

# UNI 11367

## Classificazione acustica delle unità immobiliari

Procedura di valutazione e verifica in opera

Filippo Busato PhD

## Scopo

- La presente norma definisce i criteri per la misurazione e valutazione dei requisiti acustici prestazionali degli edifici.
- Classificazione acustica e valutazione sintetica
- **Applicabile a tutte le unità immobiliari con destinazione d'uso diversa da quella agricola, artigianale o industriale**

# Introduzione

- La classificazione delle unità immobiliari è basata sulla misura effettuata al termine dell'opera (ambienti finiti).
- Se la misurazione della prestazione dell'elemento tecnico non è realizzabile, l'elemento risulta **non verificabile**
- I calcoli previsionali seguono le UNI EN 12354 e il rapporto UNI/TR 11175

# Definizioni

- Unità immobiliare UI: porzione di fabbricato con autonomia **funzionale e reddituale**.
- Ambiente abitativo: porzione di unità immobiliare delimitata, destinata al soggiorno.
- Ambiente accessorio: porzione con funzione diversa dal soggiorno (ambienti comuni, vani tecnici, rimesse)

# Definizioni (2)

- Ambiente verificabile acusticamente:  
“misurabile” secondo UNI EN ISO 140
- Edificio: sistema costituito dalle strutture edilizie esterne che racchiudono un volume
- Impianto a funzionamento continuo: es. impianti HVAC.
- Impianto a funzionamento discontinuo: impianti idrosanitari, ascensori etc.

# Descrittori

Il descrittore per l'isolamento acustico di facciata è l'indice di valutazione di:

- Isolamento acustico di facciata  $D_{2m,nT}$ ;

# Descrittori

I descrittori per l'isolamento ai rumori aerei di partizioni verticali e orizzontali sono gli indici di valutazione di:

- Potere fonoisolante apparente  $R'_w$  (**prestazione di un elemento**);
- Isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione  $D_{nT}$  (**livello di protezione**);

7

# Descrittori

Il descrittore per il livello di rumore di calpestio di partizioni orizzontali è l'indice di valutazione di:

- Livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico  $L'_{n,W}$ ;

8

# Descrittori

- Livello di rumore corretto degli impianti a ciclo continuo  $L_{ic}$  ( $L_{eq}(A)$ ).
- Livello di rumore corretto degli impianti a ciclo discontinuo  $L_{id}$  ( $L_{AS,max}$ ).
- Valore utile: valore misurato corretto con l'incertezza.

9

# Relazione

La relazione di verifica in opera e di classificazione acustica contiene almeno:

- l'elenco delle norme di riferimento utilizzate;
- l'eventuale descrizione della procedura di scelta dei campioni di prova;
- la descrizione degli ambienti di prova, delle partizioni e degli impianti verificati e delle postazioni di misurazione;

10

## Relazione (2)

- l'impostazione e l'eventuale regolazione dei parametri dei singoli elementi tecnici ritenuti rilevanti a giudizio del tecnico che esegue la prova;
- i rapporti relativi alle prove effettuate redatti in conformità alla normativa tecnica applicabile, i calcoli effettuati e la classificazione acustica ottenuta;

11

## Relazione (3)

- le misure di eventuali parametri secondari, influenti sui parametri oggetto di valutazione;
- nel caso di utilizzo delle tecniche di campionamento, i calcoli relativi alla determinazione dell'incertezza, con l'espressa indicazione del livello di fiducia utilizzato per i calcoli.
- La relazione deve essere firmata dal tecnico che l'ha eseguita.

12

# Classificazione acustica

Destinazioni d'uso:

- residenziale,
- direzionale ed ufficio,
- ricettiva (alberghi, pensioni e simili),
- ricreativa,
- di culto,
- commerciale;

13

# Classificazione acustica

Prospetto I.

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

14

# Classificazione acustica

Potere fonoisolante

Energia trasmessa

$$\begin{aligned}
 R_0 &= x \text{ [dB]} \\
 R'_1 &= x - 3 \text{ [dB]} \\
 R'_2 &= x - 5 \text{ [dB]} \\
 R'_3 &= x - 6 \text{ [dB]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_0 &= y \text{ [W]} \\
 W'_1 &= 2y \text{ [W]} \\
 W'_2 &= 3y \text{ [W]} \\
 W'_3 &= 4y \text{ [W]}
 \end{aligned}$$

15

# Classificazione acustica

Sono esclusi dalla procedura:

- **UI destinate ad attività di culto e intrattenimento** con requisiti di qualità acustica (sale da concerto, chiese)
- **UI di edifici ad uso esclusivo commerciale.**
  - qualora tali unità immobiliari facciano parte di edifici aventi **destinazioni d'uso miste**, devono essere valutati tutti i requisiti ad **esclusione dell'isolamento acustico normalizzato di facciata**

16

# Metodo di calcolo

In generale, il valore complessivo  $Y_r$  di un determinato requisito  $r$  espresso attraverso un livello di rumore (ricevuto o residuo), si ottiene applicando la formula seguente:

$$Y_r = 10 \log \frac{\sum_{i=1}^n 10^{\frac{X_i}{10}}}{n}$$

# Metodo di calcolo

In generale, il valore complessivo  $X_r$  di un determinato requisito  $r$  espresso attraverso un livello di isolamento acustico, si ottiene applicando la formula seguente:

$$X_r = -10 \log \frac{\sum_{i=1}^n 10^{-\frac{X_i}{10}}}{n}$$

# Classificazione acustica

- $D_{2m,nT}$  per ambienti abitativi;
- $R'_w$  tra UI distinte o tra ambienti abitativi e accessori della stessa unità, o tra ambienti abitativi di una unità e parti comuni;
- $L'_n$  tra UI distinte;
- $L_{ic}$  e  $L_{id}$  in unità diverse da quelle servite dagli impianti stessi:
  - nel caso di destinazione d'uso ricettiva, valutazione anche per impianti della stessa unità (ma non della stessa camera, nel caso degli impianti sanitari)

19

# Classificazione acustica

Nel caso di destinazione d'uso ricettiva vi sono requisiti ulteriori

Prospetto 2.

