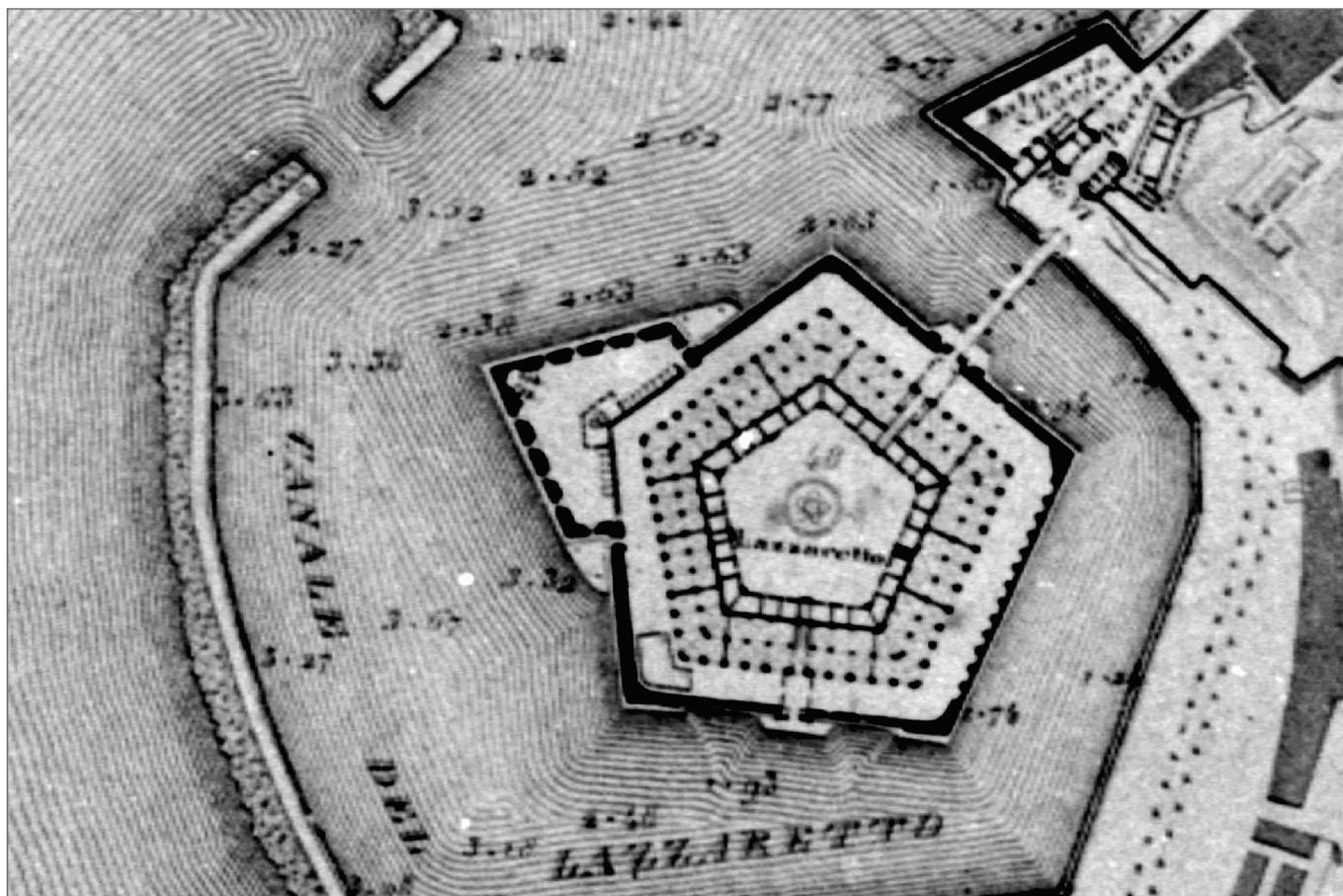


# COMUNE DI ANCONA

DIREZIONE LAVORI, PATRIMONIO, BANDI E GARE, SPORT



## RECUPERO DELLA MOLE VANVITELLIANA

2° lotto - finanziamento "Piano Nazionale delle Città"- Art.12 D.L. 83/2012

INTERVENTO 3 -- Restauro e recupero dei due ultimi lati della Mole: lato terra (B-C) e lato Porta Pia (C-D)

PROGETTO ESECUTIVO

CERTIFICATO ACUSTICO

progetto redatto e coordinato dal Settore Riquilificazione Urbana/Edilizia Storico Monumentale della  
Direzione Lavori , Patrimonio, Bandi e Gare, Sport - Dirigente Ing.Ermanno Frontaloni

progettisti architettonico : Arch. Patrizia Maria Piatteletti

Geom. Umberto Montesi

collaboratore :

Ing.Massimo Conti

elaborati contabili :

Geom. Rocco De Sanctis

elaborati grafici:

Geom. Stefano Mancinelli  
Ing. Diego Macchione

collaboratori del gruppo  
di tirocinio formativo:

Ing. Lucia Barchetta  
Ing. Roberta Marinelli  
Ing. Ambra Silvestroni  
Ing. Michele Troiani

coordinatore sicurezza  
in fase di progettazione:  
Geom. Massimo Bastianelli

responsabile del procedimento:  
Arch. Viviana Caravaggi Vivian

maggio 2017

# CA

redatto da.  
Ing.Luigi Balloni

# Comune di Ancona

Regione Marche

Provincia di Ancona

Legge quadro sull'inquinamento acustico n. 447 del 26.10.1995

D.P.C.M. del 5.12.1997 - Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici

Legge Regionale n. 28 del 14.11.2001 e D.G. R. n.896 AM/TAM del 24.06.2003 - D.G.R. n. 809 del 10.07.2006

## CERTIFICATO ACUSTICO DI PROGETTO

Relativo ad un progetto di "Recupero della Mole Vanvitelliana - 2° lotto

Finanziamento "Piano Nazionale delle città" - art. 12 D.L. 83/2012

Lato terra (B-C e Lato Porta Pia (C-D))

### ANALISI PREVISIONALE

**COMMITTENTE:** Comune di Ancona  
Area Lavori Pubblici  
Settore interventi di riqualificazione Urbana  
Edilizia Storico Monumentale  
Largo XXIV Maggio, 1 - 60100 Ancona (AN)

**UBICAZIONE FABBRICATO:** Mole Vanvitelliana

**RIFERIMENTI CATASTALI:** -

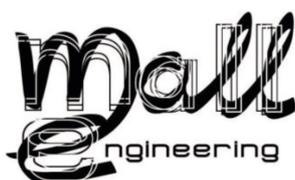
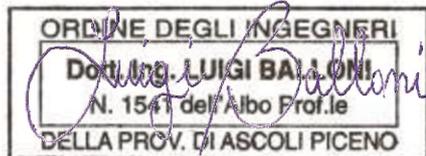
**DATA:** 20 Novembre 2016

#### IL TECNICO COMPETENTE IN ACUSTICA

##### E PROGETTISTA ACUSTICO:

Dott. Ing. Luigi Balloni

D.D. n. 200/TRA\_08 del 30.11.2006



Mall Engineering Srl

Via Pontida, 6 - 63074 San Benedetto del Tronto (AP)

P.IVA: 02038480444 - Tel./Fax: 0735751917

Email: [mallengineeringsrl@pec.it](mailto:mallengineeringsrl@pec.it) - [www.mallengineering.eu](http://www.mallengineering.eu)

Dott. Ing. Luigi Balloni - Cell.: +39 3493117658

E-mail: [luigi.balloni@gmail.com](mailto:luigi.balloni@gmail.com) - E-mail certificata: [luigi.balloni@ingpec.eu](mailto:luigi.balloni@ingpec.eu)

Dott. Ing. Amabili Fabio - Dott. Ing. Capecci Mario

**SOMMARIO**

1 Aspetti generali.....	3
1.1 Premessa .....	3
2 Caratterizzazione acustica dell'area .....	4
2.1 Descrizione dell'area oggetto di studio e degli interventi di progetto .....	4
2.2 Caratterizzazione degli edifici .....	4
3 Quadro normativo .....	6
3.1 Metodologia di calcolo degli indici in riferimento al D.P.C.M. 05.12.1997.....	6
3.2 Normativa di riferimento – Leggi Nazionali .....	7
3.3 Normativa regionale (Regione Marche).....	7
3.4 Classificazione dell'edificio.....	8
4 Modelli utilizzati per le elaborazioni .....	10
4.1 Metodi di calcolo.....	10
4.2 Incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante mediante l'aggiunta di strati addizionali ( $\Delta R_w$ ).....	13
4.3 Indice di potere fonoisolante apparente (in opera) $R'_w$ di una partizione.....	15
4.4 Calcolo indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di facciata, $R'_w$ .....	18
4.5 Correlazione tra isolamento acustico e potere fonoisolante.....	18
4.6 Correlazione tra indice di isolamento acustico normalizzato e indice di potere fonoisolante... ..	18
4.7 Indice dell'isolamento acustico apparente di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverbero ( $D_{2mnT_w}$ ) .....	19
4.8 Rumore di calpestio .....	21
5 Caratteristiche costruttive degli edifici .....	24
6 Valutazione dell'isolamento acustico tra ambienti interni in piano e sovrapposti.....	40
6.1 Strutture oggetto di simulazione .....	40
7 Valutazione dell'isolamento acustico tra ambienti interni sovrapposti (calpestio).....	40
7.1 Strutture oggetto di simulazione .....	40
8 Valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata.....	41
8.1 Strutture oggetto di simulazione .....	41
9 Rumorosità prodotta dagli impianti .....	42
10 Raccomandazioni per la posa per ottimizzare il potere fonoisolante in opera.....	49
11 Conclusioni .....	69

**ELENCO ALLEGATI**

- ALLEGATO 1 – Pianta e sezione – Stato di progetto  
ALLEGATO 2 - Fogli di Calcolo (Analisi previsionale)

## 1 Aspetti generali

### 1.1 Premessa

Le problematiche legate alla sempre più crescente urbanizzazione ed industrializzazione hanno fatto emergere la necessità di tutelare tutte quelle situazioni che richiedono una maggiore attenzione dal punto di vista dell'inquinamento acustico.

Il rumore era, sino a poco tempo fa, una delle fonti di inquinamento più sottovalutate e meno controllate e solo da poco è stato riconosciuto come una grave minaccia per la salute ed il benessere psico-fisico dell'uomo; presa di coscienza che ha portato ad elaborare leggi che regolamentino i livelli ammissibili di inquinamento da rumore.

All'interno degli ambienti di vita, siano essi destinati al lavoro o al riposo, il rispetto delle condizioni di confort acustico è una condizione necessaria.

Un ruolo molto importante è svolto in tale contesto dalle modalità di progettazione degli edifici. Le caratteristiche progettuali ed i materiali utilizzati per la costruzione degli edifici ne influenzano infatti direttamente le proprietà acustiche. E' in fase di progetto che prende forma e si rende possibile la vera protezione contro i rumori esterni ed interni dell'edificio. La progettazione acustica dovrà quindi considerare prima di tutto l'edificio come blocco da difendere dal rumore intrusivo dell'ambiente esterno, per poi scomporlo nelle singole unità a cui dare difesa dal rumore intrusivo generato a seconda della destinazione d'uso e, in ultimo, portare il rumore proprio delle singole unità in condizioni di accettabilità.

Recentemente, dopo l'entrata in vigore del D.P.C.M. 05.12.1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici", la necessità di garantire il più possibile all'interno degli edifici delle condizioni acustiche adeguate per lo svolgimento delle attività che la loro destinazione d'uso richiede, ha assunto sempre maggiore importanza. L'opera deve essere concepita e costruita in modo che il rumore, cui sono sottoposti gli occupanti e le persone situate in prossimità, si mantenga a livelli che non pregiudichino la loro salute e tali da consentire soddisfacenti condizioni di sonno, di riposo e di lavoro.

Scopo del D.P.C.M. 5 dicembre 1997 - Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici è di: *"fissare criteri e metodologie per il contenimento dell'inquinamento da rumore all'interno degli ambienti abitativi"* allo scopo di ridurre l'esposizione umana al rumore. Ora per tali ambienti tale parametro rispetto ad altri obblighi, passa in secondo piano. Dal punto di vista acustico emerge invece quello relativo alla qualità acustica indoor:

- Intelligibilità - Voglio essere capito
- Concentrazione - non voglio essere disturbato
- Riservatezza - non voglio essere ascoltato

Per il miglioramento di tali parametri risulta essere fondamentale la progettazione interna dei locali, attraverso l'utilizzo appropriato di materiali riflettenti, assorbenti e isolanti.

#### **NOTA**

**Tale progetto risulta preventivo quindi potrebbe subire modifiche in fase realizzativa. Ogni variazione dovrà essere comunicata e concordata con il progettista acustico, il direttore dei lavori e il Committente.**

## 2 Caratterizzazione acustica dell'area

### 2.1 Descrizione dell'area oggetto di studio e degli interventi di progetto

Il progetto prevede il Recupero della Mole Vanvitelliana - 2° lotto (Finanziamento "Piano Nazionale delle città" - art. 12 D.L. 83/2012 - Lato terra (B-C e Lato Porta Pia (C-D)).

Attualmente i locali risultano essere grezzi, senza alcune partizioni e prive di ogni tipo di opera di finitura.

Per maggiori dettagli consultare la relazione tecnica allegata al progetto architettonico.

In particolare, saranno prese in esame le caratteristiche di isolamento acustico passivo delle strutture verticali ed orizzontali del fabbricato in esame, considerando i dati progetto dei materiali che saranno utilizzati, forniti dai tecnici progettisti e dal committente.

### 2.2 Caratterizzazione degli edifici

Le soluzioni tecniche e progettuali adottate sono riferite ai seguenti requisiti generali a garanzia di un progetto eseguito a regola d'arte:

- rispetto delle leggi e delle normative tecniche vigenti nonché delle prescrizioni degli enti interessati e delle regole di buona pratica;
- soddisfazione delle esigenze espresse dalla committenza;
- corretto inserimento dell'intervento nel contesto di un edificio di particolare pregio;
- ottimizzazione del rapporto costi/benefici;
- impiego di materiali e componenti di elevata qualità, affidabilità, efficienza, lunga durata, facilmente reperibili sul mercato;
- innovazione tecnologica e sfruttamento delle energie rinnovabili;
- elevata sicurezza degli impianti per la prevenzione degli incidenti.

Nel presente lavoro saranno presi in considerazione i limiti previsti per la categoria F (attività ricreative), meglio indicate di seguito.

In particolare saranno valutati:

- il parametro  $D_{2m,nT,w}$  (indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata);
- il parametro  $R'_w$  (indice del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti – orizzontali e verticali);
- il parametro  $L'_{n,w}$  (indice del livello di rumore di calpestio dei solai).

Saranno altresì presi in considerazione i limiti previsti per la rumorosità prodotta dagli impianti dell'edificio dando indicazioni sulle modalità di realizzazione degli stessi.

**Si tiene fin da ora a precisare, che essendo tale edificio esistente, secondo come indicato dal D.G.R. n. 809\_10.07.2006, e se ne riporta estratto:**

“Nei casi di ristrutturazione e recupero del patrimonio edilizio esistente, il Certificato Acustico di Progetto tiene conto solo dei requisiti acustici degli elementi costruttivi e degli impianti che verranno modificati. Qualora alcune o tutte le prestazioni normative non siano tecnicamente conseguibili, ovvero qualora, in base a valutazioni tecniche, economiche o di necessità di restauro conservativo di edifici storici, non possa essere garantito, in fase progettuale, il raggiungimento dei requisiti del D.P.C.M. 05.12.1997, la progettazione dovrà comunque tendere al miglioramento delle prestazioni passive e nel Certificato Acustico di Progetto dovrà essere indicata la prestazione garantita.”

**in caso di collaudi futuri, se i requisiti non dovessero essere rispettati, si andrà in deroga, facendo riferimento al precedente decreto.**

Questo perché molte degli interventi che di seguito verranno proposti potrebbero non essere effettuati e non eseguito nella maniera corretta a causa di una non malleabilità della struttura e ad alcuni vincoli dovuti al fatto che l'edificio risulta essere storico.

### 3 Quadro normativo

La legislazione statale in materia di inquinamento acustico è regolamentata dalla Legge Quadro sull'inquinamento acustico del 26.10.1995 n. 447, la quale stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo.

Per quanto riguarda i requisiti acustici passivi degli edifici, in attuazione dell'art. 3 comma 1, lettera e) della Legge 26.10.1995 n. 447, è stato emanato il D.P.C.M. del 05.12.1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici". Il decreto stabilisce che gli indici di valutazione che caratterizzano i requisiti acustici passivi degli edifici sono:

- indice del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti ( $R'_w$ ) (da calcolare secondo la normativa UNI EN ISO 16283-1:2014);
- indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (da calcolare secondo la normativa UNI 11572);
- indice del livello di rumore di calpestio dei solai, normalizzato ( $L'_{n,w}$ ) (da calcolare secondo la normativa UNI 11569).

Vengono inoltre stabiliti i limiti prodotti dagli impianti tecnologici a servizio dell'edificio:

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

#### 3.1 Metodologia di calcolo degli indici in riferimento al D.P.C.M. 05.12.1997

Il progetto dell'isolamento acustico dell'edificio è stato condotto separatamente per le diverse modalità di trasmissione del rumore, valutando per ciascuna di esse la rispondenza alle prescrizioni del D.P.C.M. 05.12.1997:

- rumori aerei provenienti da unità immobiliari adiacenti ( $R'_w$ );
- rumori aerei provenienti dall'esterno dell'edificio ( $D_{2m,nT,w}$ );
- rumori impattivi provenienti da unità immobiliari sovrastanti ( $L'_{nw}$ ).

Le verifiche sono state condotte con riferimento alle seguenti norme tecniche:

- UNI EN ISO 16283-1:2014 "Misure in opera dell'isolamento acustico – Isolamento acustico per via aerea" in sostituzione della UNI EN ISO 140-4:2000 "Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea tra ambienti".
- UNI 11572 "Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea degli elementi di facciata e delle facciate" in sostituzione della UNI EN ISO 140-5:2000 "Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea degli elementi di facciata e delle facciate". (normativa prossima alla sostituzione).
- UNI 11569 "Misurazioni in opera dell'isolamento dal rumore di calpestio di solai" in sostituzione della UNI EN ISO 140-7:2000 "Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Misurazioni in opera dell'isolamento dal rumore di calpestio di solai". (normativa prossima alla sostituzione).
- UNI EN ISO 3382 "Misurazione dei parametri acustici degli ambienti" per la misura in opera del tempo di riverbero.
- UNI EN ISO 10052:2005 "Acustica. Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea, del rumore da calpestio e della rumorosità degli impianti".
- UNI EN ISO 16032/2005 "Misurazione del livello di pressione sonora di impianti tecnici in edifici – Metodo tecnico progettuale".

- UNI EN ISO 717-1:2007 "Acustica. Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Isolamento acustico per via aerea" in sostituzione della UNI 8270: 1987, parte 7.
- UNI EN ISO 717-2:2007 "Acustica. Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Isolamento del rumore di calpestio" in sostituzione della UNI 8270: 1987, parte 7.

### **3.2 Normativa di riferimento – Leggi Nazionali**

- D.P.C.M. 01.03.1991 - Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno (G.U. n. 57 del 08.03.1991);
- Legge 26.10. 1995, n. 447 - Legge quadro sull'inquinamento acustico (pubbl. su suppl. ord. G.U. n. 254 del 30.10.1995);
- D.P.C.M. del 14.11.1997 - Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore (G.U. n. 280 del 01.12.1997);
- D.P.C.M. del 05.12.1997 - Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici (G.U. n. 297 del 22.12.1997);
- D.M. 16.03.1998 - Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico (G.U. n. 76 del 01.04.1998);
- D.P.C.M. 31.03.1998 - Atto di indirizzo e coordinamento recante criteri generali per l'esercizio dell'attività del tecnico competente in acustica, ai sensi dell'art. 3, comma 1, lettera b) e dell'art. 2, comma 6, 7 e 8 della legge 26.10.1995 n 447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico" (G.U. n. 120 del 26.05.1998);
- D.P.R. n. 142 del 30.03.2004 - Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'art. 11 della Legge 26.10.1995 n. 447 (G.U. n.127 del 01.06.2004).

### **3.3 Normativa regionale (Regione Marche)**

- Legge Regionale n. 28/2001 "Norme per la tutela dell'ambiente esterno e dell' ambiente abitativo dall'inquinamento acustico nella Regione Marche".
- D.G.R. n. 896/2003 "Legge quadro sull'inquinamento acustico e L.R. n. 28/2001 "Norme per la tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico nella Regione Marche" - approvazione del documento tecnico "Criteri e linee guida di cui: all'art. 5 comma 1 punti a) b) c) d) e) f) g) h) i) l), all'art. 12, comma 1, all'art. 20 comma 2 della LR n. 28/2001".
- D.G.R. n. 809/2006 "L. 447/95 "Legge quadro sull'inquinamento acustico" e L.R .28/2001: "Modifica criteri e linee guida approvati con D.G.R. 896/2003".

### 3.4 Classificazione dell'edificio

Gli "ambienti abitativi", secondo il D.P.C.M. del 14.11.1997, sono classificati, dalla normativa vigente, in sette categorie:

Categoria A: edifici adibiti a residenza o assimilabili;
Categoria B: edifici adibiti ad uffici e assimilabili
Categoria C: edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili
Categoria D: edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura 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

Tabella A – Classificazione degli ambienti abitativi (art. 2 D.P.C.M. 05.12.1997)

Categorie di cui alla tab A	Parametri				
	$R'_w$ (*)	$D_{2m,nT,w}$	$L'_{n,w}$	$L_{ASmax}$	$L_{Aeq}$
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

Tabella B – Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici

<p>Note</p> <p>(*) Valori di <math>R'_w</math> riferiti ad elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari.</p>
--

La verifica dei requisiti acustici sarà incentrata esclusivamente sulla caratterizzazione delle parti strutturali. In particolare saranno verificati i requisiti acustici evidenziati in neretto:

- isolamento tra ambienti interni in piano ( $R'_w$ );
- **isolamento tra ambienti interni in verticale ( $R'_w$ );**
- **isolamento acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ );**
- indice di livello di rumore di calpestio ( $L'_{n,w}$ ).

In relazione alla destinazione d'uso dell'edificio si provvederà, in base alla normativa vigente, alla verifica dei seguenti limiti:

TIPO DI AMBIENTE
Attività ricreative Cat. F
$R'_w \geq 50$ dB $D_{2m,nT,w} \geq 42$ dB $L'_{n,w} \leq 55$ dB $L_{ASmax} \leq 35$ dB(A) $L_{Aeq} \leq 35$ dB(A)

dove:

$R'_w$  rappresenta l'indice del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti (verticali ed orizzontali) che è influenzato dal potere fonoisolante dei materiali utilizzati e dalle modalità di realizzazione delle partizioni stesse;

- $D_{2m,nT,w}$  rappresenta l'indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata, che è influenzato dal potere fonoisolante apparente di facciata, dalla forma della facciata, dal volume dell'ambiente ricevente, dal tempo di riverberazione preso come riferimento, ed infine dalla superficie della facciata vista dall'interno;
- $L'_{n,w}$  rappresenta il livello di rumore di calpestio tra ambienti sovrapposti che è influenzato dal potere fonoisolante dei materiali utilizzati e dalle modalità di realizzazione del solaio;
- $L_{ASmax}$  rappresenta il livello di pressione sonora degli impianti o servizi a funzionamento discontinuo (es. scarichi);
- $L_{Aeq}$  rappresenta il livello di pressione sonora degli impianti o servizi a funzionamento continuo (es. caldaie, condizionatori).

Le **CARATTERISTICHE STRUTTURALI** dell'edificio e la tipologia dei materiali utilizzati sono state fornite dallo studio di progettazione e sono riportate nel paragrafo 5 della presente relazione tecnica.

#### 4 Modelli utilizzati per le elaborazioni

La verifica tramite modello delle prestazioni acustiche degli edifici è stata eseguita mediante foglio di calcolo elettronico, il quale utilizza come algoritmi di calcolo il pacchetto di norme EN 12354, come previsto dalla Delibera Regionale.

Il foglio elettronico consente il calcolo delle principali grandezze per la valutazione delle proprietà acustiche degli edifici:

- isolamento tra ambienti interni in piano ( $R'_w$ );
- isolamento tra ambienti interni sovrapposti ( $R'_{w}$ );
- isolamento acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ );
- livello di rumore di calpestio tra ambienti sovrapposti ( $L'_{n,w}$ ).

#### Per le finalità del presente studio è stato calcolato:

- l'isolamento acustico di facciata;
- l'isolamento tra ambienti interni in verticale;
- l'isolamento tra ambienti interni in orizzontale.

Le prestazioni acustiche degli edifici sono calcolate dalle prestazioni dei singoli componenti edilizi (pareti, porte vetrate, solai, rivestimenti ecc.) dei quali siano disponibili le proprietà acustiche certificate, sia in funzione della frequenza sia come indice di valutazione.

Qualora non siano disponibili le proprietà acustiche appropriate per la soluzione progettata, è possibile effettuare stime teoriche scegliendo fra le relazioni empiriche proposte sia dalla normativa che dalla letteratura tecnica.

Il foglio elettronico consente il calcolo delle principali grandezze per la valutazione delle proprietà acustiche degli edifici ed in particolare è stato sviluppato per fornire i valori da confrontare con i limiti imposti dal D.P.C.M. 05.12.1997 relativamente alle prestazioni acustiche passive degli edifici (tabella B del decreto).

#### 4.1 Metodi di calcolo

##### Isolamento acustico

L'isolamento acustico ( $D$ ) rappresenta il livello di attenuazione al rumore fornito da un elemento di edificio inserito tra due ambienti. Banalmente il valore si calcola misurando la differenza tra i livelli di rumore presenti nei due locali dopo aver attivato una sorgente di rumore.

$$D = L_1 - L_2$$

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.

Isolamento acustico normalizzato rispetto all'assorbimento equivalente  $D_n$

$$D_n = D - 10 \log \left( \frac{A}{A_0} \right) [\text{dB}]$$

dove:

$A$  è l'area di assorbimento equivalente dell'ambiente ricevente, in  $\text{m}^2$ ;

$A_0$  è l'area di assorbimento equivalente di riferimento per appartamenti, assunta pari a  $10 \text{ m}^2$ .

Isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione  $D_{nT}$

$$D_{nT} = D + 10 \log \left( \frac{T}{T_0} \right) [\text{dB}]$$

dove:

$T$  è il tempo di riverberazione nell'ambiente ricevente, in secondi;

$T_0$  è il tempo di riverberazione di riferimento per appartamenti, assunto pari a 0,5 s.

Isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione  $D_{2m,n,T,w}$

La misurazione viene effettuata utilizzando come sorgente sonora il traffico o un altoparlante con angolo di incidenza di  $45^\circ$

$$D_{2m,n,T} = L_{1,2m} - L_2 + 10 \log \left( \frac{T}{T_0} \right) [\text{dB}]$$

dove:

$L_{1,2m}$  è il livello medio di pressione sonora a 2 m di distanza dal fronte della facciata, in dB;

$L_2$  è il livello medio di pressione sonora nell'ambiente ricevente, in dB;

$T$  è il tempo di riverberazione nell'ambiente ricevente, in secondi;

$T_0$  è il tempo di riverberazione di riferimento per appartamenti, assunto pari a 0,5 s.

Isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto all'assorbimento equivalente  $D_{2m,n,w}$

La misurazione viene effettuata utilizzando come sorgente sonora il traffico o un altoparlante con angolo di incidenza di  $45^\circ$

$$D_{2m,n} = L_{1,2m} - L_2 + 10 \log \left( \frac{A}{A_0} \right) [\text{dB}]$$

dove:

$L_{1,2m}$  è il livello medio di pressione sonora a 2 m di distanza dal fronte della facciata, in dB;

$L_2$  è il livello medio di pressione sonora nell'ambiente ricevente, in dB;

$A$  è l'area di assorbimento equivalente dell'ambiente ricevente, in  $\text{m}^2$ ;

$A_0$  è l'area di assorbimento equivalente di riferimento per appartamenti, assunta pari a  $10 \text{ m}^2$

### Potere fonoisolante

Il potere fonoisolante di una struttura rappresenta la sua attitudine a ridurre la trasmissione del suono incidente su di essa; questa viene espressa dalla relazione

$$R = 10 \log \frac{1}{\tau}$$

Il parametro  $\tau$  rappresenta il coefficiente di trasmissione acustica di una struttura ed è dato dal rapporto tra potenza sonora trasmessa e potenza sonora incidente sulla struttura. Tralasciando formule teoriche più o meno laboriose è possibile affermare che generalmente il potere fonoisolante di una struttura dipende dalla sua massa areica espressa in  $\text{kg}/\text{m}^2$ , con alcune eccezioni costituite dalle pareti leggere (tipo cartongesso) e dalle strutture doppie (tipo muratura a cassetta); nel primo caso il potere fonoisolante dipende dallo smorzamento delle lastre, nel secondo caso il potere fonoisolante dipende dallo spessore dell'intercapedine d'aria lasciato tra i componenti e dalla eventuale presenza di un materiale fonoassorbente (con adeguata resistività specifica al flusso d'aria). **Indice di potere fonoisolante di una partizione ( $R_w$ )**

La determinazione di  $R_w$  può essere effettuata basandosi su (in ordine di attendibilità):

- dati di laboratorio
- correlazioni specifiche
- relazioni generali

Come dati di laboratorio devono essere utilizzate informazioni riportate in rapporti di prova ottenuti mediante misurazioni conformi alla normativa europea di più recente approvazione. Per quanto riguarda i dati di origine sperimentale occorre puntualizzare alcuni aspetti:

- il campione di laboratorio sarà sicuramente diverso, in particolar modo per la cura durante la posa, dalla struttura realmente realizzata in cantiere;
- il campione di laboratorio non presenta normalmente disomogeneità dovute a componenti strutturali, impianti, ecc.

- il campione di laboratorio normalmente non è soggetto agli stessi periodi di stagionatura del cantiere;
- i rapporti di miscela delle malte utilizzate per realizzare il campione di prova normalmente non sono uguali a quelli utilizzati per realizzare la struttura in situ.

Per cui quando si utilizzano dati di laboratorio come dati di partenza per valutare l'isolamento acustico di una struttura da rumori aerei occorrerà sempre applicare un fattore cautelativo che tenga conto di queste difformità; l'entità di tale fattore non è quantizzabile analiticamente poiché dipende da fattori non computabili e quindi il suo valore potrà essere assegnato solo dall'esperienza del progettista. Per correlazioni specifiche invece si intende l'utilizzo di prove di laboratorio effettuate su elementi costituiti dallo stesso materiale di quello in esame, aventi caratteristiche morfologiche analoghe ad esso. Infine per relazioni generali si intendono opportuni algoritmi matematici. In funzione della massa frontale della struttura ( $m'$ ) ( $\text{Kg}/\text{m}^2$ ) (definita come densità x spessore dell'elemento), ed eventualmente di altri parametri, si ricava il valore di  $R_w$  dell'elemento divisorio mediante una apposita equazione.

Esistono molte formule sviluppate da differenti laboratori, di seguito ne vengono elencate alcune.

Per ogni formula vengono indicati il paese di provenienza e i limiti di validità.

Formule proposte da rapporto tecnico UNI (settembre 2004)

Laboratori italiani:  $R_w = 20 \log(m') - 2$

Tale formula è valida per partizioni orizzontali e verticali (singole o doppie) con  $m' > 80 \text{ kg}/\text{m}^2$ . Nel caso di pareti doppie l'intercapedine deve essere priva di riempimento e di spessore uguale o minore di 5 cm.

La formula sopra riportata fornisce risultati molto approssimativi per le strutture omogenee, mentre per le strutture doppie è perlopiù fallace.

Formula CEN:  $R_w = 37,5 \log(m') - 44$

Tale formula è valida per strutture di base monolitiche con  $m' > 150 \text{ kg}/\text{m}^2$ .

Altre formule

#### **Pareti monostrato:**

Germania (valida per partizioni con  $m' > 150 \text{ kg}/\text{m}^2$ ):

$$R_w = 32,1 \log(m') - 28,5$$

Austria (valida per partizioni con  $m' > 150 \text{ kg}/\text{m}^2$ ):

$$R_w = 32,4 \log(m') - 26$$

Francia (valida per partizioni con  $m' > 150 \text{ kg}/\text{m}^2$ ):

$$R_w = 40 \log(m') - 45$$

Francia (valida per partizioni con  $m' < 150 \text{ kg}/\text{m}^2$ ):

$$R_w = 13,3 \log(m') + 12$$

Gran Bretagna (valida per partizioni con  $m' > 100 \text{ kg}/\text{m}^2$ ):

$$R_w = 21,6 \log(m') - 2,3$$

Italia - pareti in laterizio alleggerito (valida per partizioni con  $m' > 100 \text{ kg}/\text{m}^2$ ):

$$R_w = 16,9 \log(m') + 3,6$$

Italia - pareti in laterizio (valida per partizioni con  $80 < m' < 400 \text{ kg}/\text{m}^2$ ):

$$R_w = 16 \log(m') + 7$$

Italia - pareti in blocchi di arg. esp. (valida per partizioni con  $115 < m' < 400 \text{ kg}/\text{m}^2$ ):

$$R_w = 26 \log(m') - 11$$

#### **Pareti doppie**

Italia - pareti in laterizio, interc. > 5 cm con materiale fibroso

(valida per partizioni con  $80 < m' < 400 \text{ kg}/\text{m}^2$ ):  $R_w = 16 \log(m') + 10$

Italia - pareti in blocchi di argilla espansa, interc. senza materiale fibroso

(valida per partizioni con  $115 < m' < 400 \text{ kg}/\text{m}^2$ ):  $R_w = 26 \log(m') - 11$

Per questa tipologia strutturale inoltre si ottengono risultati veritieri, anche se approssimativi in quanto si tratta di un metodo di calcolo semplificato, utilizzando la seguente formula:

$$R_w = 20 \log (m'd) - 10$$

dove d lo spessore dell'intercapedine d'aria in cm.

