

PROGETTAZIONE SOSTENIBILE ED EFFICIENTAMENTO ENERGETICO

Valutazione previsionale di rispetto dei requisiti acustici passivi

Rev. 00 del 26/09/2022

Realizzazione di dieci nuovi alloggi di edilizia residenziale pubblica via Cottolengo 2 | Settimo Torinese

Direttore Tecnico
ing. Giuseppe Bonfante



Responsabile di commessa
dott.ssa Chiara Bonvicini

Tecnico specialista
arch. Sabrina Canale



INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
2.1	D.P.C.M. 5/12/97 – Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici	4
2.2	UNI 11367 – Classificazione acustica delle unità immobiliari.....	5
2.3	Elenco delle norme tecniche per la verifica dei requisiti acustici passivi	6
3	DESCRIZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO.....	8
3.1	Calcolo dell'isolamento acustico di facciata	8
3.2	Calcolo del potere fonoisolante tra unità abitative distinte.....	9
3.3	Livello di calpestio normalizzato per solai	12
4	IL CASO STUDIO.....	16
4.1	Componenti edilizi.....	21
5	VALUTAZIONE PREVISIONALE DEI REQUISITI ACUSTICI	26
5.1	Calcolo dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata $D_{2m,nT,w}$	26
5.2	Calcolo dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente R'_w	32
5.3	Valutazione del livello di rumore di calpestio normalizzato L'_{nw}	35
6	INDICAZIONI DI POSA IN OPERA	36
6.1	I componenti edilizi.....	36
6.1.1	Le pareti di separazione tra unità immobiliari.....	36
6.2	Indicazioni di posa in opera della pavimentazione galleggiante	37
6.3	Gli impianti a funzionamento discontinuo	38
6.3.1	Impianti idrico-sanitari.....	38
6.3.2	Impianto ascensore	42
7	CONCLUSIONI.....	44
	ALLEGATO 1.....	45
	ALLEGATO 2.....	60



1 PREMESSA

Il presente studio consiste nella verifica a calcolo del rispetto dei requisiti acustici passivi per il progetto di realizzazione del nuovo edificio da destinarsi ad edilizia residenziale pubblica, nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), in via Cottolengo 2 a Settimo Torinese.

Il progetto prevede la realizzazione di un edificio residenziale costituito da 10 alloggi con sviluppo su tre piani fuori terra.

La valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi viene eseguita ai sensi del D.P.C.M. 5/12/97 *Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici*, in accordo con i metodi di calcolo presenti nella serie di norme UNI EN 12354 *Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti*.

Per quanto riguarda gli edifici pubblici occorre inoltre fare riferimento al D.M. 11 ottobre 2017 *Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici*. In particolare il decreto prescrive che i valori dei requisiti acustici passivi dell'edificio siano conformi almeno ai valori corrispondenti alla classe II ai sensi della norma UNI 11367 *Classificazione acustica delle unità immobiliari*.

Nell'ambito della presente relazione verranno verificati l'indice di valutazione dell'isolamento acustico delle facciate, $D_{2m,nT,W}$, l'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente, R'_w , delle partizioni verticali tra unità abitative distinte e l'indice di valutazione del livello di rumore di calpestio normalizzato dei solai, $L'_{n,w}$. Infine, verranno fornite alcune indicazioni per la corretta posa dei componenti edilizi ed impiantistici.

La presente documentazione è redatta dall'arch. Sabrina Canale, iscritta all'Ordine degli Architetti della Provincia di Torino (matricola 10952), riconosciuto Tecnico Competente in Acustica Ambientale ai sensi della Legge 447 del 26/10/95 con Determinazione Dirigenziale della Regione Piemonte n. 262 del 20/7/2016 e iscritto all'Ente Nazionale Tecnici Competenti in Acustica al n. 4482 (Allegato 2).

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per quanto concerne i requisiti acustici richiesti agli edifici in termini di isolamento acustico e di rumorosità ammissibile degli impianti a servizio degli stessi, dovranno essere rispettati i valori limite definiti dal D.P.C.M. 5/12/1997 *Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici*, il quale stabilisce i valori limite relativi a misure in opera.

Si sottolinea inoltre che per quanto riguarda gli edifici pubblici occorre far riferimento al D.M. 11 ottobre 2017 *Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici*, nel quale, per quanto riguarda i requisiti acustici passivi, si rimanda alla norma UNI 11367.

Nell'ambito del presente elaborato la valutazione previsionale di rispetto dei requisiti acustici passivi verrà eseguita ai sensi del D.P.C.M. 5/12/97 e della UNI 11367, in riferimento ai valori più restrittivi. Trattandosi di un progetto di nuova costruzione, le valutazioni a calcolo verranno eseguite per tutti i componenti edilizi (ossia gli elementi di involucro e le partizioni interne). Relativamente alle dotazioni impiantistiche, verranno fornite opportune indicazioni di posa in opera al fine di limitarne la rumorosità.

2.1 D.P.C.M. 5/12/97 – Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici

La normativa in materia di acustica è coordinata, in Italia, dalla legge n. 447 del 26/10/1995 *Legge quadro sull'isolamento acustico*.

Per il settore delle costruzioni la normativa di riferimento che stabilisce i requisiti acustici dei componenti edilizi è rappresentata dal D.P.C.M. 5/12/97 *Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici*. Tale D.P.C.M. classifica gli edifici in base alla loro destinazione d'uso e definisce i livelli prestazionali di edifici e di loro componenti in opera, i requisiti acustici di sorgenti sonore all'interno degli edifici ed i livelli di rumorosità da essi indotti, oltre ai parametri descrittivi delle prestazioni.

I requisiti acustici passivi possono essere divisi in:

- | isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione $D_{2m,nT}$;
- | potere fonoisolante apparente di partizioni tra unità abitative distinte R' ;
- | livello di rumore di calpestio normalizzato di solai L'_{n} ;
- | livello di pressione sonora ponderato A per impianti a funzionamento continuo L_{Aeq} ;
- | livello massimo di pressione sonora ponderato A e misurato con costane di tempo Slow per impianti a funzionamento discontinuo $L_{A,S,max}$.

Per quanto riguarda gli elementi divisorii, i requisiti relativi al potere fonoisolante apparente (R'_w) sono riferiti ad elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari. Ai sensi dell'art. 2 del D.M. 2 gennaio 1998 n°28 sul catasto dei fabbricati, per unità immobiliare si intende una "porzione di fabbricato, o fabbricato, o insieme di fabbricati ovvero area, che, nello stato in cui si trova e secondo l'uso locale, presenta potenzialità di autonomia funzionale e reddituale".

Relativamente alle dotazioni impiantistiche, vengono definiti impianti a funzionamento continuo gli impianti di riscaldamento, aerazione e ventilazione mentre sono definiti impianti a funzionamento discontinuo gli impianti idrico-sanitari, gli ascensori e tutti quegli impianti che non hanno un funzionamento prolungato nel tempo. Si sottolinea, inoltre, che ai sensi del Decreto la rumorosità degli impianti deve essere valutata nell'ambiente maggiormente disturbato e tale ambiente deve essere diverso da quello in cui il rumore si origina.

Per quanto riguarda le pareti di separazione dei locali tecnici il vincolo prevede il rispetto del requisito di rumorosità in base al tipo di impianto (L_{Aeq} per impianti a servizio continuo, L_{ASmax} per impianti a servizio discontinuo). Dunque, definita la tipologia di parete, il conseguimento degli obiettivi è demandato alle caratteristiche dell'impianto stesso.

In Tabella 1 sono riportati i limiti imposti dal D.P.C.M 5/12/97, divisi per categoria di edificio ed espressi in termini di indice di valutazione (il pedice w indica il valore a singolo numero). In rosso sono indicati i valori limite relativi alla destinazione d'uso residenziale.

Tabella 1 – Requisiti acustici passivi necessari al caso in esame e relativi valori limite ai sensi del D.P.C.M. 5/12/97

CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI ABITATIVI		$L'_{n,w}$	$D_{2m,n,T,w}$	R'_w	$L_{A,eq}$	$L_{A S,max}$
Categoria A:	edifici adibiti a residenza o assimilabili	63	40	50	35	35
Categoria C:	edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili					
Categoria B:	edifici adibiti ad uffici o assimilabili					
Categoria F:	edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili	55	42	50	35	35
Categoria G:	edifici adibiti ad attività commerciali o ad attività assimilabili					
Categoria E:	edifici adibiti ad attività scolastiche e a tutti i livelli assimilabili	58	48	50	25	35
Categoria D:	edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili	58	45	55	25	35

2.2 UNI 11367 – Classificazione acustica delle unità immobiliari

La norma italiana UNI 11367:2010 *Classificazione acustica delle unità immobiliari – procedura di valutazione e verifica in opera* definisce, in riferimento ad alcuni requisiti acustici prestazionali degli edifici, i criteri per la loro misurazione e valutazione, oltreché una classificazione acustica per l'intera unità immobiliare.

Per quanto riguarda gli edifici pubblici di nuova costruzione, il D.M. 11 ottobre 2017 prevede che i valori dei requisiti acustici passivi dell'edificio siano conformi ai valori corrispondenti alla classe II.

Tabella 2 – Requisiti acustici passivi e relativi valori limite ai sensi della norma UNI 11367:2010

Parametro		Classe II
D_{2m,nT,w} [dB]	Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata	≥ 40
R'_w [dB]	Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di differenti unità immobiliari	≥ 53
L'_{nw} [dB]	Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari	≤ 58
L_{ic} [dB(A)]	Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo in ambienti diversi da quelli di installazione	≤ 28
L_{id} [dB(A)]	Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo in ambienti diversi da quelli di installazione	≤ 33

2.3 Elenco delle norme tecniche per la verifica dei requisiti acustici passivi

I calcoli sono effettuati in accordo con i metodi di calcolo illustrati nelle seguenti norme tecniche:

Calcolo dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di facciata, D_{2mnT,w}:

- | UNI EN ISO 12354-3:2017 *Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti – Parte 3: Isolamento acustico del rumore proveniente dall'esterno per via aerea.*

Calcolo dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente, R'_w, tra ambienti:

- | UNI EN ISO 12354-1:2017 *Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti – Parte 1: Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti.*

Calcolo dell'indice di valutazione del livello di rumore di calpestio di solai normalizzato, L'_{nw}, tra ambienti sovrapposti:

- | UNI EN ISO 12354-2:2017 *Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti – Parte 2: Isolamento acustico al calpestio tra ambienti.*

Le norme tecniche da utilizzarsi in fase di verifiche in opera di rispetto dei requisiti acustici passivi sono le seguenti:

Misura dell'isolamento acustico normalizzato di facciata:

- | UNI EN ISO 16283-3:2016 *Acustica - Misure in opera dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 3: Isolamento acustico di facciata.*

Misura del potere fonoisolante apparente tra ambienti adiacenti:

- | UNI EN ISO 16283-1:2018 *Acustica - Misure in opera dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 1: Isolamento acustico per via aerea.*

Misura del livello di rumore di calpestio di solai normalizzato:

- | UNI EN ISO 16283-2:2020 *Acustica - Misure in opera dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 2: Isolamento dal rumore di calpestio.*

Misura della rumorosità interna degli impianti:

- | UNI 8199:2016 *Acustica - Collaudo acustico di impianti a servizio di unità immobiliari - Linee guida contrattuali e modalità di misurazione all'interno degli ambienti serviti;*
- | UNI 10052:2010 *Acustica - Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea, del rumore da calpestio e della rumorosità degli impianti - Metodo di controllo;*
- | UNI 11367:2010 *Acustica in edilizia – Classificazione acustica delle unità immobiliari: procedura di valutazione e verifica in opera.*



3 DESCRIZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

3.1 Calcolo dell'isolamento acustico di facciata

Per facciata si intende la totalità della superficie esterna di un ambiente. Essa può essere composta da diversi elementi, per esempio una finestra, una porta, una parete, un sistema di aerazione, etc. La trasmissione sonora attraverso la facciata è dovuta alla trasmissione sonora attraverso ciascun elemento. Si presuppone che la trasmissione attraverso ogni elemento sia indipendente da quella attraverso gli altri elementi.

La prestazione di una facciata in termini di isolamento acustico può essere espressa dall'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, $D_{2m,nT,W}$. L'isolamento acustico di facciata, D_{2m} , è definito come la differenza fra il livello di pressione sonora misurato all'esterno ad una distanza di 2m dalla facciata ed il livello di pressione sonora nell'ambiente ricevente. I pedici nT (normalizzato rispetto al tempo di riverberazione) indicano che il livello nell'ambiente ricevente è riferito ad un locale con tempo di riverberazione pari a 0.5s, secondo la formulazione che segue:

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

dove:

- | $L_{1,2m}$ è il livello di pressione sonora alla distanza di 2 m dalla facciata, in dB;
- | L_2 è il livello di pressione sonora nell'ambiente ricevente, in dB;
- | T è il tempo di riverberazione nell'ambiente ricevente, in s;
- | T_0 è il tempo di riverberazione di riferimento, pari a 0,5 s.

Le modalità di misura di questa grandezza sono definite nella norma UNI EN ISO 16283-3:2016.

La norma UNI EN 12354-3 descrive un modello di calcolo per valutare l'isolamento acustico di facciata, basandosi su dati di trasmissione diretta e indiretta (laterale), attraverso gli elementi di edificio interessati. L'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione dipende dal potere fonoisolante della facciata vista dall'interno, dall'influenza della forma esterna della facciata, come la presenza di balconi, e dalla dimensione dell'ambiente, secondo la relazione seguente:

$$D_{2m,nT} = R' - 10 \lg \frac{S}{A_{TOT}} + \Delta L_{fs} + 10 \lg \frac{T}{T_0} \quad \text{in dB}$$

sostituendo $A_{TOT} = 0,16 (V/T)$, si ottiene:

$$D_{2m,nT} = R' + \Delta L_{fs} + 10 \lg \frac{V}{6T_0 S} \quad \text{in dB}$$

dove:

- | R' è il potere fonoisolante apparente della facciata, in dB;
- | ΔL_{fs} è la differenza del livello di pressione sonora per la forma della facciata, in dB;

- | A_{TOT} è l'area di assorbimento equivalente nell'ambiente ricevente, in m^2 ;
- | S è l'area totale della facciata vista dall'interno, in m^2 ;
- | T è il tempo di riverberazione nell'ambiente ricevente, in s;
- | T_0 è il tempo di riverberazione di riferimento, pari a 0,5 s;
- | V è il volume dell'ambiente ricevente, in m^3 .

N.B: per effettuare la verifica ai sensi del D.P.C.M 5/12/97 della grandezza in esame, è necessario conoscere l'indice di valutazione, espresso con il pedice w . Se il calcolo è stato eseguito a partire da dati di ingresso espressi in frequenza (per bande d'ottava o di terzi d'ottava) sarà necessario ricondursi al valore in decibel, alla frequenza di 500 Hz, della curva di riferimento dello spettro sonoro, dopo aver traslato la suddetta curva rispetto alla curva dei valori misurati o calcolati, secondo il metodo specificato nella norma UNI EN ISO 717-1/2013.

I differenti tipi di campi sonori all'esterno dell'edificio utilizzati per determinare le prestazioni fonoisolanti di una facciata conducono a valori diversi, tuttavia è ragionevole supporre che la trasmissione per un campo sonoro incidente diffuso sia sufficientemente rappresentativa di questi diversi tipi di campi sonori esterni. Per questo motivo si calcola il potere fonoisolante apparente della facciata per un campo sonoro incidente diffuso, a partire dal quale si deduce l'isolamento acustico di facciata.

L'effetto della forma esteriore della facciata può essere sia positivo (trasmissione sonora inferiore) che negativo (trasmissione sonora maggiore). L'effetto positivo è dovuto alla schermatura totale o parziale del piano della facciata per mezzo di balconi o altri oggetti. L'effetto negativo è dovuto a riflessioni supplementari dovute alla forma della facciata in prossimità della stessa quando un balcone forma una chiusura parziale attorno al piano della facciata. Nella figura C.2 della norma UNI EN ISO 12354-3 sono presenti valori di ΔL_{fs} in funzione della forma della facciata, dell'assorbimento della parte inferiore del balcone eventualmente presente e della direzione del rumore incidente.

Il livello di accuratezza delle previsioni del modello di calcolo dipende da molti fattori: l'accuratezza dei dati d'ingresso, l'adattabilità della situazione rispetto al modello, il tipo di elementi e giunti interessati, la geometria della situazione e la qualità dell'esecuzione. Come conseguenza, non è possibile specificare, in generale e per tutte le situazioni e applicazioni, il livello di accuratezza delle previsioni. Si può tuttavia indicare che la valutazione con tale metodo è mediamente corretta e l'indice di valutazione evidenzia uno scostamento tipo di 1,5 dB. Si suppone che l'errore sia dovuto in larga misura alla mancanza di dati sulle trasmissioni sonora attraverso il telaio, la tenuta dei giunti e delle intercapedini.

3.2 Calcolo del potere fonoisolante tra unità abitative distinte

L'isolamento acustico tra ambienti può essere espresso dall'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente, R'_w . Il potere fonoisolante apparente è definito come meno dieci volte il logaritmo in base dieci

del rapporto tra la potenza sonora totale, W_{tot} , trasmessa nell'ambiente ricevente e la potenza sonora incidente su un elemento di separazione, W_i . Questo rapporto è indicato con τ' .

$$R' = -10 \lg \frac{W_{tot}}{W_i} = -10 \lg \tau' \quad [\text{dB}]$$

In genere la potenza sonora totale trasmessa nell'ambiente ricevente è la somma della potenza sonora irradiata dall'elemento di separazione, dagli elementi laterali e da altri componenti.

R' si determina generalmente da misurazioni secondo la seguente relazione:

$$R' = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{S_s}{A} \quad [\text{dB}]$$

dove:

- | L_1 è il livello medio di pressione sonora nell'ambiente emittente, in dB;
- | L_2 è il livello medio di pressione sonora nell'ambiente ricevente, in dB;
- | A è l'area di assorbimento equivalente nell'ambiente ricevente, in m^2 ;
- | S_s è l'area dell'elemento di separazione, in m^2 .

