

# Comune di Padova



## Settore Lavori Pubblici

### RISTRUTTURAZIONE INTERNA DI N. 2 ALLOGGI IN VIA CURIE 3 E 5 PR FESR 2021 - 2027 AZIONE 4.3.1 Edilizia Residenziale Pubblica (ERP)

CUP H92D23000180006 Cod. Progetto LLPP EDP 2024/027

#### PROGETTISTA OPERE ARCHITETTONICHE DIRETTORE DEI LAVORI

**Arch. Eleonora Strada**

indirizzo: Piazza Firenze 4 - 35142 Padova, PD

email: studioarch.strada@gmail.com

#### COORDINATORE PER LA SICUREZZA

**Ing. Federico Saccarola**

e\_mail: info@bdgroup.it

**GIOVANE ARCHITETTO D.Leg.vo 36/2023**

**arch. Camilla Pettinelli**

FASE	AREA	TIPO ELABORATO
GC gestione commessa	PI pianificazione	EE elenco elaborati
IP indagini preliminari	UR urbanistica	EG elaborati grafici
PF progetto di fattibilità	AR architettonico	RE relazioni
PD progetto definitivo	ST strutture	CM computi metrici e stime
PE progetto esecutivo	GE geologia e idrogeologia	CC capitolati e contratti
AP appalto	IE impianti elettrici e speciali	EP elenco prezzi
DL direzione lavori	IM impianti termo-meccanici	AP analisi prezzi
		LL lista delle lavorazioni
		GL giornale dei lavori
		RC registro di contabilità
		SL stato di avanzamento lavori
		PM piano manutenzione
		VE verbali
		LC lettere e comunicazioni

**TITOLO TAVOLA:** Relazione dei requisiti acustici passivi

<b>SIGLA:</b> APPR - PE 09 R	<b>file n°</b> 09
<b>DATA:</b> 24/09/2024	<b>PFTE</b> <b>ESECUTIVO</b>
<b>SCALA:</b>	
<b>FILE:</b>	<b>PROGETTO</b>

**CAPO SETTORE LAVORI PUBBLICI**

**Dott. Danilo Guarti**

Settore Lavori Pubblici Comune di Padova

**RESPONSABILE UNICO DEL PROGETTO**

**ing. arch. Fabiana Gavasso**

Settore Lavori Pubblici Comune di Padova



## 1 **PREMESSA**

L'intervento in progetto prevede la ristrutturazione di una porzione terra-cielo di un edificio con funzione residenziale in via Curie n. 3 e 5 a Padova.

La presente relazione è descrittiva della progettazione acustica che si è attenuta ai seguenti punti principali:

2) **Ottenere l'isolamento acustico** prescritto dalla normativa vigente e nello specifico:

- D.P.C.M. 5.12.1997 "Determinazione dei requisiti acustici minimi degli edifici";
- D. 23/06/2022 n.183 Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l'affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l'affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi";
- UNI EN 12354-1/2/3:2017 Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti;
- UNI/TR 11175:2021 Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici. Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale;
- UNI 11367:2023 Acustica in edilizia - Classificazione acustica delle unità immobiliari - Procedura di valutazione e verifica in opera.

3) **Ridurre le immissioni del rumore prodotto dagli impianti meccanici** al di sotto dei valori massimi riportati nel D.P.C.M. 5.12.1997 "Determinazione dei requisiti acustici minimi degli edifici".

Lo studio acustico e le problematiche affrontate sulla base delle quali è stato predisposto il progetto consistono nella verifica dei materiali fonoisolanti e dei sistemi di mitigazione acustica per gli impianti e nella riduzione dei ponti acustici aerei dovuti essenzialmente ai passaggi impiantistici.

## 2 ISOLAMENTO DELLE STRUTTURE

### 2.1 GENERALITÀ

Il Decreto “CAM” del 23/06/2022 n.183 richiama il D.P.C.M. 5.12.1997 e la norma UNI 11367 per definire i parametri e le prestazioni previste per le differenti destinazioni degli edifici in progettazione.

#### **D.P.C.M. 5/12/1997 - “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”**

Le prestazioni da conseguire nel caso di specie saranno quelle di cui alla categoria A della tabella B.

**Tabella A: CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI ABITATIVI (art. 2)**

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



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

<i>Parametri</i>					
<i>Categorie di cui alla Tab. A</i>	<i>R<sub>w</sub> (*)</i>	<i>D<sub>2m,nT,w</sub></i>	<i>Ln,w</i>	<i>LASmax</i>	<i>LAeq</i>
<b>1. D</b>	<b>55</b>	<b>45</b>	<b>58</b>	<b>35</b>	<b>25</b>
<b>2. A, C</b>	<b>50</b>	<b>40</b>	<b>63</b>	<b>35</b>	<b>35</b>
<b>3. E</b>	<b>50</b>	<b>48</b>	<b>58</b>	<b>35</b>	<b>25</b>
<b>4. B, F, G</b>	<b>50</b>	<b>42</b>	<b>55</b>	<b>35</b>	<b>35</b>



Gli indici sopra esposti indicano:

- $R'_w$  è il potere fonoisolante apparente di elementi di separazione fra ambienti;
- $D_{2m,nT,w}$  è l'isolamento acustico standardizzato di facciata;

- $L_{n,w}$  è il livello di rumore di calpestio di solai normalizzato. La prestazione del livello di calpestio normalizzato è riferito alla trasmissione del rumore attraverso la soletta: tanto minore è il valore di trasmissione, tanto migliore risulta la prestazione acustica;
- $L_{ASmax}$  è il livello massimo di pressione sonora, ponderata A con costante slow;
- $L_{Aeq}$  è il livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderata A.

Ricordando che per unità immobiliare si intende una *“porzione di fabbricato [...] che [...] presenta potenzialità di autonomia funzionale e reddituale”*<sup>2</sup>, in merito all’edificio in analisi è necessario fare le precisazioni evidenziate nei capoversi seguenti.

Per quanto riguarda l'isolamento al rumore aereo, il D.P.C.M. 5/12/1997 precisa che i valori di  $R'_w$  si riferiscono ad elementi di separazione **tra distinte unità immobiliari**.

Per quanto riguarda la rumorosità degli impianti a funzionamento continuo e discontinuo, si segue l'interpretazione fornita dalla norma UNI 11367:2010 “Acustica in edilizia - Classificazione acustica delle unità immobiliari - Procedura di valutazione e verifica in opera”, secondo la quale la valutazione dei requisiti acustici non si applica all’interno della stessa unità immobiliare ma solo **tra distinte unità immobiliari**.

#### La valutazione del rumore all' interno degli edifici

Il benessere acustico all' interno di un edificio rappresenta un aspetto di estrema importanza nella vita quotidiana al pari del benessere termoigrometrico, visivo e della qualità dell'aria.

Il campo di azione degli strumenti legislativi oggi in vigore riguarda i diversi aspetti che concorrono alla valutazione del problema di benessere acustico all' interno di un edificio e più precisamente:

- un’attenta progettazione architettonica mirata alla corretta scelta dei materiali e della distribuzione interna;
- la limitazione della emissione sonora delle sorgenti di rumore interne ed esterne che risultano maggiormente disturbanti;
- la realizzazione dell'edificio in funzione delle prestazioni acustiche dei componenti costruttivi con particolare cura nella posa in opera dei materiali.

### La trasmissione del rumore nelle strutture edilizie

La trasmissione del rumore avviene in genere secondo due distinti meccanismi di propagazione:

- trasmissione per via aerea;
- trasmissione per via strutturale.

La trasmissione del rumore attraverso due ambienti interessa entrambi i meccanismi.

Per ogni componente edilizio bisogna distinguere inoltre tra:

- trasmissione diretta quando avviene esclusivamente attraverso il componente considerato;
- trasmissione laterale quando avviene attraverso le strutture adiacenti a quella considerata.

La prestazione globale di una parete in prova è maggiore in genere, se valutata in laboratorio a causa della mancanza di trasmissione laterale del rumore superiore nel caso di installazione in opera dove esistono connessioni rigide ai bordi.

