
EDIFICIO
A DESTINAZIONE D'USO RESIDENZIALE

Roma
Via Mattia Battistini 546

REQUISITI ACUSTICI PASSIVI
VALUTAZIONE PREVISIONALE

RELAZIONE TECNICA

Agosto 2015

PROPONENTE
EULERO engineering S.r.l.
Viale Regina Margherita 37
00198 – Roma

<p>Tecnico Competente in Acustica Ambientale</p>	<p>Gruppo di lavoro</p>
<p><i>Dott. Arch. Chiara Alippi</i></p>	<p><i>Dott. Ing. Andrea Venditti</i></p>
<p>(iscrizione al n° 720 elenco Regione Lazio, ai sensi della L. 447/95)</p>	<p>(Tecnico Competente in Acustica Ambientale iscrizione n° 574 elenco Regione Lazio, ai sensi della L. 447/95)</p>

1. Premessa

Su incarico della Società proponente è stata eseguita la stima previsionale dei requisiti acustici passivi per l'edificio residenziale da realizzarsi nel Comune di Roma in Via Mattia Battistini 546.

In particolare la valutazione previsionale ha riguardato il calcolo dei requisiti acustici passivi in opera per gli appartamenti tipo dell'immobile suddetto; la stima è stata eseguita secondo i dettami delle norme serie UNI EN 12354 e UNI/TR 11175.

Il personale impiegato è stato il seguente:

- Dott. Arch. Chiara Alippi (iscrizione al n° 720 elenco dell'Albo dei Tecnici Competenti in Acustica Ambientale della Regione Lazio, ai sensi della L. 447/95);

in collaborazione con:

- Dott. Ing. Andrea Venditti (iscrizione al n° 574 elenco dell'Albo dei Tecnici Competenti in Acustica Ambientale della Regione Lazio, ai sensi della L. 447/95).

2. Normativa di riferimento

- Legge 26 Ottobre 1995 n° 447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico";
- D.P.C.M. 5/12/97 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici";
- UNI EN ISO 717-1: 1997 "Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Isolamento acustico per via aerea";
- UNI EN ISO 717-2: 1997 "Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Isolamento del rumore di calpestio";
- UNI EN 12354-1: 2002 "Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti – Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti";
- UNI EN 12354-2: 2002 "Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti – Isolamento acustico al calpestio tra ambienti";
- UNI EN 12354-3: 2002 "Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti – Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea";
- UNI EN 12354-4: 2003 "Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti – Trasmissione del rumore interno all'esterno";

- UNI EN 12354-5: 2009 “Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti – Livelli sonori dovuti agli impianti tecnici”;
- UNI/TR 11175: 2005 “Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici – Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale”.

3. Requisiti acustici passivi (D.P.C.M. 5/12/1997)

In attuazione dell’art. 3, comma 1), lettera e), della legge quadro sull’inquinamento acustico (Legge 26 Ottobre 1995 n° 447), è stato emanato il D.P.C.M. 5 Dicembre 1997 “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”. Il decreto determina i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici ed i requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti in opera, al fine di ridurre l’esposizione umana al rumore.

Ai fini dell’applicazione del decreto gli ambienti abitativi sono distinti nelle categorie indicate nella tabella seguente (gli edifici residenziali rientrano nella categoria A).

Tabella 1 - Classificazione degli ambienti abitativi

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

Sono definiti componenti degli edifici sia le partizioni orizzontali sia quelle verticali.

Vengono definiti servizi a funzionamento discontinuo:

- gli ascensori, gli scarichi idraulici, i bagni, i servizi igienici e la rubinetteria.

Mentre vengono definiti servizi a funzionamento continuo:

- gli impianti di riscaldamento, aerazione e condizionamento.

Al fine di ridurre l’esposizione umana al rumore il decreto indica i valori limite delle grandezze che determinano i requisiti acustici passivi dei componenti degli edifici e delle sorgenti sonore interne, indicati nella tabella seguente.

Tabella 2 - Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici

Categorie	Parametri				
	R'_w (*)	$D_{2m,nT,w}$	$L'_{n,w}$	L_{ASmax}	L_{Aeq}
D	55	45	58	35	25
A,C	50	40	63	35	35
E	50	48	58	35	25
B, F, G	50	42	55	35	35

(*) I valori di R'_w sono riferiti a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari

in cui:

- R'_w è l'indice del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti;
- $D_{2m,nT,w}$ è l'indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata

$$D_{2m,nT} = D_{2m} + 10 \log \frac{T}{T_0} \qquad D_{2m} = L_{1,2m} - L_2$$

con:

- $L_{1,2m}$ livello di pressione sonora esterno a 2 metri dalla facciata, prodotto da rumore da traffico se prevalente, o da altoparlante con incidenza del suono a 45° sulla facciata;
- L_2 livello di pressione sonora medio nell'ambiente ricevente;
- T è il tempo di riverberazione nell'ambiente ricevente, in s;
- T_0 è il tempo di riverberazione di riferimento assunto pari a 0,5 s.
- $L'_{n,w}$ è l'indice del livello di rumore di calpestio di solai, normalizzato;
- L_{ASmax} è il livello massimo di pressione sonora ponderata "A" con costante di tempo slow, prodotto dai servizi a funzionamento discontinuo;
- L_{Aeq} è il livello equivalente continuo di pressione sonora ponderata "A", prodotto dai servizi a funzionamento continuo.

Le grandezze di riferimento riportate nella tabella precedente, che caratterizzano i requisiti acustici degli edifici, devono essere determinati con misure in opera.

4. La normalizzazione dell'isolamento acustico e del livello di rumore di calpestio

In considerazione del fatto che le unità assorbenti presenti nell'ambiente ricevente influenzano il livello di pressione sonora che in esso si stabilisce, l'isolamento acustico e il livello di rumore di calpestio vengono rapportati a quello che si avrebbe in un ambiente di riferimento con unità assorbenti pari a 10 m^2 . In tal maniera è possibile raffrontare valori di isolamento acustico e livello di calpestio misurati in ambienti con unità assorbenti diverse (per es. ambienti arredati e non arredati).

Mediante tale raffronto si ottiene l'*isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto all'assorbimento equivalente*, definito attraverso l'espressione:

$$D_{2m,n} = D_{2m} - 10 \log_{10} \left(\frac{A}{A_0} \right)$$

Dove "A" sono le unità assorbenti dell'ambiente in esame e "A₀" = 10 m^2 , sono le unità assorbenti dell'ambiente di riferimento.

Utilizzando la formula di Sabine per la determinazione del tempo di riverberazione, si definisce l'*isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione*, mediante l'espressione:

$$D_{2m,nT} = D_{2m} + 10 \log_{10} \left(\frac{T}{T_0} \right)$$

Dove "T" è il tempo di riverberazione dell'ambiente in esame e "T₀" = 0,5 s, è il tempo di riverberazione dell'ambiente di riferimento.

Allo stesso modo si ottiene il *livello di pressione sonora di calpestio normalizzato*, definito attraverso l'espressione:

$$L_n = L_i + 10 \log_{10} \left(\frac{A}{A_0} \right)$$

Dove L_i è il livello di pressione sonora di calpestio determinato quando il solaio è eccitato dal generatore di calpestio normalizzato.

Analogamente, utilizzando la formula di Sabine per la determinazione del tempo di riverberazione, si definisce il *livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto al tempo di riverberazione*, mediante l'espressione:

$$L_{n,T} = L_i - 10 \log_{10} \left(\frac{T}{T_0} \right)$$

5. Gli indici di valutazione

I valori di isolamento acustico, potere fonoisolante e livello di rumore da calpestio sono riferiti alle singole bande di frequenza comprese nell'intervallo d'interesse, solitamente dai 100 ai 3.150 Hz per le misure in opera, e dai 100 ai 5.000 Hz per le misure in laboratorio.

Tuttavia, qualora si intenda caratterizzare con un solo valore la prestazione acustica di uno specifico componente, è necessario ricorrere all'indice di valutazione (indicato con il pedice w), il quale viene ricavato sovrapponendo la curva dell'andamento in frequenza della grandezza considerata (potere fonoisolante, isolamento acustico, ecc.), in bande di ottave o di 1/3 di ottava, con una curva di riferimento definita dalla norma UNI EN ISO 717 parte 1, nel caso di rumore aerei, e parte 2, nel caso di rumore di calpestio. Si definisce a tale riguardo indice di valutazione il valore in decibel della curva di riferimento a 500 Hz dopo lo spostamento della curva stessa secondo il metodo specificato nelle Norme UNI EN ISO 717.

I limiti previsti dal D.P.C.M. 5/12/1997, per i requisiti acustici passivi degli edifici, fanno riferimento agli indici di valutazione.

