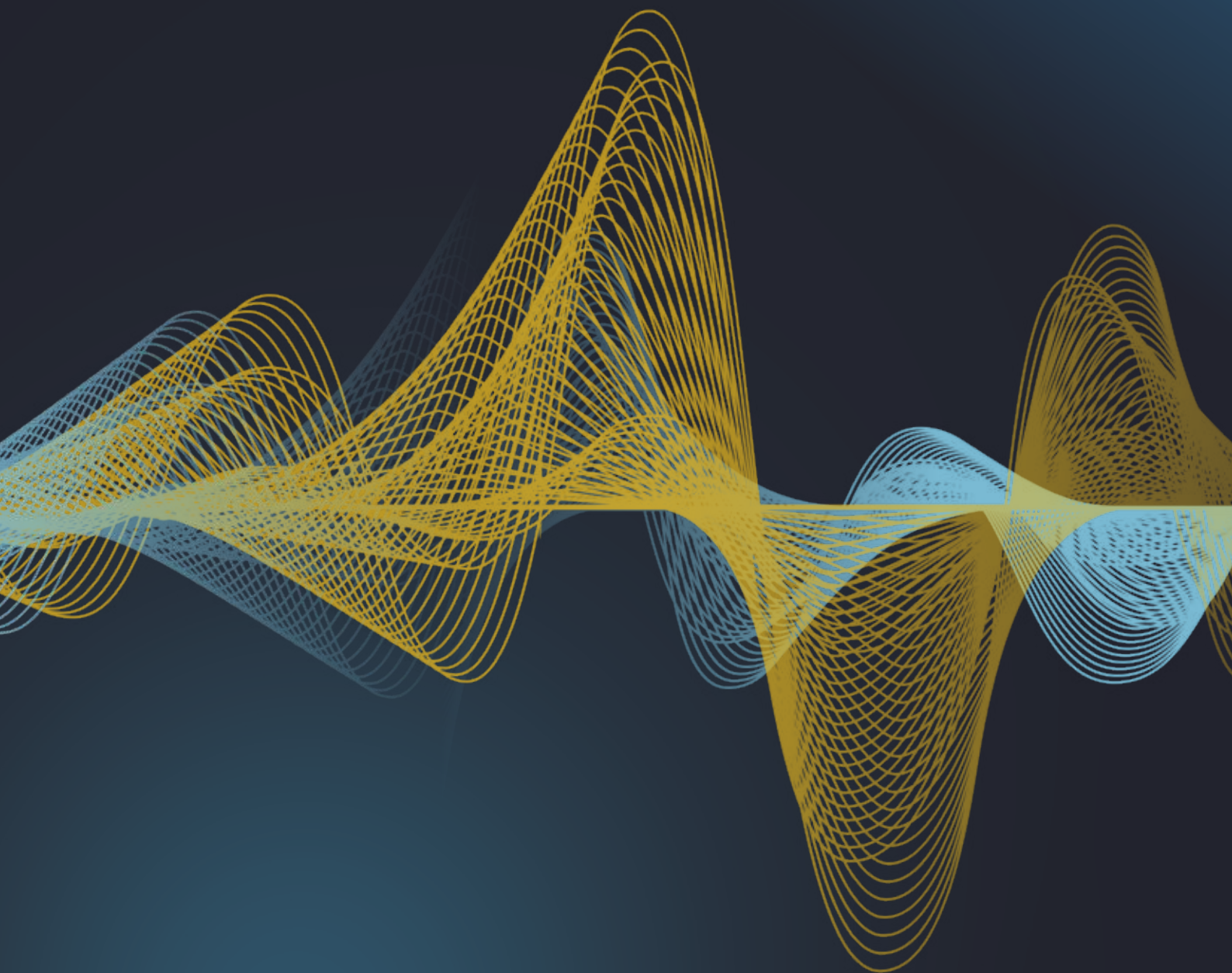
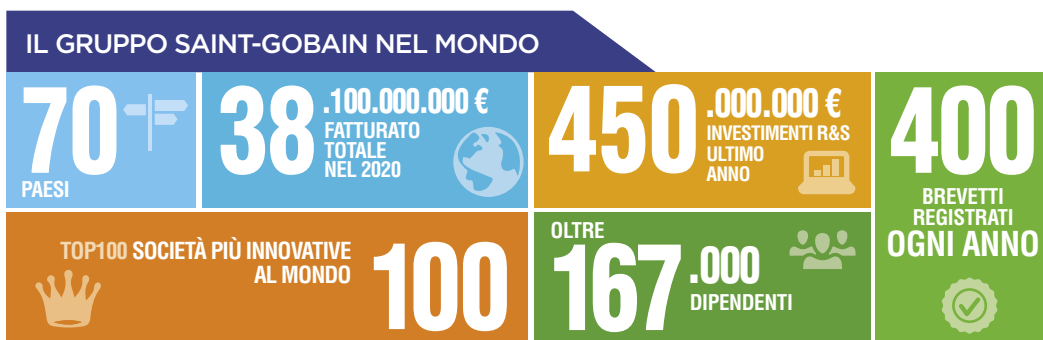


Manuale Tecnico di Acustica Edilizia

Approccio teorico e normativo
Le soluzioni Saint-Gobain Italia



IL GRUPPO SAINT-GOBAIN



Saint-Gobain, **leader mondiale nel settore della costruzione sostenibile**, sviluppa materiali di nuova generazione e soluzioni integrate per il mondo dell'edilizia con un unico obiettivo:

rendere più confortevoli e sostenibili gli "spazi dell'abitare" per contribuire al benessere delle persone e alla salvaguardia del pianeta.

Con i suoi oltre 355 anni di storia, il Gruppo è oggi uno dei primi 100 gruppi industriali al mondo.



In Italia, il Gruppo è presente nel settore delle costruzioni con un ampio portafoglio di prodotti e soluzioni: vetro piano, sistemi a secco in cartongesso, isolanti, impermeabilizzanti, intonaci e rasanti a base gesso e cemento, sistemi a cappotto e soluzioni per la facciata, pitture per interno, massetti, colle e sigillanti per piastrelle, controsoffitti acustici ed estetici in lana minerale.

Si propone come **polo tecnologico di riferimento per il mercato delle costruzioni**, grazie ad un approccio integrato di sistemi e soluzioni multi materiali **prodotti per il 90% in Italia**, e ad un'attenzione particolare ai temi del comfort termo-acustico, risparmio energetico, sicurezza, estetica e qualità dell'aria.





INTRODUZIONE

a cura di Arianna Astolfi

Il presente manuale è stato scritto in stretta collaborazione da ricercatori in ambito universitario e tecnici esperti in materiali e soluzioni acustiche, con l'obiettivo di fornire uno strumento cui professionisti e non possano fare riferimento nella loro pratica.

La struttura del manuale affonda le sue radici in concetti e riferimenti teorici saldi, qui espressi con rigore metodologico e scientifico, cui si affiancano dettagli di casi studio e soluzioni progettuali che permettono di entrare nel merito delle ricadute pratiche della progettazione e delle formulazioni teoriche.

Il manuale si costituisce in sei parti che possono essere lette in maniera indipendente per la tipologia dei temi trattati in ciascuna di esse. Trattandosi però di concetti strettamente legati reciprocamente, esiste un filo conduttore tra tutte le parti che si compie nelle due parti finali in cui sono riportati numerosi casi studio le cui criticità e conseguenti soluzioni progettuali utilizzate sono descritte nel dettaglio.

La prima parte introduce a concetti di acustica generale, espressa in termini di fenomeno fisico, presentando le principali caratteristiche di propagazione delle onde acustiche e le equazioni fondamentali, le grandezze energetiche che definiscono il suono, la traduzione in livelli sonori e scala dei decibel. Inoltre, introduce all'acustica in termini di fenomeno percettivo, trattando della fisiologia dell'apparato uditivo e della traduzione in sensazione sonora espressa attraverso la scala soggettiva, l'audiogramma normale e la scala dei phon. Affronta infine una breve introduzione all'acustica degli ambienti confinati e della loro qualità acustica con un affondo sul concetto di tempo di riverberazione. In questa sezione sono definiti l'approccio di analisi modale e le modalità di propagazione del suono in uno spazio chiuso, ovvero l'interazione tra l'onda sonora e le pareti.

La seconda parte approfondisce i riferimenti normativi in tema di acustica edilizia attualmente vigenti in Italia. Al fine di fornire uno strumento pratico efficace, i riferimenti nazionali riportati sono distinti tra leggi e norme tecniche. Queste ultime sono ulteriormente raggruppate in (i) norme recanti i valori di riferimento, (ii) norme per il progetto, (iii) norme per il collaudo.

La terza parte è relativa all'acustica edilizia. Affronta principalmente il tema del fonoisolamento, trattando tra gli altri gli aspetti del potere fonoisolante, del fenomeno della coincidenza e risonanza, dell'isolamento acustico di partizioni interne e facciata, e il tema del comfort acustico degli edifici, entrando nel merito delle proprietà acustiche dei materiali e

riportando un caso studio di intervento di correzione acustica in un edificio scolastico.

La quarta parte approfondisce il tema degli impianti, dando un'introduzione alle principali tipologie e quindi presentando i riferimenti normativi per la corretta progettazione acustica. Di particolare rilievo è la sezione dedicata alla trattazione delle novità introdotte nella norma UNI EN 12354-5 riguardo al modello di calcolo integrato per la progettazione degli impianti.

La quinta parte, con una spiccata impronta tecnica ed applicativa, **riporta le prove di laboratorio per la certificazione** eseguite su un gran numero di soluzioni costruttive, e le strategie per la loro integrazione in progetti legati a residenze, scuole, ospedali, alberghi, uffici ed edifici commerciali.

La sesta parte riporta una raccolta di referenze virtuose in cui, alle esigenze di progetto concordate con la committenza, sono associate le soluzioni innovative proposte ed attuate con Saint-Gobain Italia.

RIFERIMENTI AUTORI

Arianna Astolfi

Professore Associato, Dipartimento Energia
"Galileo Ferraris", Politecnico di Torino

Marco Carlo Masoero

Professore Ordinario, Dipartimento Energia
"Galileo Ferraris", Politecnico di Torino

Alessandro Schiavi

Ricercatore, AE Metrologia Applicata e Ingegneria,
Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica

Giuseppina Emma Puglisi

Assegnista di Ricerca Post-Doc, Dipartimento
Energia "Galileo Ferraris", Politecnico di Torino

L'intero manuale è stato curato da Arianna Astolfi, che ha supervisionato ciascuna parte inclusa in esso. Nello specifico, la redazione delle singole parti è stata curata da:

Parte 1 – Marco Carlo Masoero e Giuseppina Emma Puglisi

Parte 2 – Giuseppina Emma Puglisi

Parte 3 – Giuseppina Emma Puglisi e Marco Carlo Masoero

Parte 4 – Marco Carlo Masoero e Alessandro Schiavi

PARTE 1 Concetti di acustica generale	6
1.1 Introduzione all'acustica e caratteristiche delle onde acustiche	6
1.2 Equazioni fondamentali	7
1.3 Propagazione nei gas di onde acustiche piane e sferiche	8
1.3.1 Onda piana	8
1.3.2 Onda sferica	8
1.4 Impedenze acustiche caratteristica e specifica	9
1.5 Interferenza di onde	9
1.6 Grandezze energetiche nei fenomeni acustici	10
1.6.1 Intensità acustica	10
1.6.2 Densità di energia acustica	10
1.6.3 Potenza acustica	10
1.7 Livelli sonori e scala dei decibel	10
1.8 Composizione in frequenza dei suoni	12
1.9 Il suono come fenomeno percettivo	13
1.9.1 Fisiologia dell'apparato uditivo umano	13
1.9.2 Scale soggettive di percezione dei livelli sonori	14
1.9.3 Audiogramma normale e scala dei phon	15
1.9.4 Effetti e descrittori del rumore	15
1.10 Propagazione del suono in campo libero	16
1.11 Acustica degli ambienti chiusi	17
1.11.1 Descrizione modale dell'acustica di una sala	17
1.11.2 Interazione onda sonora - parete	19
1.11.3 Campo sonoro semiriverberato in regime permanente	19
1.11.4 Transitori acustici in ambienti chiusi e tempo di riverberazione	21
1.11.5 Qualità acustica degli ambienti e tempo di riverberazione ottimale	24
PARTE 2 Riferimenti normativi, leggi e norme tecniche per l'acustica in edilizia	26
2.1 Leggi nazionali	26
2.1.1 Legge n. 447 del 26/10/1995	26
2.1.2 D.P.C.M. del 5/12/1997	27
2.1.3 Legge n. 221 del 28/12/2015 in tema di green economy	27
2.1.4 D.M. dell'11 ottobre 2017 in tema di Criteri Ambientali Minimi (CAM) per l'edilizia pubblica	27
2.2 Norme tecniche	28
2.2.1 Norme tecniche per i valori di riferimento	29
2.2.2 Norme tecniche per il progetto dei requisiti acustici passivi	35
2.2.3 Norme per il collaudo	37
PARTE 3 Acustica in edilizia	40
3.1 Fonoisolamento	41
3.1.1 Onde che si propagano su una parete	41
3.1.2 Potere fonoisolante di pareti omogenee e isotrope	43
3.1.3 Effetto di coincidenza	45
3.1.4 Effetto dei modi	46
3.1.5 Potere fonoisolante di pareti doppie	46
3.1.6 Isolamento acustico di partizioni interne	48
3.1.7 Isolamento acustico di facciata	50
3.1.8 Isolamento dal rumore da calpestio	51
3.2 Il comfort acustico degli edifici	54
3.2.1 Assorbimento acustico e caratteristiche dei materiali fonoassorbenti	54
3.2.2 Un intervento di correzione acustica	58
PARTE 4 Impianti	64
4.1 Introduzione	64
4.1.1 Impianti di climatizzazione	65
4.1.2 Impianti aeraulici	66
4.1.3 Impianti idrosanitari	76
4.1.4 Ascensori	77
4.2 Riferimenti normativi per il rumore degli impianti	77
4.3 Il modello di calcolo integrato della norma UNI EN 12354-5	79
4.3.1 Il livello di rumore trasmesso attraverso i condotti e le tubazioni $L_{n,d}$	80
4.3.2 Il livello di rumore trasmesso per via aerea $L_{n,a}$	81
4.3.3 Il livello del rumore trasmesso per via strutturale, $L_{n,s}$	82

PARTE 5 Soluzioni costruttive certificate (prove di laboratorio)	86
• Pareti divisorie interne – sistema a secco	87
• Pareti divisorie interne/esterne - isolamento in intercapedine (sistema tradizionale)	96
• Contropareti interne – sistema a secco	97
• Pareti tamponamento esterno – sistema a secco	102
• Pareti tamponamento esterno – isolamento a cappotto	103
• Vetrata isolante per involucro esterno	104
• Controsoffitti continui (fonoisolamento)	110
• Controsoffitti modulari in gesso rivestito (fonoassorbimento)	112
• Controsoffitti continui in lastre di gesso rivestito (fonoassorbimento)	116
• Controsoffitti modulari in pannelli in lana di roccia (fonoassorbimento)	122
• Controsoffitti modulari in pannelli in lana di vetro (fonoassorbimento)	125
• Isole-buffle in lana di vetro (fonoassorbimento)	131
• Soluzioni a parete (fonoassorbimento)	134
• Coperture piane a falda	135
• Solai di interpiano (rigidità dinamica)	138
• Solai di interpiano (livello sonoro da calpestio)	139
• Condotte di ventilazione aria	140
Progettazione di Residenze – Scuole – Ospedali – Alberghi – Uffici – Edifici Commerciali	142
• Pareti divisorie interne – sistema a secco	148
• Pareti divisorie interne/esterne - isolamento in intercapedine (sistema tradizionale)	159
• Contropareti interne – sistema a secco	162
• Pareti tamponamento esterno – sistema a secco	168
• Pareti tamponamento esterno – isolamento a cappotto	170
• Vetrata isolante per involucro esterno	172
• Controsoffitti continui (fonoisolamento)	180
• Controsoffitti modulari in gesso rivestito (fonoassorbimento)	183
• Controsoffitti continui in lastre di gesso rivestito non forato (attenuazione laterale)	186
• Controsoffitti modulari in lana di roccia (fonoassorbimento)	192
• Controsoffitti modulari	198
• Isole-buffle (fonoassorbimento)	207
• Soluzioni a parete (fonoassorbimento)	210
• Coperture	211
• Solai di interpiano (livello sonoro da calpestio)	216
• Condotte di ventilazione aria	224
PARTE 6 Referenze	228
• Capannone 18 – Parco Innovazione nelle ex Officine Meccaniche Reggiane - Reggio Emilia	228
• Nuovo edificio dell'Università IULM - Milano	230
• Complesso residenziale a Santarcangelo di Romagna	232
• Merville Casa nel Parco - Jesolo (VE)	234
• Trilogia Navile - Bologna	236
• Scuola secondaria di primo grado "G. Carducci" - Foligno (PG)	238
• Nuova sede FANUC Italia - Lainate (MI)	240
• Sede ITAS Assicurazioni - Milano	242
• Scuola primaria "Cocconi" - Parma	244
• Ristrutturazione cascina - Castellar (CN)	246
• MEIS – Museo Nazionale dell'Ebraismo Italiano e della Shoah - Ferrara	248
• Condotte di ventilazione aria - Giano dell'Umbria (PG)	250
• Teatro Caboto - Milano	252
• Palazzina uffici - Genova	253
• B&B Hotel Roma Fiumicino – Parco Leonardo, Roma	254
• Chalet FIAT - Madonna di Campiglio (TN)	256
• Dipartimento Emergenza Urgenza (DEU) – Ospedali Riuniti di Foggia - Foggia	258

CONCETTI DI ACUSTICA GENERALE

a cura di

Marco Carlo Masoero
e Giuseppina Emma Puglisi

1.1. INTRODUZIONE ALL'ACUSTICA E CARATTERISTICHE DELLE ONDE ACUSTICHE

L'acustica tratta la *generazione, propagazione e ricezione* di onde in mezzi elastici (gassosi, liquidi o solidi). Consideriamo un semplice esempio di dispositivo acustico: un tubo delimitato ad un'estremità da una terminazione aperta verso l'ambiente esterno e all'altra da un pistone animato da un moto periodico semplice. Il movimento del pistone determina nello strato d'aria immediatamente a contatto una successione di compressioni e rarefazioni, dovute al movimento delle particelle d'aria che perturbano lo stato di quiete del fluido. Tali perturbazioni si propagano lungo il tubo sotto forma di un'onda elastica: se esse sono in grado di determinare in un ascoltatore una sensazione di tipo acustico, l'onda viene definita *onda acustica* o *onda sonora*.

