

**RELAZIONE TECNICA RELATIVA ALLA DETERMINAZIONE E VERIFICA DEI
REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI ELEMENTI COSTRUTTIVI DEGLI EDIFICI**
in ottemperanza a:
D.P.C.M. 05/12/97 e L.R. N° 13/2001 del 10/08/01

Committente:
Comune di Cesate
via Don O. Moretti 10
20020 Cesate (MI)
CF 80100990151
PI 06555450151

Oggetto d'indagine:
Centro Polifunzionale
Via Arno, Cesate

A cura di:
ing. Domenico Lo Iudice
Via Piermarini 44
Biassono, MB 20853

SOMMARIO

1. Premessa	3
1.1. Prescrizioni normative e limiti di legge	3
1.2. Valori limite	4
1.3. Grandezze di riferimento	5
2. Definizioni tecniche e formule impiegate.....	6
2.1. Valutazione dell'isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti, determinazione dell'indice del potere fonoisolante apparente R' di pareti e solai (UNI EN 12354-1:2002).....	6
2.2. Valutazione dell'isolamento acustico di solai al calpestio tra ambienti, determinazione dell'indice di valutazione del rumore da calpestio L'_n (UNI EN 12354-2:2002)	8
2.3. Valutazione dell'isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea, determinazione dell'indice del potere fonoisolante apparente di facciata $D_{2m,nT}$ (UNI EN 12354-3:2002). ..	9
2.4. Annotazioni.....	10
3. Descrizione dell'intervento	11
3.1. Calcolo delle prestazioni dei componenti edilizi.....	12
4. Calcolo dell'indice del potere fonoisolante apparente di facciata $D_{2m,nT}$.....	13
4.1. Scelta dei vani più sfavoriti.....	13
4.2. Chiusura verticale opaca.....	14
4.3. Chiusure verticali trasparenti.....	16
4.4. Calcolo dell'indice di potere fonoisolante apparente di facciata $D_{2m,nT}$	17
4.5. Porte	19
5. Calcolo dell'indice del potere fonoisolante COPERTURA	20
6. Rumore degli impianti tecnologici (sorgenti continue e discontinue).....	22
7. Nota alle prescrizioni tecniche	23
8. Conclusioni	24
9. ALLEGATO A: certificazione	25

1. PREMESSA

La L.R. N° 13/2001 del 10 Agosto 2001, detta norme per la tutela dell'ambiente esterno ed abitativo dall'inquinamento acustico in attuazione della Legge 26 Ottobre 1995 N° 447; in coerenza con le disposizioni del Decreto legislativo 31 Marzo 1998 N° 112 nonché della Legge Regionale 5 Gennaio 2000 N° 1.

Nell'art. 7 "Requisiti acustici degli edifici e delle sorgenti sonore interne" al comma 1, la L.R. N. 13, stabilisce che i progetti concernenti interventi sul patrimonio edilizio esistente che ne modifichino le caratteristiche acustiche devono essere corredati da dichiarazione del progettista che attesti il rispetto dei requisiti acustici stabiliti dal DPCM 5/12/97 e dai regolamenti comunali.

Nel medesimo articolo, al comma 2, la L.R. N° 13, stabilisce che i progetti concernenti nuove costruzioni devono essere corredati da valutazione e dichiarazione da parte di un Tecnico Competente in Acustica Ambientale che attesti il rispetto dei requisiti acustici passivi minimi stabiliti dal DPCM 5/12/97.

Il DPCM 5/12/97, in attuazione dell'art. 3, comma 1, lettera e), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, determina i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici ed i requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti in opera, al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore.

Per la determinazione in fase progettuale previsionale delle prestazioni acustiche delle soluzioni tecniche adottate ci si riferisce ai modelli di calcolo descritti nelle norme UNI EN 12354-1/2/3:2002 e il relativo Rapporto Tecnico UNI/TR 11175:2005.

Nella presente relazione saranno descritte le soluzioni costruttive, i metodi di calcolo e i risultati concernenti, nonché l'analisi acustica relativa al potere fonoisolante degli elementi edilizi dell'intervento in oggetto.

1.1. Prescrizioni normative e limiti di legge

Secondo quanto previsto dalla normativa vigente, ed in particolare dalla Legge Quadro n. 447/95 e dal DPCM 5/12/97, al fine di contenere l'inquinamento acustico all'interno degli ambienti abitativi è necessario garantire il rispetto dei limiti fissati per i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici e i requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti (DPCM 5/12/97, art. 1, comma 1).

Dove per inquinamento acustico ed ambiente abitativo, ci si riferisce a quanto definito nella citata LEGGE 26 ottobre 1995, n. 447, art. 2, comma 1, lettera a, b:

«a) inquinamento acustico: l'introduzione di rumore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno tale da provocare fastidio o disturbo al riposo ed alle attività umane, pericolo per la salute umana, deterioramento degli ecosistemi, dei beni materiali, dei monumenti, dell'ambiente abitativo o dell'ambiente esterno o tale da interferire con le legittime fruizioni degli ambienti stessi;

b) ambiente abitativo: ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzato per le diverse attività umane.»

Le definizioni di “componenti degli edifici” e “sorgenti sonore interne”, sono riportate all’art. 2, comma 2, 3, 4, del citato DPCM 5/12/97, come elencato nella tabella che segue:

COMPONENTI DEGLI EDIFICI E SORGENTI SONORE INTERNE DI CUI VERIFICARE I REQUISITI ACUSTICI PASSIVI

Componenti degli edifici	<ul style="list-style-type: none"> • partizioni verticali (pareti divisorie interne) • partizioni orizzontali (solai interpiano) • chiusure verticali (facciate) • chiusure orizzontali (coperture)
Servizi a funzionamento discontinuo	<ul style="list-style-type: none"> • ascensori • scarichi idraulici • bagni • servizi igienici • rubinetteria
Servizi a funzionamento continuo	<ul style="list-style-type: none"> • impianti di riscaldamento, aerazione e condizionamento

Ai fini dell'applicazione del decreto, gli ambienti abitativi di cui all'art. 2, comma 1, lettera b), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, sono distinti nelle categorie indicate nella tabella A di seguito riportata.

TABELLA A: CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI ABITATIVI (ART. 2)

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

1.2. Valori limite

Al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore, il DPCM riporta nella tabella B i valori limite delle grandezze che determinano i requisiti acustici passivi dei componenti degli edifici e delle sorgenti sonore interne.

TABELLA B: REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI, DEI LORO COMPONENTI E DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI

Categoria di cui alla tabella A	PARAMETRI				
	$R'_w(*)$	$D_{2m,nT,w}$	L'_{nw}	L_{Amax}	L_{Aeq}
1. D	55	45	58	35	25
2. A, C	50	40	63	35	35
3. E	50	48	58	35	25
4. B, F, G	50	42	55	35	35

(*) valori riferiti a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari

La rumorosità prodotta dagli impianti tecnologici deve essere valutata tramite i seguenti parametri:

L_{Asmax}	dB(A)	Livello di pressione sonora pesato A con costante di tempo slow per i servizi a funzionamento discontinuo ;
L_{Aeq}	dB(A)	Livello equivalente di pressione sonora pesato A per i servizi a funzionamento continuo .

Le misure di livello sonoro devono essere eseguite nell'ambiente nel quale il livello di rumore è più elevato. Tale ambiente deve essere diverso da quello in cui il rumore si origina.