Ciò significa che il potere fonoisolante della singola parete non è adatto a descriverne il reale comportamento in opera, meglio descritto dal potere fonoisolante apparente che tiene conto anche della trasmissione laterale.

Per definizione l'isolamento acustico è pari alla differenza tra i valori medi dei livelli di pressione sonora che si hanno in due ambienti adiacenti, quello "sorgente" in cui è posta la sorgente di rumore (L1) e quello "ricevente" in cui è posizionato il ricevitore (L2):

$$D = L1 - L2 \text{ (dB)}$$

Tale valore, come detto, non è una proprietà intrinseca del materiale ma dipende dalle "condizioni al contorno".

Al fine di comprendere il significato dei singoli parametri fisici che caratterizzano il comportamento acustico di un elemento edilizio occorre chiarire il fenomeno fisico della propagazione del rumore attraverso una struttura.

Si definisce coefficiente di trasmissione acustica  $\tau$  la quantità di potenza sonora che attraversa la parete di separazione rispetto alla potenza sonora incidente:

$\tau = W_t/W_i$  dove  $W_t$  e  $W_i$  sono rispettivamente la potenza sonora trasmessa e la potenza sonora incidente.

Della potenza sonora incidente ( $W_i$ ) una parte viene trasmessa ( $W_t$ ), una parte viene riflessa ( $W_r$ ) ed una parte viene assorbita dalla parete ( $W_d$ ).

Si definisce potere fonoisolante per un determinato componente edilizio la seguente grandezza espressa in decibel:

$$R = -10 \log \tau = -10 \log W_t/W_i \text{ (dB)}$$

Tenendo conto della trasmissione laterale si definisce potere fonoisolante apparente:  $R' = -10 \log (W_t + W_f) / W_i \text{ (dB)}$  dove ( $W_f$ ) rappresenta la componente trasmessa per vie laterali.

$R$  ed  $R'$  vengono determinati per vie sperimentali secondo quanto previsto dalle norme più recenti in materia (serie ISO 140 [8-19]).

Un errore fondamentale è quello di ridurre alla sola legge di massa la valutazione del potere fonoisolante.

Dalle prove sperimentali risulta evidente la variabilità dello stesso coefficiente in corrispondenza della variabilità della frequenza del rumore incidente, subendo brusche variazioni di andamento in corrispondenza della frequenza di risonanza e della frequenza di coincidenza.

Nel caso delle pareti pesanti utilizzate in edilizia la frequenza critica (coincidenza) si presenta alle basse frequenze (100 - 200 Hz) per cui in tutto il campo di interesse l'andamento del potere fonoisolante risulta crescente con pendenze di 8-10 dB per ottava. Le pareti monolitiche di cls sono più facilmente determinabili, mentre quelle in laterizio dipendono dal tipo di materiale, dagli spessori della malta e da quello dell'intonaco.

In particolare un elevato spessore dell'intonaco migliora i valori del potere fonoisolante.

Man mano che la massa del pannello aumenta, aumenta la frequenza critica.

L'interposizione di una intercapedine di aria all'interno di una parete consente di incrementare notevolmente il potere fonoisolante rispetto al caso di una parete semplice di pari massa superficiale totale, salvo il crearsi di una nuova frequenza di risonanza in corrispondenza della quale si ha un sensibile calo del suddetto potere.

Le prestazioni di un componente di edificio inserito all'interno di un determinato complesso edilizio vengono modificate da una serie di fattori quali:

- reali condizioni costruttive del componente edilizio (spessori, tipo di materiali, presenza di tracce e di componenti impiantistici, fessure) che modificano la trasmissione sonora attraverso la partizione rispetto alle condizioni di laboratorio;

➤ presenza di trasmissioni laterali, che creano un ulteriore percorso di trasmissione al rumore che giunge nell' ambiente ricevente.

Il flusso di energia sonora che attraversa i vincoli strutturali del pannello sono di difficile determinazione.

L' approccio più idoneo allo scopo è quello di tipo statistico sulla base del quale viene analizzato il comportamento dinamico medio della struttura, ossia i flussi di energia fra i vari sottosistemi (componenti edilizi) in esame generati dai diversi modi vibrazionali (onde flessionali, onde longitudinali, ecc.), che sono considerati in modo indipendente tra loro al fine di consentire una sorta di sovrapposizione degli effetti.

### Rumori impattivi

I rumori impattivi sono generati da una eccitazione di tipo meccanico impulsivo e vengono trasmessi per via strutturale.

La risposta di un pannello a tale tipo di sollecitazione è sostanzialmente diversa dal caso in cui la sollecitazione è di tipo acustico, in quanto il suono irradiato risulta fortemente influenzato dalle frequenze di risonanza del pannello stesso.

Nel caso comune di rumori impattivi che interessano il complesso solaio-pavimento (passi delle persone, caduta di oggetti sul pavimento) la grandezza acustica che caratterizza il comportamento del componente edilizio è il livello di rumore di calpestio  $L_i$ , definito come il valore medio del livello di pressione sonora misurato nell' ambiente sottostante al pavimento quando questo viene sollecitato da una macchina normalizzata denominata macchina da calpestio.

Anche in questo caso le prestazioni in opera dei componenti edilizi risultano sensibilmente inferiori dalle prestazioni in laboratorio a causa della radiazione acustica delle pareti laterali sollecitate per trasmissione laterale dalle vibrazioni del solaio. Il valore del livello di rumore di calpestio dipende fortemente dallo smorzamento della struttura e in genere diminuisce di circa 9 dB al raddoppio dello spessore.

Per ridurre il valore di  $L_i$  occorre intervenire nel seguente modo:

- incrementare notevolmente, quando possibile, lo spessore del solaio;
- incrementare lo smorzamento, o meglio, l'impedenza superficiale della struttura, rivestendo il pavimento con uno strato di materiale resiliente, elastico, quale gomma, sughero, moquette, ecc.;



➤ svincolare strutturalmente il pavimento direttamente sollecitato dalla restante parte di edificio che separa il locale sottostante o realizzando un pavimento galleggiante (con l'accortezza di proseguire lo strato isolante fino all'altezza del battiscopa).

#### Isolamento acustico di facciata

La grandezza utilizzata per qualificare il comportamento acustico dell'edificio nei confronti del rumore proveniente dall'esterno è l'isolamento acustico di facciata  $D_{2m}$  che è pari alla differenza tra i livelli di pressione sonora misurati all'esterno dell'edificio (a 2 metri dalla facciata considerando in tal modo ininfluenza l'effetto delle riflessioni di facciata) ed all'interno dell'ambiente.

Non si tratta comunque di una caratteristica intrinseca dell'elemento di edificio come lo è invece il potere fonoisolante, ma rappresenta piuttosto una grandezza direttamente misurabile che fornisce la prestazione di isolamento acustico della facciata in funzione del tipo di sorgente sonora esterna.

#### Indici di valutazione

Le grandezze sopra descritte (isolamento acustico  $D$ , potere fonoisolante  $R$  e livello di rumore di calpestio  $L_i$ ) sono valutati in funzione della frequenza, in generale in bande di un terzo di ottava da 100 a 5000 Hz.

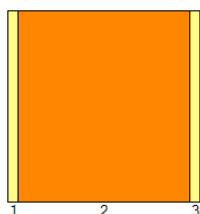
Si definisce indice di valutazione della grandezza un valore che caratterizza la prestazione acustica globalmente con un unico numero che si ottiene partendo dai valori misurati nelle diverse bande di un terzo di ottava da 100 Hz fino a 3150 Hz.

Le norme UNI EN ISO 717-1 e 717-2 indicano la procedura per la determinazione di detto indice che consente di confrontare in modo approssimato le prestazioni dei componenti edilizi ma non può consentire una determinazione del reale comportamento per il quale è necessario procedere ad effettuare un calcolo in funzione della frequenza.