Le onde acustiche nei fluidi presentano le seguenti proprietà:

- Il moto oscillatorio delle particelle fluide avviene nella stessa direzione di propagazione dell'onda (si tratta quindi di un'onda *longitudinale*). Il fenomeno è dovuto alle *proprietà elastiche* del fluido (il fluido tende a occupare il volume iniziale, una volta venuta meno la causa della sua deformazione) e alle *proprietà di inerzia* del fluido (le particelle di fluido trasferiscono quantità di moto alle particelle con cui vengono a contatto).

I fluidi possiedono solamente *elasticità normale*, per cui le onde sono esclusivamente longitudinali; nei solidi, che possiedono *elasticità tangenziale*, si possono propagare anche *onde trasversali*. Onde trasversali possono propagarsi anche all'interfaccia fra mezzi di diverso stato: si pensi all'esempio, a tutti noto, delle increspature concentriche prodotte da un sasso che cade in un bacino d'acqua in quiete.

- L'onda determina una perturbazione periodica delle proprietà di stato del fluido rispetto alle condizioni indisturbate, qui identificate attraverso la pressione p_0 e la densità ρ_0 : si definisce *pressione sonora* la differenza fra il valore istantaneo (perturbato) della pressione ed il valore indisturbato p_0 . Nella descrizione dei fenomeni acustici si utilizzeranno le seguenti grandezze:

$p(t)$ = pressione sonora (Pa)

$\rho(t)$ = densità del fluido (kg/m³)

$$\delta(t) = \frac{(\rho(t) - \rho_0)}{\rho_0} = \text{condensazione del mezzo (-)}$$

$u(t)$ = velocità delle particelle (m/s)

- Le perturbazioni provocate dall'onda sonora sono di piccola entità, ovvero:

$$p(t) \ll p_0$$

$$[\rho(t) - \rho_0] \ll \rho_0$$

Ad esempio, nell'aria a pressione atmosferica standard [$p_0 \approx 10^5$ Pa] la pressione sonora è tipicamente compresa nell'intervallo tra $p(t) \approx 20$ μ Pa [soglia di udibilità] e $p(t) \approx 200$ Pa [soglia del dolore].

- La velocità di propagazione dell'onda (indicata con il simbolo c) è funzione dello stato termodinamico del fluido: nell'aria in condizioni ambiente tipiche si ha $c \approx 340$ m/s.

La periodicità del suono, rappresentata in Figura 1.1, viene descritta attraverso le seguenti grandezze:

T = periodo (s)

f = frequenza (Hz)

ω = frequenza angolare (rad/s)

λ = lunghezza d'onda (m)

k = numero d'onda (rad/m)

$$f = 1/T$$

$$\omega = 2\pi/T$$

$$\lambda = c/f$$

$$k = 2\pi/\lambda$$

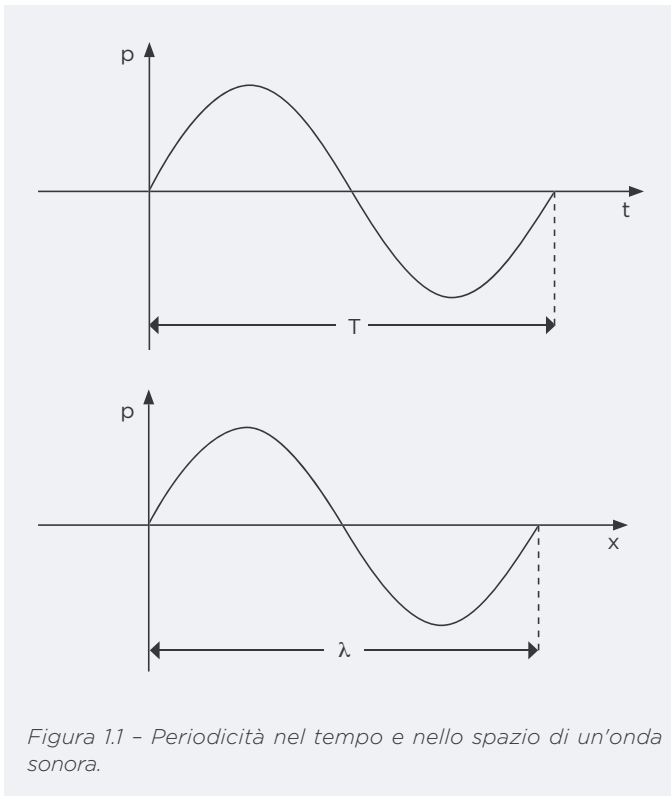


Figura 1.1 – Periodicità nel tempo e nello spazio di un'onda sonora.

Nel caso di propagazione nell'aria, essendo $c \approx 340$ m/s, risulta la corrispondenza fra frequenza e lunghezza d'onda, rappresentata in Figura 1.2:

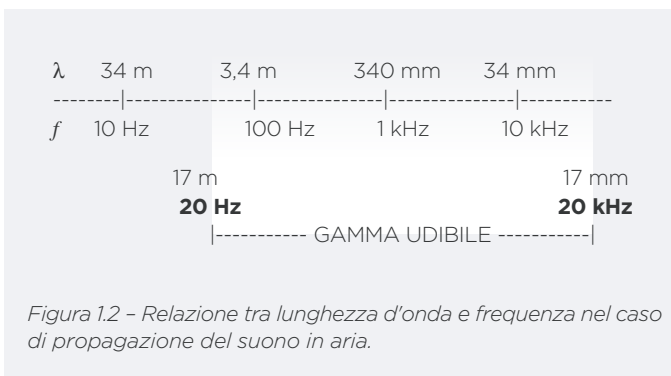


Figura 1.2 – Relazione tra lunghezza d'onda e frequenza nel caso di propagazione del suono in aria.

1.2. EQUAZIONI FONDAMENTALI

Per ricavare le equazioni che descrivono la propagazione dell'onda acustica si considera un elemento di fluido (di dimensioni dx, dy, dz) interno al dominio di propagazione, a cui si applicano le equazioni fondamentali della meccanica dei fluidi:

- Equazione di Eulero
(esprime la II Legge della Dinamica)

$$\nabla p = -\rho_0 \frac{\partial u}{\partial t} \quad (1.1)$$

- Equazione di continuità
(esprime il Principio di Conservazione della Massa)

$$\frac{\partial \delta}{\partial t} = -\nabla \cdot u \quad (1.2)$$

A tali equazioni, di validità generale, occorre associare un'equazione costitutiva che descriva il comportamento del fluido. Nel caso dei gas si utilizza l'equazione di stato dei gas perfetti che, per una quantità unitaria di gas (1 mole), indica:

$$P V = R T \quad (1.3)$$

dove:

P = pressione totale (Pa)

V = volume (m^3)

T = temperatura assoluta (K)

R = costante universale dei gas = $8314 \text{ (kJ kmol}^{-1} \text{ K}^{-1})$

La trasformazione termodinamica determinata dalla perturbazione acustica può essere considerata *isoentropica* (adiabatica reversibile); applicando dunque l'equazione dell'isentropica

$$P V^\gamma = \text{cost} \quad \text{con } \gamma = \frac{c_p}{c_v} \approx 1,4 \quad \text{per l'aria (gas biatomico)} \quad (1.4)$$

alla trasformazione che avviene tra gli stati indisturbato e perturbato si ottiene:

$$p_0 V_0^\gamma = P V^\gamma \quad (1.5)$$

$$\frac{P}{p_0} = \left(\frac{V_0}{V} \right)^\gamma = \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^\gamma \quad (1.6)$$

In termini differenziali e adottando l'ipotesi di piccole perturbazioni si ottiene l'espressione:

$$d\left(\frac{P}{p_0}\right) = \gamma \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^{\gamma-1} d\left(\frac{\rho}{\rho_0}\right) \approx \gamma \cdot d\left(\frac{\rho}{\rho_0}\right) \quad (1.7)$$

che, ricordando le definizioni di pressione sonora p e condensazione del mezzo δ , può essere scritta come:

$$\frac{p}{p_0} = \gamma \delta \quad (1.8)$$

Derivando rispetto al tempo, risulta:

$$\frac{1}{p_0} \frac{\partial p}{\partial t} = \gamma \frac{\partial \delta}{\partial t} \quad (1.9)$$

Combinando con l'equazione di Eulero e di continuità si ottiene infine l'*equazione dell'onda*, nel seguito riportata nelle tre possibili formulazioni, rispettivamente in termini di pressione sonora, condensazione del mezzo e velocità delle particelle:

$$\nabla^2 p = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} \quad (1.10)$$

$$\nabla^2 \delta = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \delta}{\partial t^2} \quad (1.11)$$

$$\nabla^2 \vec{u} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{u}}{\partial t^2} \quad (1.12)$$

Nelle equazioni c rappresenta la velocità di propagazione dell'onda (velocità del suono) data da:

$$c = \sqrt{\gamma \frac{p_0}{\rho_0}} = \sqrt{\gamma R^* T} \quad (1.13)$$

dove R^* è la costante di elasticità del gas, pari al rapporto tra la costante universale R e la massa molecolare M^* del gas. Nel caso dell'aria a 20°C ($M^* = 29 \text{ kg/kmol}$; $\gamma = 1,4$) risulta:

$$c = [1,4 \cdot (8314/29) \cdot (273+20)]^{1/2} = 343 \text{ m/s} \quad (1.14)$$

risultato del tutto coerente con quello fornito dall'equazione approssimata che correla c con la temperatura espressa in gradi Celsius t :

$$c = 331,4 + 0,6 \cdot t = 343,4 \text{ m/s} \quad (1.15)$$

A valle delle equazioni fondamentali riportate fino a qui è opportuno sottolineare che queste sono scritte utilizzando, per gli operatori differenziali gradiente e divergenza, la notazione che fa uso dell'operatore "nabla" (∇). Al riguardo si ricordano le seguenti definizioni:

Funzione scalare $p(x, y, z)$ (1.16)

Funzione vettoriale $u(x, y, z) = u_x i + u_y j + u_z k$ (1.17)

Operatore (vettore) nabla: $\nabla = \frac{\partial}{\partial x} i + \frac{\partial}{\partial y} j + \frac{\partial}{\partial z} k$ (1.18)

Operatore "del 2": $\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} i + \frac{\partial^2}{\partial y^2} j + \frac{\partial^2}{\partial z^2} k$ (1.19)

Vettore "gradiente di $p(x, y, z)$ ": $\text{grad } p = \nabla p = \frac{\partial p}{\partial x} i + \frac{\partial p}{\partial y} j + \frac{\partial p}{\partial z} k$ (1.20)

Scalare "divergenza di $\vec{u}$ ": $\text{div } \vec{u} = \nabla \cdot \vec{u} = \frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z}$ (1.21)

"del 2 p ": $\nabla^2 p = \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} i + \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} j + \frac{\partial^2 p}{\partial z^2} k$ (1.22)

1.3. PROPAGAZIONE NEI GAS DI ONDE ACUSTICHE PIANE E SFERICHE

1.3.1. ONDA PIANA

La situazione di propagazione più semplice è quella dell'onda piana, che si può pensare generata da una piastra piana vibrante e infinitamente estesa nelle direzioni perpendicolari a quella di propagazione monodimensionale (direzione x).

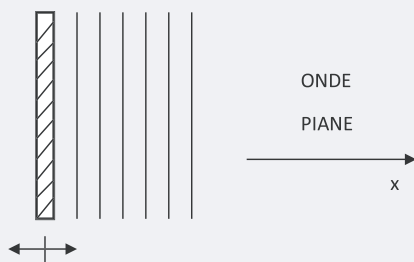


Figura 1.3 - Propagazione del suono per onde piane.

In questo caso l'equazione dell'onda ammette soluzione generale del tipo:

$$p(x, t) = f\left(t - \frac{x}{c}\right) + g\left(t + \frac{x}{c}\right) \quad (1.23)$$

in cui f e g sono due funzioni arbitrarie che descrivono la forma d'onda; il primo termine rappresenta un'onda che si propaga nel verso positivo di x , mentre il secondo termine un'onda che si propaga nel verso negativo: dal punto di vista fisico, la presenza di quest'ultimo termine è generalmente legata a condizioni al contorno che danno origine, ad esempio, ad un'onda riflessa (verso negativo) che si sovrappone all'onda diretta (verso positivo).

Supponiamo che la piastra oscilli con moto armonico di frequenza angolare ω e che generi un'onda progressiva, ovvero un'onda che si propaga nel verso positivo di x (per cui si ha $g = 0$); l'equazione (1.23) assume la forma:

$$p = p_m \text{sen}\left[\omega\left(t - \frac{x}{c}\right)\right] = p_m \text{sen}[k(ct - x)] \quad (1.24)$$

Applicando l'equazione di Eulero si ottiene l'espressione della velocità:

$$u = u_m \text{sen}\left[\omega\left(t - \frac{x}{c}\right)\right] = u_m \text{sen}[k(ct - x)] \quad (1.25)$$

dove:

$$p_m/u_m = \rho_o c \quad (1.26)$$

Questo risultato evidenzia che, nel caso di onda piana, p e u sono in fase, e che la fase è kx , dove $k = \omega/c = 2\pi/\lambda$ rappresenta il numero d'onda.

1.3.2. ONDA SFERICA

Consideriamo ora l'onda generata da una piccola sfera pulsante. Evidenti considerazioni di simmetria indicano che il fronte d'onda generato dalla sorgente ha forma sferica, per cui è conveniente scrivere l'equazione di propagazione e la relativa soluzione generale in coordinate sferiche:

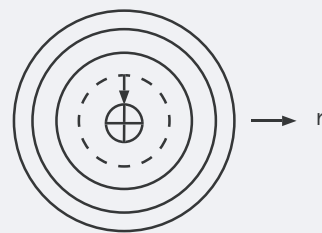


Figura 1.4 - Propagazione del suono per onde sferiche.

$$\frac{\partial^2(rp)}{\partial r^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2(rp)}{\partial t^2}, \text{ con} \quad (1.27)$$

$$p = \frac{1}{r} f\left(t - \frac{r}{c}\right) + \frac{1}{r} g\left(t + \frac{r}{c}\right)$$

Procedendo in analogia al caso dell'onda piana, si ottengono le espressioni di p e u in funzione di t e r :

$$p = \frac{1}{r} p_m \text{sen}[k(ct - r)], \text{ e} \quad (1.28)$$

$$u = \frac{1}{\rho_o c r} p_m \text{sen}[k(ct - r) - \phi] \sqrt{1 + \frac{1}{k^2 r^2}}$$

in cui $\phi = \tan^{-1}(1/kr)$.

Il risultato evidenzia che, a differenza del caso piano, pressione e velocità delle particelle per un'onda sferica non sono in fase.