Normalmente si rileva il rumore nell'appartamento adiacente di diversa proprietà per valutare il disturbo indotto dall'impianto.

1.3. Grandezze di riferimento

Le grandezze che caratterizzano i requisiti acustici passivi degli edifici sono:

1. il tempo di riverberazione (T), definito dalla norma ISO 3382:1975;
2. il potere fonoisolante apparente di elementi di separazione fra ambienti (R), definito dalla norma EN ISO 140-5:1996;
3. l'isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m,nT}$ definito da:

$$D_{2m,nT} = D_{2m} + 10 \log (T/T_0)$$

dove:

- $D_{2m} = L_{1,2m} - L_2$ è la differenza di livello;
- $L_{1,2m}$ è il livello di pressione sonora esterno a 2 metri dalla facciata, prodotto da rumore da traffico se prevalente, o da altoparlante con incidenza del suono di 45° sulla facciata;
- L_2 è il livello di pressione sonora medio nell'ambiente ricevente, valutato a partire dai livelli misurati nell'ambiente ricevente mediante la seguente formula:

$$L_2 = 10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \right)$$

Le misure dei livelli L_i devono essere eseguite in numero di n per ciascuna banda di terzi di ottava. Il numero n è il numero intero immediatamente superiore ad un decimo del volume dell'ambiente; in ogni caso, il valore minimo di n è cinque;

- T è il tempo di riverberazione nell'ambiente ricevente, in sec;
 - T_0 è il tempo di riverberazione di riferimento assunto, pari a 0,5s;
4. il livello di rumore di calpestio di solai normalizzato L_n definito dalla norma EN ISO 140-6:1996;
 5. L_{ASmax} : livello massimo di pressione sonora ponderata A con costante di tempo slow;
 6. L_{Aeq} : livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderata A.

Gli indici di valutazione che caratterizzano i requisiti acustici passivi degli edifici sono:

- a) indice del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti R_w da calcolare secondo la norma UNI 8270:1987, Parte 7^a, par. 5.1;
- b) indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$ da calcolare secondo le stesse procedure di cui al precedente punto 1.;
- c) indice del livello di rumore di calpestio di solai, normalizzato $L_{n,w}$ da calcolare secondo la procedura descritta dalla norma UNI 8270: 1987, Parte 7^a, par. 5.2.

2. DEFINIZIONI TECNICHE E FORMULE IMPIEGATE

La verifica della rispondenza delle prestazioni acustiche degli elementi costituenti l'intervento ai valori minimi prescritti dalla normativa, presuppone la loro determinazione nelle specifiche condizioni di utilizzo (in opera).

Quando la verifica acustica avviene in fase post operam si tratta di effettuare il collaudo in opera degli elementi costruttivi e degli impianti secondo le norme UNI EN ISO 717 e ISO 140.

Quando la determinazione delle prestazioni acustiche si effettua in fase progettuale, come nel caso specifico, è possibile fare riferimento anche alla normativa per il calcolo teorico UNI EN 12354 "Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti".

Nel seguito del presente capitolo, diamo una sintetica descrizione della metodologia di valutazione indicata dalle diverse sezioni della norma UNI EN 12354.

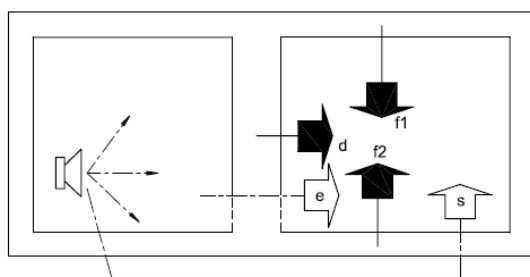
2.1. Valutazione dell'isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti, determinazione dell'indice del potere fonoisolante apparente R' di pareti e solai (UNI EN 12354-1:2002)

La potenza sonora nell'ambiente ricevente è dovuta al suono irradiato dai prodotti di separazione strutturali e dagli elementi strutturali laterali in quell'ambiente e dalla relativa trasmissione sonora diretta e indiretta per via aerea. Il fattore di trasmissione totale può essere suddiviso in fattori di trasmissione, in relazione con ogni elemento nell'ambiente ricevente e i prodotti e sistemi coinvolti nella trasmissione diretta e indiretta per via aerea:

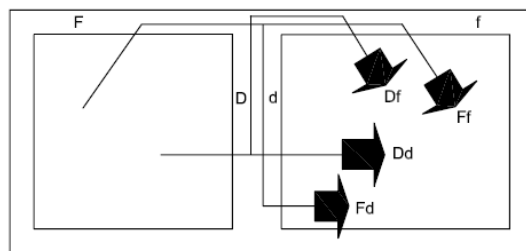
$$R' = -10 \log(\tau')$$

$$\tau' = \tau_d + \sum_{f=1}^n \tau_f + \sum_{e=1}^m \tau_e + \sum_{s=1}^k \tau_s$$

dove: i pedici "d", "f", "e" ed "s" si riferiscono ai diversi contributi alla trasmissione sonora illustrata in figura:



Contributi alla trasmissione sonora totale



Percorsi di trasmissione sonora ij tra due ambienti

τ' è il fattore di trasmissione definito come rapporto tra la potenza sonora totale irradiata nell'ambiente ricevente e la potenza sonora incidente sulla parte in comune dell'elemento di separazione;

τ_d è il fattore di trasmissione definito come rapporto tra la potenza sonora irradiata dalla parte in comune dell'elemento di separazione e la potenza sonora incidente sulla parte in comune dell'elemento di separazione. Comprende i percorsi Dd e Fd illustrati in figura;

τ_f è il fattore di trasmissione definito come rapporto tra la potenza sonora irradiata dall'elemento laterale f nell'ambiente ricevente e la potenza sonora incidente sulla parte in comune dell'elemento di separazione. Comprende i percorsi Fd e Df illustrati in figura;

τ_e è il fattore di trasmissione definito come rapporto tra la potenza sonora irradiata nell'ambiente ricevente da un elemento nell'elemento di separazione, dovuta alla trasmissione diretta per via aerea del rumore incidente su questo elemento, e la potenza sonora incidente sulla parte in comune dell'elemento di separazione;

τ_s è il fattore di trasmissione definito come rapporto tra la potenza sonora irradiata nell'ambiente ricevente da un sistema s, dovuta alla trasmissione indiretta per via aerea del rumore incidente su questo sistema di trasmissione, e la potenza sonora incidente sulla parte in comune dell'elemento di separazione;

- n è il numero degli elementi laterali;
- m è il numero degli elementi con trasmissione diretta per via aerea;
- k è il numero dei sistemi con trasmissione indiretta per via aerea.

Il suono irradiato da un elemento strutturale può essere considerato come la somma delle trasmissioni sonore per via strutturale attraverso diversi percorsi. Ogni percorso può essere identificato dall'elemento i su cui incide il suono nell'ambiente emittente e dall'elemento radiante j nell'ambiente ricevente.