#### **Pareti in lastre di gesso rivestito**

Germania – Valida per partizioni realizzate con struttura singola:

$$R_w = 20 \log (m') + 10 \log (d) + e + 5$$

Valida per partizioni realizzate con struttura doppia:

$$R_w = 20 \log (m') + 10 \log (d) + e + 10$$

dove:

d è la profondità dell'intercapedine in cm ed e è lo spessore del pannello in fibra minerale in cm

#### **Solai**

Italia – solai in laterocemento (valida per solai con  $250 < m' < 500 \text{ kg/m}^2$ ):

$$R_w = 23 \log (m') - 8$$

Le formule sopra riportate sono basate su un approccio semplificato e quindi vanno utilizzate con cautela e solamente allo scopo di una verifica preliminare di massima del potere fonoisolante di un componente.

Potere fonoisolante composto

Nel caso si stia considerando una partizione "composta", in quanto contenente diversi elementi (parete opaca, porte, finestre, cassonetti ecc.) il potere fonoisolante della struttura complessiva viene calcolato con la formula seguente:

$$R_w = -10 \log \left( \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S_{tot}} 10^{\frac{-R_{iw}}{10}} + \frac{A_0}{S_{tot}} \sum_{i=1}^p 10^{\frac{-D_{n,e,i}}{10}} \right)$$

dove:

$R_{iw}$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento i-esimo costituente la partizione

$S_i$  è la superficie dell'elemento i-esimo in  $\text{m}^2$

$S_{tot}$  è la superficie complessiva della partizione in  $\text{m}^2$

$A_0$  sono le unità di assorbimento di riferimento, pari a  $10 \text{ m}^2$

$D_{n,e,i}$  è l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato del piccolo elemento iesimo

Per "piccoli elementi" si intendono gli elementi che costituiscono la parete (con l'eccezione di porte e finestre) aventi superficie minore di  $1 \text{ m}^2$  (bocchette di ventilazione, cassonetti ecc.)

#### **4.2 Incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante mediante l'aggiunta di strati addizionali ( $\Delta R_w$ )**

L'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante,  $\Delta R_w$ , ottenuto mediante l'applicazione di strati addizionali quali, per esempio, una controparete con interposto strato isolante, un pavimento galleggiante o un controsoffitto, si differenzia a seconda che venga coinvolta la trasmissione diretta o quella laterale e dipende inoltre dal tipo di struttura di base alla quale lo strato addizionale è applicato. Nel metodo semplificato si assume che l'incremento non dipenda dalla tipologia di trasmissione del rumore e può essere valutato in due modi, sperimentalmente o analiticamente.

In laboratorio si ottiene col calcolo dalla differenza tra il valore dell'indice di valutazione del potere fonoisolante di una struttura base normalizzata costituita da un pannello omogeneo in calcestruzzo intonacato sulle due facce avente massa di  $(250 \pm 50) \text{ kg/m}^2$ , al quale è stato aggiunto uno strato addizionale (pelle resiliente, soffitto sospeso, pavimento galleggiante) ed il valore dell'indice di valutazione del potere fonoisolante della medesima struttura base senza strato addizionale.

Analiticamente può anche essere calcolato in funzione della frequenza di risonanza,  $f_0$ , del sistema "struttura di base - rivestimento" ed a seconda del suo valore l'indice può assumere valori sia positivi sia negativi.

Per strati addizionali il cui strato resiliente è fissato direttamente alla struttura di base senza montanti o correnti la frequenza di risonanza,  $f_0$ , si ottiene dalla equazione seguente:

$$f_0 = 160 \sqrt{s' \left( \frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \text{ [Hz]}$$

dove:

$s'$  è la rigidità dinamica dello strato isolante, in  $\text{MN/m}^3$ ,

$m'_1$  è la massa areica della struttura di base, in  $\text{kg/m}^2$

$m'_2$  è la massa areica dello strato addizionale,  $\text{kg/m}^2$

Per strati addizionali non direttamente collegati alla struttura di base e realizzati con montanti o correnti, metallici o in legno, e con la cavità riempita mediante materiale poroso avente resistenza al flusso di aria  $r > 5 \text{ kPa/m}^2$ , la frequenza di risonanza si calcola da:

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{0,111}{d} \left( \frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \text{ [Hz]}$$

dove:

$d$  è lo spessore della cavità, in m;

$m'_1$  è la massa areica della struttura di base, in  $\text{kg/m}^2$

$m'_2$  è la massa areica dello strato addizionale,  $\text{kg/m}^2$

Dopo aver calcolato la frequenza di risonanza, l'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante,  $\Delta R_w$ , si ricava dalla seguente tabella, valida per strutture di base aventi l'indice di valutazione del potere fonoisolante,  $R_w$ , compreso da 20 dB a 60 dB.

Frequenza di risonanza $f_0$	$\Delta R_w$
$f_0 < 80$	$35 - R_w / 2$
$80 < f_0 < 125$	$32 - R_w / 2$
$125 < f_0 < 200$	$28 - R_w / 2$
$200 < f_0 < 250$	-2
$250 < f_0 < 315$	-4
$315 < f_0 < 400$	-6
$400 < f_0 < 500$	-8
$500 < f_0 < 1600$	-10
$f_0 > 1600$	-5

NB:  $R_w$  è il valore riferito alla struttura di base.

### 4.3 Indice di potere fonoisolante apparente (in opera) $R'_w$ di una partizione

Come già accennato, il potere fonoisolante apparente, al contrario di quello teorico, tiene conto delle trasmissioni per fiancheggiamento, ovvero della tipologia delle strutture connessa a quella in esame e come queste sono collegate.

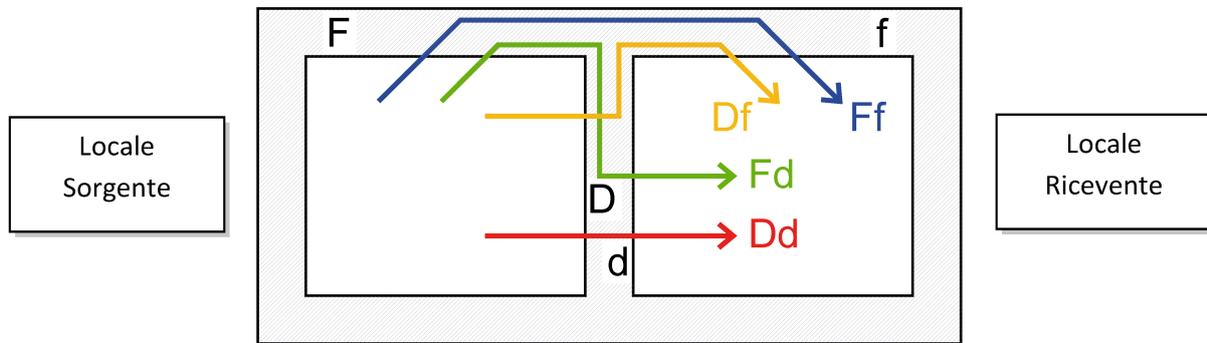


Figura 4.1 – Percorsi di trasmissione sonora ij tra due ambienti

Come si può vedere dall'immagine, valutare tutti i percorsi di trasmissione può risultare complesso; si tenga presente che normalmente sono 13, uno diretto e dodici laterali.

$R'_w$  viene calcolato con la seguente formula, la quale considera separatamente i 13 percorsi di trasmissione sonora:

$$R_W = -10 \log \left( 10^{\frac{-R_W D d}{10}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{\frac{-R_W F f}{10}} + \sum_{f=1}^n 10^{\frac{-R_W D f}{10}} + \sum_{F=1}^n 10^{\frac{-R_W F d}{10}} \right)$$

dove:

$R_{w,ij}$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante caratterizzante il percorso ij

n è il numero di lati dell'elemento divisorio (generalmente quattro)

#### Calcolo di $R_{w,ij}$

Ai fini del calcolo del potere fonoisolante apparente tra due ambienti adiacenti, si deve quindi determinare il valore dell'indice di valutazione di potere fonoisolante per ogni singolo percorso di trasmissione sonora, mediante la relazione:

$$R_{w,ij} = \frac{R_{w,i} + R_{w,j}}{2} + \Delta R_{w,ij} + K_{ij} + 10 \log \frac{S}{l_0 l_{ij}}$$

dove:

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

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

$\Delta R_{w,ij}$  è l'incremento dell'indice di valutazione di potere fonoisolante dovuto all'apposizione di strati di rivestimento lungo il percorso i-j (pavimenti galleggianti, contropareti, controsoffitti);

$K_{ij}$  è l'indice di riduzione delle vibrazioni del percorso i-j (dB);

S è la superficie della partizione ( $m^2$ );

$l_0$  è la lunghezza di riferimento pari a 1 m;

$l_{ij}$  è la lunghezza del giunto tra le strutture ij considerate;

Nel caso si stia analizzando il percorso diretto (Dd) la formula si riduce a:

$$R_{w,Dd} = R_{w,D} + \Delta R_{w,Dd}$$

#### Nota riguardante quali strutture laterali considerare

Nel caso di sfalsamenti di piano o non corrispondenza dei volumi dei locali in esame, la continuazione del divisorio in locali non direttamente investiti dal suono deve essere considerata come un elemento laterale.

**Nota riguardante  $R_{wi}$ .**

Nel caso di strutture rivestite con strati aggiuntivi, gli indici  $R_{wi}$  e  $R_{wj}$  da inserire nella formula per il calcolo di  $R_{wij}$  sono quelli propri delle strutture di base, privi di strati aggiuntivi quali contropareti, controsoffitti o pavimenti galleggianti.

Nel caso di strutture laterali costituite da pareti doppie con intercapedine o da pareti con rivestimento leggero, gli indici  $R_{wi}$  e  $R_{wj}$  da inserire nella formula per il calcolo di  $R_{wij}$  sono quelli propri del solo strato interno.

**Calcolo di  $\Delta R_{wij}$** 

$\Delta R_{wij}$  si calcola mediante la formula:

$$\Delta R_{w,ij} = \Delta R_{w,i} + \frac{\Delta R_{w,j}}{2} \quad \text{se} \quad \Delta R_{w,i} < \Delta R_{w,j}$$

oppure

$$\Delta R_{w,ij} = \Delta R_{w,j} + \frac{\Delta R_{w,i}}{2} \quad \text{se} \quad \Delta R_{w,i} > \Delta R_{w,j}$$

Dove:

$\Delta R_{wi}$ : incremento di  $R_w$  dovuto allo strato di rivestimento sul lato i

$\Delta R_{wj}$ : incremento di  $R_w$  dovuto allo strato di rivestimento sul lato j

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

**Nota riguardante  $\Delta R_{w,ij}$** 

Gli strati di rivestimento da considerarsi nel calcolo di  $\Delta R_{w,ij}$  sono solo quelli che effettivamente vengono attraversati dal percorso del rumore preso in esame. Quindi ad esempio, nel caso si stiano considerando dei solai sovrastanti a una parete divisoria, i pavimenti galleggianti del piano superiore non andranno considerati in quanto non influenti (figura 4.2).

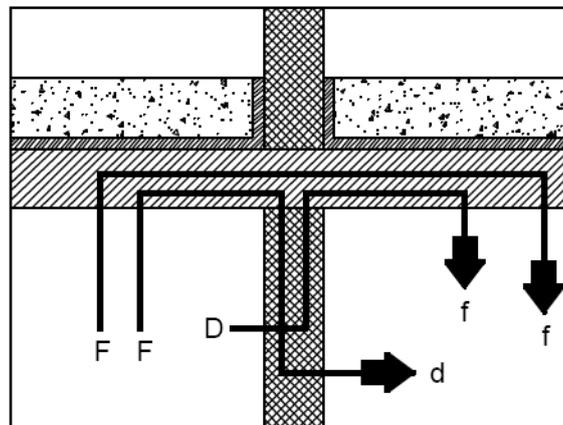


Figura 4.2 – Particolare dei solai sovrastanti muri di separazione tra due diverse unità

L'indice di riduzione delle vibrazioni  $K_{ij}$ , caratteristico del percorso i-j, può essere determinato dalla tabella seguente in funzione del tipo di giunto e del parametro M definito

come:

$$M = \log \frac{m'_{ij}}{m'_i}$$

dove:

$m_{1i}$  è la massa superficiale dell'elemento perpendicolare all'elemento "i" con esso connesso nel giunto considerato [ $\text{kg}/\text{m}^2$ ];

$m'_i$  è la massa superficiale dell'elemento "i" nel percorso laterali i- j [ $\text{kg}/\text{m}^2$ ];

Nella tabella seguente sono riportati, in funzione di M, i valori di  $K_{ij}$  in base al tipo di giunto ed al tipo di percorso considerati.

TIPO DI GIUNZIONE	TIPO DI TRASMISSIONE	$K_{ij}$
Rigida a croce	Diritto	$K_{13} = 8.7 + 17,1M + 5.7 M^2$
	Angolo	$K_{12} = 8.7 + 5.7 M^2$
Rigida a t	Diritto	$K_{13} = 5.7 + 14,1M + 5.7 M^2$
	Angolo	$K_{12} = 5.7 + 5.7 M^2$
Struttura omogenea e facciata leggera	Diritto	$K_{13} = 5 + 10M \quad K_{13} > 5 \text{ dB}$
	Angolo	$K_{12} = 10 + 10 M $
Strutture omogenee con strato desolidarizzante	Diritto su pareti con strato flessibile	$K_{13} = 5.7 + 14,1M + 5.7 M^2 + 12$
	Diritto su parete omogenea	$K_{24} = 3,7 + 14,1M + 5,7M^2 \quad 0 > K_{24} > -4 \text{ dB}$
	Angolo	$K_{12} = 5.7 + 5.7 M^2 + 6$
Struttura omogenea con angolo	Angolo	$K_{12} = 15 M  - 3 \quad K_{12} > -2 \text{ dB}$
Struttura omogenea con cambio di spessore	Diritto	$K_{12} = 5M^2 - 5$
Doppia parete leggera e struttura omogenea	Diritto su parete doppia	$K_{13} = 10 + 20M \quad K_{13} > 10 \text{ dB}$
	Diritto su parete omogenea	$K_{24} = 3 + 14,1M + 5.7 M^2 \quad m'1/m'2 > 3$
	Angolo	$K_{12} = 10 + 10 M $
Pareti doppie leggere accoppiate	Diritto	$K_{13} = 10 + 20M$
	Angolo	$K_{12} = 10 + 10 M $

Il valore dell'indice  $K_{ij}$  deve in ogni caso essere superiore o almeno uguale ad un valore minimo dato dalla:

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

dove:

- $S_i$  è la superficie dell'elemento i nell'ambiente sorgente [ $m^2$ ];
- $S_j$  è la superficie dell'elemento j nell'ambiente ricevente [ $m^2$ ];
- $l_{ij}$  è la lunghezza del giunto ij [m];
- $l_0$  è la lunghezza di riferimento pari a 1 m.

#### 4.4 Calcolo indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di facciata, $R'_w$

Il calcolo si esegue sostanzialmente valutando l'indice di potere fonoisolante di una partizione composta (parete opaca+serramenti), descritto nei paragrafi precedenti, corretto di un termine K che prende in considerazione le trasmissioni laterali.

$$R'_w = -10 \log \left( \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S_{tot}} 10^{\frac{-R_{iw}}{10}} + \frac{A_0}{S_{tot}} \sum_{i=1}^p 10^{\frac{-D_{n,e,i}}{10}} \right) - K$$

dove:

$R_{wi}$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento (i), (parete o serramento) in dB;  
 $S_i$  è l'area dell'elemento (i), in m<sup>2</sup>;

$D_{ne,wi}$  è l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto all'assorbimento equivalente del "piccolo elemento"(i), in dB;

K è la correzione relativa al contributo della trasmissione laterale pari a 0, per elementi di facciata non connessi, e pari a 2 per elementi di facciata pesanti con giunti rigidi.

Il contributo della trasmissione laterale è solitamente trascurabile. Se però elementi di facciata rigidi e pesanti (quali calcestruzzo o mattoni) sono collegati rigidamente ad altri elementi rigidi all'interno dell'ambiente ricevente, come pavimenti o pareti divisorie, la trasmissione laterale può contribuire alla trasmissione sonora totale. Ciò potrebbe diventare rilevante se sono richiesti elevati requisiti di isolamento dal rumore. Di conseguenza, a favore di sicurezza, nei casi che comportano la presenza di elementi rigidi si può considerare la trasmissione laterale in maniera "globale" diminuendo il potere fonoisolante di 2 dB. (K = 2 dB). Altrimenti K = 0

Per quanto riguarda l'indice di valutazione del potere fonoisolante degli elementi di facciata o si assumono dati sperimentali disponibili in letteratura o si calcola con le modalità descritte per l'isolamento a rumori aerei. Attenzione a quest'ultimo metodo che può fornire dati molto approssimativi.

#### 4.5 Correlazione tra isolamento acustico e potere fonoisolante

Potere fonoisolante (R) e isolamento acustico (D) sono legati dalla seguente formula matematica:

$$D = R + 10 \log \left( \frac{A_{ric}}{S} \right)$$

dove:

$A_{ric}$  è l'area di assorbimento equivalente dell'ambiente ricevente, in m<sup>2</sup>;

S è l'area del divisorio in esame in m<sup>2</sup>.

Considerando la definizione di tempo di riverbero la formula è modificabile con:

$$D = R + 10 \log \left( \frac{0,16 \cdot V}{S \cdot T_{60}} \right)$$

dove:

V è il volume dell'ambiente ricevente, in m<sup>3</sup>;

S è l'area del divisorio in esame in m<sup>2</sup>

$T_{60}$  è il tempo di riverbero (alla frequenza considerata) dell'ambiente ricevente in secondi.

#### 4.6 Correlazione tra indice di isolamento acustico normalizzato e indice di potere fonoisolante

Dopo avere valutato, analiticamente o con dati sperimentali, i valori dell'indice del potere fonoisolante relativi ai singoli componenti, è possibile calcolare l'indice di valutazione dell'isolamento acustico per caratterizzare le prestazioni acustiche dell'edificio nella trasmissione per via aerea del suono tra ambienti adiacenti. In particolare è possibile determinare l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto all'assorbimento equivalente,  $D_{n,w}$ , oppure l'indice di valutazione dell'isolamento normalizzato rispetto al tempo di riverberazione,  $D_{nT,w}$ , mediante le seguenti equazioni:

$$D_{nT_w} = R'_w + 10 \log \left( \frac{0,16 \cdot V}{T_0 \cdot S_s} \right) \cong R'_w + 10 \log \left( \frac{V}{6 \cdot T_0 \cdot S_s} \right)$$

$$D_{nw} = R'_w + 10 \log \left( \frac{A_0}{S_s} \right) = R'_w + 10 \log \left( \frac{10}{S_s} \right)$$

- V è il volume del locale ricevente, in m<sup>3</sup>;
- T<sub>0</sub> è il tempo di riverberazione di riferimento per appartamenti, assunto pari a 0,5 s;
- A<sub>0</sub> è l'area di assorbimento equivalente di riferimento per appartamenti, assunta pari a 10 m<sup>2</sup>;
- S<sub>s</sub> è l'area dell'elemento di separazione, in m<sup>2</sup>.

**4.7 Indice dell'isolamento acustico apparente di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverbero (D<sub>2mnT<sub>w</sub></sub>)**

L'indice viene calcolato mediante la seguente relazione:

$$D_{2m,nT_w} = R'_w + \Delta L_{fs} + 10 \log \left( \frac{V}{6T_0 S_{tot}} \right)$$

- R'<sub>w</sub> è l'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di facciata;
- ΔL<sub>fs</sub> è il termine correttivo che quantifica l'influenza della forma della facciata;
- V è il volume interno del locale;
- T<sub>0</sub> è il tempo di riverberazione di riferimento, assunto pari a 0,5 s;
- S<sub>tot</sub> è la superficie di facciata vista dall'interno.

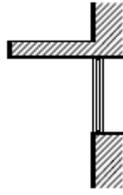
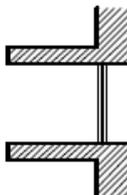
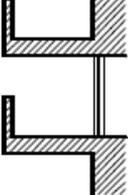
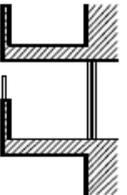
L'influenza della forma della facciata nell'indice D<sub>2m,nT<sub>w</sub></sub>, che può essere positiva o negativa, viene quantificata mediante il termine correttivo ΔL<sub>fs</sub>, definito dalla seguente relazione:

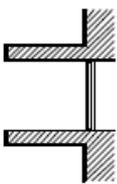
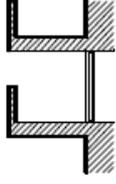
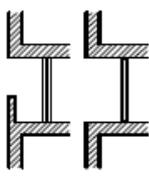
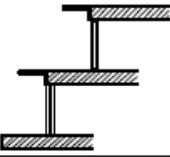
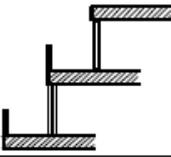
$$\Delta L_{fs} = L_{1,2\text{ m}} - L_{1,5} + 3 \text{ dB}$$

dove:

- L<sub>1,2 m</sub> è il livello medio di pressione sonora rilevato a 2 m dal piano di facciata;
- L<sub>1,5</sub> è il livello medio di pressione sonora rilevato, effetto di riflessione incluso, sulla superficie esterna della facciata.

Nel seguente prospetto sono riportati alcuni esempi di ΔL<sub>fs</sub> correlati alle caratteristiche di facciata, all'assorbimento acustico delle superfici di sottobalcone e al modo d'incidenza delle onde sonore. schermi acustici significativi, ovvero, per esempio, i parapetti dei balconi a sezione piena, privi cioè di aperture rilevanti. L'assorbimento α<sub>w</sub> si riferisce all'indice di valutazione dell'assorbimento acustico come definito dalla UNI EN ISO 11654. Il valore massimo di α<sub>w</sub> = 0,9 si applica anche qualora sia assente una superficie riflettente sopra la parte di facciata considerata.

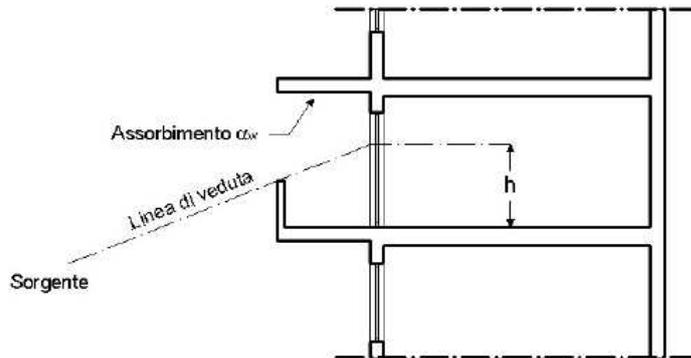
	Facciata piana	Ballatoio			Ballatoio			Ballatoio			Ballatoio		
													
α <sub>w</sub>	NSA	=0,3	0,6	=0,9	=0,3	0,6	=0,9	=0,3	0,6	=0,9	=0,3	0,6	=0,9
h < 1,5 m	0	-1	-1	0	-1	-1	0	0	NSA	1	NSA		
1,5 m = h = 2,5 m	0	NSA			-1	0	2	0	1	3	NSA		
h > 2,5 m	0	NSA			1	1	2	2	2	3	3	4	6

	Balcone			Balcone			Balcone			Terrazza					
															
$\alpha_w$	=0,3	0,6	=0,9	=0,3	0,6	=0,9	=0,3	0,6	=0,9	Schermature aperte			Schermature chiuse		
$\alpha_w$	=0,3	0,6	=0,9	=0,3	0,6	=0,9	=0,3	0,6	=0,9	=0,3	0,6	=0,9	=0,3	0,6	=0,9
$h < 1,5 \text{ m}$	-1	-1	0	0	0	1	1	1	2	2	1	1	3	3	3
$1,5 \text{ m} \leq h \leq 2,5 \text{ m}$	-1	1	3	0	2	4	1	1	2	3	4	5	5	6	7
$h > 2,5 \text{ m}$	1	2	3	2	3	4	1	1	2	4	4	5	6	6	7

**Legenda**

*Ballatoio: terrazza continua - Balcone: terrazza discontinua limitata lateralmente - NSA: Non si applica*

La direzione dell'onda sonora incidente sulla facciata si caratterizza mediante l'altezza definita dalla intersezione tra la linea di veduta dalla sorgente ed il piano di facciata.



#### 4.8 Rumore di calpestio

Livello di rumore di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico.

Il livello di rumore di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico ( $L_n$ ) è calcolato nel seguente modo:

$$L_n = L_i + 10 \log \frac{A}{A_0}$$

dove:

$L_i$  è il livello medio di rumore misurato in più punti dell'ambiente ricevente quando nell'ambiente sovrastante è in funzione la macchina normalizzata di rumore di calpestio,

$A$  è l'area equivalente di assorbimento acustico della camera ricevente

$A_0$  è l'area equivalente di riferimento pari a  $10 \text{ m}^2$ .

#### Livello di rumore di calpestio normalizzato rispetto al tempo di riverbero

$$L_{nT} = L_i - 10 \log \frac{T}{T_0}$$

dove:

$T$  è il tempo di riverberazione nell'ambiente ricevente

$T_0$  è il tempo di riverberazione di riferimento pari a 0.5 s.

#### Indice del livello di rumore di calpestio $L'_{nw}$

L'indice  $L'_{nw}$  viene calcolato con la seguente formula

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

dove:

$L_{nweq}$  è il livello di rumore da calpestio equivalente riferito al solaio "nudo", privo dello strato di pavimento galleggiante [dB];

$\Delta L_w$  è l'indice di valutazione relativo alla riduzione dei rumori di calpestio dovuto alla presenza di pavimento galleggiante o rivestimento resiliente [dB];

$K$  è la correzione da apportare per la presenza di trasmissione laterale di rumore. Il suo valore dipende dalla massa superficiale del solaio "nudo" e dalla massa superficiale delle strutture laterali [dB].

Il valore di  $L_{nweq}$ , relativo alla struttura priva di pavimento galleggiante, può essere ricavata da prove di laboratorio oppure calcolata con la seguente formula.

$$L_{nweq} = 164 - 35 \log \frac{m'}{m'_0}$$

dove:

$m'$  è la massa superficiale del solaio "nudo" ( $\text{kg}/\text{m}^2$ );

$m'_0$  è la massa di riferimento pari a  $1 \text{ kg}/\text{m}^2$ .

Tale formula è utilizzabile per solai di tipo "omogeneo" aventi massa per unità di area ( $m'$ ) compresa tra 100 e  $600 \text{ kg}/\text{m}^2$ .

I solai che vengono considerati come "omogenei" sono:

- Solai in calcestruzzo pieno gettati in opera;
- Solai in calcestruzzo cellulare pieno, autoclavato;
- Solai realizzati con mattoni forati;
- Solai realizzati con "travetti e alveoli";
- Solai realizzati con "lastroni in calcestruzzo";
- Solai realizzati con travetti in calcestruzzo.

L'indice  $\Delta L_w$  può essere ricavato da certificati di laboratorio conformi alle seguenti normative:

UNI EN ISO 140-6 nel caso di strati resilienti utilizzati sotto il massetto (pavimenti galleggianti). Si fa presente che per i "pavimenti galleggianti" si richiede che la prova venga effettuata su un campione di almeno 10 m<sup>2</sup> di massetto.

UNI EN ISO 140-8 nel caso di strati resilienti utilizzati come rivestimento (ad esempio rivestimenti in linoleum).

L'indice può anche essere ricavato analiticamente, per quanto riguarda i pavimenti galleggianti, mediante le seguenti formule.

$$\Delta L_w = 30 \log \frac{f}{f_0} + 3 \quad (\text{per pavimenti galleggianti realizzati con massetto in calcestruzzo})$$

$$\Delta L_w = 40 \log \frac{f}{f_0} - 3 \quad (\text{per pavimenti galleggianti realizzati con massetto a secco})$$

dove:

f è la frequenza di riferimento pari a 500 Hz

f<sub>0</sub> è la frequenza di risonanza del sistema massetto + strato resiliente, calcolata in base alla seguente relazione:

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{s'}{m'}}$$

dove:

s' è la rigidità dinamica dello strato resiliente interposto ottenuta secondo prove di laboratorio conformi alla UNI EN 29052-1;1993 [MN/m<sup>3</sup>];

m' è la massa superficiale del massetto soprastante lo strato resiliente [kg/m<sup>2</sup>].

La rigidità dinamica, determinata ai sensi della UNI EN 29052, caratterizza il comportamento elastico di un materiale; minore è il suo valore, maggiori sono le prestazioni dell'isolante.

Questa dipende dalla tipologia di materiale, ed a parità di materiale dal suo spessore; maggiore è lo spessore dell'isolante, minore è la sua rigidità dinamica.

Nella scelta di un isolante anticalpestio, occorre prestare attenzione ad alcuni parametri, spesso cercandone un compromesso:

- rigidità dinamica (minore possibile);
- resistenza a compressione (maggiore possibile per sopportare i carichi distribuiti e concentrati a cui è sottoposto il massetto sovrastante);
- comprimibilità, ovvero l'attitudine di un materiale di perdere rigidità dinamica quando è sottoposto a carico (minore possibile);
- deflessione statica, ovvero riduzione di spessore (e rigidità dinamica) nel tempo, quando questo è costantemente caricato meccanicamente (come avviene in un solaio);
- impermeabilità all'acqua, al fine di evitare infiltrazioni della componente liquida del cemento durante il getto del massetto sovrastante; questa può essere tralasciata nel caso di adozione di massetti a secco.

Per quanto concerne i dati provenienti da laboratorio, ed in particolare quelli relativi a L<sub>nw</sub> ed ΔL<sub>nw</sub>, occorre prestare attenzione al loro utilizzo. Innanzitutto questi non rispecchieranno mai le prestazioni di un materiale in cantiere, in quanto il solaio di prova, in C.A. da 120 mm, è per la maggior parte diverso da quello effettivamente realizzato; come è diverso il massetto sovrastante. Per cui i dati certificati non dovranno essere utilizzati per la progettazione, ma esclusivamente per un primo confronto tra i materiali.

N.B. il confronto dovrà sempre tenere conto degli alti parametri prestazionali richiesti; per esempio un materiale con ΔL<sub>nw</sub> elevato implica una sua rigidità dinamica bassissima; per cui occorrerà verificarne la resistenza a compressione e la comprimibilità, al fine di stabilire se le prestazioni in opera saranno effettivamente quelle certificate.

**Calcolo di K**

Il valore dell'indice K è ricavabile dalla seguente tabella. Esso dipende dalla massa superficiale del solaio "nudo", privo di pavimento galleggiante e dalla massa superficiale media delle pareti laterali. La massa superficiale media delle pareti laterali si calcola facendo la media ponderata secondo la dimensione delle varie strutture, senza considerare le masse proprie di eventuali strati di rivestimento.

Indice K		B (Massa sup. media pareti laterali)								
		[Kg/m <sup>2</sup> ]								
		100	150	200	250	300	350	400	450	500
A (Massa sup. solaio nudo) [Kg/m <sup>2</sup> ]	100	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	150	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	200	2	1	1	0	0	0	0	0	0
	250	2	1	1	1	0	0	0	0	0
	300	3	2	1	1	1	0	0	0	0
	350	3	2	1	1	1	1	0	0	0
	400	4	2	2	1	1	1	1	0	0
	450	4	3	2	2	1	1	1	1	1
	500	4	3	2	2	1	1	1	1	1
	600	5	4	3	2	2	1	1	1	1
	700	5	4	3	3	2	2	1	1	1
	800	6	4	4	3	2	2	2	1	1
900	6	5	4	3	3	2	2	2	2	

E' opportuno ricordare che applicando il calcolo semplificato si ha una perdita di informazioni che possono portare a errori di valutazione anche notevoli; per cui questo metodo deve essere utilizzato con molta attenzione e per stimare, in prima analisi, il comportamento di una struttura.

## 5 Caratteristiche costruttive degli edifici

Per tutte le simulazioni sono state considerate le seguenti stratigrafie e caratteristiche costruttive.

Di seguito si indicheranno le caratteristiche delle elementi perimetrali orizzontali e verticali che formano l'edificio e in particolare quelli dalle cui buone caratteristiche dipenderà il rispetto dei requisiti acustici passivi degli edifici (e precedentemente indicate).

Le stratigrafie dello stato esistente riportate sono state in parte ipotizzate data l'impossibilità di eseguire preventivamente un'indagine di tipo invasivo (es. carotaggi).

### STRUTTURE PORTANTI

Struttura portante in muratura con alcuni rinforzi in acciaio/legno.

### PARETE PERIMETRALE (ISOLAMENTO DAI RUMORI PROVENIENTI DALL'ESTERNO)

L'isolamento acustico standardizzato di facciata  $D_{2m,nT,w}$  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 sonoro.  
 $L_{1,2m}$             livello pressione esterna a 2 m dalla facciata.  
 $L_2$                 livello pressione interna ambiente ricevente.  
 $T$  e  $T_0$             tempo di riverberazione interno e di riferimento.

L'isolamento standardizzato risulterà dalla media ponderata tra gli elementi componenti di facciata, ad esempio tra finestrate e pareti murarie, tra vetri e strutture leggere di alluminio, ecc.