1.4. IMPEDENZE ACUSTICHE CARATTERISTICA E SPECIFICA

Nel caso di **onde piane**, il rapporto fra pressione sonora p e velocità delle particelle u , tra loro in fase, è una costante reale detta *impedenza acustica caratteristica* del mezzo di propagazione:

$$Z_0 = \frac{p}{u} = \rho_0 c \quad (1.29)$$

Nell'aria a $t = 20^\circ\text{C}$ e $p_0 = 1 \text{ bar}$ si ha $Z_0 = 415 \text{ Pa}\cdot\text{s/m}$.

In casi più generali, ed in particolare per le onde sferiche, il rapporto tra p ed u , non in fase, è una grandezza complessa detta *impedenza acustica specifica*:

$$Z_s = \frac{p}{u} = R_s + jX_s \quad (1.30)$$

dove:

R_s = resistenza acustica specifica

X_s = reattanza acustica specifica

Nel caso di **onde sferiche** si ha:

$$R_s = \rho_0 c \frac{(kr)^2}{1 + (kr)^2} \quad (1.31)$$

$$X_s = \rho_0 c \frac{kr}{1 + (kr)^2} \quad (1.32)$$

L'andamento delle quantità $\frac{R_s}{\rho_0 c}$ e $\frac{X_s}{\rho_0 c}$ è funzione di kr che

è pari al rapporto tra due lunghezze: la circonferenza del fronte d'onda nella posizione considerata ($2\pi r$) e la lunghezza d'onda (λ).

$$kr = 2\pi r/\lambda$$

Si ha che:

- per $kr \gg 1$ ($r \gg \lambda$) la curvatura del fronte d'onda diviene trascurabile, per cui l'onda sferica si comporta praticamente come un'onda piana: p e u tendono ad essere in fase,

ovvero $\frac{R_s}{\rho_0 c}$ tende a uno e $\frac{X_s}{\rho_0 c}$ tende a zero, come nel caso

dell'onda piana in cui l'impedenza acustica è puramente reale. Pertanto:

$$R_s = \rho_0 c \quad X_s = 0$$

- per $kr \ll 1$ ($r \ll \lambda$) risulta invece $R_s < X_s$ e le componenti dell'impedenza acustica specifica tendono ai valori:

$$R_s = \rho_0 c (kr)^2 \quad X_s = \rho_0 c (kr)$$

Il valore di kr per il quale si può convenzionalmente identificare la transizione tra campo vicino e campo lontano è indicativamente pari a 10: pertanto, per $kr \approx 10$ risulta una distanza di transizione pari a $r \approx 1,6 \lambda$.

1.5. INTERFERENZA DI ONDE

Quando le perturbazioni acustiche sono di piccola ampiezza, l'effetto di due onde che si propagano in una stessa porzione di spazio è dato dalla somma lineare degli effetti che ciascuna onda produce singolarmente.

Nel caso di due onde armoniche di ampiezza p_1 e p_2 e di uguale frequenza f (vedi Figura 1.5), l'onda armonica risultante per effetto dell'interferenza fra le due onde costi-

tuenti ha uguale frequenza f e ampiezza che dipende, oltre che dall'ampiezza delle singole onde, anche dalla differenza di fase Δf . I casi limite si verificano quando le onde sono in fase ($\Delta f = 0^\circ$) e in opposizione di fase ($\Delta f = 180^\circ$): nel primo caso l'effetto dell'interferenza è di tipo costruttivo (l'ampiezza dell'onda risultante è infatti pari a $p_1 + p_2$) e causa una "amplificazione" del fenomeno, mentre nel secondo è di tipo distruttivo (l'ampiezza è pari a $p_1 - p_2$) e determina una parziale o totale "cancellazione" del fenomeno.

Un importante fenomeno di interferenza può verificarsi nel caso di propagazione monodimensionale nella direzione x di un'onda di lunghezza d'onda λ e ampiezza p_m in un volume chiuso - ad esempio in un tubo - delimitato ad un'estremità dalla sorgente sonora e all'estremità opposta da una terminazione rigida perfettamente riflettente, quando la distanza d tra le due estremità è pari a un multiplo intero di $\lambda/2$. Si generano quindi *onde stazionarie*.

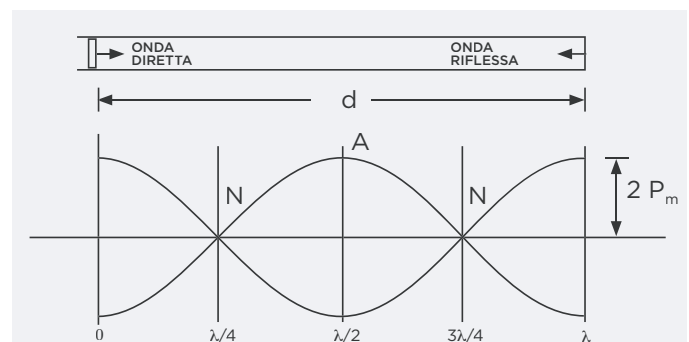


Figura 1.5 - Interferenza e onda stazionaria.

L'onda risultante dalla sovrapposizione fra onda diretta e onda riflessa (che hanno uguale ampiezza e lunghezza d'onda) è detta *stazionaria* in quanto, anziché "propagarsi" all'interno del tubo, presenta un'ampiezza che varia in funzione di x e t secondo la legge:

$$p = 2p_m \left(\cos \frac{2\pi x}{\lambda} \right) \cos(2\pi f t) \quad (1.33)$$

L'ampiezza dell'onda stazionaria è quindi identicamente nulla nei punti, detti *odi*, per cui:

$$x = \frac{\lambda}{4}, 3\frac{\lambda}{4}, 5\frac{\lambda}{4} \dots \quad (1.34)$$

e varia sinusoidalmente nel tempo con frequenza f tra i valori $\pm 2p_m$ nei punti, detti *ventri* (o *antinodi*), per cui:

$$x = \frac{\lambda}{2}, \lambda, 3\frac{\lambda}{2} \dots \quad (1.35)$$

Onde stazionarie che si instaurano fra due superfici riflettenti opposte di un ambiente sono dette *modi propri acustici*; indicando con d la distanza fra le due superfici si ha:

$$\text{- modo fondamentale } (f_{\min}, \lambda_{\max}) \quad f = \frac{c}{2d} \quad (1.36)$$

$$\text{- altri modi } (f > f_{\min}) \quad f = \frac{nc}{2d} \quad \text{con } n = 2, 3, 4, \dots \quad (1.37)$$

La presenza di onde stazionarie è dunque denunciata da variazioni spaziali regolari all'interno di un ambiente chiuso. Se l'onda non è puramente armonica, ma ha uno spettro complesso, sono ovviamente molti i modi acustici che

possono essere eccitati contemporaneamente. Come verrà meglio chiarito nel capitolo sull'acustica degli ambienti chiusi, al crescere del numero di modi eccitati, la presenza delle onde stazionarie diviene via via meno riconoscibile.

1.6. GRANDEZZE ENERGETICHE NEI FENOMENI ACUSTICI

Introduciamo ora le grandezze che permettono di quantificare il trasporto di energia meccanica associato alla propagazione delle onde sonore.

1.6.1. INTENSITÀ ACUSTICA I (W/m²)

L'intensità acustica I è definita come la quantità di energia che fluisce, nell'unità di tempo, attraverso una superficie di area unitaria perpendicolare alla direzione di propagazione dell'onda; l'intensità sonora è pari al prodotto $p \cdot u$.

Per un'onda piana progressiva armonica risulta:

$$I = p_m u_m \sin^2 \left[\omega \left(t - \frac{x}{c} \right) \right] \quad (1.38)$$

Il valore medio di I , valutato su un intervallo di tempo pari al periodo T , è:

$$\bar{I} = \frac{1}{T} \int_0^T I dt = \frac{1}{2} p_m u_m \quad (1.39)$$

ma:

$$\frac{p_m}{u_m} = \rho_o c \quad (1.40)$$

da cui:

$$\bar{I} = \frac{1}{2} \frac{p_m^2}{\rho_o c} \quad (1.41)$$

Si faccia ora riferimento al *valore efficace (rms)* della pressione sonora:

$$\hat{p} = \left[\frac{1}{T} \int_0^T p^2 dt \right]^{1/2} \quad (1.42)$$

Poiché per una grandezza sinusoidale risulta:

$$\hat{p} = \frac{p_m}{\sqrt{2}} \quad (1.43)$$

si ottiene:

$$\bar{I} = \frac{\hat{p}^2}{\rho_o c} \quad (1.44)$$

Si osservi che questo risultato vale sia per un'onda piana, sia per un'onda sferica, purché armonica.

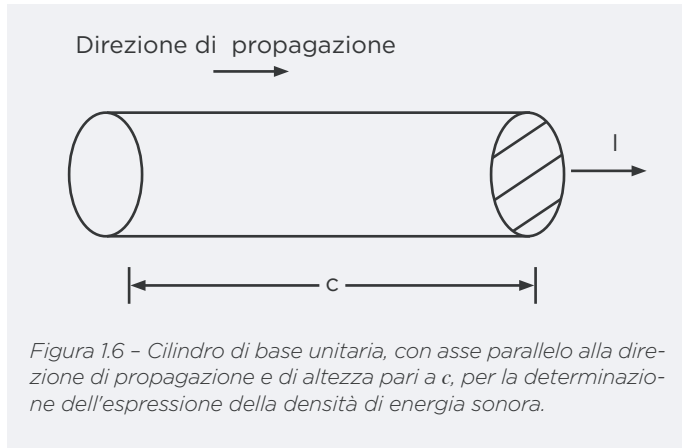
L'intensità sonora è la grandezza normalmente utilizzata per quantificare l'energia acustica trasportata da un'onda progressiva che si propaga in *campo libero* (ad esempio, in uno spazio aperto).

1.6.2. DENSITÀ DI ENERGIA ACUSTICA D (J/m³)

La densità di energia D rappresenta l'energia acustica contenuta in un volume unitario del mezzo di propagazione. Per ricavare l'espressione di D si consideri un cilindro con base avente area unitaria, con l'asse parallelo alla direzione di pro-

pagazione e di altezza pari a c (velocità del suono = distanza percorsa dall'onda sonora nell'unità di tempo); poiché I rappresenta l'energia acustica che fluisce attraverso la base del cilindro nell'unità di tempo e poiché il volume del cilindro è pari a $I \cdot c$, risulta:

$$D = \frac{\bar{I}}{c} = \frac{\hat{p}^2}{\rho_o c} \quad (1.45)$$



La densità di energia sonora risulta particolarmente utile per quantificare fenomeni di *campo riverberato*, che si verificano in ambienti confinati in cui il campo acustico è caratterizzato dalla presenza di un elevato numero di onde sonore riflesse dalle pareti.

1.6.3. POTENZA ACUSTICA W (W)

La potenza acustica W rappresenta l'energia acustica irradiata, nell'unità di tempo, da una data sorgente sonora. Considerando una superficie di area S che circonda completamente la sorgente, situata a distanza sufficientemente grande da trovarsi in campo lontano, e indicando con I_s l'intensità incidente su un elemento dS , risulta:

$$W = \int_S I_s dS \quad (1.46)$$

Per una sorgente omnidirezionale racchiusa da una sfera di raggio r , essendo l'intensità incidente uniforme su tutta la superficie, risulta:

$$W = 4\pi r^2 I_s = 4\pi r^2 \frac{\hat{p}^2}{\rho_o c} \quad (1.47)$$

La potenza acustica può dunque essere utilizzata sia per quantificare l'emissione di una sorgente, sia per descrivere globalmente la trasmissione attraverso elementi quali pareti divisorie, condotti di distribuzione di fluidi, dispositivi di silenziamento, ecc.

1.7. LIVELLI SONORI E SCALA DEI DECIBEL

L'orecchio umano è in grado di percepire valori di pressione sonora che coprono un campo di oltre sei ordini di grandezza; inoltre, la risposta soggettiva agli stimoli acustici risulta ben correlata con la potenza sonora, che dipende dal quadrato della pressione, per cui il campo di variazione del fenomeno risulta dell'ordine di 10^{12} .

Data la difficoltà di elaborare numeri che coprono un campo così ampio di valori e considerato che la risposta soggettiva dell'apparato uditivo umano agli stimoli acustici è descritta meglio in termini logaritmici, si è affermata la consuetudine di esprimere molte delle grandezze utilizzate in acustica sulla scala logaritmica dei decibel.

Detta x una generica grandezza, proporzionale all'energia o alla potenza, il relativo livello L_x è definito come:

$$L_x = 10 \log_{10}(x/x_{ref}) \quad (1.48)$$

dove x_{ref} è il valore di riferimento della grandezza, per il quale si assume convenzionalmente $L_x = 0$.

Livello di pressione sonora L_p

$$L_p = 10 \log \left(\frac{p}{p_{ref}} \right)^2 = 20 \log \left(\frac{p}{p_{ref}} \right) \text{ [dB] o [dB ref. } 20 \mu\text{Pa]} \quad (1.49)$$

$p_{ref} = 20 \mu\text{Pa}$ (corrispondente alla soglia convenzionale di udibilità a 1000 Hz)

Sia p che p_{ref} vanno intesi come valori efficaci della pressione sonora.

Livello di intensità sonora L_I

$$L_I = 10 \log \left(\frac{I}{I_{ref}} \right) \text{ [dB] o [dB ref. } 10^{-12} \text{ W/m}^2] \quad (1.50)$$

$$I_{ref} = 10^{-12} \text{ W/m}^2 \quad (1.51)$$

Livello di potenza sonora L_W

$$L_W = 10 \log \left(\frac{W}{W_{ref}} \right) \text{ [dB] o [dB ref. } 10^{-12} \text{ W]} \quad (1.52)$$

$$W_{ref} = 10^{-12} \text{ W} \quad (1.53)$$

Relazioni fra livelli sonori

Fra livello di pressione sonora L_p e livello di intensità sonora L_I può essere stabilito un semplice legame quantitativo, a partire dalla relazione fra p e I valida per un'onda progressiva piana o sferica:

$$I = \frac{p^2}{\rho_0 c} \quad (1.54)$$

da cui:

$$L_I = 10 \log \left(\frac{I}{I_{ref}} \right) = 10 \log \left(\frac{p^2}{\rho_0 c I_{ref}} \right) = 10 \log \left(\frac{p}{p_{ref}} \right)^2 + 10 \log \left(\frac{p_{ref}^2}{\rho_0 c I_{ref}} \right) \quad (1.55)$$

ma:

$$10 \log \left(\frac{p}{p_{ref}} \right)^2 = L_p \quad (1.56)$$

$$\frac{p_{ref}^2}{I_{ref}} = \frac{(2 \cdot 10^{-5})^2}{10^{-12}} = 400 \text{ (kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}) \quad (1.57)$$

$$\rho_0 c = Z_0 \quad (1.58)$$

per cui risulta infine:

$$L_I = L_p + 10 \log \left(\frac{400}{Z_0} \right) \quad (1.59)$$

dove $Z_0 = \rho_0 c$ rappresenta l'impedenza acustica caratteristica del mezzo di propagazione. Nel caso di propagazione in aria, alla temperatura di 39°C risulta esattamente $Z_0 = 400 \text{ (kg m}^{-2} \text{ s}^{-1})$, per cui $L_I = L_p$. In aria a 20°C si ha $Z_0 = 415 \text{ (kg m}^{-2} \text{ s}^{-1})$, per cui $L_I - L_p = 0,16 \text{ dB}$.

Analogamente, fra livello di potenza L_W e livello di intensità L_I sussiste il seguente legame:

$$I = \frac{W}{S} \quad (1.60)$$

da cui:

$$10 \log (W/W_{ref}) = 10 \log (I/I_{ref}) + 10 \log (S/S_{ref}) \quad \text{con } S_{ref} = 1 \text{ m}^2 \quad (1.61)$$

Pertanto, il livello di potenza sonora di una sorgente coincide con il livello di intensità incidente su una superficie di area unitaria che racchiude la sorgente medesima.

Operazioni sui livelli

In numerose situazioni di interesse pratico, ad esempio quando occorra valutare l'effetto combinato di due o più sorgenti sonore su un punto ricevente, è necessario effettuare operazioni sui livelli sonori. Assumendo che le onde sonore delle quali occorre sommare gli effetti siano fra loro incoerenti, per cui si possano trascurare i fenomeni di interferenza, è possibile applicare il principio di sovrapposizione degli effetti e determinare la pressione, potenza o intensità acustica complessiva semplicemente come somma dei contributi delle singole sorgenti.