## 2.2 POTERE FONOISOLANTE DELLE STRUTTURE PERIMETRALI ESTERNE, DEI SOLAI, DELLE PARTIZIONI DI SEPARAZIONE TRA CONNETTIVI E UNITA' ABITATIVE E DELLE PARTIZIONI VERTICALI DI SEPARAZIONE TRA DIVERSE UNITA' ABITATIVE

### STRATIGRAFIE DEL PROGETTO

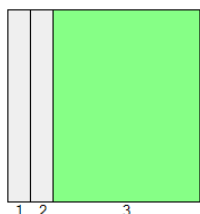
#### Struttura: Parete CU piano primo



Tipo di elemento	Parete utente
Spessore totale [m]	0,280
Massa superficiale [kg/m <sup>2</sup> ]	201,0
Area totale [m <sup>2</sup> ]	9,27
Rw [dB]	46,1

	Tipo	Descrizione	s [m]	m <sub>s</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]
1	INT	Intonaco esterno	0,015	27,0
2	MUR	Struttura in blocchi forati 20x25x25cm rif 1.1.15 - sp.parete 25cm	0,250	153,0
3	INT	Intonaco interno	0,015	21,0

#### Struttura: Controparete perimetrale CU

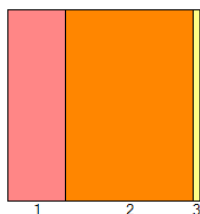


Tipo di elemento	Controparete utente
Spessore totale [m]	0,105
Massa superficiale [kg/m <sup>2</sup> ]	30,5
Area totale [m <sup>2</sup> ]	10,50
Spessore della cavità [m]	0,080

	Tipo	Descrizione	s [m]	m <sub>s</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]
1	LAS	Cartongesso in lastre	0,013	11,3
2	LAS	Cartongesso in lastre	0,013	11,3
3	ISO	Stiferite SK 50 mm	0,080	8,0

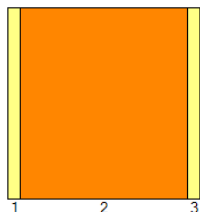
**Struttura: Parete CU piano terra**

Parete in laterizio forato con rivestimento in trachite



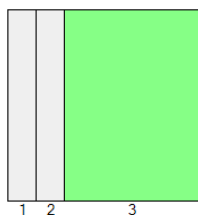
Tipo di elemento	Parete utente
Spessore totale [m]	0,300
Massa superficiale [kg/m <sup>2</sup> ]	374,0
Area totale [m <sup>2</sup> ]	9,27
Rw [dB]	54,5

	Tipo	Descrizione	s [m]	m <sub>s</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]
1	ROC	Trachite	0,090	207,0
2	MUR	Struttura in blocchi forati 20x25x25cm rif 1.1.23 - sp.parete 20cm	0,200	153,0
3	INT	Intonaco interno	0,010	14,0

**Struttura: Parete CU separazione**

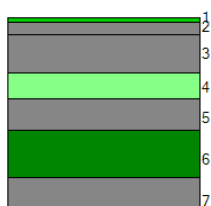
Tipo di elemento	Parete utente
Spessore totale [m]	0,230
Massa superficiale [kg/m <sup>2</sup> ]	195,0
Area totale [m <sup>2</sup> ]	10,83
Rw [dB]	45,8

	Tipo	Descrizione	s [m]	m <sub>s</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]
1	INT	Intonaco interno	0,015	21,0
2	MUR	Struttura in blocchi forati 20x25x25cm rif 1.1.23 - sp.parete 20cm	0,200	153,0
3	INT	Intonaco interno	0,015	21,0

**Struttura: Controparete interna CU**

Tipo di elemento	Controparete utente
Spessore totale [m]	0,085
Massa superficiale [kg/m <sup>2</sup> ]	24,9
Area totale [m <sup>2</sup> ]	8,50
Spessore della cavità [m]	0,060

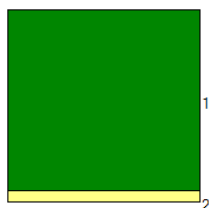
	Tipo	Descrizione	s [m]	m <sub>s</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]
1	LAS	Cartongesso in lastre	0,013	11,3
2	LAS	Cartongesso in lastre	0,013	11,3
3	ISO	Pannelli semirigidi in fibre minerali di rocce feldspatiche	0,060	2,4

**Struttura: Solaio Controtterra CU**

Tipo di elemento	Solaio utente
Spessore totale [m]	0,605
Massa superficiale [kg/m <sup>2</sup> ]	658,5

Area totale [m <sup>2</sup> ]	60,50
Rw [dB]	56,8
Lnw [dB]	65,4

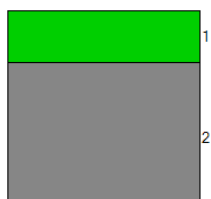
	Tipo	Descrizione	s [m]	m <sub>s</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]
1	PAV	Pavimentazione interna - gres	0,015	25,5
2	CLS	Massetto in calcestruzzo alleggerito (vermiculite) densità 400 kg/m <sup>3</sup>	0,040	16,0
3	CLS	Massetto in calcestruzzo alleggerito densità 400 kg/m <sup>3</sup>	0,120	48,0
4	ISO	PUR Poliuretano in lastre ricavate da blocchi	0,080	4,0
5	CLS	Calcestruzzo armato (percentuale d'armatura 1%)	0,100	230,0
6	SOL	Soletta (blocchi in laterizio+travetti in cls) sp.16 cm, densità 900 kg/m <sup>3</sup>	0,150	135,0
7	CLS	Sottofondo in cls - malta di cemento	0,100	200,0

**Struttura: Solaio CU interpiano**

Tipo di elemento	Solaio utente
Spessore totale [m]	0,255
Massa superficiale [kg/m <sup>2</sup> ]	453,0
Area totale [m <sup>2</sup> ]	25,50
Rw [dB]	57,6
Lnw [dB]	71,0

	Tipo	Descrizione	s [m]	m <sub>s</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]
--	------	-------------	----------	--

1	SOL	Soletta (blocchi in laterizio+travetti in cls) sp.24 cm, densità 1800 kg/m <sup>3</sup>	0,240	432,0
2	INT	Intonaco interno	0,015	21,0

**Struttura: Pavimento galleggiante CU**

Tipo di elemento	Massetto galleggiante utente
Spessore totale [m]	0,055
Massa superficiale [kg/m <sup>2</sup> ]	105,5
Area totale [m <sup>2</sup> ]	5,50

	Tipo	Descrizione	s [m]	m <sub>s</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]
1	PAV	Pavimentazione interna - gres	0,015	25,5
2	CLS	Massetto in calcestruzzo ordinario densità 2000 kg/m <sup>3</sup> - 1	0,040	80,0

**Struttura: Porta esterna**

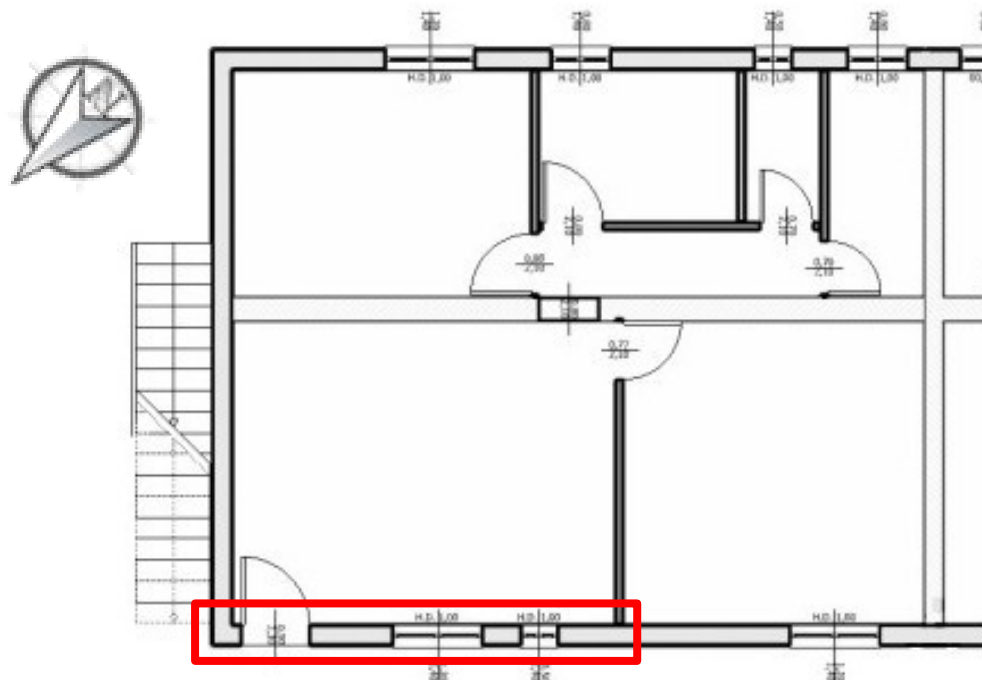
Tipo di elemento	Serramento utente
Area totale [m <sup>2</sup> ]	2,07
Rw [dB]	35,0