6. Modelli di calcolo impiegati per la valutazione previsione dei requisiti acustici passivi

Nel presente paragrafo viene descritta la metodologia utilizzata per la stima previsionale dei requisiti acustici tramite un modello semplificato di calcolo.

Per la previsione dei requisiti acustici passivi degli edifici è possibile fare riferimento alla serie delle norme UNI EN 12354 (valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti). In particolare per l'applicazione alla tipologia costruttiva nazionale è stata emanata la norma UNI/TR 11175 (guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici – Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale).

Sulla base dei modelli di calcolo previsti nelle norme suddette si sono stimati l'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente (R'_w), l'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione ($D_{2m,nT,w}$) e l'indice del livello di rumore di calpestio normalizzato ($L'_{n,w}$).

Le grandezze che esprimono le proprietà acustiche degli edifici e dei prodotti, considerate nella presente relazione, sono tutte indipendenti dalla frequenza (si prendono a riferimento gli indici di valutazione).

Si precisa, come indicato nelle norme tecniche, che i risultati ottenuti con il calcolo previsionale non possono essere utilizzati al fine del collaudo delle reali prestazioni in opera. Solo dalle misure in opera si otterranno i valori da confrontare con i limiti normativi (D.P.C.M. 5/12/97).

6.1. Potere fonoisolante apparente

La verifica del potere fonoisolante apparente può essere svolta sia attraverso calcoli empirici, sia attraverso delle misurazioni in opera, secondo la procedura definita dalla norma UNI EN ISO 140-4.

La valutazione delle trasmissioni laterali, ossia del flusso di energia che passa attraverso i vincoli strutturali del pannello, è di difficile soluzione, sia perché è complicato schematizzare il fenomeno di accoppiamento strutturale con le pareti laterali, sia perché detto contributo può variare, anche in modo considerevole, in base all'accuratezza con cui è stata realizzata l'opera. Ciò nonostante, alcuni modelli di calcolo consentono di ricavare l'effettivo isolamento acustico tra due ambienti a partire dalle caratteristiche di accoppiamento tra gli elementi strutturali, quali:

- il potere fonoisolante (R) delle strutture coinvolte (partizione + quattro strutture laterali);
- la massa superficiale di tutte le strutture considerate;
- le dimensioni dei due ambienti (sorgente e ricevente);
- l'indice di riduzione delle vibrazioni (K_{ij});
- la differenza di potere fonoisolante (ΔR) qualora siano presenti strati di rivestimento fonoisolanti o pavimenti galleggianti.

La metodologia di calcolo proposta si basa sulle indicazioni della norma europea UNI EN 12354-1.

Il metodo di calcolo si basa sui valori del potere fonoisolante del divisorio in esame (R_d misurato in laboratorio senza trasmissioni laterali o stimato tramite correlazioni specifiche o valutazioni analitiche) e del potere fonoisolante relativo ai diversi percorsi di trasmissione strutturale laterale (R_{ij}). Con tale metodo non vengono presi in considerazione i contributi dovuti ai coefficienti di trasmissione sonora di piccoli elementi posti sulla partizione.

L' R'_w si calcola mediante la seguente formula:

$$R'_w = -10 \log_{10} \left(10^{\frac{-R_{wDd}}{10}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{\frac{-R_{wFf}}{10}} + \sum_{f=1}^n 10^{\frac{-R_{wDf}}{10}} + \sum_{F=1}^n 10^{\frac{-R_{wFd}}{10}} \right)$$

Dove R_{wDd} , R_{wFf} , R_{wDf} e R_{wFd} sono i valori dell'indice di valutazione del potere fonoisolante per trasmissione che avviene attraverso il percorso diretto (Dd) e i percorsi laterali (F_f , D_f e F_d) (vedi figura seguente)

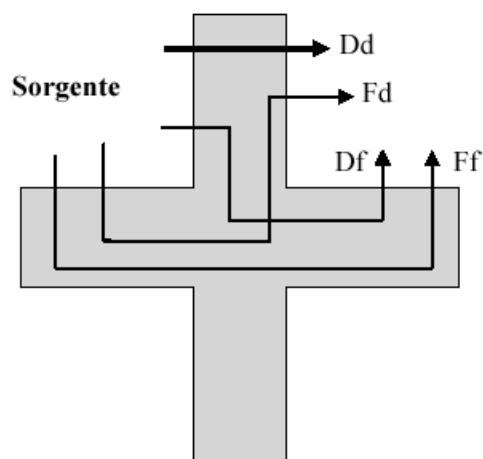


Figura 1–Percorsi della trasmissione sonora

Per determinare l'indice di valutazione di potere fonoisolante per ogni singolo percorso di trasmissione sonora, si utilizza la seguente relazione:

$$R_{w,ij} = \frac{R_{w,i} + R_{w,j}}{2} + \Delta R_{w,ij} + K_{ij} + 10 \log_{10} \left(\frac{S}{l_0 l_{ij}} \right)$$

dove:

- $R_{w,i}$ è l'indice di valutazione di potere fonoisolante della struttura "i" priva di elementi di rivestimento (pavimenti galleggianti, contropareti, controsoffitti) [dB];
- $R_{w,j}$ è l'indice di valutazione di potere fonoisolante della struttura "j" priva di elementi di rivestimento (pavimenti galleggianti, contropareti, controsoffitti) [dB];

- $\Delta R_{w,ij}$ è l'incremento dell'indice di valutazione di potere fonoisolante dovuto all'apposizione di strati di rivestimento lungo il percorso i-j (pavimenti galleggianti, contropareti, controsoffitti che vengono effettivamente attraversati dal suono) [dB];
- K_{ij} è l'indice di riduzione delle vibrazioni del percorso i-j [dB];
- S è la superficie della partizione (m^2);
- l_0 è la lunghezza di riferimento pari a 1 m;
- l_{ij} è la lunghezza del giunto tra le strutture ij considerate.

Per il calcolo di $\Delta R_{w,ij}$ si utilizza la seguente formula:

$$\Delta R_{w,ij} = \Delta R_{w,i} + \frac{\Delta R_{w,j}}{2} \qquad \Delta R_{w,ij} = \Delta R_{w,j} + \frac{\Delta R_{w,i}}{2}$$

la prima relazione è valida se: $\Delta R_{w,i} < \Delta R_{w,j}$; la seconda relazione è valida se: $\Delta R_{w,i} > \Delta R_{w,j}$

Dove:

- $\Delta R_{w,i}$: incremento di R_w dovuto allo strato di rivestimento sul lato i;
- $\Delta R_{w,j}$: incremento di R_w dovuto allo strato di rivestimento sul lato j.

Ovviamente nel caso non sia presente alcuno strato di rivestimento $\Delta R_w = 0$.

L'indice di riduzione delle vibrazioni (K_{ij}) è correlato alla potenza sonora, trasmessa per vibrazione strutturale da una giunzione, tra i due elementi costruttivi, ad esempio tra pareti e solai. Tale termine è, quindi, una caratteristica intrinseca della giunzione che deriva dalla differenza di velocità media di vibrazione che si crea tra le due strutture esaminate quando una sola delle due è direttamente sollecitata.

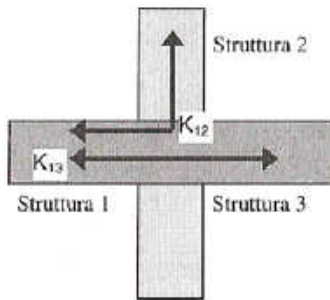
Il valore di K_{ij} , per giunti tra strutture omogenee, può essere calcolato in funzione del rapporto delle masse areiche delle strutture che vi convergono. Attraverso misure sperimentali, è stato verificato che K_{ij} varia in funzione del tipo di giunto e del valore di M , il quale è calcolato con la seguente relazione:

$$M = \log_{10} \frac{m'_{\perp i}}{m'_i}$$

Dove:

- m'_i è la massa areica della struttura considerata;
- $m'_{\perp i}$ è la massa areica della struttura perpendicolare a quella considerata.

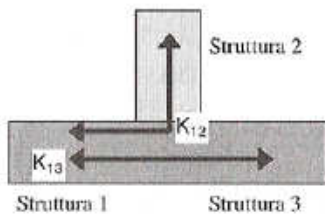
Nelle figure seguenti sono riportate le formule per il calcolo di K_{ij} per i principali tipi di giunzione.