Prendendo a titolo di esempio il livello di pressione sonora $L_{p,l+2}$ (ma considerazioni del tutto analoghe si applicano a intensità e potenza) risultante dalla somma dei contributi $L_{p,l}$ e $L_{p,2}$ di due sorgenti, si ha:

$$p^2 = p_{ref}^2 10^{L_p/10} \quad (1.62)$$

da cui, con semplici passaggi:

$$L_{p,l+2} = 10 \log (10^{L_{p,l}/10} + 10^{L_{p,2}/10}) \quad (1.63)$$

Lo stesso approccio può essere utilizzato sia per determinare il livello somma di un numero di contributi maggiore di due (sarà infatti sufficiente sommare tanti termini del tipo $10^{L_i/10}$ quanti sono i contributi in gioco), sia per sottrarre dal livello complessivo il contributo di una o più sorgenti.

Dalle considerazioni sopra esposte scaturiscono i seguenti risultati:

- il livello somma di due contributi identici è:

$$L_{p,l+2} = 10 \log (2 \cdot 10^{L_{p,l}/10}) = L_{p,l} + 10 \log (2) = L_{p,l} + 3 \text{ dB} \quad (1.64)$$

- se la differenza fra i livelli delle sorgenti 1 e 2 è di almeno 10 dB, il livello somma praticamente coincide con il maggiore dei due contributi iniziali.

Si osservi, infine, che le regole di somma e sottrazione dei livelli valgono indipendentemente dal valore dei livelli su cui si opera.

1.8. COMPOSIZIONE IN FREQUENZA DEI SUONI

La distribuzione del contenuto energetico di un suono in funzione della frequenza è definita dalla densità spettrale di potenza, $PSD(f)$:

$$PSD(f) = \frac{W}{\Delta f} \quad [W/Hz] \quad (1.65)$$

che rappresenta la potenza del segnale contenuta in una banda di ampiezza Δf .

L'equivalente della PSD in termini logaritmici è il *livello spettrale* L_f definito dalla relazione:

$$L_f = 10 \log \left[\frac{PSD(f)}{10^{-12}} \right] \quad [dB] \quad (1.66)$$

che può essere interpretato come livello riferito ad una banda di ampiezza unitaria $\Delta f = 1 \text{ Hz}$.

L'andamento del livello spettrale in funzione della frequenza descrive lo spettro continuo di un segnale acustico; la Figura 1.7 illustra due specifici esempi, ovvero:

- un *tono puro*, ovvero un suono il cui contenuto energetico è interamente compreso in un'unica banda di frequenza definita;
- un *suono complesso*, la cui energia è distribuita su una banda di ampiezza pari all'intera gamma udibile, e il cui spettro è rappresentato da una curva continua.

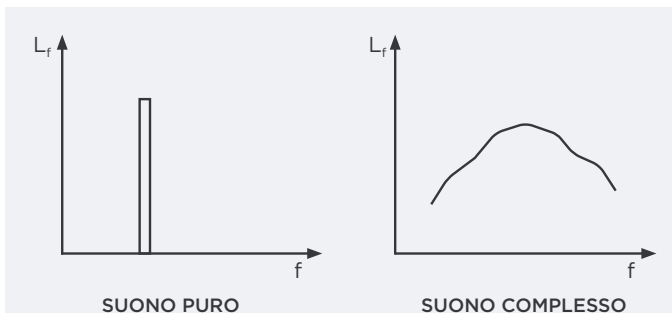


Figura 1.7 - Spettro di un tono puro e di un suono complesso.

Ai fini pratici è conveniente ricondurre uno spettro continuo ad una rappresentazione discreta, approssimando l'andamento del livello spettrale con un istogramma nel quale si suddivide il campo delle frequenze di interesse in intervalli finiti o *bande*. Ciascuna banda è individuata da una *frequenza nominale* f ed è delimitata dalle *frequenze di taglio* inferiore, f_1 , e superiore, f_2 , la cui differenza fornisce l'ampiezza di banda Δf .

Esistono sostanzialmente due criteri per definire la suddivisione in bande:

- bande ad ampiezza costante:

$$\Delta f = f_2 - f_1 = \text{cost} \quad (\text{per } \forall f) \quad (1.67)$$

- bande ad ampiezza percentuale costante:

$$\frac{\Delta f}{f} = \text{cost} \quad \frac{f_2}{f_1} = \text{cost} \quad f = \sqrt{f_2 \cdot f_1} \quad (1.68)$$

Bande ad ampiezza costante sono utilizzate nelle cosiddette *analisi in banda fine*, in cui si utilizza un'ampiezza di banda tipicamente pari a 1÷2 Hz. Tali analisi sono richieste,

ad esempio, nel caso in cui occorra caratterizzare in modo molto preciso il comportamento acustico o vibro-acustico di uno specifico dispositivo o macchinario, esigenza questa molto comune nel settore meccanico.

Bande ad ampiezza percentuale costante sono invece tipicamente utilizzate nelle applicazioni di acustica industriale, ambientale ed architettonica, ad esempio per quantificare la rumorosità di un luogo di lavoro, l'impatto ambientale di un impianto o la risposta acustica di un teatro.

Bande ad ampiezza percentuale costante

Le bande ad ampiezza percentuale costante maggiormente utilizzate fanno uso del concetto di *ottava*, che ha avuto origine in campo musicale. In acustica si generalizza il concetto di *ottava*, introducendo suddivisioni per bande di $1/n$ (un *ennesimo*) di *ottava*.

Riportiamo ora a titolo di esempio la suddivisione per bande di un'ottava ($n = 1$) e per bande di un terzo di ottava ($n = 3$), in assoluto le più utilizzate in acustica applicata.

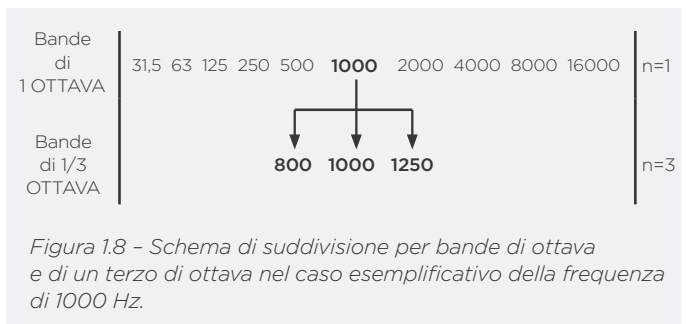


Figura 1.8 - Schema di suddivisione per bande di ottava e di un terzo di ottava nel caso esemplificativo della frequenza di 1000 Hz.

La relazione che lega due frequenze nominali successive i e $i+1$ è:

$$\frac{f_{i+1}}{f_i} = 2 \quad \text{per } n = 1; \quad \frac{f_{i+1}}{f_i} = \sqrt[n]{2} \quad \text{per } n \text{ qualsiasi.} \quad (1.69)$$

Per una data banda, il legame fra frequenza nominale (f) e frequenze di taglio superiore (f_2) ed inferiore (f_1) è riportato in Tabella 1.1:

Tabella 1.1 - Legame fra frequenza nominale (f) e frequenza di taglio superiore (f_2) ed inferiore (f_1).

Per $n = 1$	Per n qualsiasi
$\frac{f_2}{f_1} = 2$	$\frac{f_2}{f_1} = \sqrt[n]{2}$
$f = \frac{f_2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2} f_1$	$f = \sqrt[n]{2} f_1$

Si osservi che, per bande ad ampiezza percentuale costante, l'ampiezza di banda cresce proporzionalmente a f , in quanto per definizione si ha $\Delta f / f = \text{cost}$. I valori di tale costante sono riportati in Tabella 1.2 per n qualsiasi e per $n = 1$ ed $n = 3$.

Tabella 1.2 - Rapporto di crescita proporzionale all'ampiezza di banda Δf rispetto alla frequenza nominale f .

$\frac{\Delta f}{f} = \sqrt[n]{2} - \frac{1}{\sqrt[n]{2}} = \text{cost}$	$n = 1$	$\frac{\Delta f}{f} = 0,7071 = \frac{\sqrt{2}}{2}$
	$n = 3$	$\frac{\Delta f}{f} = 0,2316$

Livelli di banda

Il livello di banda L_b esprime, sulla consueta scala logaritmica dei dB, il contenuto energetico di una banda di ampiezza definita. Per una generica banda di ampiezza Δf , ipotizzando che il livello spettrale L_f sia costante all'interno della banda (oppure che ne rappresenti un opportuno valor medio), si ricava il livello di banda con l'equazione:

$$L_b = L_f + 10 \log \Delta f \quad (1.70)$$

Si ha pertanto:

- Bande ad ampiezza costante $L_b - L_f = \text{cost}$
 - Bande ad ampiezza percentuale costante $L_b - L_f = 10 \log \Delta f$ (3 dB per ogni raddoppio di f)
 - Bande (1 e 2) di ampiezza diversa $L_{b,1} - L_{b,2} = 10 \log (\Delta f_1 / \Delta f_2)$
- I livelli di banda, per suddivisioni in banda di un'ottava (1) e di 1/3 di ottava (2), sono dunque legati dalla relazione:

$$L_{b,1} - L_{b,2} = 10 \log (0,7071/0,2316) = 4,85 \text{ dB} \quad (1.71)$$

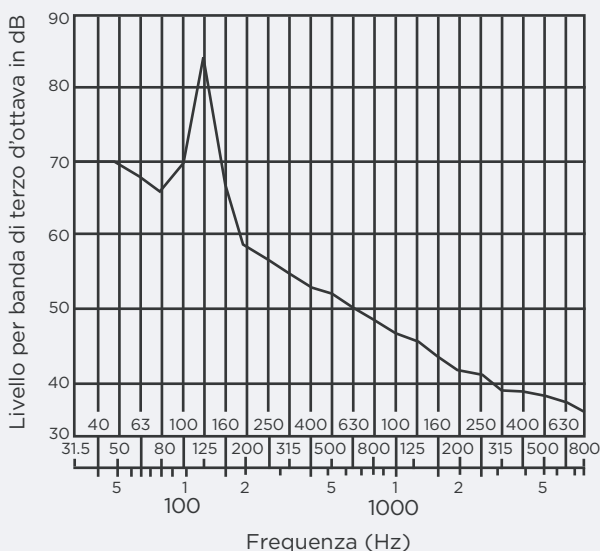
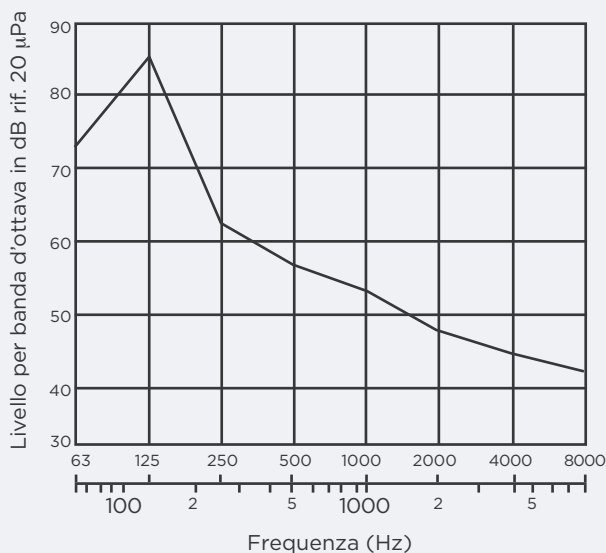


Figura 1.9 – Livelli di pressione sonora in bande di ottava e in bande di un terzo di ottava.

1.9. IL SUONO COME FENOMENO PERCETTIVO

Nei paragrafi precedenti sono state introdotte le principali grandezze che caratterizzano i suoni dal punto di vista fisico: pressione e intensità sonora, spettro di frequenza, forma d'onda, ecc. Nell'affrontare l'aspetto percettivo, che è oggetto di studio della *Psicoacustica*, si richiede evidentemente la definizione di nuove grandezze, attraverso le quali poter quantificare gli *attributi soggettivi* di un suono. Le caratteristiche soggettive fondamentali di un suono sono:

- l'*intensità soggettiva* (sovente denominata attraverso il termine inglese *loudness*) che esprime il "volume" di un suono ed è identificata nel linguaggio corrente con espressioni quali "suono debole" o "suono forte";
- l'*altezza tonale* (in inglese *pitch*), che permette di distinguere un suono grave da un suono acuto e che nella musica si identifica con una nota sulla scala musicale;
- il *timbro* (in inglese *timbre*), attributo qualitativo del suono, che permette di distinguere, ad esempio, una medesima nota suonata da strumenti diversi.

Sebbene le tre definizioni sopra esposte non esauriscano certamente la gamma delle caratteristiche soggettive di un suono, esse costituiscono la base di partenza per qualsiasi considerazione di Psicoacustica. In tale ambito, la prima fondamentale questione che deve essere affrontata è individuare le correlazioni che legano gli attributi soggettivi di un suono con le sue caratteristiche fisiche: in prima approssimazione si può affermare che l'intensità soggettiva è principalmente correlata con il contenuto energetico del suono e l'altezza tonale con le frequenze predominanti nel suo spettro; il timbro è legato invece prevalentemente alla forma d'onda e all'evoluzione temporale del segnale acustico.

1.9.1. FISIOLOGIA DELL'APPARATO UDITIVO UMANO

L'orecchio può essere suddiviso dal punto di vista funzionale in tre parti, denominate orecchio *esterno*, orecchio *medio* e orecchio *interno*.

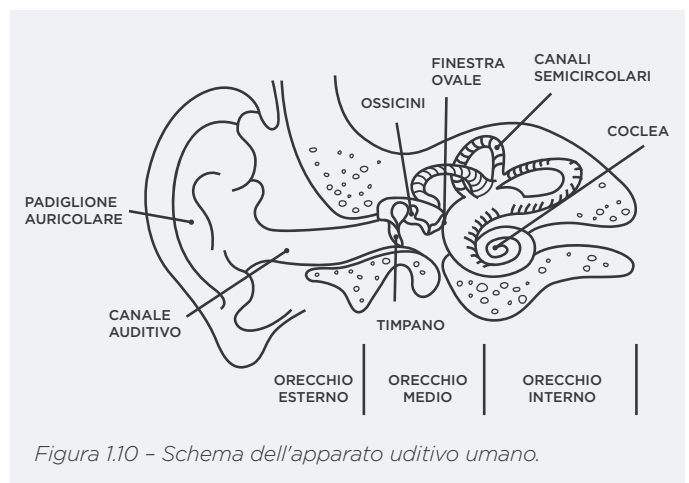


Figura 1.10 – Schema dell'apparato uditivo umano.

L'orecchio esterno è costituito dal *padiglione auricolare*, dal *condotto uditivo* e dal *timpano* che è una membrana molto sottile ed elastica in grado di reagire a sollecitazioni acustiche di piccolissima entità.

L'*orecchio medio* è una cavità che contiene tre ossicini denominati *martello*, *staffa* e *incudine*; gli ossicini sono tra loro collegati in modo da realizzare una catena cinematica in grado di trasmettere, amplificandolo, il movimento del timpano ad una seconda membrana, detta *finestra ovale*, che separa l'orecchio medio dall'orecchio interno. L'orecchio medio comunica con il cavo orale attraverso un sottile meato permeabile all'aria, detto *Tromba di Eustachio*: essa permette di adeguare la pressione nell'orecchio medio al valore esterno, in modo che entrambi i lati del timpano siano soggetti alla stessa pressione media, condizione essenziale affinché il timpano possa vibrare liberamente.

La parte più complessa dell'organo uditivo è l'*orecchio interno*. Esso è costituito da una cavità avvolta a chiocciola, denominata *coclea*, di sviluppo lineare pari a circa 30 mm e delimitata agli estremi dalla finestra ovale e dalla finestra tonda. La coclea è piena di liquido e ospita al suo interno la *membrana basilare*, a cui è collegato l'*Organo del Corti*, che contiene le terminazioni del nervo uditivo.

Le onde sonore convogliate dal condotto uditivo (la cui frequenza propria è prossima ai 4 kHz) mettono in vibrazione il timpano. La catena cinematica martello-staffa-incudine agisce da adattatore di impedenza fra l'aria (presente nell'orecchio esterno e medio) ed il liquido presente nell'orecchio interno: grazie all'azione di amplificazione la pressione che agisce sull'orecchio interno attraverso la finestra ovale risulta circa 90 volte superiore alla pressione acustica nell'aria che sollecita il timpano.

Le terminazioni nervose dell'organo del Corti sono selettivamente sensibili alle varie frequenze come esemplificato in Figura 1.11; l'onda stazionaria che si instaura nella coclea presenta infatti i propri massimi in posizioni che dipendono dalle frequenze del suono: le terminazioni situate in prossimità della finestra ovale reagiscono alle frequenze più elevate, mentre le terminazioni vicine alla finestra tonda sono sensibili alle frequenze più gravi, come rappresentato in figura.



Figura 1.11 - Schema dell'organo del Corti.