Classe	Indici di valutazione	
	g) Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni verticali e orizzontali fra ambienti della stessa unità immobiliare $D_{nT,w}$ dB	g) Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti della stessa unità immobiliare $L'_{nw}$ dB
I	$\geq 56$	$\leq 53$
II	$\geq 53$	$\leq 58$
III	$\geq 50$	$\leq 63$
IV	$\geq 45$	$\leq 68$

20

# Valutazione dei requisiti

## $D_{2m,nT}$

- le coppie affaccio-sorgente vengono ponderate con criterio energetico

$$D_{2m} = -10 \cdot \log \left( \frac{1}{n} \sum 10^{-\frac{D_i}{10}} \right)$$

- quindi si ricava l'indice di valutazione

# Valutazione dei requisiti

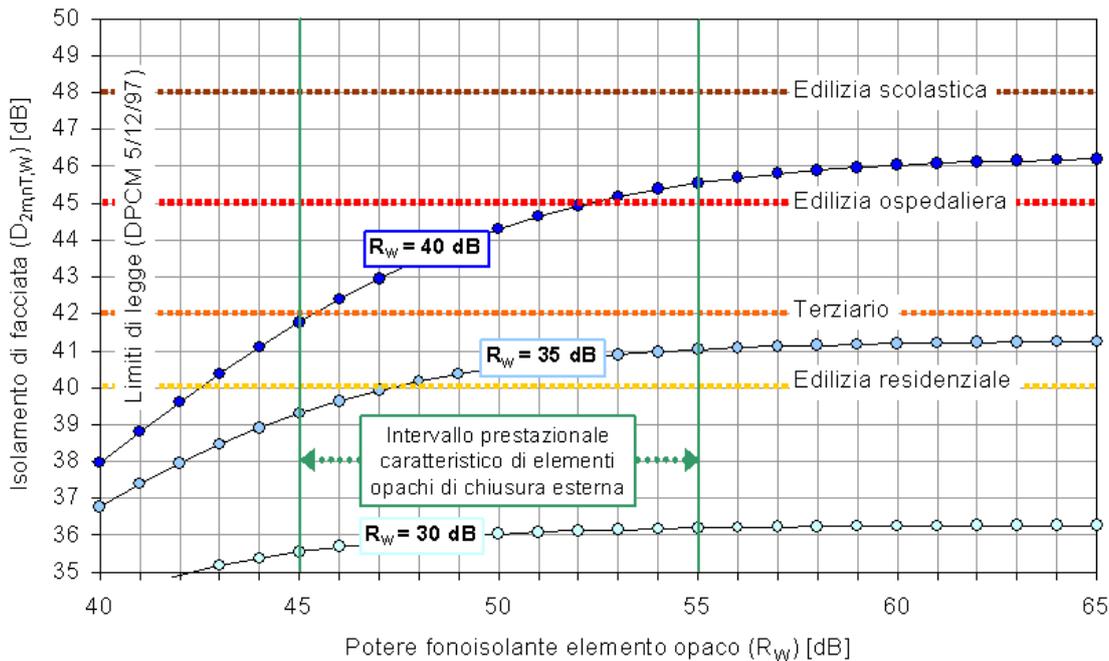
## $R'_w$

- media energetica sulle partizioni verticali (spettrale)
- media energetica sulle partizioni orizzontali (spettrale)

$$R'_w = -10 \cdot \log \left( \frac{1}{n} \sum 10^{-\frac{R'_i}{10}} \right)$$

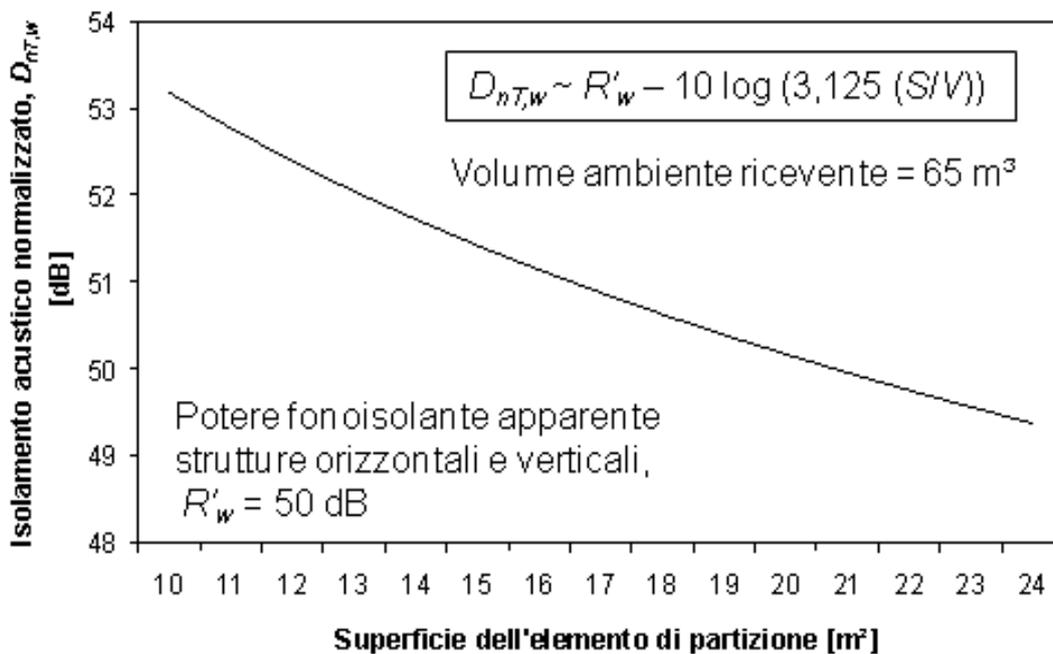
- media energetica orizzontale-verticale, quindi indice di valutazione

# Valutazione dei requisiti



Isolamento di facciata calcolato per un ambiente di 4 m di larghezza, 3,5 m di profondità e 2,7 m di altezza al variare del potere fonoisolante di un serramento in legno a due ante di dimensioni 1,5x1,25 m

# Valutazione dei requisiti



# Valutazione dei requisiti

## $L'_n$

- media energetica sugli indici di valutazione

$$L'_n = 10 \cdot \log \left( \frac{1}{n} \sum 10^{\frac{L'_{n,i}}{10}} \right)$$

- ordine preferenziale per la misura:
  - dall'alto verso il basso;
  - ambienti adiacenti;
  - dal basso verso l'alto