Si può determinare la trasmissione per ognuno dei percorsi sulla base dei seguenti dati di Input:

- *potere fonoisolante dell'elemento di separazione, dell'elemento i nell'ambiente emittente, dell'elemento j nell'ambiente ricevente;*
- *incremento del potere fonoisolante mediante strati addizionali per l'elemento di separazione, per l'elemento i e per l'elemento j , nell'ambiente emittente e/o nell'ambiente ricevente;*
- *tempo di riverberazione strutturale per un elemento in laboratorio;*
- *indice di riduzione delle vibrazioni per ogni percorso di trasmissione;*
- *area dell'elemento di separazione, dell'elemento i e dell'elemento j ;*
- *lunghezza di accoppiamento tra l'elemento i e l'elemento j misurata da una superficie all'altra.*

I dati acustici relativi all'elemento interessato dovrebbero essere ricavati in primo luogo da misurazioni normalizzate di laboratorio; tuttavia, in assenza di certificati di laboratorio, possono essere dedotti anche in altri modi: utilizzando calcoli teorici, valutazioni empiriche o risultati di collaudi in opera di elementi analoghi.

Ove i dati reperiti o già in nostro possesso non risultavano adatti, o in assenza totale degli stessi, per il calcolo teorico di previsione del potere fonoisolante R di pareti e solai si utilizza la legge di massa con le opportune correzioni dovute ai fenomeni di coincidenza e risonanza.

$$\text{LEGGE DI MASSA } R = 18 * \log (M * f) - 44$$

- M : massa areica in Kg/mq
- f : frequenze per bande di ottava

frequenza di risonanza

$$f_r = 60 \sqrt{\frac{1}{d} \left(\frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2} \right)}$$

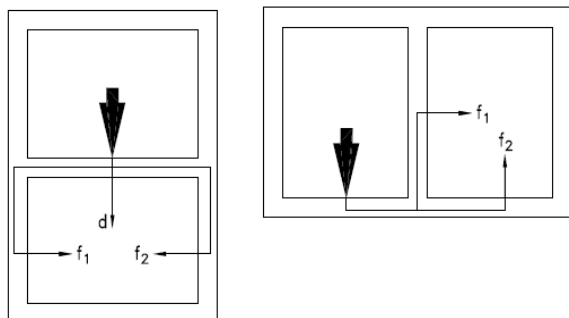
frequenza di coincidenza

$$f_c = \frac{c^2}{\pi s} \sqrt{\frac{3\rho(1-\nu^2)}{E}}$$

2.2. Valutazione dell'isolamento acustico di solai al calpestio tra ambienti, determinazione dell'indice di valutazione del rumore da calpestio L'_n (UNI EN 12354-2:2002)

La valutazione dell'isolamento acustico al calpestio tra ambienti sovrapposti, si basa su metodi teorici di valutazione della propagazione del suono negli elementi strutturali e sui dati rilevati che caratterizzano la trasmissione diretta o laterale indiretta degli elementi di edificio interessati.

La potenza sonora irradiata nell'ambiente ricevente è dovuta al suono irradiato da ciascun elemento strutturale in quell'ambiente. Il suono irradiato da ciascun elemento strutturale è causato dal suono trasmesso a tale elemento e dovuto a calpestio su un elemento strutturale posto nell'ambiente emittente.



Definizione delle diverse vie di trasmissione sonora tra due ambienti, rispettivamente sovrapposti e adiacenti

Per gli ambienti sovrapposti, il livello totale della pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, L'_n , nell'ambiente ricevente è determinato mediante:

$$L'_n = 10 \log \left(10^{L_{n,d}/10} + \sum_{j=1}^n 10^{L_{n,ij}/10} \right)$$

dove:

- $L_{n,d}$ è il livello di pressione sonora di calpestio normalizzato per trasmissione diretta, in decibel;
- $L_{n,ij}$ è il livello di pressione sonora di calpestio normalizzato per trasmissione laterale, in decibel;
- n è il numero degli elementi.

Per gli ambienti adiacenti il livello totale di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, L'_n , nell'ambiente ricevente è determinato mediante:

$$L'_n = 10 \log \left(\sum_{j=1}^n 10^{L_{n,ij}/10} \right)$$

Si può determinare la trasmissione per ognuno dei percorsi sulla base dei seguenti dati di Input:

- livello di pressione sonora di calpestio normalizzato del pavimento: L_n ;
- attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio dovuto al rivestimento di pavimentazione;
- attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio dovuto a rivestimenti supplementari sul lato ricevente dell'elemento i divisorio (pavimento);
- potere fonoisolante dell'elemento eccitato (pavimento);
- potere fonoisolante per trasmissione diretta dell'elemento laterale j nell'ambiente ricevente;
- incremento del poter fonoisolante dovuto ai rivestimenti interni dell'elemento laterale j nell'ambiente ricevente;
- tempo di riverberazione strutturale di un elemento in laboratorio;
- indice di riduzione delle vibrazioni per ciascuna via di trasmissione tra l'elemento i (pavimento) e l'elemento j;
- area dell'elemento divisorio (pavimento) e dell'elemento laterale j nell'ambiente ricevente;
- lunghezza del giunto tra l'elemento i (pavimento) e l'elemento laterale j.

Ove i dati reperiti o già in nostro possesso non risultavano adatti, o in assenza totale degli stessi, per il calcolo teorico dell'indice di calpestio può essere utilizzata la formula che segue:

$$L'_{nw} = 117 - 30 \log \sigma - \Delta L_w$$

Dove:

- σ è lo spessore del solaio escluso il pavimento.
- ΔL_w è l'attenuazione del calpestio caratteristica dello stato di separazione.

2.3. Valutazione dell'isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea, determinazione dell'indice del potere fonoisolante apparente di facciata $D_{2m,nT}$ (UNI EN 12354-3:2002).

La presente norma definisce un modello di calcolo per valutare l'isolamento acustico o la differenza di livello di pressione sonora di una facciata di un edificio. Il calcolo è basato sul potere fonoisolante dei diversi elementi che costituiscono la facciata e considera la trasmissione diretta e laterale.

La definizione di facciata considera la totalità della superficie esterna di un ambiente, compresi tutti gli elementi differenti che la compongono, quali finestre, porte, pareti, tetto, sistemi di aerazione. La trasmissione sonora attraverso la facciata è dovuta alla trasmissione sonora di ciascuno di tali elementi.

L'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione dipende dal potere fonoisolante di tale facciata vista dall'interno, dall'influenza della forma esterna della facciata, come la presenza di balconi, e dalle dimensioni degli ambienti.

$$D_{2m,nT} = R' + \Delta L_{fs} + 10 \log \frac{V}{6T_0 S}$$

dove:

R' è il potere fonoisolante apparente della facciata, calcolato sommando la potenza sonora trasmessa in modo diretto da ciascuno degli elementi e la potenza sonora trasmessa mediante la trasmissione laterale.

$$R' = -10 \log \left(\sum_{i=1}^n \tau_{e,i} + \sum_{f=1}^m \tau_f \right)$$

τ_{ie} è il fattore di trasmissione della potenza sonora irradiato da un elemento i di facciata, dovuto alla trasmissione diretta del suono incidente su tale elemento, e la potenza sonora incidente sull'intera facciata;
 τ_f è il fattore di trasmissione della potenza sonora irradiato da una facciata o da un elemento laterale f nell'ambiente ricevente, dovuta alla trasmissione laterale, e la potenza sonora incidente sull'intera facciata;
 n è il numero di elementi della facciata per la trasmissione diretta;
 m è il numero degli elementi laterali della facciata.