Le modalità di misura di questa grandezza sono definite nella norma UNI EN ISO 16283-1:2018. Il calcolo deve essere eseguito per le bande di ottava comprese da 125 Hz a 2000 Hz oppure per le bande di terzo d'ottava comprese da 100 Hz a 3150 Hz.

Il pedice w indica che si tratta di un indice di valutazione a singolo numero, corrispondente al valore in decibel della curva di riferimento a 500 Hz dopo lo spostamento della suddetta curva rispetto alla curva dei valori misurati o calcolati, secondo il metodo specificato nella norma UNI EN ISO 717-1/2013.

La norma UNI EN 12354-1 descrive un modello per il calcolo del potere fonoisolante apparente di una partizione a partire da dati di trasmissione sonora diretta attraverso la parete di separazione e indiretta attraverso i percorsi di fiancheggiamento.

Per trasmissione sonora diretta si intende la trasmissione attraverso la sola parete di separazione dovuta sia al suono, incidente su di essa, direttamente irradiato da questa nell'ambiente ricevente, sia al suono trasmesso attraverso percorsi di trasmissione aerea sulla parete stessa, come fessure, dispositivi di passaggio dell'aria, ecc.

Per trasmissione sonora indiretta si intende invece la trasmissione attraverso percorsi diversi rispetto a quello diretto. Essa può essere sia di natura strutturale, se l'energia sonora segue percorsi strutturali attraverso le pareti laterali, il pavimento e il soffitto, sia di natura aerea, se la trasmissione avviene attraverso percorsi di trasmissione aerea come sistemi di ventilazione, controsoffitti sospesi, ecc.

Il potere fonoisolante apparente può essere calcolato mediante la seguente formula:

$$R' = -10 \lg \left(10^{\frac{R_{Dd}}{10}} + \sum_{F=1}^n 10^{\frac{R_{Ff}}{10}} + \sum_{f=1}^n 10^{\frac{R_{Df}}{10}} + \sum_{F=1}^n 10^{\frac{R_{Fd}}{10}} \right) \quad [\text{dB}]$$

in cui R_{Dd} , R_{Ff} , R_{Df} , R_{Fd} rappresentano i valori del potere fonoisolante relativi al contributo della trasmissione sonora diretta (percorso Dd) e ai contributi delle trasmissioni laterali Ff, Df ed Fd, come mostrato in Figura 1.

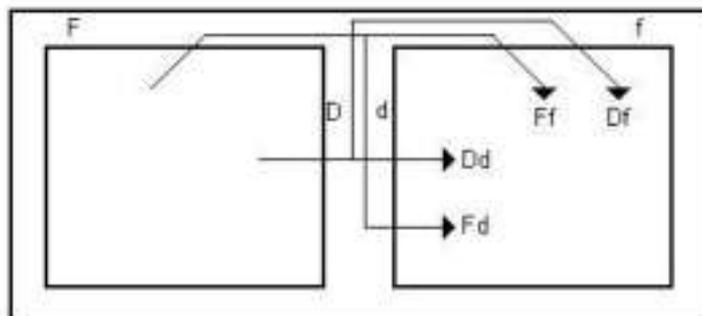


Figura 1 – Percorsi di trasmissione laterale.

Per poter calcolare il potere fonoisolante per i suddetti percorsi di trasmissione sonora è necessario conoscere:

- | il potere fonoisolante delle due strutture i e j coinvolte (R_i ed R_j);
- | l'indice di riduzione delle vibrazioni K_{ij} della giunzione tra le due strutture interessate dal percorso ij;
- | il valore dell'incremento del potere fonoisolante di eventuali strati di rivestimento applicati ad una o ad entrambe le strutture ΔR_{ij} ;
- | dimensioni principali della struttura (lunghezza l_{ij} del giunto, superficie di separazione S e lunghezza di riferimento l_0 pari a 1m)

In relazione a quanto detto, il potere fonoisolante R_{ij} relativo a un generico percorso laterale ij può essere così calcolato:

$$R_{ij} = \frac{R_i + R_j}{2} + \Delta R_{ij} + K_{ij} + 10 \lg \frac{S}{l_0 \cdot l_{ij}} \quad [\text{dB}]$$

L'indice K_{ij} , quantità espressa in dB, dipende da diverse grandezze caratteristiche degli elementi:

$$K_{ij} = \frac{D_{v,ij} + D_{v,ji}}{2} + 10 \log \frac{l_{ij}}{\sqrt{a_i a_j}} \quad [\text{dB}]$$

dove:

- | $D_{v,ij}$ è l'isolamento di vibrazioni del giunto tra gli elementi i e j, quando viene eccitato l'elemento i, in dB;
- | $D_{v,ji}$ è l'isolamento di vibrazioni del giunto tra gli elementi j e i, quando viene eccitato l'elemento j, in dB;
- | l_{ij} è la lunghezza del giunto tra gli elementi i e j, in m;
- | a_i è la lunghezza di assorbimento equivalente dell'elemento i in m;
- | a_j è la lunghezza di assorbimento equivalente dell'elemento j in m.

Il calcolo del K_{ij} è effettuato in funzione del rapporto M tra le masse per unità di superficie degli elementi strutturali interessati dal percorso ij.

$$M = \lg \frac{m_{+i}}{i} \text{ [dB]}$$

L'appendice E della norma UNI EN 12354-1 riporta le formule per il calcolo del K_{ij} in funzione di M , a seconda del tipo di giunto in esame e del percorso di trasmissione sonora considerato.

Per quanto riguarda l'accuratezza del modello di calcolo valgono le considerazioni già viste relativamente all'isolamento acustico di facciata. La norma UNI 12354-1 riporta valori di scarto, per edifici dove gli elementi di base sono omogenei, compresi tra 1,5 dB e 2,5 dB.

3.3 Livello di calpestio normalizzato per solai

L'attitudine dei solai ad attenuare le sollecitazioni d'urto esercitate sulla loro superficie è espressa dal livello di rumore di calpestio L . Si tratta di una grandezza convenzionale che indica il livello di rumore presente in un locale quando sul solaio del locale sovrastante è in funzione la macchina generatrice di calpestio normalizzata, con caratteristiche meccaniche ben definite (forma e massa dei martelli, altezza di caduta, ritmo di percussione).

In opera si determina il livello di rumore di calpestio normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, L'_{nT} , e il relativo indice di valutazione L'_{nTw} . L'apice ' indica che la misura è eseguita in opera e i pedici nT (normalizzato rispetto al tempo di riverberazione) indicano che il livello è riferito ad un locale con tempo di riverberazione di riferimento pari a 0,5 s, secondo la formulazione che segue:

$$L'_{nT} = L' - 10 \log \frac{T}{T_0} \text{ [dB]}$$

dove:

- | L' è il livello di pressione sonora di calpestio nell'ambiente ricevente, in dB;
- | T è il tempo di riverberazione nell'ambiente ricevente, in s;
- | T_0 è il tempo di riverberazione di riferimento, per le abitazioni pari a 0,5 s.

Le modalità di misura di questa grandezza sono definite nella norma UNI EN ISO 16283-2:2016.

Il pedice w indica che si tratta di un indice di valutazione a singolo numero, corrispondente al valore in decibel della curva di riferimento a 500 Hz dopo lo spostamento della suddetta curva rispetto alla curva dei valori misurati o calcolati, secondo il metodo specificato nella norma UNI EN ISO 717-2/2013. La stessa norma prevede inoltre il calcolo del termine di adattamento allo spettro C , inteso come valore in decibel da aggiungere all'indice di valutazione per tenere conto del livello di rumore di calpestio che rappresenta meglio le caratteristiche di spettri tipo dei rumori di calpestio caratterizzati da picchi di rumore alle basse frequenze.

L'attenuazione del rumore di calpestio si può conseguire realizzando un pavimento galleggiante o rivestendo il solaio con un pavimento resiliente.

Il pavimento galleggiante è costituito da un pacchetto che si appoggia sul solaio portante che si compone, a partire dal solaio, da uno strato di materiale elastico sul quale si sovrappone una piastra in cemento (massetto), e sulla quale viene applicata la pavimentazione. Il massetto e il pavimento sono realizzati in

modo da “galleggiare” sul solaio portante tramite lo strato elastico, escludendo ogni collegamento rigido con il solaio.

Il pavimento resiliente consiste nella posa in opera di una pavimentazione resiliente, come ad esempio le pavimentazioni in gomma o in moquettes, anche direttamente applicata sul solaio.

Le prestazioni dei sottofondi elastici per pavimenti galleggianti e dei pavimenti resilienti sono espresse in termini di Attenuazione di livello di pressione sonora di calpestio, ΔL .

Questa grandezza rappresenta, per ogni banda di frequenza considerata, la riduzione del livello di pressione sonora di calpestio conseguente alla posa del rivestimento per pavimentazione, secondo la seguente relazione:

$$\Delta L = L_{n0} - L_n \text{ [dB]}$$

dove:

- | L_{n0} è il livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico del solaio normalizzato senza il rivestimento di pavimentazione, in dB;
- | L_n è il livello di pressione sonora di calpestio normalizzato del solaio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico con il rivestimento di pavimentazione, in dB.

Il livello di rumore di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico L_n , è riferito ad un locale con area di assorbimento acustico equivalente di riferimento pari a 10 m², secondo la formulazione che segue:

$$L_n = L + 10 \log \frac{A}{A_0} \text{ [dB]}$$

dove:

- | L è il livello di pressione sonora di calpestio nell'ambiente ricevente, in dB;
- | A è l'area di assorbimento equivalente nell'ambiente ricevente, in m²;
- | A_0 è l'area di assorbimento equivalente di riferimento pari a 10 m².

Nel caso di rivestimento per pavimentazione costituito da pacchetto galleggiante è prevista la posa di un massetto tradizionale pari a 5 cm di spessore, in assenza di pavimentazione.

L'indice di valutazione dell'attenuazione di livello di pressione sonora di calpestio, ΔL_w , si ottiene rapportando i valori misurati di ΔL ad un solaio di riferimento come descritto nella norma UNI EN ISO 717-2/2013.

IL PAVIMENTO GALLEGGIANTE

Viene adottato nei casi in cui si vuole conseguire un isolamento contro i rumori di calpestio indipendentemente dal tipo di pavimentazione adottata; anche l'uso di pavimentazioni rigide, su questo tipo di struttura, non compromette infatti il risultato acustico.

Per i pavimenti galleggianti il cui supporto elastico è formato da uno strato continuo, sul quale la piastra superiore, gettata in opera, appoggia in ogni punto, l'attenuazione di livello sonoro ΔL in funzione della frequenza, fornita rispetto al livello generato dal solaio nudo, è data da:

$$\Delta L \cong 40 \log \left(\frac{f}{f_0} \right) \quad \text{per } f > f_0 \quad [\text{dB}]$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{s'}{m}} \quad [\text{Hz}]$$

dove:

- | f_0 è la frequenza di taglio o di risonanza;
- | s' è la rigidità dinamica dello strato isolante, in $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-2}$ o $\text{N} \cdot \text{m}^{-3}$;
- | m è la massa per unità di superficie della piastra superiore, in $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$.

Al di sotto della frequenza di taglio l'attenuazione è praticamente nulla, mentre al di sopra si ha un'attenuazione che cresce di circa 40 dB per decade. È dunque auspicabile che un materiale resiliente, per poter conseguire elevati valori di attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio, abbia una frequenza di taglio più bassa possibile, ovvero una bassa rigidità dinamica.

LA RIGIDITÀ DINAMICA

La rigidità dinamica s' esprime l'attitudine di un materiale elastico ad essere utilizzato come supporto nei pavimenti galleggianti e dunque ad attenuare il livello di rumore di calpestio.

Tale grandezza si ottiene a partire dal modulo di elasticità dinamica del materiale E , espresso in $\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$ e dallo spessore del materiale, in m . Si definisce infatti come:

$$s' = E/d \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-2}]$$

La norma UNI EN ISO 29052-1 definisce le modalità di misura in laboratorio della rigidità dinamica su piccoli campioni di materiale a partire dalla misura della frequenza di risonanza f_0 della vibrazione verticale fondamentale di un sistema massa-molla. La massa è rappresentata da una piastra di carico e la molla è rappresentata dal provino del materiale resiliente sottoposto a prova. Nota la frequenza di risonanza f_0 , il valore della rigidità dinamica è ottenuto dalla relazione:

$$s' = (2\pi f_0)^2 m \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-2}]$$

dove m è la massa per unità di superficie della piastra superiore, in $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$.

LA VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI ACUSTICHE DI SOLAI

La norma UNI EN ISO 12354-2 definisce i modelli di calcolo per valutare l'isolamento acustico al calpestio fra ambienti sovrapposti, basandosi su dati di trasmissione diretta e laterale, indiretta, attraverso gli elementi di edificio interessati.

La norma descrive un modello di calcolo dettagliato, che porta alla determinazione dei livelli di pressione sonora di calpestio per bande di frequenza, a partire dai quali è possibile ottenere l'indice di valutazione, e un modello semplificato, che porta alla determinazione diretta dell'indice di valutazione a partire dagli indici di valutazione delle grandezze coinvolte nei calcoli. In particolare viene determinato il livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico L'_n dal quale è possibile determinare il

livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto al tempo di riverberazione L'_{nT} applicando la seguente relazione, sia nel caso di calcolo per bande di frequenza, sia nel caso di calcolo a partire dagli indici di valutazione:

$$L'_{nT} = L'_n - 10 \log 0,032V \quad [\text{dB}]$$

dove V è il volume dell'ambiente ricevente in m^3 .

IL MODELLO SEMPLIFICATO

Il modello semplificato calcola direttamente l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico a partire dagli indici di valutazione delle grandezze coinvolte nei calcoli, relative agli elementi considerati.

L'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato, L'_{nw} si ottiene dalla seguente relazione:

$$L'_{nw} = L_{nw,eq} - \Delta L_w + K \quad [\text{dB}]$$

dove:

- | $L_{nw,eq}$ è l'indice di valutazione del livello equivalente di pressione sonora di calpestio normalizzato del pavimento, in dB (come descritto nella norma UNI EN ISO 717-2/2013);
- | K è la correzione per la trasmissione dei rumori di calpestio attraverso le costruzioni laterali omogenee, in dB, determinata dalla norma UNI 12354-2, in funzione della massa superficiale del pavimento e degli elementi laterali.

4 IL CASO STUDIO

L'intervento in progetto riguarda la costruzione di un edificio da destinarsi ad edilizia residenziale pubblica in via Cottolengo 2 a Settimo Torinese.

L'area in esame è il lotto d'angolo compreso tra via Milano e via Cottolengo attualmente occupato da un fabbricato in disuso.

In Figura 2 si riporta una vista aerea della zona di progetto in cui si evidenziano i limiti del lotto in esame.



Figura 2 – Vista aerea del lotto di progetto

Il progetto prevede la realizzazione di un edificio residenziale a L che racchiude uno spazio comune centrale esterno in cui si trovano le scale e gli ingressi agli appartamenti.

L'edificio verrà realizzato in continuità con un edificio residenziale esistente, si svilupperà su tre piani fuori terra e ospiterà un totale di 10 unità immobiliari.

Nelle Figure che seguono si riportano le piante dei diversi piani e due sezioni trasversali.



Figura 3 – Pianta piano terra.





Figura 4 – Pianta piano primo.



Figura 5 – Pianta piano secondo.



Figura 6 – Sezione trasversale 1.



Figura 7 – Sezione trasversale 2.

4.1 Componenti edilizi

Le tecnologie costruttive si mantengono costanti nell'edificio in progetto e si ripetono pressoché invariate a tutti i piani.

Da Tabella 3 a Tabella 14 si riporta la descrizione delle stratigrafie relative ai componenti edilizi considerati per la verifica dei requisiti acustici passivi. In particolare sono stati presi in esame: le pareti di facciata, i serramenti, le pareti di separazione tra unità immobiliari e i solai.

Per ogni stratigrafia si riporta la prestazione acustica caratteristica, in termini di indice di valutazione del potere fonoisolante, R_w simulato mediante software Insul oppure, se presente, desunto da certificato di misura acustica in laboratorio o dalle schede tecniche dei materiali utilizzati. Nel caso del solaio è riportato anche il livello equivalente di rumore di calpestio del solaio nudo $L_{n,eq,w}$.

Tabella 3 – Descrizione della stratigrafia delle pareti di facciata.

Componente	M01 - Parete perimetrale
Spessore totale	42 / 47 cm
Massa superficiale	~ 150 kg/m ²
R_w	47 dB *

*Calcolato con il software Insul 7.0, trascurando l'eventuale presenza della controparete in cartongesso (M01.1, M01.3).

Tabella 4 – Descrizione della stratigrafia dei serramenti esterni.

Componente	Serramento esterno - anta singola/doppia
Portefinestre e finestre con vetrocamera 33.1A/16/33.1A <i>Serramento con vetrocamera avente potere fonoisolante misurato sperimentalmente uguale o maggiore di 41 dB e con guarnizione centrale e guarnizione esterna in corrispondenza della battuta dei telai</i>	
R_w serramento	≥ 39 dB

Tabella 5 – Descrizione della stratigrafia dei serramenti esterni.

Componente	Serramento esterno - anta tripla
Portefinestre e finestre con vetrocamera 44.1A/16/44.1A <i>Serramento con vetrocamera avente potere fonoisolante misurato sperimentalmente uguale o maggiore di 44 dB e con guarnizione centrale e guarnizione esterna in corrispondenza della battuta dei telai</i>	
R_w serramento	≥ 40 dB

Tabella 6 – Descrizione della stratigrafia dei serramenti esterni.

Componente	Serramento esterno - portoncino
Portoncini blindati	
R_w serramento	≥ 38 dB

Tabella 7 – Descrizione della stratigrafia delle pareti divisorie tra unità immobiliari.

Componente	M03 - Divisorio tra appartamenti
Spessore totale	30,5 cm
Massa superficiale	~ 150 kg/m ²
R_w	64 dB *

*Rapporto di prova n° 17-9144-006 del 19/10/2017 rilasciato da ECAMRICERT S.R.L.

Tabella 8 – Descrizione della stratigrafia delle pareti verso il fabbricato adiacente.