1.9.2. SCALE SOGGETTIVE DI PERCEZIONE DEI LIVELLI SONORI

I primi tentativi di costruire una scala soggettiva di percezione dei livelli sonori fecero uso di una legge empirica, denominata *Legge psico-fisica di Weber-Fechner*, la quale afferma che la minima variazione incrementale, ΔS , di una sensazione soggettiva S è proporzionale alla minima variazione incrementale relativa, $\Delta G/G$, dello stimolo G che determina la sensazione:

$$\Delta S = K \left(\frac{\Delta G}{G} \right) \quad (1.72)$$

Fletcher ipotizzò valida la Legge di Weber-Fechner per variazioni infinitesime di sensazioni acustiche:

$$dS = K \left(\frac{dI}{I} \right) \quad (1.73)$$

da cui:

$$S = K \ln I + \text{cost} \quad (1.74)$$

Imponendo la condizione $S = 0$ per $I = I_s$ (valore di soglia dello stimolo) e ponendo $K = 10 \cdot \log_{10}$ e risulta:

$$S = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{I}{I_s} \right) \quad (1.75)$$

che rappresenta l'espressione della *loudness* di un suono secondo Fletcher. Il risultato definisce una scala di valutazione espressa in dB e quindi simile alla scala dei livelli sonori, salvo per la diversa definizione del valore di soglia. Infatti, prove di ascolto condotte su opportuni campioni di popolazione, utilizzando quali segnali acustici toni puri di frequenza variabile, hanno evidenziato come la soglia di udibilità non sia costante, ma dipenda apprezzabilmente dalla frequenza del suono, come si può osservare in Figura 1.12.

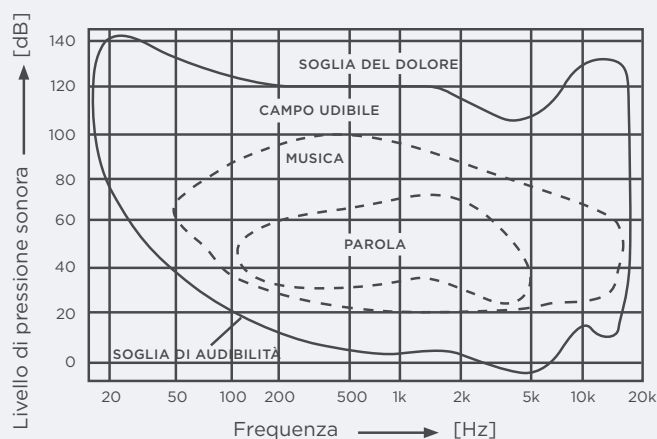


Figura 1.12 - Aree frequenza-livello per il campo di udibilità, la musica e la percezione del parlato.

Applicando il criterio di Fletcher risulta che le curve di ugual sensazione sonora hanno tutte la stessa forma della curva di soglia, rispetto alla quale sono ovviamente traslate verso l'alto in ragione del valore via via crescente dello stimolo. Tale risultato è abbastanza corretto nell'intervallo centrale dell'udibile, ovvero fra 500 e 2000 Hz circa, mentre al di fuori di tale intervallo la forma delle curve di ugual sensazione presenta apprezzabili differenze al variare del livello, come è dimostrato da studi sulle cosiddette *soglie incremental*.

Attraverso tali studi sono state determinate le minime variazioni dello stimolo (intensità sonora o frequenza) in grado di determinare una variazione avvertibile di sensazione: poiché i risultati variano in funzione del livello dello stimolo e della frequenza, la semplice espressione logaritmica della *loudness* inizialmente proposta da Fletcher risulta non del tutto corretta.

1.9.3. AUDIOGRAMMA NORMALE E SCALA DEI PHON

Partendo dalle considerazioni sopra esposte, Fletcher propose successivamente un criterio di valutazione soggettiva basato su un confronto binario di toni puri, uno dei quali, di frequenza fissa 1000 Hz, svolge la funzione di tono di riferimento. Il criterio si fonda sui seguenti presupposti:

- Alla frequenza di 1000 Hz, la scala oggettiva dei *livelli sonori* L espressi in dB e la scala dei livelli soggettivi P espressi in phon coincidono (ad es. un tono puro di frequenza 1000 Hz e livello 60 dB ha un livello soggettivo di 60 phon).
- Le prove di ascolto permettono di tracciare le curve di uguale livello soggettivo, dette *curve isofoniche*.
- I risultati sono riassunti in un diagramma, detto *Audiogramma normale*, la cui forma dipende dalle condizioni di ascolto (in cuffia, in campo libero, in campo diffuso, ecc.). Vengono riportati nelle figure di seguito due esempi di Audiogramma: nell'ordine, quello originariamente costruito da Fletcher e Munson, riportato in Figura 1.13, valido per ascolto binaurale in cuffia, e quello tratto dalla norma ISO-R226 e riportato in Figura 1.14, valido per ascolto binaurale in campo libero con sorgente (altoparlante) disposta di fronte all'ascoltatore.

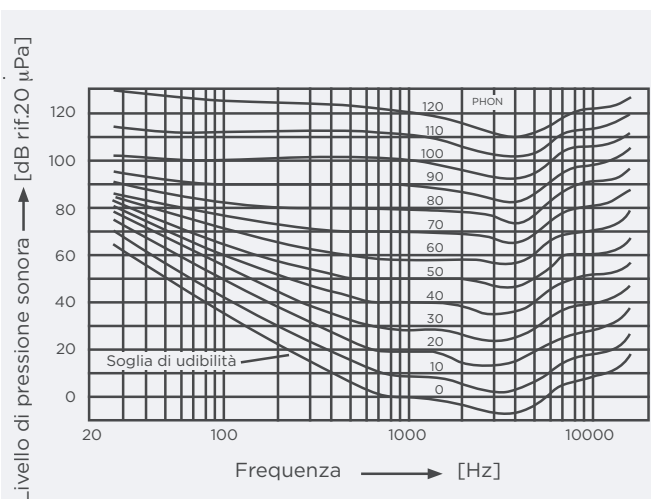


Figura 1.13 - Audiogramma di Fletcher e Munson.

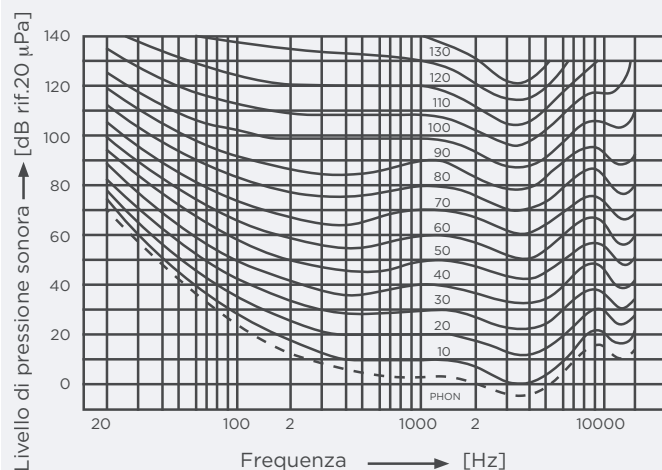


Figura 1.14 - Audiogramma ISO-R226.

1.9.4. EFFETTI E DESCRITTORI DEL RUMORE

Con il termine *rumore* si definisce in generale qualsiasi suono che abbia effetti negativi sulle persone ad esso esposte. La gamma degli effetti che il rumore può determinare sulle persone spazia dal semplice fastidio, ovvero da una più o meno indefinita sensazione di scontentezza (fortemente influenzata da fattori soggettivi, psicologici o culturali) fino alle conseguenze di carattere sanitario. Nella letteratura medico-igienistica gli effetti del rumore sono principalmente classificati nelle due categorie del *danno* e del *disturbo*.

Per *danno da rumore* si intende qualsiasi effetto sulla salute che sia almeno parzialmente irreversibile e che sia oggettivamente attribuibile all'esposizione al rumore. L'esempio tipico di *danno specifico* è la cosiddetta *ipoacusia professionale*, ovvero la riduzione della capacità uditiva che un lavoratore, esposto a situazioni che superino determinate soglie di rumorosità, può sviluppare nel corso degli anni di attività lavorativa.

Va comunque sottolineato che il rumore può determinare anche *danni non specifici*, ovvero che riguardano altri aspetti della salute, quali l'ipertensione, l'alterazione del metabolismo, ecc.

Con il termine *disturbo da rumore* si identifica invece quel complesso di effetti, oggettivamente ascrivibili al rumore ma di natura prettamente transitoria, di cui sono esempi tipici l'interferenza con la comprensione del parlato, la difficoltà di concentrazione nello svolgimento di attività intellettualmente impegnative, l'interferenza con il sonno, ecc. Mentre il danno da rumore interessa principalmente l'ambito del rischio professionale, il disturbo è associato a qualsiasi fenomeno di rumore ambientale e riguarda quindi non solo i lavoratori ma la popolazione in senso lato.

Per entrambe le problematiche sopra citate, sono ampiamente documentati in letteratura i risultati di studi (di taglio epidemiologico o socio-acustico) eseguiti su significativi campioni di soggetti esposti al rumore, che hanno permesso di identificare i *descrittori acustici* idonei a quantificare il legame fra dose di rumore percepito ed effetti sull'individuo: i limiti di esposizione indicati dalle leggi in vigore in Italia e in altri Paesi, sia per quanto riguarda il rischio di danno da rumore industriale, sia per quanto riguarda la tutela della popolazione dal disturbo associato al rumore ambientale, sono in effetti basati su raccomandazioni internazionali che hanno recepito i risultati degli studi suddetti.

Livelli sonori ponderati

Allo stato attuale delle conoscenze, il criterio maggiormente utilizzato per correlare effetti soggettivi ed esposizione al rumore si basa sull'impiego della *ponderazione in frequenza* dei segnali acustici. La Figura 1.15 mostra l'andamento delle varie curve di ponderazione in frequenza proposte (identificate con le lettere A ÷ C), due delle quali sono oggi maggiormente utilizzate: la Curva A e la Curva C.

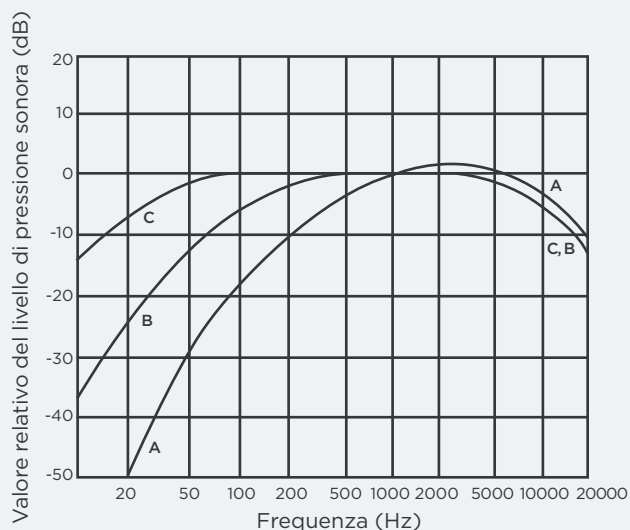


Figura 1.15 - Curve di ponderazione in frequenza.

La Curva A – che riveste particolare importanza per il suo largo impiego nelle disposizioni normative che riguardano l'esposizione al rumore sia in campo ambientale, sia in ambito industriale – riproduce in forma semplificata l'andamento delle curve isofoniche dell'audiogramma normale. La ponderazione consiste nell'applicare ai livelli di banda d'ottava o di terzi d'ottava misurati una correzione che tiene conto della diversa sensibilità uditiva alle diverse frequenze: la correzione è per convenzione nulla a 1000 Hz, è positiva (ancorché piccola: la correzione massima è infatti +1,3 dB a 2500 Hz) tra 1000 e 5000 Hz ed è negativa al di fuori di tale intervallo; particolarmente evidente risulta l'abbattimento applicato alle componenti di bassa frequenza (ad es. -16,1 dB a 125 Hz, -39,4 dB a 31,5 Hz).

Il livello che si ottiene dalla somma logaritmica dei livelli di banda corretti è detto livello globale ponderato A; esso viene generalmente identificato con il simbolo L_A e la relativa unità di misura è convenzionalmente indicata come dB(A).

A questo riguardo si può osservare che:

- la ponderazione A può essere applicata indifferente ai livelli di pressione, intensità e potenza sonora;
- gli strumenti attuali per le misure acustiche (fonometri, analizzatori real-time, ecc.) effettuano in automatico e in tempo reale la ponderazione in frequenza del segnale per via hardware;
- un segnale acustico non ponderato viene definito *lineare* e in tal caso si possono utilizzare i termini “ponderazione lineare” e “livello L_{lin} espresso in dB(lin)”;
- uguali valori di L_A possono derivare da segnali con diverso L_{lin} ; in genere i casi in cui $L_A < L_{lin}$ denotano suoni ricchi di componenti di frequenza medio-bassa, mentre la situazione opposta si verifica quando il massimo contenuto energetico del segnale è concentrato nell'intervallo 1000 ÷ 5000 Hz;
- considerazioni analoghe si applicano nel caso delle altre curve di ponderazione: la curva C, che è più piatta di quella A, si applica nella valutazione degli effetti di suoni molto intensi (cfr. andamenti delle isofoniche).

Livello sonoro equivalente continuo

Un altro problema è la valutazione degli effetti di rumori variabili nel tempo; a questo scopo è largamente utilizzato, quale descrittore, il *livello equivalente continuo* L_{eq} .

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T \frac{p^2(t)}{p_{ref}^2} dt \right] \quad (1.76)$$

L_{eq} rappresenta il livello di un ipotetico segnale costante nel tempo il cui contenuto energetico è uguale a quello del segnale variabile in esame. L'impiego del L_{eq} quale descrittore del rumore variabile nel tempo si giustifica sulla base della considerazione che gli effetti di danno e disturbo sono generalmente ben correlati con la dose di energia acustica ricevuta dal soggetto esposto al rumore. Tipicamente il livello equivalente è riferito alla pressione sonora ponderata A, per cui si utilizza il simbolo L_{Aeq} .

1.10. LA PROPAGAZIONE DEL SUONO IN CAMPO LIBERO

Condizioni di *campo sonoro libero ideale* si verificano nel caso di mezzo di propagazione omogeneo, isotropo e non dissipativo ed in assenza di ostacoli interposti tra sorgente e punti ricevitori. A tale schematizzazione sono riconducibili, almeno in prima approssimazione, i problemi di propagazione sonora negli ambienti aperti.

Nella gran parte dei casi la sorgente sonora può essere approssimata ad una sorgente puntiforme che produce onde sferiche. Una sfera pulsante di raggio $r_0 \leq \approx \lambda/6$ è il più semplice esempio di sorgente sonora puntiforme omnidirezionale; essa genera infatti un campo d'onde sferico di intensità uniforme in tutte le direzioni. Molte sorgenti di interesse pratico possono essere rappresentate secondo questo semplice modello, in particolare, quando l'analisi è orientata alla propagazione del suono a grande distanza dalla sorgente stessa. Più comunemente le sorgenti sono direzionali, cioè la potenza sonora viene irradiata più in certe direzioni che in altre. Il fattore di direttività Q viene introdotto al fine considerare le proprietà direzionali di una sorgente e si definisce come rapporto tra l'intensità sonora su un asse stabilito (in genere quello di massima emissione), valutato ad una distanza r dalla sorgente, e l'intensità che verrebbe prodotta nella stessa posizione da una sorgente puntiforme omnidirezionale se questa irradiasse la stessa potenza della sorgente reale. La direttività della sorgente può essere alternativamente espressa attraverso l'Indice di direttività, ID , definito dalla relazione:

$$ID = 10 \log Q \quad (1.77)$$

Per una sorgente omnidirezionale in un campo libero ideale $Q = 1$ e $ID = 0$ dB. Una sorgente omnidirezionale in prossimità di una superficie riflettente o di più pareti riflettenti irradia solo in una porzione di spazio. La Figura 1.16 riporta graficamente i valori di Q e ID per sorgenti puntiformi in diverse posizioni: per sorgenti poste in prossimità di pavimenti riflettenti $Q = 2$ e $ID = 3$ dB, per sorgenti posizionate lungo uno spigolo tra due superfici riflettenti $Q = 4$ e $ID = 6$ dB, per sorgenti collocate in un vertice fra tre pareti riflettenti $Q = 8$ e $ID = 9$ dB.