Giunto rigido a croce tra strutture omogenee

$$K_{13} = 8,7 + 17,1M + 5,7M^2 \quad (\text{dB})$$

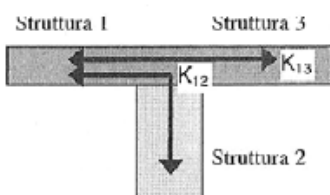
$$K_{12} = K_{23} = 8,7 + 5,7M^2 \quad (\text{dB})$$



Giunto rigido a T tra strutture omogenee

$$K_{13} = 5,7 + 14,1M + 5,7M^2 \quad (\text{dB})$$

$$K_{12} = K_{23} = 5,7 + 5,7M^2 \quad (\text{dB})$$



Giunto tra strutture omogenee e facciate leggere

$$K_{13} = 5 + 10M \quad (\text{dB}) \quad (K_{\min} = 5)$$

$$K_{12} = K_{23} = 10 + 10 |M| \quad (\text{dB})$$

Figura 2 – Trasmissione caratteristica di giunzione per tipi più comuni di giunzione

Il valore minimo che può assumere K_{ij} non è 0 ma deve essere considerato almeno uguale

a:

$$K_{ij,\min} = 10 \log_{10} \left[l_{ij} l_0 \left(\frac{1}{S_i} + \frac{1}{S_j} \right) \right]$$

dove l_{ij} è la lunghezza del giunto in metri, l_0 è pari a 1 metro e S_i e S_j sono le superfici delle strutture in esame, in mq.

6.2. Isolamento acustico di facciata

L'isolamento acustico di una facciata dipende dalle proprietà acustiche di tutti gli elementi che la costituiscono ma il risultato finale è influenzato dagli elementi più deboli, ossia:

- Finestre;
- Porte;
- Cassonetti;
- Eventuali prese d'aria.

Normalmente la muratura opaca essendo a doppio strato o di elevato spessore, ha proprietà acustiche adeguate.

Nella misura dell'isolamento acustico di facciata viene particolarmente evidenziato il fenomeno della coincidenza (questo perché il campo acustico è diretto e non diffuso per l'utilizzo dell'altoparlante direzionato verso la facciata).

È possibile stimare l'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al T_{60} (tempo di riverberazione), parametro richiesto dal D.P.C.M. 5/12/1997, con il metodo descritto nella norma UNI EN ISO 12354-3.

Il modello di calcolo si basa sulle seguenti relazioni:

$$D_{2m,nT,w} = R'_w + \Delta L_{fs} + 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{V}{6T_0 S} \right)$$

Dove:

- R'_w è l'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di facciata [dB];
- ΔL_{fs} è la differenza di livello sonoro in facciata [dB];
- V è il volume dell'ambiente ricevente (m^3);
- T_0 è il tempo di riverberazione di riferimento = 0,5 s;
- S è la superficie della facciata, come vista dall'interno (m^2).

Il termine ΔL_{fs} dipende dalla forma della facciata, dall'assorbimento acustico delle superfici aggettanti (balconi) e dalla direzione del campo sonoro (nella norma UNI EN ISO 12354-3 sono riportati gli schemi per il calcolo).

Il R'_w apparente di facciata può essere calcolato sulla base degli R_w dei singoli elementi costituenti la facciata (parte di facciata corrispondente all'ambiente interno) e della trasmissione laterale, utilizzando il metodo della media ponderata dei coefficienti di trasmissione:

$$R'_w = -10 \cdot \log_{10} \left(\sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S} 10^{\frac{-R_{wi}}{10}} + \frac{A_0}{S} \sum_{i=1}^p 10^{\frac{-D_{n,wi}}{10}} \right) - K$$

Dove:

- R_i è l'indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento di facciata i-esimo [dB];
- S_i è la superficie dell'elemento di facciata i-esimo (m^2);
- A_0 è l'area equivalente di assorbimento acustico di riferimento = $10 m^2$;
- D_{ni} è l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato del piccolo elemento di facciata i-esimo (ad esempio prese d'aria) [dB];
- S è la superficie complessiva della facciata, come vista dall'interno (m^2);
- K è la correzione relativa al contributo globale della trasmissione laterale [0-2 dB].

In assenza di dati specifici degli R_{wi} e $D_{n,wi}$, si può fare riferimento alle indicazioni riportate nella norma UNI EN ISO 12354-3.

Per prese d'aria non insonorizzate si può considerare l'elemento al pari di una apertura la cui riduzione sonora è trascurabile. È possibile stimare l'isolamento acustico normalizzato con la seguente relazione (UNI EN 12354-3 D.2)

$$D_{n,e} = -10 \cdot \log_{10} \frac{S_{open}}{10}$$

Dove:

- S_{open} è l'area dell'apertura (m^2).

Nel caso di un numero maggiore di piccoli elementi identici o con lunghezza maggiore rispetto al campione sottoposto a prova si può utilizzare:

$$D_{n,e,situ} = D_{n,e,lab} - 10 \cdot \log_{10} n_e$$

$$D_{n,e,situ} = D_{n,e,lab} - 10 \cdot \log_{10} \frac{l_{situ}}{l_{lab}}$$

Dove:

- n_e è il numero di elementi identici;
- l_{situ} è la lunghezza dell'elemento installato in opera.

**ACCORGIMENTI DA PREVEDERE DURANTE LA POSA IN OPERA
DEI SERRAMENTI**

Data la presenza di elementi di raccordo tra serramenti e muratura, dovranno essere adottati i seguenti accorgimenti:

- Le attestazioni delle pareti su spallette, architravi e davanzali, dovranno essere caratterizzate da un'adeguata massa superficiale, mediante l'adozione di lamiera di acciaio o simili;
- Dovranno essere adottati accorgimenti per la sigillatura dei serramenti alla muratura: utilizzo di prodotti elastici ad elevate prestazioni (previo posizionamento di fondo giunto) tra controtelaio e muratura, l'utilizzo di materiale precompresso autoespandente, l'interposizione di lana minerale o fibre di poliestere ad alta densità per riempire gli spazi residui, l'utilizzo di sigillanti elastici;
- La presenza dei controtelai, anche di elevata dimensione frontale, non dovrà causare una riduzione della prestazione; dovranno essere in ogni caso garantite prestazioni fonoisolanti non inferiori a quelle previste per il serramento.

Nella maggior parte dei casi un significativo deficit rispetto ai calcoli previsionali risulta imputabile ad una non corretta registrazione del serramento, questo con particolare riferimento ad una non sufficiente pressione sulle guarnizioni di battuta delle ante. Il semplice intervento di registrazione porta nella maggioranza dei casi a significativi miglioramenti di isolamento con incrementi delle prestazioni acustiche che in alcuni casi possono superare i 10 dB.

6.3. Livello di rumore di calpestio

Il livello di rumore da calpestio rappresenta il livello medio di pressione sonora che si rileva in un ambiente quando sul solaio sovrastante agisce un generatore di rumore da calpestio normalizzato (macchina da calpestio). In altri termini, il livello di rumore da calpestio esprime la risposta acustica del solaio a seguito della sollecitazione dello stesso. Tuttavia, trattandosi di una sollecitazione meccanica definita, tale risposta non esprime realisticamente il rumore che si avrebbe in un ambiente per effetto dei passi di una persona sul solaio sovrastante; ciò nonostante, il vantaggio offerto da questo approccio metodologico è notevole, poiché consente di confrontare strutture differenti, oltreché impiegare modelli di calcolo previsionale.

Per evitare l'impiego di solai pesanti o di spessore elevato, il modo più conveniente per contenere il rumore da calpestio consiste nel ridurre l'eccitazione del pavimento. Tale soluzione è possibile inserendo uno strato di materiale resiliente fra il solaio e lo strato di rivestimento, creando un così detto "*pavimento galleggiante*", il quale riduce la trasmissione della potenza meccanica trasmessa al solaio.

Affinché tale sistema sia efficace, il pavimento galleggiante deve essere separato elasticamente lungo tutto il perimetro delle pareti perimetrali che lo delimitano.

**ACCORGIMENTI DA PREVEDERE DURANTE LA POSA IN OPERA
DELLA PAVIMENTAZIONE GALLEGGIANTE**

- Al di sopra del solaio può essere previsto uno strato di calcestruzzo alleggerito all'interno del quale posizionare le tubazioni;
- Le tubazioni, ove necessario, saranno fissate in modo da non bloccare il movimento del massetto;
- Le eventuali tubazioni, posizionate sopra il solaio grezzo, saranno protette con malta cementizia;
- Le tubazioni saranno completamente coperte dal getto di completamento (alleggerito), ove previsto, in modo da ottenere una superficie piana, necessaria per una successiva corretta posa dello strato anticalpestio;
- L'anticalpestio sarà posato solo dopo la completa applicazione delle fasce perimetrali e la totale rimozione di detriti o residui di lavorazione;
- Per non provocare schiacciamenti dell'anticalpestio durante le lavorazioni, saranno utilizzate tavole o pannelli in modo da distribuire il peso degli operatori;
- I pannelli isolanti saranno accostati in modo da evitare la penetrazione di cemento tra gli stessi durante la gettata; in ogni caso dovranno essere impiegati uno o due fogli di polietilene per la separazione del getto dall'anticalpestio;
- La fascia perimetrale dovrà essere dotata di lato adesivo per mantenere la posizione corretta durante il successivo getto della pavimentazione; la fascia va sormontata con il pannello resiliente anticalpestio o dotata di fascia in polietilene per evitare la possibile penetrazione del cemento tra l'anticalpestio e la fascia perimetrale stessa durante la getta del massetto; l'altezza della fascia perimetrale dovrà essere di altezza superiore allo spessore del massetto;
- Le fasce perimetrali dovranno essere previste anche in corrispondenza delle porte e delle tramezze;
- Il pavimento dovrà essere posato evitando di esercitare pressioni contro la fascia perimetrale;
- Solo dopo la posa del pavimento potrà essere tagliata la parte in eccesso di fascia perimetrale;
- Deve essere evitato il contatto rigido tra eventuale battiscopa e massetto.