25

# Valutazione dei requisiti

## $L_{ic}$

- si applica ai livelli corretti ( $L_{Aeq}$ )

$$L_{ic} = 10 \cdot \log \left( \frac{1}{n} \sum 10^{\frac{L_{ic,i}}{10}} \right)$$

26

# Valutazione dei requisiti

## **L<sub>id</sub>**

- si applica ai livelli corretti (**L<sub>ASmax</sub>**)

$$L_{id} = 10 \cdot \log \left( \frac{1}{n} \sum 10^{\frac{L_{id,i}}{10}} \right)$$

27

# Valutazione dei requisiti

## **Classe acustica**

- P è il numero dei requisiti, Z<sub>r</sub> il peso
- si arrotonda Z<sub>UI</sub> all'intero superiore C<sub>UI</sub>, classe acustica dell'UI (<= 4, oltre è NC)

Classe	I	II	III	IV	Prestazioni fino a 5 dB [(o dB(A)] peggiori rispetto alla classe IV	Prestazioni per più di 5 dB [(o dB(A)] peggiori rispetto alla classe IV
Coefficiente Z	1	2	3	4	5	10

$$Z_{UI} = \frac{\sum_{r=1}^P Z_r}{P}$$

28

# Valutazione dei requisiti

## Classe acustica

- nel caso in cui non vengano misurati tutti gli elementi pertinenti ma si utilizzi un campionamento, è necessario indicare anche l'intervallo di fiducia L%.

# Valutazione dei requisiti

## Classe acustica

- I risultati ottenuti con la procedura descritta vanno interpretati tenendo conto che la classificazione acustica prevede classi basate sui descrittori delle prestazioni acustiche degli elementi tecnici (facciata, partizioni interne, impianti tecnologici) che sono indipendenti sia dal contesto (ad esempio dal clima acustico esterno) sia dalla sensibilità delle persone. È possibile tuttavia, sotto particolari ipotesi, stabilire una relazione tra la classe acustica, la qualità acustica attesa dagli occupanti e il clima acustico esterno all'edificio.

# Appendice A (normativa)

## Requisiti di ospedali e scuole

	Prestazione di base	Prestazione superiore
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata, $D_{2m,nT,w}$ [dB]	38	43
Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di differenti unità immobiliari, $R'_w$ [dB]	50	56
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari, $L'_{nw}$ [dB]	63	53
Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo, $L_{ic}$ in ambienti diversi da quelli di installazione [dB(A)]	32	28
Livello sonoro massimo corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo, $L_{id}$ in ambienti diversi da quelli di installazione [dB(A)]	39	34
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, $D_{nT,w}$ [dB]	50	55
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni <i>i</i> fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare, $D_{nT,w}$ [dB]	45	50
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, $L'_{nw}$ [dB]	63	53

31

# Appendice B (informativa)

L'isolamento acustico per via aerea di ambienti abitativi nei confronti di ambienti di uso comune o collettivo dell'edificio collegati mediante accessi o aperture, è determinato in termini di indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione dell'ambiente abitativo ( $D_{nT,w}$ ).

Livello prestazionale	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	$\geq 34$	$\geq 40$
Prestazione buona	$\geq 30$	$\geq 36$
Prestazione di base	$\geq 27$	$\geq 32$
Prestazione modesta	$\geq 23$	$\geq 28$

32

# Appendice C (informativa)

Per ambienti per i quali è essenziale garantire una buona intellegibilità del parlato, si riportano dei valori di riferimento per quanto riguarda la qualità acustica. E' possibile riferirsi a descrittori acustici e al tempo di riverberazione.

Clarity  $C_{50}$  e Speech Transmission Index STI.

STI si calcola a partire dalla funzione di trasferimento della modulazione tra sorgente e ricevitore.

$$C_{50} = 10 \cdot \log \frac{\int_0^{50 \text{ ms}} p^2(t) dt}{\int_{50 \text{ ms}}^{\infty} p^2(t) dt}$$

33

# Appendice C (informativa)

	$C_{50}$ dB	STI dB
Ambienti adibiti al parlato	$\geq 0$	$\geq 0,6$
Ambienti adibiti ad attività sportive	$\geq -2$	$\geq 0,5$

# Appendice C (informativa)

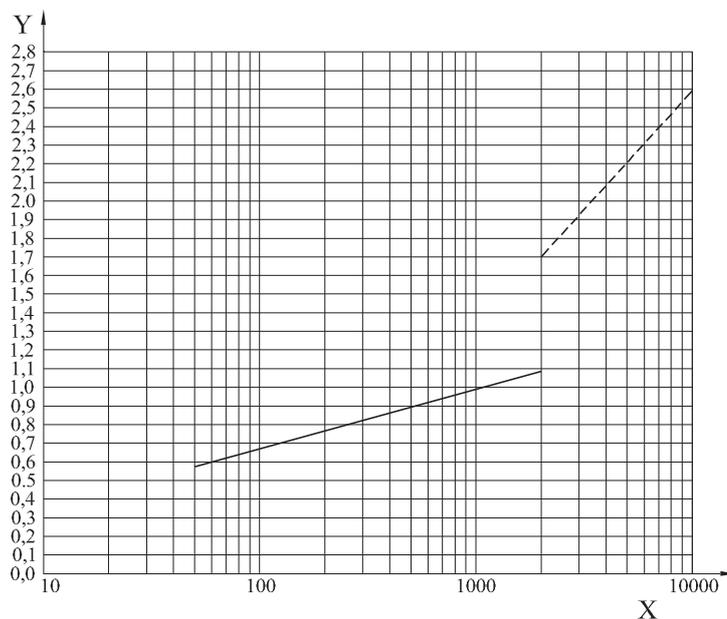
Un indice meno affidabile per la valutazione della qualità acustica è il tempo di riverberazione. Valori consigliati:

$$T_{\text{ott}} = 0.32 \log (V) + 0.03 \text{ (ambiente non occupato adibito al parlato)}$$

$$T_{\text{ott}} = 1.27 \log (V) - 2.49 \text{ (ambiente non occupato adibito ad attività sportive)}$$

# Appendice C (informativa)

- Parlato (ambiente non occupato)
- - - Sport (ambiente non occupato)
- X Volume V, m<sup>3</sup>
- Y Tempo di riverberazione ottimale, T<sub>ott</sub>, s



# Appendice D (normativa)

L'appendice è applicabile:

- alla determinazione del rumore generato da impianti a funzionamento continuo e discontinuo a servizio dell'intero sistema edilizio (centralizzati condominiali o d'uso collettivo) che viene immesso dagli ambienti accessori o di servizio di utilizzo comune o collettivo del sistema edilizio all'interno delle unità abitative;
- alla determinazione del rumore generato da impianti a funzionamento continuo e discontinuo di singole unità immobiliari (impianti individuali o autonomi, impianti ad uso privato) che viene indotto in unità immobiliari diverse da quelle servite.