Poiché i valori stabiliti si riferiscono ai componenti di facciata in opera, sarà opportuno incrementare saggiamente i valori dell'indice di valutazione  $R_w$  specifico del vetro, in funzione non solo del tipo di serramento previsto, ma altresì degli elementi complementari di facciata (ponti acustici) rigorosamente vagliati. Le prestazioni di isolamento acustico della facciata dipendono principalmente dalle caratteristiche dei componenti finestrati e dagli elementi accessori.

Le pareti risulta essere di vario spessore a volte miste. Per semplificare il calcolo verrà presa in considerazione lo spessore più piccolo maggiormente presente e di seguito riportata.

### Parete esterna piena faccia vista (TIPO M1)

Spessore totale della parete = 50,0 cm

Peso = 988,0 kg/m<sup>2</sup>

$R_w = 58$  dB ( $R_w$  calcolato con la Legge di massa  $R_w = 16 \cdot \log(M) + 10$ )

Stratigrafia dall'interno verso l'esterno:

Parete esterna piena faccia vista (TIPO M1)			
Descrizione	s	$\rho$	$M_{sup.}$
	[mm]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]
Intonaco di calce e gesso	20	1400	28,0
Muratura piena	480	2000	960,0
<b>Spessore e Massa frontale struttura</b>	<b>500</b>		<b>988,0</b>

(\*) Peso non comprensivo di malta

## INFLUENZA DEI COMPONENTI FINESTRATI - IL SERRAMENTO VETRATO

**Premessa:** Non tutti serramenti verranno sostituiti; alcuni potrebbero essere restaurati. Di seguito si riportano le caratteristiche generali che dovranno avere i nuovi serramenti.

Le superfici vetrate presentano generalmente un potere fonoisolante notevolmente inferiore a quello delle murature in cui vengono inserite e costituiscono quindi l'elemento "debole" dell'isolamento acustico offerto dalla facciata.

Anche aumentando notevolmente il potere fonoisolante delle murature, non è possibile rientrare nei limiti previsti dal D.P.C.M. 05.12.1997 senza intervenire sull'elemento finestrato con idonee scelte tipologiche (il rumore predominante risulterà quello generato dal traffico stradale).

Gli elementi finestrati da adottare dovranno essere caratterizzati da un isolamento come definite nelle tabelle di calcolo riportate nell'allegato 3 Il valore di isolamento acustico minimo richiesto è da intendersi per il sistema infisso – vetro. In tale analisi non sono state esaminate le superfici dei servizi igienici e dei locali di servizio. Le vetrate considerate dovranno essere verificati dal fornitore, riguardo le caratteristiche di isolamento acustico, tramite certificati di laboratorio.

La perdita di isolamento del componente "vetro + serramento", rispetto al potere fonoisolante dell'elemento vetrato, può essere determinata in base alla classe di tenuta all'aria del serramento, riportata nella norma UNI 7979:

CLASSE SERRAMENTO	PERDITA DI ISOLAMENTO [dB]
A1	$\Delta R_w > 8$
A2	$2 < \Delta R_w < 5$
A3	$\Delta R_w < 2$

I serramenti dovranno garantire una tenuta all'aria **classe A3** secondo la classificazione della norma UNI7979; tale caratteristica dovrà essere verificata mediante certificato di laboratorio. La finestra dovrà essere a doppia battuta e il peso per unità di superficie dell'infisso dovrà essere simile a quello del vetro per evitare vie preferenziali di propagazione del rumore e le guarnizioni presenti dovranno mantenere nel tempo le loro caratteristiche. Tali caratteristiche devono essere garantite dal fornitore e mantenute in fase di posa in opera.

Il serramento vetrato, che rappresenta la parte più debole della facciata, è comprensivo di vetro, telaio, prese d'aria e cassonetti per gli avvolgibili. Nelle nuove costruzioni e nelle ristrutturazioni di edifici esistenti il serramento vetrato deve soddisfare, oltre alle esigenze acustiche, anche i limiti di trasmittanza termica stabiliti dal D.Lgs. 311/06, analogamente a quanto visto per la parete opaca. Occorre far notare che per il calcolo delle trasmittanze della facciata i cassonetti per gli avvolgibili e in generale le parti della facciata che possono costituire ponte termico sono presi in considerazione insieme alla parte opaca, per la quale infatti si parla di un Valore medio calcolato per tutte le parti opache che costituiscono la facciata stessa.

Il limiti di trasmittanza imposti dalla normativa termica vigente, risultano essere molto stringenti in termini di trasmittanza termica e conducono il progettista all'utilizzo esclusivo di vetrocamera. I vetri singoli e quelli stratificati non potrebbero soddisfare tali esigenze. Riguardo ai vetrificati si riportano di seguito alcune indicazioni per migliorarne il comportamento acustico:

- i vetri devono avere spessore differente per ridurre perdite dovute a fenomeni di coincidenza;
- l'impiego di vetrocamera stratificati migliora le prestazioni fonoisolanti;
- nel caso di vetrocamera con un solo vetro stratificato, questo deve essere collocato verso l'interno dell'edificio, sfruttandone in questo modo al meglio le potenzialità acustiche;
- la dimensione dell'intercapedine dei normali vetrificati, da 6 a 16 mm, non influenza le prestazioni fonoisolanti;

- l’inserimento nell’intercapedine di esafluoruro di zolfo (SF6) migliora le prestazioni rispetto all’impiego di Argon o aria;
- vetrate doppie installate su due telai indipendenti garantiscono prestazioni superiori a vetrate installate su uno stesso telaio.

In tabella C sono riportate formule empiriche per la valutazione di  $R^*$  di vetrocamera con vetro monolitico (a), vetrocamera con un vetro monolitico e uno stratificato (b), vetrocamera con due vetri stratificati (e). Le formule riportate sono state ottenute a seguito di misure di laboratorio e fanno riferimento a finestre a telaio unico, per le quali il valore massimo dell’indice di valutazione del potere fonoisolante  $R_w$  è di 40-42 dB. Per prestazioni più elevate è necessario ricorrere ai doppi telai.

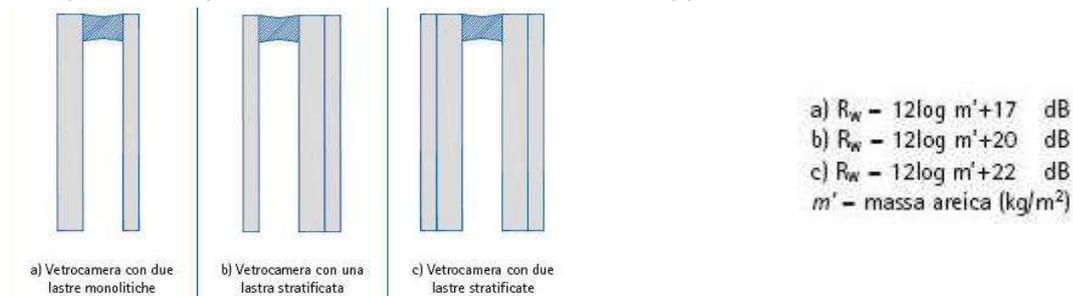


Tabella C - Formule empiriche per il calcolo dell’indice di valutazione del potere fonoisolante di vetrocamera.

In tabella D sono riportati gli indici di valutazione del potere fonoisolante  $R_A$  di vetricecamera divisi per classi di prestazione. I dati si riferiscono a valori certificati in laboratorio o riportati sulle norme tecniche UNI EN 12758 [18] e UNI/TR 11175.

Classe di prestazione $R_w$ (dB)	Stratigrafia vetro	Spessore vetro (mm)	$R_w$ (C; Ctr)* (dB)	Fonte
37-38	6/6-16/5+5	22-32	37 (-1; -5)	UNI EN 12758
	6/15-16/4	25-26	37 (-1; -4)*	UNI/TR 11175
	8/15-16/4	27-28	38 (-2; -5)*	UNI/TR 11175
	10-09-12	21	38	Banca dati INRIM
	10/12/4+4 (PVB 0,76 mm)	31	38	Banca dati INRIM
39-41	4+8 (PVB 2 mm)	14	38,6	Banca dati INRIM
	10/20/4	34	39 (-2; -5)*	UNI/TR 11175
	8/12/6+6	32	39,1	Banca dati INRIM
	10+6 (PVB 2 mm)	18	39,6	Banca dati INRIM
	5+4/25/4 (PVB 1,52 mm)	40	40,5	Banca dati INRIM
	5+3/15/3+5 (PVB 0,76 mm)	32,5	40,7	Banca dati INRIM
	10/12/4+4 (PVB 1,3 mm)	31,3	40,7	Banca dati INRIM
	6+4,4-6-3+3,1	24	40 (-1; -5)*	UNI/TR 11175
	5+3/12/3+5+4 (PVB 0,76 mm)	34,5	41,3	Banca dati INRIM
	3+3+3/12/6	28	41,4 (-2; -5)	Banca dati INRIM
42-46	5+5/15/10 (PVB 0,76 mm)	36	41,4	Banca dati INRIM
	6+4,4-9-5+3,1	29	42 (-1; -5)*	UNI/TR 11175
	4+4/12/4/12/4+4 (PVB 0,76 mm)	47,5	43	Banca dati INRIM
	4+4,2a-12-12 (con foglio plastico con prestazioni acustiche)	33	43 (-1; -5)*	UNI/TR 11175
	4+4,2a-20-12 (con foglio plastico con prestazioni acustiche)	41	44 (-1; -4)*	UNI/TR 11175
	6+4,2a-20-4+4,2a (con foglio plastico con prestazioni acustiche)	40	47 (-1; -7)*	UNI/TR 11175
	6+6,1a-20 SF <sub>6</sub> -4+4,1a (con gas esafluoruro inserito e con foglio plastico con prestazioni acustiche)	41	49 (-2; -7)*	UNI/TR 11175
	6+6,2a-20 SF <sub>6</sub> -4+4,2a (con gas esafluoruro inserito e con due fogli plastici con prestazioni acustiche)	40	51 (-5; -10)*	UNI/TR 11175

Tabella D - Valori dell’indice di potere fonoisolante di vetrate ad elevate prestazioni acustiche. La sigla FVB sta per "Polivinilbutirrale".

La trasmissione sonora attraverso il telaio, i giunti e le tenute delle intercapedini tra gli elementi vetrati è considerata generalmente compresa nei dati di potere fonoisolante del serramento.

Le caratteristiche fonoisolanti di una superficie vetrata dipendono fortemente dalla tenuta all'aria del telaio perimetrale; a tal scopo è necessario prevedere serramenti ad elevata tenuta all'aria, cioè in classe 4 secondo la norma UNI EN 12207 o in classe A4 secondo la norma UNI EN 12152.

Il materiale di cui è costituito il telaio (legno, acciaio, alluminio, pvc, ecc.) non influisce in modo sensibile sulla prestazione acustica della vetrata. In linea generale, se la massa per unità di superficie del telaio, valutata considerandogli spessori "utili" ai fini acustici nella sezione del telaio, è superiore al 70% della massa del vetro e la superficie esposta del telaio è inferiore al 25% della superficie complessiva del serramento (vetro più telaio), si può ritenere che il potere fonoisolante del serramento sia sostanzialmente pari a quello della vetrata. Da una ricerca condotta su 250 finestre con telaio in legno è emerso come per bassi valori di  $R^*$  del vetro il telaio in legno determina un incremento del potere fonoisolante della finestra, mentre a partire da un valore di  $R_w$ , pari a 38 dB la prestazione acustica del telaio influenza negativamente quella del serramento nel suo complesso, riducendo il potere fonoisolante complessivo.

Il rapporto tecnico UNI/TR 11175 riporta le correzioni ai valori di potere fonoisolante  $R_w$ , di serramenti (vetro+telaio) con classe di permeabilità all'aria maggiore di 2 secondo la UNI EN 12207, in funzione delle caratteristiche della finestra. Per le scuole, tra quelli riportati nella norma, sono considerati solo serramenti caratterizzati da un indice  $R_w$ , compreso fra 38 e 45 dB. per i quali sono sempre presenti una guarnizione centrale e le guarnizioni esterne in corrispondenza della battuta dei telai.

#### **Termini di adattamento spettrale della norma UNI EN ISO 717-1**

Applicando la norma UNI EN ISO 717-1 per la determinazione dell'indice di valutazione si ottengono due termini di adattamento allo spettro C e  $C_{tr}$  che sono stati introdotti per tenere conto dei diversi tipi di spettri sonori disturbanti utilizzati per la valutazione delle capacità isolanti di un elemento I valori dei termini di adattamento vanno sommati all'indice di valutazione per ottenere degli indici riferibili a particolari condizioni d'impiego dell'elemento in esame, come si osserva dalla tabella seguente.

C	$C_{tr}$
Rumore derivante dall'attività umana (parlato, musica, ecc.)	Traffico veicolare urbano
Gioco dei bambini	Traffico autostradale a bassa velocità
Traffico ferroviario a velocità medio alte	Traffico aereo in lontananza
Traffico autostradale a velocità superiori a 80 km/h	Discoteche
Traffico aereo ravvicinato	Rumore industriale con componenti in frequenza medio-basse
Rumore industriale con componenti in frequenza medio-alte	

Si deve tener conto dei seguenti aspetti:

- la presenza di una finestra porta ad una riduzione di 2 dB;
- la presenza di una porta di 5 dB;
- la presenza di un serramento di superficie superiore a 3 m<sup>2</sup> porta ad una riduzione di 2 dB;
- se la dimensione del telaio è meno del 30% della superficie totale del serramento la riduzione è di altri 2 dB per serramenti con  $R_w$ , compreso fra 38 e 40 dB;
- la presenza di un doppio telaio mobile e senza montante centrale porta ad una riduzione di 1 dB per serramenti con  $R_w$  pari a 41 dB e di 2 dB per serramenti con  $R^*$  compreso fra 42 e 45 dB;

- la presenza di serramenti a nastro porta ad una riduzione di 1 dB per serramenti con  $R_{w}$  pari a 40 dB e di 2 dB per serramenti con  $R_{w}$  fra 41 e 45 dB;
- la presenza di telaio non in vista porta ad un incremento di 1 dB per serramenti con  $R^*$  di 44 e 45 dB.

Il rapporto tecnico indica che, per vetrocamera con  $R_{w}$  compreso fra 38 e 41 dB, se il telaio è realizzato con una guarnizione centrale e guarnizioni esterne in corrispondenza della battuta dei telai, il potere fonoisolante del serramento, comprensivo di vetro più telaio, è pari al potere fonoisolante del vetro. Per vetrocamera con  $R^*$  superiore a 41 dB, il potere fonoisolante del serramento sarà inferiore a quello del vetrocamera, pur essendo presenti le medesime guarnizioni. In particolare con  $R_{w}$  del vetro pari a 44 dB il potere fonoisolante del serramento sarà pari a 42 dB, con  $R_{w}$  del vetro pari a 46 dB il potere fonoisolante del serramento sarà pari a 43 dB, da 49 dB del vetrocamera si riduce a 44 dB con il telaio e da  $R_{w}$  maggiore di 61 dB si riduce a 45 dB. Tra gli elementi sensibili di un serramento vetrato, dopo il vetro e il telaio, si considerano le prese d'aria e i cassonetti. Le prese d'aria saranno trattate nel seguito, mentre per i cassonetti, anche se non largamente utilizzati nelle aule scolastiche, non sono disponibili dati di laboratorio per poter determinare una classificazione in base alla prestazione acustica. La loro presenza, però, se non ottimizzata dal punto di vista del fonoisolamento, può portare a riduzioni fino a 5 dB dell'isolamento acustico della partizione. Inoltre questi elementi sono per lo più certificati insieme al serramento vetrato e ciò rende indisponibile il dato di isolamento acustico normalizzato rispetto all'assorbimento acustico dell'elemento,  $D_{nTH}$ , utilizzabile in fase di progetto.

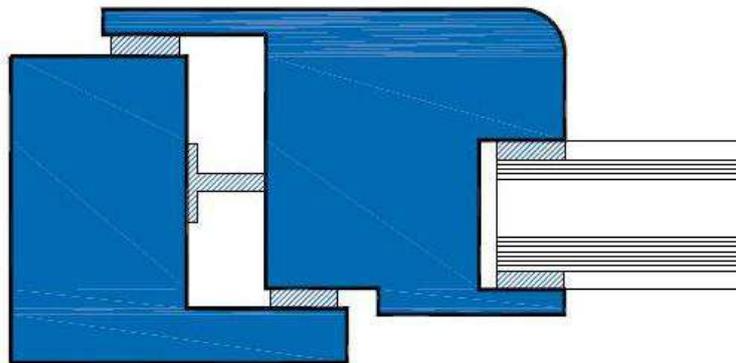


Figura E - Esempio di telaio nel quale sono presenti una guarnizione centrale e le guarnizioni esterne in corrispondenza della battuta (tratto da UNI/TR 11175).

Per gli infissi di tale progetto si è scelto un infisso caratterizzato da un abbattimento acustico di 40 dB.

#### OMBREGGIAMENTO

Risultano presenti delle persiane o altre situazioni nulla, comunque non influenti dal punto di vista dell'abbattimento acustico di facciata.

**PARETI DIVISORIE (ISOLAMENTO DELLE PARETI DI SEPARAZIONE TRA UNITÀ DIVERSE)**

Il potere fonoisolante apparente  $R'_w$  è legato a quello di laboratorio  $R_w$  dalla relazione:

$$R'_w = R_w - a$$

dove  $a$  rappresenta la media dei contributi delle differenti trasmissioni laterali.

**Parete interna di separazione tra diverse unità da 150mm (TIPO M2)**

Spessore totale della parete = 15,0 cm

Peso = 64,5 kg/m<sup>2</sup>

$R_w$  = 64 dB ( $R_w$  fornito dalla FERMACELL certificato n. 1 S 31/W)

Stratigrafia:

Parete interna di separazione tra diverse unità da 150mm (TIPO M2)			
Descrizione	s	$\rho$	$M_{sup.}$
	[mm]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]
FERMACELL Gessofibra	12,5	1150	14,4
FERMACELL Gessofibra	12,5	1150	14,4
Pannello in lana di roccia tipo ACOUSTIC 225 della ROCKWOOL	100	70	7,0
FERMACELL Gessofibra	12,5	1150	14,4
FERMACELL Gessofibra	12,5	1150	14,4
<b>Spessore e Massa frontale struttura</b>	<b>150</b>		<b>64,5</b>

NOTA

Per partizioni che richiedono prestazioni migliori, a causa della presenza sulla parete di eccessivi passaggi di cavi elettrici, si consiglia tale soluzione.

**Parete interna di separazione tra diverse unità da 180mm (TIPO M3)**

Spessore totale della parete = 18,0 cm

Peso = 55,5 kg/m<sup>2</sup>

$R_w$  = 65 dB ( $R_w$  fornito dalla FERMACELL certificato n. 1 S 31/W)

Stratigrafia:

Parete interna di separazione tra diverse unità da 180mm (TIPO M3)			
Descrizione	s	$\rho$	$M_{sup.}$
	[mm]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]
FERMACELL Gessofibra	12,5	1150	14,4
Pannello in lana di roccia tipo ACOUSTIC 225 della ROCKWOOL	75	70	5,3
Intercapedine non ventilata $Av < 500$ mm <sup>2</sup> /m	10	0	0,0
Cartongesso in lastre	10	900	9,0
Cartongesso in lastre	10	900	9,0
Pannello in lana di roccia tipo ACOUSTIC 225 della ROCKWOOL	50	70	3,5
FERMACELL Gessofibra	12,5	1150	14,4
<b>Spessore e Massa frontale struttura</b>	<b>180</b>		<b>55,5</b>

Ogni struttura dovrà essere rigidamente sconnessa dalla struttura portante attraverso l'utilizzo di una Striscia elastomerica fonosmorzante spessore  $\geq 4$ mm tipo Fonostrip tale da impedire la trasmissione di urti e vibrazioni al solaio.

Per alcuni locali, in particolare per quelli ubicati al piano quota 7,8 verranno predisposte delle pareti mobili tipo ANAUNIA caratterizzate da un buon indice di isolamento acustico che può raggiungere anche valori di 58dB.

**PARETI DIVISORIE INTERNE**

**Caratteristiche dei divisori interni (Tipo M0)**

Spessore totale della parete = 11 cm (Tale dimensione potrà variare a secondo degli ambienti e delle eventuali esigenze tecniche).

Peso = 74 Kg/m<sup>2</sup>

R<sub>w</sub> = 42 dB (R<sub>w</sub> struttura certificata dall'ANDIL)

Stratigrafia:

<b>Muratura interna (TIPO M0)</b>			
<b>Descrizione</b>	<b>s</b>	<b>ρ</b>	<b>M</b>
	<b>[mm]</b>	<b>[kg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>[kg/m<sup>2</sup>]</b>
Malta di gesso per intonaci	10	600	6,0
Mattone forato 80	80	775	62,0
Malta di gesso per intonaci	10	600	6,0
<b>Spessore e Massa frontale struttura</b>	<b>100</b>		<b>74,0</b>

**NOTA BENE:**

**Applicazione di striscia elastomerica fonosmorzante spessore ≥ 4mm tipo Fonostrip della INDEX**

Striscia elastomerica fonosmorzante che posta sotto le pareti divisorie e alla tamponatura interna nei muri a doppio laterizio, impedisce la trasmissione di urti e vibrazioni al solaio.

**NOTA**

Le pareti interne potrebbe essere anche realizzate con sistemi a secco. Di seguito si riporta una possibile soluzione:

Spessore totale della parete = 10 cm (Tale dimensione potrà variare a secondo degli ambienti e delle eventuali esigenze tecniche).

Peso = 34 Kg/m<sup>2</sup>

R<sub>w</sub> = 42 dB (R<sub>w</sub> R<sub>w</sub> fornito dalla FERMACELL certificato n. 1 S 11)

Stratigrafia:

<b>Muratura interna (TIPO M0-bis)</b>			
<b>Descrizione</b>	<b>s</b>	<b>ρ</b>	<b>M<sub>sup.</sub></b>
	<b>[mm]</b>	<b>[kg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>[kg/m<sup>2</sup>]</b>
FERMACELL Gessofibra	12,5	1150	14,4
Pannello in lana di roccia tipo ACOUSTIC 225 della ROCKWOOL	75	70	5,3
FERMACELL Gessofibra	12,5	1150	14,4
<b>Spessore e Massa frontale struttura</b>	<b>100</b>		<b>34,0</b>

Applicazione di striscia elastomerica fonosmorzante

**ELEMENTI CRITICI DELLE PARETI (PONTI ACUSTICI)****Porte d'ingresso**

Le porte d'ingresso ai locali, se direttamente collegati con ambienti sensibili acusticamente, dovranno assicurare un livello di abbattimento acustico di almeno **40 dB** (valore certificato).

**SOLAI (ISOLAMENTO DAI RUMORI DI CALPESTIO E DAI RUMORI AEREI)**

L'indice di valutazione del livello sonoro standardizzato di rumore di calpestio  $L'_{nw}$  fra due ambienti sovrapposti si determina attraverso una misura in opera che tiene conto delle trasmissioni laterali.

Il modello previsionale può essere il seguente:

$$L'_{nw} = L_{nw0} - \Delta L_{nw} + K$$

dove:

- $L_{nw0}$  rappresenta l'indice di livello sonoro di calpestio equivalente riferito al solo solaio non rivestito
- $\Delta L_{nw}$  rappresenta l'incremento di isolamento acustico al calpestio dovuto all'intervento (ad esempio pavimento galleggiante)
- $K$  rappresenta la correzione per tenere conto delle trasmissioni laterali; il suo valore dipende dalla massa superficiale del solaio e dalla massa superficiale delle strutture laterali.

**Pavimento su struttura in c.l.s. (TIPO P1) e Pavimento su struttura ad igloo (TIPO P2)**

Secondo la UNI 11367, anche i solai del piano inferiore devono essere isolati ai rumori da calpestio a maggior ragione se poi risulta non essere confinanti con altre unità immobiliari. Quindi di seguito si riporta la stratigrafia prevista e una serie di accorgimenti per migliorarne le caratteristiche acustiche.

Spessore totale della parete = 14,0 cm

Peso = 299 Kg/m<sup>2</sup>

$R_w = 49$  dB ( $R_w$  calcolato con la legge di massa  $R_w = 23 \cdot \text{LOG}(M) - 8$ )

Stratigrafie dall'alto verso il basso:

Pavimento su struttura in c.l.s. (TIPO P1)			
Descrizione	s	$\rho$	M
	[mm]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]
Finitura	10	2300	23,0
Massetto ripartitore in calcestruzzo con rete	80	2200	176,0
Soletta in C.l.s. di sabbia e ghiaia	50	2000	100,0
<b>Spessore e Massa frontale struttura</b>	<b>140</b>		<b>299</b>

Spessore totale della parete = 54 cm

Peso = 299 Kg/m<sup>2</sup>

R<sub>w</sub> = 49 dB (R<sub>w</sub> calcolato con la legge di massa  $R_w = 23 \cdot \text{LOG}(M) - 8$ )

Stratigrafie dall'alto verso il basso:

Pavimento su struttura ad igloo (TIPO P2)			
Descrizione	s	ρ	M
	[mm]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]
Finitura	10	2300	23,0
Massetto ripartitore in calcestruzzo con rete	80	2200	176,0
Soletta in C.I.s. di sabbia e ghiaia	50	2000	100,0
Intercapedine aria della struttura tipo igloo	400	0	0,0
<b>Spessore e Massa frontale struttura</b>	<b>540</b>		<b>299</b>

Spessore totale della parete = 20,0 cm

Peso = 353 Kg/m<sup>2</sup>

R<sub>w</sub> = 51 dB (R<sub>w</sub> calcolato con la legge di massa  $R_w = 23 \cdot \text{LOG}(M) - 8$ )

Stratigrafie dall'alto verso il basso:

Pavimento interpiano sala espositiva (TIPO P3)			
Descrizione	s	ρ	M
	[mm]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]
Finitura	10	2300	23,0
Massetto ripartitore in calcestruzzo con rete	80	1600	128,0
Soletta in C.I.s. di sabbia e ghiaia	80	2000	160,0
Intonaco di calce e gesso	30	1400	42,0
<b>Spessore e Massa frontale struttura</b>	<b>200</b>		<b>353</b>

Per tali solai data l'impossibilità di eseguire un doppio massetto e quindi realizzare un sistema del tipo galleggiante, (di maggior carico a altro...) si consigliano degli interventi meno invasivi ma dal punto di vista acustico poco migliorativi rispetto alla situazione pensata. Una di queste soluzioni potrebbe essere quella di intervenire direttamente sul rivestimento della pavimentazione attraverso l'applicazione di manto in cloruro di polivinile tipo SARLON TRAFIC 19dB della FORBO. questo tipo di rivestimenti risultano essere ottimali per ridurre il rumore da impatto.

Altra soluzione è quella di posare un materiale resiliente direttamente sotto la pavimentazione in ceramica (o parquet) tipo Mapesonic CR della MAPEI. La modalità di applicazione di tali soluzioni, verranno meglio specificate di seguito.

Per ridurre invece la propagazione del rumore aereo invece si consiglia dove possibile la realizzazione di controsoffitti acustici tipo ROCKFON della ROCKWOOL (montati su struttura svincolata) o l'applicazione di baffle in materiale fonoassorbente.

NOTA

Il "Certificato acustico di progetto" ha lo scopo di progettare e verificare preventivamente le varie partizioni orizzontali o verticali ad eventuali propagazioni di rumori che sia aereo o solido. Non tiene conto della caratteristica intrinseca acustica del singolo locale cioè della intelligibilità, di buona propagazione del suono, del riverbero e di tutto quello che riguarda il benessere acustico indoor.

Per questo sarebbe necessario sapere l'esatte destinazione d'uso del locale, il tipo di arredo presente e la tipologia di eventuali impianti elettroacustici, per poter al meglio progettare i singoli ambienti. Per tale analisi o progettazione si rimanda quindi ad delle relazioni specifiche dove verranno verificati i vari parametri di assorbimento interno, del tempo di riverbero ect.

### Copertura in laterocemento

I tetti di copertura, ai sensi della vigente normativa, sono assimilabili alle facciate esterne.

Al fine di un miglioramento delle caratteristiche complessive dell'isolamento termoacustico dell'edificio si consiglia l'impiego di un isolante termoacustico da distendere sul solaio del sottotetto o da inserire all'estradosso. L'impiego di materiali isolanti fibrosi unito alla preventiva progettazione di coperture aventi direzione di ventilazione parallela allo sviluppo delle partizioni di separazione consente la possibilità di intercettare buona parte della trasmissione laterale del rumore aereo. In tal caso, il taglio acustico ottenuto per riempimento completo con isolante fibroso della intercapedine di ventilazione in corrispondenza della linea di sviluppo della sottostante muratura divisoria, già preventivamente disposta parallelamente al senso di ventilazione, non interferirà con il corretto funzionamento della stessa.

Si possono comunque consigliare, per una miglior esecuzione dell'opera, i seguenti fonoisolamenti:

- pannello in lana di vetro, trattata con resine termoindurenti, rivestito su una faccia di carta kraft incollata con bitume e sull'altra da un velo di vetro;
- pannello resinato rigido in lana di roccia doppia densità legata con resine termoindurenti;
- pannello costituito da lana di legno di abete, mineralizzata e legata a cemento ad alta resistenza, spessore minimo mm 25;

Sistema equivalente approvato dal Direttore dei Lavori e dal Tecnico Competente in Acustica.

Di seguito verrà indicata la stratigrafia del solaio di copertura, purtroppo esistente e non soggette, almeno in questa fase, a modifiche sostanziali:

### Copertura a falda (TIPO S4)

Spessore totale della parete = 32,8 cm

Peso = 87,4 Kg/m<sup>2</sup>

R<sub>w</sub> = 49 dB (R<sub>w</sub> calcolato con la legge di massa R<sub>w</sub> = 23\*LOG(M)-8)

Stratigrafie dall'alto verso il basso:

Solaio di copertura coibentato (TIPO P4)			
Descrizione	s	ρ	M
	[mm]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]
Coppi	30	2300	69,0
Polistirene espanso sinterizzato	40	25	1,0
guaina	50	1300	65,0
Soletta in C.l.s. di sabbia e ghiaia	100	950	95,0
Pianella in cotto	30	2300	69,0
<b>Spessore e Massa frontale struttura</b>	<b>250</b>		<b>299</b>

### Informazioni acustiche aggiuntive sugli ascensori

Si possono distinguere due tipologie:

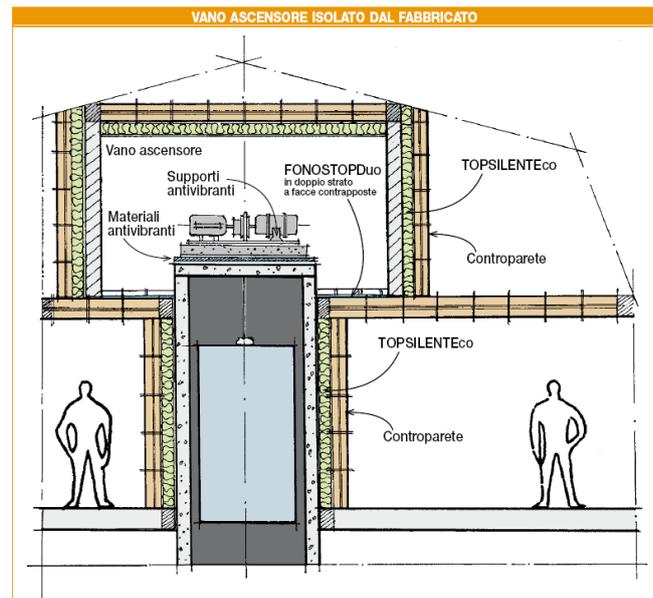
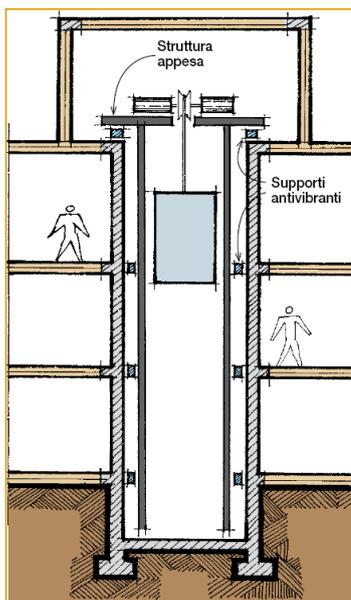
- gli ascensori idraulici a pistone;
- gli ascensori elettrici a fune.

La prima tipologia è la più silenziosa e il compressore idraulico che lo comanda va montato in un apposito locale isolato su supporti antivibranti, costa di più dell'altra tipologia ed hanno una corsa ridotta che ne limita l'impiego negli edifici più alti.

Gli ascensori a fune sono trainati da un motore elettrico che è posto sopra il vano ascensore e le cui vibrazioni vanno isolate con supporti antivibranti. Tutta la pavimentazione della sala sarà posta su massetto galleggiante su 2 strati di tipo FONOSTOPDuo stesi a facce contrapposte. Anche le pareti ed il soffitto del vano tecnico in cui è posta la macchina vanno isolate con le tecniche illustrate per le centrali termiche descritte più avanti. La muratura del vano in cui scorre l'ascensore dovrà essere più pesante, almeno 250 kg/m<sup>2</sup> a cui, all'interno degli appartamenti confinanti, verrà addossato un contromuro in laterizio di almeno 8 cm con una intercapedine di 6 cm isolata con almeno 5 cm di TOPSILENTEco.

In alternativa il contromuro potrà essere costituito da una parete leggera in gesso rivestito su telaio metallico da 4,9 cm con intercapedine isolata con SILENTEco da 5 cm.

Sul telaio verrà avvitata una prima lastra di TOPSILENTGips ricoperta da una seconda in cartongesso da 13 mm. Per limitare ulteriormente la trasmissione di rumori laterali in fase di progetto è opportuno prevedere il vano tecnico in cui scorre l'ascensore e su cui appoggia il motore opportunamente isolato dal resto del fabbricato come da schema indicato in figura.