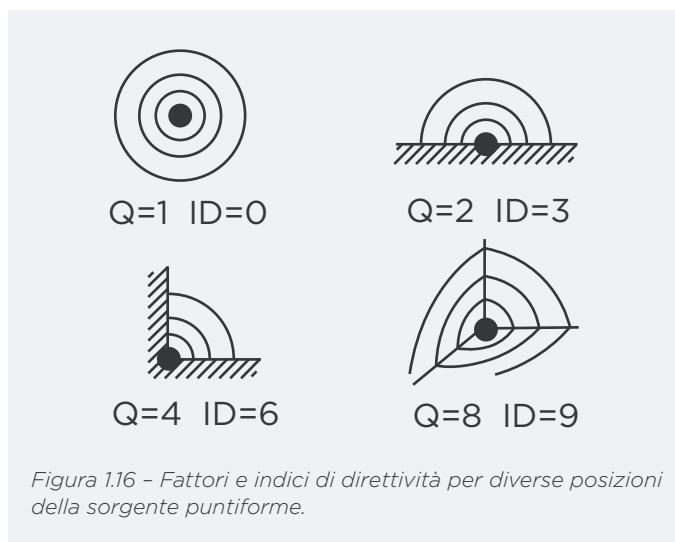


Figura 1.16 - Fattori e indici di direttività per diverse posizioni della sorgente puntiforme.

Indicando con S una sorgente sonora puntiforme, di cui è nota la potenza W ed il fattore di direttività Q nella direzione sorgente-ricevitore (vedi Figura 1.17), è possibile calcolare il livello di intensità (che assumeremo coincidere numericamente con il livello di pressione sonora) nel punto ricevitore, situato a distanza d dalla sorgente, attraverso la seguente relazione:

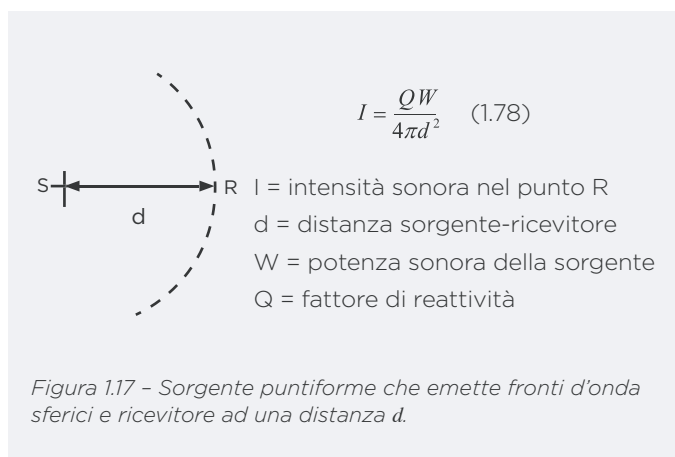


Figura 1.17 - Sorgente puntiforme che emette fronti d'onda sferici e ricevitore ad una distanza d .

In termini di livelli, introducendo i valori di riferimento

$I_{ref} = 10^{-12} \text{ W/m}^2$, $W_{ref} = 10^{-12} \text{ W}$, $A_{ref} = 1 \text{ m}^2$, si ottiene:

$$\frac{I}{I_{ref}} = Q \frac{W}{W_{ref}} \frac{A_{ref}}{4\pi d^2}$$

$$10 \log \frac{I}{I_{ref}} = 10 \log Q + 10 \log \frac{W}{W_{ref}} + 10 \log A_{ref} - 10 \log 4\pi - 20 \log d^2$$

$$L_I \cong L_p = ID + L_w + 0 - 11 \text{ dB} - 20 \log d \quad (1.79)$$

In definitiva:

$$L_p(d) = L_w + ID - 11 - 20 \log(d) \quad (1.80)$$

$$L_p(d_1) = L_p(d_2) - 20 \log\left(\frac{d_2}{d_1}\right) \quad (1.81)$$

Il termine $20 \log(d)$ che compare nelle precedenti equazioni rappresenta l'attenuazione per *divergenza geometrica*

dell'onda; questo termine dipende dalla forma del fronte d'onda (in questo caso *sferica* in quanto si è considerata puntiforme la sorgente sonora). La diminuzione del livello sonoro risultante è pari a -6 dB per ogni raddoppio di distanza.

Il livello di pressione sonora nelle condizioni reali risulta, a parità di distanza, generalmente inferiore a quello calcolato con le equazioni riferite al caso ideale, in quanto intervengono ulteriori termini di attenuazione dovuti alla dissipazione (assorbimento) nel mezzo di propagazione, alle condizioni meteorologiche, all'assorbimento del terreno, alla presenza di schermi.

L'assorbimento del mezzo di propagazione è determinato dalla dissipazione di energia dovuto sia alla conduzione termica e alla viscosità dell'aria, nonché all'effetto di transizioni rotazionali e vibrazionali nelle molecole di O_2 . Tali effetti, più evidenti alle frequenze elevate e nel caso di aria secca, interessano la propagazione a grandi distanze: ad esempio, per un rumore rosa si ha tipicamente un'attenuazione di circa 3 dB per distanze dell'ordine di $500 \div 600 \text{ m}$.

1.11. ACUSTICA DEGLI AMBIENTI CHIUSI

1.11.1. DESCRIZIONE MODALE DELL'ACUSTICA DI UNA SALA

La percezione del suono in uno spazio chiuso è notevolmente influenzata dal contributo delle onde sonore che raggiungono l'ascoltatore dopo avere subito una o più riflessioni da parte delle superfici che delimitano l'ambiente, apporto che si somma a quello dell'onda diretta. Poiché la distanza percorsa dalle onde riflesse è sempre maggiore di quella percorsa dall'onda diretta, si verifica un ritardo tra la ricezione dell'onda diretta, delle onde derivanti dalle prime riflessioni e delle onde associate alle riflessioni successive (vedi Figura 1.18). Come verrà meglio chiarito nel seguito, è proprio l'entità di tali ritardi a determinare la qualità acustica dell'ambiente.

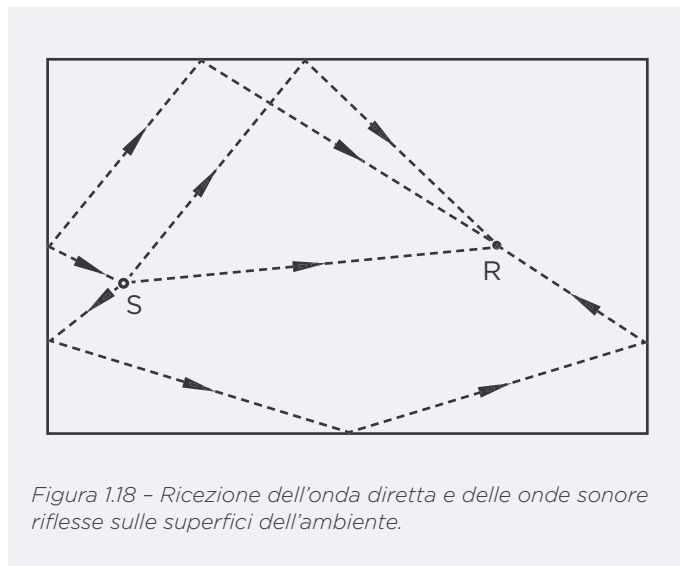


Figura 1.18 - Ricezione dell'onda diretta e delle onde sonore riflesse sulle superfici dell'ambiente.

Il campo sonoro che si instaura in un ambiente chiuso è dunque notevolmente più complesso di quello che si verifica negli spazi aperti, poiché è dato dalla sovrapposizione di un campo *diretto* e di un campo *riverberato* (aggettivo derivato dal termine *riverberazione* che identifica le multiple riflessioni delle onde acustiche nell'ambiente chiuso).

Nel caso di geometrie semplici (ad esempio in una stanza parallelepipedica) e di sorgente armonica di ampiezza costante, è possibile ricavare una soluzione analitica chiusa del campo sonoro. Tale soluzione evidenzia che la pressione sonora in un punto è data dalla somma dei contributi di ciascun *modo acustico proprio* dell'ambiente, ovvero delle onde stazionarie che, analogamente a quanto accade in un tubo chiuso ad un'estremità, si instaurano nell'ambiente.

È importante precisare che, in qualsiasi ambiente reale, le direzioni di propagazione delle onde acustiche sono molteplici per cui è opportuno classificare i modi acustici in tre categorie dipendenti da come le onde si propagano rispetto all'orientamento delle pareti: i *modi assiali* si instaurano quando le onde viaggiano in direzione parallela a uno degli assi coordinati e incidono perpendicolarmente a una coppia di pareti contrapposte; i *modi tangenziali* quando le onde si propagano su piani paralleli a piani coordinati e incidono su due coppie di pareti contrapposte; i *modi obliqui* quando le direzioni di propagazione sono oblique rispetto agli assi coordinati e le onde interagiscono con tutte le pareti. In Figura 1.19 sono rappresentate le linee di pressione acustica relativa costante nel caso di modo assiale (a) e di modo tangenziale (b).

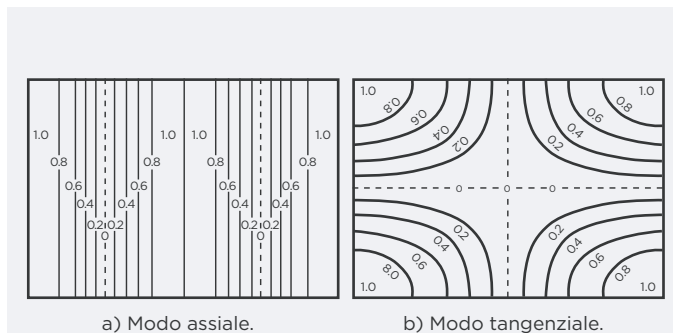


Figura 1.19 – Linee a pressione acustica relativa costante in un ambiente parallelepipedo nel caso di un modo assiale e di un modo tangenziale.

Quando la frequenza della sorgente è prossima alla frequenza naturale di un modo, tale modo viene eccitato in risonanza e si verifica un'amplificazione della forma modale e quindi un incremento della pressione sonora. Il numero di modi N che possono essere eccitati in risonanza all'interno di una banda di ampiezza unitaria attorno alla frequenza f è dato dalla *densità modale*:

$$\frac{dN}{df} = \frac{4\pi f^2 V}{c^3} \quad [\text{Hz}^{-1}] \quad (1.82)$$

dove V è il volume dell'ambiente.

La Tabella 1.3 riporta la densità modale alle varie frequenze per un ambiente parallelepipedo di dimensioni $10 \times 5 \times 3 \text{ m}$ ($V = 150 \text{ m}^3$), assumendo $c = 343 \text{ m/s}$:

Tabella 1.3 – Densità modale in funzione della frequenza per un ambiente di volume pari a 150 m^3 .

f (Hz)	31,5	63	125	250
dN/df (Hz ⁻¹)	0,05	0,19	0,73	2,92

Alle frequenze basse ($f < 100 \text{ Hz}$ circa) la densità modale è piccola e quindi pochi modi contribuiscono efficacemente al campo acustico, per cui si verificano ampie fluttuazioni spazio-temporali della pressione sonora. Alle alte frequenze, invece, poiché il numero di modi eccitati in risonanza è elevato, si verifica una distribuzione più omogenea della pressione sonora (e quindi dell'energia sonora) all'interno dell'ambiente.

Questo risultato suggerisce che lo studio della risposta acustica di un ambiente deve essere affrontato, a seconda dei casi, con approcci differenti:

- alle basse frequenze, l'*approccio modale* è essenziale per ottenere una descrizione accurata del campo sonoro;
- alle alte frequenze, poiché il grado di sovrapposizione dei modi acustici è elevato, è adeguato studiare il problema con un *approccio statistico*.

La frequenza al di sopra della quale è corretto applicare l'approccio statistico, detta *frequenza di Schroeder*, è stimabile con l'espressione:

$$f_{\text{lim}} \approx 2000 \sqrt{\frac{T}{V}} \quad (\text{Hz}) \quad (1.83)$$

dove T è il tempo di riverberazione dell'ambiente. Nell'esempio precedente, assumendo $T = 0,7 \text{ s}$, si ha:

$$f_{\text{lim}} \approx 137 \text{ Hz}$$

Considerando invece un ambiente da 2000 m^3 con $T = 1 \text{ s}$ si trova:

$$f_{\text{lim}} \approx 22 \text{ Hz}$$

Pertanto, si può concludere che per i grandi ambienti l'approccio statistico è, in linea generale, applicabile su tutta la gamma delle frequenze udibili.

Più precisamente, l'approccio statistico implica assumere valida l'ipotesi di *campo sonoro diffuso*, ovvero di una situazione in cui, in media, tutti gli apporti di energia sonora dei numerosissimi modi acustici eccitati in risonanza giungono nel punto ricevitore con *direzioni di incidenza casuali*.

In pratica il campo sonoro in un ambiente chiuso verrà descritto ed analizzato come frutto della sovrapposizione di un *campo diretto* e di un *campo riverberato*, quest'ultimo rappresentato come campo diffuso: tale situazione è generalmente definita come *campo sonoro semiriverberato*.

1.11.2. INTERAZIONE ONDA SONORA - PARETE

Prima di affrontare lo studio del campo sonoro in un ambiente chiuso occorre richiamare i fenomeni che avvengono quando un'onda sonora incide su una parete di estensione indefinita (vedi Figura 1.20) tale quindi da non determinare fenomeni di diffrazione ai bordi. Si indichi con I l'intensità dell'onda sonora incidente, con I_r l'intensità dell'onda riflessa, con I_t l'intensità dell'onda trasmessa attraverso la parete all'ambiente confinante e con I_d la potenza sonora per unità di area dissipata per attrito interno nella parete.

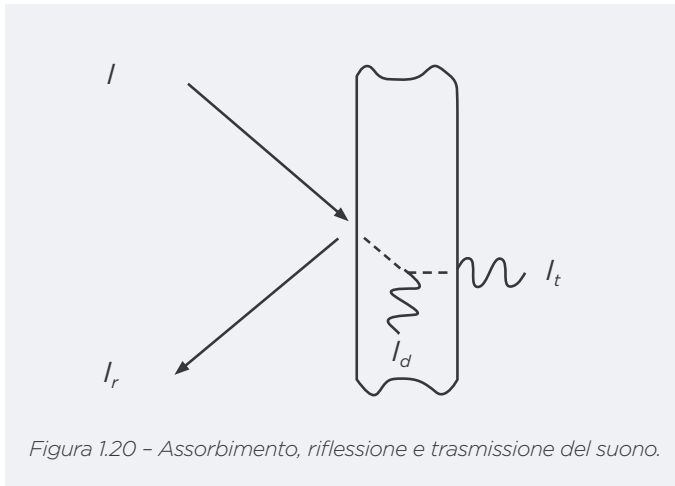


Figura 1.20 - Assorbimento, riflessione e trasmissione del suono.

Il bilancio energetico del sistema indica:

$$I = I_r + I_t + I_d \quad (1.84)$$

da cui:

$$r + t + d = 1 \quad (1.85)$$

dove:

$$r = \frac{I_r}{I} = \text{coefficiente di riflessione}$$

$$t = \frac{I_t}{I} = \text{coefficiente di trasmissione}$$

$$d = \frac{I_d}{I} = \text{coefficiente di dissipazione}$$

Dal punto di vista della risposta acustica dell'ambiente in cui è collocata la sorgente, determinante è la quota di energia riflessa, mentre non ha interesse discriminare tra energia dissipata ed energia trasmessa all'ambiente adiacente, che è invece fattore determinante nei pro-

blemi di *isolamento acustico* tra locali confinanti.

Si definisce allora *coefficiente di assorbimento acustico apparente* (nel seguito, per brevità, indicato semplicemente come coefficiente di assorbimento):

$$a = d + t = 1 - r \quad (1.86)$$

I materiali più utilizzati nelle costruzioni in campo civile e industriale (laterizi, intonaci, calcestruzzo, rivestimenti lapidei e ceramici, metalli, ecc.) presentano valori di coefficiente di assorbimento piuttosto bassi (in genere $a < 0,1$) su tutto il campo delle frequenze di interesse (tipicamente $f = 125 \div 4000$ Hz). Più elevato è invece l'assorbimento acustico determinato dai rivestimenti e dagli arredi in tessuto (tende, moquette, ecc.) nonché dalle stesse persone. Infine, si definiscono *materiali fonoassorbenti* quei materiali che hanno la specifica funzione di dissipare energia sonora in specifici intervalli di frequenza.

1.11.3. CAMPO SONORO SEMIRIVERBERATO IN REGIME PERMANENTE

Un elemento di volume V , immerso in un campo sonoro semiriverberato, contiene un'energia sonora volumica D che è somma dei contributi del campo diretto, D_d , e del campo riverberato (diffuso), D_r . Analogamente si può osservare che una superficie di area ΔS , interna all'elemento di volume V , è attraversata da flussi di energia sonora associati sia all'onda diretta, sia alle onde riflesse che incidono sulla superficie con direzioni casuali (ipotesi del campo diffuso).

Il contributo del campo diretto si calcola con le note equazioni di campo libero:

$$I_d = \frac{QW}{4\pi r^2} \quad (1.87)$$

$$D_d = \frac{I_d}{c} \quad (1.88)$$

dove Q e W sono rispettivamente il fattore di direttività e la potenza della sorgente, r la distanza tra sorgente ed elemento/superficie ricevente.