**Struttura: Finestre soggiorno**

Tipo di elemento	Serramento utente
Area totale [m <sup>2</sup> ]	2,38
Rw [dB]	39,0

**Struttura: Finestre altre**

Tipo di elemento	Serramento utente
Area totale [m <sup>2</sup> ]	2,38
Rw [dB]	35,0

**CALCOLO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA****Isolamento di facciata nord-ovest (soggiorno del piano terra)****Soggiorno PT****Dati geometrici**

Volume dell'ambiente [m <sup>3</sup> ]	55,28
Superficie della facciata [m <sup>2</sup> ]	13,72

**Elementi che compongono la facciata**

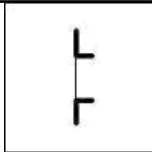
	Elemento	Area [m <sup>2</sup> ] / Lunghezza [m]	R <sub>w</sub> / D <sub>new</sub> [dB]	ΔR <sub>w</sub> esterno [dB]	ΔR <sub>w</sub> interno [dB]
1	Porta esterna	2,07	35,00	-	-
2	Finestre	2,38	39,00	-	-
3	Parete CU piano terra	9,27	54,48	-	15,12

con:

- Strato addizionale interno per Elemento 3: Controparete perimetrale CU

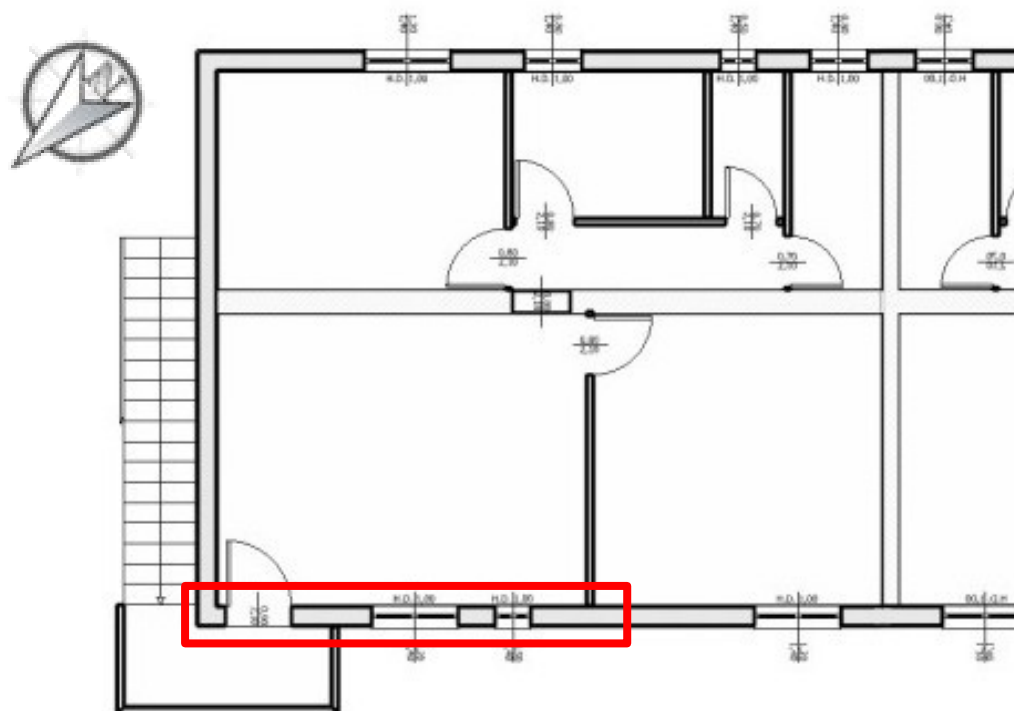


**Correzioni**

Trasmissione laterale $K$ [dB]	2		
Forma di facciata $\Delta L_{fs}$ [dB]	0		
Tipo			
	Facciata piana		
Altezza $h$ [m]	$h < 1,5$ m		
Assorbimento $\alpha_w$	$\alpha_w \leq 0,3$		

**Risultati**

$R'_w$ [dB]	39,6
$D_{2m,nT,w}$ [dB]	40,7
Categoria dell'edificio	Edifici adibiti a residenza
$D_{2m,nT,w}$ minimo DPCM 5/12/1997 [dB]	40,0
Verifica limite	✓

**Isolamento di facciata nord-ovest (soggiorno del piano primo)****Soggiorno P1****Dati geometrici**

Volume dell'ambiente [m <sup>3</sup> ]	55,28
Superficie della facciata [m <sup>2</sup> ]	13,72

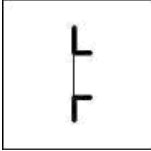
**Elementi che compongono la facciata**

	Elemento	Area [m <sup>2</sup> ] / Lunghezza [m]	R <sub>w</sub> / D <sub>new</sub> [dB]	ΔR <sub>w</sub> esterno [dB]	ΔR <sub>w</sub> interno [dB]
1	Porta esterna	2,07	35,00	-	-
2	Finestre	2,38	39,00	-	-
3	Parete CU piano primo	9,27	46,06	-	19,33

con:

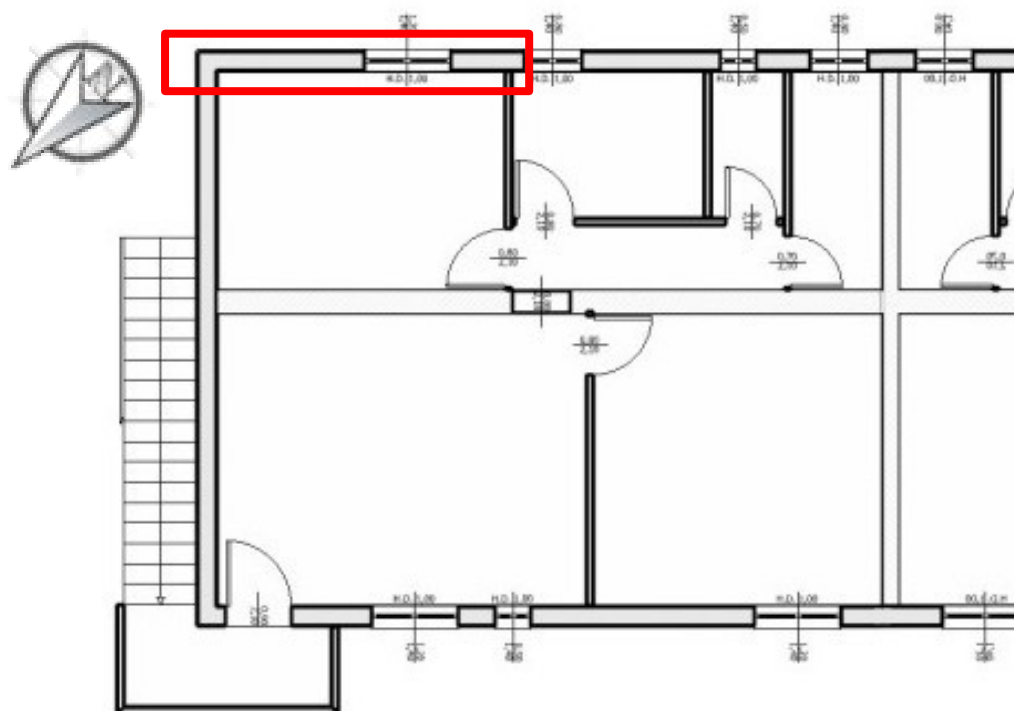
- Strato addizionale interno per Elemento 3: Controparete perimetrale CU