Eventuali tubazioni che attraversano le pavimentazioni dovranno essere desolidarizzate al fine di non creare un contatto rigido con la pavimentazione galleggiante. Tale accorgimento se non rispettato comprometterà l'efficacia dell'isolamento, in quanto la creazione di vincoli rigidi, anche solamente in punti limitati, non consentono all'intera pavimentazione di funzionare correttamente.

Il miglioramento acustico di un pavimento galleggiante dipende dalla rigidità dinamica (s') dello strato resiliente inserito sotto la pavimentazione oltre che dalla frequenza di risonanza dell'intera struttura (pavimento, strato elastico e solaio).

Per la valutazione del rumore da calpestio viene impiegato un modello di calcolo semplificato indicato dalla norma UNI EN 12354-2, valido nel caso di ambienti sovrapposti e per solai con la struttura di base omogenea.

L'indice del livello di rumore da calpestio normalizzato (L'_{nw}), parametro richiesto dal D.P.C.M. 5 dicembre 1997, è calcolato mediante la seguente relazione:

$$L'_{nw} = L_{nw} - \Delta L_w + K$$

Dove:

- L_{nw} è l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato di un solaio senza pavimento galleggiante;
- ΔL_w è l'indice di valutazione dell'attenuazione del livello di rumore di calpestio dovuta al rivestimento;
- K è il contributo peggiorativo che tiene conto della trasmissione laterale.

Per la maggior parte dei casi, in cui la massa areica del solaio nudo è compresa fra 100 e 600 Kg/m², l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato (L_{nw}) può essere calcolato con la seguente formula:

$$L_{nw} = 164 - 35 \log_{10} m'$$

Dove:

- m' è la massa superficiale del solaio nudo espressa in Kg/m².

Il valore di ΔL_w dipende dalla massa superficiale del pavimento galleggiante e dalla rigidità dinamica per unità di area dello strato resiliente. Il valore di ΔL_w è deducibile da grafici riportati nella UNI EN 12354-2.

Infine, il termine K indica il contributo in dB dovuto alla trasmissione laterale del rumore. Tale valore varia in funzione della massa superficiale del solaio e della media pesata delle masse superficiali degli elementi laterali dell'ambiente ricevente, considerato che, tanto minore è la massa superficiale degli elementi laterali, tanto più elevato è il valore di K . Anche in questo caso il valore di K è indicato nella tabella riportata nella UNI EN 12354-2.

6.4. Incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante

L'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante, ΔR_w , ottenuto mediante l'applicazione di strati addizionali quali, per esempio, una controparete con interposto strato isolante, un pavimento galleggiante o un controsoffitto, si differenzia a seconda che venga coinvolta la trasmissione diretta o quella laterale e dipende inoltre dal tipo della struttura di base alla quale lo strato addizionale è applicato.

In mancanza di dati sperimentali, l'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante, ΔR_w , può anche essere calcolato in funzione della frequenza di risonanza, f_0 , del

sistema "struttura di base - rivestimento" e, a seconda del suo valore, l'indice può assumere valori sia positivi sia negativi.

Se si impiegano strati addizionali il cui elemento resiliente è fissato direttamente alla struttura di base, la frequenza di risonanza, f_0 , si ottiene dalla seguente relazione:

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

dove:

- s' è la rigidità dinamica dello strato isolante, in MN/m^3 , ottenuta secondo la UNI EN 29052-1:1993;
- m_1' è la massa per unità di area della struttura di base, in kilogrammi al metro quadrato (kg/m^2);
- m_2' è la massa per unità di area dello strato addizionale, in kilogrammi al metro quadrato (kg/m^2).

Per strati addizionali non direttamente collegati alla struttura di base e realizzati con montanti o correnti, metallici o in legno, e con la cavità riempita mediante materiale poroso avente resistenza al flusso di aria $r > 5 \text{ kNs/m}^4$ la frequenza di risonanza si calcola da:

$$f_0 = 160 \cdot \sqrt{\frac{0,111}{d} \cdot \left(\frac{1}{m_1'} + \frac{1}{m_2'} \right)}$$

dove:

- d è lo spessore della cavità, in metri (m).

Determinata la frequenza di risonanza, l'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante, ΔR_w , si ricava dalla tabella seguente, valido per strutture di base aventi l'indice di valutazione del potere fonoisolante, R_w , compreso tra 20 dB e 60 dB.

Tabella 3 - Incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante per strato addizionale

Frequenza di risonanza f_0	ΔR_w dB
$f_0 \leq 80$	$35 - R_w/2$
$80 < f_0 \leq 125$	$32 - R_w/2$
$125 < f_0 \leq 200$	$28 - R_w/2$
$200 < f_0 \leq 250$	-2
$250 < f_0 \leq 315$	-4
$315 < f_0 \leq 400$	-6
$400 < f_0 \leq 500$	-8
$500 < f_0 \leq 1\ 600$	-10
$f_0 > 1\ 600$	-5

Nota Il valore di R_w è relativo alla struttura di base (parete o solaio) nuda.

6.5. Livello di rumore degli impianti tecnologici

La stima dei livelli di rumorosità prodotti dagli impianti tecnologici (sorgenti interne agli edifici) è estremamente problematica, poiché le variabili in gioco sono molteplici e i risultati sono spesso imprevedibili, causa la notevole difficoltà a sintetizzare aspetti quali materiali impiegati, posa in opera, caratteristiche dell'edificio. Per tale motivo è possibile soltanto definire una previsione qualitativa del fenomeno.

In mancanza di un dato previsionale, vengono descritti alcuni consigli di "buona tecnica" utili a contenere il fenomeno della trasmissione del rumore per via strutturale, essendo questa la componente del rumore maggiormente significativa per quanto attiene gli impianti tecnologici.

6.5.1. Indicazioni tecnico-operative

Impianti di scarico:

- curve: evitare, specialmente a fine colonna, deviazioni a 90° utilizzando due raccordi a 45° con un tratto rettilineo intermedio;
- diramazioni: ridurre al minimo indispensabile il loro impiego, prevedendo l'uso di elementi coibentati;
- attraversamento di solai e pareti: utilizzare dei materiali isolanti per desolidarizzare la tubazione dagli elementi attraversati;

- fissaggio a parete: impiegare staffature non rigide (supporti elastici);
- posizionamento: per quanto possibile evitare il passaggio delle tubazioni vicino alle camere da letto. Se possibile utilizzare dei cavedi esterni;
- prevedere dei condotti di aerazione che arrivino fino al tetto;
- utilizzare in generale delle soluzioni per la realizzazione di scarichi isolati (ad esempio tubazioni multistrato con massa elevata).

Si evidenziano gli accorgimenti da adottare nella realizzazione delle tubazioni di scarico, al fine di ridurre la generazione e la propagazione del rumore:

- collari di sostegno delle tubazioni preferibilmente non connessi direttamente alle pareti ma ai solai;
- collari di sostegno delle tubazioni dotati di anello in elastomero in conformità alla norma DIN 4109 (per limitare i rumori che si propagano per via strutturale); l'anello deve essere di dimensione adatta al diametro esterno della tubazione e non deve essere eccessivamente compresso;
- le tubazioni non a contatto con altri elementi rigidi (tubi, strutture, pareti, pavimento, ecc.);
- corretta ventilazione della colonna;
- assenza di deviazioni della condotta; in questi casi vanno adottati gomiti a 45 ° e tratto di rallentamento da 205 mm, e non curve a 90°;
- realizzazione del collegamento tra uno scarico verticale e uno orizzontale mediamente con una braga a 45 ° ed una curva a 45°.

