumi assente. Reazione al fuoco: Euroclass B s2-d0. Le due pareti lunghe esternamente sono dotate di un reticolo portaintonaco stampato.



Indice di valutazione (Rw): 56,0 dB

**CALCOLO DEGLI INDICI IN RIFERIMENTO AL DPCM 05.12.97**

**Determinazione indice di valutazione potere fonoisolante apparente  $R'_w$**

**Requisito:  $R'_w \geq 50$  dB**

Il potere fonoisolante apparente  $R'_w$  dipende dalla struttura della parete di ripartizione tra ambienti. Parametro non calcolato visto che le unità non sono adiacenti tra loro.

**Determinazione indice di valutazione del livello di rumore da calpestio  $L'_{nw}$**

**Requisito per civili abitazioni:  $L'_{nw} < 63$  dB**

Il solaio di separazione tra piani manterrà la struttura di base originaria: solaio in laterocemento 14+4 al quale verrà aggiunto uno strato di materiale anticalpestio e l'impianto di riscaldamento a pavimento.

Tutta la struttura del solaio avrà uno spessore finale di 30 cm.

La struttura del solaio sarà omogenea su tutto il piano, di conseguenza, ai fini della presente verifica, abbiamo analizzato solo alcuni locali scelti a campione tra gli ambienti principali delle due unità abitative.

**STRUTTURA SOLAIO: Solaio di separazione tra piani**

Descrizione	s (cm)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	M (kg/m <sup>2</sup> )
Intonaco tradizionale	1,5	1400	21
Solaio in laterocemento 14+4	18	1400	252
Pannello fono isolante (tipo FONOSTOP Duo+ FONOSTOP Duo)	1	30	0,3
Riscaldamento a pavimento UPONOR	7,5	1100	82,5
Pavimentazione	2	1900	38
<i>Totale spessore</i>	30		
Massa totale			<b>393,5</b>

## CALCOLO DELL'INDICE DI VALUTAZIONE DEL LIVELLO EQUIVALENTE NORMALIZZATO DI RUMORE DA CALPESTIO

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

dove:

$L_{n,w,eq}$  è il livello di rumore da calpestio equivalente riferito al solo solaio non rivestito

$$L_{n,w,eq} = 164 - 35 \log \frac{m'}{m'_{0}}$$

dove:

$m'$  è la massa superficiale della struttura di base  $273 \text{ kg/m}^2$

$m'_{0}$  è la massa di riferimento pari a  $1 \text{ kg/m}^2$

$\Delta L_w$  è l'indice di valutazione della riduzione dei rumori di calpestio riferito al pavimento galleggiante.

$$\Delta L_w = 30 \cdot \text{Log}(500/f_0) \quad \text{e} \quad f_0 = 160 \cdot (s'/m')^{0,5}$$

$K$  è la correzione da apportare per la presenza di trasmissione laterale di rumore. Il suo valore dipende dalla massa superficiale del solaio e dalla massa superficiale delle strutture laterali.  
 $s'$  = rigidità dinamica del materiale isolante pari a  $11 \text{ MN/m}^3$ .

Locale ricevente	Locale sorgente	L'n,w [dB]	Lim [dB]	VERIFICATO
appartamento PT pranzo/cucina	appartamento P1 soggiorno I	37,6	63	VERIFICATO

Locale ricevente	Locale sorgente	L'n,w [dB]	Lim [dB]	VERIFICATO
appartamento PT camera	appartamento P1 camera singola I	37,6	63	VERIFICATO

Locale ricevente	Locale sorgente	L'n,w [dB]	Lim [dB]	VERIFICATO
appartamento PT studio	appartamento P1 cucina	37,6	63	VERIFICATO

Locale ricevente	Locale sorgente	L'n,w [dB]	Lim [dB]	VERIFICATO
appartamento PT camera singola	appartamento P1 studio I	37,6	63	VERIFICATO



Determinazione indice di valutazione del potere fonoisolante apparente del solaio  $R'_{w}$

Requisito per civili abitazioni:  $R'_{w} \geq 50$  dB

STRUTTURA SOLAIO: Solaio di separazione tra piani con materiale isolante

Descrizione	s (cm)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	M (kg/m <sup>2</sup> )
Intonaco tradizionale	1,5	1400	21
Solaio in laterocemento 14+4	18	1400	252
FONOSTOP Duo+ FONOSTOP Duo	1	30	0,3
Riscaldamento a pavimento UNOPOR	7,5	1100	82,5
Pavimentazione	2	1900	38
<i>Totale spessore</i>	30		
<i>Massa totale</i>			<b>393,5</b>