### Rumore prodotto dall'ascensore all'interno dell'edificio e negli ambienti abitativi dello stesso

Normativa sugli ascensori in tema di rumore - Legge quadro n. 447 del 26.10.1995

La legge quadro sull'inquinamento acustico n. 447 del 26.10.1995 ha stabilito i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico, quindi ha definito e delineato le competenze sia degli enti pubblici che esplicano le azioni di regolamentazione, pianificazione e controllo, sia dei soggetti pubblici e/o privati, che possono essere causa diretta o indiretta di inquinamento acustico, ai sensi e per effetto dell'art. 117 della Costituzione.

Alcuni decreti attuativi in materia sono:

- il D.P.C.M. 14.11.1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore" (in G.U. n. 280 del 01.12.1997);

- il D.M.A. 16.03.1998 "Tecniche di rilevamento e di misurazione del "l'inquinamento acustico" (in G.U. n. 76 del 01.04.1998).

Questi ultimi disposti legislativi sono interessanti perché prima della legge quadro erano stati fissati i soli limiti di immissione, assoluti e differenziali. Per particolari sorgenti inoltre la normativa specifica fissava i limiti di emissione. La legge quadro ha introdotto anche i valori di attenzione e di qualità.

Il D.P.C.M. 14.11.1997 e il D.M.A. 16.03.1998 si completano e stabiliscono:

- limiti;
- indicatori utilizzati per la definizione dei limiti;
- metodologie e tecniche per il controllo del rispetto dei limiti.

#### **D.P.C.M. 5 Dicembre 1997**

Per quanto riguarda il rumore degli ascensori, la norma di riferimento è il D.P.C.M. 05.12.1997 che determina i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici e i requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti in opera, al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore. Tale decreto ha introdotto una serie di valori, distinti per categoria di edificio, relativi agli indici di valutazione del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti ( $R'_w$ ), dell'isolamento acustico standardizzato di facciata ( $D_{2mnT,w}$ ) e del livello di rumore di calpestio normalizzato ( $L_{nw}$ ). Sono stati introdotti anche limiti massimi di rumorosità per gli impianti a funzionamento sia continuo che discontinuo.

All'articolo 2, comma 3, il decreto definisce gli ascensori come "servizi a funzionamento discontinuo" e fissa, nell'Allegato A, il limite di 35 dB di livello massimo di pressione sonora, ponderato A con costante di tempo slow ( $L_{ASmax}$ ), prodotto dagli impianti tecnologici. Nella Tabella B riga 2 (per la categoria A "edifici adibiti a residenza o assimilabili") è ribadito il medesimo valore anche per il livello continuo equivalente di pressione sonora ( $L_{Ae}$ ). Lo stesso decreto afferma che le misurazioni devono essere eseguite nell'ambiente nel quale il livello di rumore è più elevato e tale ambiente deve essere diverso da quello in cui il rumore si origina. Di regola si tratta del primo locale d'abitazione attiguo alla fine corsa del vano ascensore, o attiguo al locale macchine dell'impianto ascensoristico.

Nella Regione Marche tale Decreto è stato recepito ed è stata legiferata la Legge regionale n. 28 del 14 novembre 2001 - Norme per la tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico.

#### **Art. 844 del codice civile "Immissioni"**

Quando la pubblica amministrazione non è riuscita a risolvere il problema del rumore - e anche per gli ascensori la casistica è abbastanza numerosa - il cittadino disturbato dal rumore dell'ascensore promuove azione giudiziaria contro il condominio.

In queste vertenze giudiziarie viene impugnato l'art. 844 del codice civile "Immissioni" che per le immissioni nelle abitazioni stabilisce di non superare "la normale tollerabilità".

Il limite massimo della "normale tollerabilità" è fissato dalla prassi giurisprudenziale (cioè l'insieme di ordinanze e sentenze) dell'art. 844 codice civile, pacifica e consolidata, sia di legittimità (di applicazione della norma) sia di merito (nel merito della valutazione della singola fattispecie). Il limite massimo della tollerabilità è di non più di 3 decibel sul rumore di fondo.

**Attenuazione dei rumori prodotti nell'esercizio dell'ascensore**

Per limitare l'insorgere di elevato rumore che potrebbe prodursi durante l'esercizio dell'impianto ascensore, come in tutti i problemi di isolamento acustico è necessario procedere secondo due direzioni:

- limitare il più possibile l'entità dei rumori che si producono nel locale macchinario e nel vano corsa, agendo quindi direttamente sul livello di rumore prodotto dalle sorgenti;
- impedire o almeno limitare il più possibile la trasmissione di detti rumori negli ambienti vicini.

Per limitare i rumori prodotti direttamente dalle sorgenti nel locale macchinario e nel vano corsa occorre:

- installare motori elettrici non troppo veloci e con circuiti magnetici sovradimensionati, al fine di ridurre al minimo il caratteristico ronzio prodotto;
- adoperare riduttori vite senza fine-ruota elicoidale con le superfici di contatto accuratamente lavorate e ben lubrificate;
- curare il perfetto equilibrio dal punto di vista dinamico del gruppo argano-motore;
- adottare teleruttori e relais "silenziosi" e segregare i componenti del quadro di manovra entro appositi armadi;
- curare la posa in opera delle guide di cabina e del contrappeso, in modo che le giunzioni siano perfettamente
- combacianti e che le stesse siano perfettamente verticali; adoperare nel contempo, per i pattini della cabina e del contrappeso, opportuni materiali atti a ridurre gli attriti ed il rumore di strisciamento;
- sostituire nei vecchi impianti gli invertitori di piano nel vano corsa, sempre rumorosi, con i più nuovi dispositivi di comando a magneti e piastre metalliche, comunemente adoperati negli impianti più moderni;
- utilizzare preferibilmente tubazioni di tipo flessibile ed idonei "smorzatori di vibrazioni" nell'installazione di ascensori oleodinamici;
- installare il più possibile porte di tipo automatico, sia di piano che di cabina, al posto di quelle ad apertura manuale che possono essere chiuse violentemente dagli utenti.

Per ridurre al minimo la trasmissione del rumore negli ambienti vicini alle sorgenti è invece necessario:

- curare il perfetto isolamento del sistema di sostegno del gruppo argano-motore dalle strutture portanti dell'edificio, servendosi di materiali (ad esempio gomma dura, sughero, ecc.) che impediscano la trasmissione del suono e delle vibrazioni. Tale problema deve essere accuratamente studiato perché, contrariamente a quella che è l'opinione diffusa, disporre notevoli spessori di materiale isolante peggiora, anziché migliorare, la situazione. Infine è necessario fare attenzione a che i perni di fissaggio (o altri elementi metallici) passino attraverso lo strato isolante "cortocircuitandolo", rendendone così assolutamente inutile la presenza.
- installare in corrispondenza degli ancoraggi delle guide di cabina e del contrappeso delle placche antivibranti, in modo da isolare le stesse guide dalla struttura dell'edificio;
- prevedere che il locale macchinario, se ubicato all'interno dell'edificio, sia perimetralmente chiuso mediante "doppia parete" con intercapedine d'aria o eventualmente con interposizione di materiale fonoassorbente. Tale soluzione costruttiva, in taluni casi, può anche essere prevista nella realizzazione del vano di corsa;
- disporre supporti antivibranti tra l'intradosso del vano corsa e la eventuale soprastante soletta portante del locale macchinario;
- isolare il quadro elettrico di manovra dell'ascensore dalle pareti del locale macchinario, attraverso idonei supporti antivibranti.

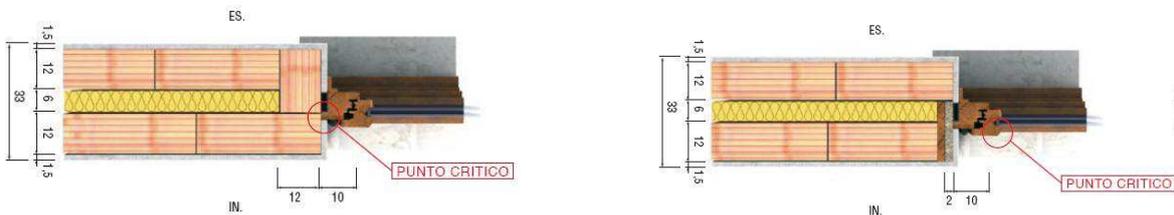
## ALTRO SULL'ISOLAMENTO DEI PONTI TERMICI E ACUSTICI – LINEE GUIDA GENERALI

L'utilizzo dei pannelli tipo Celenit o Eraclit (o altri materiali isolanti come Styrodur o Stiferite) di opportuno spessore, in relazione al grado di isolamento termo - acustico richiesto, è l'unico sistema realmente risolutivo per eliminare i ponti termici (ed acustici) strutturali in corrispondenza di cordoli, pilastri e riduzioni di spessore delle murature (come le nicchie dei radiatori): pannelli Eraclit aggrappano al getto senza necessità di fissaggi meccanici e sono un ottimo supporto agli intonaci. Di seguito si riportano alcune soluzioni per l'attenuazione dei ponti acustici ma soprattutto termici, per alcuni tipi di struttura. E' da ricordare che l'acustica e la termica si muovono di pari passo per quanto riguarda eventuali interventi di attenuazione soprattutto in quei punti considerati critici.

**Di seguito si riportano quelle indicazioni strettamente necessarie:**

### Serramenti

Il ponte termico in oggetto riguarda il caso dell'attacco serramento-parete in laterizio. In assenza di correzione del ponte termo - acustico il punto critico è situato nell'attacco serramento - parete in laterizio.



*Ponte termo - acustico attacco serramento - Non corretto*

*Ponte termo - acustico attacco serramento - Correzione ordinaria*

### Modalità di applicazione

I pannelli dovranno essere fissati all'interno del cassero, in modo da evitarne spostamenti durante il getto, con chiodi sottili senza testa che, alla rimozione del cassero, si sfileranno per lasciare il pannello aderente trave e pronto a ricevere il successivo intonaco.

È consigliabile verificare la perfetta adesione dei pannelli alle strutture: in caso di scarsa adesione integrarne il fissaggio con tasselli ad espansione a testa larga.

L'intonaco tradizionale, realizzato in strati di elasticità crescente verso l'esterno, dovrà essere eseguito mediante stesura a piena superficie, con funzione di armatura, di una rete portaintonaco metallica in filo di ferro zincato indicativamente  $\varnothing$  mm 0.7 e maglia mm 12x18, fissata ai pannelli con graffe in acciaio.

La rete sarà posata per fasce verticali con sormonti non inferiori a mm 100 tra fascia e fascia, e non inferiore a mm 200 tra fascia ed eventuale muratura di tamponamento. In prossimità di ciascun angolo delle aperture, quali porte e finestre, verrà inoltre fissata, ad ulteriore rinforzo per le parti più sollecitate, una striscia supplementare di rete posta in senso diagonale, dimensioni mm 1000x400. Dovrà quindi essere eseguito un rinzafo di spessore mm 5÷8, (indicativamente con proporzione in volume di 1 parte di cemento e 2 parti di sabbia ad elevata granulometria - 0÷7 mm).

La rete metallica dovrà risultare annegata nel rinzafo e distanziata dal pannello isolante. L'intonaco di fondo dovrà essere eseguito con modalità diverse a seconda che sia interno od esterno:

- 1) L'intonaco di fondo per esterni di spessore 10÷15 mm circa (indicativamente con una proporzione in volume di 1.5 parti di grassello di calce, 0.5 parti di cemento e 8 parti di sabbia) sarà posato dopo la completa asciugatura del rinzafo. Seguirà l'esecuzione dell'intonaco di finitura o la posa del rivestimento.
- 2) L'intonaco di fondo per interni di spessore 10÷15 mm circa (indicativamente con una proporzione di kg 350 di grassello di calce e kg 50 di cemento per ogni m<sup>3</sup> di sabbia) sarà posato dopo la

completa asciugatura del rinzaffo. Seguirà l'esecuzione dell'intonaco di finitura o la posa del rivestimento.

<b>Descrizione di capitolato per la posa dell'intonaco</b>
--

L'intonaco, in doppio strato, traspirante, sarà costituito da un rinzaffo con inerte ad elevata granulometria e da un intonaco grezzo, di durezza inferiore al precedente, su cui andrà applicato il rivestimento di finitura. Tra i due strati, senza contatto con i pannelli, sarà posata una rete metallica in filo di ferro zincato fissata ai pannelli con graffe in acciaio, con sovrapposizione tra fasce adiacenti non inferiori a cm 10; in prossimità di ciascun angolo delle aperture (porte, finestre, etc.) verrà inoltre fissata, quale ulteriore rinforzo, una striscia di rete posta in senso diagonale; sugli spigoli vivi verrà applicato un paraspigoli.

## 6 Valutazione dell'isolamento acustico tra ambienti interni in piano e sovrapposti

### 6.1 Strutture oggetto di simulazione

Le strutture prese in considerazione, al fine di verificare il rispetto degli indici dei requisiti passivi, sono vani aventi dimensioni e caratteristiche diverse.

La localizzazione degli ambienti considerati si veda nella planimetria allegata (Allegato 1).

### RISULTATI

Le simulazioni effettuate hanno dato per le partizioni prese in considerazione i seguenti risultati (per i calcoli vedere Allegato 2):

ISOLAMENTO ACUSTICO TRA AMBIENTI INTERNI SULLO STESSO PIANO			
PARTIZIONI VERTICALI (Cat.F)			
Simulazione	R <sub>w</sub> stimato [dB]	Limite di legge [dB]	ESITO VERIFICA
PARETI DI SEPARAZIONE TRA AMBIENTI PIANO QUOTA 1,75 – IN PARTICOALRE TRA...			
Locale Polifunzionale Zona 1 e Locale Polifunzionale Zona 2	52,3	50,0	OK
Locale Polifunzionale Zona 2 e cucina	52,3	50,0	OK

*Tabella 6.1 – Risultati delle simulazioni relative all'isolamento acustico tra ambienti situati su piani uguali (partizioni verticali)*

#### NOTA

Strutture esistenti; come indicato dal D.G.R. n. 809\_10.07.2006, non tutte le soluzioni, che permetterebbero un miglioramento delle prestazioni passive, sono tecnicamente conseguibili. Quelle indicate sono sicuramente migliorative rispetto alla situazione attuale.

## 7 Valutazione dell'isolamento acustico tra ambienti interni sovrapposti (calpestio)

### 7.1 Strutture oggetto di simulazione

Non sono presenti strutture da verificare.

#### NOTA

Strutture esistenti; come indicato dal D.G.R. n. 809\_10.07.2006, non tutte le soluzioni, che permetterebbero un miglioramento delle prestazioni passive, sono tecnicamente conseguibili. Quelle indicate sono sicuramente migliorative rispetto alla situazione attuale.

## 8 Valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata

### 8.1 Strutture oggetto di simulazione

Le strutture prese in considerazione, al fine di verificare il rispetto degli indici dei requisiti passivi, sono vani affacciati all'esterno aventi dimensioni e caratteristiche diverse.

La localizzazione degli ambienti considerati si veda nella planimetria allegata (Allegato 1).

### RISULTATI

Le simulazioni effettuate hanno dato per le murature perimetrali prese in considerazione i seguenti risultati (per i calcoli vedere Allegato 2):

ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA (Cat.F)			
Simulazione	$D_{2m,nT,w}$ stimato [dB]	Limite di legge [dB]	ESITO VERIFICA
PIANO QUOTA 1,75			
Locale Polifunzionale Zona 1	50,6	42,0	OK
Locale Polifunzionale Zona 2	50,6	42,0	OK
PIANO QUOTA 7,80			
Locale Polifunzionale Zona	52,1	42,0	OK

Tabella 8.1 – Risultati delle simulazioni relative all'isolamento acustico di facciata

#### NOTA

Strutture esistenti; come indicato dal D.G.R. n. 809\_10.07.2006, non tutte le soluzioni, che permetterebbero un miglioramento delle prestazioni passive, sono tecnicamente conseguibili. Quelle indicate sono sicuramente migliorative rispetto alla situazione attuale.

#### NOTA GENERALE

Locali tecnici, locali di servizio (bagni, camerini) e cucina sono locali di servizio.

I soppalchi (Piano quota 4,80) non sono stati valutati perché risultano essere sazi aperti con i locali sottostanti quindi facenti parte di un unico ambiente.

## 9 Rumorosità prodotta dagli impianti

Per limitare la generazione e la propagazione del rumore prodotto dagli impianti si forniscono di seguito una serie di indicazioni e di criteri da seguire durante la progettazione e la posa in opera:

- nella rete di distribuzione dell'acqua è opportuno prevedere una velocità del fluido non superiore a 2.0 m/s, adottando di conseguenza idonee sezioni per le tubazioni;
- le rubinetterie adottate dovranno essere classificate nel gruppo acustico 1 ( $L_{ap} < 20$  db) secondo le norme UNI 10234 e ISO 3822;
- dovranno essere previsti sistemi per l'attenuazione del "colpo d'ariete" nella rete, come ad esempio WC con cassette di tipo silenziato, ammortizzatori per il colpo d'ariete, tratti di tubazione verticali prima dell'allacciamento ai rubinetti;
- tutte le tubazioni, comprese quelle dell'acqua fredda dovranno essere isolate con coppelle di elastomeri espansi di almeno 6 mm di spessore, per evitare la trasmissione di eventuali vibrazioni alle strutture edilizie, in particolare in corrispondenza degli attraversamenti e dei fissaggi. In commercio esistono tubazioni stratificate che garantiscono un ottimo isolamento acustico;
- nella posa in opera dei sanitari (vasche, vasi, lavabi e piatti doccia) dovrà essere prevista l'interposizione di uno strato di materiale resiliente tra l'apparecchio sanitario e la struttura muraria. Per quanto riguarda le vasche da bagno dovrà essere prevista la posa per incollaggio di tipo Isolmant, con funzione antirombo, sulle pareti della vasca dal lato interno;
- gli scarichi, in particolare dei WC, dovranno essere isolati acusticamente; se si utilizzano tubi non acusticamente isolati, dovranno essere fasciati con Isolpiombo o meglio Isolpiombo 10+3 ed impedire ogni contatto diretto con le strutture o murature.
- nella realizzazione dell'impianto elettrico si dovrà evitare che le scatolette elettriche vengano a trovarsi in corrispondenza per evitare ponti acustici che potrebbero ridurre significativamente l'isolamento acustico dei divisori.
- le tubazioni non dovranno mai attraversare le strutture dell'edificio, dovranno essere previsti appositi cavei. Le tubazioni, le canalizzazioni, i supporti ed ancoraggi degli impianti possono dar luogo ad effetti di riduzione dell'isolamento se non sono completamente desolidarizzati dalle strutture. Nel caso le tubazioni debbano per forza attraversare le strutture ad esempio di murature o di solai devono essere previsti manicotti di materiale espanso morbido e nel caso di supporti questi debbono essere muniti di antivibranti. Una cura particolare poi dovrebbe essere posta nel munire gli attacchi delle tubazioni alle macchine di giunti antivibranti che impediscano la trasmissione dei rumori generati da queste ultime. Problemi come questi si possono presentare per il riscaldamento a pavimento, gli impianti di condizionamento, gli impianti idrosanitari e di scarico. Ulteriori problemi sono posti da impianti fissi come ascensori, macchine di condizionamento ecc.
- I locali macchine dovranno avere pavimenti galleggianti su cui si appoggeranno le macchine per mezzo di supporti elastici.

Di seguito vengono trattati alcuni casi che entreranno nello specifico.

**Impianto di distribuzione dell'acqua:** molto spesso la sorgente sonora non è rappresentata dalla tubazione in se stessa ma questa, mediante vibrazioni, trasforma in sorgenti sonore le strutture dell'edificio. Per questo sarà opportuno valutare attentamente la velocità del fluido trasportato nonché adottare accorgimenti quali l'inserimento di giunti elastici tra le tubazioni e le apparecchiature in grado di trasmettere le vibrazioni.

Altro punto debole è rappresentato dagli accessori quali valvole e rubinetteria, per cui in fase di progettazione occorrerà dimensionarli prestando attenzione alle caratteristiche di distribuzione del fluido.

### Impianto di scarico

Negli impianti di scarico i rumori vengono generati in più punti. Ai fini della progettazione di misure di riduzione del livello sonoro, si deve distinguere tra i vari tipi di rumore e il modo con il quale questi possono venir trasmessi.

**Rumori generati dagli scarichi.** Per le tubazioni di scarico si fa distinzione tra rumori causati dalla caduta, dall'urto e dal deflusso delle acque di scarico: (Figura 9.1).

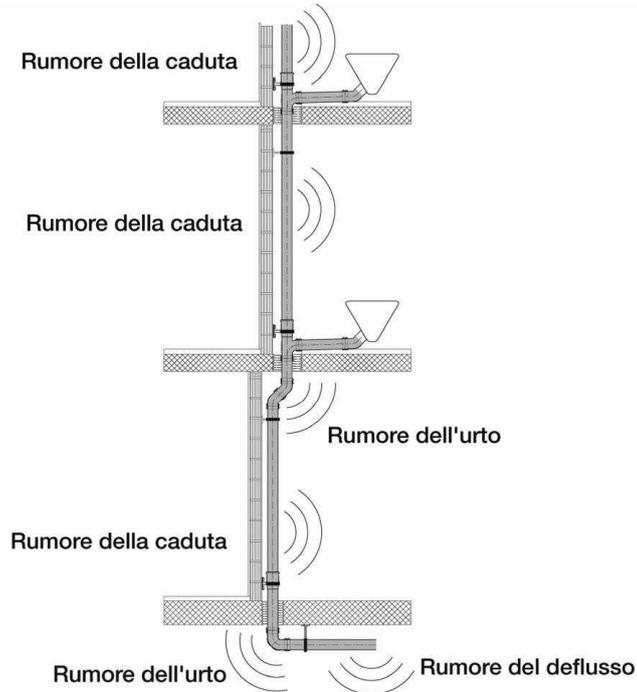


Figura 9.1 – Classificazione dei rumori negli impianti di scarico

**Rumori della caduta.** Sono rumori causati dall'acqua che cade verso il basso all'interno di un tubo.

**Rumori dell'urto.** Sono causati dall'impatto dell'acqua sui cambiamenti di direzione dell'impianto. L'energia cinetica viene parzialmente trasformata in energia acustica. L'acqua perde velocità e dopo l'impatto il suo scorrimento è decisamente più lento.

**Rumori del deflusso.** Sono causati dallo scorrimento dell'acqua nella tubazione orizzontale. L'acqua defluisce in modo silenzioso lungo la parete interna del tubo, movimento silenzioso che viene disturbato solo dalla presenza di cambiamenti di direzione della condotta.

#### Requisiti di legge

Estratto da:

Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 5 dicembre 1997 - Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici.

È stata considerata la necessità di fissare criteri e metodologie per il contenimento del rumore all'interno degli ambienti abitativi.

Art. 2

Sono impianti a funzionamento discontinuo gli ascensori, gli scarichi idraulici, i bagni, i servizi igienici, la rubinetteria. La rumorosità prodotta dagli impianti tecnologici non deve superare i seguenti limiti:

35dB(A)

con tempo costante per i servizi a funzionamento discontinuo.

### Isolamento acustico negli impianti di scarico

Si tratta sia di interventi volti a prevenire la formazione del rumore (misure primarie), come ad esempio l'impiego di rubinetterie a bassa rumorosità, sia di interventi atti a ridurre la trasmissione del rumore da una sorgente sonora all'ascoltatore (misure secondarie). Nella scelta degli interventi bisogna sempre operare considerando le modalità di trasmissione dei rumori.

#### Tubazioni

Quando si parla di interventi per le tubazioni, si intende soprattutto il disaccoppiamento acustico tra tubazioni e struttura dell'edificio. Per questo motivo tutte le tubazioni devono essere isolate dall'opera edile: attacco rubinetti con isolamento integrato, bracciale di fissaggio con inserto isolante, guaina isolante per attraversamenti della parete o della soletta.

Se possibile, i tubi verticali e i tubi di raccordo per i rubinetti non dovrebbero essere montati all'interno di pareti divisorie attigue ad ambienti ad uso abitativo (soggiorni o camere da letto), ma su elementi strutturali con un peso specifico elevato.

Maggiore è la densità della parete divisoria, minore sarà la trasmissione di oscillazioni sonore dal fissaggio del tubo al locale adiacente. Per questo motivo si deve evitare di installare le tubazioni a metà di una parete sottile, che più facilmente consente la formazione di oscillazioni, è consigliabile scegliere una parete più spessa (Figura 9.2) e posizionare le condotte ad un'estremità.

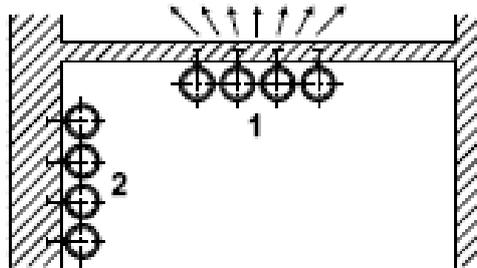


Figura 9.2- Posizionamento delle tubazioni errato, su parete sottile al centro; corretto, su parete spessa nell'angolo staticamente rinforzato.

#### Tubazioni di scarico

I rumori causati all'interno di una tubazione di scarico, sia per caduta sia per urto dell'acqua sulle pareti della tubazione stessa, possono trasmettersi sia per via indiretta che per via diretta tramite il fissaggio della tubazione.

Per evitare il primo fenomeno, è necessario frapporre all'impianto una parete massiccia.

Ciò è per esempio ottenuto posando le tubazioni che attraversano i locali in appositi vani tecnici. Dalle analisi effettuate, è risultato che in seguito alla riflessione del suono all'interno dei vani tecnici, si deve ipotizzare un aumento del livello sonoro pari ad un massimo di 10 dB(A) (Figura 9.3).

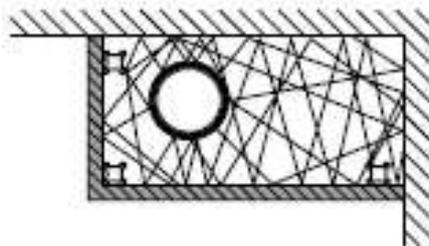
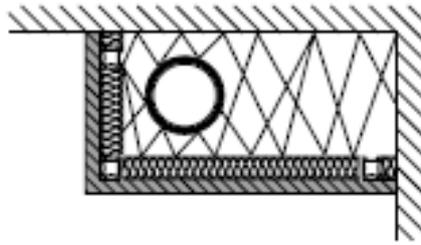


Figura 9.3 - Riflessione del suono in un vano tecnico senza rivestimento isolante (effetto cassa di risonanza)

Applicando rivestimenti isolanti, come ad esempio strati di lana minerale spessi 30 mm, su due lati interni, si aumenta l'assorbimento acustico e si riduce la riflessione del suono (Figura 9.4).



*Figura 9.4 - Riflessione del suono ridotta in un vano tecnico con rivestimento isolante necessario per la riduzione della trasmissione diretta del rumore*

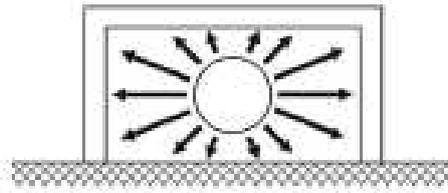
Le misurazioni hanno dimostrato che, con un rivestimento isolante accurato dei vani tecnici, l'eventuale aumento del livello sonoro è trascurabile.

Per ridurre al minimo il fenomeno della trasmissione diretta è invece necessario l'utilizzo di braccialetti di staffaggio che devono avere un inserto specifico in gomma. Per tutti gli attraversamenti di pareti e solette, è prescritto l'impiego di una guaina. Durante la fase di montaggio bisogna provvedere ad una esecuzione accurata.

#### **Misure per la riduzione della trasmissione del rumore**

Utilizzo di un sistema di scarico fonoisolato (Geberit Silent o Geberit PE isolato con Geberit Isol).

Frapposizione di pareti massicce (Figura 9.5) o in cartongesso con più strati isolanti.

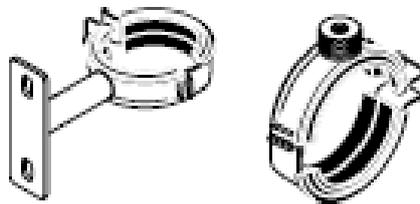


*Figura 9.5 - Fonoisolamento tramite frapposizione di pareti massicce*

Posa degli impianti in vani tecnici rivestiti.

Per ridurre l'amplificazione del livello sonoro (circa 10 dB), bisogna isolare con lana minerale spessa min. 30 mm su 2 lati, limitando così l'amplificazione sonora a circa 5 dB. Utilizzando lana minerale spessa min. 30 mm su 4 lati si annulla completamente l'amplificazione sonora.

Utilizzo dei braccialetti con inserto fonoassorbente (Figura 9.6)



*Figura 9.6 - Isolamento mediante disaccoppiamento utilizzando i braccialetti con inserto fonoassorbente per Geberit Silent della ditta Geberit*

### Esempio di un sistema per l'isolamento degli impianti - Geberit Silent

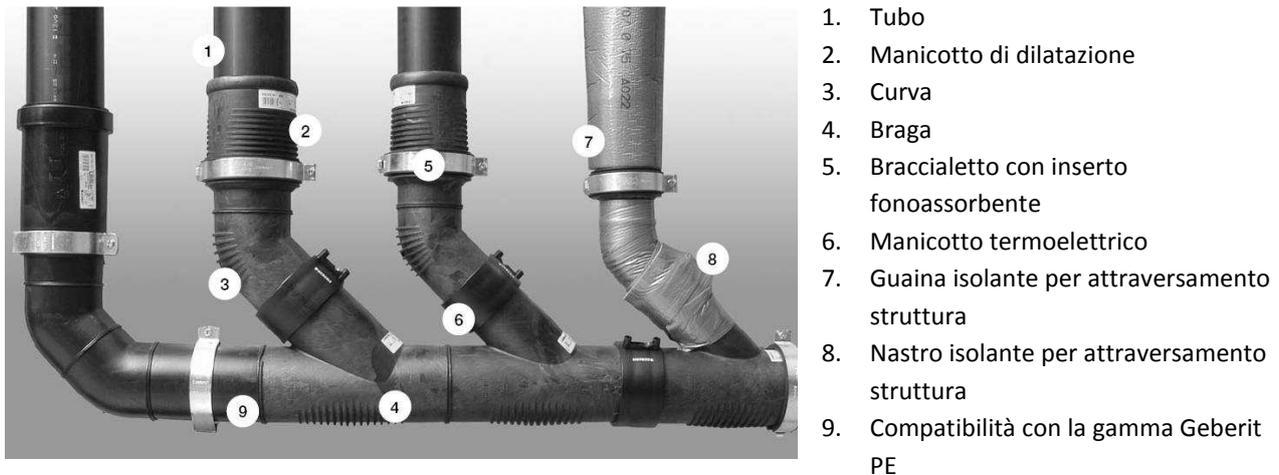


Figura 9.7 – Sistema Geberit Silent

### Esempio di un sistema per l'isolamento degli impianti - Geberit Isol

Geberit Isol si compone di un foglio in materia sintetica che esclude l'infiltrazione di umidità e serve contemporaneamente da barriera contro il vapore, una lamina in piombo per ridurre la diffusione del rumore attraverso l'aria ed uno strato ammortizzante acustico fatto di materia schiumosa che riduce la trasmissione dei rumori attraverso i corpi. Oltre all'isolamento acustico Geberit Isol funziona anche da isolante termico per le condotte di scarico.

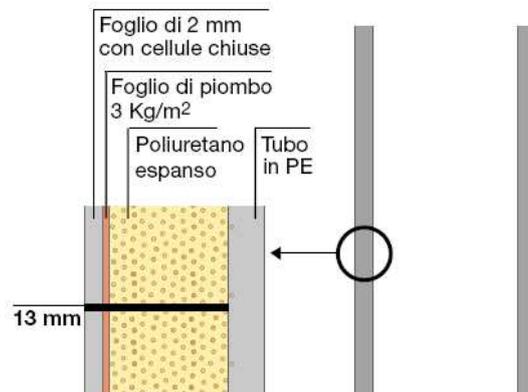


Figura 9.8 – Stratigrafia struttura Geberit Isol.

Nelle tubazioni di scarico entrano in gioco sia la trasmissione diretta attraverso gli staffaggi e i punti di attraversamento dei muri, sia quella indiretta attraverso l'aria. Per un buon isolamento acustico è determinante realizzare una separazione accurata delle tubazioni dell'impianto dalla struttura dell'edificio. Solo così si può evitare la trasmissione del rumore in altre parti.

Comunque per ridurre la trasmissione del suono attraverso l'aria, le tubazioni che attraversano ambienti sensibili devono essere posate in vani tecnici appositi.

Per quanto concerne la riduzione del rumore proveniente da una **cassetta di risciacquo** (per esempio quelli prodotti dalla ditta GEBERIT) (rumore provocato dallo scarico dell'acqua e dal conseguente richiamo di aria) di un impianto igienico - sanitario, questa può essere operata:

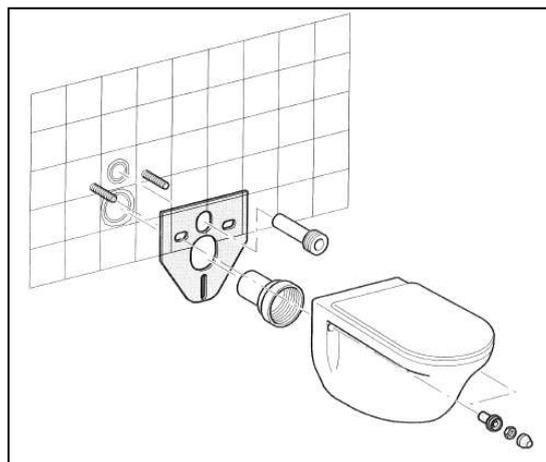
- inserendo uno strato di materiale resiliente tra la parete e la cassetta (se questa è del tipo esterno);
- installando una cassetta fonoisolante.