Impianto idrico sanitario, rubinetteria:

- attraversamento di solai e pareti: utilizzare dei materiali isolanti per desolidarizzare la tubazione dagli elementi attraversati;
- posizionamento: per quanto possibile evitare il passaggio delle tubazioni vicino alle camere da letto. Se possibile utilizzare dei cavedi esterni;

Impianto ascensore:

- isolare il vano ascensore dalle pareti di confine degli appartamenti (ad esempio interporre il vano scala tra il vano ascensore e gli appartamenti);
- realizzare le pareti del vano ascensore con soluzioni che garantiscano un buon potere fonoisolante;
- installare organi motore con emissioni sonore limitate.

Caldaiette autonome per riscaldamento:

- uso di dispositivi con ridotte emissioni sonore certificate;
- posizionamento dei dispositivi in vani con partizioni a più elevato potere fonoisolante.

N.B.: è buona norma evitare, per quanto possibile, il passaggio delle tubazioni vicino alle camere da letto utilizzando dei cavedi esterni e non incassare i cavedi nelle murature divisorie. Nei casi in cui sono previsti cavedi passanti in pareti divisorie tra differenti unità immobiliari saranno impiegati dei rivestimenti tali da garantire il rispetto del requisito acustico previsto dal D.C.P.M. 5/12/97.

Inoltre, per evitare fischi e ronzii delle tubazioni e delle valvole, la velocità dell'acqua deve essere contenuta come indicato da tabella sottostante.

Tabella 4 – Velocità massime consigliate per l'acqua nelle tubazioni

MASSIME VELOCITÀ CONSIGLIABILI PER L'ACQUA NELLE TUBAZIONI								
Diametro del tubo (mm)								
25	50	80	100	125	150	200	250	≥300
0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	2,9	3,0
Velocità massima (m/s)								

Impianti elettrici:

Gli impianti elettrici degli edifici residenziali in genere non producono una rumorosità significativa da imporre particolari precauzioni di isolamento ed in genere è sufficiente avere l'accortezza di evitare di contrapporre le scatole elettriche, le tracce e gli interruttori elettrici nella stessa parete in modo da non avvertire il "click" di accensione o spegnimento degli stessi ed evitare i ponti acustici nelle pareti divisorie tra appartamenti. La figura seguente individua l'errata e la corretta posa in opera delle scatole elettriche nei divisori tra appartamenti, lo stesso criterio è valido per le tracce degli impianti da prevedere non contrapposte.

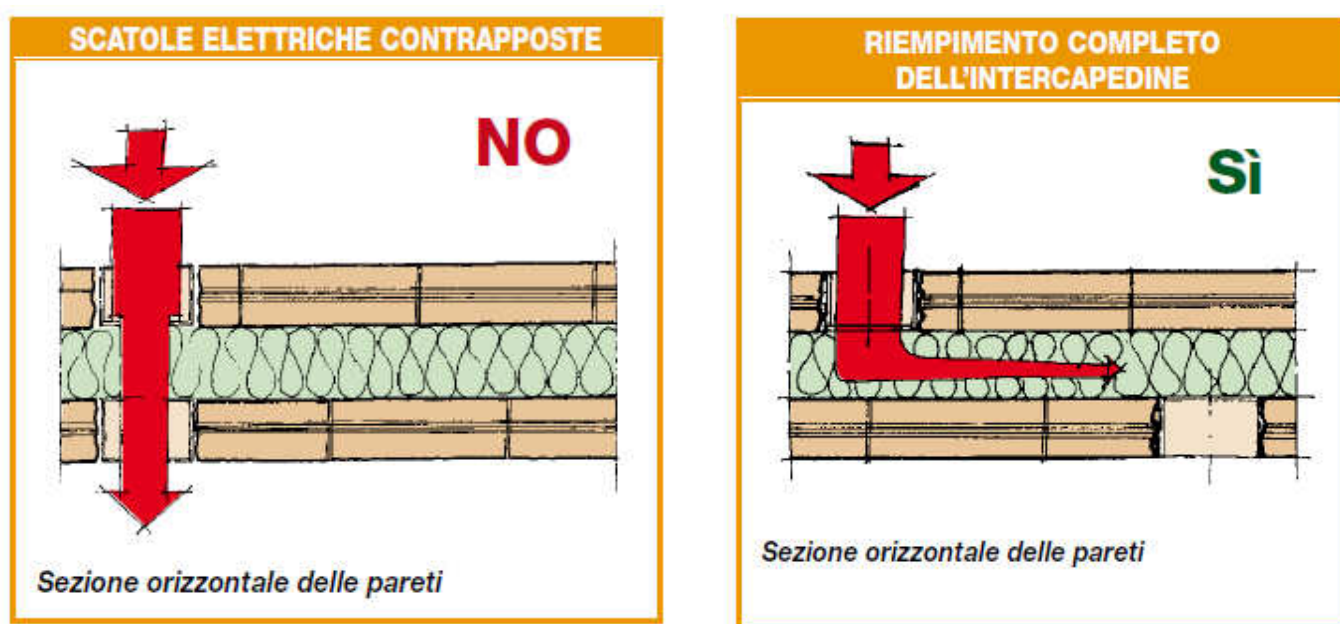


Figura 3 – Scatole impianti elettrici

6.6. Accuratezza del modello previsionale

La principale esperienza nell'applicazione del modello previsto dalle norme UNI e applicato per la stima previsionale degli indici di valutazione nella presente relazione, deriva soprattutto da edifici i cui elementi strutturali di base sono o possono essere considerati omogenei (per esempio pareti di calcestruzzo, di mattoni, di blocchi). In tali situazioni la previsione con l'uso di indici di valutazione dà luogo a uno scarto tipo di circa 2 dB con tendenza a sovrastimare leggermente l'isolamento.

7. Valori limite

I valori limite che definiscono i requisiti acustici passivi dei componenti degli edifici adibiti a residenza o assimilabili sono i seguenti (D.P.C.M. 5/12/1997):

Indice	Valore limite [dB]
R'_w	50
$D_{2m,nT,w}$	40
$L'_{n,w}$	63

I valori limite che definiscono i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici adibiti a residenza o assimilabili sono i seguenti:

Grandezza	Valore limite [dB(A)]
L_{ASmax}	35
L_{Aeq}	35

Tali valori devono essere verificati nell'ambiente, diverso da quello in cui il rumore si origina, nel quale il livello di rumore è più elevato.

8. Descrizione dell'edificio in esame

L'edificio sarà edificato al di sopra di un'autorimessa esistente, di due piani interrati, all'interno della quale saranno realizzati interventi di consolidamento delle strutture e di adeguamento al Certificato di Prevenzione Incendi. Il nuovo immobile consisterà di n.7 piani fuori terra, e sarà costituito da n.52 appartamenti distribuiti su due scale e due ascensori. In particolare un appartamento è situato al piano terra, la scala denominata "A" serve n.24 appartamenti, fino al sesto piano, mentre la scala "B" serve n.27 appartamenti fino al sesto piano e prosegue fino a sbarcare in copertura, dove sono presenti due locali tecnici a servizio dell'edificio, e dove saranno installati i pannelli solari e fotovoltaici.

Gli appartamenti saranno di diverse tipologie, in funzione del numero degli ambienti e delle superfici interne, e saranno presenti, al piano terra ed al sesto, delle cantine di pertinenza dei diversi alloggi. Il piano terra risulta rialzato di 0,84 m rispetto alla quota stradale, e risulta essere

parzialmente a pilotis, mentre le dimensioni del piano tipo dell'edificio risultano essere di circa 32x23,5 metri; l'altezza complessiva dell'edificio è pari a 22,40 metri.

All'esterno dell'edificio, è prevista la sistemazione dell'intero lotto, con aree di parcheggio pertinenziali, e piccole aree di verde pensile, al di sopra dell'autorimessa esistente, che occupa l'intera superficie del lotto (dimensioni pari a circa 49x34 metri), e di una porzione del lotto adiacente, sul lato nord.

L'accesso al fabbricato avverrà da via M. Battistini, dove, oltre alla rampa carrabile di accesso ai piani interrati, di larghezza pari a 5,00 metri e pendenza del 20%, saranno realizzati due accessi pedonali e due carrabili, tramite cancelli metallici. Due percorsi pedonali, separati dalle aree carrabili, porteranno dai cancelletti fino ai due portoni di ingresso dell'edificio, che immettono nell'androne unico dell'edificio, dal quale si accederà ai due corpi scala.

9. Sorgenti sonore interne

La tipologia e le caratteristiche delle sorgenti sonore interne, significative, presenti negli edifici in esame, sono riassunte nella tabella seguente.