Componente	M04 – Parete verso fabbricato adiacente
	RASATURA ARMATA - SP. 0,5 CM
	BLOCCO IN CALCESTRUZZO CELLULARE (TIPO Y-TONG Y-ACU) - SP. 12 CM
	AIRA - SP. 11,5 CM
	BARRIERA AL VAPORE
	ISOLANTE FIBRA MINERALE (TIPO Y-ACU/BOARD) - SP. 8 CM (8+0)
	BLOCCO IN CALCESTRUZZO CELLULARE (TIPO Y-TONG Y-PRO) - SP. 10 CM
EDIFICIO ADIACENTE	
Spessore totale	45 cm
Massa superficiale	~ 130 kg/m ²
R_w	64 dB *

*Rapporto di prova n° 17-9144-006 del 19/10/2017 rilasciato da ECAMRICERT S.R.L.

Tabella 9 – Descrizione della stratigrafia delle pareti divisorie tra unità immobiliari e vano ascensore

Componente	M05 - M05.1 – Parete verso vano ascensore
	RASATURA ARMATA - SP. 0,5 CM
	BLOCCO IN CALCESTRUZZO CELLULARE (TIPO Y-TONG Y-ACU) - SP. 12 CM
	AIRA FERMA - SP. 3,5 CM
	BARRIERA AL VAPORE
	ISOLANTE FIBRA MINERALE (TIPO Y-ACU/BOARD) - SP. 8 CM
	BETTO IN CA - SP. 25 CM
Spessore totale	44
Massa superficiale	~ 550 kg/m ²
R_w	59 dB *

*Calcolato con il software Insul 7.0 considerando solo il setto in c.a.

Tabella 10 – Descrizione della stratigrafia delle pareti divisorie interne agli appartamenti

Componente	T01 - Tramezzo
Spessore totale	9 cm
Massa superficiale	~ 40 kg/m ²
R_w	32 dB *

*Calcolato con il software Insul 7.0.

Tabella 11 – Descrizione della stratigrafia delle pareti divisorie interne agli appartamenti

Componente	T02 – Tramezzo attrezzato
Spessore totale	13 cm
Massa superficiale	~ 50 kg/m ²
R_w	34 dB *

*Calcolato con il software Insul 7.0.

Tabella 12 – Descrizione della stratigrafia dei solai interpiano

Componente	S03 – solaio interpiano
Spessore totale	45 cm
Massa superficiale	~ 480 kg/m ²
R_w	56 dB
L_{n,w,eq}	76 dB **

*Calcolato con il software ECHO 8.

**Calcolato con il software ECHO 8 considerando solo il solaio strutturale.

Tabella 13 – Descrizione della stratigrafia del solaio di copertura

Componente	S07 – solaio copertura inclinata
	TEGOLE - SP. 3 CM
	LISTELLI PER VENTILAZIONE - SP. 5 CM
	MEMBRANA IMPERMEABILE
	TAVOLA PUNTUALE SU PUNTONI PER VENTILATA - SP. 3 CM
	TRAVI IN LEGNO - SP. 34 CM
	PANNELLO IN GESSOFIBRA AD ALTA DENSITA' - SP. 2 CM
	ISOLANTE POSATO SU DOPPIA ORDITURA DI LISTELLI INCROCIATI - SP. 20 CM
	BARRIERA AL VAPORE
	TAVOLATO - SP. 2 CM
PANNELLO IN CARTONGESSO - SP. 1.5 CM	
Spessore totale	34,2 cm
Massa superficiale	~ 50 kg/m ²
R_w	46 dB*

*Calcolato con il software Insul 7.0.

Tabella 14 – Descrizione della stratigrafia del solaio di copertura

Componente	S07.1 – solaio copertura piana
	LAMERA IN ALLUMINIO PREEVERNITO BIANCO - SP. 3 CM
	TAVOLATO - SP. 2 CM
	TAVOLE DI VENTILAZIONE - SP. 4 CM
	TELO IMPERMEABILE
	PANNELLO IN GESSOFIBRA AD ALTA DENSITA' - SP. 2 CM
	ISOLANTE POSATO SU DOPPIA ORDITURA DI LISTELLI INCROCIATI - SP. 20 CM
	BARRIERA AL VAPORE
	TAVOLATO - SP. 2 CM
	CARTONGESSO - SP. 1.5 CM
Spessore totale	33 cm
Massa superficiale	~ 70 kg/m ²
R_w	54 dB*

*Calcolato con il software Insul 7.0.

5 VALUTAZIONE PREVISIONALE DEI REQUISITI ACUSTICI

Di seguito si riportano le verifiche condotte per alcuni ambienti tipo, ritenuti rappresentativi, poiché gli ambienti delle unità immobiliari in progetto sono confrontabili per geometria e tecnologie costruttive.

I metodi di calcolo utilizzati per le valutazioni sono quelli già esplicitati nel Capitolo 3 del presente elaborato.

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

Nelle Tabelle di seguito si riportano le schede di calcolo relative agli ambienti selezionati per la verifica dell'isolamento acustico di facciata. Tali schede contengono uno stralcio di pianta con indicazione della parete considerata e le caratteristiche dei componenti edilizi nonché dell'ambiente rispetto a cui sono stati eseguiti i calcoli.

Relativamente alle cucine e ai soggiorni/cucina si specifica che è stata trascurata la presenza di eventuali fori di ventilazione. Nel caso ne sia necessaria la realizzazione, si raccomanda l'installazione di elementi silenziati caratterizzati da un abbattimento acustico ($D_{ne,w} = 54$ dB) confrontabile con quello della parete perimetrale, tali da non rappresentare un indebolimento acustico della facciata.

Per quanto riguarda i serramenti si specifica che è previsto l'utilizzo di sistemi monoblocco con cassonetto per avvolgibile integrato, questo dovrà essere caratterizzato da prestazioni di fonoisolamento confrontabili con quelle del serramento in modo tale da evitare l'insorgenza di ponti acustici.

In Tabella 20 si riportano i risultati dei calcoli.

Come si può notare dalla Tabella riassuntiva, i risultati dei calcoli sono conformi a quanto previsto dal D.P.C.M. 5/12/97 per tutte le facciate analizzate e sono inoltre conformi al valore limite relativo alla classe II ai sensi della norma UNI 11367.

Tabella 15 – Scheda di calcolo relativa all'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata.

Piano	terra		
Ambiente disturbante	esterno		
Ambiente disturbato	unità A2 camera	Superficie	15,1 m ²
		Volume	40,8 m ³
Involucro	M01.4 - parete di facciata	Superficie	4,5 m ²
		R_w	47 dB
	serramento - anta doppia	Superficie	3,7 m ²
		R_w	39 dB

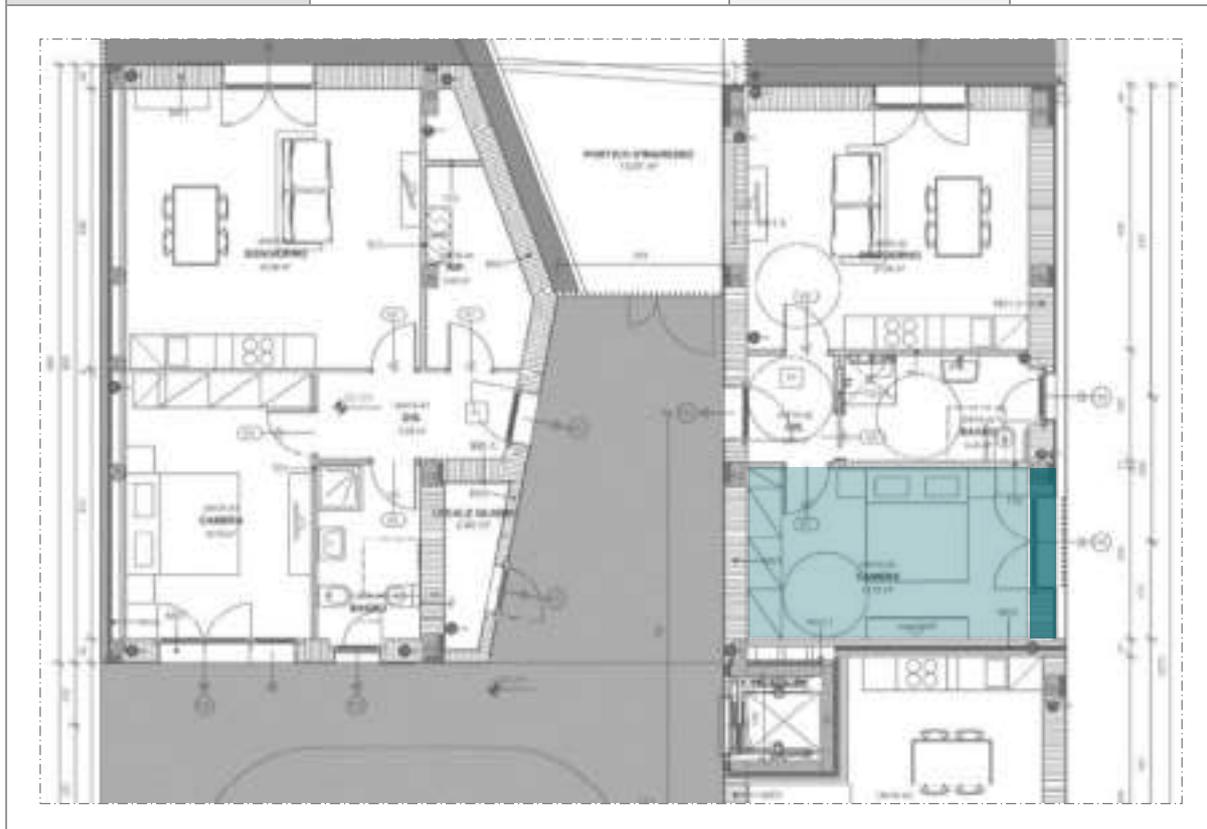


Tabella 16 – Scheda di calcolo relativa all'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata

Piano	terra		
Ambiente disturbante	esterno		
Ambiente disturbato	unità A3 camera	Superficie	16,0 m ²
		Volume	43,2 m ³
Involucro	M01 - parete di facciata	Superficie	2,5 m ²
		R_w	47 dB
	serramento - anta tripla	Superficie	5,5 m ²
		R_w	40 dB



Tabella 17 – Scheda di calcolo relativa all'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata

Piano	primo		
Ambiente disturbante	esterno		
Ambiente disturbato	unità B1 <i>soggiorno</i>	Superficie	26,8 m ²
		Volume	72,4 m ³
Involucro	M01 - parete di facciata	Superficie	8,4 m ²
		R_w	47 dB
	serramento – anta doppia	Superficie	3,7 m ²
		R_w	39 dB
	portoncino	Superficie	1,9 m ²
		R_w	38 dB

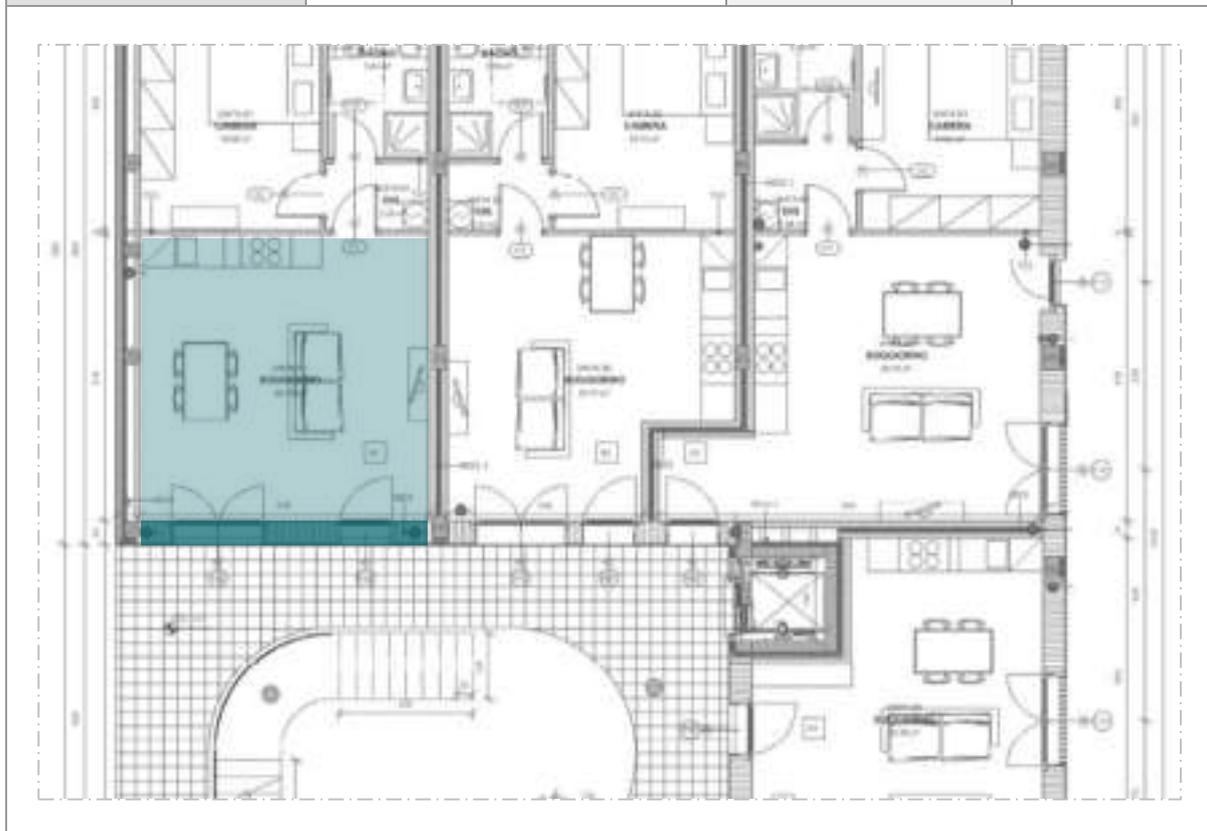


Tabella 18 – Scheda di calcolo relativa all'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata

Piano	primo		
Ambiente disturbante	esterno		
Ambiente disturbato	unità B2 <i>soggiorno</i>	Superficie	23,7 m ²
		Volume	64,0 m ³
Involucro	M01 - parete di facciata	Superficie	3,8 m ²
		R_w	47 dB
	serramento - portafinestra	Superficie	3,7 m ²
		R_w	39 dB
	portoncino	Superficie	1,9 m ²
		R_w	38 dB



Tabella 19 – Scheda di calcolo relativa all'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata

Piano	secondo		
Ambiente disturbante	esterno		
Ambiente disturbato	unità C2 camera	Superficie	14,3 m ²
		Volume	38,6 m ³
Involucro	M01 - parete di facciata	Superficie	5,0 m ²
		R_w	47 dB
	serramento – anta doppia	Superficie	3,7 m ²
		R_w	39 dB

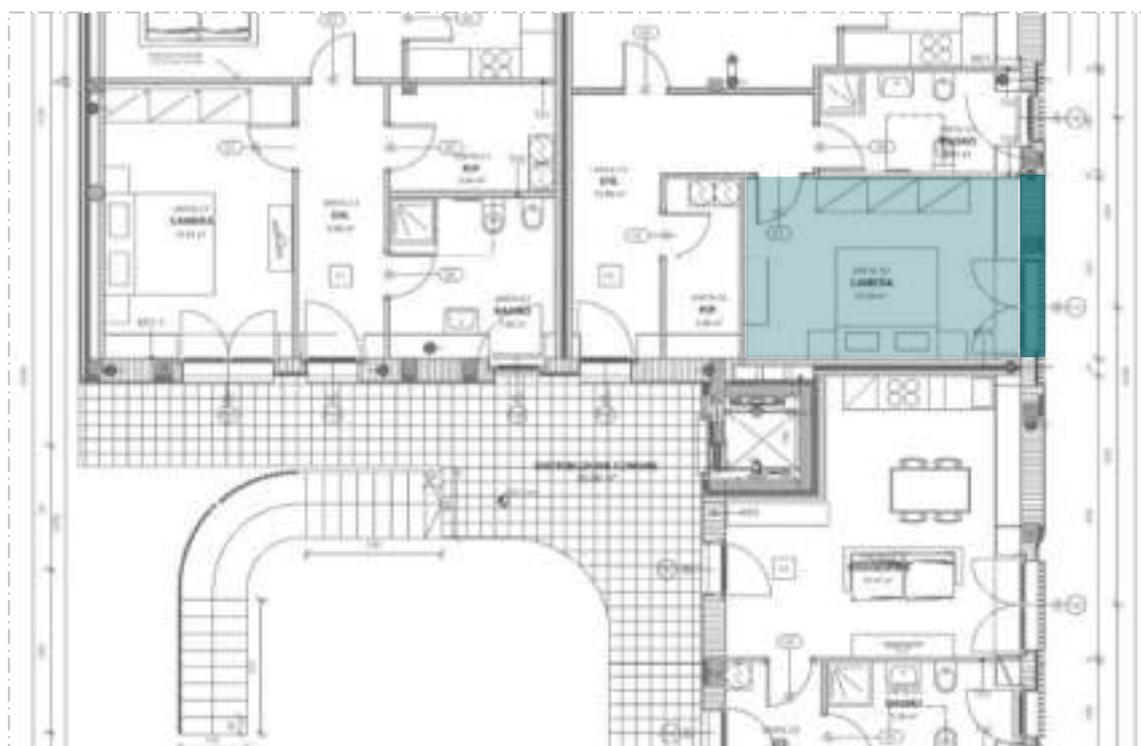


Tabella 20 – Valore dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata calcolato.

Piano	Ambiente disturbante	Ambiente disturbato	D _{2m,nT,w}	Limite D.P.C.M. 5/12/97	Limite UNI 11367
terra	esterno	unità A2 camera	41,7 dB	≥ 40 dB	≥ 40 dB classe II
terra	esterno	unità A3 camera	41,6 dB		
primo	esterno	unità B1 soggiorno	41,9 dB		
primo	esterno	unità B2 soggiorno	41,9 dB		
secondo	esterno	unità C2 camera	41,4 dB		

5.2 Calcolo dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente R'_w

Nelle tabelle di seguito si riportano le schede di calcolo relative agli ambienti selezionati per la verifica del potere fonoisolante apparente tra unità immobiliari. Tali schede contengono uno stralcio di pianta con indicazione della parete considerata e le caratteristiche dei componenti edilizi nonché degli ambienti rispetto a cui sono stati eseguiti i calcoli.