V è il volume dell'ambiente ricevente, in metri cubi;

S è l'area totale della facciata vista dall'interno (cioè la somma delle aree di tutti gli elementi di facciata), in metri quadri;

ΔL_{fs} è la differenza del livello di pressione sonora per la forma della facciata, in decibel.

2.4. Annotazioni

Per la descrizione completa della metodologia di determinazione di tutti i parametri si rimanda ai modelli di calcolo descritti nelle citate norme UNI EN 12354-1/2/3:2002; nel seguito saranno riportati i risultati dei calcoli effettuati e le eventuali ipotesi progettuali assunte per giungere al risultato finale.

Si sottolinea inoltre quanto riportato al capitolo "Accuratezza" delle norme UNI EN 12354-1/2/3:2002:

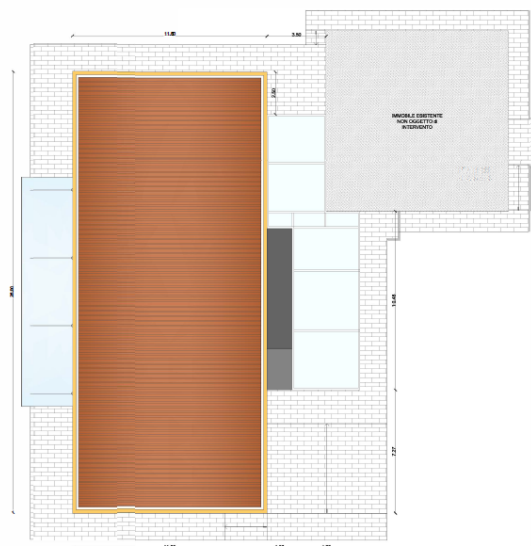
"I modelli di calcolo prevedono le prestazioni di edifici misurate, presupponendo una buona mano d'opera ed un'elevata accuratezza delle misurazioni. L'accuratezza della previsione tramite i modelli presentati dipende da molti fattori: l'accuratezza dei dati di ingresso, l'adattabilità della situazione al modello, il tipo di prodotti e giunti implicati, la geometria della situazione e la mano d'opera. Non è pertanto possibile specificare l'accuratezza delle previsioni in generale per tutti i tipi di situazioni ed applicazioni."

La specificazione sopra riportata, è stata considerata in fase di scelta delle soluzioni tecniche prescritte nella presente relazione e deve essere tenuta presente in fase di eventuale verifica in opera dei risultati ottenuti durante l'analisi progettuale.

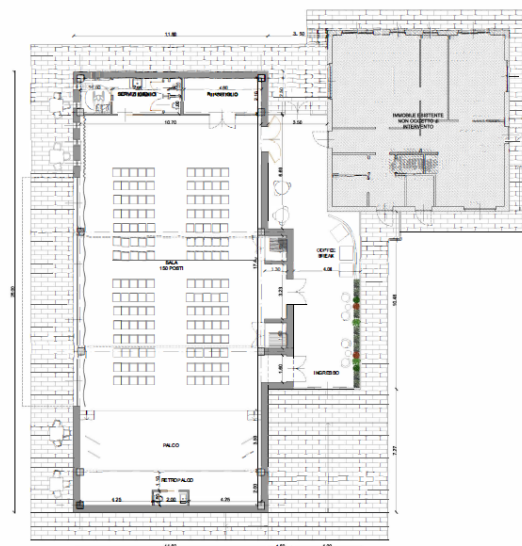
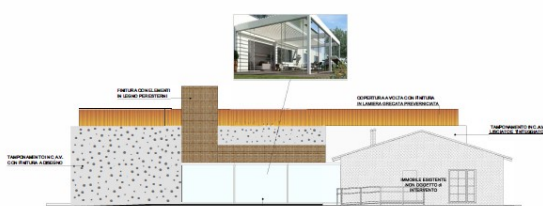
3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'edificio che ospita l'intervento è un piano unico. Di seguito planimetri e prospetti da cui è possibile dedurre il distributivo dell'edificio.

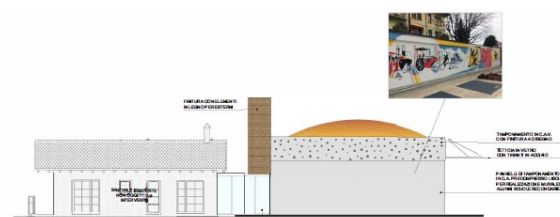
Piano terra



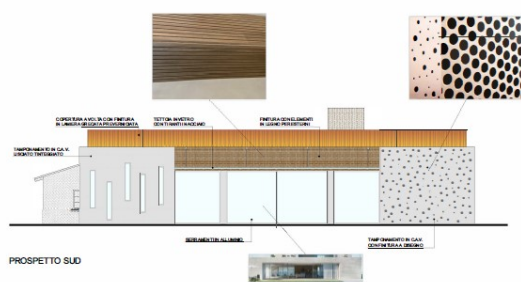
PIANTA COPERTURA

PIANTA PIANO TERRA
SALA UNICA

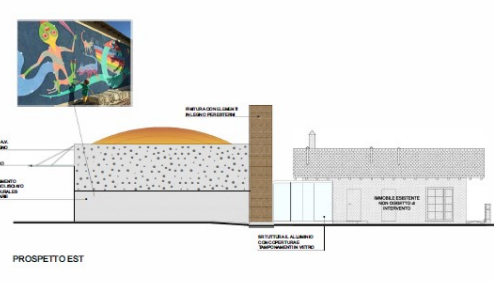
PROSPETTO NORD



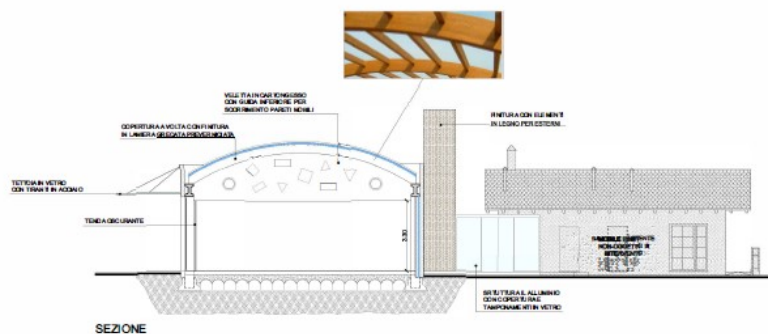
PROSPETTO OVEST



PROSPETTO SUD



PROSPETTO EST



SEZIONE

3.1. Calcolo delle prestazioni dei componenti edilizi

Dall'analisi del progetto e del capitolato a lui riferito, sono stati individuati gli elementi edilizi che devono essere verificati secondo quanto previsto dalla normativa:

1. Chiusure verticali (facciate);
2. Partizioni orizzontali (coperture);

Le soluzioni tecnologiche degli elementi edilizi da valutare sono quelle dichiarate dal progettista; i dati di massa unitaria e le caratteristiche prestazionali di tutti gli elementi impiegati sono stati trasmessi dal costruttore ove disponibili, in caso contrario si sono utilizzati i dati forniti da ditte con materiali simili o abachi dei test d'acustica.

4. CALCOLO DELL'INDICE DEL POTERE FONOISOLANTE APPARENTE DI FACCIATA $D_{2m,NT}$

Per poter verificare le prestazioni acustiche fornite dalle facciate, è necessario conoscere il potere fonoisolante e la superficie caratteristica di ogni elemento tecnico che compete la chiusura verticale.