Tabella 5 – Tipologie di sorgenti sonore interne

Elemento	Dati
Sorgenti sonore interne	Servizi a funzionamento continuo:
	<ul style="list-style-type: none"> • impianti di riscaldamento e raffrescamento
	Servizi a funzionamento discontinuo:
	<ul style="list-style-type: none"> • ascensori; • scarichi idraulici, bagni, servizi igienici e rubinetteria

Tutte le apparecchiature dovranno essere montate su supporti antivibranti e nei locali tecnici la pavimentazione della sala dovrà essere posta su massetto galleggiante.

Nel paragrafo 6.5.1 sono riportate le indicazioni tecnico-operative che descrivono alcuni consigli di "buona tecnica" utili a contenere il fenomeno della trasmissione del rumore per via strutturale, essendo questa la componente del rumore maggiormente significativa per quanto attiene gli impianti tecnologici.

10. Calcolo dei requisiti acustici passivi

La valutazione della conformità ai requisiti acustici passivi dei componenti degli edifici (D.P.C.M. 5/12/1997) è stata eseguita con riferimento agli appartamenti tipo dell'edificio residenziale oggetto di valutazione. Nello specifico si sono presi in esame gli appartamenti di seguito elencati:

Piano terra

Piano primo:

- Interno A1;
- Interno B1;

Piano secondo:

- Interno A8;
- Interno B10;

Piano terzo:

- Interno A11;
- Interno A12;

Piano quarto:

- Interno B16;
- Interno B17;

Piano quinto:

- Interno A19;
- Interno A20;

Piano sesto:

- Interno A24;
- Interno B27;

Tali appartamenti rispecchiano la situazione generica per ognuna delle categorie di partizioni a cui è possibile ricondurre gli elementi strutturali presenti all'interno del fabbricato.

Lo studio è stato sviluppato attraverso il progressivo conseguimento delle seguenti fasi:

- definizione delle caratteristiche dell'edificio: vengono analizzate le caratteristiche progettuali e costruttive dell'opera e la sua ripartizione in termini di unità abitative e di caratteristiche dei vani (destinazione e ubicazione);

- definizione degli indici di valutazione: sulla base delle caratteristiche progettuali e costruttive e di ripartizione dell'edificio, fornite dalla committente, viene definito l'insieme di indici di valutazione necessari per compiere la verifica della conformità del progetto dell'edificio ai requisiti acustici passivi stabiliti dalla normativa vigente;
- determinazione dei requisiti prestazionali intrinseci delle partizioni interne ed esterne: stima degli indici di valutazione e analisi della conformità normativa.

Gli indici di valutazioni calcolati per la verifica della conformità ai requisiti acustici passivi sono stati i seguenti:

- indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di partizione tra diverse unità immobiliari (R'_w);
- indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione ($D_{2m,nT,w}$);
- indice del livello di rumore di calpestio normalizzato del solaio interpiano, del solaio del piano terra e del solaio di copertura ($L'_{n,w}$);
- indice di valutazione del potere fonoisolante apparente del solaio interpiano, e del solaio del piano terra (R'_w);
- indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione ($D_{2m,nT,w}$) del solaio di copertura.

Le grandezze che esprimono le proprietà acustiche degli edifici e dei prodotti considerate nella presente relazione sono tutte indipendenti dalla frequenza (si prendono a riferimento gli indici di valutazione).

Per il calcolo previsionale si è utilizzato il programma commerciale ECHO ver. 7.1, commercializzato dall'A.N.I.T. (Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico).

10.1 Dati di ingresso per il modello di calcolo (requisiti prestazionali intrinseci)

Nel presente paragrafo sono riportate le caratteristiche degli elementi strutturali considerati per la valutazione previsionale del rispetto dei requisiti acustici passivi (tabella 6).

Sulla base delle stratigrafie¹ delle partizioni è stato possibile stimare gli indici di valutazione dei diversi elementi. Per la stima numerica si sono adottati i seguenti criteri:

- rapporti di prova di laboratorio: gli indici di valutazione vengono determinati sulla base di rapporti di prova eseguiti su campioni di laboratorio corrispondenti alla struttura realizzata in opera (soluzioni costruttive riconducibili a quelle impiegate);
- correlazioni specifiche: gli indici di valutazione vengono determinati sulla base di correlazioni specifiche che si riferiscono a prove effettuate su elementi costituiti dallo stesso materiale e con la stessa tecnologia di quello impiegato in opera;
- valutazioni analitiche: per una valutazione di massima degli indici di valutazione, si può far ricorso a relazioni generali che vengono determinate in base a calcoli teorici a partire dalle caratteristiche strutturali e dimensionali dei componenti e dalle caratteristiche acustiche dei materiali utilizzati (tale stima si basa essenzialmente sulla massa per unità di area della partizione considerata).

Nel calcolo delle prestazioni intrinseche degli elementi opachi, alcuni dati sono stati necessariamente estrapolati da valori di letteratura o di laboratorio relativi a strutture simili, pertanto presentano un certo margine di incertezza.

Nella tabella seguente vengono elencati gli elementi opachi, riportando la codifica, la descrizione, la stratigrafia, la massa superficiale e la stima dell'indice di valutazione del potere fonoisolante e dell'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato.

¹ Le stratigrafie sono state dedotte dai dettagli costruttivi (tavole: AR_15 - Particolari Costruttivi e AR_16 - Abaco delle murature e dei solai) e dal computo metrico estimativo, forniti dalla committente.

Tabella 6 – Caratteristiche degli elementi opachi

Codifica*	Descrizione	Stratigrafia	Spessore totale [cm]	Massa superficiale totale [kg/m ²]	R _w (Requisito di legge ≥ 50 dB)	L _{n,w} (Requisito di legge ≤ 63 dB)
M01	Tamponamento Esterno	Cartongesso sp.12,5mm posato con stesura uniforme di colla – Blocco in calcestruzzo alleggerito Fonoisolante Sismico semipieno 25x20x25cm – Orditura metallica sp.100mm e isolante in lana di roccia sp.100mm – Lastra in cemento fibrorinforzato rasato e tinteggiato TIPO “Aquapanel” sp.12.5mm	37,5	320	56,3+3,85 60,1	/
M04	Tamponamento App – App	Lastra di gessofibra sp.12,5mm – Lastra di cartongesso sp.12,5mm – Orditura metallica sp.75mm e isolante in lana di roccia sp.60mm - Lastra di cartongesso sp.12,5mm – Orditura metallica sp.75mm e doppio isolante in lana di roccia sp.60mm – lastra cartongesso sp.12,5mm - Lastra di gessofibra sp.12,5mm	21,25	61,2	61	/
M04bis	Parete divisoria App – App (cavedi)	Lastra di gessofibra sp.12,5mm – Cartongesso sp.12,5mm – Orditura metallica sp.75mm e isolante in lana di roccia sp.75mm – Pannello in cartongesso accoppiato ad un pannello in granuli di gomma tipo akustik gips art.3 spessore totale 25mm – Gomma galvanizzata sp.10mm – Cavedio passaggio tubi sp. 150mm - Gomma galvanizzata sp.10mm - Pannello in cartongesso accoppiato ad un pannello in granuli di gomma tipo akustik gips art.3 spessore totale 25mm – Orditura metallica sp.75mm e isolante in lana di roccia sp.75mm - Cartongesso sp.12,5mm - Lastra di gessofibra sp.12,5mm	41,60	81	61,9	/

M05	Parete interna	Lastra di gessofibra sp.12,5mm – Cartongesso sp.12,5mm – Orditura metallica sp.75mm e isolante in lana di roccia sp.60mm - Cartongesso sp.12,5mm - Lastra di gessofibra sp.12,5mm	12,5	46	50	/
M10	Parete divisoria App – Vano scala	Lastra di gessofibra sp.12,5mm – Cartongesso sp.12,5mm – Orditura metallica sp.50mm e isolante in lana di roccia sp.50mm - Cartongesso sp.12,5mm - Orditura metallica sp.150mm e doppio isolante in lana di roccia sp.60mm - Cartongesso sp.12,5mm - Lastra di gessofibra sp.12,5mm	26,25	70,8	62	/
M10bis	Parete divisoria App – Vano scala (cavedi)	Lastra di gessofibra sp.12,5mm – Cartongesso sp.12,5mm – Orditura metallica sp.75mm e isolante in lana di roccia sp.75mm – Pannello in cartongesso accoppiato ad un pannello in granuli di gomma tipo akustik gips art.3 spessore totale 25mm – Gomma galvanizzata sp.10mm – Cavedio passaggio tubi sp. 150mm - Gomma galvanizzata sp.10mm - Cartongesso sp.12,5mm - – Orditura metallica sp.50mm e isolante in lana di roccia sp.50mm - Cartongesso sp.12,5mm - Lastra di gessofibra sp.12,5mm	38	77,4	61,5	/
S02	Solaio App PIANO TERRA	Pavimento + allettamento sp.2cm - Sottofondo sp.3cm - Tappetino isolante sp.0,8cm - Massetto alleggerito sp.7cm - - Pannelli in poliestere espanso estruso in monostrato sp.7cm - Barriera al vapore - Soletta in C.A. sp.5cm armata con rete ELS - Cupolini 60cm - Solaio esistente a predalles 30cm –	60,8	495	54+8 62	74,1-33,3 40,8
S04	Solaio Interno PIANI INTERMEDI	Pavimento + allettamento sp.1,5cm – Rete ELS – Massetto FOAM cellulare sp.8cm - Tappetino isolante	46,5	236	55,5+7,25 62,7	96,3-34,5 61,8