**Calcolo dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente della struttura**

$$R'_{w} = R_{w,m} + \Delta R_{w} - K \quad (\text{dB})$$

dove:

$R_{w,m}$  è il potere fonoisolante della struttura di base (massa frontale)

$\Delta R_{w}$  è l'indice d'incremento di resistenza acustica (controparte con strato di materiale fonoassorbente)

$$\Delta R_{w} = 72 - ((R_{w,m} + 2) + 20 \log(f_0) + f_0 = 160 ((s')^2 (1/m^2 + 1/m^2))^0,5$$

$K$  è la correzione da apportare per la presenza di trasmissione laterale di rumore. Il suo valore dipende dalla massa superficiale del solaio e dalla massa superficiale delle strutture laterali.  
 $s'$  = rigidità dinamica del materiale isolante 11 MN/m<sup>3</sup>

Per le verifiche di progetto, visto l'omogeneità della struttura, sono stati presi in considerazione gli ambienti ritenuti principali sedi di stazionamento umano dell'unità abitativa in oggetto.

Locale ricevente	Locale sorgente	$R'_{w}$ [dB]	Lim [dB]	VERIFICATO
appartamento PT pianzocucina	appartamento P1 soggiorno 1	56,9	50	VERIFICATO
Locale ricevente	Locale sorgente	$R'_{w}$ [dB]	Lim [dB]	VERIFICATO
appartamento PT camera	appartamento P1 camera singola 1	52,1	50	VERIFICATO
Locale ricevente	Locale sorgente	$R'_{w}$ [dB]	Lim [dB]	VERIFICATO
appartamento PT studio	appartamento P1 cucina	56,0	50	VERIFICATO
Locale ricevente	Locale sorgente	$R'_{w}$ [dB]	Lim [dB]	VERIFICATO
appartamento PT camera singola	appartamento P1 studio 1	52,7	50	VERIFICATO



### Determinazione indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata $D_{2m,nT,w}$

**Requisito per civili abitazioni:  $D_{2m,nT,w} \geq 40$  dB**

Il calcolo dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata dipende da:

- struttura della superficie opaca (medesima per tutti i vani);
- tipo ed estensione delle superfici finestrate (diverse a seconda del vano preso in esame);
- caratteristiche dell'ambiente ricevente.

L'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione dipende dal potere fonoisolante apparente di facciata considerata dall'interno, dalla forma esterna della facciata e dalle dimensioni della stanza. E' definito dalla seguente espressione:

$$D_{2m,nT,w} = R'_w + \Delta L_{-fs} + I_g (V/6 T_0 S)$$

dove:

- $R'_w$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di facciata
- $\Delta L_{-fs}$  è il termine correttivo che quantifica l'influenza della forma della facciata
- $V$  è il volume interno del locale
- $T_0$  è il tempo di riverberazione di riferimento, assunto pari a 0,5 s
- $S$  è la superficie di facciata vista dall'interno

### **CALCOLO DELL'INDICE DI VALUTAZIONE DEL POTERE FONOISOLANTE APPARENTE DI FACCIATA $R'_w$**

L'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente  $R'_w$  è calcolato sulla base dei valori dell'indice di valutazione del potere fonoisolante dei singoli elementi costituenti la facciata, considerando sia la trasmissione per via strutturale che quella per via aerea e sia la trasmissione diretta che quella laterale.

Sviluppo del calcolo: Valutazione del potere fonoisolante  $R$  dalla legge di azione di massa. Il valore  $R_w$  viene determinato raffrontando la curva del potere fonoisolante  $R$ , precedentemente calcolata, con una curva di riferimento definita dalla UNI EN ISO 717-1, che tiene conto dell'andamento della sensibilità dell'orecchio alle varie frequenze per suoni di media intensità.

Il confronto viene effettuato facendo scorrere verticalmente la curva di riferimento sul grafico ove è riportata la curva dei valori calcolati di  $R$  per bande di un terzo di ottava, dell'elemento in esame, finché risulta soddisfatta la seguente condizione:

- la somma degli scostamenti sfavorevoli dei valori di  $R$  dell'elemento costruttivo non sia superiore a 32 dB, intendendo per scostamento sfavorevole ad una certa frequenza che il valore di  $R$  è inferiore a quello della curva di riferimento.