Nella fattispecie le due soluzioni tecniche indagate sono la chiusura verticale opaca di tamponamento e la chiusura verticale trasparente (serramenti), delle quali nel seguito sono riportate le caratteristiche tecnologiche ed acustiche.

4.1. Scelta dei vani più sfavoriti

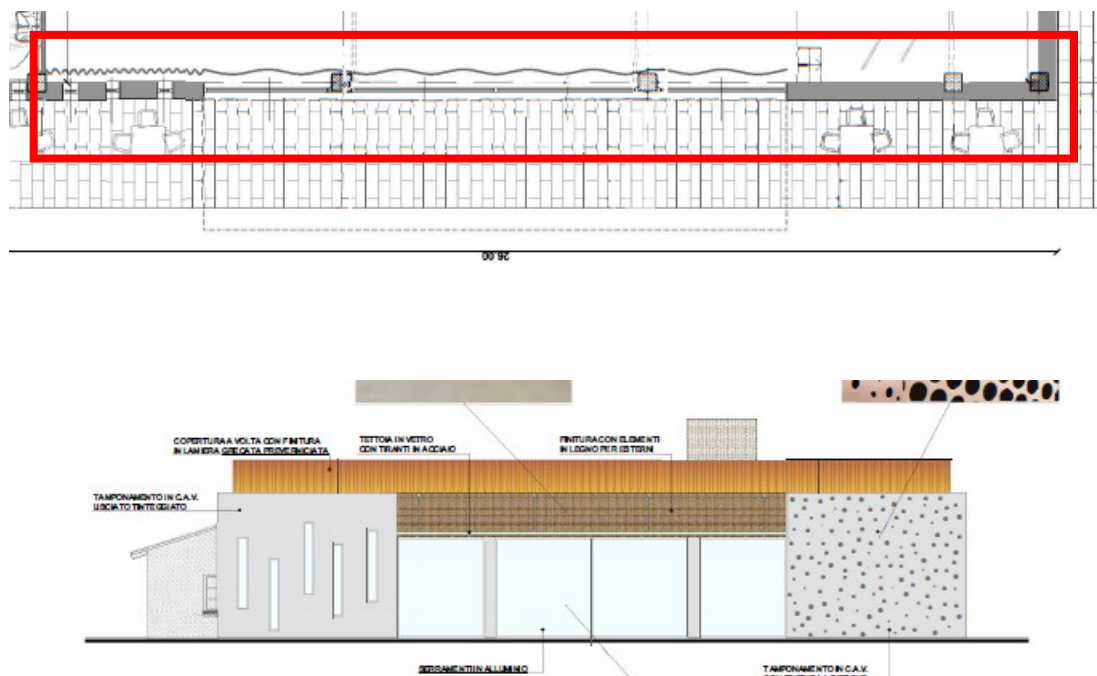
In fase di verifica dell'indice di potere fonoisolante apparente di facciata $D_{2m,NT}$ si procede in primo luogo con la valutazione delle unità immobiliari più sfavorite sulle quali condurre l'analisi.

Tarando le scelte progettuali su tali ambienti, ci si pone nelle condizioni più sfavorevoli, cosicché i risultati ottenuti possono essere estesi alle restanti unità in totale sicurezza.

Abitualmente la facciata è un elemento complesso composto da parti differenti quali finestre, porte, pareti, tetto, sistemi di aerazione, ecc. La trasmissione sonora globale attraverso la chiusura è dovuta alla trasmissione sonora di ciascuno di tali elementi dei quali i serramenti costituiscono il punto debole, in modo particolare se vetrati.

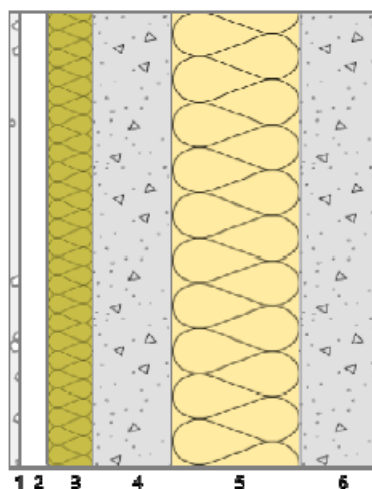
Ne consegue che i vani più sfavoriti sono quelli caratterizzati da una percentuale di superficie vetrata maggiore sul totale della superficie di facciata.

Al fine di indagare tutte le differenti dimensioni di serramento adottate.



4.2. Chiusura verticale opaca

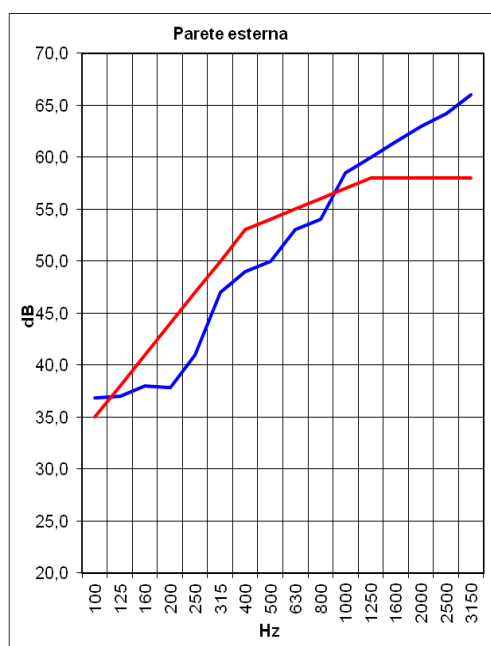
La tecnologia adottata prevede la realizzazione del seguente schema costruttivo:



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Cartongesso in lastre	12,00	0,2500	0,048	900	1,00	10
2	Intercapedine non ventilata $Av < 500 \text{ mm}^2/\text{m}$	30,00	0,1667	0,180	-	-	-
3	Pannello in lana di roccia - standard (cappotto)	50,00	0,0340	1,471	90	1,03	1
4	C.I.s. in genere	85,00	0,9400	0,090	1800	1,00	96
5	Polistirene espanso sinterizzato (EPS 100)	140,00	0,0360	3,889	17	1,45	60
6	C.I.s. in genere	85,00	0,9400	0,090	1800	1,00	96
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,069	-	-	-

Soluzioni tecniche di questo tipo, testate in laboratorio e/o in opera, hanno dato i risultati di seguito riportati.



$$R'_w = 54.0 \text{ dB}$$

PRESE PER L'AERAZIONE DEI LOCALI CUCINA

Quando i vani adibiti a soggiorno contengono un'area destinata a cucina o angolo cottura non separata dalla parte più prettamente abitabile da pareti a tutta altezza, la parete verso l'esterno deve essere provvista di idonea presa di aerazione, in ordine alle specifiche prescrizioni di legge in materia di sicurezza degli impianti a gas.

Il contributo di tali dispositivi sfavorisce evidentemente l'isolamento acustico offerto dalla parete esterna, e compromette inequivocabilmente la prestazione della stessa se essi non sono configurati in modo da fornire un certo isolamento acustico.

L'isolamento acustico fornito da questi componenti è individuato dalla norma UNI 12354-3 come isolamento acustico normalizzato del piccolo elemento, valore da determinarsi con prova sperimentale in laboratorio.