**Correzioni**

Trasmissione laterale K [dB]	2		
Forma di facciata $\Delta L_{fs}$ [dB]	0		
Tipo	 Facciata piana		
Altezza h [m]	h < 1,5 m		
Assorbimento $\alpha_w$	$\alpha_w \leq 0,3$		

**Risultati**

$R'_w$ [dB]	39,6
$D_{2m,nT,w}$ [dB]	40,7
Categoria dell'edificio	Edifici adibiti a residenza
$D_{2m,nT,w}$ minimo DPCM 5/12/1997 [dB]	40,0
Verifica limite	✓

**Isolamento di facciata sud-est (camera piccola del piano terra)****Camera piccola PT****Dati geometrici**

Volume dell'ambiente [m <sup>3</sup> ]	32,30
Superficie della facciata [m <sup>2</sup> ]	10,69

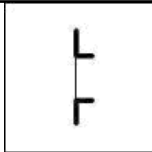
**Elementi che compongono la facciata**

	Elemento	Area [m <sup>2</sup> ] / Lunghezza [m]	R <sub>w</sub> / D <sub>new</sub> [dB]	ΔR <sub>w</sub> esterno [dB]	ΔR <sub>w</sub> interno [dB]
1	Finestre	1,68	35,00	-	-
2	Parete CU piano terra	9,01	54,48	-	15,12

con:

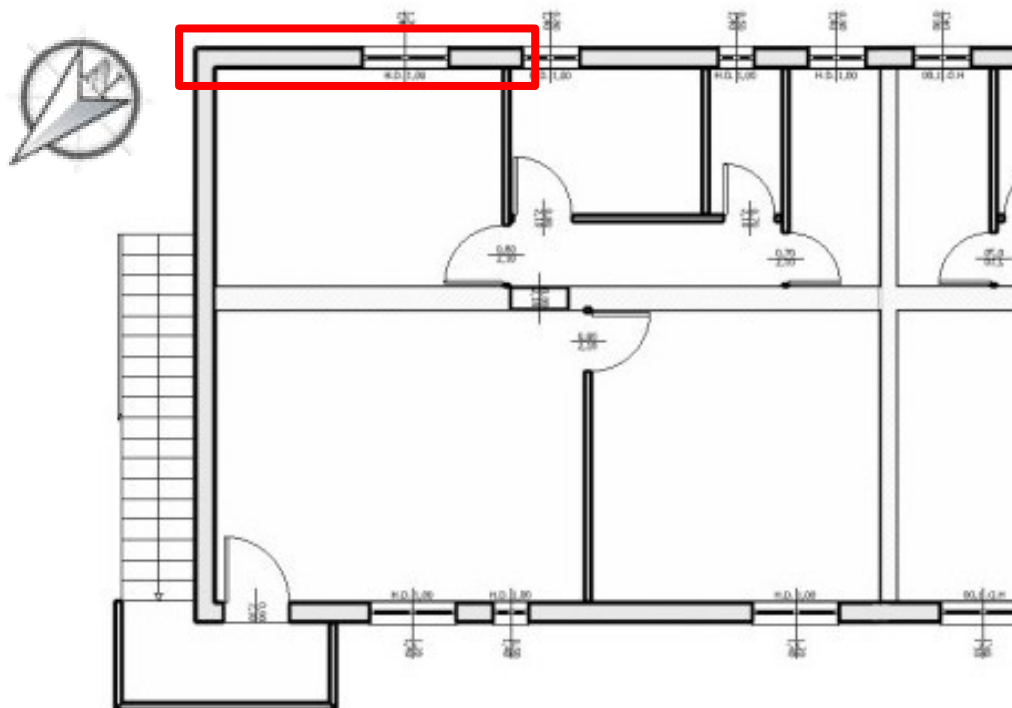
- Strato addizionale interno per Elemento 2: Controparete perimetrale CU

**Correzioni**

Trasmissione laterale $K$ [dB]	2		
Forma di facciata $\Delta L_{fs}$ [dB]	0		
Tipo			
	Facciata piana		
Altezza $h$ [m]	$h < 1,5$ m		
Assorbimento $\alpha_w$	$\alpha_w \leq 0,3$		

**Risultati**

$R'_w$ [dB]	41,0
$D_{2m,nT,w}$ [dB]	40,9
Categoria dell'edificio	Edifici adibiti a residenza
$D_{2m,nT,w}$ minimo DPCM 5/12/1997 [dB]	40,0
Verifica limite	✓

**Isolamento di facciata sud-est (camera piccola del piano primo)****Camera piccola P1****Dati geometrici**

Volume dell'ambiente [m <sup>3</sup> ]	32,30
Superficie della facciata [m <sup>2</sup> ]	10,69

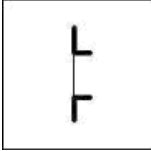
**Elementi che compongono la facciata**

	Elemento	Area [m <sup>2</sup> ] / Lunghezza [m]	R <sub>w</sub> / D <sub>new</sub> [dB]	ΔR <sub>w</sub> esterno [dB]	ΔR <sub>w</sub> interno [dB]
1	Finestre	1,68	35,00	-	-
2	Parete CU piano primo	9,01	46,06	-	19,33

con:

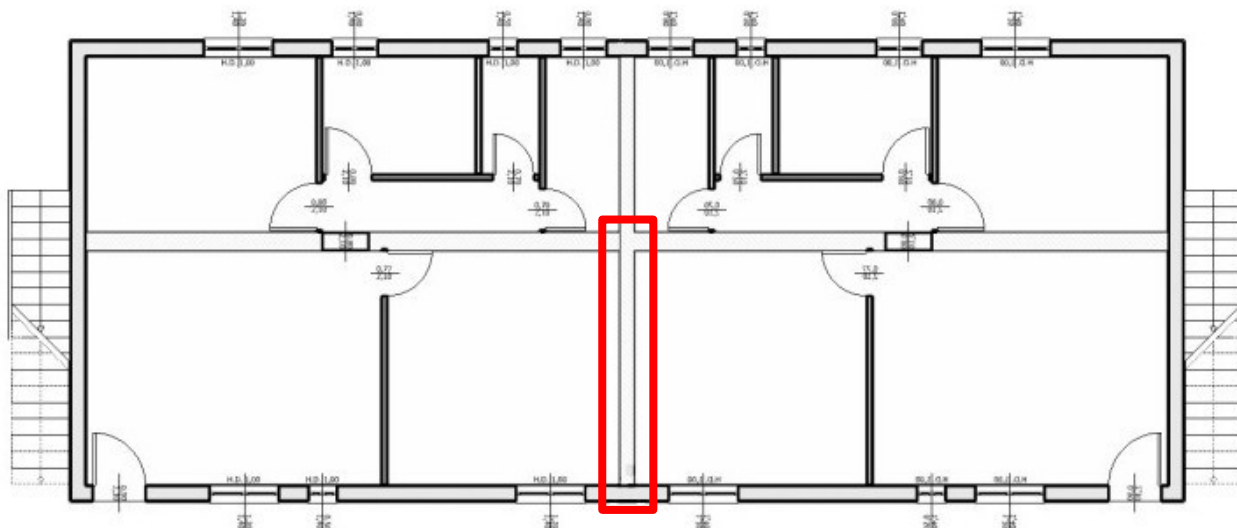
- Strato addizionale interno per Elemento 2: Controparete perimetrale CU

**Correzioni**

Trasmissione laterale K [dB]	2		
Forma di facciata $\Delta L_{fs}$ [dB]	0		
Tipo	 Facciata piana		
Altezza h [m]	h < 1,5 m		
Assorbimento $\alpha_w$	$\alpha_w \leq 0,3$		