### Protezione acustica degli impianti idrosanitari - Nozioni di base

Di seguito si distingueranno le misure cosiddette primarie (cioè quelle atte a limitare il rumore direttamente alla fonte ad es. tramite la scelta di rubinetterie silenziose) da quelle definite secondarie che cercano di impedire possibili propagazioni del suono (p. esempio attraverso misure di isolamento acustica). Le misure atte a ridurre la propagazione del rumore devono tenere conto delle modalità di trasmissione che esso può sfruttare (trasmissione diretta o propagazione aerea).

### Locali WC

Oltre al rumore causato dal risciacquo del WC (rumore di funzionamento) risultano particolarmente molesti i rumori causati dall'utente quali l'orinare o il lasciar inavvertitamente cadere il sedile o il coperchio del vaso. Questi rumori si propagano per via diretta attraverso la struttura ai locali dell'immobile e quelli più vicini sono quelli maggiormente toccati dal disturbo. Per disaccoppiare acusticamente il vaso WC ed il bidet sospeso dalla parete del bagno, esiste nel catalogo Geberit un apposito Kit anti vibrante (vedi figura seguente). Si tratta di un materassino con superficie autoadesiva che separa il vaso in ceramica dalla parete anch'essa normalmente molto dura, poiché rivestita di piastrelle, attenuando così la trasmissione rumore alla struttura. Le bussole in gomma in dotazione con i moduli di installazione per sanitari sospesi Geberit separano il corpo della ceramica dai bulloni di fissaggio. La tabella in alto a destra mostra i risultati ottenuti grazie all'applicazione del kit di isolamento in locali adiacenti o sovrastanti il locale bagno.



RUMORE CAUSATO DALL'UTENTE	ATTENUAZIONE DEL LIVELLO SONORO
Ornare	13 dB(A)
Colpo della caduta del sedile	11 dB(A)
Risciacquo (con cassetta ad incasso)	8 dB(A)

*Risultati della riduzione fonica con l'applicazione del anti vibrante Geberit.*

### Apparecchiature per la produzione del calore

Caldaie, refrigeratori, etc. sono normalmente apparecchiature sono posizionate all'esterno o in locali appositi. Occorrerà comunque prestare particolare attenzione alla scelta del luogo di posizionamento al fine di evitare il rientro di rumore all'interno degli ambienti o verso altri ambienti.

Di seguito si riportano alcune ulteriori indicazioni che dovranno essere obbligatoriamente seguite nella installazione/realizzazione degli impianti:

- dovranno essere impiegati GIUNTI ELASTICI nei raccordi tra ventilatori e canalizzazioni, silenziatori, curve non strette o quanto meno con alette direttrici, convogliatori di flusso nelle diramazioni, un adeguato isolamento termico che permetta di ridurre la vibrazione delle lamiere, ecc.;

- dovrà essere attentamente valutata la **velocità** del fluido nell'impianto di distribuzione dell'acqua per **uso climatizzazione** al fine di evitare che la tubazione, mediante vibrazioni, possa trasformare in sorgenti sonore le strutture dell'edificio. Dovranno inoltre essere adottati alcuni accorgimenti quali l'inserimento di **giunti elastici tra le tubazioni** e le apparecchiature in grado di trasmettere le vibrazioni;
- dovrà essere desolidarizzato qualsiasi elemento sorgente di rumore dalle strutture; tale intervento viene normalmente effettuato inserendo nei punti di collegamento dei giunti di disgiunzione o antivibranti, oppure fasciando le tubazioni con materiale elastico nel punto di contatto con la muratura, o utilizzando spessori in gomma per separare gli elementi terminali dalle strutture;
- si dovrà prestare attenzione ai supporti di sostegno che dovranno essere del tipo a bassa trasmissione di vibrazione (per es. gomma).

Al fine di ridurre il rumore generato dal ventilatore dell'impianto di condizionamento e lo stesso movimento dell'aria attraverso le canalizzazioni, quest'ultime devono essere rivestite con materiale fonoassorbente in modo tale da ridurre il rumore trasmesso e le vibrazioni della lamiera (per es. pannello sandwich composto da resina melamminica espansa o poliuretano espanso flessibile, con interposta una lamina di piombo o EPDM).

**NOTA**

I locali dove verranno posizionate le macchine potenzialmente rumorose (pompe di calore unità di trattamento aria, compressori e altro) dovranno essere idonei. Per poterli correttamente dimensionare sarebbe necessario sapere l'esatta tipologia di queste macchine, le loro caratteristiche tecniche e sulla base di questo progettare il sistema migliore per isolare il locale. Tali accorgimenti non riguardano direttamente il rispetto dei requisiti acustici ma il miglioramento del confort acustico.

## 10 Raccomandazioni per la posa per ottimizzare il potere fonoisolante in opera

Considerato che l'efficienza di una parete dipende notevolmente da come questa viene posta in opera e quindi maggiore è la tendenza della struttura a comportarsi in modo ideale, maggiore sarà il suo potere fonoisolante, nella realizzazione dell'opera è fondamentale una scrupolosa cura nella posa in opera dei materiali isolanti, nonché attenersi a quanto sotto riportato.

Per evitare le perdite di isolamento o la formazione di percorsi preferenziali per il rumore è necessario seguire alcune semplici regole sia in fase di progettazione che di esecuzione.

### NOTE

Di seguito verranno riportate una serie di indicazioni relativi alla corretta posa e realizzazione dei diversi elementi dai quali dipenderà il rispetto dei requisiti acustici passivi. Alcuni sono riferite a strutture costruttive standard ma che potranno essere tranquillamente estesi ad altre tipologie costruttive.

### Posa delle tubazioni di scarico nel calcestruzzo

Normalmente le condotte di scarico (ad esempio quelle della ditta GEBERIT) posate nel calcestruzzo non devono essere isolate perché la massa di calcestruzzo è sufficiente ad eliminare la propagazione del rumore attraverso aria. Dove le esigenze sono maggiori, consigliamo l'isolamento della curva nella zona d'urto e per un tratto di 1m del tubo orizzontale tramite la guaina per evitare la propagazione attraverso la struttura. Quando le condotte di scarico sono situate direttamente sopra un locale da isolare acusticamente si dovranno adottare i necessari provvedimenti del caso.

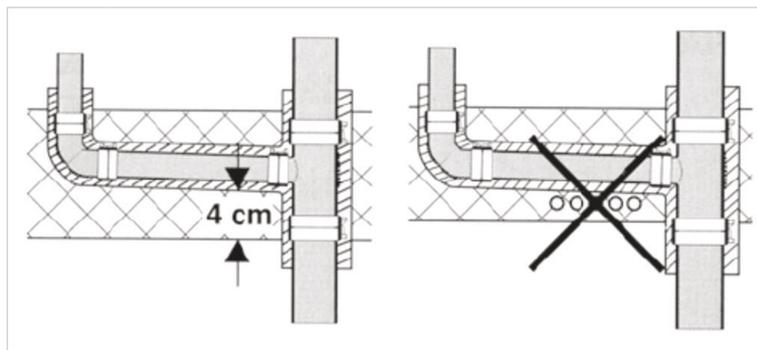


Figura 10.1 – Posa delle tubazione nel calcestruzzo.

Per una corretta installazione, è necessario, in presenza di variazioni di 90° del tubo realizzare tratti di smorzamento utilizzando due curve a 45° ed un tronchetto di tubo (lunghezza ideale 250 mm).

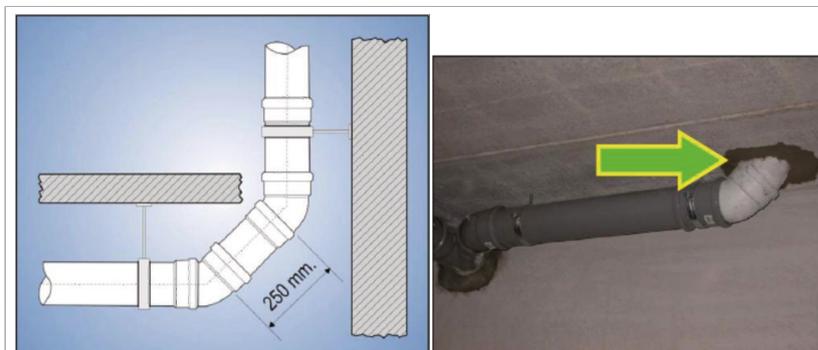


Figura 10.2 – Indicazione sulle variazioni di direzione.

### Posa delle tubazioni di scarico nella muratura

E' necessario evitare punti di trasmissione del suono a pareti e solai, derivanti dal contatto diretto con malta e calcestruzzo, rivestendo i tubi con materiali morbidi e flessibili.

Nel caso di installazione in cavedio (sia in verticale che in orizzontale) è necessario adottare sistemi di staffaggio elastici per ridurre al minimo il passaggio di eventuali vibrazioni dalle tubazioni alla struttura.

Se una condotta di scarico viene posata in una parete in muratura di mattoni forati, si raccomanda di effettuare il disaccoppiamento tramite guaina per eliminare la propagazione del rumore attraverso la struttura dell'edificio. Per ridurre la trasmissione attraverso l'aria si dovrà decidere in base alla situazione costruttiva. Le scanalature nei muri dovranno comunque essere riempite con malta cementizia.

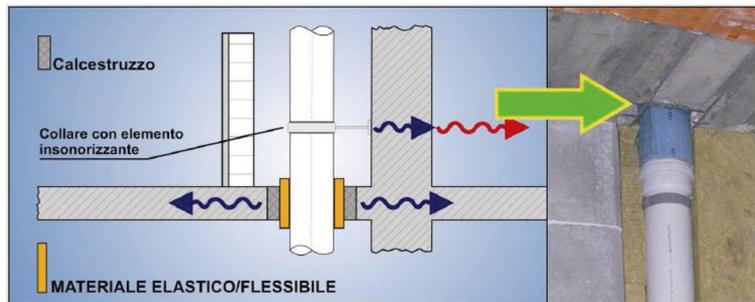


Figura 10.3 – Passaggio del tubo attraverso solai o muri.

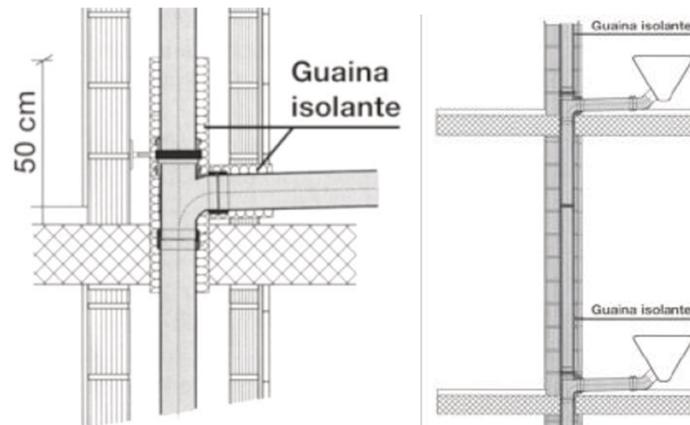


Figura 10.4 – Posa delle tubazione nelle murature.

### Passaggi attraverso pareti e solette

Se si vuole evitare la trasmissione del rumore attraverso i punti di contatto in pareti e solette è necessario escludere la formazione di ponti acustici con la struttura dell'edificio.



Figura 10.5 - A) disaccoppiamento realizzato con guaina isolante Geberit.

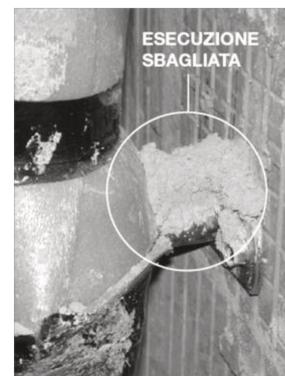


Figura 10.6- B) trasmissione delle vibrazioni attraverso un ponte di malta

Nel caso di installazione in cavedio (sia in verticale che in orizzontale) è necessario adottare sistemi di staffaggio elastici per ridurre al minimo il passaggio di eventuali vibrazioni dalle tubazioni alla struttura. Se una condotta di scarico viene posata in una parete in muratura di mattoni forati, si raccomanda di effettuare il disaccoppiamento tramite guaina per eliminare la propagazione del rumore attraverso la struttura dell'edificio. Per ridurre la trasmissione attraverso l'aria si dovrà decidere in base alla situazione costruttiva. Le scanalature nei muri dovranno comunque essere riempite con malta cementizia.

### Sistema di fissaggio elastico di impianti e sanitari

Nel caso di installazione in cavedio (sia in verticale che in orizzontale) è necessario adottare sistemi di staffaggio elastici per ridurre al minimo il passaggio di eventuali vibrazioni dalle tubazioni alla struttura.

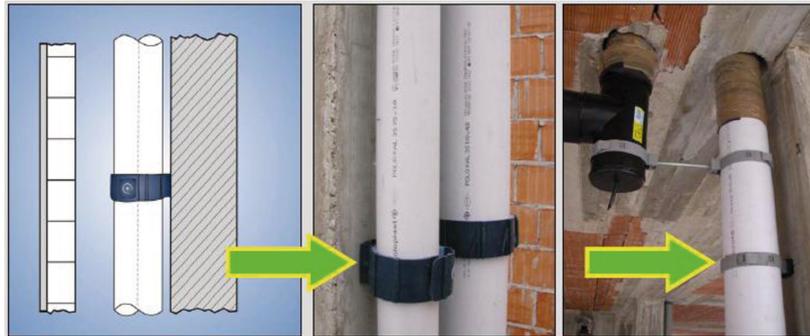


Figura 10.7 – Sistemi di staffaggio.

Il fissaggio delle tubazioni deve essere realizzato in modo tale da garantire un disaccoppiamento acustico tra tubo e struttura dell'edificio.

Oltre al profilo e alla durezza dell'inserto in gomma, è determinante la "giusta" compressione durante il montaggio. Se la compressione è eccessiva, gran parte dell'azione disaccoppiante generata dall'inserto in gomma andrà persa. La compressione non deve però essere troppo leggera perché, in tal caso, non sarebbe garantito il fissaggio staticamente perfetto delle tubazioni. Gli appositi braccialetti con inserto in gomma per le tubazioni Geberit Silent sono ottimizzati in base al peso e al diametro dei tubi.

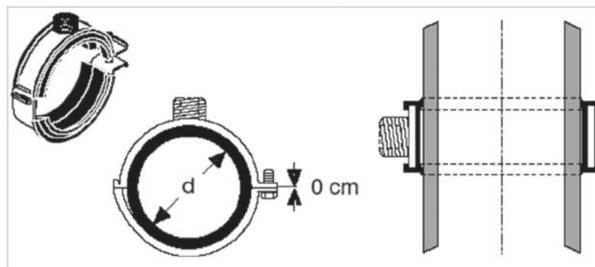


Figura 10.8 - I braccialetti sono adattati al diametro e al peso dei tubi Geberit Silent in modo tale che, stringendo completamente la vite di fissaggio, si garantisce la pressione ottimale del braccialetto

Quindi eventuali tubazioni, impianti e apparecchi sanitari possono essere fissati alla parete solo con l'interposizione di materiali elastici (1) che non conducano le vibrazioni.

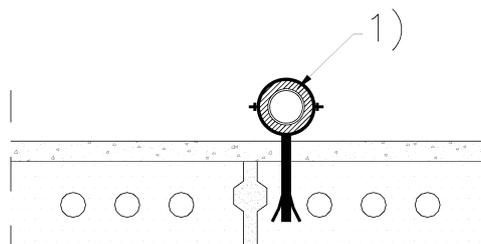


Figura 10.9 - A) Ancoraggio elastico di impianti e sanitari

**Pavimentazione vinilica eterogenea acustica (Sarlon® trafic 19 dB della FORBO)**

La pavimentazione in tale procedura, dovrà essere realizzata in cloruro di polivinile senza ftalati a teli, tipo e colore a scelta D.L., composta da 3 strati indelaminabili e con una superficie trattata con finish poliuretano OVERCLEAN XL per facilitarne la manutenzione ordinaria e straordinaria. Lo strato d'usura di 0,7 mm sarà in puro PVC trasparente di aspetto opaco a protezione del disegno stampato. Lo strato intermedio sarà in fibra di vetro impregnata, per garantire un'ottima stabilità dimensionale. Lo strato inferiore in schiuma meccanica di vinile garantisce un elevato abbattimento acustico.

**Modalità di posa**

I sottofondi dovranno essere lisci, consistenti, privi di crepe, asciutti, con un'umidità inferiore al 2,0%. Per quanto sopra e per quanto riguarda le rasature ed i collanti idonei attenersi alle prescrizioni delle case produttrici di collanti. Per la corretta posa del Sarlon trafic 19 dB occorrerà procedere all'acclimatazione del materiale, per un periodo di almeno 24 ore, a temperatura superiore ai 15°C. Ove richiesto, si procederà alla saldatura a caldo dei giunti con apposito cordolo.

**Pulizia di fine cantiere**

A posa ultimata, il pavimento in Sarlon trafic 19 dB dovrà essere perfettamente pulito ed opportunamente protetto, per impedire che possa essere danneggiato durante l'esecuzione di eventuali opere successive. La ceratura non è necessaria. Per ridurre i costi di manutenzione si consiglia di installare barriere antisporcò CORAL e/o Nuway Forbo. Per altro contattare la ditta produttrice.

**Pavimento con caratteristiche resilienti**

Sistema fonoisolante sottopavimento di basso spessore in grado di contrastare la trasmissione del rumore da calpestio dei solai in accordo a quanto previsto dal D.P.C.M. 05.12.1997.

Mapesonic CR è stato specificamente studiato per essere utilizzato negli edifici esistenti dove si intende migliorare l'isolamento acustico senza prevedere la rimozione della vecchia pavimentazione e del sottostante massetto.

**Preparazione del supporto (tratto dal catalogo MAPEI)**

Mapesonic CR può essere applicato su tutti i supporti a base di cemento purché questi risultino adeguatamente stagionati, meccanicamente resistenti, coerenti, asciutti, planari, privi di fessure, puliti da polvere e da quant'altro possa inficiare l'adesione.

Le fessure possono essere riparate con prodotti come Eporip, Eporip Turbo, Epojet. Se l'umidità residua del supporto cementizio fosse superiore a quella richiesta, attendere il tempo opportuno alla sua asciugatura oppure applicare un primer impermeabilizzante come Eco Prim PU 1K, Primer MF, Triblock P, Primer PU60, ecc al fine di realizzare un'idonea barriera al vapore.

La posa di Mapesonic CR può essere effettuata anche su preesistenti pavimentazioni in ceramica e materiale lapideo, purché ben ancorati al supporto ed adeguatamente puliti da grassi, oli, cere, vernici, ecc..

In presenza di supporti irregolari o di passaggio di tubazioni impiantistiche (elettriche, idrauliche, ecc) sarà necessario regolarizzare i supporti prima della posa di Mapesonic CR.

Per il livellamento dei piani di posa consultare il catalogo dei prodotti MAPEI per la preparazione dei supporti o il Servizio di Assistenza Tecnica MAPEI.

### Modalità di applicazione

Prima della posa dei rotoli fonoisolanti, previa rimozione del film plastico protettivo, applicare il nastro adesivo Mapesonic Strip lungo il perimetro del locale, dei pilastri e lungo ogni quant'altro elemento dovesse attraversare la pavimentazione.

La posa deve essere eseguita con continuità, facendo attenzione in corrispondenza di tutti gli angoli della parete e delle giunzioni degli elementi.

Sulla superficie asciutta e pulita srotolare i teli di Mapesonic CR seguendo il lato più lungo del locale, lasciandoli acclimatare per un giorno nell'ambiente interessato e ritagliandoli successivamente in funzione della lunghezza da ricoprire. Avvolgere i rotoli per metà della loro lunghezza lasciando la restante metà adagiata sul sottofondo e stendere l'adesivo sulla prima metà del supporto utilizzando un idoneo adesivo da scegliere in funzione delle caratteristiche del supporto stesso. Su supporti assorbenti, come massetti e rasature, deve essere utilizzato Ultrabond Eco V4 SP. Su supporti non assorbenti, come ceramica, e nel caso di pavimentazioni in parquet multistrato deve essere utilizzato Ultrabond Eco S955 1K. Al termine della posa del telo, massaggiare la superficie con un rullo rigido o con una spatola piana, partendo dal centro verso l'esterno. Successivamente, ripetere l'intera procedura applicativa per la seconda parte del rotolo. A distanza di 24-48 ore dal termine della posa dei teli, è possibile incollare il nuovo rivestimento a pavimento. Per la posa su Mapesonic CR di ceramica, gres e materiale lapideo è sempre consigliato l'utilizzo di Kerabond + Isolastic puro o di Elastorapid. La posa di pavimenti in parquet (solo multistrato) potrà essere eseguita con Ultrabond Eco S955 1K. Per la posa di resilienti è sempre consigliabile prevedere la realizzazione di una rasatura cementizia che ripartisca i carichi concentrati, realizzata con Nivorapid (o Planipatch) + Latex Plus ed armata con Mapenet 150. La posa di parquet e resilienti dovrà essere effettuata solo su Mapesonic CR da 2 mm.

### Stuccatura e sigillatura

Dopo aver applicato e stuccato la nuova pavimentazione, tagliare la parte eccedente della banda perimetrale Mapesonic Strip.

Applicare la zoccolatura perimetrale facendo in modo che non vi sia diretto contatto con la pavimentazione. Sigillare lo spazio ricavato tra zoccolatura e pavimento tramite un idoneo sigillante elastico. Per l'impiego dei prodotti MAPEI citati è necessario fare riferimento alle specifiche schede tecniche, disponibili sul sito [www.mapei.it](http://www.mapei.it).



*Applicare lungo il perimetro del locale il nastro adesivizzato Mapesonic Strip*



*Su supporto adeguatamente preparato, procedere alla stesura dell'adesivo per l'incollaggio dei teli fonoisolanti*



*Distendere i rotoli di Mapesonic CR lungo le superfici interessate*



*Massaggiare la superficie con un rullo rigido o con una spatola piana, partendo dal centro verso l'esterno*



*Stendere l'adesivo su Mapesonic CR e procedere all'incollaggio della nuova pavimentazione*



**Baffle acustici tipo ROCKFON System Contour Ac Baffle™ della ROCKWOOL**

ROCKFON Contour® Ac Baffle è un baffle acustico senza cornice costituito da un pannello in lana di roccia di 50 mm. Entrambe le facce sono rivestite con un velo minerale bianco opaco con finitura liscia, esteticamente gradevole. I bordi Ac sono verniciati e i pannelli sono dotati di due punti di fissaggio per facilitarne l'installazione. Per la modalità di posa o eventuali accorgimenti tecnici fare riferimento al manuale di posa del prodotto.



**Controsoffitti acustici tipo ROCKFON Blanka™ della ROCKWOOL**



## REALIZZAZIONE SI PARTIZIONI ORIZZONTALI E VERTICALI

## NOTA

Soluzioni tecnica atte a ridurre la propagazione di rumore tra ambienti confinanti. Tali procedure sono riferite a strutture in laterizio ma possono essere tranquillamente estese ad altre tipologie costruttive come nel nostro caso a strutture di separazione del tipo a secco.

## Giunti di malta tra elementi per muratura



Figura 10.25 - A) Giunto verticale errato – B) Giunto verticale corretto

Il mancato riempimento con malta dei giunti verticali tra i blocchi, pur in presenza di intonaci, permette il passaggio del rumore.

## Realizzazione di tracce di impianti su pareti verticali

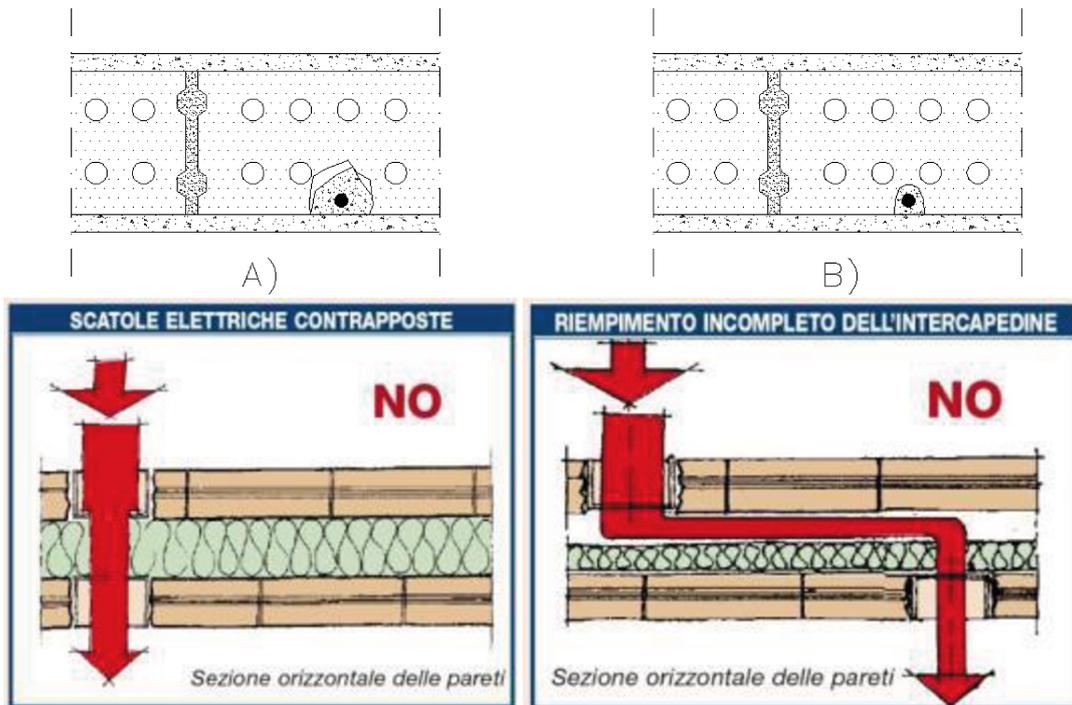


Figura 10.26 - A) Traccia errata – B) Traccia corretta

“Tracce” di limitate dimensioni possono essere tollerate purché ben riempite di malta dopo la posa degli impianti e successivamente ricoperte dall’intonaco. **L’intonaco dovrà essere realizzato chiudendo ogni più piccolo foro**, visto che la presenza di un intonaco ben realizzato restituisce alla parete quell’isolamento che viene degradato in misura sensibile dalle porosità e fessure esistenti nella muratura

## Inserimento impianti nei divisori

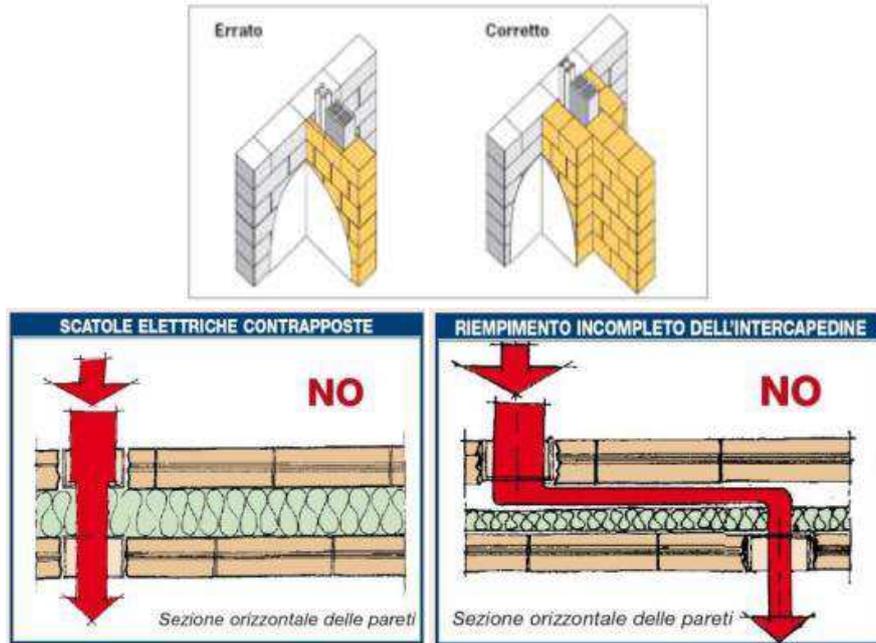


Figura 10.27 - 1) Inserimento errato – 1) Inserimento corretto

Canalizzazioni per aerazione o altri impianti inseriti nella parete divisoria hanno due effetti: determinano un “ponte acustico” con conseguente perdita di isolamento, e possono trasportare il rumore lungo la canalizzazione. Sono da evitare.

Nel caso di canne fumarie, cavedi tecnici, etc. passanti tra unità immobiliari sovrastanti, occorrerà prendere ogni accorgimento al fine di evitare che questi componenti amplifichino la trasmissione di rumore strutturale: per esempio occorrerà rivestire un eventuale cavedio in modo da ridurre sia il passaggio di vibrazioni tra le strutture e questo, sia la generazione di rumore all’interno dell’ambiente disturbato.

## Nodo parete divisoria e pareti laterali

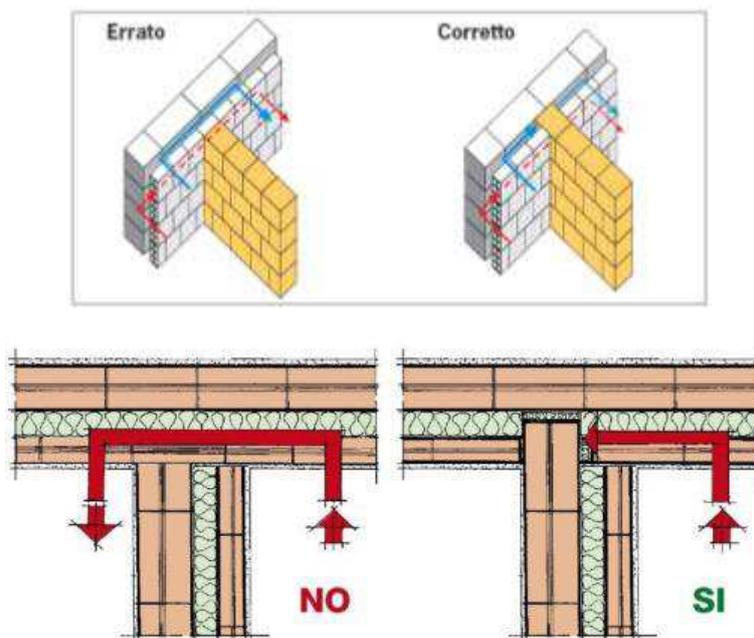


Figura 10.28 - 1) Nodo errato – 2) Nodo corretto

L'utilizzo di doppi tavolati, per le pareti laterali rispetto al divisorio fonoisolante, senza interruzione dell'intercapedine, o l'uso di elementi con fori orizzontali allineati e non interrotti da giunti di malta verticali, crea dei percorsi preferenziali per il rumore. E' necessario interrompere tali percorsi.

#### Nodo tra parete divisoria e solaio superiore

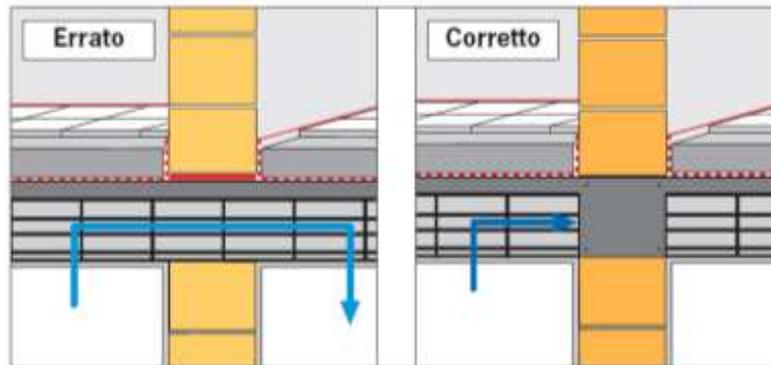


Figura 10.29 - 1) Nodo errato - 2) Nodo corretto

Percorsi preferenziali per il rumore si possono formare anche nel caso di pareti divisorie poste al di sotto di solai con "pignatte" forate aventi travetti ortogonali rispetto alla parete fonoisolante (solaio passante tra i due locali). I fori delle pignatte sono allineati e, se non interrotti, formano un percorso preferenziale per il rumore. È necessario interrompere il percorso con, ad esempio, un cordolo in calcestruzzo. Se è possibile evitare l'orditura del solaio perpendicolarmente al muro di separazione tra due unità abitative diverse.

#### Gessofibra o cartongesso

Nello specifico poi, la scelta dell'utilizzo della lastra di gesso fibra rispetto ad una lastra di cartongesso sta principalmente nella massa della prima che a parità di spessore garantisce prestazioni acustiche migliori.

Il cartongesso è gesso all'interno rivestito di carta sui 2 lati esterni; la lastra di Gessofibra è un impasto di gesso e fibra di cellulosa (carte dei giornali riciclate) e questa fibra è presente lungo tutta la profondità della lastra e ne costituisce l'armatura.

La lastra di cartongesso ha una capacità di portare carichi sospesi assai limitata (se non è aiutato da sottostrutture) mentre le lastre di Gessofibra hanno capacità di portare, direttamente sulla lastra, carichi sospesi addirittura superiori ad un normale forato in laterizio.

Le lastre in cartongesso non sono in Classe 0 per la reazione al fuoco (a meno di specifica richiesta) mentre le lastre di Gessofibra sono tutte in Classe 0 (in caso di incendio non sviluppano fumi nocivi).