In Tabella 24 si riportano i risultati dei calcoli.

Come si può notare dalla Tabella riassuntiva, i risultati dei calcoli sono conformi a quanto previsto dal D.P.C.M. 5/12/97 per le pareti di separazione analizzate e sono inoltre conformi al valore limite relativo alla classe II ai sensi della norma UNI 11367.

Tabella 21 – Scheda di calcolo relativa all'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente

Piano	terra		
Ambiente disturbante	unità A3 <i>soggiorno</i>	Superficie	22,3 m ²
		Volume	60,2 m ³
Ambiente disturbato	unità A2 <i>camera</i>	Superficie	15,1 m ²
		Volume	40,8 m ³
Partizione	M03 - Divisorio tra appartamenti	Superficie	8,6 m ²
		R_w	64 dB

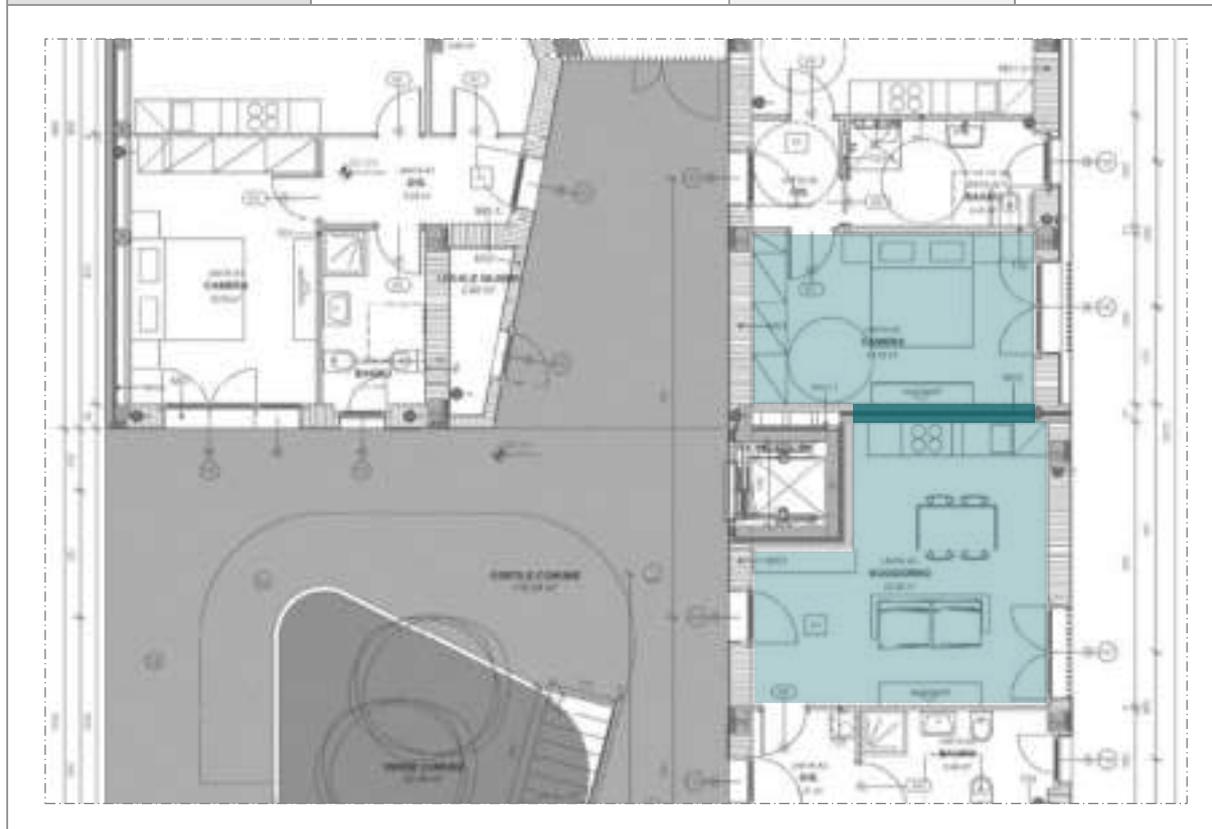


Tabella 22 – Scheda di calcolo relativa all'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente

Piano	primo		
Ambiente disturbante	unità B2 <i>soggiorno</i>	Superficie	23,7 m ²
		Volume	64,0 m ³
Ambiente disturbato	unità B1 <i>soggiorno</i>	Superficie	26,8 m ²
		Volume	72,4 m ³
Partizione	M03 - Divisorio tra appartamenti	Superficie	14,0 m ²
		R_w	64 dB

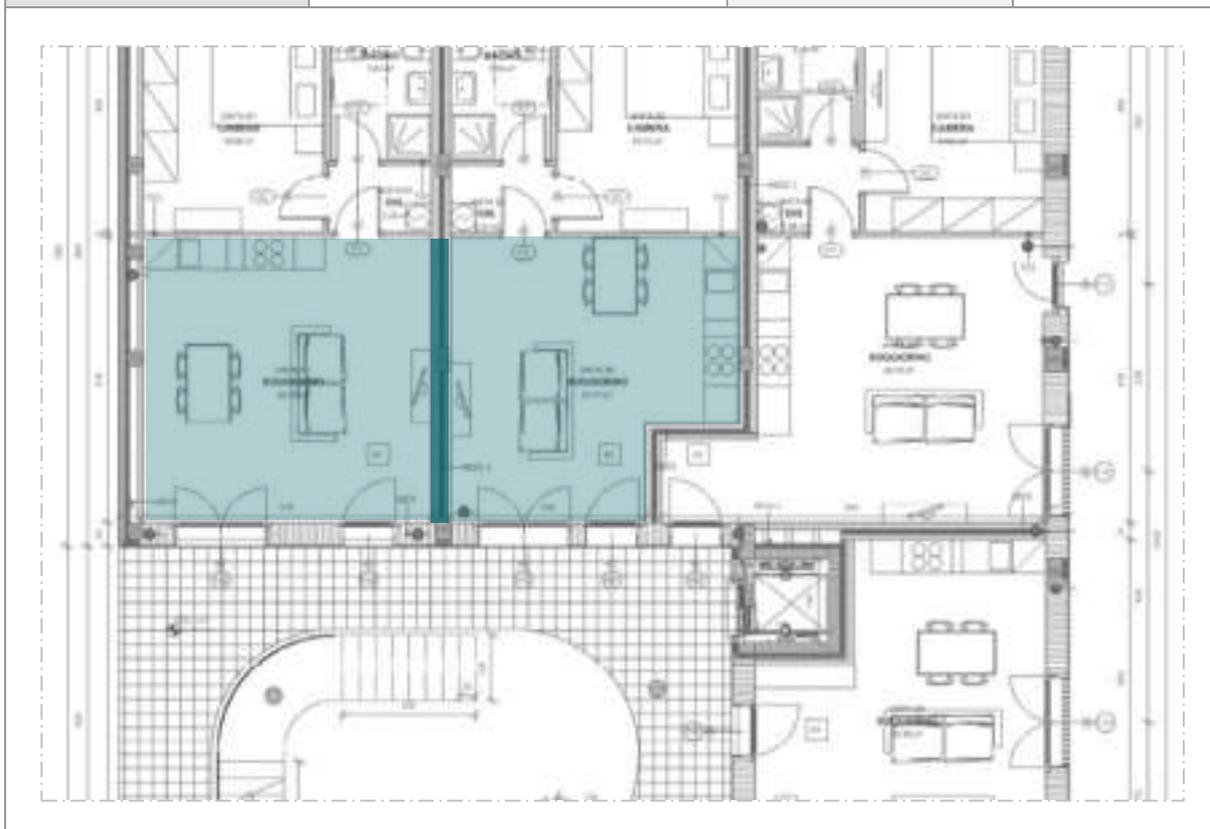


Tabella 23 – Scheda di calcolo relativa all'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente

Piano	primo		
Ambiente disturbante	unità B3 <i>bagno</i>	Superficie	5,2 m ²
		Volume	14,0 m ³
Ambiente disturbato	unità B2 <i>camera</i>	Superficie	14,7 m ²
		Volume	39,7 m ³
Partizione	M03 - Divisorio tra appartamenti	Superficie	7,8 m ²
		R_w	64 dB



Tabella 24 – Valore dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente calcolato.

Piano	Ambiente disturbante	Ambiente disturbato	R'_w	Limite D.P.C.M. 5/12/97	Limite UNI 11367
terra	unità A3 <i>soggiorno</i>	unità A2 <i>camera</i>	54,5 dB	≥ 50 dB	≥ 53 dB classe II
primo	unità B2 <i>soggiorno</i>	unità B1 <i>soggiorno</i>	53,5 dB		
primo	unità B3 <i>bagno</i>	unità B2 <i>camera</i>	53,2 dB		

5.3 Valutazione del livello di rumore di calpestio normalizzato L'_{nw}

I calcoli dell'indice di valutazione del livello di rumore da calpestio per il solaio di separazione tra unità immobiliari sono stati eseguiti considerando una rigidità dinamica del materassino resiliente tipo FONOSTOPDuo pari a 21 MN/m³. Tale valore di rigidità dinamica consente di stimare un incremento di isolamento ai rumori di calpestio ΔL_w pari a circa 26 dB. Ai fini del calcolo è stato considerando un livello equivalente di pressione sonora di calpestio normalizzato relativo al solaio nudo pari a 76 dB ed un contributo per le trasmissioni laterali pari a 4 dB.

Applicando il modello di calcolo semplificato proposto in Appendice si ottiene un indice di valutazione del livello apparente di rumore di calpestio $L'_{n,w}$ del solaio pari a 54 dB e quindi conforme al limite previsto dal D.P.C.M. 5/12/97 per la destinazione d'uso residenziale (< 63 dB) e al valore limite relativo alla classe II ai sensi della norma UNI 11367 (< 58 dB).



6 INDICAZIONI DI POSA IN OPERA

6.1 I componenti edilizi

6.1.1 Le pareti di separazione tra unità immobiliari

Le pareti di separazione tra unità immobiliari dovranno essere realizzate prestando la massima cura alla corretta posa in opera.

In particolare tali divisori saranno costituiti da un nucleo centrale in cartongesso (realizzato con guida metallica sp. 5 cm, riempimento in lana minerale sp. 4 cm e rivestimento a singola lastra in cartongesso su ciascun lato) rivestito sui due lati da due murature di diverso spessore e diversa densità (realizzate in blocchi tipo Y-tong).

Le contropareti in blocchi tipo Y-tong dovranno essere disaccoppiate dal nucleo centrale in cartongesso mediante la creazione di un'intercapedine vuota (sp. 1-2 cm) e/o attraverso la posa di una fascia desolidarizzante in materiale elastico.

Le pareti dovranno poggiare sulla soletta strutturale, in modo tale da realizzare un incastro tra la parete e il solaio. Tale accorgimento consente il miglioramento delle prestazioni di isolamento acustico soprattutto alle basse frequenze e la limitazione delle trasmissioni sonore di fiancheggiamento tra parete e solaio.

In Figura 8 si riporta il dettaglio del nodo tra solaio e parete di separazione tra unità immobiliari.

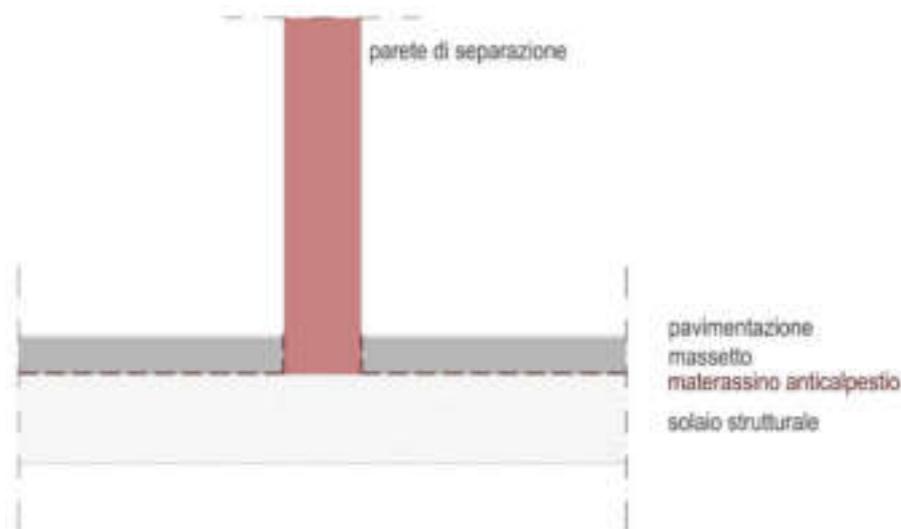


Figura 8 – Partizioni tra unità immobiliari. Nodo tra parete e solaio

Le pareti dovranno essere desolidarizzate dal solaio tramite l'interposizione di una fascia tagliamuro, tipo Isolmant FAST GM15 o equivalente.

Lungo tutto il perimetro della parete, in sommità e sui fianchi, si deve prevedere la realizzazione di giunti sigillati mediante schiuma poliuretanicca per evitare la formazione di ponti acustici.

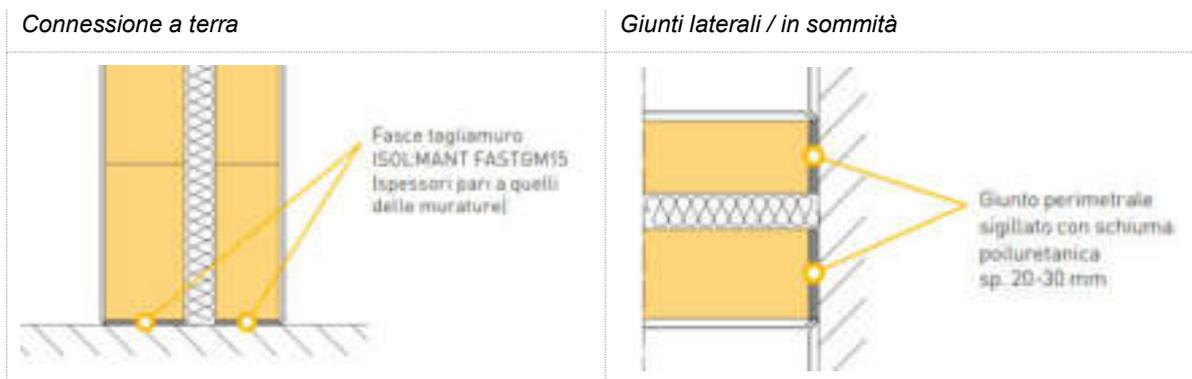


Figura 9 – Partizioni tra unità immobiliari. Giunti perimetrali.

Si raccomanda di evitare di forare le pareti di separazione tra unità immobiliari dal momento che la perdita di continuità di tali elementi ne riduce sensibilmente le prestazioni fonoisolanti. Nei casi in cui si renda indispensabile la realizzazione di tracce per permettere il passaggio delle tubazioni, queste dovranno essere limitate alle contropareti in muratura. In tutti i casi il nucleo centrale in cartongesso dovrà essere mantenuto integro, evitando fori passanti.

Si sottolinea a tal proposito che è necessario evitare di realizzare scatole elettriche o tracce per l'alloggiamento di condotti contrapposte, preferendone la realizzazione in posizione sfalsata, in modo da evitare l'insorgere di ponti acustici che indebolirebbero le prestazioni fonoisolanti della partizione.

Le cassette elettriche vanno inoltre opportunamente isolate attraverso l'interposizione di materiale a sigillatura degli eventuali ponti acustici; le tracce lasciate nella muratura per permettere il passaggio dei tubi devono essere riempite con opportuno materiale isolante.

6.2 Indicazioni di posa in opera della pavimentazione galleggiante

Un aspetto di fondamentale importanza è quello del controllo delle vibrazioni. A tal proposito un accorgimento indispensabile è la realizzazione di un pavimento galleggiante, in cui uno strato resiliente isola il massetto del pavimento e la relativa finitura dalla parte strutturale del solaio, al fine di smorzare la trasmissione di rumore per via strutturale.

Di seguito si riporta la procedura per la corretta messa in opera del pavimento galleggiante, in riferimento alla realizzazione degli elementi costruttivi al contorno:

1. i tramezzi divisorii devono essere separati strutturalmente dal solaio inferiore e superiore mediante l'interposizione di una striscia desolidarizzante. Tracciata la posizione del muro si colloca il pannello, di larghezza tale da fuoriuscire di un centimetro per lato della parete. In questo modo la malta usata per la realizzazione del muro non risulta aderente al solaio;
2. si realizza il divisorio;
3. si posa senza soluzione di continuità il materassino anticalpestio avendo cura di risvoltarlo lungo i lati del divisorio, al fine di evitare collegamenti rigidi tra pavimento galleggiante e divisorio;

4. si posa la finitura superficiale evitando il contatto con il muro. La fessura che viene a crearsi dopo la rimozione del distanziale di compensato dovrà essere siliconata per evitare infiltrazioni d'acqua;
5. si rifila l'eccedenza del materiale resiliente risvoltato lungo le pareti verticali;
6. si posa il battiscopa evitando il contatto con il pavimento, attraverso l'interposizione di una striscia dello spessore di circa 1 mm, da rimuovere a lavorazione finita.