**Risultati**

$R'_w$ [dB]	41,0
$D_{2m,nT,w}$ [dB]	40,9
Categoria dell'edificio	Edifici adibiti a residenza
$D_{2m,nT,w}$ minimo DPCM 5/12/1997 [dB]	40,0
Verifica limite	✓

**CALCOLO DEL POTERE FONOISOLANTE APPARENTE - PARETI****Isolamento tra unità adiacenti – (camere piano terra)****Parete di separazione tra camere matrimoniali PT****Dati geometrici**

Area del divisorio [m <sup>2</sup> ]	10,83
--------------------------------------	-------

**Elementi che compongono la struttura**

		Struttura di base	$m_s$ [kg/m <sup>2</sup> ]	$R_w$ [dB]	Strato addizionale	$\Delta R_w$ [dB]
S		Parete CU separazione	195,0	45,8	Lato emitt: Controparete interna CU	17,5
					Lato ricev:	0,0
1		Parete CU separazione	195,0	45,8		
2		Solaio Controterra CU	658,5	56,8		
3		Parete CU piano terra	374,0	54,5	Controparete perimetrale CU	15,1



4		Solaio CU interpiano	453,0	57,6		
5		Parete CU separazione	195,0	45,8		
6		Solaio Controterra CU	658,5	56,8		
7		Parete CU piano terra	374,0	54,5	Controparete perimetrale CU	15,1
8		Solaio CU interpiano	453,0	57,6		

**Giunti**

	Lato		Tipo di collegamento	Lunghezza [m]	Rigidità dinamica [MN/m³]	Carico sul materiale resiliente [kN/m²]
1-5			A croce in laterizio	2,7	-	-
2-6			A croce in laterizio e calcestruzzo	4,0	-	-
3-7			A T in laterizio (caso 1)	2,7	-	-
4-8			A croce in laterizio e calcestruzzo	4,0	-	-

**Rij - Potere fonoisolante per trasmissione laterale relativo al percorso i-j**

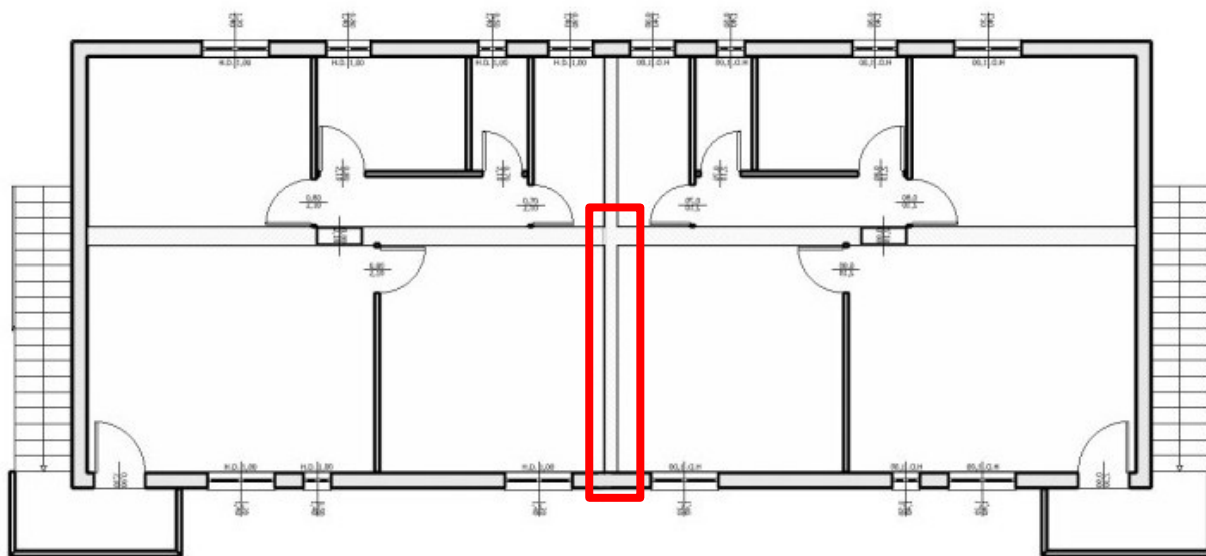
Percorso		Tipo di collegamento	Rij [dB]
S		Trasmissione diretta	63,32

1-5		A croce in laterizio	60,53
2-6		A croce in laterizio e calcestruzzo	62,37
3-7		A T in laterizio (caso 1)	85,36
4-8		A croce in laterizio e calcestruzzo	65,10
1-S		A croce in laterizio	63,93
2-S		A croce in laterizio e calcestruzzo	69,30
3-S		A T in laterizio (caso 1)	83,85
4-S		A croce in laterizio e calcestruzzo	68,86
S-5		A croce in laterizio	81,45
S-6		A croce in laterizio e calcestruzzo	86,82
S-7		A T in laterizio (caso 1)	93,81
S-8		A croce in laterizio e calcestruzzo	86,38

## Risultati

$R'_w$ [dB]	55,4
Incertezza [dB]	2,29
Categoria dell'edificio	Edifici adibiti a residenza
$R'_w$ minimo DPCM 5/12/1997 [dB]	50,0
Verifica limite	✓



**Isolamento tra unità adiacenti – (camere piano primo)****Parete di separazione tra camere matrimoniali P1****Dati geometrici**









Area del divisorio [m <sup>2</sup> ]	10,83
--------------------------------------	-------

**Elementi che compongono la struttura**

		Struttura di base	$m_s$ [kg/m <sup>2</sup> ]	$R_w$ [dB]	Strato addizionale	$\Delta R_w$ [dB]
S		Parete CU separazione	195,0	45,8	Lato emitt: Controparete interna CU	17,5
					Lato ricev:	0,0
1		Parete CU separazione	195,0	45,8		
2		Solaio CU interpiano	453,0	57,6	Pavimento galleggiante CU	0,0

3		Parete CU piano primo	201,0	46,1	Controparete perimetrale CU	19,3
4		Solaio CU interpiano	453,0	57,6		
5		Parete CU separazione	195,0	45,8		
6		Solaio CU interpiano	453,0	57,6	Pavimento galleggiante CU	0,0
7		Parete CU piano primo	201,0	46,1	Controparete perimetrale CU	19,3
8		Solaio CU interpiano	453,0	57,6		

**Giunti**

	Lato		Tipo di collegamento	Lunghezza [m]	Rigidità dinamica [MN/m³]	Carico sul materiale resiliente [kN/m²]
1-5			A croce in laterizio	2,7	-	-
2-6			A croce in laterizio e calcestruzzo	4,0	-	-
3-7			A T in laterizio (caso 1)	2,7	-	-
4-8			A croce in laterizio e calcestruzzo	4,0	-	-

**Rij - Potere fonoisolante per trasmissione laterale relativo al percorso i-j**

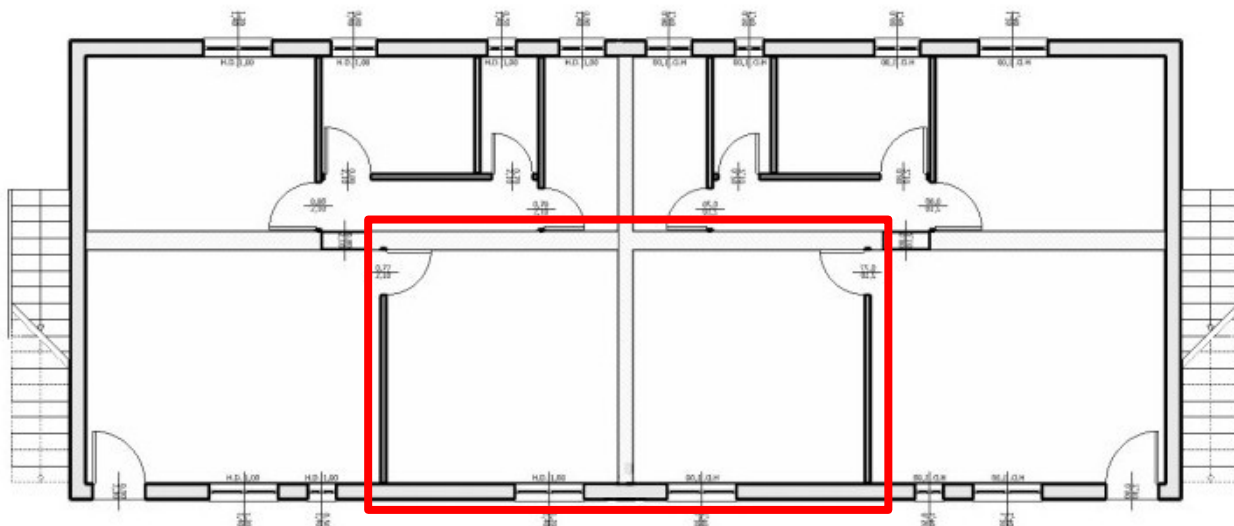
Percorso		Tipo di collegamento	Rij [dB]
----------	--	----------------------	----------