Una volta posizionata la curva di riferimento, il valore di  $R_w$  della struttura in esame può essere letto in corrispondenza alla banda centrata su 500 Hz.

Gli elementi di facciata devono essere distinti tra elementi normali (murature e finestre) e piccoli elementi (prese d'aria, bocchette di ventilazione etc.).

$$R_w = -10 \lg \left( \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S} 10^{-\frac{R_{w,i}}{10}} + \frac{A_0}{S} \sum_{i=1}^n 10^{-\frac{D_{n,i}}{10}} \right) - K$$

dove:

- $R_{w,i}$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento "normale" di facciata  $i$
- $S_i$  è la superficie dell'elemento "normale" di facciata  $i$
- $A_0$  sono le unità di assorbimento di riferimento, pari a  $10m^2$
- $D_{n,i}$  è l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato del piccolo elemento  $i$
- $K$  è la correzione relativa al contributo della trasmissione laterale pari a 2 dB per elementi di facciata pesanti con giunti rigidi.

#### INFLUENZA DEI COMPONENTI FINESTRATI

Le superfici vetrate presentano generalmente un potere fonoisolante notevolmente inferiore a quello delle murature in cui vengono inserite e costituiscono quindi l'elemento "debole" dell'isolamento acustico offerto dalla facciata.

Occorre inoltre osservare che l'indice di valutazione da utilizzare per la parte vetrata deve tenere in considerazione anche il contributo (generalmente negativo) del telaio.

La perdita di isolamento del componente "vetro + serramento", rispetto al potere fonoisolante dell'elemento vetrato, può essere determinata in base alla classe di tenuta all'aria del serramento, riportata nella norma UNI 7979:

CLASSE SERRAMENTO	PERDITA DI ISOLAMENTO [dB]
A1	$\Delta R_w > 8$
A2	$2 < \Delta R_w < 5$
A3	$\Delta R_w < 2$

Considerando un telaio di buona qualità, classificato in classe A3, il potere fonoisolante dell'infixo generalmente deve essere ridotto di 1 dB.

Il valore ottenuto deve essere corretto con il termine di adattamento C, fornito dal produttore, che permette di tenere conto del reale potere di abbattimento del vetro da rumori di vario genere presenti sull'esterno.

Il progetto prevede una modifica solo parziale delle facciate dell'edificio, andando ad ampliare le superfici apribili della cucina e del soggiorno a piano primo, mentre le altre non subiranno alcun intervento; di conseguenza la presente valutazione ha preso in considerazione solo le facciate soggette a variazione.

Locale ricevente	D'2m,nT,w [dB]	Lim [dB]	VERIFICATO
appartamento P1 soggiorno 1	42,9	40	VERIFICATO

Locale ricevente	D'2m,nT,w [dB]	Lim [dB]	VERIFICATO
appartamento P1 cucina	43,7	40	VERIFICATO

# Classificazione Acustica

Nel mese di luglio 2010 è stata emanata la norma tecnica **UNI 11367** dal titolo “*Classificazione acustica delle unità immobiliari – Procedura di valutazione e verifica in opera*”. Il documento spiega come determinare la classe acustica di una unità immobiliare esistente sulla base dei risultati di misure fonometriche eseguite sull’edificio. Attualmente (aprile 2012) la UNI 11367 **non è richiamata in alcun documento legislativo**.

Pertanto l’applicazione delle classi acustiche è volontaria. Il rispetto di una specifica classe acustica diventa obbligatorio solo se previsto dalle condizioni contrattuali.

Di seguito i valori limite delle classi acustiche.

Le ultime due colonne a destra indicano i limiti di isolamento ai rumori aerei e al calpestio per le partizioni orizzontali e verticali tra camere d’albergo.

Classe Acustica	Indici di valutazione					Alberghi	
	$D_{2m,nT,w}$ [dB]	$R'_w$ [dB]	$L'_{nw}$ [dB]	$L_{ic}$ [dBA]	$L_{id}$ [dBA]	$D_{nT,w}$ [dB]	$L'_{nw}$ [dB]
I	$\geq 43$	$\geq 56$	$\leq 53$	$\leq 25$	$\leq 30$	$\geq 56$	$\leq 53$
II	$\geq 40$	$\geq 53$	$\leq 58$	$\leq 28$	$\leq 33$	$\geq 53$	$\leq 58$
III	$\geq 37$	$\geq 50$	$\leq 63$	$\leq 32$	$\leq 37$	$\geq 50$	$\leq 63$
IV	$\geq 32$	$\geq 45$	$\leq 68$	$\leq 37$	$\leq 42$	$\geq 45$	$\leq 68$

Nel caso vengano rilevate in opera prestazioni peggiori rispetto alla classe IV il requisito risulta **non classificabile** e viene identificato con l’acronimo **NC**.