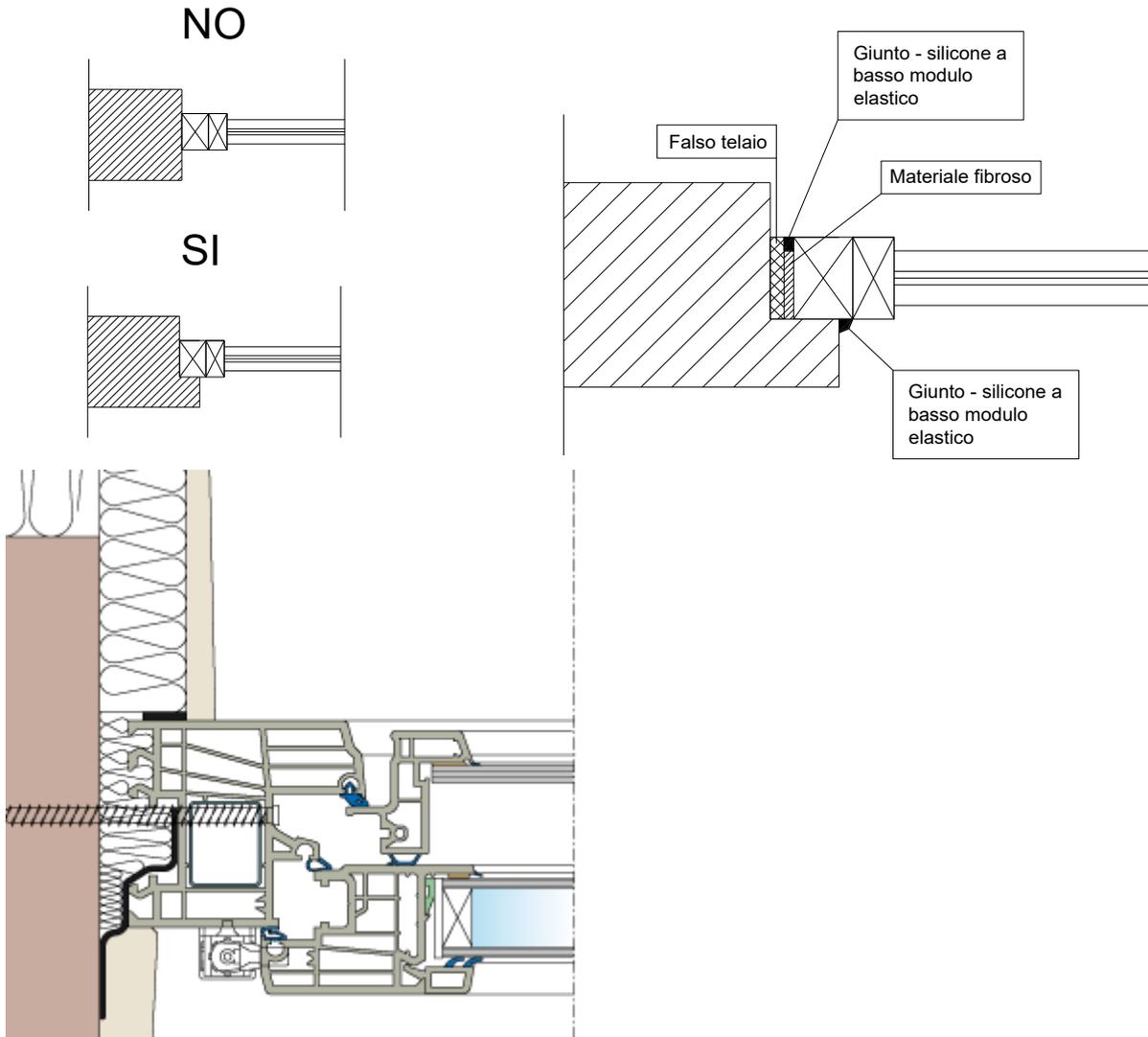
Le normali lastre in cartongesso hanno una limitata capacità di assorbimento degli urti, mentre le lastre di Gessofibra hanno superato tutte le prove delle sollecitazioni da corpo molle (ad esempio una persona che va a dare una "spallata" alla parete) e da corpo duro (ad esempio una barella da ospedale che va a sbattere contro la parete) ottenendo per entrambi la certificazione eseguita sulla base della norma DIN 4103 parte 1.

Quindi grazie alla presenza di fibre, le lastre di Gessofibra hanno elevata stabilità, ottima resistenza meccanica, ottime caratteristiche di resistenza al fuoco e soprattutto ottime caratteristiche acustiche.

Ricordarsi di curare la posa utilizzando giunti desolarizzanti o montati acustici evitando quindi contatti rigidi.

### Posa in opera degli infissi

La posa in opera degli infissi dovrà essere conforme alla norma UNI 10818 "Porte e finestre: linee guida generali per la posa in opera". Gli infissi dovranno essere applicati evitando accuratamente connessioni aperte tra il controtelaio e la muratura; tutti i vuoti presenti tra questi elementi dovranno essere accuratamente sigillati, per tutto lo spessore, con malta cementizia e/o sigillanti elastici. Particolare attenzione deve essere posta alle malte che in fase di ritiro possono creare fessure attraverso le quali può generarsi una significativa trasmissione di rumore. I vetri dovranno essere accuratamente sigillati lungo tutto il perimetro. E' importante che nei punti di contatto tra infisso e muratura, si realizzi una continuità dell'isolamento acustico, in quanto un possibile punto critico è costituito dal collegamento tra infisso e muratura dove una non corretta posa in opera può produrre perdite di isolamento acustico.



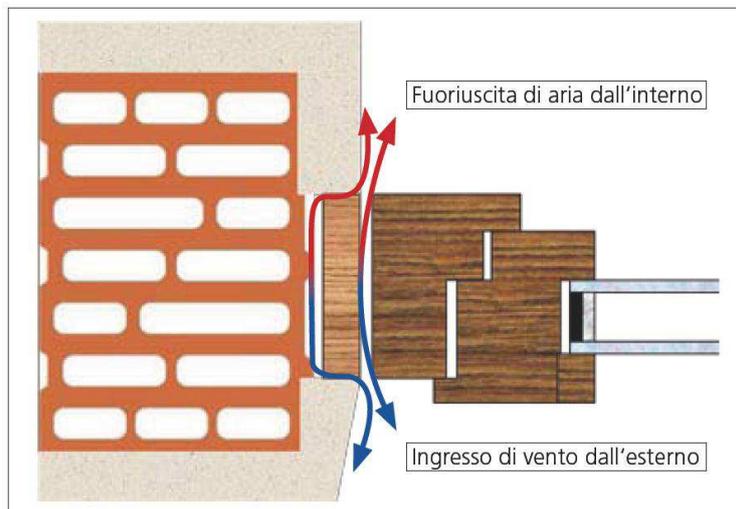
**Di seguito si riportano alcuni esempi di correzione di ponti termici relativi a strutture in laterizio che possono essere applicate anche a strutture in legno.**

**Problemi causati da una posa non corretta dei serramenti e dei falsi telai (Linee guida RIWEGA)**

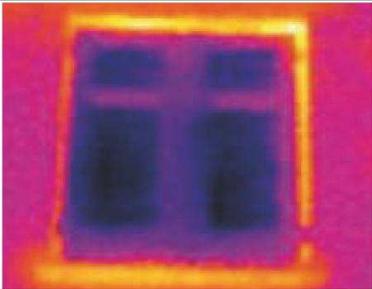
Normalmente il falsotelaio (in legno, metallo o plastica) viene posato staccato dalla muratura e quindi viene intonacato, non prevedendo alcun riempimento (quando va bene si usa schiuma poliuretanicica rigida) ed alcuna sigillatura; l'intonaco asciugandosi subirà un ritiro che creerà un distacco dal falsotelaio; a causa dell'escursione termica che farà muovere in modo diverso i vari materiali, anche il silicone usato per sigillare il serramento sull'intonaco subirà un distacco da una delle due parti.

		
<i>Fessura tra intonaco e falsotelaio</i>	<i>Lato inferiore non sigillato</i>	<i>Distacco del silicone dall'intonaco</i>

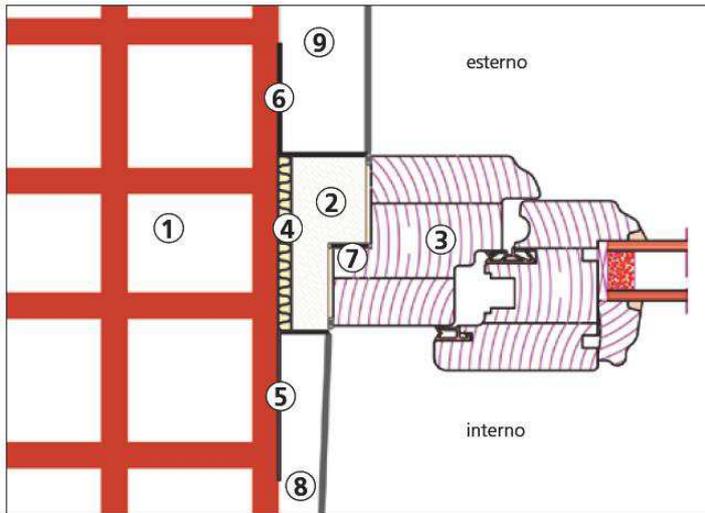
Anche il miglior serramento, se posato male, può essere causa dei seguenti fenomeni:



Che si tramutano nei seguenti problemi:

		
<i>1. In inverno l'aria interna della casa ha una pressione più alta di quella esterna, quindi in presenza di spifferi intorno al serramento si manifesta un notevole passaggio d'aria con conseguente dispersione termica e quindi un dispendio energetico ed economico.</i>	<i>2. Il ponte termico o il passaggio d'aria fanno incontrare l'aria interna calda e carica di umidità con quella esterna più fredda, innescando il processo di condensazione e la conseguente formazione di acqua sui bordi della finestra.</i>	<i>3. In presenza di intonaco quindi l'acqua di condensa viene assorbita dalla superficie favorendo la formazione di funghi e muffe.</i>

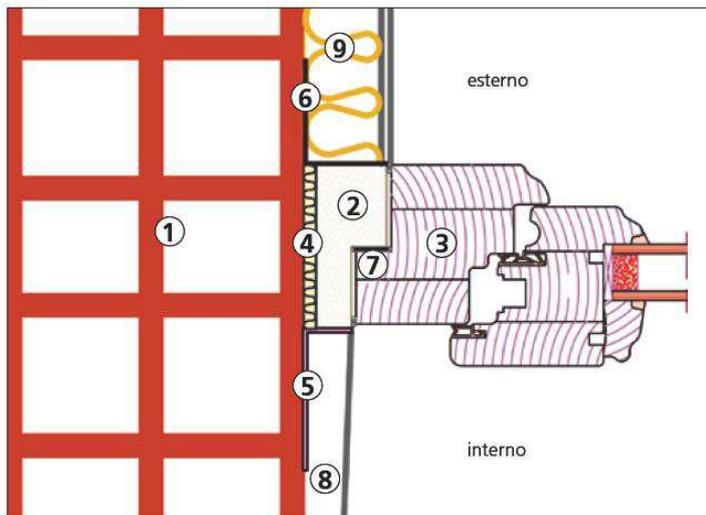
Esempi di sigillatura dei nodi di posa (Soluzioni con prodotti tipo RIWEGA)



1. Muratura
2. Falsotelaio
3. Serramento
4. Schiuma elastica USB Foam
5. Nastro freno al vapore FDB Tape INT AC+BU
6. Nastro traspirante FDB Tape EXT AC+BU
7. Nastro espandente GAE UNIVERSAL o GAE UNIVERSAL Plus
8. Intonaco interno
9. Intonaco esterno

Le finiture estetiche esterna ed interna del serramento sull'intonaco vanno eseguite con i normali prodotti siliconici da serramentista.

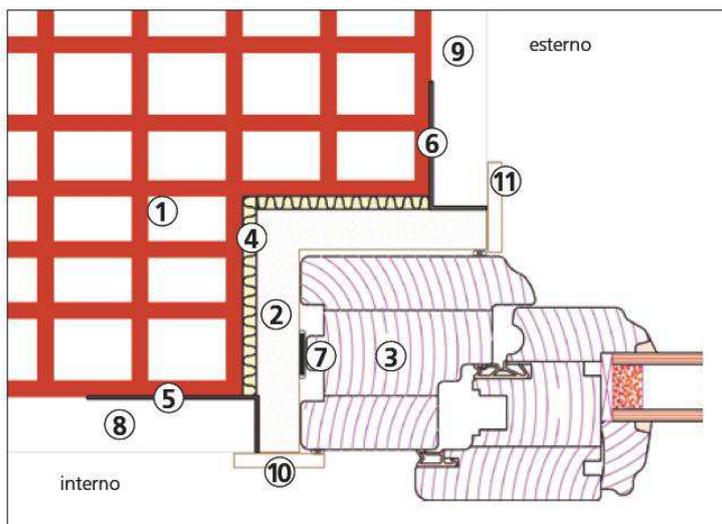
*Falsotelaio centrato su muratura con intonaco*



1. Muratura
2. Falsotelaio
3. Serramento
4. Schiuma elastica USB Foam
5. Nastro freno al vapore FDB Tape INT AC+BU
6. Nastro traspirante FDB Tape EXT AC+BU
7. Nastro espandente GAE UNIVERSAL o GAE UNIVERSAL Plus
8. Intonaco interno
9. Cappotto con rasatura

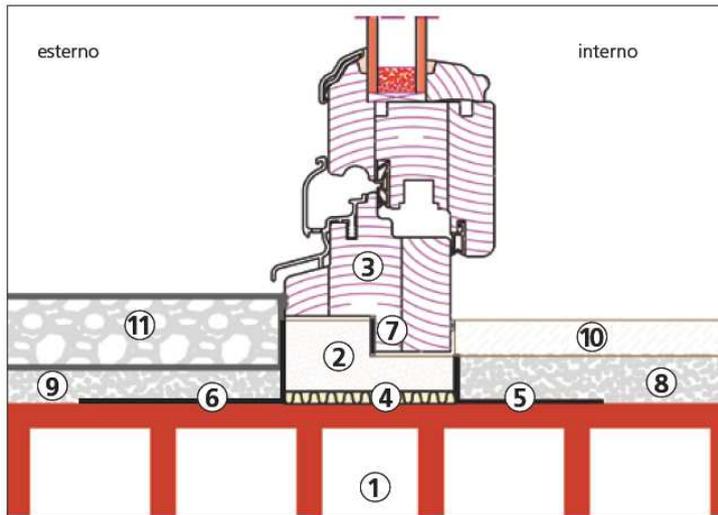
Le finiture estetiche esterna ed interna del serramento sull'intonaco vanno eseguite con i normali prodotti siliconici da serramentista.

*Falsotelaio centrato su muratura con cappotto esterno*



1. Muratura
2. Falsotelaio
3. Serramento
4. Schiuma elastica USB Foam
5. Nastro freno al vapore FDB Tape INT AC+BU
6. Nastro traspirante FDB Tape EXT AC+BU
7. Nastro espandente GAE UNIVERSAL o GAE UNIVERSAL Plus
8. Intonaco interno
9. Intonaco esterno
10. Coprifilo interno
11. Coprifilo esterno

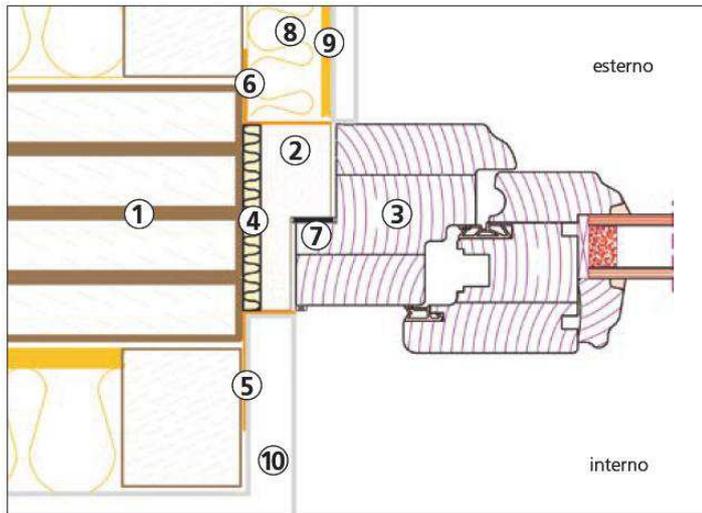
*Falsotelaio a filo interno su muratura con intonaco*



1. Muratura
2. Falsotelaio
3. Serramento
4. Schiuma elastica USB Foam
5. Nastro freno al vapore FDB Tape INT AC+BU
6. Banda butilica AIR Coll 150 X
7. Nastro espandente GAE UNIVERSAL o GAE UNIVERSAL Plus
8. Intonaco interno
9. Intonaco esterno
10. Davanzale interno
11. Davanzale esterno

Le finiture estetiche esterna ed interna del serramento sull'intonaco vanno eseguite con i normali prodotti siliconici da serra-mentista.

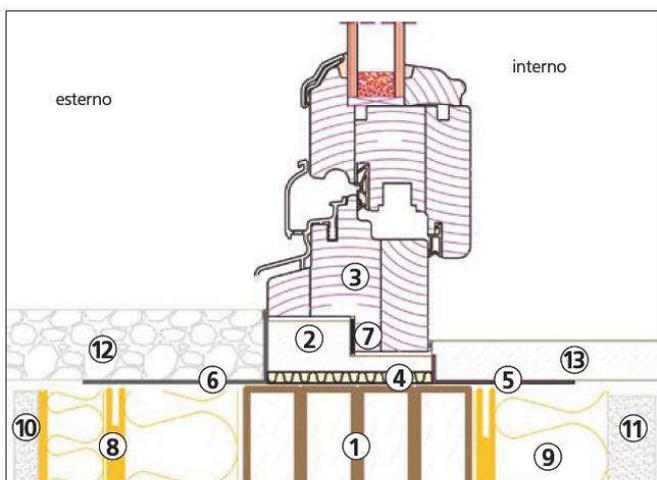
*Falsotelaio centrato su muratura sul lato inferiore*



1. Parete in legno
2. Falsotelaio
3. Serramento
4. Schiuma elastica USB Foam
5. Nastro USB Tape 1 PAP X3
6. Nastro USB Tape 1 PAP X3
7. Nastro espandente GAE UNIVERSAL o GAE UNIVERSAL Plus
8. Cappotto esterno
9. Rasatura esterna
10. Cartongesso interno

Le finiture estetiche esterna ed interna del serramento sull'intonaco vanno eseguite con i normali prodotti siliconici da serra-mentista.

*Falsotelaio centrato su parete in legno*



1. Parete in legno
2. Falsotelaio
3. Serramento
4. Schiuma elastica USB Foam
5. Nastro freno al vapore FDB Tape INT AC+AC o USB Tape 1 PAP X3
6. Banda butilica AIR Coll 150 X
7. Nastro espandente GAE UNIVERSAL o GAE UNIVERSAL Plus
8. Capotto esterno
9. Isolamento interno
10. Rasatura esterna
11. Cartongesso
12. Davanzale esterno
13. Davanzale interno

Le finiture estetiche esterna ed interna del serramento sull'intonaco vanno eseguite con i normali prodotti siliconici da serra-mentista.

*Falsotelaio centrato su parete in legno sul lato inferiore*

## Applicazione dei materiali indicati

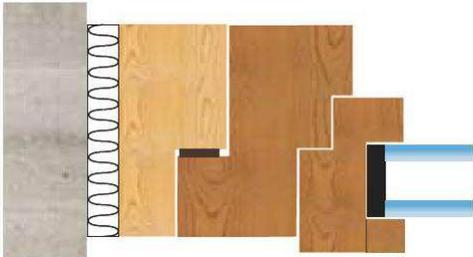
### Schiuma monocomponente tipo USB Foam della RIWEGA

#### Descrizione e utilizzo

Schiuma monocomponente altamente elastica libera da CFC, HCFC, HFC utilizzabile con pistola erogatore per posa secondo i parametri RAL, garantendo l'isolamento termico ed acustico dei giunti di connessione di serramenti e porte, in particolare tra falsotelaio e struttura e per riempire qualsiasi tipo di fuga nelle strutture edili. Grazie alla sua elevata elasticità di oltre il 30% la schiuma è in grado di assorbire i movimenti (dilatazioni o trazioni) dei materiali.

#### Applicazione

Regolare la quantità emessa attraverso la leva apposita e la vite dosatrice della pistola. Uniformare piccole quantità di prodotto lungo i bordi. Per giunti e cavità superiori a 30 mm riempire in strati ed umidificare tra una posa e l'altra. Le eccedenze di schiuma possono essere tagliate dopo l'indurimento. La schiuma non può essere lasciata per lunghi periodi esposta agli agenti atmosferici in quanto non è resistente ai raggi UV. Le superfici di applicazione devono essere pulite e solide. Rimuovere i pezzi allentati, la polvere e il grasso. Inumidire le superfici interessate. Prima di ogni utilizzo agitare bene il barattolo (scuotendolo almeno 20 volte). Avvitare alla pistola come da istruzioni d'uso.



*USB Foam per l'isolamento termico ed acustico del giunto di posa tra falso telaio e muratura*

#### Isolamento acustico

Qualora la schiuma venga utilizzata per l'isolamento acustico delle finestre, l'isolamento ottenibile negli spifferi raggiunge i 60 dB (vedi test ift).



*Posa di USB Foam*



*USB Foam tra muratura e falso telaio*

**Nastro tessuto non tessuto multistrato tipo FDB Tape INT della RIWEGA****Descrizione e utilizzo**

Nastro di colore rosa realizzato in tessuto multistrato (PES.PE.PES) termosaldato da posare sul nodo di congiunzione interno tra falsotelaio e parete con la funzione di freno al vapore (Sd 39 metri) e di tenuta all'aria. La superficie del nastro è studiata appositamente per la tenuta dell'intonaco che andrà a rivestire la parete ed il falso telaio evitandone il distacco e la conseguente fessura che provocherebbe la dispersione d'aria. La versione base (AC) riporta su un lato un nastro biadesivo acrilico per il perfetto incollaggio sul falsotelaio; esistono altre due versioni (AC+AC o AC+BU) con doppio incollaggio (acrilico o butilico) per aderire su tutte le superfici della parete.

**Applicazione**

Individuare le superfici da sigillare, le cui basi devono essere asciutte e prive di polveri e grassi (in alternativa utilizzare USB PRIMER per pulire la superficie di lavoro); una volta tagliato il nastro nella lunghezza desiderata, togliere il liner protettivo dal nastro adesivo acrilico, fare aderire la superficie adesiva sul profilo interno del falsotelaio e quindi praticare una forte pressione manuale (o con apposito rullino) su tutta la superficie del nastro adesivo in modo che il collante faccia la giusta presa; quindi togliere il liner protettivo dal nastro adesivo acrilico (versione AC+AC) o butilico (versione AC+BU) sul lato opposto (o aggiungere un adesivo accessorio nel caso di versione AC), fare aderire la superficie adesiva sulla superficie della parete e quindi praticare una forte pressione manuale (o con apposito rullino) su tutta la superficie del nastro adesivo in modo che il collante faccia la giusta presa.

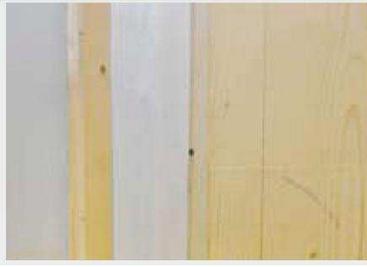
FDB Tape INT AC+BU	FDB Tape INT AC+AC	FDB Tape INT AC
<i>E' provvisto di doppia banda adesiva: acrilica per aderire sul profilo del falsotelaio e butilica per aderire sulla superficie della parete in laterizio, cemento, intonaco, cartongesso, ecc.</i>	<i>E' provvisto di doppia banda adesiva acrilica per aderire sul profilo del falsotelaio e sulla superficie della parete in legno (massiccio, lamellare, osb, plywood, ecc.).</i>	<i>E' provvisto di singola banda adesiva acrilica per aderire sul profilo del falsotelaio; l'altro lato del nastro è libero per potere aggiungere il sistema di incollaggio idoneo al tipo di superficie della parete: USB SIL BUTYL o USB TAPE 2BU se si tratta di laterizio, cemento, intonaco, cartongesso, ecc.; USB TAPE 2 AC se si tratta di legno (massiccio, lamellare, osb, plywood, ecc.).</i>
		

**Nastro tessuto non tessuto multistrato tipo FDB Tape EXT della RIWEGA****Descrizione e utilizzo**

Nastro di colore bianco realizzato in tessuto multistrato (PES.PE.PES) termosaldato da posare sul nodo di congiunzione esterno tra falsotelaio e parete con la funzione di diffusione del vapore (Sd 0,05 metri) e di tenuta al vento. La superficie del nastro è studiata appositamente per la tenuta dell'intonaco che andrà a rivestire la parete ed il falso telaio evitandone il distacco e la conseguente fessura che provocherebbe l'infiltrazione del vento. La versione base (AC) riporta su un lato un nastro biadesivo acrilico per il perfetto incollaggio sul falsotelaio; esistono altre due versioni (AC+AC o AC+BU) con doppio incollaggio (acrilico o butilico) per aderire su tutte le superfici della parete.

**Applicazione**

Individuare le superfici da sigillare, le cui basi devono essere asciutte e prive di polveri e grassi (in alternativa utilizzare USB PRIMER per pulire la superficie di lavoro); una volta tagliato il nastro nella lunghezza desiderata, togliere il liner protettivo dal nastro adesivo acrilico, fare aderire la superficie adesiva sul profilo esterno del falsotelaio e quindi praticare una forte pressione manuale (o con apposito rullino) su tutta la superficie del nastro adesivo in modo che il collante faccia la giusta presa; quindi togliere il liner protettivo dal nastro adesivo acrilico (versione AC+AC) o butilico (versione AC+BU) sul lato opposto (o aggiungere un adesivo accessorio nel caso di versione AC), fare aderire la superficie adesiva sulla superficie della parete e quindi praticare una forte pressione manuale (o con apposito rullino) su tutta la superficie del nastro adesivo in modo che il collante faccia la giusta presa.

FDB Tape EXT AC+BU	FDB Tape EXT AC+AC	FDB Tape EXT AC
<i>E' provvisto di doppia banda adesiva: acrilica per aderire sul profilo del falsotelaio e butilica per aderire sulla superficie della parete in laterizio, cemento, intonaco, cartongesso, ecc.</i>	<i>E' provvisto di doppia banda adesiva acrilica per aderire sul profilo del falsotelaio e sulla superficie della parete in legno (massiccio, lamellare, osb, plywood, ecc.).</i>	<i>E' provvisto di singola banda adesiva acrilica per aderire sul profilo del falsotelaio; l'altro lato del nastro è libero per potere aggiungere il sistema di incollaggio idoneo al tipo di superficie della parete: USB SIL BUTYL o USB TAPE 2BU se si tratta di laterizio, cemento, intonaco, cartongesso, ecc.; USB TAPE 2 AC se si tratta di legno (massiccio, lamellare, osb, plywood, ecc.).</i>
		

**Nastro adesivo in carta paraffina tipo USB Tape 1 PAT X3 della RIWEGA****Descrizione e utilizzo**

Nastro adesivo in carta paraffinata spalmato di colla acrilica ad alta tenuta adesiva con liner silconico protettivo pretagliato in tre striscie longitudinalmente. È stato appositamente studiato per la sigillatura del nodo tra falsotelaio e parete in legno con lo scopo di impermeabilizzare all'acqua, all'aria, al vento, al vapore e ai rumori.

Il liner protettivo tagliato in tre striscie longitudinali (15mm + 15 mm + 30 mm) permette di facilitare e velocizzare la sigillatura delle congiunzioni interne ad angolo; infatti con il liner intero risulterebbe abbastanza complicato sigillare i profili dei falsitelai con spessori di 15, 20, 30 mm senza che il nastro adesivo si appiccichi in maniera scomposta prima di poterlo pressare bene sulle due superfici contrapposte delle strutture.

**Applicazione**

Individuare le superfici da incollare tra loro, le cui basi devono essere asciutte e prive di polveri e grassi (in alternativa utilizzare USB PRIMER per pulire la superficie di lavoro); una volta tagliato il nastro nella lunghezza desiderata, togliere la prima striscia di liner protettivo, fare aderire la superficie adesiva sul profilo del falsotelaio e quindi praticare una forte pressione manuale (o con apposito rullino) su tutta la superficie del nastro adesivo in modo che il collante faccia la giusta presa. Ripetere la suddetta operazione per tutte le fasi di incollaggio del nastro sui profili del falsotelaio e della parete in legno.



*Liner diviso in tre parti per una posa migliore*



*USB Tape 1 PAP X3 a sigillatura tra falsotelaio e parete in legno*

**Banda adesiva tipo AIR COIL 150X della RIWEGA****Descrizione e utilizzo**

Banda adesiva butilica di larghezza 150 mm e di spessore 0,9 mm, rivestita sulla superficie superiore da un tessuto non tessuto in polipropilene insonorizzabile e protetta nella parte sottostante da un liner tagliato longitudinalmente nella parte centrale per favorire una posa rapida e perfetta intorno alle congiunzioni ad angolo. Il prodotto è appositamente studiato per l'impermeabilizzazione all'acqua e al vento dell'appoggio esterno del falsotelaio sulla parte inferiore del foro del serramento. In questo modo il collante butilico crea un effetto di impermeabilità evitando l'infiltrazione di acqua e vento dalla base del serramento, mentre il tessuto non tessuto in polipropilene crea un base di aggrappo per eventuali colle, schiume o malte per l'appoggio del davanzale esterno.

**Applicazione**

Individuare le superfici da sigillare, la cui base deve essere asciutta e priva di polveri e grassi (in alternativa utilizzare USB PRIMER per pulire la superficie di lavoro); una volta tagliata la banda nella lunghezza desiderata, in base al tratto da impermeabilizzare, togliere solo una metà del liner protettivo pretagliato e applicare la bandella su una delle due facce dell'angolo da impermeabilizzare; esercitare, quindi, una forte pressione manuale o con apposito rullino tale da far aderire perfettamente tutta la parte adesiva alla superficie, togliere la seconda metà del liner protettivo pretagliato, applicare la bandella sulla faccia opposta all'angolo già impermeabilizzato ed esercitare una nuova forte pressione manuale o con apposito rullino tale da far aderire perfettamente tutta la parte adesiva anche sulla seconda superficie da impermeabilizzare.



*Tre diverse tipologie di applicazione per sigillatura ed impermeabilizzazione del lato inferiore del falso telaio*

**Guarnizione ad espansione tipo GAE UNIVERSAL della RIWEGA****Descrizione e utilizzo**

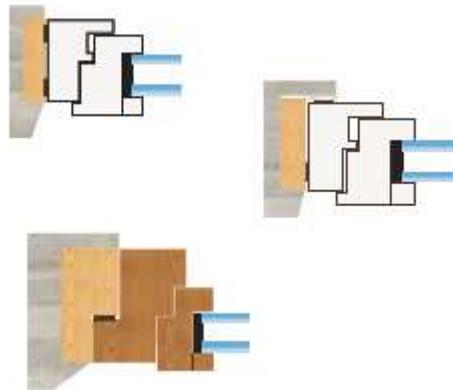
Guarnizione ad espansione adesiva monobanda in rotoli, composta da schiuma poliuretana elastica, precompressa, stabile ai raggi UV, adesivizzata con speciale colla acrilica protetta da un liner siliconico. La guarnizione, una volta posata, aumenta di volume adattandosi alla fuga che deve andare a sigillare evitando così il passaggio di aria, vento, acqua e vapore. Il prodotto viene utilizzato per sigillare il nodo di posa tra serramento e falsotelaio.

**Applicazione**

Individuare la superficie del profilo del serramento su cui incollare la guarnizione; una volta tagliata la guarnizione nella lunghezza desiderata, togliere il liner protettivo, fare aderire la superficie adesiva sulla superficie indicata e quindi praticare un'adeguata pressione manuale in modo che il collante faccia la giusta presa; posare il serramento finchè la guarnizione risulta compressa, in modo tale che la sua espansione possa poi colmare tutte le fughe presenti tra serramento e falsotelaio.



*GAE UNIVERSAL tra serramento e falsotelaio*



*Esempio di applicazione di GAE UNIVERSAL*

**Guarnizione ad espansione tipo GAE UNIVERSAL PLUS della RIWEGA****Descrizione e utilizzo**

Guarnizione ad espansione adesiva monobanda in rotoli, composta da schiuma poliuretana elastica, precompressa e trattenuta da un film in polietilene di sacrificio, adesivizzata con speciale colla acrilica protetta da un liner siliconico. La guarnizione, una volta posata, aumenta di volume adattandosi alla fuga che deve andare a sigillare evitando così il passaggio di aria, vento, acqua e vapore. Il prodotto viene utilizzato per sigillare il nodo di posa tra serramento e falso telaio e la sua grande proprietà sta nella presenza del film in polietilene di sacrificio, che tiene compressa la guarnizione finchè questo non venga strappato. Ciò permette di posare la guarnizione anche molto tempo prima della posa del serramento (ad esempio già in produzione) senza che questa si possa espandere rendendo difficoltose le operazioni di montaggio.

**Applicazione**

Individuare la superficie del profilo del serramento su cui incollare la guarnizione; una volta tagliata la guarnizione nella lunghezza desiderata, togliere il liner protettivo, fare aderire la superficie adesiva sulla superficie indicata e quindi praticare un'adeguata pressione manuale in modo che il collante faccia la giusta presa; posare il serramento facendo fuoriuscire il lembo del film in polietilene tra serramento e falso telaio. A montaggio ultimato strappare il film in modo tale che la guarnizione inizi ad espandersi e colmare tutte le fughe presenti tra serramento e falsotelaio.