S		Trasmissione diretta	63,32
1-5		A croce in laterizio	60,53
2-6		A croce in laterizio e calcestruzzo	65,10
3-7		A T in laterizio (caso 1)	86,60
4-8		A croce in laterizio e calcestruzzo	65,10
1-S		A croce in laterizio	63,93
2-S		A croce in laterizio e calcestruzzo	68,86
3-S		A T in laterizio (caso 1)	83,39
4-S		A croce in laterizio e calcestruzzo	68,86
S-5		A croce in laterizio	81,45
S-6		A croce in laterizio e calcestruzzo	86,38
S-7		A T in laterizio (caso 1)	92,15
S-8		A croce in laterizio e calcestruzzo	86,38

**Risultati**

R' <sub>w</sub> [dB]	55,8
Incertezza [dB]	2,33
Categoria dell'edificio	Edifici adibiti a residenza

R' <sub>w</sub> minimo DPCM 5/12/1997 [dB]	50,0
Verifica limite	✓

**CALCOLO DEL LIVELLO DI RUMORE ORIZZONTALE DA CALPESTIO****Isolamento tra unità adiacenti – (camere piano terra)****Calpestio orizzontale camere matrimoniali PT****Dati geometrici**


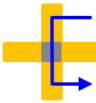
Area del pavimento [m <sup>2</sup> ]	16,20
--------------------------------------	-------

**Elementi che compongono la struttura**



		Struttura di base	$m_s$ [kg/m <sup>2</sup> ]	$L_{n, eq, 0, w}$ [dB]	$R_w$ [dB]	Strato addizionale	$\Delta L_w / \Delta R_w$ [dB]
S		Solaio Controterra CU	658,5	65,4	56,8		0,0
1		Parete CU separazione	195,0		45,8	Controparete interna CU	17,5
2		Solaio Controterra CU	658,5		56,8		0,0



**Giunti**

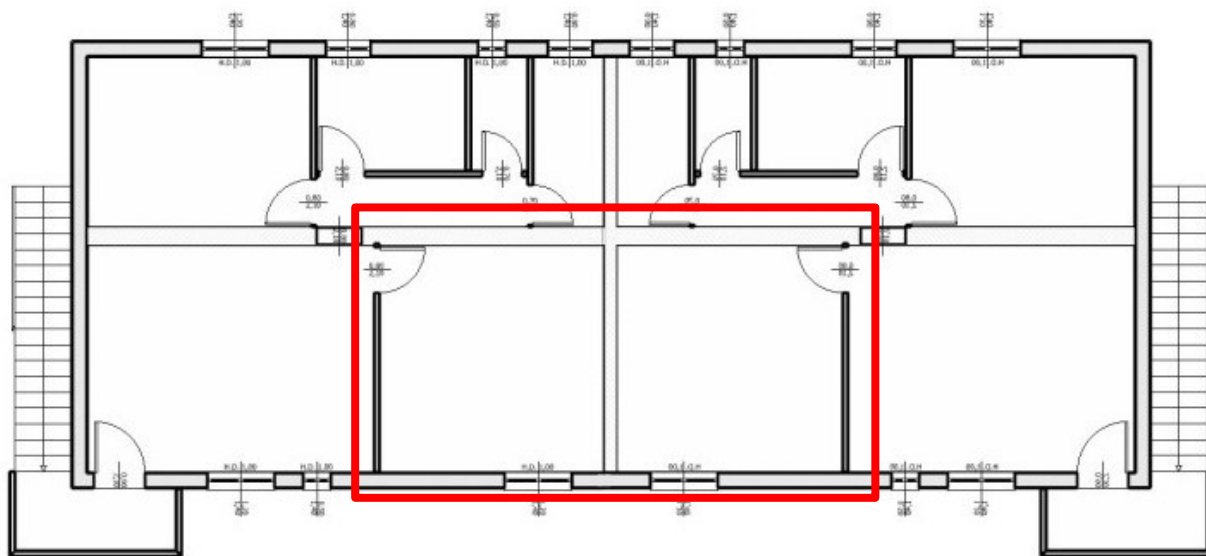
	Lato		Tipo di collegamento	Lunghezza [m]	Rigidità dinamica [MN/m <sup>3</sup> ]	Carico sul materiale resiliente [kN/m <sup>2</sup> ]
2			A croce in laterizio e calcestruzzo	4,0	-	-

**Lij - Rumore da calpestio per trasmissione laterale relativo al percorso i-j**

Percorso		Tipo di collegamento	Lij [dB]
S-1		A croce in laterizio e calcestruzzo	33,61
S-2		A croce in laterizio e calcestruzzo	58,05

**Risultati**

L' <sub>n,w</sub> [dB]	58,1
Incertezza [dB]	3,95
Categoria dell'edificio	Edifici adibiti a residenza
L' <sub>n,w</sub> massimo DPCM 5/12/1997 [dB]	63,0
Verifica limite	✓


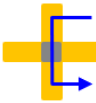
**Isolamento tra unità adiacenti – (camere piano terra)****Calpestio orizzontale camere matrimoniali P1****Dati geometrici**

Area del pavimento [m <sup>2</sup> ]	16,20
--------------------------------------	-------



**Elementi che compongono la struttura**

		Struttura di base	$m_s$ [kg/m <sup>2</sup> ]	$L_{n,eq,0,w}$ [dB]	$R_w$ [dB]	Strato addizionale	$\Delta L_w / \Delta R_w$ [dB]
S		Solaio CU interpiano	453,0	71,0	57,6	Pavimento galleggiante CU	24,7
1		Parete CU separazione	195,0		45,8	Controparete interna CU	17,5
2		Solaio CU interpiano	453,0		57,6	Pavimento galleggiante CU	5,6

**Giunti**

	Lato		Tipo di collegamento	Lunghezza [m]	Rigidità dinamica [MN/m <sup>3</sup> ]	Carico sul materiale resiliente [kN/m <sup>2</sup> ]
2			A croce in laterizio e calcestruzzo	4,0	-	-

**Lij - Rumore da calpestio per trasmissione laterale relativo al percorso i-j**

Percorso		Tipo di collegamento	Lij [dB]
S-1		A croce in laterizio e calcestruzzo	24,60
S-2		A croce in laterizio e calcestruzzo	34,32

**Risultati**

L' <sub>n,w</sub> [dB]	34,8
Incertezza [dB]	3,90
Categoria dell'edificio	Edifici adibiti a residenza
L' <sub>n,w</sub> massimo DPCM 5/12/1997 [dB]	63,0
Verifica limite	✓

## RISULTATI SINTETICI DEL PROGETTO

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

	Facciate	$D_{2m,nT,w}$ [dB]
1	Soggiorno P1	40,7
2	Soggiorno PT	40,7
3	Camera piccola P1	40,9
4	Camera piccola PT	40,9

### $R'_w$ - Potere fonoisolante dei divisori - Pareti

	Divisori	$R'_w$ [dB]
1	Parete di separazione tra camere matrimoniali PT	55,4
2	Parete di separazione tra camere matrimoniali P1	55,8

### $L'_{nw}$ - Livello di rumore da calpestio

	Solai	$L'_{nw}$ [dB]
1	Calpestio orizzontale camere matrimoniali P1	34,8
2	Calpestio orizzontale camere matrimoniali PT	58,1

### **3 IMPIANTI TECNOLOGICI**

#### **3.1 VALORI EMISSIVI/IMMISSIVI - IMPIANTI TECNOLOGICI**

I valori limite di emissione/immissione del rumore prodotto dagli impianti come sorgenti sonore fisse (pompa di calore, ecc.) sono definiti dalla normativa nazionale vigente e dalle norme di omologazione e certificazione dei macchinari stessi.