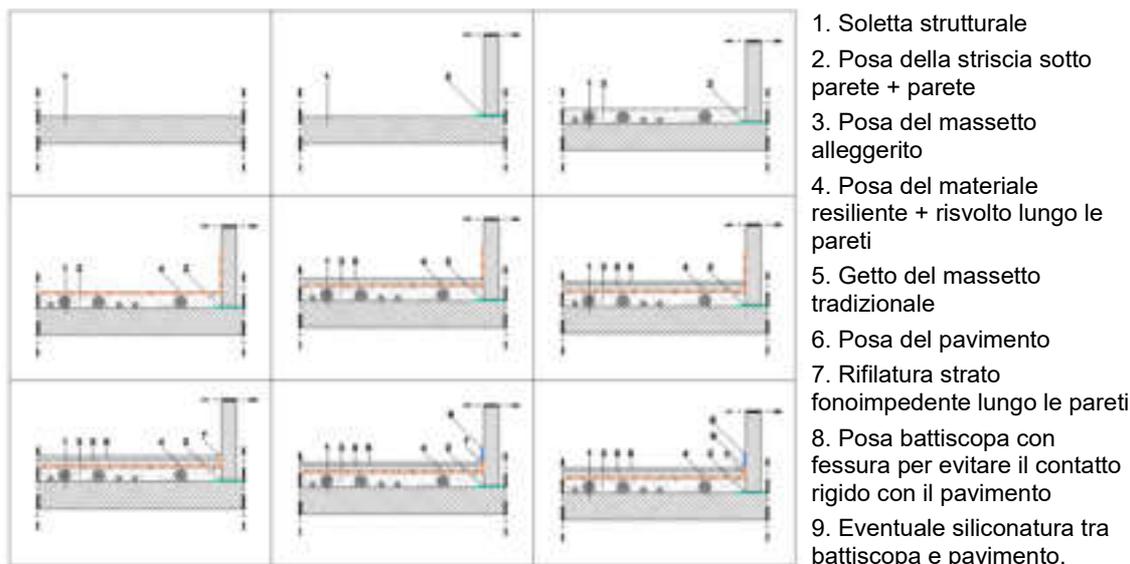


Figura 10 – Modalità di posa in opera del pavimento galleggiante

Per quanto riguarda il caso in esame, si propone la posa del materassino anticalpestio, tipo Fonostop DUO, anche nei bagni: tale elemento funzionerà da strato desolidarizzante e consentirà di ridurre la trasmissione delle vibrazioni dovute agli scarichi idrici.

6.3 Gli impianti a funzionamento discontinuo

Gli impianti a funzionamento discontinuo sono impianti idrico-sanitari e impianti ascensore. Di seguito si riportano indicazioni tecniche e i materiali da impiegare per limitare la rumorosità degli impianti, in particolare per quanto riguarda l'isolamento ai rumori per via strutturale.

6.3.1 Impianti idrico-sanitari

Nel caso di impianti idrico-sanitari la propagazione del rumore avviene principalmente per via strutturale. Inoltre non esistono ad oggi metodi a norma per il calcolo previsionale dei livelli massimi di rumorosità degli impianti tecnologici e, pertanto, il rispetto delle indicazioni di corretta posa in opera risulta necessario per il contenimento della rumorosità e il rispetto dei requisiti di legge.

Nella realizzazione degli impianti idricosanitari devono essere adottate tutte le cautele suggerite dalla regola dell'arte, con riferimento al dimensionamento e posa delle tubazioni di adduzione dell'acqua calda e fredda, della rete di scarico, dei miscelatori, etc. al fine di limitare la generazione di rumore da parte di fenomeni di turbolenza nelle curve, di cavitazione nelle sezioni ristrette, di colpo d'ariete nei transitori, e la propagazione per via solida attraverso le strutture. A tal fine sono da prevedersi supporti e rivestimenti elastici, tubazioni e scarichi preisolati e isolati rispetto alle pareti tramite collari o guaine antivibranti.

SCARICHI IDRICO-SANITARI. Particolare attenzione dovrà essere rivolta agli scarichi idrici, i quali dovranno essere del tipo Geberit Silent dB20 o equivalenti, realizzati in polietilene o polipropilene. Al fine di contenere la rumorosità degli impianti a funzionamento discontinuo entro i limiti di legge dovrà inoltre essere eseguito quanto segue:

- tutte le colonne verticali, nonché i tratti orizzontali, dovranno essere rivestiti con apposite guaine fonoimpedenti isolanti stratificate tipo Akustik Metal Slik o equivalenti, per incrementare la prestazione fonoisolante del sistema e limitare la trasmissione di vibrazioni. Tale guaina dovrà essere ulteriormente fissata alla colonna con apposite fascette per evitarne il distacco dal tubo;
- per la posa delle tubazioni dovrà essere previsto l'utilizzo di collari di collegamento di tipo silenziato. Nel caso di utilizzo di collari tradizionali, questi dovranno essere in tutti i casi montati sopra la guaina fonoimpedente per evitare la trasmissione delle vibrazioni;
- per ridurre la generazione di rumore lungo il canale, le variazioni di direzione delle tubazioni dovranno essere gestiti con due curve a 45° e un tubo intermedi di lunghezza pari almeno a due volte il diametro della tubazione;
- nel caso in cui le tubazioni vengano alloggiare in appositi cavedi tecnici, questi dovranno essere rivestiti internamente con materiale fonoassorbente, tipo lana minerale (sp. ≥ 3 cm, densità ≥ 50 kg/m³), al fine di aumentare l'assorbimento acustico all'interno dei cavedi e ridurre le riflessioni sonore all'interno degli stessi;
- per quanto riguarda le eventuali forometrie eseguite nei solai, gli interstizi tra solai e tubazioni dovranno essere adeguatamente sigillati con malta (soluzione da preferire) o in alternativa con schiume sigillanti ad elevato potere fonoisolante.

In fase di scelta dei materiali sarà necessaria la condivisione da parte dell'impresa delle schede tecniche dei tubi di scarico e dei sistemi di raccordo e di aggancio, nonché del materiale impendente di rivestimento, per la valutazione da parte della D.L. delle caratteristiche acustiche del prodotto specifico.

In fase di realizzazione sarà necessario da parte dell'impresa curare in maniera puntuale la posa di tutti i componenti e materiali.

- rivestimento delle tubazioni con guaina fonoimpedente adesiva, ulteriormente fissata tramite fascette;
- sigillatura delle forometrie per i passaggi delle tubazioni con apposite schiume fonoisolanti;
- rivestimento con materiale fonoassorbente (lana di roccia, spessore ≥ 3 cm) dei cavedi per l'alloggiamento delle colonne di scarico.



Figura 11 – esempi di realizzazione.

PLUVIALI. Limitatamente ai casi in cui sia previsto il passaggio dei pluviali all'interno dell'edificio, si richiede che questi vengano realizzati utilizzando la stessa soluzione prevista per le colonne di scarico.

APPARECCHI SANITARI. Gli apparecchi sanitari possono essere causa di propagazione di rumore sia in fase di alimentazione che di scarico, è dunque indispensabile prevedere per tutte le vasche da bagno e le docce la realizzazione di giunti elastici per mezzo di guarnizioni in gomma in corrispondenza dei solai e delle pareti verticali.

Per quel che riguarda le vibrazioni prodotte dall'acqua all'interno del tubo, che nella rubinetteria è causa del rumore di cavitazione, queste sono generate in corrispondenza di restrizioni che causano velocità di scorrimento elevate, accompagnate da pressioni molto basse. Il tipico rumore da cavitazione è contraddistinto da componenti in alta frequenza (sibili) e può, in certi casi, essere piuttosto intenso. Poiché il rumore generato è direttamente proporzionale al salto di pressione, è opportuno installare a monte dell'impianto, un riduttore di pressione il quale permette una maggiore apertura delle valvole. La pressione non deve superare i $0,2 \pm 0,3$ MPa, mentre la velocità di scorrimento dell'acqua nelle tubature non deve andare oltre i $1,5 \pm 2$ m/s. In alternativa, è possibile dotare il rubinetto di un elemento rompi-getto, che

provochi una riduzione della pressione dell'acqua all'uscita. Un altro rischio di disturbo è dato dal "colpo di ariete", fenomeno causato dalla brusca interruzione del flusso d'acqua all'interno tubo. Tale fenomeno deve essere controllato utilizzando una valvola che estingua lentamente il flusso.

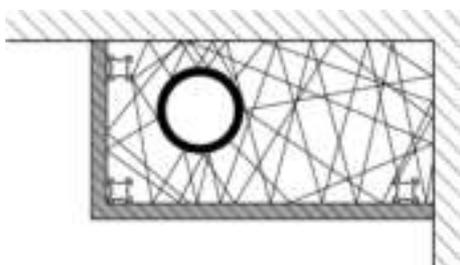
I rubinetti sanitari, indipendentemente dal tipo e dalla soluzione costruttiva, dovranno essere caratterizzati da silenziosità e assenza di vibrazioni in tutte le condizioni di funzionamento, in conformità alle Norme:

- | UNI EN ISO 3822-2 *Acustica – Misurazione in laboratorio del rumore emesso dai rubinetti e dalle apparecchiature idrauliche utilizzate negli impianti per la distribuzione dell'acqua – Condizioni di montaggio e di funzionamento dei rubinetti di scarico e miscelatori;*
- | UNI EN ISO 3822-3 *Acustica – Misurazione in laboratorio del rumore emesso dai rubinetti e dalle apparecchiature idrauliche utilizzate negli impianti per la distribuzione dell'acqua – Condizioni di montaggio e di funzionamento delle apparecchiature e delle valvole sull'impianto;*
- | UNI EN ISO 3822-4 *Acustica – Misurazione in laboratorio del rumore emesso dai rubinetti e dalle apparecchiature idrauliche utilizzate negli impianti per la distribuzione dell'acqua – Condizioni di montaggio e di funzionamento per apparecchiature speciali.*

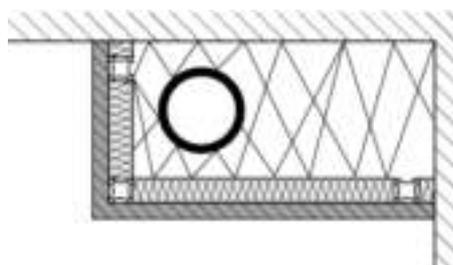
Si consiglia infine di seguire i seguenti accorgimenti:

- evitare sovrappressioni nell'impianto idrico;
- limitare la portata degli scarichi a non più di 4 litri/s;
- preferire cassette di risciacquo a zaino dotato di galleggiante silenziato;
- fissare gli scarichi alle pareti/solai tramite collari dotati di apposito kit fonoassorbente (se per mancanza di spazio questo non fosse possibile utilizzare una guaina elastica);
- rivestire gli scarichi in corrispondenza degli attraversamenti di pareti e solai utilizzando materiale morbido/flessibile.

Nei casi in cui le tubazioni verranno alloggiare in appositi cavedi tecnici, questi dovranno essere rivestiti internamente con materiale fonoassorbente (tipo lana minerale o fibra poliestere, di spessore ≥ 3 cm e densità ≥ 50 kg/m³), al fine di aumentare l'assorbimento acustico all'interno dei cavedi e ridurre le riflessioni sonore all'interno degli stessi.



Riflessioni sonore all'interno di un cavedio senza rivestimento fonoassorbente



Riflessioni sonore all'interno di un cavedio con rivestimento fonoassorbente al fine di ridurre la riverberazione del suono e la trasmissione diretta del rumore

Figura 12 – Esempio di riflessioni sonore all'interno di cavedi senza e con trattamento fonoassorbente.

6.3.2 Impianto ascensore

Il rumore e le vibrazioni prodotte dal funzionamento degli ascensori devono essere contenuti al fine di ottenere valori di rumorosità massima L_{ASmax} negli ambienti abitativi adiacenti inferiori a 35 dB(A). Di seguito si riportano alcune considerazioni circa le principali sorgenti di rumore e i relativi accorgimenti volti al contenimento della rumorosità degli ascensori. In linea generale è possibile distinguere tra differenti tipologie di rumore prodotto da un ascensore:

- rumori di origine meccanica (impatto);
- rumori da attrito;
- rumori di origine aerodinamica (vortici d'aria);
- rumori di origine elettromeccanica.

I rumori da impatto si hanno ad ogni avvio e arresto dell'ascensore al piano, per contraccolpo, per l'aggancio delle porte ai piani, ad ogni apertura e chiusura delle porte e per il funzionamento delle parti meccaniche nel locale macchine.

I rumori da attrito, oltre a quello dallo scorrimento dei pattini della cabina all'interno delle guide, sono tutti quelli derivanti dal funzionamento degli organi di trasmissione.

In merito ai rumori aerodinamici nei comuni ascensori la velocità della cabina è molto bassa (circa 1 m/s) e dunque questo tipo di rumore, che dipende dalla velocità, è trascurabile. Tuttavia tali rumori sono sempre presenti durante la corsa lungo il vano ascensore a causa dello spostamento della massa d'aria in relazione alla velocità della cabina e possono mettere in vibrazione l'intero corpo cabina. Più questa sarà leggera ed il sistema veloce, maggiore attenzione sarà necessario prestare a tale problematica.

Infine, i rumori di origine elettromeccanica sono i rumori prodotti dalle parti elettriche dell'impianto, in particolare dagli elementi elettromagnetici. I sistemi nuovi non utilizzano però tali componenti ma sfruttano la tecnologia ad inverter che risulta essere molto più silenziosa: componenti rumorosi quali relè e teleruttori non sono infatti presenti.

Sulla base delle considerazioni fatte risulta quindi importante procedere all'isolamento dell'impianto per limitare la trasmissione del rumore verso i locali adiacenti e garantire così un livello di rumorosità massimo all'interno degli ambienti abitativi adiacenti non superiore a 35 dB(A).

La trasmissione del rumore dell'ascensore si trasmette principalmente attraverso le strutture e in quantità minore per via aerea. Il livello di pressione sonora ponderata A generato all'interno del vano corsa $L_{AF,max}$ può essere quantificato in 75 dB(A), in accordo con la norma tedesca VDI 2566-2:2004-05 *Acoustical design for lifts without a machine room*. Considerando le compartimentazioni del locale macchine, realizzate in c.a. di spessore pari a circa 25 cm avente massa per unità di superficie che si attesta in un range compreso tra 490 Kg/m² e 580 kg/m², si ritiene che queste possano offrire un livello adeguato di isolamento ai rumori per via aerea. La Norma fornisce inoltre un valore di rumorosità massimo $L_{AF,max}$ atteso in corrispondenza delle porte di accesso alla cabina, quantificato in 65 dB(A). Prevedendo un eventuale isolamento dei dispositivi di apertura/chiusura delle porte, mediante interposizione di elementi resilienti, in

particolare sulle battute delle stesse, e privilegiando la scelta di meccanismi intrinsecamente più silenziosi, si ritiene che il valore suggerito dalla norma possa scendere a 50 dB(A).

Per quanto riguarda invece la propagazione del rumore per via solida, considerando un'installazione del motore senza utilizzo di supporti isolanti, il livello di pressione sonora misurato negli ambienti confinanti con il vano corsa e dovuto alle trasmissioni strutturali, come suggerito dalla Norma stessa, dovrebbe attestarsi in un range compreso tra 40 dB(A) e 45 dB(A).

Al fine di garantire un adeguato isolamento alle vibrazioni si rende pertanto necessario prevedere l'ancoraggio del motore alla cabina mediante interposizione di elastici (neoprene). Se il motore è installato su supporti elastici questo può essere considerato approssimativamente come un oscillatore massa-molla.

La scelta dei supporti elastici deve tenere conto di:

- effettiva massa dinamica m_d del motore;
- costante elastica c del supporto;
- frequenza di eccitazione (disturbante) f_E .

Il dimensionamento dei materiali elastici deve essere eseguito considerando la frequenza di risonanza del sistema f_0 . La frequenza di risonanza è definita come

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c}{m_d}} \quad \text{in Hz}$$

$$f_0 > 0.5\sqrt{2 \cdot f_E} = 0.707 \cdot f_E \quad \text{in Hz}$$

La frequenza di eccitazione f_E viene determinata a partire dalla più alta velocità di rotazione n_m del motore:

$$f_0 = \frac{n_m}{60} \quad \text{in Hz}$$

In ogni caso, la frequenza naturale f_0 non deve scendere al di sotto di 8 Hz e non deve eccedere i 15 Hz. In particolare, è bene prestare attenzione al limite inferiore, in quanto potrebbero insorgere problemi di sicurezza.

Infine, potrebbe risultare necessario procedere all'isolamento dalle vibrazioni anche delle guide della cabina, mediante interposizione di materiali resilienti.

Concludendo, è necessario che l'impresa indicata per la posa degli impianti ascensore proceda alla realizzazione degli interventi necessari al contenimento della rumorosità, in accordo con quanto riportato nel presente capitolo.

7 CONCLUSIONI

La valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi è stata eseguita per verificare la conformità delle soluzioni tecnologiche previste a progetto, ai sensi del D.P.C.M. 5/12/97 *Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici*, in accordo con i metodi di calcolo delle serie di norme UNI EN 12354.

I calcoli previsionali sono stati effettuati per ambienti tipo, ritenuti rappresentativi delle dimensioni e delle tecnologie costruttive del caso in esame. Si specifica a tal proposito che le tecnologie costruttive si mantengono costanti per l'edificio in progetto.

Dalle analisi condotte è emerso che le soluzioni progettuali individuate e analizzate in questo elaborato sono conformi ai limiti previsti dal D.P.C.M. 5/12/97 *Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici* per categorie di edifici adibite ad uso residenziale. Sono inoltre conformi alla classe II ai sensi della norma UNI 11367 come previsto dal D.M. 11 ottobre 2017 *Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici*.

Per quanto riguarda l'isolamento alle trasmissioni sonore per via strutturale si raccomanda la massima cura nel disaccoppiamento di tutte le strutture rigide mediante interposizione di materiale elastico-smorzante.

Si raccomanda, infine, di seguire le indicazioni tecniche fornite per le pareti di separazione tra alloggi e per la posa in opera della pavimentazione galleggiante, nonché degli impianti a funzionamento discontinuo.

In conclusione, al fine di ottenere i requisiti acustici passivi previsti da progetto, dovranno essere scrupolosamente osservate le prescrizioni sulle caratteristiche dei materiali prescelti, nonché adottata la massima cura nella posa degli stessi. L'esecuzione di componenti edilizi differenti da quelli descritti in relazione, la mancata risoluzione dei ponti acustici definiti in relazione e l'utilizzo di materiali diversi da quelli specificati, solleva da qualsiasi responsabilità legata al rispetto dei requisiti acustici degli ambienti sottoposti a verifica. Tutte le installazioni impiantistiche sono ipotizzate realizzate a regola d'arte altrimenti sarebbero di per sé causa di ponti acustici non prevedibili in fase di progettazione.