È escluso il rumore generato da installazioni non permanenti e quello prodotto da elettrodomestici, sistemi di avviso e segnalazione, sicurezza o allarme.

# Appendice D (normativa)

**Impianti a funzionamento continuo**

- $L_p$  "fast" non oscilla più di 5 dB nel ciclo operativo
- escluse dalla misura fasi di avvio e spegnimento

**Impianti a funzionamento discontinuo**

- $L_p$  "fast" oscilla più di 5 dB nel ciclo operativo

# Appendice D (normativa)

Sono da preferire, in generale, gli ambienti acusticamente verificabili di una unità immobiliare in cui vi sia la presenza di un elemento di partizione orizzontale o verticale che contenga o supporti elementi impiantistici.

Nel caso degli impianti idraulici di adduzione e scarico è da preferire l'ambiente acusticamente verificabile posto al livello immediatamente inferiore a quello dell'unità immobiliare servita dall'impianto stesso.

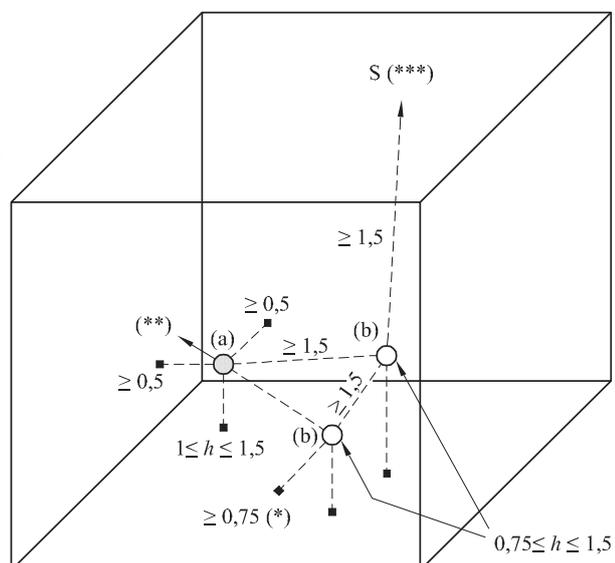
Nel caso di impianti meccanici è da preferire l'ambiente acusticamente verificabile posto allo stesso livello dell'ambiente accessorio o di servizio o dell'unità immobiliare servita dall'impianto stesso. Nell'ambiente da sottoporre a verifica deve essere presente almeno un elemento tecnico caratterizzato dall'adiacenza o dalla prossimità con componenti d'impianto a servizio di una unità immobiliare adiacente o dell'intero sistema edilizio.

# Appendice D (normativa)

La distanza di ciascuna posizione microfonica da qualsiasi altra sorgente sonora presente in ambiente (per esempio, prese di ventilazione) deve essere di almeno 1,5 m.

Non devono essere presenti arredi in prossimità della posizione d'angolo o schermi ed altri ostacoli tra questa e le superfici verticali ed orizzontali che delimitano l'ambiente.

In ciascuna posizione devono essere effettuate almeno due misurazioni distinte relative a cicli operativi dell'impianto in condizioni d'uso normali.



# Appendice D (normativa)

## Correzioni per $L_{\text{impianto}}$

$$\Delta L = L_a - L_r$$

Se  $\Delta L$  è  $> 10$  allora  $K_1 = 0$ , se  $\Delta L < 4$  dB allora  $K_1 = 2.2$ , altrimenti

$$K_1 = -10 \cdot \log \left( 1 - 10^{-\frac{\Delta L}{10}} \right)$$

# Appendice D (normativa)

## Correzioni per $L_{\text{impianto}}$

$$K_2 = -10 \log \left( \frac{T}{T_0} \right)$$

$V \leq 100 \text{ m}^3$	$T_0 = 0,5 \text{ s}$
$100 < V < 2\,500 \text{ m}^3$	$T_0 = 0,05 (V)^{0,5}$
$V \geq 2\,500 \text{ m}^3$	$T_0 = 2,5 \text{ s}$

# Appendice D (normativa)

## Correzioni per $L_{\text{impianto}}$

$$L_{ic} = L_{Aeq} + K_1 + K_2$$

$$L_{id} = L_{ASmax} + K_2$$

# Appendice E (informativa)

In certi casi è difficile definire  $R'_w$ :

- ambienti riceventi non regolari (sottotetti, uffici “open space”, ambienti con volumi accoppiati, ecc.);
- ambienti riceventi caratterizzati da un elevato e non omogeneo assorbimento acustico (arredato-non arredato);
- superficie comune tra due ambienti adiacenti non ben definita o assente (es partizione tra case a schiera che includa i corpi scala).

# Appendice E (informativa)

Ambienti parzialmente affiancati o sovrapposti,  
assorbimento elevato e non omogeneo

$$\bar{\alpha}_{(100-3150)} = \frac{A_2}{S_{r2}} \cong \frac{0.16 \cdot V_2}{S_{r2} \cdot \bar{T}_{(100-3150)}} \cong \frac{0.16 \cdot V_2}{6 \sqrt[3]{V_2^2} \cdot \bar{T}_{(100-3150)}} = \frac{\sqrt[3]{V_2}}{37.5 \cdot \bar{T}_{(100-3150)}} \geq 0.2$$

$$R'_w = D_{nT,w} - 10 \log \left( 0.32 \frac{V_2}{S} \right) - 1$$

# Appendice E (informativa)

Ambienti completamente o parzialmente affiancati  
o sovrapposti. Presenza di volumi accoppiati o  
superfici comuni di forma particolare

$$R'_w = D_{nT,w} - X$$

$$X = 4 \text{ se } V < 80 \text{ m}^3$$

altrimenti

$$X = 10 \log \left( \frac{V_2}{31.25} \right)$$

# Appendice E (informativa)

Ambienti completamente o parzialmente affiancati o sovrapposti.  
Presenza di volumi accoppiati o superfici comuni di forma particolare  
e assorbimento elevato e non omogeneo nell'ambiente ricevente

$$R'_w = D_{nT,w} - X - 1$$

$$X = 4 \text{ se } V < 80 \text{ m}^3$$

altrimenti

$$X = 10 \log \left( \frac{V_2}{31.25} \right)$$

# Appendice F (normativa)

Per ogni requisito acustico misurato si valuta l'incertezza di  
misura  $s_m$ , intesa come scarto tipo di riproducibilità dell'indice  
di valutazione delle misure; tali valori sono riportati nel  
prospetto seguente