In fase di fornitura da parte dell'Impresa che si sarà giudicata l'appalto per tutti gli impianti tecnologici sarà richiesta la *certificazione acustica* che ne attesti il livello rumorosità prediligendo la configurazione "silenziata", ovvero muniti di silenziatori sui canali di aspirazione e di espulsione dell'aria, rivestiti internamente con guaine antirombo, basi d'appoggio isolate, supporti antivibranti, attacchi di canali e tubazioni effettuati con giunti elastici la cui posa in opera dovrà essere realizzata secondo le indicazioni della D.L.

Sugli attraversamenti di solai e pareti, tutti i canali e le tubazioni saranno acusticamente disaccoppiati da murature e pavimentazioni mediante materiali resilienti come: supporti antivibranti; guaine in neoprene espanso; sigillatura elastomerica, ecc. per prevenire le vibrazioni meccaniche.

Saranno comunque privilegiati materiali ed impianti che, a parità di efficienza termica ed energetica, assicurino le migliori prestazioni anche in termini di minore rumorosità.

A questo proposito è importante che, durante l'esecuzione dei lavori, sia mantenuta una stretta collaborazione tra il progettista degli impianti tecnologici, l'azienda installatrice e il consulente acustico incaricato delle verifiche strumentali per eventuali correzioni e modifiche in corso d'opera.

#### **3.2 GENERALITÀ**

Queste che seguono sono le prescrizioni acustiche per il contenimento della rumorosità prodotta dagli impianti tecnologici.

Tutti gli impianti dovranno essere progettati ed installati in modo da non inficiare l'isolamento acustico delle partizioni fonoisolanti previste in progetto e saranno quindi dotati di tutti gli accorgimenti necessari a garantire il mantenimento delle prestazioni richieste dalle presenti specifiche tecniche nei vari ambienti.

L'ottenimento delle prestazioni sovrariportate sono quindi da considerarsi ad ambienti completi di impianti.

I livelli di rumore prodotti dai vari componenti degli impianti tecnologici dovranno risultare tali da non creare disturbo a chi opera o staziona nei differenti ambienti facenti parte del progetto così come richiede il necessario fonoisolamento della struttura.

I sistemi di mitigazione acustica definiti per gli impianti aeraulici e/o idricosanitari dovranno essere comunque in grado di garantire un livello di immissione, a garanzia di un buon "comfort acustico", in questi ambienti non superiore alla seguente tabella:

- |  |                                  |
|--|----------------------------------|
| • Impianti a funzionamento continuo    | $L_{Aeq} \leq 25 \text{ dB(A)}$  |
| • Impianti a funzionamento discontinuo | $L_{Amax} \leq 35 \text{ dB(A)}$ |

Per quanto riguarda la valutazione del disturbo causato dagli impianti, sia nei riguardi di insediamenti limitrofi esterni che nei riguardi degli ambienti interni, si dovranno prevedere sistemi di insonorizzazione che garantiscono le condizioni per il rispetto dei limiti massimi sopra menzionati.

Si provvederà quindi a mettere in atto tutti gli accorgimenti necessari a contenere i livelli di rumore, entro i limiti prescritti eventualmente provvedendo anche in fase di realizzazione ad eseguire rilievi di rumorosità interna ed esterna in assenza di funzionamento degli impianti realizzati, al fine di verificare quanto sopradDETTO.

Ci sembra utile sottolineare quanto sia fondamentale, in fase di installazione, una corretta posa in opera dei componenti al fine di evitare autogenerazioni di rumore.

Le misure saranno effettuate adoperando la curva di ponderazione A, ed il valore più elevato per la costante di tempo (posizione "slow").

La tolleranza ammessa sui valori misurati sarà quella che caratterizza la precisione dello strumento (vedi norme C.E.I. citate).

#### Tubazioni dell'acqua

I rumori generati nelle condutture, sono trasmessi da queste a tutte le strutture mediante le loro diramazioni. È importante riuscire a controllare il rumore che interessa tali sistemi.

In regime laminare, il movimento del fluido attraverso le tubazioni non genera rumore apprezzabile.

Ma quando il regime diviene vorticoso, il rumore nell'acqua si aggira su valori di circa 150 dB, e le vibrazioni prodotte possono mettere in risonanza il sistema di tubazioni, il quale a sua volta può trasmettere, attraverso punti di contatto, vibrazioni alla struttura.

I fattori che determinano il tipo di regime sono:

- 1) il diametro del tubo;
- 2) la densità del fluido  $\rho$ ;

3) la viscosità  $\mu$ ;

4) la velocità del flusso  $v$ .

Queste variabili sono in relazione con una quantità adimensionale detta numero di Reynolds (R):

$$R = \frac{\Delta v \rho}{\mu}$$

Per i numeri di Reynolds inferiori a 1200, il fluido è in regime laminare.

Per i numeri superiori a 2200 esso è in regime vorticoso.

La soluzione a tale problema è stata l'inserimento sulle tubazioni di giunti flessibili che producono una interruzione nella trasmissione del rumore attraverso i tubi.

È noto che un forte ed intenso rumore si produce quando il movimento dell'acqua è bruscamente interrotto, ad esempio chiudendo di colpo un rubinetto. Anche se il fluido si muove a velocità relativamente bassa il contraccolpo può essere assai forte. Tale contraccolpo è detto "colpo d'ariete".

Dal momento che i liquidi sono difficilmente comprimibili, l'improvvisa interruzione del flusso causa un grandissimo aumento di pressione nel punto di interruzione, e l'intero sistema di tubature è posto in vibrazione dal contraccolpo.

Il fronte d'onda si propaga avanti e indietro varie volte, anche attraverso le diramazioni, prima che l'energia sia dissipata. Si è indicato quindi agli impiantisti l'inserimento di dispositivi per ridurre i rumori di contraccolpo: tali dispositivi consistono in "barilotti anticolpo d'ariete" o simili che permettono l'espansione del liquido evitando il contraccolpo.

Altri rumori negli impianti sono spesso generati dalla risonanza meccanica di parti quali valvole, poste in vibrazione dal liquido, anche a velocità di questo relativamente basse o prodotti da parti rotanti quali le pompe.

Tali dispositivi hanno parti vibranti in contatto con il fluido o con le tubazioni, e trasmettono così l'energia di vibrazione a tutto l'impianto e di conseguenza a tutte le zone interessate dal passaggio dell'impianto.

Affinchè le vibrazioni di tali tubazioni non si trasmettano alle strutture dalle pompe o da altri componenti impiantistici si è previsto di isolare i punti di contatto con materiale resiliente o giunti flessibili.

Il materiale in questione sarà tipo polietilene espanso ad alta densità e spessore minimo di circa 6 mm.

La trasmissione strutturale attraverso le pompe verrà invece eliminata con l'inserimento dei giunti flessibili sui collegamenti principali delle tubazioni nella stessa centrale tecnologica.

Particolare attenzione sarà prestata negli attraversamenti di pareti e solai. In questi casi il condotto deve essere foderato da feltro ed elastomeri, in modo da non avere alcun punto di contatto con la struttura muraria.

Le condotte, nel loro cammino, devono essere sospese con sostegni elastici per non trasmettere vibrazioni alle reticolari metalliche.

Quindi la posa e il montaggio delle condotte sarà eseguita da personale specializzato tenendo presenti tutti gli accorgimenti tecnici per fornire un lavoro eseguito a regola d'arte anche dal punto di vista della rumorosità.

Arch. Eleonora Strada