1. Guarnizione compressa dal film in PE
2. Banda adesiva acrilica
3. Strappo del film in PE con espansione della guarnizione



*Esempi di applicazione di GAE UNIVERSAL Plus*

## 11 Conclusioni

In base alla tipologia edilizia espressa nei vari elementi, alle dimensioni geometriche rilevabili dai disegni e comunque confermate dal Progettista, ai valori degli isolamenti acustici desunti da dati di laboratorio e/o pratici ed in particolare quelli espressi dai manuali di acustica (Spagnolo), **la porzione di edificio, PREVISIONALMENTE, e per i soli interventi sostanziali che verranno eseguiti, rispetta i requisiti acustici passivi come definiti dalla tabella A del D.P.C.M. 05.12.1997 dalla Legge Regionale n. 28 del 14.11.2001, dal D.G. R. n.896 AM/TAM del 24.06.2003 e dal D.G.R. n.809 del 10.07.2006.**

Si rimarca il fatto che le prestazioni acustiche garantite dalle strutture di progetto una volta realizzate dipendono massimamente dalle modalità di posa che devono necessariamente seguire la regola d'arte e che sono state più volte indicate nel presente certificato. Il presente documento costituisce "certificato acustico di progetto". L'atto conclusivo di certificazione acustica della struttura edilizia di progetto sarà il "Certificato di conformità ai requisiti acustici passivi degli edifici" e potrà essere ottenuto sulla base di un collaudo in opera o mediante autocertificazione da parte del tecnico competente in acustica congiuntamente al progettista, al costruttore e al direttore dei lavori, attestando che le ipotesi progettuali sono state soddisfatte.

**Nota per il Committente ed il Direttore dei Lavori:** al fine della predisposizione della certificazione a fine lavori, conservare le *fatture d'acquisto* dei materiali riferiti alla costruzione del fabbricato in oggetto, e le *schede tecniche* degli stessi materiali comprensive dei certificati di prova (da richiedere al fornitore) in cui siano riportati i valori di spessore, massa superficiale espressa in  $\text{kg/m}^2$ , indice d'isolamento acustico, indice di rigidità dinamica, etc. Il certificato di conformità accompagnerà la struttura edilizia su cui si è intervenuti in tutte le contrattazioni di vendita e di locazione dell'immobile. Il certificato di conformità avrà validità temporale di 10 anni a partire dalla data del rilascio e decadrà qualora intervengano modifiche, ristrutturazioni o variazioni d'uso dell'immobile.

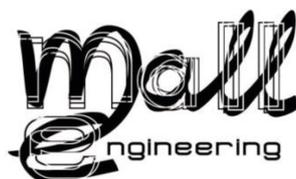
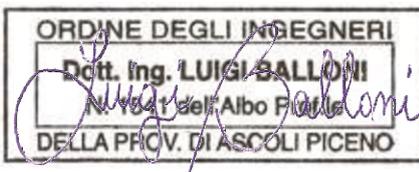
San Benedetto del Tronto, 20 Novembre 2016

### IL TECNICO COMPETENTE IN ACUSTICA

#### E PROGETTISTA ACUSTICO:

Dott. Ing. Luigi Balloni

D.D. n. 200/TRA\_08 del 30.11.2006 (Regione Marche)



Mall Engineering Srl

Via Pontida, 6 - 63074 San Benedetto del Tronto (AP)

P.IVA: 02038480444 - Tel./Fax: 0735751917

Email: [mallengineering srl@pec.it](mailto:mallengineering srl@pec.it) - [www.mallengineering.eu](http://www.mallengineering.eu)

Dott. Ing. Luigi Balloni - Cell.: +39 3493117658

E-mail: [luigi.balloni@gmail.com](mailto:luigi.balloni@gmail.com) - E-mail certificata: [luigi.balloni@ingpec.eu](mailto:luigi.balloni@ingpec.eu)

Dott. Ing. Amabili Fabio - Dott. Ing. Capecci Mario

PER PRESA VISIONE

Il Committente

Il Direttore dei Lavori

# ALLEGATO 1

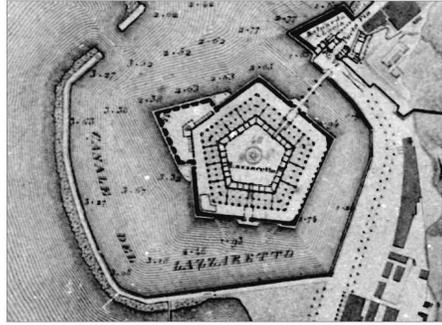
Pianta e sezione – Stato di progetto

Indice di isolamento acustico  $R_w$  degli elementi finestrati > 40 dB

NOTA

Per tavole più dettagliate fare riferimento a quelle allegate al progetto architettonico.

COMUNE DI ANCONA  
 AREA LAVORI PUBBLICI  
 SETTORE INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE URBANA  
 EDILIZIA STORICO MONUMENTALE



RECUPERO DELLA MOLE VANVITELLIANA - 2° lotto  
 finanziamento "Piano nazionale delle città" - Art.12 D.L.83/2012

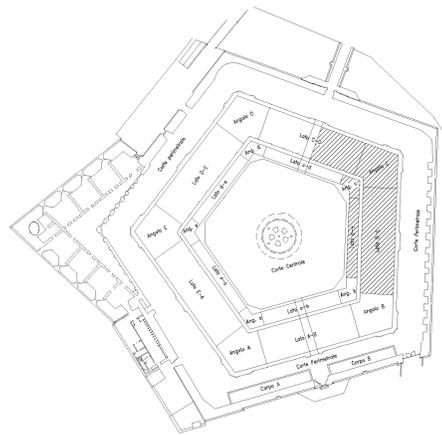
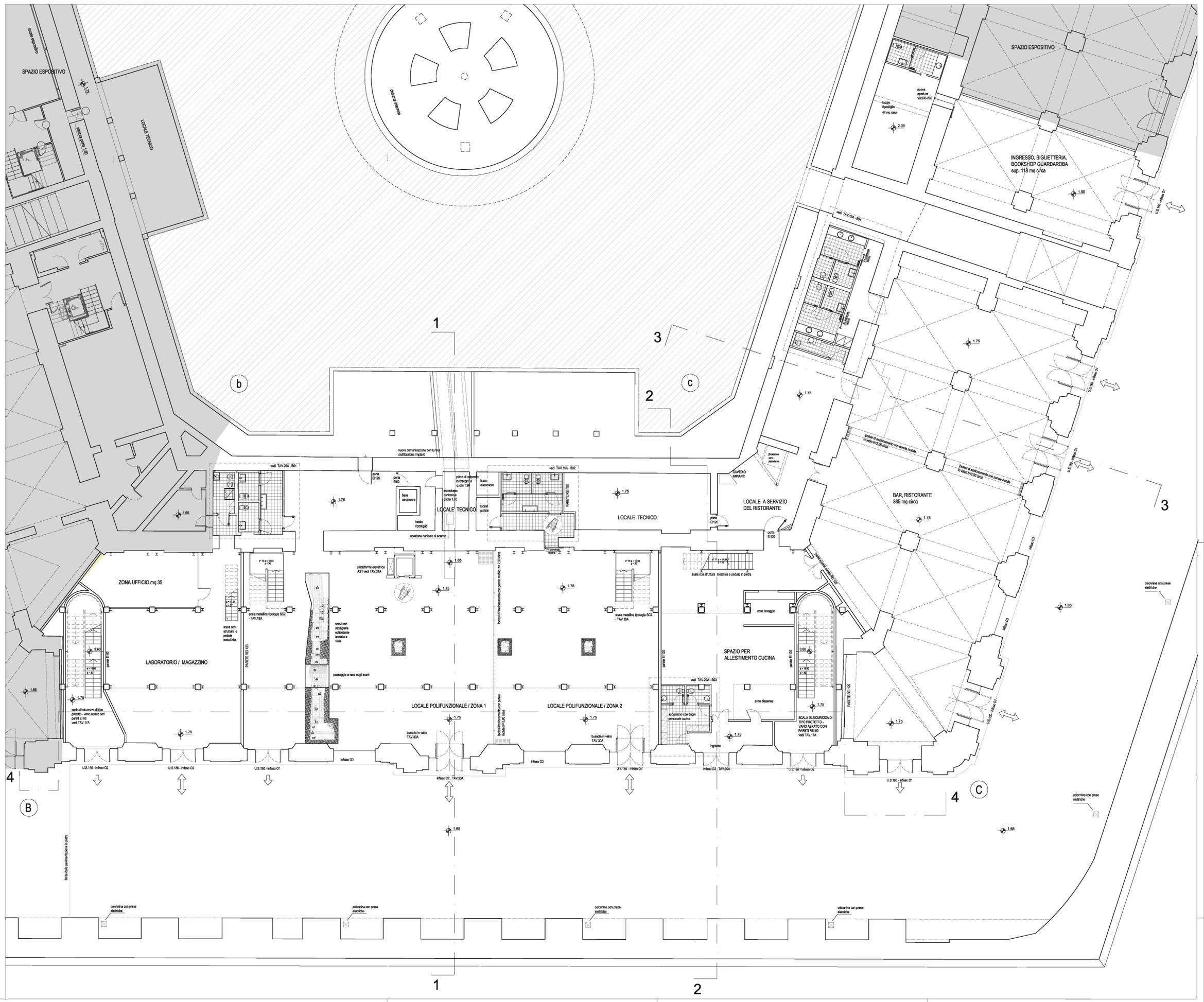
PIANTA A QUOTA 1,75

febbraio 2016 scala 1:100

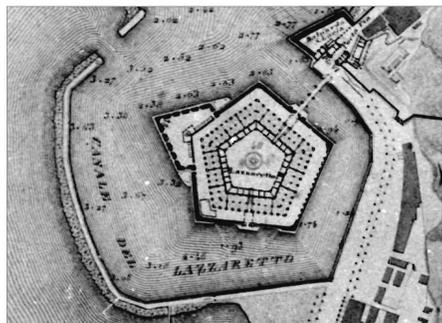
responsabile del procedimento : Ing. Luciano Lucchetti

progetto architettonico collaboratori  
 Arch. Patrizia Piatteletti Ing. Massimo Conti  
 Geom. Rocco De Santis Geom. Stefano Mancinelli  
 Geom. Umberto Montesi Ing. David Francescangeli

TAV.03A



COMUNE DI ANCONA  
 AREA LAVORI PUBBLICI  
 SETTORE INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE URBANA  
 EDILIZIA STORICO MONUMENTALE



RECUPERO DELLA MOLE VANVITELLIANA - 2° lotto  
 finanziamento "Piano nazionale delle città" - Art.12 D.L.83/2012

PIANTA A QUOTA 4,80

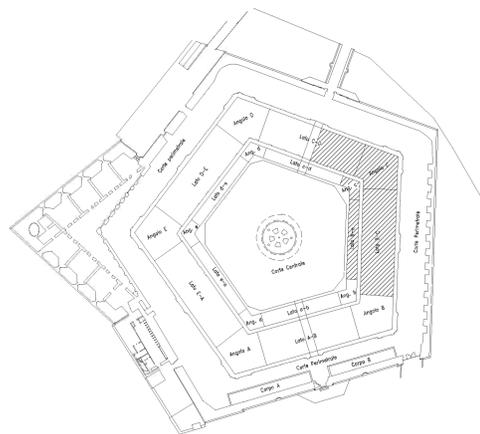
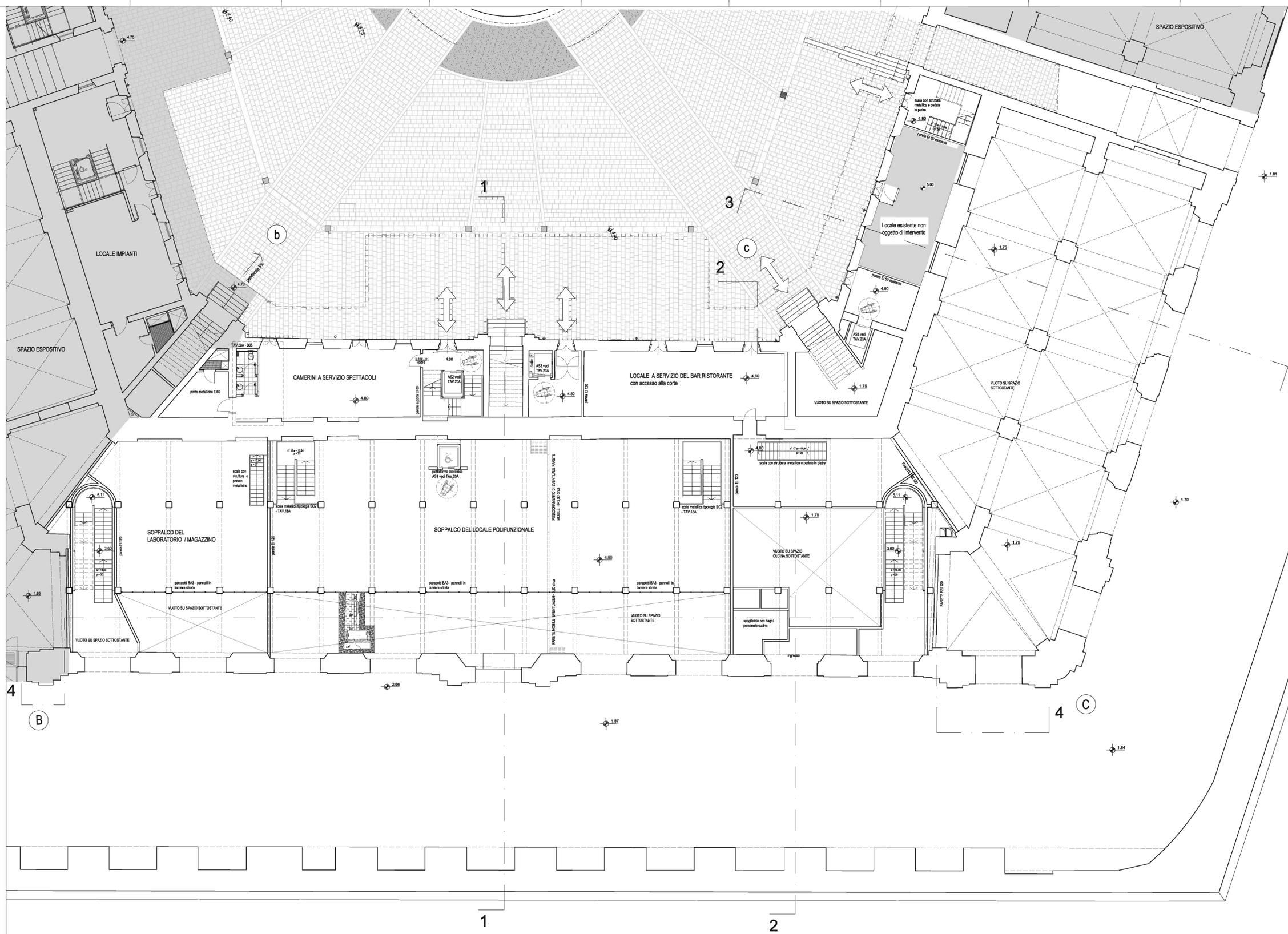
febbraio 2016 scale 1:100

responsabile del procedimento : Ing. Luciano Lucchetti

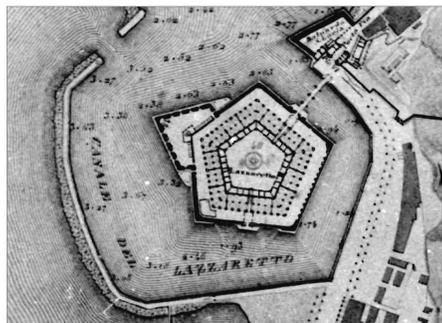
progetto architettonico  
 Arch. Patrizia Piattellelli  
 Geom. Umberto Montesi

collaboratori  
 Ing. Massimo Conti  
 Geom. Stefano Mancinelli  
 Geom. Rocco De Santis  
 Ing. David Francescangeli

TAV.04A



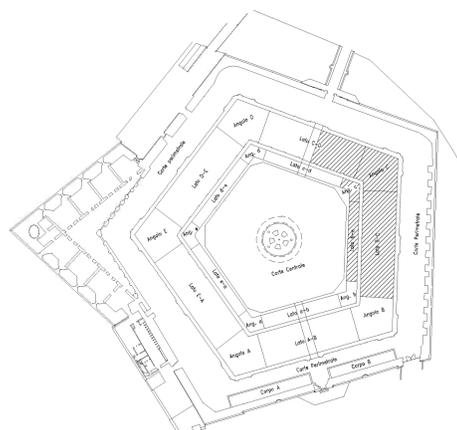
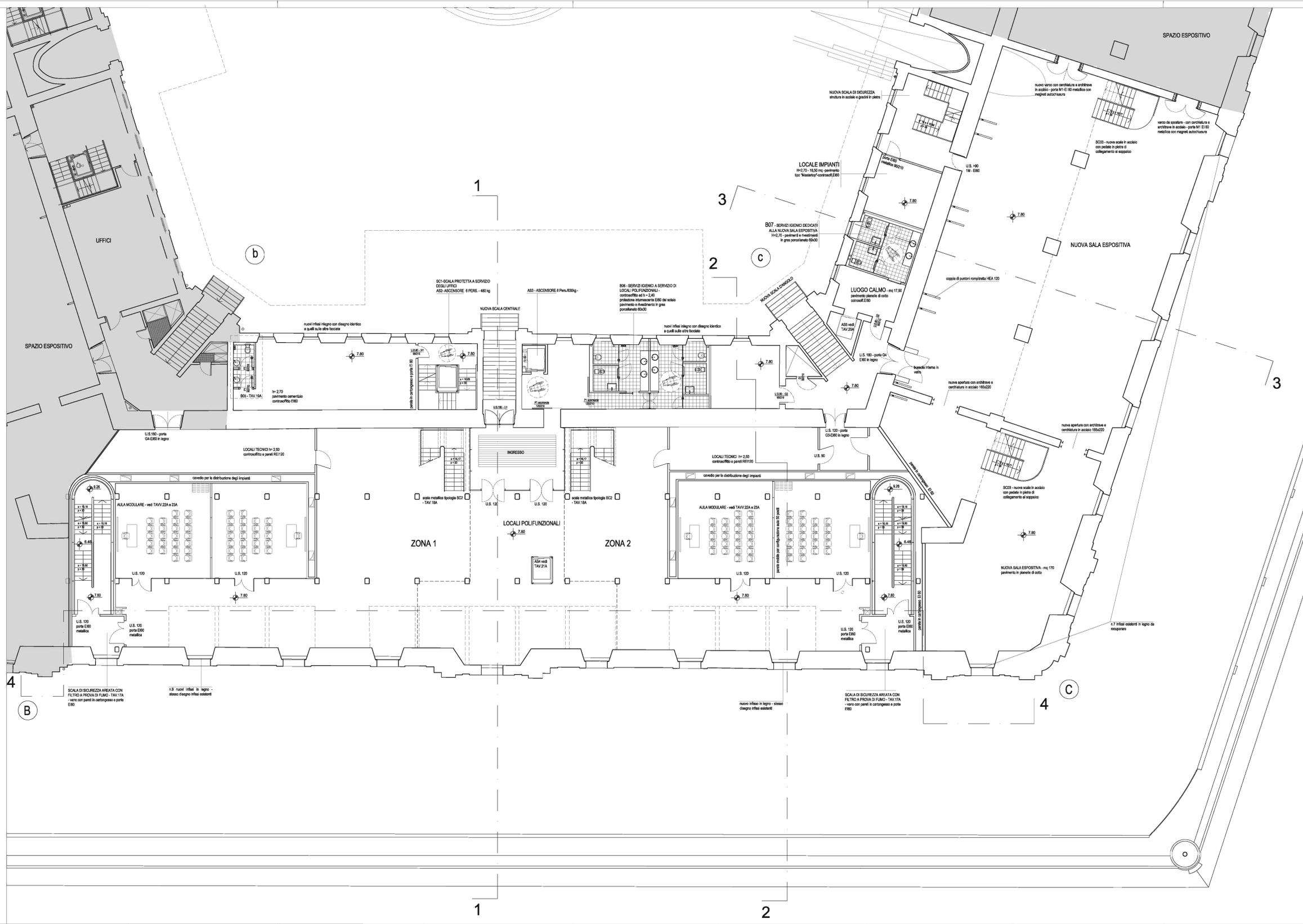
COMUNE DI ANCONA  
 AREA LAVORI PUBBLICI  
 SETTORE INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE URBANA  
 EDILIZIA STORICO MONUMENTALE



RECUPERO DELLA MOLE VANVITELLIANA - 2° lotto  
 finanziamento "Piano nazionale delle città" - Art.12 D.L. 83/2012

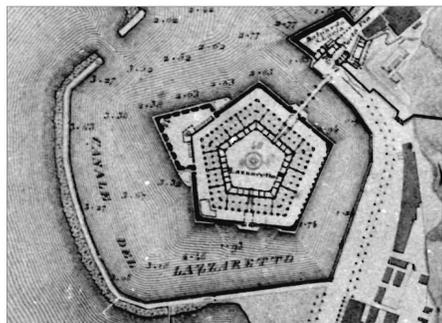
PIANTA A QUOTA 7,80

febbraio 2016	scale 1:100
responsabile del procedimento :	Ing. Luciano Lucchetti
progetto architettonico	collaboratori
Arch. Patrizia Piattalelli	Ing. Massimo Conti
Geom. Umberto Montesi	Geom. Stefano Mancinelli
	Geom. Rocco De Sanctis
	Ing. David Francescangeli
<b>TAV.05A</b>	





COMUNE DI ANCONA  
 AREA LAVORI PUBBLICI  
 SETTORE INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE URBANA  
 EDILIZIA STORICO MONUMENTALE



RECUPERO DELLA MOLE VANVITELLIANA - 2° lotto  
 finanziamento "Piano nazionale delle città" - Art.12 D.L.83/2012

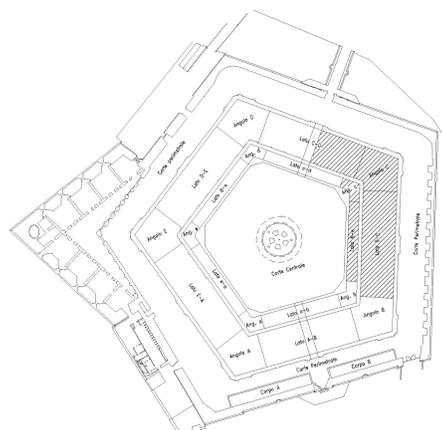
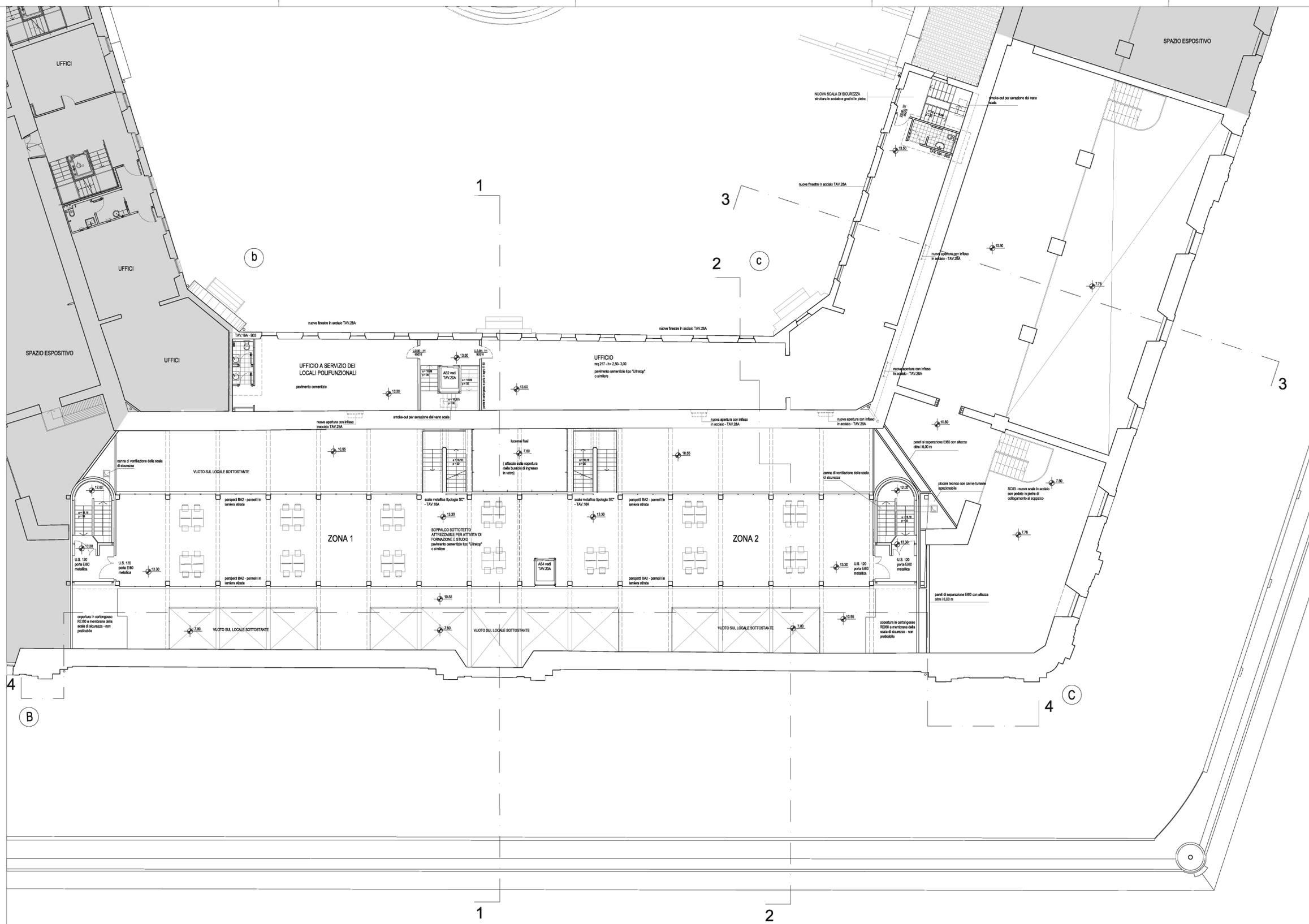
PIANTA A QUOTA 13,30

febbraio 2016 scale 1:100

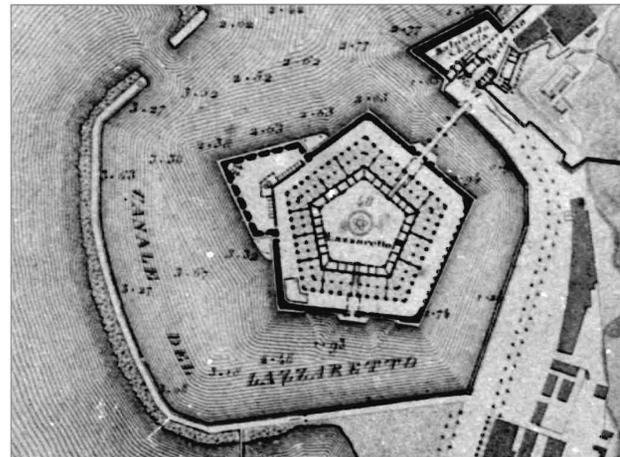
responsabile del procedimento : Ing. Luciano Lucchetti

progetto architettonico  
 Arch. Patrizia Piattellelli  
 Geom. Stefano Mancinelli  
 Geom. Rocco De Sanctis  
 Ing. David Francescangeli

**TAV.07A**



COMUNE DI ANCONA  
 AREA LAVORI PUBBLICI  
 SETTORE INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE URBANA  
 EDILIZIA STORICO MONUMENTALE



RECUPERO DELLA MOLE VANVITELLIANA - 2° lotto  
 finanziamento "Piano nazionale delle città" - Art.12 D.L.83/2012

PROGETTO DEFINITIVO ARCHITETTONICO  
 SEZIONI TRASVERSALI LATO B-C n. 1-1; 2-2

ottobre 2013

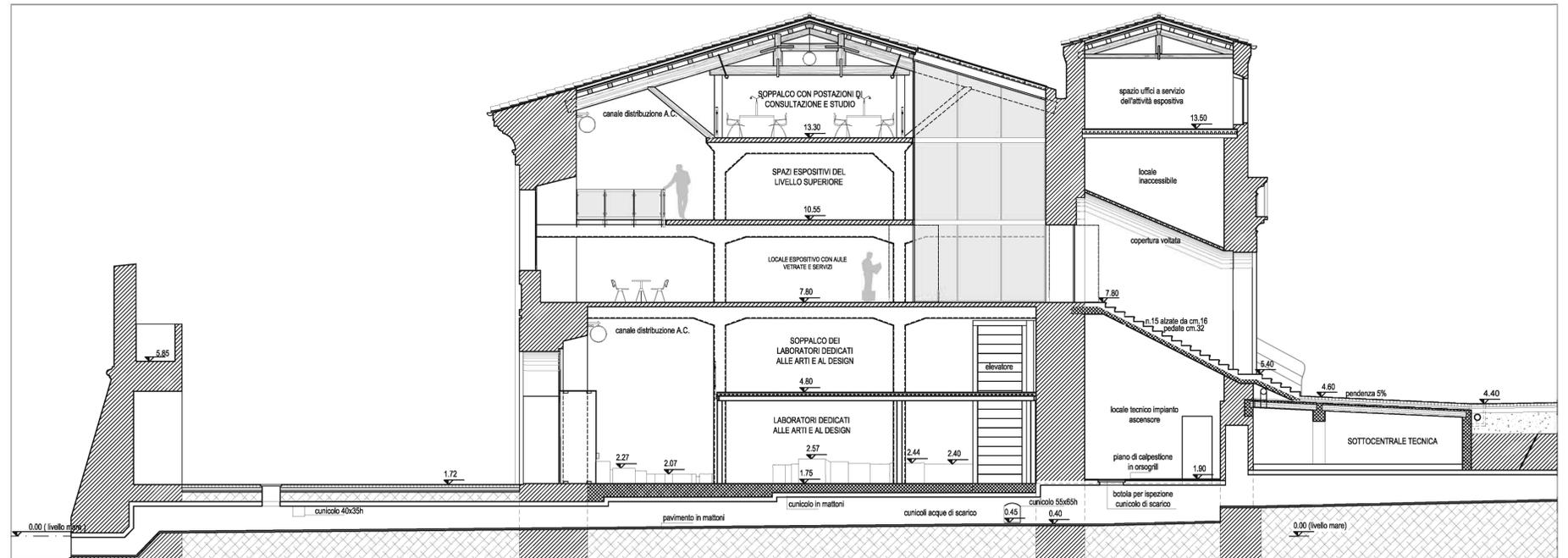
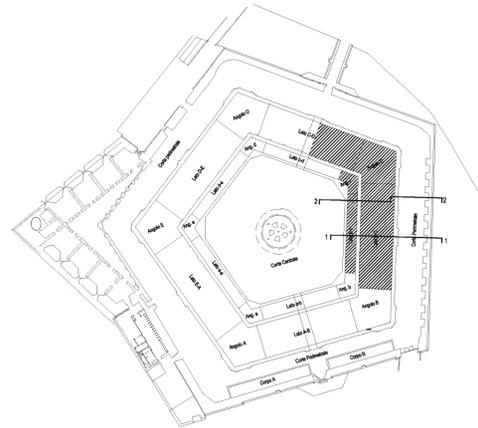
scala 1:100

responsabile del procedimento : Ing. Luciano Lucchetti

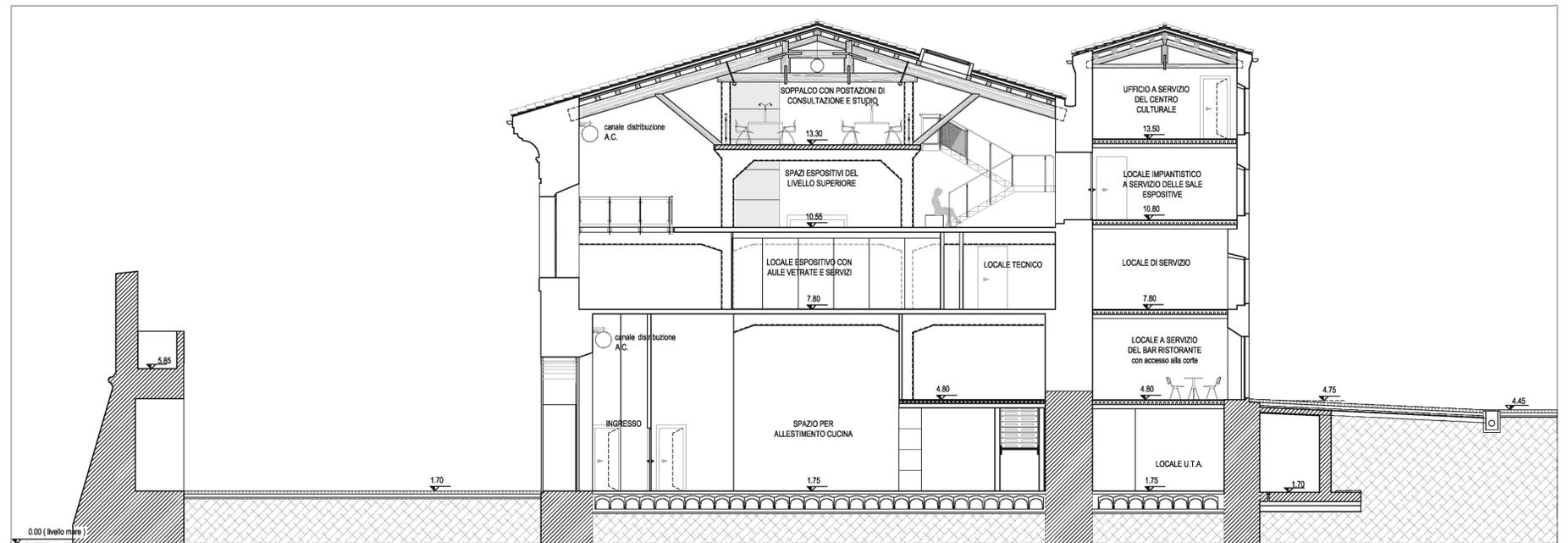
progetto architettonico  
 Arch. Anna Teresa Giovannini  
 Geom. Umberto Montesi  
 Arch. Patrizia Piatteletti

collaboratori  
 Geom. Stefano Mancinelli  
 Ing. Massimo Barbi  
 Geom. Rocco De Sanctis  
 Ing. David Francescangeli  
 Geom. Danilo Manzotti  
 Ing. Federico Palmucci