Grandezza	$s_m$
Isolamento al rumore aereo dall'esterno dB	0,8
Isolamento al rumore aereo tra ambienti dB	1,1
Isolamento al rumore impattivo dB	1,3
Rumore di impianti a funzionamento continuo dB(A)	1,1
Rumore di impianti a funzionamento discontinuo dB(A)	2,4
Nota Dati pubblicati nella norma olandese "NPR 5092:1999 Noise control in buildings - Assessment of results from acoustics measurement according to NEN 5077".	

Quindi l'incertezza risulta, con  $k=1$ , pari a  $U_m$

$$U_m = k \cdot s_m$$

# Appendice F (normativa)

I valori risultanti sono i seguenti: arrotondati all'intero quando si tratta di indici di valutazione, e al primo decimale quando sono livelli globali.

	$D_{2m,nT,w}$ dB	$R'_w$ dB	$L'_{nw}$ dB	$L_{ic}$ dB(A)	$L_{id}$ dB(A)
$U_m$	1	1	1	1,1	2,4

Il valore utile per  $R'_w$ ,  $D_{2m,nT}$  è

$$X = X_m - U_m$$

Il valore utile per  $L'_n$ ,  $L_{ic}$  e  $L_{id}$  è

$$Y = Y_m + U_m$$

# Appendice G (informativa)

Campionamento di elementi tecnici nominalmente identici di edifici con tipologia seriale a fini della effettuazione delle prove

Gli elementi tecnici possono essere considerati omogenei se sono identici per dimensione, dimensione degli ambienti, stratigrafia, tecniche di posa, attraversamenti impiantistici.

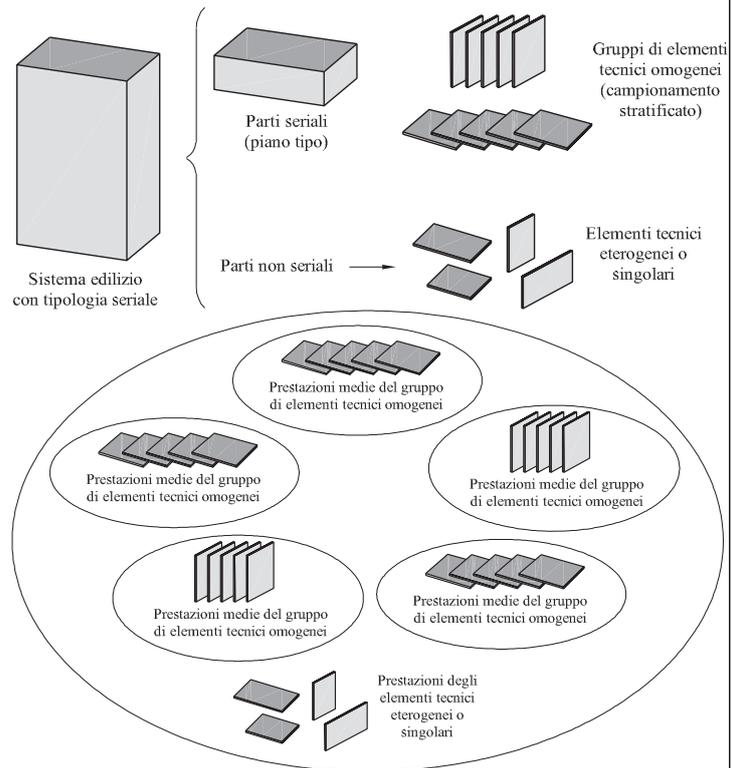
L'omogeneità è sempre definita rispetto ad un determinato requisito.

Sono ammesse tolleranze dimensionali del 20%.

# Appendice G (informativa)

In base all'analisi costruttiva e tipologica

Raggruppamento di elementi per tipo e funzione



# Appendice H (informativa)

Elaborazione dei dati derivanti dal campionamento - incertezza

N elementi tecnici:

- associabili in gruppi omogenei  $G_h$  ( $h=1\dots g$ ), con  $g$  numero totale di gruppi omogenei;
- quelli singoli, non associabili in gruppi omogenei.

$$N = \sum_{h=1}^g M_h + Q$$

$M_h$  è il numero totale di elementi tecnici misurabili per ogni gruppo  $G_h$

# Appendice H (informativa)

Per ogni gruppo omogeneo  $G_h$  il numero di elementi  $M_h$  ( $Q$ ) può essere ripartito in  $m_{hj}$  ( $q_j$ ) di elementi per ciascuna  $j$ -esima UI.

$$M_h \leq \sum_{j=1}^J m_{hj}$$

$$Q = \sum_{j=1}^J q_j$$

# Appendice H (informativa)

Per ogni gruppo omogeneo  $G_h$  posso estrarre un campione  $C_h$  che sia almeno il 10% di  $M_h$  e non minore di 3.