		sp.0,8cm – Film di polietilene con bordo sovrapposto e sigillato e svoltato in parete – Pannello multistrato in legno K1 sp.4cm – Trave secondaria IPE 220 – Trave principale HEA 220 – Lana di roccia alta dens. 100kg/mc sp. 6cm – Pannello di polistirene integrato con tubiere radianti sp.3cm – Lastra di cartongesso per controsoffitto				
S05	Solaio Copertura	Pavimento + allettamento sp.1,5cm - Sottofondo sp.2cm – Impermeabilizzazione con “MAPELASTIC” posato con doppio strato di rete in fibra di vetro – Massetto delle pendenze alleggerito sp. medio 10cm - Pannelli in poliestere espanso estruso in monostrato sp.8cm - Tappetino isolante sp.0,8cm - Barriera al vapore - Film di polietilene con bordo sovrapposto e sigillato e svoltato in parete – Pannello multistrato in legno K1 sp.4cm - Trave secondaria IPE 220 – Trave principale HEA 220 – Lana di roccia alta dens. 100kg/mc sp. 6cm – Pannello di polistirene integrato con tubiere radianti sp.3cm – Lastra di cartongesso per controsoffitto	58,5	294,5	55,5+7,25 62,7	96,3-36,6 59,7

*La codifica adottata è quella riportata nei dettagli costruttivi (Tavola AR_16 - Abaco delle murature e dei solai).

Per quanto riguarda gli elementi finestrati, si è assunto il requisito minimo riportato nel computo metrico estimativo pari a $R_w = 40\text{dB}$. Anche per il cassonetto, si è assunto il requisito minimo riportato nel computo metrico estimativo pari a $D_{n,e} = 52\text{dB}$.

Infine, altri piccoli elementi² di facciata che saranno impiegati dovranno avere un indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato maggiore o uguale a 52 dB (nella valutazione previsionale si è assunto $D_{n,e} = 52\text{dB}$).

10.2 Valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi

² Per le cucine sono previsti dispositivi di prese d'aria.

Ai fini della valutazione previsionale del rispetto dei requisiti acustici passivi, dopo aver individuato le caratteristiche geometriche, strutturali, di vincolo e i poteri fonoisolanti delle partizioni in esame, è stata applicata la procedura di calcolo riportata nella UNI/TR 11175 (guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici – Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale).

10.2.1 Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente (R'_w)

La stima dell'indice del potere fonoisolante apparente, R'_w , deve essere effettuata su elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari; per il caso oggetto dello studio le partizioni interessate sono le pareti verticali tra diverse unità immobiliari situate nello stesso piano (R'_w (M04 e M04bis)) e i solai interpiano (R'_w (S04)).

Tabella 7 – Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente (R'_w)

Partizione in esame	Appartamenti confinanti	Requisiti intrinseci	Stima Indici	Valore limite
M04	Piano Primo Int. A1 – Int. B1	$R_w(M04) = 61,0$ dB	$R'_w = 57,2$ dB	$R'_w \geq 50$ dB
M04	Piano Secondo Int. A8 – Int. B10	$R_w(M04) = 61,0$ dB	$R'_w = 56,8$ dB	$R'_w \geq 50$ dB
M04	Piano Terzo Int. A11 – Int. A12	$R_w(M04) = 61,0$ dB	$R'_w = 57,3$ dB	$R'_w \geq 50$ dB
M04	Piano Quarto Int. B16 – Int. B17 Soggiorni	$R_w(M04) = 61,0$ dB	$R'_w = 56,0$ dB	$R'_w \geq 50$ dB
M04	Piano Quarto Int. B16 – Int. B17 Camere	$R_w(M04) = 61,0$ dB	$R'_w = 56,2$ dB	$R'_w \geq 50$ dB
M04	Piano Quinto Int. A19 – Int. A20	$R_w(M04) = 61,0$ dB	$R'_w = 59,0$ dB	$R'_w \geq 50$ dB
M04	Piano Sesto Int. A24 – Int. B27	$R_w(M04) = 61,0$ dB	$R'_w = 59,5$ dB	$R'_w \geq 50$ dB
S02	Piano Terra- Primo interrato	$R_w(S02)=62,0$ dB	$R'_w = 59,3$ dB	$R'_w \geq 50$ dB
S04	Piano Terra- Piano Primo	$R_w(S04)=62,7$ dB	$R'_w = 60,4$ dB	$R'_w \geq 50$ dB
S04	Piano Primo Int. A1 cucina	$R_w(S04)=62,7$ dB	$R'_w = 60,6$ dB	$R'_w \geq 50$ dB
S04	Piano Primo Int. B1 camera	$R_w(S04)=62,7$ dB	$R'_w = 61,0$ dB	$R'_w \geq 50$ dB

S04	Piano Secondo Int. A8 camera	$R_w(S04)=62,7$ dB	$R'_w = 61,3$ dB	$R'_w \geq 50$ dB
S04	Piano Secondo Int. B10 camera	$R_w(S04)=62,7$ dB	$R'_w = 60,0$ dB	$R'_w \geq 50$ dB
S04	Piano Terzo Int. A11 camera 3	$R_w(S04)=62,7$ dB	$R'_w = 61,0$ dB	$R'_w \geq 50$ dB
S04	Piano Terzo Int. A12 soggiorno-cucina	$R_w(S04)=62,7$ dB	$R'_w = 61,7$ dB	$R'_w \geq 50$ dB
S04	Piano Quarto Int. B16 camera	$R_w(S04)=62,7$ dB	$R'_w = 60,1$ dB	$R'_w \geq 50$ dB
S04	Piano Quarto Int. B17 camera	$R_w(S04)=62,7$ dB	$R'_w = 60,9$ dB	$R'_w \geq 50$ dB
S04	Piano Quinto Int. A20 camera	$R_w(S04)=62,7$ dB	$R'_w = 60,1$ dB	$R'_w \geq 50$ dB

10.2.2 Indice del livello di rumore di calpestio di solai, normalizzato $L'_{n,w}$

La stima dell'indice del livello di rumore di calpestio di solai, normalizzato $L'_{n,w}$, deve essere effettuata sulle partizioni orizzontali che dividono ambienti abitativi; per il caso oggetto di studio la stima è stata eseguita per il solaio interpiano ($L'_{n,w}(S04)$), per il solaio del piano terra ($L'_{n,w}(S02)$) e per il solaio di copertura ($L'_{n,w}(S05)$).

Tabella 8 – Indice del livello di rumore di calpestio di solai, normalizzato $L'_{n,w}$

Partizione in esame	Appartamenti confinanti	Stima Indice	Valore limite
S04	Solaio interpiano	$L'_{n,w} = 61,8$ dB	$L'_{n,w} \leq 63$ dB
S02	Solaio piano terra	$L'_{n,w} = 61,8$ dB	$L'_{n,w} \leq 63$ dB
S05	Solaio copertura	$L'_{n,w} = 61,8$ dB	$L'_{n,w} \leq 63$ dB

10.2.3 Indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$

La stima dell'indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata, $D_{2m,nT,w}$, deve essere effettuata sulle partizioni degli ambienti residenziali che confinano con l'ambiente esterno.

Nello specifico l'elemento che maggiormente influenza l'isolamento acustico delle partizioni è quello con potere fonoisolante minore (normalmente le componenti vetrate e i piccoli

elementi come i cassonetti e le prese d'aria), anche per bassi rapporti tra la sua superficie e quella totale.

Per il caso oggetto di studio la stima è stata eseguita per le porzioni di facciata degli appartamenti sopra citati (vedi par. 10) fino al piano quinto. Questa situazione rappresenta la condizione tipologica per i fabbricati in esame.