Il contributo del campo riverberato si determina da un bilancio di potenza acustica che, in regime stazionario, assume la forma:

$$W(1 - a_m) = I_r a_m S \quad (1.89)$$

dove a_m è il valor medio del coefficiente di assorbimento acustico a_i di tutte le superfici che delimitano l'ambiente. Tale parametro si calcola, note l'area S_i e il coefficiente di assorbimento a_i di tutte le superfici (arredi e persone incluse), con l'equazione:

$$a_m = \frac{\sum a_i S_i}{\sum S_i} = \frac{\sum a_i S_i}{S} \quad (1.90)$$

Il primo membro dell'equazione di bilancio rappresenta la potenza sonora che "alimenta" il campo riverberato, pari alla potenza immessa in ambiente dalla prima riflessione delle onde sonore che incidono sulle pareti. A regime essa è uguale alla potenza che viene sottratta al campo sonoro dall'assorbimento delle pareti stesse. L'intensità del campo riverberato risulta dunque:

$$I_r = \frac{W}{R} \quad (1.91)$$

dove R rappresenta la costante acustica della sala:

$$R = \frac{a_m S}{(1 - a_m)} \quad (1.92)$$

Nel caso della componente riverberante, il legame fra densità di energia e intensità è del tipo:

$$I_r = \frac{c D_r}{4} \quad (1.93)$$

Ovvero, l'intensità di campo riverberato è un quarto di quella di campo diretto, caso in cui la superficie ricevente è investita esclusivamente da onde provenienti da un'unica direzione e con incidenza perpendicolare.

L'introduzione del fattore 4 al denominatore si giustifica sulla base delle due seguenti considerazioni:

1. una superficie ricevente viene colpita dalle onde sonore solamente su uno dei suoi lati, il che determina un primo dimezzamento del flusso di energia incidente;
2. il contributo energetico di un'onda incidente con angolo θ rispetto alla normale alla superficie è proporzionale a $\cos \theta$; poiché in un campo diffuso l'angolo θ varia casualmente tra $+90^\circ$ e -90° , si deve globalmente considerare un ulteriore dimezzamento.

La densità di energia sonora complessiva è dunque data dalla relazione:

$$D = D_d + D_r \quad \text{ossia}$$

$$D = \frac{QW}{4\pi r^2 c} + \frac{4W}{Rc} = \frac{W}{c} \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right) \quad (1.94)$$

Poiché:

$$D = \frac{\hat{p}^2}{\rho_o c^2} \quad (1.95)$$

Si ha:

$$\hat{p}^2 = \rho_o c W \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right) \quad (1.96)$$

e passando ai logaritmi:

$$10 \log \left(\frac{\hat{p}}{p_o} \right)^2 = 10 \log \left(\frac{\rho_o c}{400} \right) + 10 \log \frac{W}{W_o} + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right) \quad (1.97)$$

Ricordando inoltre che nell'aria in condizioni ambiente $\rho_o c \approx 400$ si ricava infine l'equazione:

$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right) \quad [\text{dB}] \quad (1.98)$$

che fornisce la distribuzione del livello di pressione sonora a regime, in funzione della distanza dalla sorgente, all'interno di un ambiente chiuso in cui si stabilisce un campo sonoro semiriverberato, dato dalla sovrapposizione di un campo diretto e di un campo riverberato diffuso.

Viene rappresentato in Figura 1.21, l'andamento grafico dell'equazione per tre casi, a cui corrispondono valori diversi della costante acustica R : valore basso (dell'ordine di 10 m^2) per un ambiente molto riflettente (*Live room*), valore intermedio (dell'ordine di 100 m^2) per un ambiente mediamente riverberante (*Semireverberant room*), valore elevato (dell'ordine di 1000 m^2) per un ambiente "sordo" (*Dead room*).

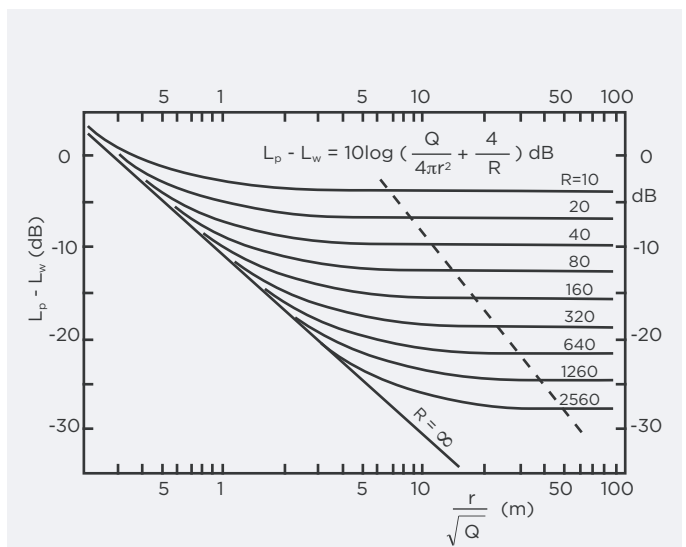


Figura 1.21 - Differenza fra il livello di pressione sonora e il livello di potenza sonora in campo semiriverberato, per una sorgente con fattore di direttività Q , ad una certa distanza dalla sorgente, nel caso di diversi valori di R .

In prossimità della sorgente prevale il contributo del campo diretto, mentre a distanze maggiori si risente della sola componente diffusa che, per ipotesi, è indipendente dalla distanza; la distanza d_c (distanza critica) alla quale i due contributi si uguagliano è data dalla condizione:

$$\frac{D_d}{D_r} = 1 \quad \frac{QW}{4\pi d_c^2 c} \frac{cR}{4W} = \frac{QR}{16\pi d_c^2} = 1 \quad (1.99)$$

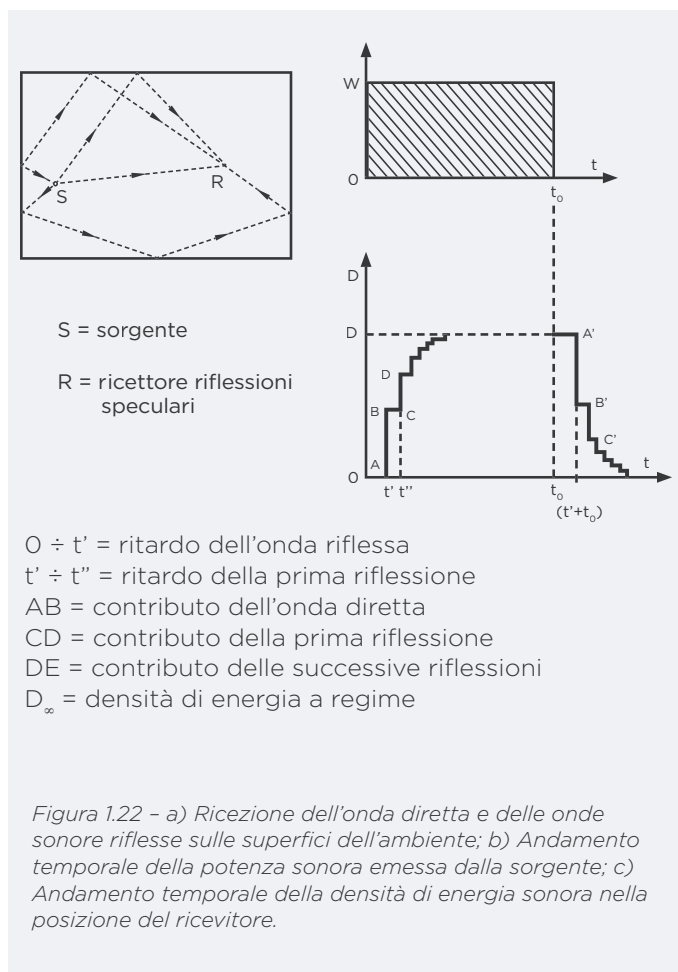
da cui:

$$d_c = \sqrt{\frac{QR}{16\pi}} \quad [\text{m}] \quad (1.100)$$

La distanza critica, in metri, è quindi tanto più grande quanto più l'ambiente è riverberante, ovvero è caratterizzato da un basso valore della costante acustica.

1.11.4. TRANSITORI ACOUSTICI IN AMBIENTI CHIUSI E TEMPO DI RIVERBERAZIONE

L'influenza delle riflessioni sulla qualità dell'ascolto in un ambiente chiuso è particolarmente significativa quando se ne analizza il comportamento in transitorio. Consideriamo l'evoluzione temporale della densità di energia acustica in un punto ricevitore R determinato da una sorgente posta nel punto S che emette una potenza sonora W costante nell'intervallo di tempo $t = 0 \div t_0$ e nulla al di fuori di tale intervallo, come schematizzato in Figura 1.22.



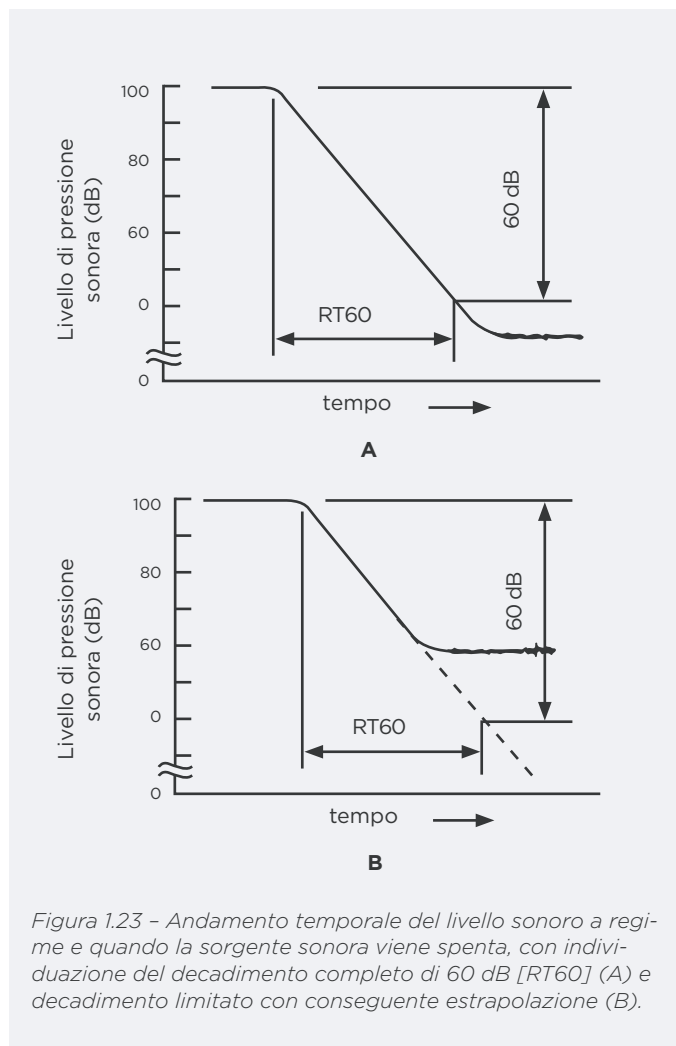
L'andamento temporale della densità di energia evidenzia la presenza di due transitori:

- il *transitorio di attacco*, in cui D passa dal valore iniziale nullo al valore a regime D_{∞} ;
- il *transitorio di estinzione* (detto coda sonora) che inizia successivamente allo spegnimento della sorgente e in cui D decresce per la progressiva attenuazione del contenuto energetico delle onde che subiscono un numero via via crescente di riflessioni.

Il fenomeno è nella realtà assai più complesso di quanto emerga dalla Figura 1.22. I singoli modi acustici della sala, infatti, decadono con leggi diverse in funzione delle proprie frequenze naturali e costanti di smorzamento. Peraltro, negli ambienti per i quali si può ritenere valida l'ipotesi di campo acustico semiriverberato, è possibi-

le studiare la coda sonora con riferimento al contenuto globale di energia acustica, prescindendo quindi da uno studio modale dettagliato.

Sarà allora sufficiente analizzare il decadimento nel tempo del livello di pressione sonora, che tipicamente assume un andamento che approssima in modo accettabile un semplice decadimento lineare, come mostrato in Figura 1.23:



Tempo di riverberazione

Fin dai primi studi sistematici sull'acustica degli ambienti chiusi, condotti circa un secolo fa dal fisico americano W.C. Sabine, è apparso evidente che l'entità della riverberazione (ovvero la durata della coda sonora) rappresenta l'indicatore fondamentale della qualità acustica di una sala. La riverberazione è infatti una condizione naturale della fruizione acustica di un ambiente chiuso, ma essa va, per così dire, opportunamente "dosata" per evitare effetti indesiderati.

È consuetudine esprimere la durata della coda sonora attraverso il *tempo di riverberazione* T_{60} , definito come il tempo che intercorre tra l'istante di spegnimento della sorgente e l'istante in cui il livello di pressione sonora

risulta di 60 dB inferiore rispetto al valore iniziale a regime. Attraverso una serie di misure sperimentali Sabine arrivò a determinare l'espressione (universalmente nota come *formula di Sabine*):

$$T_{60} = 0,16 \frac{V}{A} \quad (1.101)$$

Dove V è il volume dell'ambiente (m^3) e A l'area di assorbimento equivalente (m^2) della sala definita come:

$$A = \sum a_i S_i = a_m S \quad (1.102)$$

dove a_m è il valor medio del coefficiente di assorbimento acustico delle superfici che delimitano l'ambiente e S è l'area totale di tali superfici.

La formula di Sabine fornisce risultati accurati in ambienti che soddisfano le ipotesi del campo semiriverberato ed in particolare:

- ambienti relativamente grandi (comunque non tanto da rendere significativo l'assorbimento dell'aria) e di forma regolare, così da non presentare modi acustici predominanti;
- pareti che realizzano riflessioni diffuse (prive quindi di cavità o di superfici focalizzanti) e non troppo fonoassorbenti ($a_m \leq 0,4$ circa).

È interessante notare che è possibile giungere ad un risultato del tutto equivalente alla formula di Sabine attraverso la soluzione analitica del bilancio in transitorio dell'energia sonora di un ambiente che soddisfi le ipotesi sopra citate. In tali condizioni, si può dimostrare che il *cammino libero medio* di un raggio sonoro tra due successive riflessioni vale:

$$L_m = \frac{4V}{S} \quad (1.103)$$

a cui corrisponde un tempo medio tra due riflessioni:

$$t_m = \frac{L_m}{c} = \frac{4V}{cS} \quad (1.104)$$

Il bilancio energetico, riferito a un intervallo di tempo dt e nell'ipotesi di assorbimento continuo, risulta:

$$Wdt = a_m DV \frac{dt}{t_m} + V \frac{dD}{dt} dt \quad (1.105)$$

In esso il primo membro rappresenta l'energia emessa dalla sorgente nel tempo dt , il secondo è pari alla somma dell'energia assorbita dalle pareti più l'energia accumulata nel volume V . Pertanto, si ha:

$$Wdt = \frac{cA}{4} Ddt + V \frac{dD}{dt} dt \quad (1.106)$$

che fornisce quale soluzione a regime ($dD/dt = 0$):

$$D_\infty = \frac{4W}{cA} \quad (1.107)$$

e nel transitorio di estinzione ($W = 0$):

$$\frac{dD}{D} = -\frac{cA}{4V} dt \quad (1.108)$$

$$D(t) = D_\infty e^{-\frac{cA}{4V} t} \quad (1.109)$$

Imponendo la condizione di Sabine:

$$t = T_{60} \quad \text{per} \quad D_\infty/D = 10^6$$

si ottiene:

$$\ln 10^6 = \frac{cA}{4V} T_{60} \quad (1.110)$$

da cui:

$$T_{60} = \frac{4 \cdot \ln 10^6}{c} \frac{V}{A} \cong \frac{4 \cdot 13,8}{344} \frac{V}{A} = 0,16 \frac{V}{A} \quad (1.111)$$

che coincide con la formula di Sabine.