Per questi locali ove è prevista la bocchetta di ventilazione diretta in facciata, questa deve essere opportunamente silenziata (per un esempio dei prodotti ad oggi in commercio vedi scheda tecnica Allegato B).

4.3. Chiusure verticali trasparenti

Il capitolato prevede l'utilizzo di una tipologia di specchiature:

1. Serramenti

Vetrocamera "6/16/8", sp. 30 mm:

Vetro stratificato;

intercapedine;

vetro stratificato.

La chiusura verticale trasparente (serramento + specchiatura) in opera dovrà garantire un indice di potere fonoisolante pari a $R'w = 41$ dB

PRESCRIZIONI TECNICHE PER SERRAMENTI ESTERNI

In considerazione della perdita delle proprietà acustiche rilevabili in laboratorio, in sede di messa in opera, già la UNI 8204 prevedeva un decremento medio di almeno 3 dB dei valori R di laboratorio di certificazione del serramento.

Gli indici di potere fonoisolante R_w calcolati in laboratorio e certificati dagli enti riconosciuti, devono essere opportunamente riferiti all'effettiva superficie del serramento adottato. Per superfici reali superiori a quelle testate del 30÷40 % si possono avere decrementi di R_w dell'ordine di -2.0÷3.0 dB.

Le proprietà acustiche del serramento sono correlate alla permeabilità all'aria del telaio; in base alla classificazione offerta dalla UNI EN 12207 si suggerisce l'adozione di sistemi almeno in classe 3 o meglio in classe 4, con doppia guarnizione.

E' inoltre di particolare importanza verificare la corretta sigillatura delle fessura tra serramento e falsotelaio.

Il più specifico dimensionamento acustico del componente intero è invece correlato alla conformazione del sistema vetrato a camera (su cui applicare la legge di massa), e soprattutto all'estensione areale della componente vetrata ed al previsto sistema di apertura.

Il dimensionamento della prestazione acustica delle superfici illuminanti intelaiate in un sistema complesso di facciata deve riferirsi a risultati di certificazioni di laboratorio (o di autocertificazione concessa dalla normativa pro marchio CE, ma solo fino ad un valore di fonoisolamento pari a 38 dB), operando poi su tali valori correzioni sperimentali e/o standardizzate in considerazione delle diverse dimensioni specifiche del progetto.

L'efficacia acustica di un serramento è quindi fortemente condizionata dall'accuratezza della sua posa in opera:

- è fondamentale sigillare accuratamente l'intero perimetro dell'incasso, da ambo i suoi lati. Si suggerisce l'utilizzo di una schiuma certificata in termini di fonoisolamento oppure utilizzare sigillanti siliconici ad alta densità
- Analoga cura va usata nella stesura dell'intonaco (da intendersi qui come composto a ridotto ritiro) a completamento del giunto fra controtelaio e parete.

Il principio che deve guidare le operazioni di sistemazione dei giunti è quello del completo ripristino della massa, quindi nel caso di fessure ampie andrà rivisto l'appoggio o utilizzati materiali pesanti classici (malta di cemento, gesso, eccetera).

PRESCRIZIONI TECNICHE PER CASSONETTI INTEGRATI

Ove presente, il comportamento acustico del serramento vetrato dovrà relazionarsi a quello del cassonetto previsto superiormente.

In particolare si raccomanda che la presa di aerazione prevista integrata nel cassonetto sia opportunamente silenziata (se non addirittura eliminata e compensata in altro modo).

Al fine di eliminare la perdita di prestazione acustica relativa alla presenza del cassonetto con avvolgibile, e quindi della formazione di un ponte acustico tra interno ed esterno, si suggerisce di optare per un cassonetto di tipo monoblocco con la struttura del serramento, dotato di certificato che ne attesti la performance acustica.

Cassonetti per avvolgibili realizzati in opera, sono infatti prestazionalmente particolarmente soggetti alla “buona esecuzione”.

4.4. Calcolo dell'indice di potere fonoisolante apparente di facciata $D_{2m,nT}$

Le tabelle che seguono riportano in forma sintetica i risultati dei calcoli eseguiti.

Vano Esaminato				ti
R_{w1}	potere fonoisolante della muratura	54,0	dB	3,98107E-06
S_1	superficie delle chiusure verticali	10,93	m ²	
R_{w2}	potere fonoisolante dei serramenti	41,0	dB	7,94328E-05
S_2	superficie dei serramenti	25,92		
$A=\Sigma S_i$	Superficie totale di facciata	36,8	m ²	
τ		0,000057		
R_c	Fonoisolamento della parete composita	42	dB	

Dove

- R_{w1} indice di potere fonoisolante della componente opaca
- R_{w2} indice di potere fonoisolante della componente vetrata
- R_c indice di potere fonoisolante della chiusura
- R_{lim} indice di potere fonoisolante limite

Le prestazioni acustiche relative alle soluzioni tecniche scelte per le chiusure verticali degli alloggi garantiscono il rispetto del limite fissato dalla normativa $D_{2m,nT} \geq 40.0$ dB.

PRESCRIZIONI TECNICHE PER PARTIZIONI VERTICALI INTERNE

Al fine di poter garantire il conseguimento del requisito $R'w = 50$ dB, occorre mettere in opera un consistente valore di massa: l'inerzia meccanica della parete è infatti l'elemento determinante per ottenere un buon isolamento acustico. Tuttavia è necessario anche dislocare questa massa su due setti murari separati da intercapedine, in modo che l'interfaccia opposta alla trasmissione (in ambo i sensi) possa mostrarsi di massa inferiore alle paritarie strutture giuntate in adiacenza, per ricevere da queste un maggior contrasto alla vibrazione (e quindi alla trasmissione sonora).

- Il materiale riempitivo dell'intercapedine deve essere solidarizzato ad uno dei paramenti murari secondo le specifiche del produttore.
- I due paramenti murari vanno appoggiati alla soletta strutturale del solaio interponendo per tutta la loro lunghezza uno strato elastico con rigidità dinamica intorno ai 100 MN/m^3 e spessore di almeno 5 mm.
- Una corretta esecuzione del rinzafo interno (lo spessore consigliato è di 2 cm) consente comunque di correggere eventuali difetti nei ricorsi della malta fra i mattoni.

Si tenga presente che la corretta esecuzione della parete (posa e legatura) garantisce la sua efficacia acustica, poiché le conferisce la necessaria omogeneità strutturale.

Scassi

Gli scassi nei paramenti murari, realizzati per gli impianti, vanno realizzati con cura cercando di limitare all'indispensabile le asportazioni di materiale, ed eventualmente ripristinando ove possibile alcune porzioni di volume mancanti.

- Sarebbe auspicabile che gli scassi su pareti di separazione fra distinte unità immobiliari fossero realizzati su appositi placcaggi in laterizio realizzati in aderenza alle partizioni.
- L'avvicinamento delle scatole elettriche ai pilastri o setti in c.a. eventualmente inglobati nelle pareti diminuisce il loro effetto sfavorevole.
- È bene evitare di realizzare scatole elettriche coassiali sui due paramenti murari della stessa doppia partizione, in affaccio sui due vani adiacenti da essa separati. Una simile pratica crea un ponte acustico sulla parete tale da compromettere totalmente il fonoisolamento da essa offerto.