$X_{hc}$  valore del parametro che esprime un livello di isolamento per il gruppo  $G_h$  con  $c = 1 \dots C_h$

$Y_{hc}$  valore utile del parametro che esprime un livello di rumore per il gruppo  $G_h$  con  $c = 1 \dots C_h$

$X_s$  valore del parametro che esprime un livello di isolamento per prova singola  $S$  con  $S = 1 \dots Q$

$Y_s$  valore del parametro che esprime un livello di rumore per prova singola  $S$  con  $S = 1 \dots Q$

# Appendice H (informativa)

Per le prove singole l'incertezza di campionamento è nulla. Per le prove a campione di ogni singolo requisito  $r$  si calcola la media aritmetica dei valori e quindi la varianza

$$X_{he} = \frac{\sum_{c=1}^{C_h} X_{hc}}{C_h} \quad s_{shX} = \sqrt{\frac{\sum_{c=1}^{C_h} (X_{he} - X_{hc})^2}{C_h - 1} \frac{M_h - C_h}{M_h - 1}}$$

$$Y_{he} = \frac{\sum_{c=1}^{C_h} Y_{hc}}{C_h} \quad s_{shY} = \sqrt{\frac{\sum_{c=1}^{C_h} (Y_{he} - Y_{hc})^2}{C_h - 1} \frac{M_h - C_h}{M_h - 1}}$$

# Appendice H (informativa)

Per valutare l'incertezza  $U_{sh}$  ci si basa su una distribuzione  $t$  di Student monolaterale, e si ricava così il valore rappresentativo del gruppo di elementi misurati

$$U_{sh} = s_{sh} \cdot k$$

$$X_h = X_{he} - U_{sh}$$

$$Y_h = Y_{he} + U_{sh}$$

Numero di prove	Livello di fiducia		
	70%	75%	80%
3	0,62	0,82	1,06
4	0,58	0,76	0,98
5	0,57	0,74	0,94
6	0,56	0,73	0,92
7	0,55	0,72	0,91
8	0,55	0,71	0,90
9	0,55	0,71	0,89
10	0,54	0,70	0,88
11	0,54	0,70	0,88
12	0,54	0,70	0,88
13	0,54	0,70	0,87
14	0,54	0,69	0,87
15	0,54	0,69	0,87
16	0,54	0,69	0,87
17	0,54	0,69	0,86
18	0,53	0,69	0,86
19	0,53	0,69	0,86
20	0,53	0,69	0,86

# Appendice H (informativa)

Il valore rappresentativo rispetto al parametro  $r$  per la  $j$ -esima UI, si ricava come sotto:

$$X_{rj} = -10 \log \frac{\sum_{h=1}^{g_j} \left( 10^{-\frac{X_h}{10}} \cdot m_{hj} \right) + \sum_{S=1}^{q_j} 10^{-\frac{X_S}{10}}}{N_j}$$

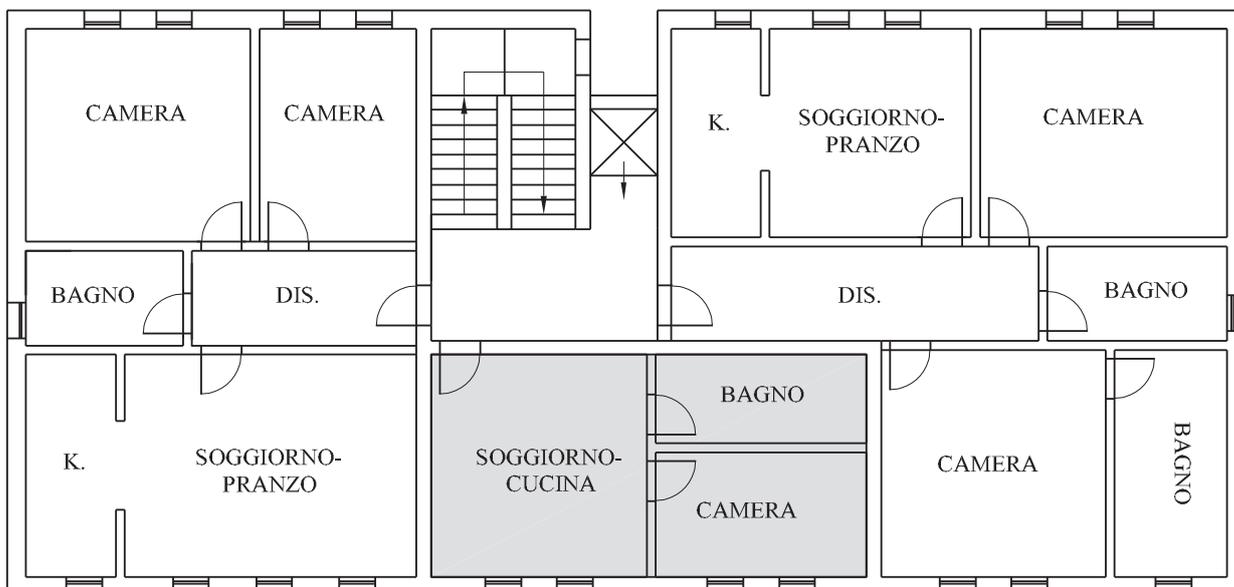
$$Y_{rj} = 10 \log \frac{\sum_{h=1}^{g_j} \left( 10^{\frac{Y_h}{10}} \cdot m_{hj} \right) + \sum_{S=1}^{q_j} 10^{\frac{Y_S}{10}}}{N_j}$$

$$N_j = \sum_{h=1}^{g_j} m_{hj} + q_j$$

57

# Appendice I (informativa)

Esempio per singola unità immobiliare ad uso residenziale



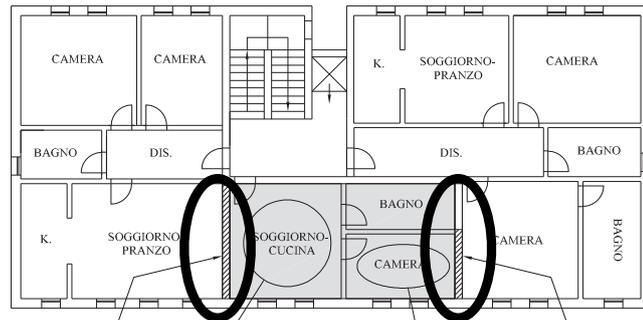
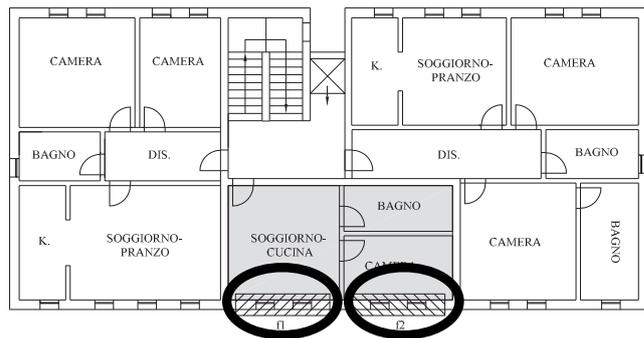
58