Tabella 9 – Indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$

Facciata in esame	Requisiti intrinseci*	Stima Indici	Valore limite
Piano Primo Int. A1 Soggiorno	Elemento opaco: $R_w(M01)=60,1$ dB Infissi: $R_w(F) = 40$ dB Cassonetto: $D_{n,e} = 52$ dB	$D_{2m,nT,w} = 46,3$ dB	$D_{2m,nT,w} \geq 40$ dB
Piano Primo Int. A1 Cucina	Elemento opaco: $R_w(M01)=60,1$ dB Infissi: $R_w(F) = 40$ dB Cassonetto: $D_{n,e} = 52$ dB	$D_{2m,nT,w} = 45,3$ dB	$D_{2m,nT,w} \geq 40$ dB
Piano Primo Int. B1 Soggiorno-Cucina	Elemento opaco: $R_w(M01)=60,1$ dB Infissi: $R_w(F) = 40$ dB Cassonetto: $D_{n,e} = 52$ dB	$D_{2m,nT,w} = 45,0$ dB	$D_{2m,nT,w} \geq 40$ dB
Piano Primo Int. B1 Camera	Elemento opaco: $R_w(M01)=60,1$ dB Infissi: $R_w(F) = 40$ dB Cassonetto: $D_{n,e} = 52$ dB	$D_{2m,nT,w} = 43,6$ dB	$D_{2m,nT,w} \geq 40$ dB
Piano Secondo Int. A8 Soggiorno-Cucina	Elemento opaco: $R_w(M01)=60,1$ dB Infissi: $R_w(F) = 40$ dB Cassonetto: $D_{n,e} = 52$ dB	$D_{2m,nT,w} = 49,1$ dB	$D_{2m,nT,w} \geq 40$ dB
Piano Secondo Int. A8 Cameretta	Elemento opaco: $R_w(M01)=60,1$ dB Infissi: $R_w(F) = 40$ dB Cassonetto: $D_{n,e} = 52$ dB	$D_{2m,nT,w} = 45,3$ dB	$D_{2m,nT,w} \geq 40$ dB
Piano Secondo Int. A8 Camera	Elemento opaco: $R_w(M01)=60,1$ dB Infissi: $R_w(F) = 40$ dB Cassonetto: $D_{n,e} = 52$ dB	$D_{2m,nT,w} = 46,4$ dB	$D_{2m,nT,w} \geq 40$ dB
Piano Secondo Int. B10 Soggiorno-Cucina	Elemento opaco: $R_w(M01)=60,1$ dB Infissi: $R_w(F) = 40$ dB Cassonetto: $D_{n,e} = 52$ dB	$D_{2m,nT,w} = 49,2$ dB	$D_{2m,nT,w} \geq 40$ dB
Piano Secondo Int. B10 Cameretta	Elemento opaco: $R_w(M01)=60,1$ dB Infissi: $R_w(F) = 40$ dB Cassonetto: $D_{n,e} = 52$ dB	$D_{2m,nT,w} = 46,0$ dB	$D_{2m,nT,w} \geq 40$ dB
Piano Secondo Int. B10 Camera	Elemento opaco: $R_w(M01)=60,1$ dB Infissi: $R_w(F) = 40$ dB Cassonetto: $D_{n,e} = 52$ dB	$D_{2m,nT,w} = 47,2$ dB	$D_{2m,nT,w} \geq 40$ dB
Piano Terzo Int. A11 Soggiorno-Cucina	Elemento opaco: $R_w(M01)=60,1$ dB Infissi: $R_w(F) = 40$ dB Cassonetto: $D_{n,e} = 52$ dB	$D_{2m,nT,w} = 48,1$ dB	$D_{2m,nT,w} \geq 40$ dB
Piano Terzo Int. A11 Camera 1	Elemento opaco: $R_w(M01)=60,1$ dB Infissi: $R_w(F) = 40$ dB Cassonetto: $D_{n,e} = 52$ dB	$D_{2m,nT,w} = 45,8$ dB	$D_{2m,nT,w} \geq 40$ dB

Piano Terzo Int. A11 Camera 2	Elemento opaco: $R_w(M01)=60,1$ dB Infissi: $R_w(F) = 40$ dB Cassonetto: $D_{n,e} = 52$ dB	$D_{2m,nT,w} = 44,3$ dB	$D_{2m,nT,w} \geq 40$ dB
Piano Terzo Int. A11 Camera 3	Elemento opaco: $R_w(M01)=60,1$ dB Infissi: $R_w(F) = 40$ dB Cassonetto: $D_{n,e} = 52$ dB	$D_{2m,nT,w} = 48,2$ dB	$D_{2m,nT,w} \geq 40$ dB
Piano Quarto Int. B16 Soggiorno-Cucina	Elemento opaco: $R_w(M01)=60,1$ dB Infissi: $R_w(F) = 40$ dB Cassonetto: $D_{n,e} = 52$ dB	$D_{2m,nT,w} = 47,5$ dB	$D_{2m,nT,w} \geq 40$ dB
Piano Quarto Int. B16 Camera	Elemento opaco: $R_w(M01)=60,1$ dB Infissi: $R_w(F) = 40$ dB Cassonetto: $D_{n,e} = 52$ dB	$D_{2m,nT,w} = 48,1$ dB	$D_{2m,nT,w} \geq 40$ dB
Piano Quarto Int. B17 Camera	Elemento opaco: $R_w(M01)=60,1$ dB Infissi: $R_w(F) = 40$ dB Cassonetto: $D_{n,e} = 52$ dB	$D_{2m,nT,w} = 46,4$ dB	$D_{2m,nT,w} \geq 40$ dB
Piano Quarto Int. B17 Soggiorno-Cucina	Elemento opaco: $R_w(M01)=60,1$ dB Infissi: $R_w(F) = 40$ dB Cassonetto: $D_{n,e} = 52$ dB	$D_{2m,nT,w} = 47,5$ dB	$D_{2m,nT,w} \geq 40$ dB
Piano Quinto Int. A19 Soggiorno-Cucina	Elemento opaco: $R_w(M01)=60,1$ dB Infissi: $R_w(F) = 40$ dB Cassonetto: $D_{n,e} = 52$ dB	$D_{2m,nT,w} = 48,3$ dB	$D_{2m,nT,w} \geq 40$ dB
Piano Quinto Int. A20 Soggiorno-Cucina	Elemento opaco: $R_w(M01)=60,1$ dB Infissi: $R_w(F) = 40$ dB Cassonetto: $D_{n,e} = 52$ dB	$D_{2m,nT,w} = 47,2$ dB	$D_{2m,nT,w} \geq 40$ dB
Piano Quinto Int. A20 Camera	Elemento opaco: $R_w(M01)=60,1$ dB Infissi: $R_w(F) = 40$ dB Cassonetto: $D_{n,e} = 52$ dB	$D_{2m,nT,w} = 48,5$ dB	$D_{2m,nT,w} \geq 40$ dB
Piano Quinto Int. A20 Cameretta	Elemento opaco: $R_w(M01)=60,1$ dB Infissi: $R_w(F) = 40$ dB Cassonetto: $D_{n,e} = 52$ dB	$D_{2m,nT,w} = 44,1$ dB	$D_{2m,nT,w} \geq 40$ dB
Piano Sesto Int. B27 Solaio Camera	Elemento opaco: $R_w(M01)=62,7$ dB	$D_{2m,nT,w} = 62,3$ dB	$D_{2m,nT,w} \geq 40$ dB

**Il requisito prestazionale intrinseco specificato per gli infissi è da intendersi relativo all'insieme del serramento (superficie vetrata, telaio e controtelaio) nel suo complesso.*

11. Conclusioni

Dalle valutazioni previsionali, eseguite per la verifica di conformità dei requisiti acustici passivi dell' edificio oggetto del presente studio, è emerso che:

- le partizioni opache, gli infissi e i piccoli elementi di facciata devono rispettare i requisiti prestazionali minimi (requisiti intrinseci) indicati nel paragrafo 10.1;

- con soluzioni costruttive che permettono il conseguimento dei requisiti prestazionali intrinseci, il progetto risulta conforme ai requisiti acustici passivi degli edifici stabiliti dalla normativa vigente:
 - Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente (R'_{w}) per gli elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari ≥ 50 dB;
 - Indice del livello di rumore di calpestio normalizzato ($L'_{n,w}$) del solaio interpiano, del solaio del piano terra e del solaio di copertura ≤ 63 dB;
 - Indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m,nT,w} \geq 40$ dB.

Per il rispetto dei livelli di rumorosità prodotti dagli impianti tecnologici (sorgenti interne all' edificio) sarà necessario seguire le indicazioni tecnico-operative indicate al paragrafo 6.5.1.

Si precisa che i risultati ottenuti non possono essere utilizzati al fine del collaudo delle reali prestazioni in opera.

Allegati

Sono parte integrante della presente relazione i seguenti allegati:

- ALLEGATO 1 – Calcolo delle prestazioni acustiche delle strutture in relazione al D.P.C.M. 5/12/1997 (Risultati prodotti dal programma di calcolo ECHO 7.1).

Roma, 7/settembre/2015

Dott. Arch. Chiara Alippi
(Tecnico Competente in Acustica)