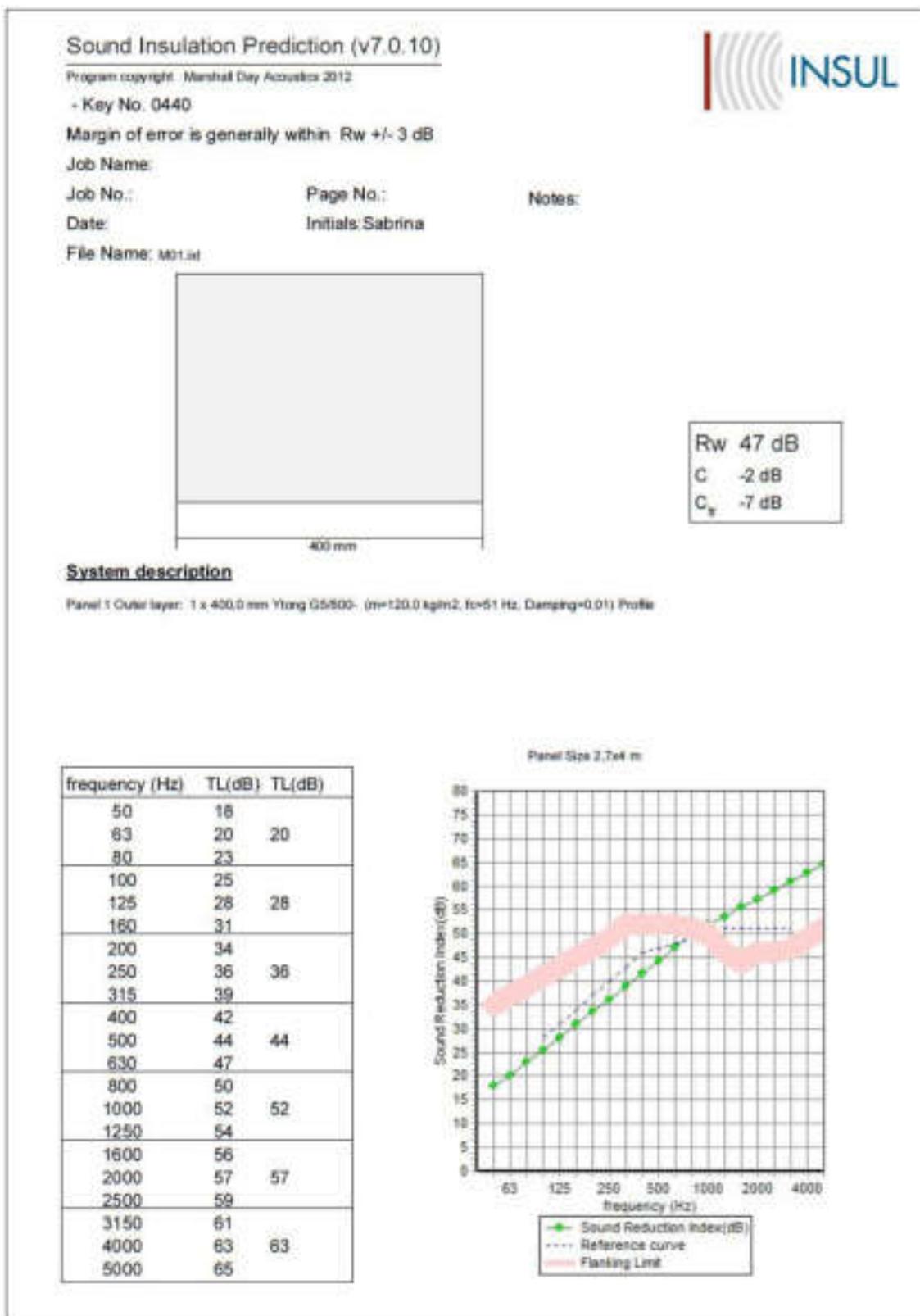
L'eventuale presenza di punti singolari, non descritti in relazione, dovrà essere esaminata e risolta nel corso della Direzione Lavori.

ALLEGATO 1

POTERE FONOISOLANTE DEGLI ELEMENTI E SCHEDE TECNICHE



M01 | PARETE PERIMETRALE



M03 – DIVISORIO TRA APPARTAMENTI

M04 – PARETE VERSO FABBRICATO ADIACENTE



ECAMRICERT SRL
Via del Lario, 6
36030 Montebelluna di Mevo
Verona, Italy
T +39 0445 608838
F +39 0445 581430
info@ecamricert.com
C.F./P.I. 0369000246

ecamricert.com

ECAMRICERT S.R.L. iscritta alla C.C.I.A.A. di Venezia n. 3764098 e al Tribunale di Venezia n. 71/003/2011
Laboratorio di ricerca acustica autorizzato art. 54 DM 001/2000-G. n. 28/2002
Accreditamento UNI EN ISO 9001 conforme ai requisiti della norma UNI-CEI EN ISO 9001:2008

Il logo e l'accreditamento sono del cliente (C.A.) con responsabilità e competenza dell'Ente di accreditamento
di cui vengono fornite le informazioni per ogni richiesta di informazioni presso l'accreditamento (www.accreditamento.it)



LAB N° 0009

Rapporto di prova n° 17-9144-006

Data di emissione, 19/10/2017

Pagina 2 di 7

MISURAZIONE IN LABORATORIO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO PER VIA AEREA DI ELEMENTI DI EDIFICIO (NORME SERIE UNI EN ISO 10140)

1. DESCRIZIONE DEL CAMPIONE IN PROVA*

Doppia muratura in blocchi pieni di calcestruzzo cellulare, spessore 12 cm, densità nominale 600 kg/m³ e spessore 10 cm, densità nominale 450 kg/m³. Intercapedine con pannello in lana minerale URSA TERRA 66, spessore 4 cm. Realizzazioni di 4 tracce per impianto elettrico contrapposte su ogni lato della parete.

Malta di allettamento tipo Ylong malta collante FRECCOL, spessore 3 mm.

Giunti orizzontali continui con malta-collante.

Giunti verticali a secco, blocchi accostati con profilo maschio-femmina e sigillati esternamente con malta collante.

Giunto perimetrale tra muratura e telaio, spessore 20-30 mm, sigillato con schiuma poliuretanea (3 lab).

Giunto a terra interposizione fascia tagliamuri ISOLMANT FASTGN15, spessori pari alle murature.

Spessore complessivo: 26 cm.

Tempo di asciugatura malta collante: 3 giorni.

Posa eseguita dal cliente.

Documento con firma digitale avanzata ai sensi della normativa vigente





ECAMRICERT SRL
Viale del Lavoro, 6
36030 Monte di Malè
Verona, Italy
T +39 0445 608838
F +39 0445 581430
info@ecamricert.com
C.F./P.I. 01650090368
ecamricert.com

ECAMRICERT S.R.L. iscritta alla C.C.I.A.A. di Verona al n. 1794099 e s.r.l. Tribunale Verona E. 76 000 051 e
Laboratorio di ricerca ed analisi qualificato art. 29 (D.L. 501, 2000) art. 17 (D.L. 2002)
Accreditamento LAB SP 2902 conforme ai requisiti della norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2005
Il presente documento è valido solo per il cliente e non può essere riprodotto o ristampato. ACCREDITATO DA UNICEV e UNICEV sono autorizzati
a far circolare soltanto i certificati e non con esso (eventuali aggiornamenti sono disponibili online sul sito).



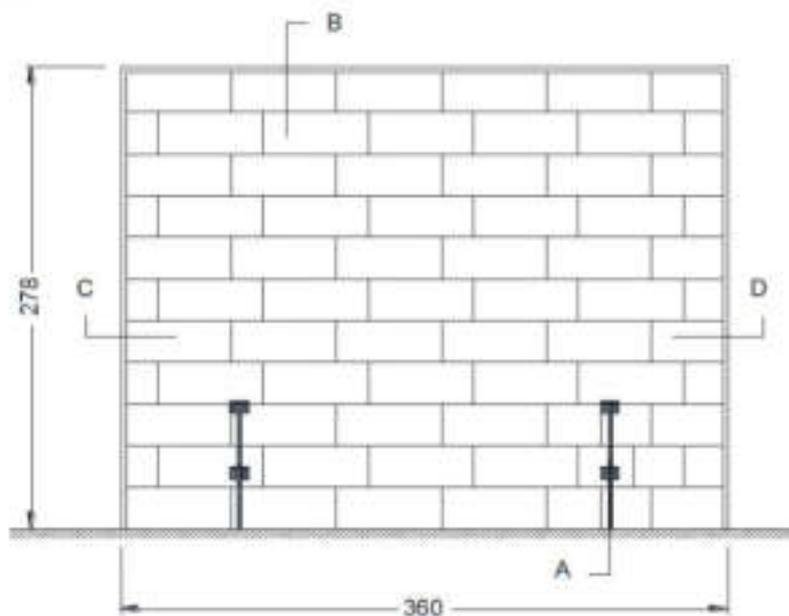
LAB SP 2902

Rapporto di prova n° 17-9144-006

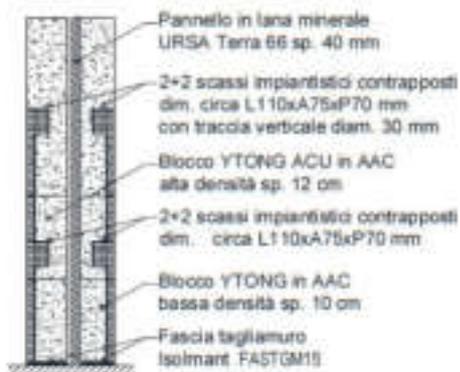
Data di emissione, 19/10/2017

Disegni costruttivi

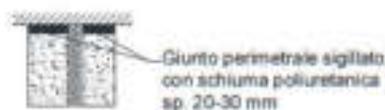
Pagina 4 di 7



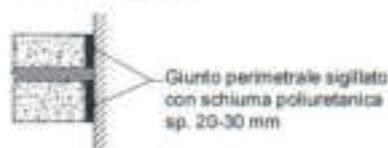
Particolare A



Particolare B



Particolare C-D



Documento con firma digitale avvertita ai sensi della normativa vigente





ECAMRICERT SRL
 Viale del Lavoro, 6
 10030 Moncivada di Maia
 Verona, Italy
 T +39 0445 609838
 F +39 0445 581430
 info@ecamricert.com
 C.F./P.I. 03690002346
 ecamricert.com

ECAMRICERT S.R.L. Società s.l.s. a s.r.l. di Investitori: 1754000 S.A. Capoluogo: Roma T. 06 595 2811
 Laboratorio di ricerca acustica qualificato art. 14 Dm 5891/2000-G.I. n° 26/2005
 Accreditamento CNR N° 2009 conforme ai requisiti della Norma UNI-CEI EN ISO 9001:2008
 Il CNR è l'organismo Garante dei Servizi "S.A." nei confronti di Clienti e Fornitori. ECAMRICERT S.R.L. è un'attività accreditata
 in base a norme tecniche europee e non può essere considerata equivalente alle apparecchiature di laboratorio.



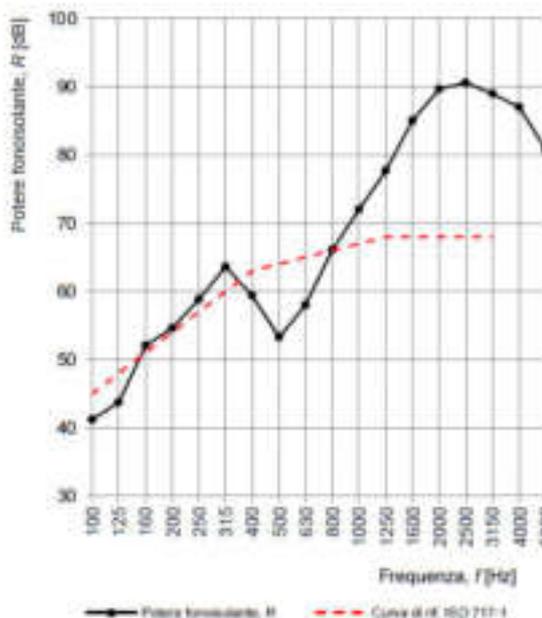
LAB N° 2009

Rapporto di prova n° 17-9144-006

Data di emissione, 19/10/2017
 Pagina 7 di 7

Superficie utile del campione in prova = 10,044 m²
 Massa per unità di area = 150,0 kg/m²
 Temperatura nella camera trasmittente = 18,7 °C ± 0,4 °C. Temperatura nella camera ricevente = 18,7 °C ± 0,4 °C
 Umidità relativa nella camera trasmittente = 61 % ± 2 %. Umidità relativa nella camera ricevente = 61 % ± 2 %
 Pressione statica = 100,20 kPa ± 0,06 kPa
 Volume camera emittente = 78,1 m³
 Volume camera ricevente = 67,7 m³

Frequenza <i>f</i> [Hz]	<i>R</i> Un terzo d'ottava [dB]
100	41,2
125	43,7
160	52,1
200	54,6
250	58,8
315	63,6
400	59,4
500	53,3
630	58,0
800	66,1
1000	72,0
1250	77,7
1600	85,0
2000	89,7
2500	90,6*
3150	89,0*
4000	87,0*
5000	80,8



* Differenza tra livello misurato nella camera ricevente e rumore di fondo inferiore a 5 dB.

Valutazione secondo la ISO 717-1:

$R_w (C_1; C_2) = 64 (-2; -7) \text{ dB}$

Valutazione basata su risultati di misurazioni di laboratorio ottenuti mediante un metodo tecnico:

$C_{100-5000} = -1 \text{ dB}$

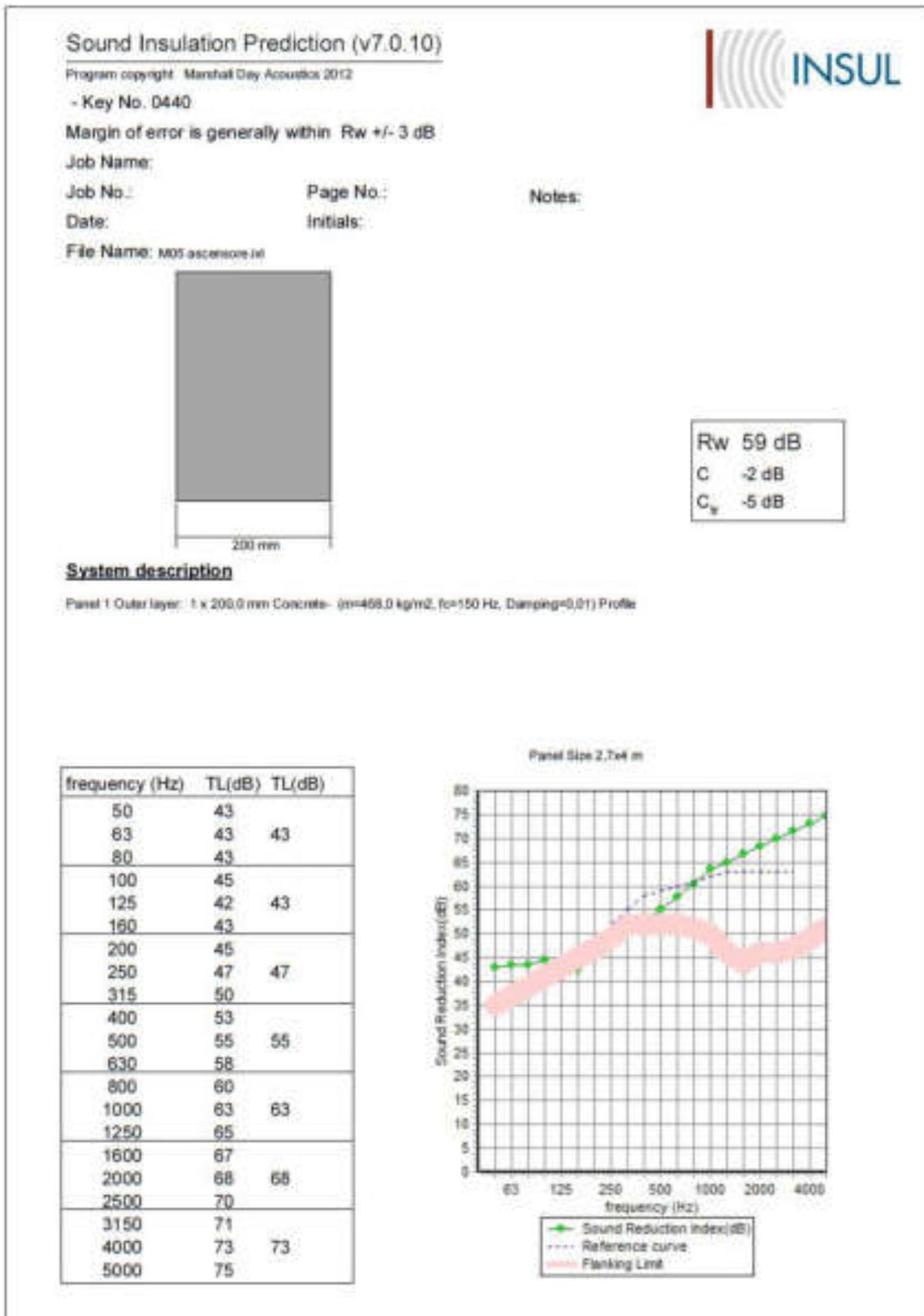
$C_{11-100-5000} = -7 \text{ dB}$

Direttore Settore prove Termo Acustiche Ing. Cristian Rinaldi

Documento con firma digitale avanzata ai sensi della normativa vigente.