Nel caso un descrittore non sia significativo per l’unità immobiliare in esame, ad esempio un appartamento non soggetto a rumori da impianti a funzionamento continuo, si adotta la sigla **NP**, “**non pertinente**”.

I limiti della tabella sono validi per tutte le destinazioni d’uso ad eccezione di ospedali e scuole. Per queste tipologie di edifici la norma propone nell’Appendice A alcuni valori di riferimento per definire costruzioni con prestazioni acustiche “di base” o “superiori”.



La classificazione acustica prevede di rilevare in opera le caratteristiche di **tutte le partizioni e gli impianti** significativi per l'unità immobiliare in esame. Le prestazioni delle singole partizioni devono essere "peggiorate", per tenere in considerazione l'incertezza di misura, utilizzando i coefficienti riportati nella tabella che segue, in modo da ottenere i "valori utili".

$D_{2m,nT,w}$	$R'_w$	$L'_{nw}$	$L_{ic}$	$L_{id}$
-1	-1	+1	+1,1	+2,4

La classe acustica di uno specifico descrittore si ottiene mediando i valori utili pertinenti con le relazioni matematiche indicate di seguito.

Valori medi: $R'_w, D_{2m,nT,w}, D_{nT,w}$	Valori medi: $L'_{nw}, L_{ic}, L_{id}$
$X_r = -10 \log \frac{\sum_{i=1}^n 10^{\frac{-X_i}{10}}}{n}$	$Y_r = 10 \log \frac{\sum_{i=1}^n 10^{\frac{Y_i}{10}}}{n}$

dove:  $X_i, Y_i$  valore utile di un determinato requisito di uno specifico elemento tecnico/impianto  
 $n$  è il numero di elementi tecnici/impianti coinvolti

Dalle classi dei singoli descrittori si ricava la **classe acustica globale** dell'unità immobiliare associando ad ogni descrittore un coefficiente (cfr. tabella seguente) e calcolando la media aritmetica.

Classe	I	II	III	IV	Prestazioni fino a 5 dB (o dBA) peggiori rispetto alla classe IV	Prestazioni per più di 5 dB (o dBA) peggiori rispetto alla classe IV
<b>Coefficiente</b>	1	2	3	4	5	10

Il valor medio **arrotondato all' intero più vicino** determina la classe acustica globale.



Nell'attestato di classificazione devono essere riportate, oltre alla classe acustica globale, anche le caratteristiche di tutti i descrittori, come indicato nella tabella che segue.

Unità immobiliare UI ...					
Classe	D <sub>2m,nt,w</sub>	R' <sub>w</sub>	L' <sub>nw</sub>	L <sub>ic</sub>	L <sub>id</sub>
III	III	II	IV	NP	III

La norma tecnica, all'Appendice L, spiega come interpretare i limiti delle classi. Ipotizzando una normale sensibilità al rumore dei soggetti interessati e livelli sonori disturbanti di media intensità, vengono definite due tabelle che indicano le **prestazioni acustiche attese**. La prima valida per i rumori interni alle unità immobiliari (R'<sub>w</sub>, L'<sub>nw</sub>, L<sub>ic</sub>, L<sub>id</sub>), la seconda per l'isolamento acustico di facciata (D<sub>2m,nt,w</sub>).

Classe acustica	Prestazioni acustiche attese (R' <sub>w</sub> , L' <sub>nw</sub> , L <sub>ic</sub> , L <sub>id</sub> )
I	Molto buone
II	Buone
III	Di base
IV	Modeste

Tipologia di area	Classe di isolamento acustico di facciata (D <sub>2m,nt,w</sub> )			
	IV	III	II	I
Molto silenziosa	Di base	Buone	Molto buone	Molto buone
Abbastanza silenziosa	Modeste	Di base	Buone	Molto buone
Mediamente rumorosa	Modeste	Modeste	Di base	Buone
Molto rumorosa	Modeste	Modeste	Modeste	Di base

La seconda tabella in particolare correla, seppur molto qualitativamente, l'efficacia dell'isolamento di facciata con il clima acustico esterno.