La partizione tra alloggi non dovrebbe essere, in alcun caso, una parete attrezzata, ovvero non deve essere previsto il passaggio di alcun tipo di impianto idraulico e di ventilazione al suo interno. Nel caso vi fossero impianti inseriti, l'intercapedine dovrebbe essere aumentata di circa 3 cm per compensare le perdite.

Strato fonoassorbente

I pannelli fonoassorbenti previsti all'interno delle intercapedini delle partizioni verticali tra alloggi devono essere scelte tra le seguenti tipologie:

- lana di vetro, spessore minimo 50 mm, densità non inferiore a 40 kg/m^3 ;
- lana di roccia, spessore minimo 50 mm, densità non inferiore a 40 kg/m^3 ;
- ovatta sintetica in materiale riciclato, spessore minimo 50 mm, densità non inferiore a 20 kg/m^3 ;

Bisogna evitare sempre materiali a cellule chiuse come poliuretani e polistireni.

Strato vibrosmorzante

La striscia sottotavolato, deve essere preferibilmente costituita dalla seguente tipologia di materiale:

- Striscia in gomma riciclata tipo ECO-RUBBER, densità 700 kg/m³, sp. min. 5 mm (larghezza della striscia pari all'ingombro della partizione);
- Materassino in fibre sintetiche e fibre naturali riciclate tipo POLIPREN.T, 1000 g/m², sp. min. 10 mm.

4.5. Porte

La partizione verticale tra alloggi e atrio/pianerottolo è di tipo composto, come la facciata; i componenti che ne determinano il potere fonoisolante complessivo in opera sono i serramenti di accesso agli appartamenti e la parete in laterizio.

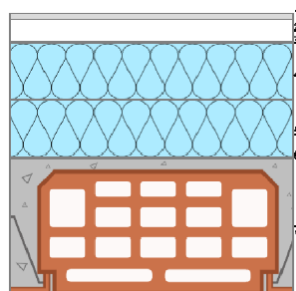
Per le caratteristiche intrinseche di cui sono dotati i serramenti di accesso (apribilità, manovrabilità, ecc.) questi possono facilmente essere causa di ponti acustici; il decadimento prestazionale può essere evitato mediante l'adozione di un serramento dalle buone caratteristiche isolante ma soprattutto con un accurato controllo dell'installazione.

Le porte di ingresso agli alloggi dovranno certificare un potere fonoisolante $R'_w \geq 35.0$ dB in opera.

Per garantire l'adeguato isolamento del pacchetto tecnologico finale assume particolare rilievo la realizzazione delle battute e la scelta delle guarnizioni. La messa in opera deve essere effettuata con particolare cura e se possibile i componenti scelti devono essere accompagnati da certificazioni che ne attestino le prestazioni acustiche in opera.

5. CALCOLO DELL'INDICE DEL POTERE FONOISOLANTE COPERTURA

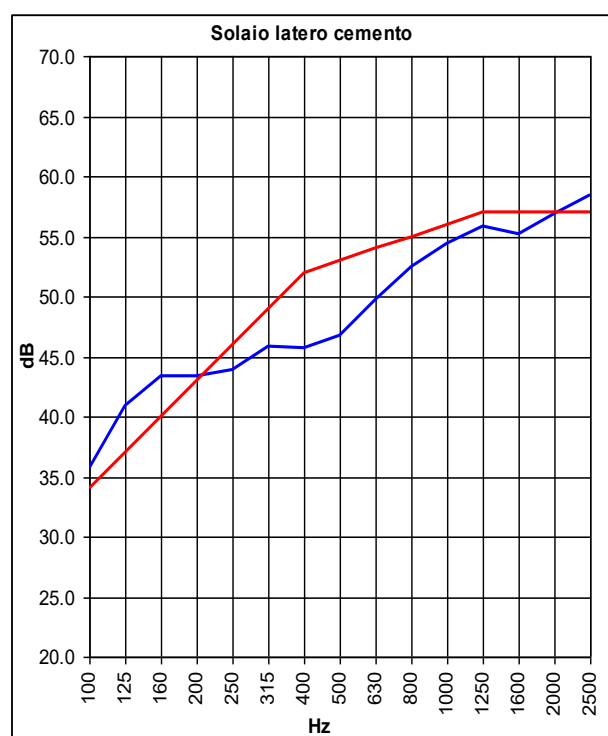
La tecnologia adottata prevede la realizzazione di un solaio in Latero cemento.



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,069	-	-	-
1	Acciaio	10,00	52,0000	-	7800	0,45	-
2	Intercapedine debolmente ventilata $Av=1400$ mm ² /m	40,00	-	-	-	-	-
3	Impermeabilizzazione con PVC in fogli	2,00	0,1700	-	1390	0,90	50000
4	Pannello in lana di vetro - standard (coperture inclinate)	100,00	0,0320	-	32	1,03	1
5	Pannello in lana di vetro - standard (coperture inclinate)	100,00	0,0320	-	32	1,03	1
6	Barriera vapore in fogli di polietilene	1,00	0,3300	-	920	2,20	100000
7	Solaio tipo predalles	240,00	0,8570	-	1479	0,84	9
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,100	-	-	-

Soluzioni tecniche di questo tipo, testate in laboratorio e/o in opera, hanno dato i risultati di seguito riportati.



$R'_w = 53.0$ dB

PRESCRIZIONI TECNICHE PER I SOLAI

I risultati delle verifiche effettuate sui solai, relativamente alle prestazioni di isolamento ai rumori aerei ad ai rumori impattivi sono condizionati dal rispetto delle regole tecniche e progettuali di seguito evidenziate.

Regola n. 1

Per garantire l'adeguato isolamento ai rumori da calpestio trasmessi attraverso i solai è necessario provvedere la posa di uno strato desolarizzante da porre tra il massetto di alloggiamento impianti e il massetto di cls di cemento di completamento.

A prescindere dalla scelta dello strato fonoimpedente, l'esecuzione del cosiddetto pavimento galleggiante richiede notevole cura nella posa e l'adozione di particolari contromisure.

Regola n. 2

Il massetto di cls di cemento gettato sopra il materassino anticalpestio deve avere uno spessore minimo di 5.0 cm.

Regola n. 3

Il materassino deve essere preferibilmente della seguente tipologia:

- Barriera acustica in agglomerato di gomma espansa tipo ECO-MOUSSE, densità 300 kg/m³, sp. min. 5 mm,
- Materassino in gomma riciclata tipo CDM 42 8/4, densità 680 kg/m³, sp. min. 4/8 mm;
- Materassino in fibre sintetiche e fibre naturali riciclate tipo POLIPREN.T, 1000 g/m², sp. min. 5 mm.

Il materiale resiliente scelto deve essere immune alla penetrazione del cemento: se fornito in fogli flessibili, il contatto per adiacenza fra questi va effettuato per adeguato sormonto.

Regola n. 4

Deve essere garantita la completa disgiunzione del massetto e della pavimentazione dalle strutture limitrofe, impiegando materiale elastico o resiliente idoneo, opportunamente risvoltato sulle superfici verticali prima del getto successivo.

Il materassino deve essere risvoltato lungo le partizioni verticali fino alla quota del finito del massetto, in modo da formare una "vasca" che comprende completamente il getto; la realizzazione della vasca deve garantire che il getto del massetto del solaio non entri mai in contatto diretto con i tavolati delle pareti.

Intonaco delle pareti verticali e battiscopa non devono assolutamente presentare punti di contatto con la pavimentazione, grazie all'intervento dello strato resiliente perimetrale al massetto galleggiante.