M05 – PARETE VERSO VANO ASCENSORE



Sound Insulation Prediction (v7.0.10)

Program copyright Marshall Day Acoustics 2012

- Key No. 0440

Margin of error is generally within $R_w \pm 3$ dB

Job Name:

Job No.:

Page No.:

Notes:

Date:

Initials: Sabrina

File Name: T01.wt



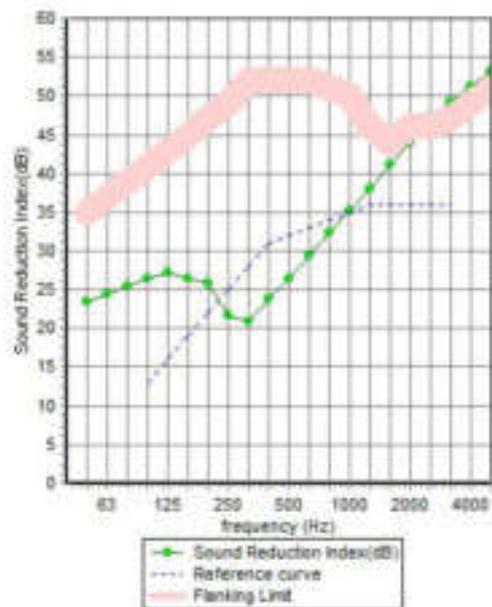
R_w 32 dB
 C -1 dB
 C_w -3 dB

System description

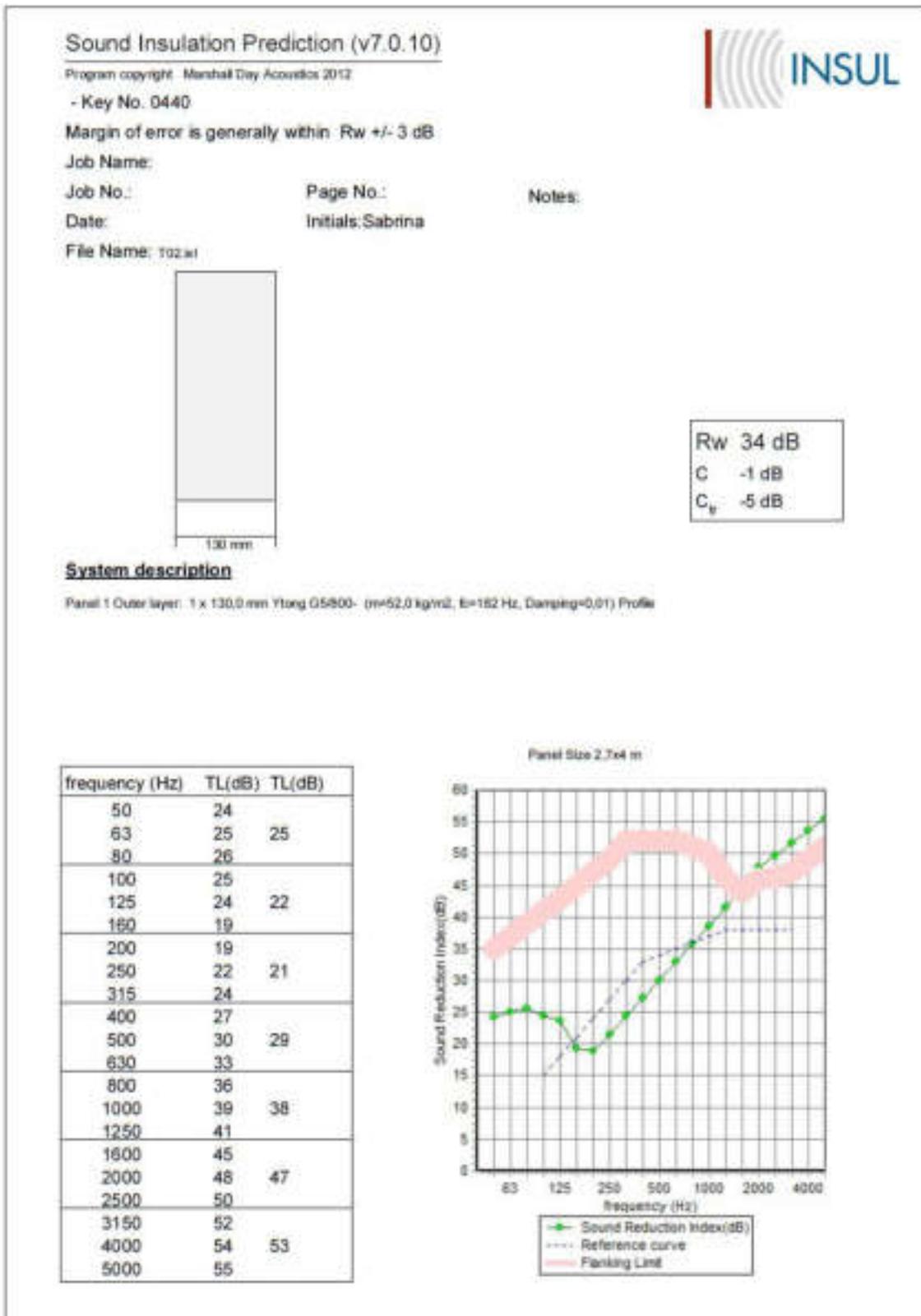
Panel 1 Outer layer: 1 x 90,0 mm Ytong G5800- (m=45,0 kg/m², f=294 Hz, Damping=0,01) Profile

frequency (Hz)	TL ₁ (dB)	TL ₂ (dB)
50	23	
63	24	24
80	26	
100	26	
125	27	27
160	26	
200	26	
250	22	22
315	21	
400	24	
500	27	26
630	29	
800	32	
1000	35	35
1250	38	
1600	41	
2000	44	43
2500	47	
3150	49	
4000	51	51
5000	53	

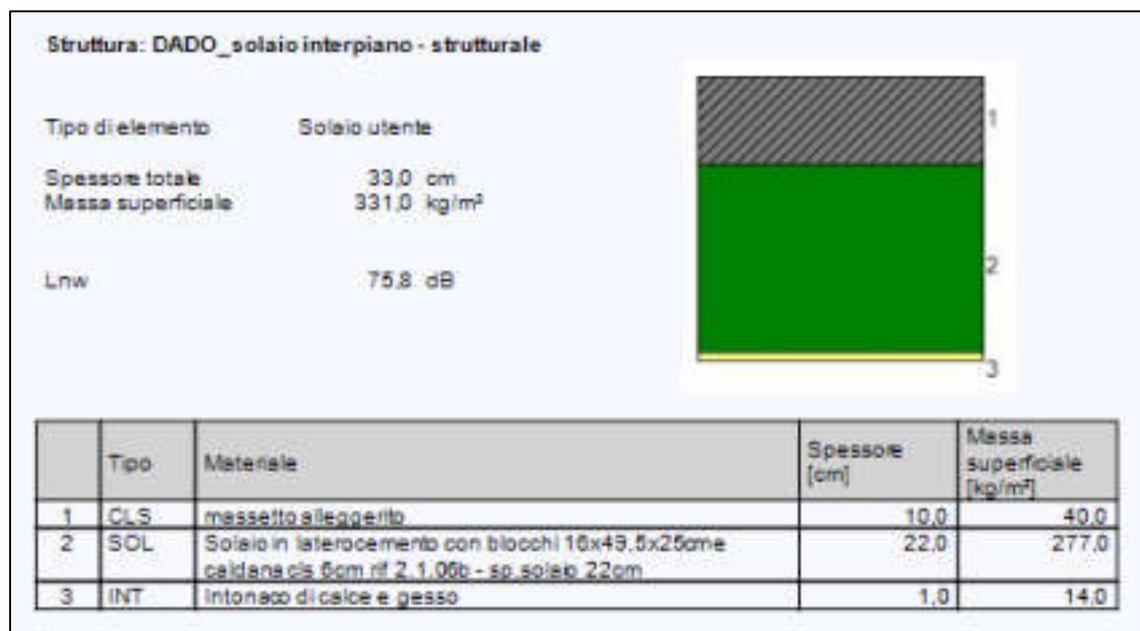
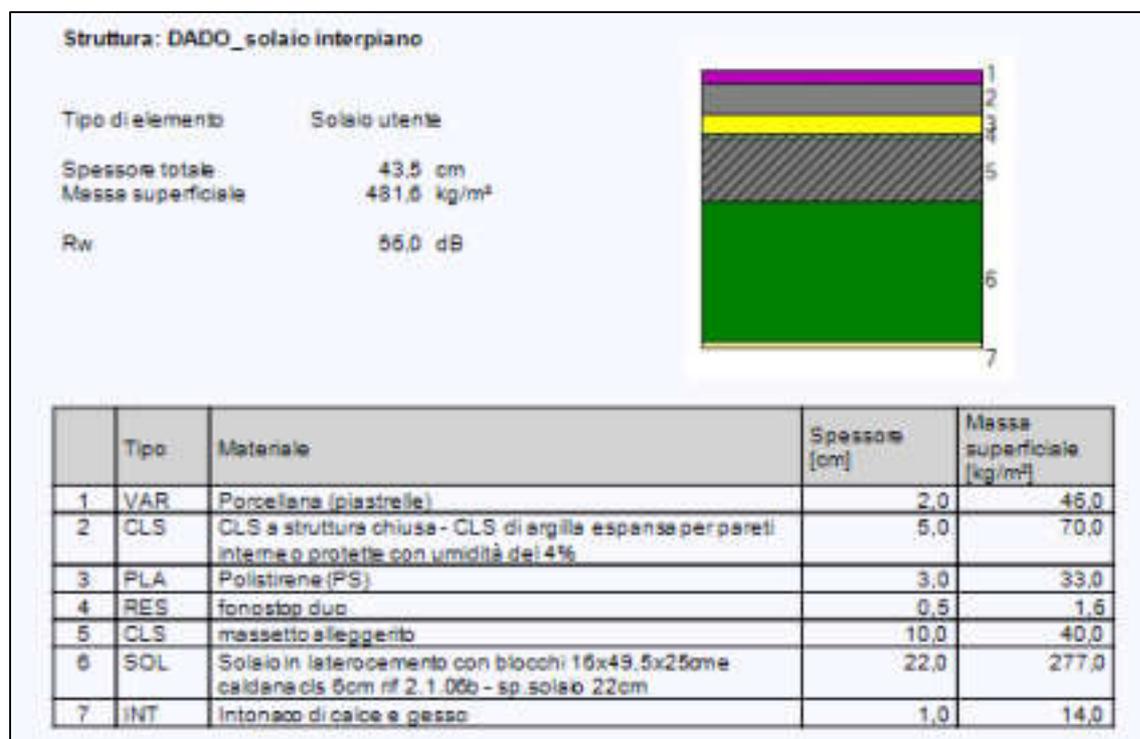
Panel Size 2,7x4 m



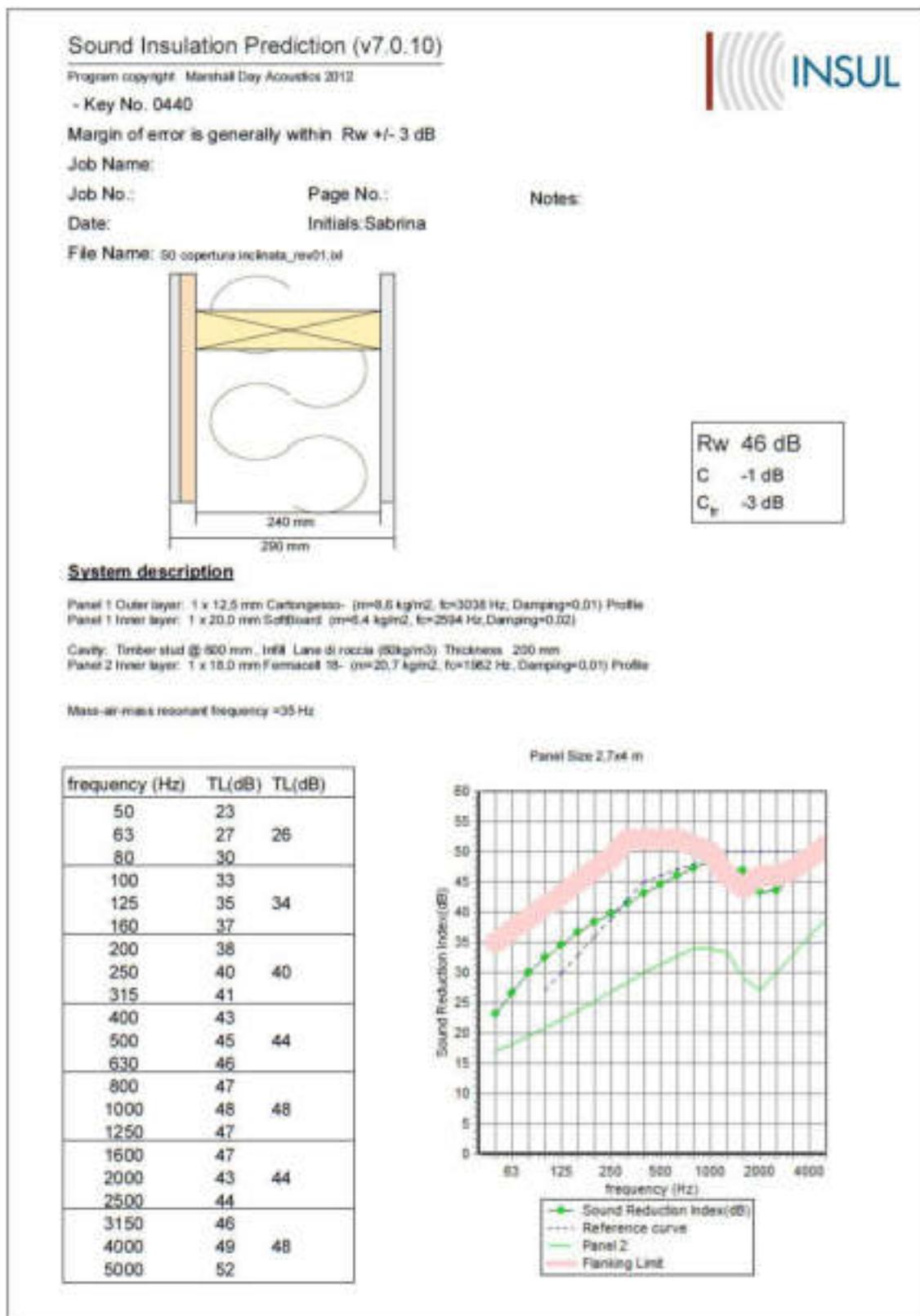
T02 | TRAMEZZO ATTREZZATO



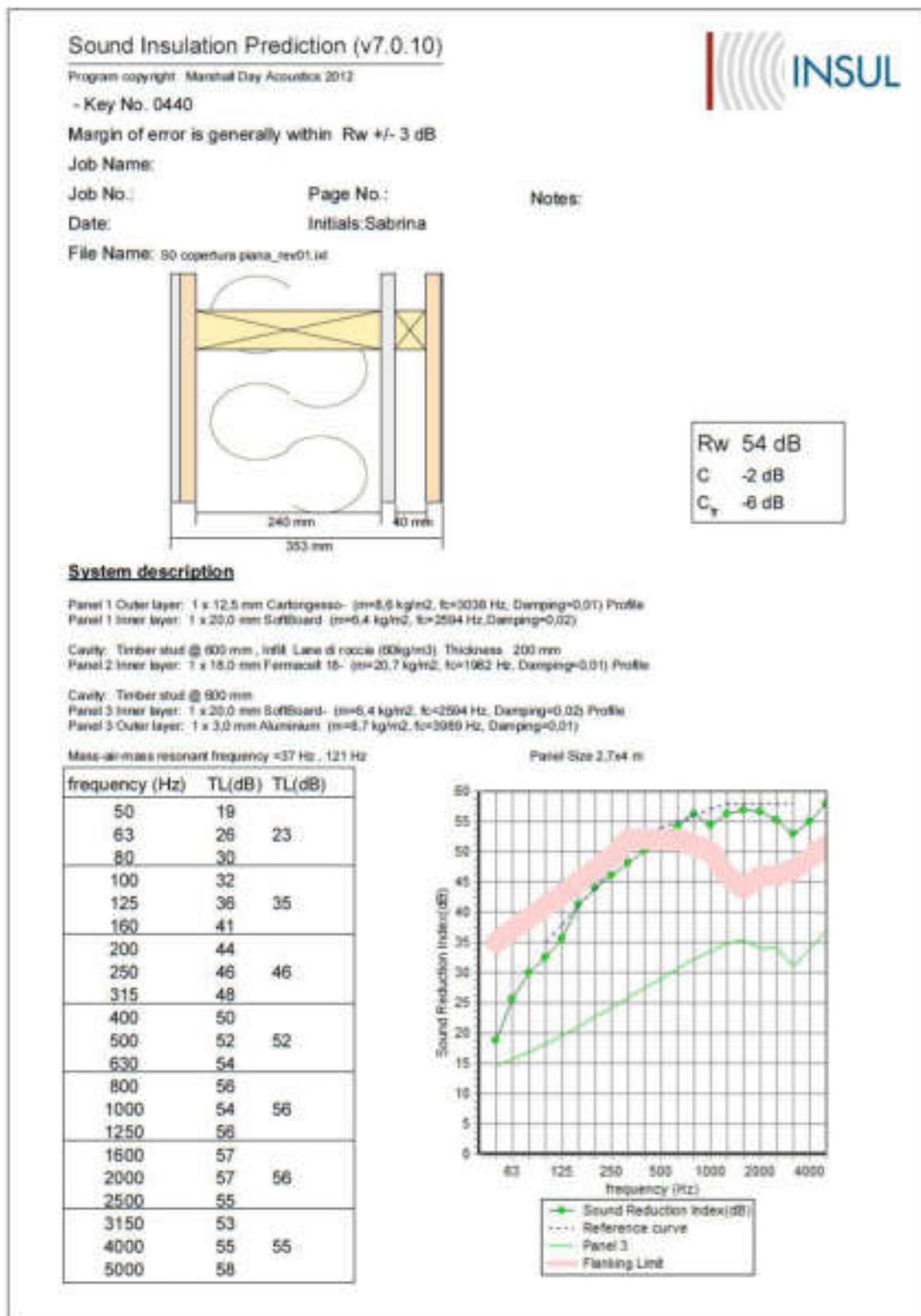
S03 | SOLAIO INTERPIANO



S07 | SOLAIO COPERTURA INCLINATA



S07 | SOLAIO COPERTURA PIANA



STRATO RESILIENTE



FONOSTOPDuo
ISOLANTE ACUSTICO DEI RUMORI DI CALPESTIO BISTRATO AD ELEVATA FONORESILLENZA PER SISTEMI DI ISOLAMENTO ACUSTICO DEI SOLAI INTERNI ED ESTERNI, CON PAVIMENTO GALLEGGIANTE

FONOSTOPTrio
ISOLANTE ACUSTICO DEI RUMORI DI CALPESTIO TRISTRATO AD ELEVATA FONORESILLENZA PER SISTEMI DI ISOLAMENTO ACUSTICO DEI SOLAI INTERNI ED ESTERNI, CON PAVIMENTO GALLEGGIANTE

CONFERISCE CREDITI **LEED**

CARATTERISTICHE		BENEFICI AMBIENTALE		
INQUADRO	ACQUA E ARIA	VERDE	RICICLO	BIOLOGICIZZAZIONE

1 PROBLEMA

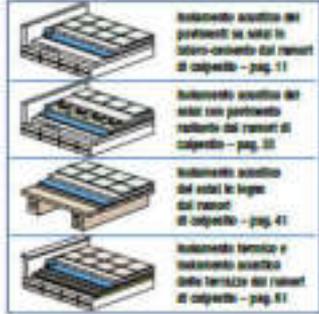
L'interposizione di un materiale resiliente fra un massetto galleggiante, su cui si può posare qualsiasi tipo di pavimento, e il solaio portante, determina l'attenuazione $A_{L,w}$ della propagazione dei rumori d'urto o calpestio ed un incremento $A_{L,w}$ dell'isolamento dei rumori aerei e costituisce la tecnica di isolamento più flessibile ed efficace disponibile. Il DPCM 05/12/1997 prescrive livelli di isolamento diversi in funzione della destinazione d'uso dell'edificio, da qui l'esigenza di poter disporre di materiali di isolamento modulari che consentano di assemblare sia sistemi proporzionali ai diversi livelli di isolamento prescritti dal decreto sia sistemi di isolamento di grado superiore per un confort assoluto. I livelli di isolamento dei rumori di calpestio prescritti dal decreto determinano l'esigenza di disporre di materiali isolanti di massima efficienza ma di basso spessore compatibile con le quote usualmente previste dal progetto dell'edificio e, dato che il requisito acustico si misura in opera, siano anche compatibili con la realtà del cantiere, siano cioè resistenti al traffico di uomini e di mezzi e che non si spostino durante la posa delle pavimentazioni.