# Appendice I (informativa)

Esempio per singola unità immobiliare ad uso residenziale

$D_{2m,nT}$

$R'_w$



59

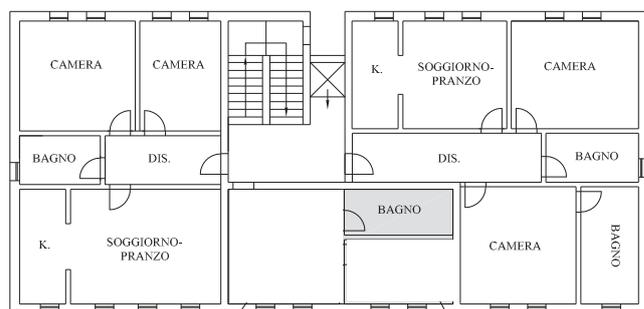
R5 - potere fonoisolante apparente della parete laterale  
R1 - potere fonoisolante apparente del solaio superiore  
R2 - potere fonoisolante apparente del solaio inferiore  
R3 - potere fonoisolante apparente del solaio superiore  
R4 - potere fonoisolante apparente del solaio inferiore  
R6 - potere fonoisolante apparente della parete laterale

# Appendice I (informativa)

Esempio per singola unità immobiliare ad uso residenziale

$L'_n$

$L_i$



c1 - isolamento dal rumore di calpestio del solaio superiore

c2 - isolamento dal rumore di calpestio del solaio superiore

d1 - prova rumorosità indotta dallo scarico del WC del bagno al piano superiore  
d2 - prova rumorosità indotta dallo scarico della doccia del bagno al piano superiore

60

# Appendice I (informativa)

## Isolamento acustico normalizzato di facciata

Prove di isolamento acustico di facciata	Valore misurato [dB]	Incertezza di misura [dB]	Valore utile [dB]
f1	38	1	37
f2	39	1	38

$$D_{2m,nT} = -10 \log \frac{10^{-37/10} + 10^{-38/10}}{2} = 37,5 \text{ dB} \rightarrow \text{classe III}$$

# Appendice I (informativa)

## Potere fonoisolante apparente

Prove di potere fonoisolante apparente tra differenti unità	Valore misurato [dB]	Incertezza di misura [dB]	Valore utile [dB]	Direzione di misura
R1	55	1	54	verticale
R2	53	1	52	verticale
R3	54	1	53	verticale
R4	55	1	54	verticale
R5	51	1	50	orizzontale
R6	50	1	49	orizzontale

# Appendice I (informativa)

## Potere fonoisolante apparente

$$R'_{W,vert} = 53.2 \text{ dB}$$

$$R'_{W,oriz} = 49.5 \text{ dB}$$

$$R'_{W,UI} = -10 \log \frac{10^{-53.2/10} + 10^{-49.5/10}}{2} = 51 \text{ dB} \rightarrow \text{classe III}$$

# Appendice I (informativa)

## Livello di calpestio

Prove di isolamento dal rumore di calpestio	Valore misurato [dB]	Incertezza di misura [dB]	Valore utile [dB]
c1	55	+	56
c2	58		59

$$L'_{n,W} = 10 \log \frac{10^{56/10} + 10^{59/10}}{2} = 57.8 \text{ dB} \rightarrow \text{classe II}$$

# Appendice I (informativa)

Livello di rumore di impianti a funzionamento discontinuo  
(non vi sono impianti a funzionamento continuo)

Prove di rumorosità indotta dagli impianti a funzionamento discontinuo	Tipo di prova	Valore misurato [dB(A)]	Incertezza di misura [dB(A)]	Valore utile [dB(A)]
d1	Scarico WC	34	2,4	36,4
d2	Scarico doccia	32	2,4	34,4

$$L_{id} = 10 \log \frac{10^{36.4/10} + 10^{34.4/10}}{2} = 35.5 \text{ dB} \rightarrow \text{classe III}$$

# Appendice I (informativa)

Classificazione

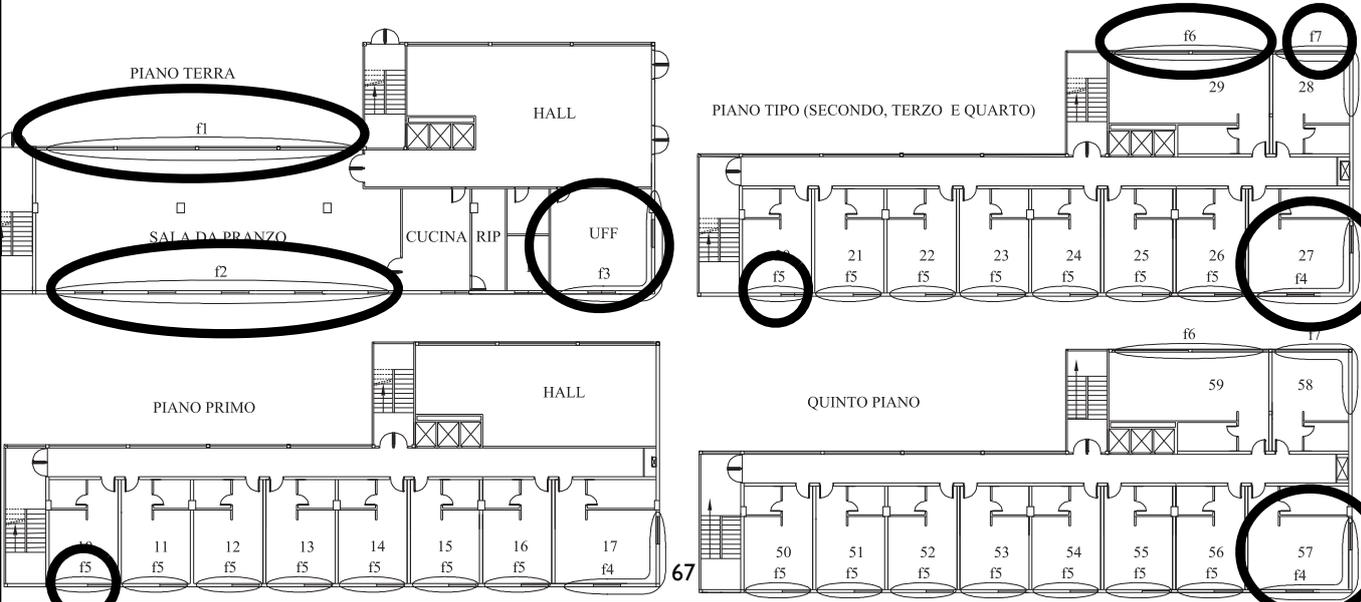
Requisito	Valore	Z <sub>r</sub>
Descrittore dell'isolamento normalizzato di facciata	37,5 dB	3
Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni	51,0 dB	3
Descrittore del livello di pressione sonora normalizzato da calpestio	57,8 dB	2
Livello sonoro corretto immesso da impianti discontinui	35,5 dB(A)	3
Livello sonoro corretto immesso da impianti continui	NP	-

$$Z_{UI} = \frac{\sum_{r=1}^P Z_r}{P} = \frac{3 + 3 + 2 + 3}{4} = 2.75 \rightarrow \text{classe III}$$

# Appendice I (informativa)

Esempio per unità con destinazione d'uso ricettiva (albergo).