Gli eventuali impianti tecnologici non devono costituire ponti acustici attraversando lo strato resiliente (steso o risvoltato) mettendo in diretto contatto pavimentazione e struttura principale.

Regola n. 5

Lo strato anticalpestio deve essere previsto per tutti i solai, anche in caso di unità abitative a schiera con solaio continuo.

Regola n. 6

Nelle aree dove sono previste pavimentazioni in pietra o piastrelle, è necessario incrementare lo spessore del materassino per tenere conto della maggior rigidità del pavimento, che conduce ad una perdita di prestazioni di circa 4-5 dB rispetto ad una soluzione con legno.

6. RUMORE DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI (SORGENTI CONTINUE E DISCONTINUE)

Secondo la normativa, la rumorosità prodotta dagli impianti tecnologici, non deve superare i seguenti limiti:

- 35 dB(A) L_{Amax} con costante di tempo slow per i servizi a funzionamento discontinuo;
- 25 dB(A) L_{Aeq} per servizi a funzionamento continuo.

Occorre innanzitutto riconoscere che l'interazione degli impianti tecnologici, oltre ad essere causa di rumore, poiché trasforma la struttura in sorgente, altera anche le sue prestazioni fonoisolanti.

Il comportamento di una struttura alloggiante impianti è difficilmente prevedibile con certezza, a causa dei diversi regimi di funzionamento, della non sempre precisata realizzazione dei cavedi, del deperimento dei materiali e dei componenti meccanici nel tempo.

Per tale motivo si ritiene indispensabile riferire su certi accorgimenti da prendere in opera (a prescindere dalla presunta corretta progettazione degli impianti in funzione del regime cui sono sottoposti), al fine di non decrementare le prestazioni degli altri sottosistemi.

Il primo indirizzo da seguire è certo quello di privilegiare forniture di componenti tecnologici adeguatamente progettati e certificati anche dal punto di vista acustico, come nel caso di terminali per la diffusione, il trattamento e la distribuzione dell'aria, poiché per questi è difficile intervenire a posteriori per diminuirne il contributo al rumore.

In particolare devono essere previsti i seguenti accorgimenti:

- Per le tubazioni degli scarichi, si devono utilizzare collari di fissaggio dei tubi alle pareti provvisti di fascette antivibranti in neoprene a bassa densità di spessore minimo di mm. 5; inoltre le parti di tubazione annegate nei getti, devono essere rivestite da una guaina in polietilene espanso estruso in continuo sp. 5 mm.
- Le tubazioni dei condotti idrici di adduzione o di scarico devono essere coibentate con materiale elastomero espanso realizzato per estrusione e vulcanizzazione di gomma sintetica nitrilica, con spessori progressivi e struttura a celle chiuse.
- Dosare opportunamente il materiale di riempimento dei cavedi: la sede di incasso della tubazione nella cavità di malta e misto laterizio in ripristino completo deve essere rivestita da un materiale vibroimpedente o comunque desolidarizzante.
- Nelle zone di solaio caratterizzate dal passaggio di numerose tubazioni, per evitare trasmissioni meccaniche, deve essere inserito un foglio di materiale resiliente (lo stesso utilizzato come strato anticallpestio sotto il massetto) sotto di esse.

Fondamentale è la realizzazione "in misura" di intercapedini e vani di alloggiamento di ogni componente impiantistico: la limitazione della breccia mantiene maggior massa nella parete, e soprattutto evita che quest'ultima resti rappresentata localmente da una semplice cartella di laterizio: situazioni del genere corrispondono praticamente ad un dimezzamento delle proprietà fonoisolanti della parete.

Non devono essere creati ponti meccanici di nessun tipo tra le tubature e le parti in cls o le murature, soprattutto quelle divisorie tra unità abitative differenti.

Per quanto riguarda le sorgenti sonore di tipo continuo, il progetto non ne prevede.

7. NOTA ALLE PRESCRIZIONI TECNICHE

Le indicazioni generali riportate nei capitoli precedenti sono importanti per ottenere in opera le prestazioni acustiche teoriche calcolate.

Le suddette indicazioni, devono essere considerate come tassative dal punto di vista della necessità di realizzarle, mentre per quanto riguarda i materiali proposti, si tratta di indicazioni volte a semplificarne la scelta, ma si ritiene comunque idoneo qualsiasi materiale alternativo avente analoghe prestazioni acustiche certificate in laboratorio o con prove sul campo in analoghe stratigrafie.

8. CONCLUSIONI

Come si evince dai calcoli riportati nei capitoli precedenti, tutte le tipologie edilizie che compongono il progetto rispettano i limiti prestazionali fissati dal DPCM 5/12/97, e quindi quanto prescritto nell'art. 7 comma 2 della L.R. 13/2001.

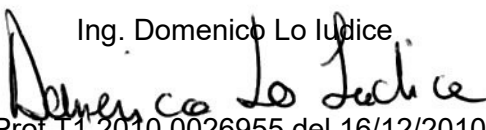
Naturalmente vi sarà una certa tolleranza dovuta ad errori di posa, fenomeni di trasmissione laterale, differenze tra i prodotti teoricamente utilizzati per il calcolo e quelli praticamente inseriti nelle strutture.

In particolare, sarà necessario richiedere le certificazioni riguardanti le prestazioni in opera dei serramenti e dello strato di separazione anticalpestio riportati nei capitoli, in modo che siano conformi con i valori utilizzati per il calcolo teorico.

Biassono, 06/12/2022

Il Tecnico competente

Ing. Domenico Lo Iudice



(Prot. 11.2010.0026955 del 16/12/2010)

9. ALLEGATO A: CERTIFICAZIONE



Regione Lombardia

Giunta Regionale
DIREZIONE GENERALE AMBIENTE, ENERGIA E RETI
PREVENZIONE INQUINAMENTO ATMOSFERICO
PROTEZIONE ARIA E PREVENZIONE INQUINAMENTI FISICI

Protocollo T1.2010.0026955 del 16/12/2010
Firmato digitalmente da GIAN LUCA GURRIERI

Egr. Sig.

LO IUDICE DOMENICO
VIA DELLE VIGNE, 35
20046 BIASSONO (MB)

TC 1322

Oggetto: Decreto del 03 dicembre 2010, n. 12714, avente per oggetto: Valutazione delle domande presentate alla Regione Lombardia per il riconoscimento della figura professionale di "tecnico competente" nel campo dell'acustica ambientale, ai sensi dell'articolo 2, commi 6 e 7, della Legge 447/95.

Si trasmette, in allegato, copia conforme all'originale del decreto indicato in oggetto, con il quale Lei è stato riconosciuto "tecnico competente" in acustica ambientale.

Distinti saluti.

IL DIRIGENTE

GIAN LUCA GURRIERI

Allegati:

decreto "tecnico competente" in acustica

Firma autografa sostituita con indicazione a stampa del nominativo del soggetto responsabile ai sensi del D.Lgs. 39/93 art. 3 c. 2.

Referente per l'istruttoria della pratica: ENRICO POZZI - Tel. 02/6765.5067

PROTEZIONE ARIA E PREVENZIONE INQUINAMENTI FISICI
Via Taramelli, 12 - 20124 Milano - e-mail: ambiente@pec.regione.lombardia.it
Tel. 02/6765.5461 Fax. 02/6765.4406