2 SOLUZIONE

Per risolvere i problemi sopracitati INDEX ha realizzato gli isolanti FONOSTOPDuo e FONOSTOPTrio che da soli o in associazione fra loro possono soddisfare qualsiasi esigenza di isolamento dei rumori di calpestio. FONOSTOPDuo e FONOSTOPTrio sono stati progettati per l'isolamento in edilizia non sono costituiti da prodotti di recupero né derivano da altri settori applicativi.

FONOSTOPDuo. È l'isolante acustico dei rumori di calpestio sottile e di elevatissima efficacia, rappresenta l'isolante del calpestio più performante della gamma prodotta da INDEX. È costituito da una lamina fonosopponente accoppiata ad un tessuto non tessuto fonoresiliente in fibra poliestere ottenuto con un particolare procedimento di "agugliatura elastica", progettato esclusivo INDEX. La lamina fonosopponente è un elemento continuo, impermeabile all'acqua e all'aria, che assolve la funzione di ottimizzare la prestazione acustica otturando le porosità di cui

un manufatto edilizio può dotarsi, attraverso il quale il rumore aereo avrebbe modo di diffondersi, ristabilendone la continuità, caratteristica apprezzabile specie su piani di posa discontinui. La lamina ha anche il compito di impedire che la pasta fresca cementizia stesa sul materiale isolante in fase di realizzazione del massetto impregni le fibre del tessuto non tessuto annullandone le proprietà elastiche. Il tessuto non tessuto è uno strato di separazione elastico fra elementi rigidi, massetto a soletto, che attenua, sia la trasmissione delle vibrazioni provocate dal calpestio degli occupanti sul massetto galleggiante pavimentato, sia le vibrazioni del massetto indotte dal rumore aereo derivante dalle diverse sorgenti sonore come le voci, gli apparecchi radio, televisivi, ecc. La natura fibrosa del tessuto non tessuto, seppure di spessore ridotto, rappresenta un ulteriore elemento a favore delle capacità isolanti del materiale anche per il rumore aereo che i materiali isolanti a cella chiusa non posseggono. Le fibre sintetiche non sono irritanti, sono elastiche e non si frantumano quando vengono compresse o piegate e la particolare tessitura del tessuto non tessuto determina una naturale aderenza a secco delle fibre ai piani di posa cementizio o legamentera scabro su cui in genere appoggiano, simile ad un "effetto velcro", che impedisce al foglio di muoversi durante le successive fasi di stesura della pavimentazione, per cui, FONOSTOPDuo, pur essendo un prodotto relativamente leggero, una volta posato si "incolla" al sottofondo o non si sposta. FONOSTOPDuo, inoltre, è resistente al puzzoneamento sia statico che dinamico per cui resiste sia al traffico di cantiere in fase di posa, sia, in esercizio, all'azione perforante delle asperità dei sottofondi irregolari sotto il carico del massetto galleggiante. Il tessuto non tessuto fonoresiliente fonde da molle nel modello di sistema fisico "molla - massa" in cui una massa, costituita dal massetto galleggiante, è calicata su di una molla, il tessuto fonoresiliente, appoggiata su di un supporto rigido, il solaio portante. Il carico unitario relativamente basso del massetto galleggiante (0,008-0,012 kg/cm²) fa sì che materiali comunemente definiti come elastici, come lo può essere un foglio di gomma, nel caso specifico hanno una rigidità dinamica troppo elevata che li rendono inadeguati ad ammortizzare le vibrazioni generate dal calpestio dei massetti, mentre, entro limiti ben definiti di non eccessiva comprimibilità, meta-



riali come FONOSTOPDuo possiedono la giusta rigidità dinamica che proporzionata al basso carico unitario del massetto determina un isolamento ottimale. FONOSTOPDuo è dotato della migliore rigidità dinamica della serie degli isolanti acustici dei rumori di calpestio prodotta da INDEX. FONOSTOPTrio è prodotto in rotoli da 10x1,05 m e la lamina fonosopponente della faccia superiore, che è rivestita con una finitura liscia in TNT di polipropilene azzurro, sporge di 5 cm rispetto al tessuto non tessuto fonoresiliente bianco della faccia inferiore, al fine di costituire una sorta di scorcio che protegga la linea di accostamento laterale dei fogli dall'intrusione di malta cementizia del massetto che altrimenti, una volta indurita, determinerebbe un ponte acustico.

FONOSTOPTrio. È un isolante tristrato costituito dagli stessi elementi che compongono FONOSTOPDuo ma in questo caso la lamina fonosopponente è rivestita anche sulla faccia superiore dallo stesso tessuto non tessuto che riveste la faccia inferiore. FONOSTOPTrio completa le prestazioni dell'isolante da cui deriva perché in associazione con FONOSTOPDuo consente di ottenere una rigidità dinamica del sistema ulteriormente superiore tale da soddisfare le esigenze di isolamento di solai leggeri o esigenze particolari superiori ai limiti di legge. FONOSTOPTrio è prodotto in rotoli da 8x1,05 m e, per ottenere la continuità del tessuto non tessuto dopo la posa, è dotato di due fasce di sovrapposizione contrapposte larghe 5 cm poste su entrambi le facce del telo.



GUAINA FONOIMPEDENTE

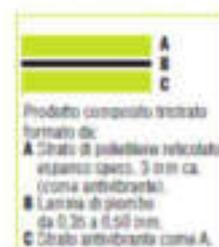
AKUSTIK® - METAL SLIK Art. 6



MATERIALE

Realizzato mediante l'accoppiamento tra due strati di polietilene espanso impermeabile reticolato con all'interno una lastra di piombo di spessore da 0,35 a 0,50 mm, per l'assorbimento delle basse ed alte frequenze.

COMPOSIZIONE



DIMENSIONI STANDARD

Lunghezza: mt 3,00
 Larghezza: mm 1000
 Spessori: mm 6
 Eventuali altri spessori e formati sono disponibili a richiesta.
 Tolleranze dimensionali a norma UNI EN 7715 Parte 2.

IL PANNELLO
 ACUSTICO
 FONOIMPEDENTE
 IN POLIETILENE
 RETICOLATO CON
 INTERPOSTA LAMINA
 DI PIOMBO



COMPORTAMENTO AL FUOCO

Classe 2 (autoestinguente).
A richiesta classe 1 secondo normativa CSE 2/75/A o CSE RF377. Norma DIN 75200 MVSS 302.

CAMPI D'APPLICAZIONE

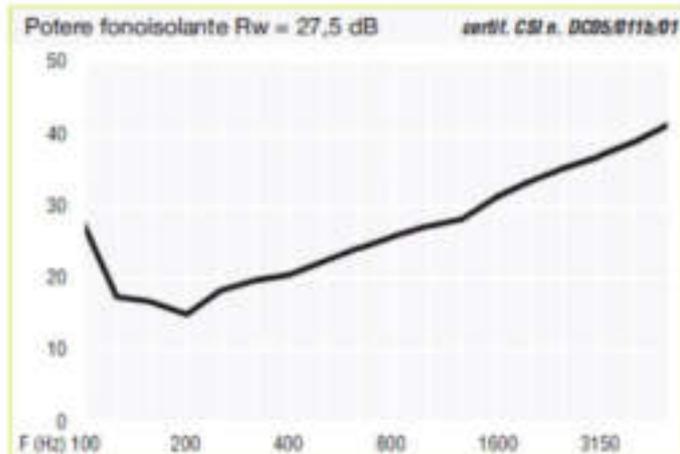
Isolamento di ambienti, vasi motori, tubastri, solai, pareti divisorie, macchinari, realizzazioni in genere, ecc. Particolarmente indicato qualora si sia in presenza di particelle d'acqua, olio, ecc. nelle vicinanze del pannello stesso.

Adatto come materiale per sottopavimento civile, là dove occorre impedire al rumore di uscire o di entrare in un certo ambiente. Qualora le specifiche tecniche richiedano una maggiore protezione da oli o grassi, il prodotto può essere fornito con pellicola protettiva (goffratura).

Gli strati antivibranti sono in materiale espanso ad alta flessibilità e alta resistenza alla compressione.

MESSA IN OPERA

Mediante collante NDA Koll su superfici piene o curve di qualsiasi natura (esenti da polveri, oli e grassi). Per facilitarne la posa in opera può essere fornito con una superficie adesiva.



Superficie dell'elemento in prova = 1,00 mq

L1 - Livello medio di pressione sonora nella camera disturbante

L2 - Livello medio di pressione sonora nella camera disturbata

D = L1 - L2 = Isolamento acustico

T = Tempo medio di riverberazione nella camera disturbata

F = $10 \log (S \times T) / (0,16 \times V)$

R = D + F = Potere fonoisolante

Volume della camera disturbata = 51,50 m³

Frequenza Hz	fondo dB	L1 dB	L2 dB	D dB	T sec	F dB	R dB
100	22,40	80,20	45,60	34,8	1,07	-6,8	28,0
125	23,70	77,20	53,70	23,5	1,70	-5,9	17,6
150	24,80	78,60	56,40	22,2	2,14	-5,0	17,2
200	25,30	80,20	58,70	21,5	1,43	-6,8	14,8
250	20,90	81,20	55,70	25,5	1,35	-7,8	18,5
315	18,00	83,80	57,30	26,5	1,45	-6,7	19,8
400	12,10	82,20	58,00	27,2	1,34	-7,1	20,1
500	10,20	83,70	55,40	28,3	1,58	-6,3	22,0
630	8,50	87,00	58,50	28,5	1,44	-6,7	22,8
800	6,30	84,00	52,80	31,2	1,38	-6,9	24,9
1000	4,90	84,00	49,80	34,2	1,26	-7,3	26,9
1250	3,50	82,30	46,00	36,3	1,13	-7,8	28,5
1600	3,60	81,70	43,00	38,7	1,17	-7,8	31,1
2000	4,30	81,90	40,90	41,0	1,07	-8,0	33,0
2500	5,00	82,60	38,80	43,8	1,03	-8,2	35,6
3150	5,70	82,30	36,50	45,8	0,84	-8,1	37,7
4000	6,50	82,80	34,10	48,7	0,81	-8,2	39,5
5000	7,20	83,00	31,80	51,2	0,89	-8,9	41,3
dB(A)	21,40	84,2	46,8	37,4	1,30	-7,6	38,4

ALLEGATO 2

DELIBERA DI NOMINA A TECNICO COMPETENTE IN ACUSTICA



Direzione AMBIENTE, GOVERNO E TUTELA DEL TERRITORIO

Settore Emissioni e rischi ambientali

DETERMINAZIONE NUMERO: 262

DEL: 20 LUG. 2016

Codice Direzione: A16000

Codice Settore: A1602A

Legislatura: 10

Anno: 2016

Oggetto

Legge 447/1995, art. 2 commi 6 e 7. Accoglimento e rigetto domande per lo svolgimento dell'attività di tecnico competente in acustica ambientale. Domande dal n. A1095 al n. A1102.

Il Dirigente

Premesso che:

con legge n. 447 del 26/10/1995, art. 2, commi 6 e 7, viene stabilito che per svolgere attività di tecnico competente in acustica ambientale deve essere presentata apposita domanda all'Assessorato regionale competente in materia, corredata da idonea documentazione comprovante l'aver svolto attività, in modo non occasionale, nel campo dell'acustica ambientale, da almeno quattro anni per i richiedenti in possesso del diploma di scuola media superiore ad indirizzo tecnico, o da almeno due anni per coloro che sono in possesso di laurea o diploma universitario ad indirizzo scientifico;

con deliberazione n. 7-13771 del 7/4/2010, la Giunta Regionale ha stabilito le nuove modalità di valutazione delle domande per lo svolgimento dell'attività di tecnico competente in acustica ambientale;

con D.P.C.M. 31/3/1998 è stato emanato l'atto di indirizzo e coordinamento recante criteri generali per l'esercizio dell'attività del tecnico competente in acustica;

con gli ordini di servizio n. 5210/RIF del 24/4/96 e n. 7539/RIF del 3/7/97, il Responsabile del Settore smaltimento rifiuti e risanamento atmosferico, ha istituito apposito Gruppo di lavoro per la valutazione delle domande stesse, come previsto dalla deliberazione sopra richiamata;

Dir. A16000 Sett. A1602A Segue Testo Determinazione Numero *262* / Anno *2016* Pagina 2 |

con successivi ordini di servizio n. 7029/22 dell'8/6/2007 e n. 33552/DG.10.00 del 24/9/2010, il Direttore della Direzione Ambiente ha modificato la composizione del Gruppo di lavoro sopra citato, integrato con la presenza del funzionario individuato ai sensi della misura 7.2.2. del piano triennale di prevenzione della corruzione;

preso atto del verbale n. 89 della seduta del Gruppo di lavoro tenutasi il 5/7/2016, nonché delle relative schede personali ad esso allegate, numerate progressivamente dal n. A1095 al n. A1102 conservato agli atti del Settore;

vista la legge regionale 28 luglio 2008, n. 23, "Disciplina dell'organizzazione degli uffici regionali e disposizioni concernenti la dirigenza ed il personale";

in conformità con gli indirizzi e i criteri disposti nella materia del presente provvedimento dalla Giunta Regionale con deliberazione n. 7-13771 del 7/4/2010;

DETERMINA

1. di accogliere le domande per lo svolgimento dell'attività di tecnico competente in acustica ambientale presentate da parte dei richiedenti elencati nell'allegato A, parte integrante della presente determinazione.

Si dispone la pubblicazione della presente determinazione, ai sensi dell'art. 23, comma 1, lettera a) del decreto legislativo n. 33/2013, nell'area "Amministrazione Trasparente" del sito Regione Piemonte, sezione "Provvedimenti", sottosezione "Provvedimenti dirigenti".

Avverso la presente determinazione è ammessa proposizione di ricorso giurisdizionale avanti il Tribunale Amministrativo Regionale competente per territorio entro 60 giorni dalla data di avvenuta notificazione secondo le modalità di cui al decreto legislativo 2 luglio 2010, n. 104 e s.m.i., ovvero ricorso straordinario al Capo dello Stato entro 120 giorni dalla data di avvenuta notificazione del presente atto, ai sensi del decreto del Presidente della Repubblica 24 novembre 1971, n. 1199 e s.m.i.

La presente determinazione dirigenziale, in attuazione delle misure introdotte dal Piano triennale prevenzione corruzione 2015-2017 approvato con D.G.R. n. 1-1518 del 04.06.2015 ed in applicazione della l. 190/2012, è sottoposta al visto del Direttore.

La presente determinazione sarà pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Piemonte ai sensi dell'art. 61 dello Statuto e dell'art. 5 della l.r. n. 22/2010.

20 LUG. 2016

arch. Graziano VOLPE

SIGLE
Funz. Est. RB
Visto (ex l. 190/2012) Il Vicario della Direzione
SP

ID: TCARN78 3137-520-37888

DD 262 20 LUG. 2016

Allegato A - Domande accolte (78° elenco)

All. n.	Cognome e nome	Luogo e data di nascita
A/1098	BONETTO Matteo	Savigliano (CN) 10/4/1988
A/1099	CANALE Sabrina	Alba (CN) 27/6/1968
A/1097	DEMARIA Massimo	Torino 29/10/1978
A/1102	FRAQUELLI Marco	Asti 23/9/1975
A/1095	PALAZZETTI Matteo	Torino 24/9/1977
A/1096	ROLANDO Pamela	Torino 28/1/1982
A/1101	SAPIENZA Mirco	Messina 29/4/1991
A/1100	VIANO Marta	Chivasso (TO) 5/4/1991

1



Numero Iscrizione Elenco Nazionale	Regione	Cognome	Nome	Data pubblicazione in elenco	
4482	Piemonte	CANALE	Sabrina	10/12/2018	