**D<sub>2m,nT</sub>**



# Appendice I (informativa)

Esempio per unità con destinazione d'uso ricettiva (albergo).

**D<sub>2m,nT</sub>**

$$N = \sum_{h=1}^g M_h + Q = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + Q = 5 + 35 + 4 + 4 + 3 = 51$$

Gruppo omogeneo	n° elementi tecnici $M_h$	Elementi tecnici campione sottoposti a prova $C_h$
G <sub>1</sub>	5	3
G <sub>2</sub>	35	4
G <sub>3</sub>	4	3
G <sub>4</sub>	4	3

# Appendice I (informativa)

Esempio per unità con destinazione d'uso ricettiva (albergo).

## D<sub>2m,nT</sub>

Gruppo omogeneo	D <sub>2m,n,Tw</sub> misurato [dB]				D <sub>2m,nTw</sub> valore utile [dB] X <sub>hc</sub>				Media aritmetica [dB] X <sub>he</sub>
G <sub>1</sub>	40	41	40	-	39	40	39	-	39,3
G <sub>2</sub>	39	38	38	40	38	37	37	39	37,8
G <sub>3</sub>	36	37	36	-	35	36	35	-	35,3
G <sub>4</sub>	35	37	36	-	34	36	35	-	35,0

Elementi tecnici singoli	D <sub>2m,n,Tw</sub> misurato [dB]	D <sub>2m,nTw</sub> valore utile [dB] X <sub>s</sub>
f1	35	34
f2	36	35
f3	40	39

# Appendice I (informativa)

Esempio per unità con destinazione d'uso ricettiva (albergo).

## D<sub>2m,nT</sub>

Gruppo omogeneo	D <sub>2m,n,Tw</sub> misurato [dB]				D <sub>2m,nTw</sub> valore utile [dB] X <sub>hc</sub>				Media aritmetica [dB] X <sub>he</sub>
G <sub>1</sub>	40	41	40	-	39	40	39	-	39,3
G <sub>2</sub>	39	38	38	40	38	37	37	39	37,8
G <sub>3</sub>	36	37	36	-	35	36	35	-	35,3
G <sub>4</sub>	35	37	36	-	34	36	35	-	35,0

Si riporta ad esempio il calcolo dello scarto quadratico medio campionario per il gruppo G<sub>1</sub>.

$$s_{s1} = \sqrt{\frac{\sum_{c=1}^{C_1} (X_{1e} - X_{1c})^2 (M_1 - C_1)}{C_1 - 1} \frac{(M_1 - 1)}{(M_1 - 1)}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (39.3 - 39)^2 + (39.3 - 40)^2 (5 - 3)}{3 - 1} \frac{(3 - 1)}{(3 - 1)}}$$

# Appendice I (informativa)

Esempio per unità con destinazione d'uso ricettiva (albergo).

**D<sub>2m,nT</sub>**

Una volta calcolato lo scarto quadratico medio si è scelto l'intervallo di confidenza si può determinare l'incertezza.

Gruppo omogeneo	C <sub>n</sub>	s <sub>sh</sub>	Livello di fiducia del 75%	
			k	U <sub>sh</sub>
G <sub>1</sub>	3	0,41	0,82	0,3
G <sub>2</sub>	4	0,92	0,76	0,7
G <sub>3</sub>	3	0,33	0,82	0,3
G <sub>4</sub>	3	0,58	0,82	0,5

Nota l'incertezza si determina infine il valore utile

Gruppo omogeneo	X <sub>he</sub>	Livello di fiducia del 75%	
		U <sub>sh</sub>	X <sub>n</sub>
G <sub>1</sub>	39,3	0,3	39,0
G <sub>2</sub>	37,8	0,7	37,1
G <sub>3</sub>	35,3	0,3	35,0
G <sub>4</sub>	35,0	0,5	34,5

# Appendice I (informativa)

Esempio per unità con destinazione d'uso ricettiva (albergo).

**D<sub>2m,nT</sub>**

Dalla media energetica pesata si ricava il valore del requisito e la classe relativa

Livello di fiducia	Media energetica pesata X <sub>r</sub> [dB]	Classe	Z <sub>r</sub>
75%	36,7	IV	4

# Appendice I (informativa)

Esempio per unità con destinazione d'uso ricettiva (albergo). Si procede allo stesso modo per il calcolo di  $R'_w$ ,  $L'_n$ ,  $L_i$ .

Livello di fiducia	Requisito	Valore	Classe	$Z_r$
75%	a) Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$ dB	36,7	IV	4
	b) Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni verticali e orizzontali fra ambienti di differenti unità immobiliari $R'_w$ dB	NP	NP	-
	c) Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari $L'_{nw}$ dB	NP	NP	-
	d) Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo $L_{ic}$ dB(A)	NP	NP	-
	e) Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo $L_{id}$ dB(A)	36,5	III	3
	f) Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni verticali e orizzontali fra ambienti della stessa unità immobiliare $D_{nT,w}$ dB	53,1	II	2
	g) Indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti della stessa unità immobiliare $L'_{nw}$ dB	56,3	II	2

# Appendice I (informativa)

Esempio per unità con destinazione d'uso ricettiva (albergo). Si conclude quindi con il calcolo della classe acustica.

$$Z_{UI}(75\%) = \frac{\sum_{r=1}^P Z_r}{P} = \frac{4 + 3 + 2 + 1}{4} = 2.75 \rightarrow \text{classe III}$$

**Grazie per l'attenzione!!!**