TAV.12A

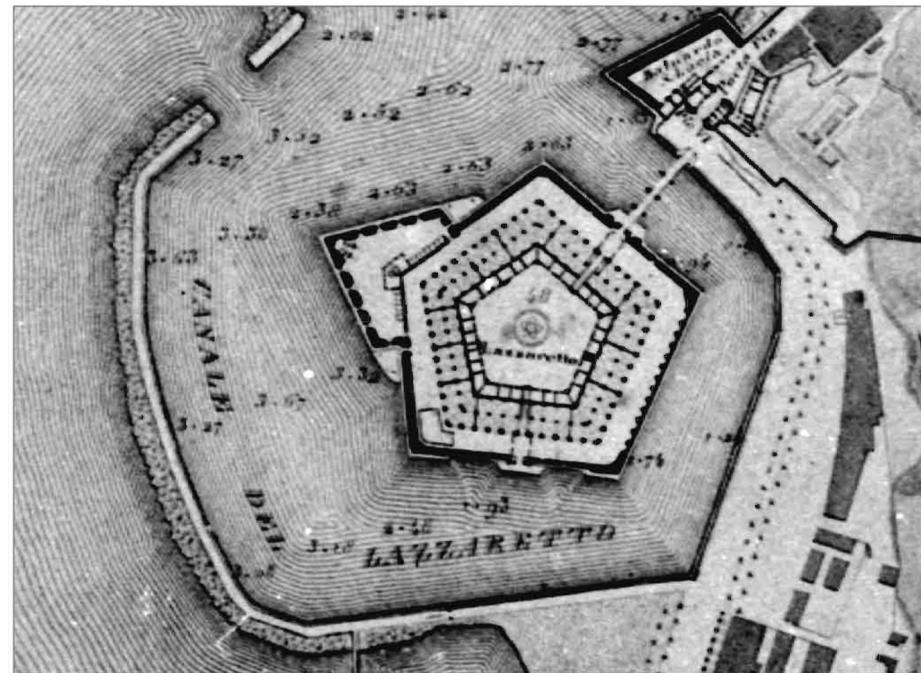


SEZIONE 1-1



SEZIONE 2-2

COMUNE DI ANCONA  
 AREA LAVORI PUBBLICI  
 SETTORE INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE URBANA  
 EDILIZIA STORICO MONUMENTALE



RECUPERO DELLA MOLE VANVITELLIANA - 2° lotto  
 finanziamento "Piano nazionale delle città" - Art.12 D.L.83/2012

RILIEVO  
 LATO C-D - Sezione trasversale 3-3

ottobre 2015

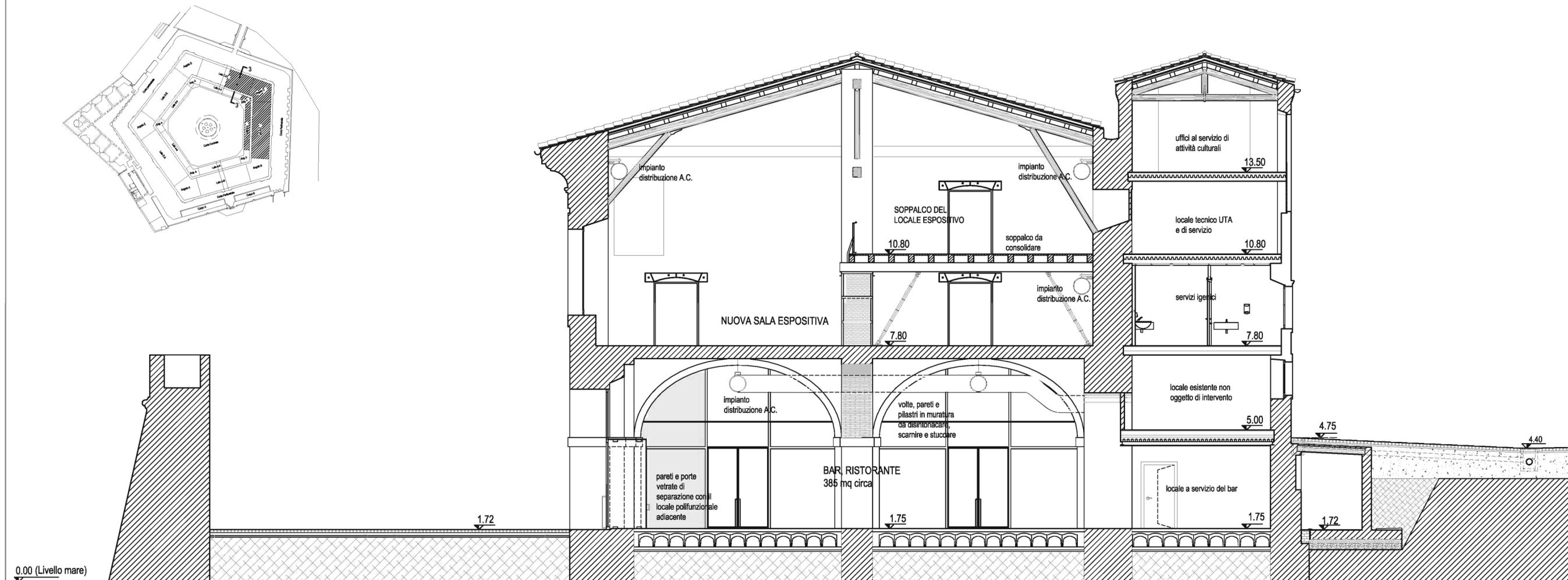
scala 1:100

responsabile del procedimento : Ing. Luciano Lucchetti

progetto architettonico  
 Arch. Patrizia Piatteletti  
 Geom. Umberto Montesi

collaboratori  
 Geom. Stefano Mancinelli  
 Ing. Massimo Barbi  
 Geom. Rocco De Sanctis  
 Ing. David Francescangeli  
 Geom. Danilo Manzotti

TAV.13A



Sezione 3-3

# ALLEGATO 2

Fogli di calcolo (Analisi previsionale)

# ISOLAMENTO DI RUMORE PER VIA AEREA TRA AMBIENTI ORIZZONTALI

**Modello di calcolo semplificato - Norma UNI EN 12354-1**

**DPCM 05/12/1997 - Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici**

**Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di elementi di separazione fra ambienti (tra due distinte unità immobiliari)**

<b>Categoria Edifici</b>	<b><math>R'_w</math></b>
<i>D : Ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili</i>	<i>55</i>
<i>A : Residenze o assimilabili</i>	<i>50</i>
<i>C : Alberghi pensioni e assimilabili</i>	<i>50</i>
<i>E : Scuole a tutti i livelli e assimilabili</i>	<i>50</i>
<i>B : Uffici e assimilabili</i>	<i>50</i>
<i>F : Attività ricreative o di culto o assimilabili</i>	<i>50</i>
<i>G : Attività commerciali o assimilabili</i>	<i>50</i>

## Isolamento di rumore per via aerea tra ambienti vicini e sullo stesso piano

Modello di calcolo semplificato

Norma UNI EN 12354-1

Oggetto della verifica: **PARETE DI SEPARAZIONE TRA**  
 Locale Polifunzionale Zona 1 e Locale Polifunzionale Zona 2

D.P.C.M. 05.12.1997

$R'_w > 50 \text{ dB}$

Dati di ingresso:

Parete divisoria: Parete interna di separazione tra diverse unità da 150mm - Soluzione Tipo M2 (per maggiori dettagli consultare il Capitolo 5 del "Certificato acustico di progetto").

Solaio Inferiore: Pavimento su struttura in c.l.s. - Soluzione Tipo P1 (per maggiori dettagli consultare il Capitolo 5 del "Certificato acustico di progetto").

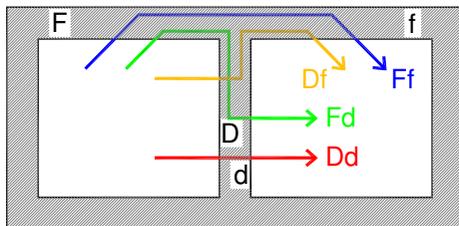
Solaio Superiore: Pavimento su struttura ad igloo - Soluzione Tipo P2 (per maggiori dettagli consultare il Capitolo 5 del "Certificato acustico di progetto").

Parete dx: Parete perimetrale - Soluzione Tipo M1 (per maggiori dettagli consultare il Capitolo 5 del "Certificato acustico di progetto").

Parete sx: Parete perimetrale - Soluzione Tipo M1 (per maggiori dettagli consultare il Capitolo 5 del "Certificato acustico di progetto").

Dimensione parete di separazione:  $b = 15,0 \text{ m}$   $h = 6,0 \text{ m}$

Presenza di un pilastro?  NO  $S_{\text{pilastri}} = \text{ } \text{ m}^2$   $R_{w \text{ pil}} = \text{ } \text{ dB}$



Percorsi di trasmissione sonora *if* tra i due ambienti

Dati di ingresso	Caratteristiche Elementi			Elementi Laterali		Elemento Centrale		
	S	m'	R <sub>w</sub>	Parete a cassetta		S <sub>pilastri</sub>	R <sub>w pil</sub>	R <sub>w corr</sub>
	[m <sup>2</sup> ]	[Kg/m <sup>2</sup> ]	[dB]			[m <sup>2</sup> ]	[dB]	[dB]
Parete (D=d)	90	64,5	64,0			-	-	64,0
Solaio inf. (F=f=1)	-	299	49,0			-	-	-
Solaio sup. (F=f=2)	-	299	49,0			-	-	-
Parete dx (F=f=3)	-	988	58,0	NO		-	-	-
Parete sx (F=f=4)	-	988	58,0	NO		-	-	-

Dati di ingresso	Giunto					
	Tipo di Giunto	m'	m' <sub>si</sub> / m' <sub>si</sub>	M	l <sub>ij</sub>	K <sub>ef</sub>
		[Kg/m <sup>2</sup> ]			[m]	[dB]
Solaio inf. (F=f=1)	2	299	0,22	-0,666	15,0	-1,2
Solaio sup. (F=f=2)	1	299	0,22	-0,666	15,0	-0,2
Parete dx (F=f=3)	2	988	0,07	-1,185	6,0	-3,0
Parete sx (F=f=4)	2	988	0,07	-1,185	6,0	-3,0

Dati di ingresso	Giunto					
	Tipo di Giunto	m'	m' <sub>si</sub> / m' <sub>si</sub>	M	l <sub>ij</sub>	K <sub>fd</sub>
		[Kg/m <sup>2</sup> ]			[m]	[dB]
Solaio inf. (F=1)	2	299	0,22	-0,666	15	8,2
Solaio sup. (F=2)	1	299	0,22	-0,666	15	11,2
Parete dx (F=3)	2	988	0,07	-1,185	6	13,7
Parete sx (F=4)	2	988	0,07	-1,185	6	13,7

Dati di ingresso	Giunto					
	Tipo di Giunto	m'	m' <sub>si</sub> / m' <sub>si</sub>	M	l <sub>ij</sub>	K <sub>df</sub>
		[Kg/m <sup>2</sup> ]			[m]	[dB]
Solaio inf. (f=1)	2	299	4,64	0,666	15	8,2
Solaio sup. (f=2)	1	299	4,64	0,666	15	11,2
Parete dx (f=3)	2	988	15,32	1,185	6	13,7
Parete sx (f=4)	2	988	15,32	1,185	6	13,7

### Valutazione dell'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante mediante rivestimenti addizionali $\Delta R_{ij,w}$

Parete divisoria  Presenza di rivestimenti addizionali  NO  
 Controparete presente in entrambi gli ambienti  NO

Stanza Disturbante

$\Delta R_{D,w} = 0,0 \text{ dB}$

Stanza Ricevente

$\Delta R_{d,w} = 0,0 \text{ dB}$

**Riepilogo**  $\Delta R_{Dd,w} = 0 \text{ dB}$

**Solaio inferiore** Presenza di pavimento galleggiante  
Pavimento galleggiante presente in entrambi gli ambienti

NO

NO

Stanza Disturbante


$$\Delta R_{F=1,w} = 0,0 \text{ dB}$$

Stanza Ricevente


$$\Delta R_{f=1,w} = 0,0 \text{ dB}$$

Riepilogo

$$\Delta R_{11,w} = 0,0 \text{ dB}$$

**Solaio superiore** Presenza di Controsoffitto

Controsoffitto presente in entrambi gli ambienti

NO

NO

Stanza Disturbante


$$\Delta R_{F=2,w} = 0,0 \text{ dB}$$

Stanza Ricevente


$$\Delta R_{f=2,w} = 0,0 \text{ dB}$$

Riepilogo

$$\Delta R_{22,w} = 0,0 \text{ dB}$$

**Parete dx** Presenza di rivestimenti aggiuntivi  
Controparete presente in entrambi gli ambienti

NO

NO

Stanza Disturbante


$$\Delta R_{F=3,w} = 0,0 \text{ dB}$$

Stanza Ricevente


$$\Delta R_{f=3,w} = 0,0 \text{ dB}$$

Riepilogo

$$\Delta R_{33,w} = 0,0 \text{ dB}$$

**Parete sx** Presenza di rivestimenti aggiuntivi  
Controparete presente in entrambi gli ambienti

NO

NO

Stanza Disturbante


$$\Delta R_{F=4,w} = 0,0 \text{ dB}$$

Stanza Ricevente


$$\Delta R_{f=4,w} = 0,0 \text{ dB}$$

Riepilogo

$$\Delta R_{44,w} = 0,0 \text{ dB}$$

### Risultati

Parete di separazione	$R_{Dd} = 64,0 \text{ dB}$
	$R_{1d} = 72,5 \text{ dB}$
	$R_{2d} = 75,5 \text{ dB}$
	$R_{3d} = 86,5 \text{ dB}$
	$R_{4d} = 86,5 \text{ dB}$
Solaio inferiore	$R_{D1} = 72,5 \text{ dB}$
	$R_{11} = 55,6 \text{ dB}$
Solaio superiore	$R_{D2} = 75,5 \text{ dB}$
	$R_{22} = 56,6 \text{ dB}$
Parete dx	$R_{D3} = 86,5 \text{ dB}$
	$R_{33} = 66,8 \text{ dB}$
Parete sx	$R_{D4} = 86,5 \text{ dB}$
	$R_{44} = 66,8 \text{ dB}$

### Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente

$$R'_w = 52,3 \text{ dB}$$

Verifica soddisfatta

### Isolamento di rumore per via aerea tra ambienti vicini e sullo stesso piano

Modello di calcolo semplificato

Norma UNI EN 12354-1

Oggetto della verifica: PARETE DI SEPARAZIONE TRA  
Locale Polifunzionale Zona 2 e cucina

D.P.C.M. 05.12.1997

$$R'_w > 50 \text{ dB}$$

Dati di ingresso:

Parete divisoria: Parete interna di separazione tra diverse unità da 150mm - Soluzione Tipo M2 (per maggiori dettagli consultare il Capitolo 5 del "Certificato acustico di progetto").

Solaio Inferiore: Pavimento su struttura in c.l.s. - Soluzione Tipo P1 (per maggiori dettagli consultare il Capitolo 5 del "Certificato acustico di progetto").

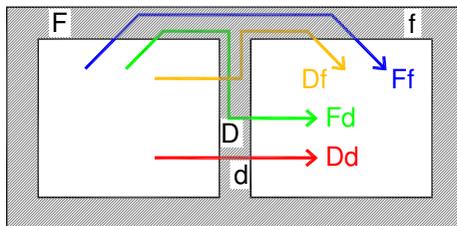
Solaio Superiore: Pavimento su struttura ad igloo - Soluzione Tipo P2 (per maggiori dettagli consultare il Capitolo 5 del "Certificato acustico di progetto").

Parete dx: Parete perimetrale - Soluzione Tipo M1 (per maggiori dettagli consultare il Capitolo 5 del "Certificato acustico di progetto").

Parete sx: Parete perimetrale - Soluzione Tipo M1 (per maggiori dettagli consultare il Capitolo 5 del "Certificato acustico di progetto").

Dimensione parete di separazione:  $b = 15,0 \text{ m}$   $h = 6,0 \text{ m}$

Presenza di un pilastro? NO  $S_{\text{pilastri}} = \text{m}^2$   $R_{w \text{ pil}} = \text{dB}$



Percorsi di trasmissione sonora *if* tra i due ambienti

Dati di ingresso	Caratteristiche Elementi			Elementi Laterali		Elemento Centrale		
	S	m'	R <sub>w</sub>	Parete a cassetta		S <sub>pilastri</sub>	R <sub>w pil</sub>	R <sub>w corr</sub>
	[m <sup>2</sup> ]	[Kg/m <sup>2</sup> ]	[dB]			[m <sup>2</sup> ]	[dB]	[dB]
Parete (D=d)	90	64,5	64,0			-	-	64,0
Solaio inf. (F=f=1)	-	299	49,0			-	-	-
Solaio sup. (F=f=2)	-	299	49,0			-	-	-
Parete dx (F=f=3)	-	988	58,0	NO		-	-	-
Parete sx (F=f=4)	-	988	58,0	NO		-	-	-

Dati di ingresso		Giunto				
Tipo di Giunto		m'	m' <sub>1</sub> / m' <sub>1</sub>	M	l <sub>ij</sub>	K <sub>ef</sub>
		[Kg/m <sup>2</sup> ]			[m]	[dB]
Solaio inf. (F=f=1)	2	299	0,22	-0,666	15,0	-1,2
Solaio sup. (F=f=2)	1	299	0,22	-0,666	15,0	-0,2
Parete dx (F=f=3)	2	988	0,07	-1,185	6,0	-3,0
Parete sx (F=f=4)	2	988	0,07	-1,185	6,0	-3,0

Dati di ingresso		Giunto				
Tipo di Giunto		m'	m' <sub>1</sub> / m' <sub>1</sub>	M	l <sub>ij</sub>	K <sub>fd</sub>
		[Kg/m <sup>2</sup> ]			[m]	[dB]
Solaio inf. (F=1)	2	299	0,22	-0,666	15	8,2
Solaio sup. (F=2)	1	299	0,22	-0,666	15	11,2
Parete dx (F=3)	2	988	0,07	-1,185	6	13,7
Parete sx (F=4)	2	988	0,07	-1,185	6	13,7

Dati di ingresso		Giunto				
Tipo di Giunto		m'	m' <sub>1</sub> / m' <sub>1</sub>	M	l <sub>ij</sub>	K <sub>df</sub>
		[Kg/m <sup>2</sup> ]			[m]	[dB]
Solaio inf. (f=1)	2	299	4,64	0,666	15	8,2
Solaio sup. (f=2)	1	299	4,64	0,666	15	11,2
Parete dx (f=3)	2	988	15,32	1,185	6	13,7
Parete sx (f=4)	2	988	15,32	1,185	6	13,7

#### Valutazione dell'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante mediante rivestimenti addizionali $\Delta R_{ij,w}$

Parete divisoria Presenza di rivestimenti addizionali   
 Controparete presente in entrambi gli ambienti

Stanza Disturbante

$$\Delta R_{D,w} = 0,0 \text{ dB}$$

Stanza Ricevente

$$\Delta R_{d,w} = 0,0 \text{ dB}$$

Riepilogo  $\Delta R_{Dd,w} = 0 \text{ dB}$

**Solaio inferiore** Presenza di pavimento galleggiante  
Pavimento galleggiante presente in entrambi gli ambienti

NO

NO

Stanza Disturbante


$$\Delta R_{F=1,w} = 0,0 \text{ dB}$$

Stanza Ricevente


$$\Delta R_{f=1,w} = 0,0 \text{ dB}$$

Riepilogo

$$\Delta R_{11,w} = 0,0 \text{ dB}$$

**Solaio superiore** Presenza di Controsoffitto

Controsoffitto presente in entrambi gli ambienti

NO

NO

Stanza Disturbante


$$\Delta R_{F=2,w} = 0,0 \text{ dB}$$

Stanza Ricevente


$$\Delta R_{f=2,w} = 0,0 \text{ dB}$$

Riepilogo

$$\Delta R_{22,w} = 0,0 \text{ dB}$$

**Parete dx** Presenza di rivestimenti aggiuntivi  
Controparete presente in entrambi gli ambienti

NO

NO

Stanza Disturbante


$$\Delta R_{F=3,w} = 0,0 \text{ dB}$$

Stanza Ricevente


$$\Delta R_{f=3,w} = 0,0 \text{ dB}$$

Riepilogo

$$\Delta R_{33,w} = 0,0 \text{ dB}$$

**Parete sx** Presenza di rivestimenti aggiuntivi  
Controparete presente in entrambi gli ambienti

NO

NO

Stanza Disturbante


$$\Delta R_{F=4,w} = 0,0 \text{ dB}$$

Stanza Ricevente


$$\Delta R_{f=4,w} = 0,0 \text{ dB}$$

Riepilogo

$$\Delta R_{44,w} = 0,0 \text{ dB}$$

### Risultati

Parete di separazione	$R_{Dd} = 64,0 \text{ dB}$
	$R_{1d} = 72,5 \text{ dB}$
	$R_{2d} = 75,5 \text{ dB}$
	$R_{3d} = 86,5 \text{ dB}$
	$R_{4d} = 86,5 \text{ dB}$
Solaio inferiore	$R_{D1} = 72,5 \text{ dB}$
	$R_{11} = 55,6 \text{ dB}$
Solaio superiore	$R_{D2} = 75,5 \text{ dB}$
	$R_{22} = 56,6 \text{ dB}$
Parete dx	$R_{D3} = 86,5 \text{ dB}$
	$R_{33} = 66,8 \text{ dB}$
Parete sx	$R_{D4} = 86,5 \text{ dB}$
	$R_{44} = 66,8 \text{ dB}$

### Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente

$$R'_w = 52,3 \text{ dB}$$

Verifica soddisfatta

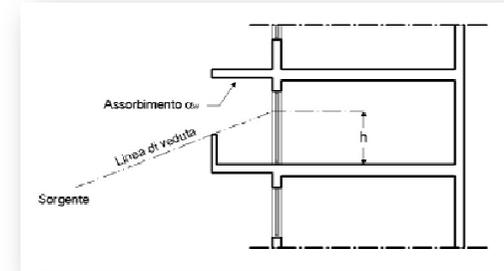
# ISOLAMENTO ACUSTICO CONTRO IL RUMORE PROVENIENTE DALL'ESTERNO PER VIA AEREA

**Modello di calcolo semplificato - Norma UNI EN 12354-3**

**DPCM 05/12/1997 - Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici**

Indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata (normalizzato rispetto al tempo di riverberazione)

Categoria Edifici	$D_{2m,nT,w}$
<i>D</i> : Ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili	45
<i>A</i> : Residenze o assimilabili	40
<i>C</i> : Alberghi pensioni e assimilabili	48
<i>B</i> : Uffici e assimilabili	42
<i>F</i> : Attività ricreative o di culto o assimilabili	
<i>G</i> : Attività commerciali o assimilabili	

Tabella per la determinazione della differenza del livello di pressione sonora per la forma della facciata  $\Delta L_{fs}$ .

	Facciata piana	Ballatoio			Ballatoio			Ballatoio			Ballatoio		
$\alpha_w$	NSA	=0,3	0,6	=0,9	=0,3	0,6	=0,9	=0,3	0,6	=0,9	=0,3	0,6	=0,9
$h < 1,5 \text{ m}$	0	-1	-1	0	-1	-1	0	0	NSA	1			NSA
$1,5 \text{ m} \leq h \leq 2,5 \text{ m}$	0		NSA		-1	0	2	0	1	3			NSA
$h > 2,5 \text{ m}$	0		NSA		1	1	2	2	2	3	3	4	6

	Balcone			Balcone			Balcone			Terrazza					
$\alpha_w$	=0,3	0,6	=0,9	=0,3	0,6	=0,9	=0,3	0,6	=0,9	=0,3	0,6	=0,9	=0,3	0,6	=0,9
$h < 1,5 \text{ m}$	-1	-1	0	0	0	1	1	1	2	2	1	1	3	3	3
$1,5 \text{ m} \leq h \leq 2,5 \text{ m}$	-1	1	3	0	2	4	1	1	2	3	4	5	5	6	7
$h > 2,5 \text{ m}$	1	2	3	2	3	4	1	1	2	4	4	5	6	6	7

## Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea

Modello di calcolo semplificato

Norma UNI EN 12354-3

Oggetto della verifica: **PIANO QUOTA 1,75**  
 Locale polifunzionale zona 1

D.P.C.M. 05.12.1997

$D_{2m,nT,w} > 40 \text{ dB}$

Dati di ingresso:

Parete esterna: Parete esterna perimetrale - Soluzione tipo M1 (Per maggiori dettagli consultare il certificato acustico di progetto).

Infissi: Sistema infisso + vetro + serramento con indice di isolamento acustico  $R_w$  certificato dalla ditta costruttrice o da istituto competente non inferiore a quanto riportato in questo foglio di calcolo.

Sistema oscurante: Non sono previste cassonetti per serrande avvolgibili né persiane.

Note: Non si registra la presenza di fori di areazione o altri particolari ponti acustici.

Dimensione facciata esterna:

h = 6,00 m

b1 = 19,45 m

b2 = 0,00 m

b3 = 0,00 m

Volume dell'ambiente ricevente

Area = 286,00 m<sup>2</sup>

Dati di ingresso:

Superficie della facciata

 $S_{tot} = 116,70 \text{ m}^2$ 

Volume dell'ambiente ricevente

V = 1716,0 m<sup>3</sup>

Contributo alla trasmissione laterale

K = 2

Caratteristiche degli elementi di facciata		Dati geometrici				Caratt. Acustiche		
		Presenza	$S_i$ [m <sup>2</sup> ]	$S_i/S_{tot}$	$A_0$ [m <sup>2</sup> ]	$A_0/S_{tot}$	$R_w$ [dB]	$D_{n,e,w}$ [dB]
<b>Muratura</b>	<b>q.tà</b>							
Finestra 3230x3000	3	SI	29,07	0,2491	-	-	58,0	-
Finestra 1500x2000	1	NO	0,00	0	-	-	0,0	-
Finestra 1500x2000	1	NO	0,00	0	-	-	0,0	-
Finestra x	1	NO	0,00	0	-	-	0,0	-
Finestra x	1	NO	0,00	0	-	-	0,0	-
Finestra x	1	NO	0,00	0	-	-	0,0	-
Finestra x	1	NO	0,00	0	-	-	0,0	-
Portone x	1	NO	0,00	0	-	-	0,0	-
Foro di areazione	1	NO	-	-	-	0	-	0,0
Tapparelle	-	NO	-	-	-	0	-	0,0

 $R'_w = 43,8 \text{ dB}$ 
Differenza del livello di pressione sonora per la forma della facciata  $\Delta L_{fs}$ 

h = m

 $a_w =$ 
 $\Delta L_{fs} = 0,0 \text{ dB}$ 

Risultati

### Indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata

$D_{2m,nT,w} = 50,6 \text{ dB}$

Verifica soddisfatta

NOTE - Ambienti polifunzionali siti al piano terra soggetto alla continua apertura degli ingressi. Si consiglia un doppio ingresso per evitare l'uscita dei rumori dall'interno all'esterno dell'edificio.

## Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea

Modello di calcolo semplificato

Norma UNI EN 12354-3

Oggetto della verifica: **PIANO QUOTA 1,75**  
 Locale polifunzionale zona 2

D.P.C.M. 05.12.1997

$D_{2m,nT,w} > 40 \text{ dB}$

Dati di ingresso:

Parete esterna: Parete esterna perimetrale - Soluzione tipo M1 (Per maggiori dettagli consultare il certificato acustico di progetto).

Infissi: Sistema infisso + vetro + serramento con indice di isolamento acustico  $R_w$  certificato dalla ditta costruttrice o da istituto competente non inferiore a quanto riportato in questo foglio di calcolo.

Sistema oscurante: Non sono previste cassonetti per serrande avvolgibili né persiane.

Note: Non si registra la presenza di fori di areazione o altri particolari ponti acustici.

Dimensione facciata esterna:

h = 6,00 m

b1 = 12,70 m

b2 = 0,00 m

b3 = 0,00 m

Volume dell'ambiente ricevente

Area = 193,00 m<sup>2</sup>

Dati di ingresso:

Superficie della facciata

 $S_{tot} = 76,20 \text{ m}^2$ 

Volume dell'ambiente ricevente

V = 1158,0 m<sup>3</sup>

Contributo alla trasmissione laterale

K = 2

Caratteristiche degli elementi di facciata		Dati geometrici				Caratt. Acustiche		
		Presenza	$S_i$ [m <sup>2</sup> ]	$S_i/S_{tot}$	$A_0$ [m <sup>2</sup> ]	$A_0/S_{tot}$	$R_w$ [dB]	$D_{n,e,w}$ [dB]
<b>Muratura</b>	<b>q.tà</b>							
Finestra 3230x3000	2	SI	19,38	0,254331	-	-	40,0	-
Finestra 1500x2000	1	NO	0,00	0	-	-	0,0	-
Finestra 1500x2000	1	NO	0,00	0	-	-	0,0	-
Finestra x	1	NO	0,00	0	-	-	0,0	-
Finestra x	1	NO	0,00	0	-	-	0,0	-
Finestra x	1	NO	0,00	0	-	-	0,0	-
Finestra x	1	NO	0,00	0	-	-	0,0	-
Portone x	1	NO	0,00	0	-	-	0,0	-
Foro di areazione	1	NO	-	-	-	0	-	0,0
Tapparelle	-	NO	-	-	-	0	-	0,0

$R'_w = 43,7 \text{ dB}$

Differenza del livello di pressione sonora per la forma della facciata  $\Delta L_{fs}$ 

h = m

 $a_w =$ 

$\Delta L_{fs} = 0,0 \text{ dB}$

Risultati

**Indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata**

$D_{2m,nT,w} = 50,6 \text{ dB}$

Verifica soddisfatta

NOTE - Ambienti polifunzionali siti al piano terra soggetto alla continua apertura degli ingressi. Si consiglia un doppio ingresso per evitare l'uscita dei rumori dall'interno all'esterno dell'edificio.

## Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea

Modello di calcolo semplificato

Norma UNI EN 12354-3

Oggetto della verifica: **PIANO QUOTA 7,80**  
 Locale polifunzionale OPENSACE

D.P.C.M. 05.12.1997

$D_{2m,nT,w} > 40 \text{ dB}$

Dati di ingresso:

Parete esterna: Parete esterna perimetrale - Soluzione tipo M1 (Per maggiori dettagli consultare il certificato acustico di progetto).

Infissi: Sistema infisso + vetro + serramento con indice di isolamento acustico  $R_w$  certificato dalla ditta costruttrice o da istituto competente non inferiore a quanto riportato in questo foglio di calcolo.

Sistema oscurante: Non sono previste cassonetti per serrande avvolgibili né persiane.

Note: Non si registra la presenza di fori di areazione o altri particolari ponti acustici.

Dimensione facciata esterna:

h = 2,75 m

b1 = 55,00 m

b2 = 0,00 m

b3 = 0,00 m

Volume dell'ambiente ricevente

Area = 842,00 m<sup>2</sup>

Dati di ingresso:

Superficie della facciata

 $S_{tot} = 151,25 \text{ m}^2$ 

Volume dell'ambiente ricevente

V = 2315,5 m<sup>3</sup>

Contributo alla trasmissione laterale

K = 2

Caratteristiche degli elementi di facciata		Dati geometrici				Caratt. Acustiche		
		Presenza	$S_i$ [m <sup>2</sup> ]	$S_i/S_{tot}$	$A_0$ [m <sup>2</sup> ]	$A_0/S_{tot}$	$R_w$ [dB]	$D_{n,e,w}$ [dB]
<b>Muratura</b>	<b>q.tà</b>		124,25	0,821488	-	-	58,0	-
Finestra 3230x3000	1	NO	0,00	0	-	-	0,0	-
Finestra 1500x2000	4	SI	12,00	0,079339	-	-	40,0	-
Finestra 1500x2000	5	SI	15,00	0,099174	-	-	40,0	-
Finestra x	1	NO	0,00	0	-	-	0,0	-
Finestra x	1	NO	0,00	0	-	-	0,0	-
Finestra x	1	NO	0,00	0	-	-	0,0	-
Finestra x	1	NO	0,00	0	-	-	0,0	-
Portone x	1	NO	0,00	0	-	-	0,0	-
Foro di areazione	1	NO	-	-	-	0	-	0,0
Tapparelle	-	NO	-	-	-	0	-	0,0

$R'_w = 45,2 \text{ dB}$

Differenza del livello di pressione sonora per la forma della facciata  $\Delta L_{fs}$ 

h = m

 $a_w =$ 

$\Delta L_{fs} = 0,0 \text{ dB}$

Risultati

### Indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata

$D_{2m,nT,w} = 52,1 \text{ dB}$

Verifica soddisfatta

NOTE - Ambienti polifunzionali siti al piano terra soggetto alla continua apertura degli ingressi. Si consiglia un doppio ingresso per evitare l'uscita dei rumori dall'interno all'esterno dell'edificio.