La scarsa attendibilità della formula quando a_m assume valori elevati appare evidente considerando il caso limite di una camera perfettamente anecoica ($a_m \rightarrow 1$) per la quale deve risultare $T_{60} \rightarrow 0$, mentre la formula di Sabine indica il valore fisicamente errato:

$$T_{60} \rightarrow 0,16 V/S > 0$$

Risultati migliori si ottengono adottando l'ipotesi di assorbimento discontinuo; si considera cioè che, ad ogni successiva riflessione, la densità di energia volumica diminuisca di un fattore $(1 - a_m)$ per cui indicando con D_∞ la densità di energia iniziale a regime, dopo un tempo t_m essa varrà $D_\infty (1 - a_m)$, dopo un tempo $2t_m$ varrà $D_\infty (1 - a_m)^2$, dopo un tempo $t = nt_m$ varrà $D_\infty (1 - a_m)^n$, come indicato nella formula seguente e nella Figura 1.24:

$$D(t) = D_\infty (1 - a_m)^{t/t_m} \quad (1.112)$$

da cui, considerando che:

$$n = \frac{t}{t_m} = \frac{cS}{4V} t \quad (1.113)$$

la densità dopo il tempo t risulta:

$$D(t) = D_\infty (1 - a_m)^{cSt/4V} \quad (1.114)$$

Considerando che:

$$(1 - a_m) \equiv e^{\ln(1 - a_m)} \quad (1.115)$$

si ottiene:

$$\frac{D}{D_\infty} = e^{\frac{Sc}{4V} \ln(1 - a_m) t} \quad (1.116)$$

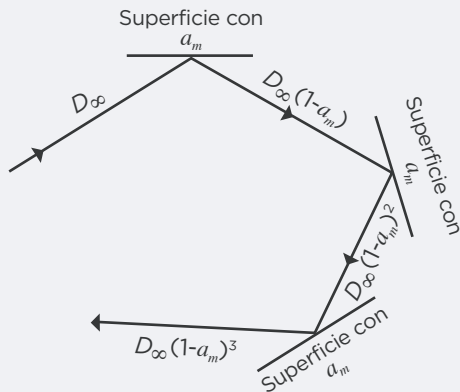


Figura 1.24 - Riduzione della densità di energia sonora di regime esistente in una sala al momento in cui la sorgente cessa di funzionare, per ogni intervallo di tempo t_{nr}

Dalla definizione di tempo di riverberazione si avrà:

$$10^{-6} = e^{\frac{Sc}{4V} \ln(1-a_m) T_{60}}, \text{ dunque } \ln 10^{-6} = \frac{Sc}{4V} \ln(1-a_m) T_{60} \quad (1.117)$$

da cui si può facilmente ottenere la “formula di Norris-Eyring”, dal nome dei due scienziati che l’hanno individuata in modo indipendente:

$$T_{60} = \frac{0,16V}{S |\ln(1-a_m)|} \quad (1.118)$$

che fornisce la previsione, fisicamente corretta, $T_{60} \rightarrow 0$ per $a_m \rightarrow 1$.

Per quanto riguarda la procedura di misura del tempo di riverberazione, la norma UNI EN ISO 3382 introduce sostanzialmente due metodologie con la rispettiva procedura di valutazione dell’incertezza di misura: il metodo del rumore interrotto e il metodo della risposta all’impulso.

Il metodo del rumore interrotto richiede l’utilizzo di una sorgente che emette rumore a banda larga ad un’intensità superiore di almeno 35 dB il rumore di fondo in ambiente in ciascuna banda di ottava, che viene emesso in ambiente per eccitarlo per una durata tale da raggiungere la condizione di stazionarietà e poi interrotto. Il decadimento misurato deve avere una durata di qualche secondo ovvero almeno della metà del tempo di riverberazione stimato.

Nella pratica di misura in campo non sempre è possibile ricavare un decadimento del livello di pressione sonora di 60 dB a seguito dello spegnimento della sorgente sonora. Ciò può accadere per questioni ambientali, come il rumore di fondo presente, o per questioni strumentali, per cui le sorgenti utilizzate hanno limitazioni intrinseche e non possono generare la potenza necessaria.

Per questo si ricorre alla misura di decadimenti inferiori, di 20 dB o 30 dB ad esempio, come mostrato in Figura 1.25, al fine di identificare i T_{20} o T_{30} le cui pendenze di decadimento vengono estrapolate ai 60 dB.

In particolare, secondo la norma UNI EN ISO 3382, il tempo di riverberazione T_{30} viene estrapolato dalla pendenza del tratto di decadimento di 30 dB a partire da -5 dB sino a -35 dB rispetto al livello stazionario di partenza e il tempo di riverberazione T_{20} viene estrapolato dalla pendenza del tratto di decadimento di 20 dB a partire da -5 dB sino a -25 dB rispetto al livello stazionario di partenza.

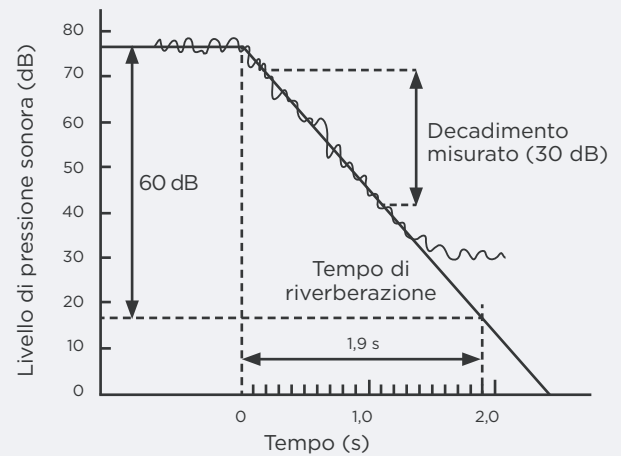


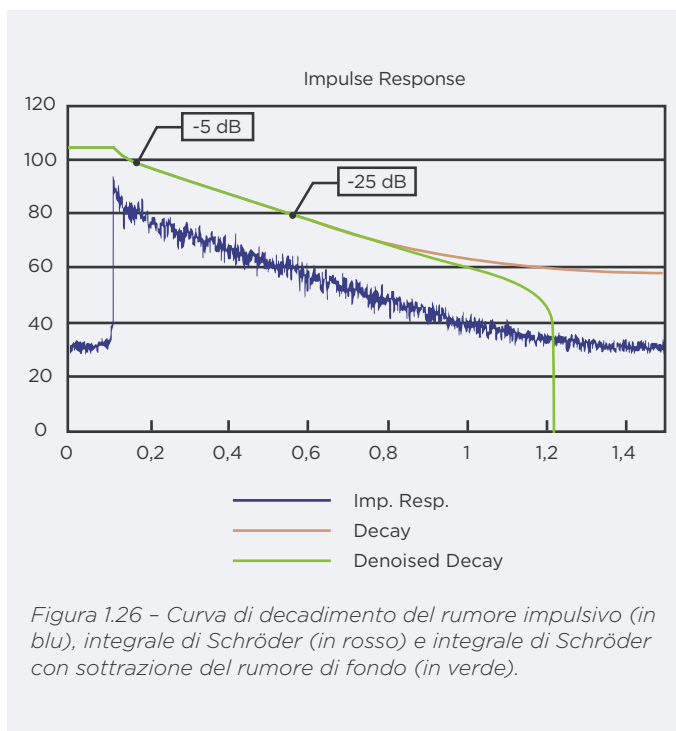
Figura 1.25 - Decadimento del livello sonoro e tempo di riverberazione T_{30} .

Il secondo metodo proposto è basato sulla risposta all’impulso. La risposta all’impulso rappresenta l’andamento della pressione sonora nel tempo, a seguito dell’emissione di un segnale impulsivo di durata molto breve, idealmente nulla, da parte di una sorgente sonora (ad esempio una pistola, un palloncino, un clappatore).

In alternativa all’emissione di un segnale impulsivo, la risposta all’impulso può essere ottenuta dall’emissione di segnali pseudocasuali come le sequenze di massima lunghezza (MLS) o le *sweep*, cioè un segnale composto da una forma d’onda di tipo sinusoidale che inizia dalle frequenze basse e sale progressivamente verso le alte al trascorrere del tempo (“spazzolata in frequenza”). Una volta ottenuta la risposta all’impulso si determina il quadrato della pressione sonora (energia).

A partire dal tempo t scelto opportunamente si effettua l’integrale corrente all’indietro della pressione al quadrato (una sommatoria per il segnale campionato), altrimenti detto integrale di Schröder.

Il tempo di riverberazione calcolato sulla curva ricavata dall'integrazione, a partire dalla fine, del quadrato della risposta all'impulso, equivale al tempo di riverberazione ottenuto con un numero infinito di medie utilizzando il metodo del rumore interrotto. La procedura di misura è descritta nella norma UNI EN ISO 3382, nella quale è suggerito un criterio empirico con cui definire l'intervallo ottimale di risposta all'impulso da integrare in modo da limitare l'influenza del rumore di fondo. In ogni caso, i moderni sistemi per la misura del tempo di riverberazione mediante risposta all'impulso incorporano avanzate tecniche di rimozione degli effetti indesiderati del rumore di fondo per sottrazione in fase di integrazione, come mostrato in Figura 1.26.



1.11.5. QUALITÀ ACUSTICA DEGLI AMBIENTI E TEMPO DI RIVERBERAZIONE OTTIMALE

Il tempo di riverberazione T_{60} rappresenta senza dubbio l'indicatore di qualità acustica di un ambiente o di una sala più conosciuto ed utilizzato. L'esperienza dimostra che, affinché si verifichino in una sala condizioni di ascolto soddisfacenti, il tempo di riverberazione deve assumere valori il più possibile prossimi a valori ottimali che dipendono dal volume e dalla tipologia di impiego della sala distinguendo, in prima istanza, tra sale destinate all'ascolto della parola (aula scolastica, sala per conferenze, teatro di prosa, cinema, ecc.) e sale destinate all'ascolto della musica (sala per concerti, teatro d'opera, ecc.). Valori di T_{60} eccessivamente bassi rispetto al valore ottimale sono indice di sala "sorda", ovvero di una sala in cui i singoli suoni vengono percepiti in modo staccato e

in cui, essendo limitato l'apporto del campo riverberato, si verificano notevoli disuniformità del livello di pressione sonora da punto a punto. Valori eccessivamente alti determinano invece condizioni di ascolto poco "nitide": il nostro sistema nervoso è infatti in grado di ricondurre ad un medesimo evento emissivo (e quindi ad un medesimo "significato") due segnali acustici percepiti in tempi diversi, a patto che il ritardo tra essi non sia maggiore di alcune decine di millisecondi. Sono disponibili in letteratura numerosi risultati, frutto di studi sperimentali, che forniscono i valori ottimali del tempo di riverberazione per le tipiche categorie di sale destinate all'ascolto della parola o della musica; il valore $T_{60,ott}$ è generalmente indicato per una frequenza di riferimento (tipicamente pari a 500 Hz o 1kHz) e ad esso viene associata una curva di correzione che permette di ottenere i valori alle altre frequenze di interesse. Si riporta la Figura 1.27 con indicazione del tempo di riverberazione ottimale a partire dal volume dell'ambiente e due formule empiriche in Tabella 1.4 dalle quali si può calcolare il tempo di riverberazione ottimale in secondi, conoscendo il volume dell'ambiente in m^3 , nel caso di musica e parlato.

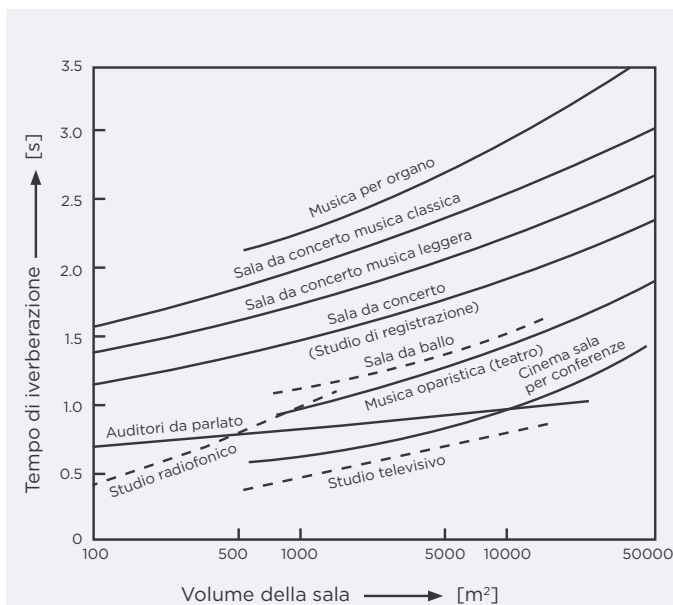


Figura 1.27 - Curve corrispondenti a diverse destinazioni d'uso, ciascuna delle quali fornisce il valore ottimale $T_{60,ott}$ in funzione del volume dell'ambiente.

Tabella 1.4 - Formule empiriche per il calcolo del tempo di riverberazione ottimale in funzione del volume e della destinazione d'uso dell'ambiente.

Ascolto di musica	$T_{60,ott} \approx 0,1\sqrt[3]{V}$
Ascolto di parola	$T_{60,ott} \approx 0,5 + 10^{-4}V$

I valori di $T_{60,ott}$ sopra indicati si riferiscono alla frequenza di 500 Hz. Poiché il coefficiente di assorbimento varia con la frequenza, è praticamente impossibile ottenere lo stesso valore di T_{60} a tutte le frequenze. Si riporta in Figura 1.28 una “maschera” che indica l'intervallo di valori che si possono ritenere accettabili.

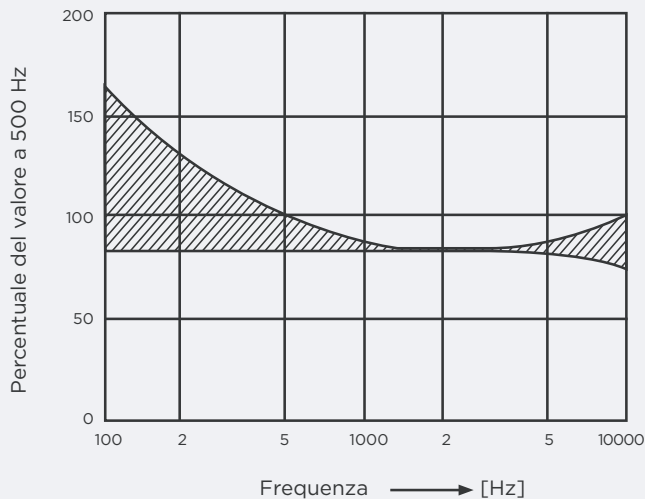


Figura 1.28 - Variazione del tempo di riverberazione ottimale a 500 Hz in funzione della frequenza.

Noto il tempo di riverberazione ottimale in funzione della destinazione d'uso di interesse, è possibile procedere al progetto con i seguenti passi:

- Noto il volume e la destinazione d'uso della sala si calcolano i valori di T_{ott} per le frequenze nominali delle bande di ottava comprese, generalmente, nell'intervallo 125 ÷ 4000 Hz.
- Si formula una prima ipotesi sui materiali da costruzione impiegati nella sala, al fine di ottenere i valori del coefficiente di assorbimento alle varie frequenze dei rivestimenti e degli arredi; nel calcolo delle superfici di assorbimento equivalenti si deve tenere conto del contributo delle persone, in genere ipotizzando almeno due livelli di occupazione della sala.
- Si calcolano, generalmente con la formula di Sabine, i valori di T_{60} alle varie frequenze e si determinano gli scarti rispetto ai valori ottimali.
- Si opera una “correzione acustica” della sala, intervenendo sia sui coefficienti di assorbimento che sulle aree delle superfici per le quali vi sono margini di intervento, fino a ottenere una distribuzione dei T_{60} soddisfacente su tutto il campo delle frequenze.

Sebbene la verifica del tempo di riverberazione costituisca tuttora il passo fondamentale della progettazione acustica di una sala, essa non esaurisce certamente il compito del progettista, per lo meno nei casi una certa complessità. Numerosi indicatori di qualità, oggi correntemente utilizzati nella valutazione e progettazione acustica delle sale, sono stati recentemente proposti da numerosi Autori; e sono riportati nella norma UNI EN ISO 3382 (vedi paragrafo 2.2.3.).

Fra questi ricordiamo:

- descrittori della qualità di ascolto della parola: quantificano l'intelligibilità del messaggio verbale in funzione della risposta acustica della sala e dell'influenza del rumore di fondo;
- rapporti energetici: rappresentano il rapporto fra energia del segnale utile all'ascolto ed energia totale (o energia residua) e quantificano la “nitidezza” dell'ascolto della musica o della parola. Si ottengono a partire dalla misura della risposta all'impulso per un percorso sorgente ricevitore.

Questi parametri rappresentano l'incremento di intensità percepita data dal suono che giunge con un breve ritardo rispetto al suono diretto. Tra i rapporti energetici più comunemente utilizzati per valutare la qualità acustica degli ambienti e per progettare, è importante citare la chiarezza e la definizione del parlato (rispettivamente indicati come C e D, in dB). Tipicamente, per l'ascolto della parola si considera come quota di energia utile quella definita dall'arrivo del suono diretto tra l'istante 0 e i primi 50 ms di emissione, e per l'ascolto della musica tra l'istante 0 e i primi 80 ms. Le formule di seguito rappresentano queste grandezze (vedi anche i paragrafi 2.2.1 e 2.2.3).

$$C_{50} = 10 \log \frac{\int_0^{50ms} p^2(t) dt}{\int_{50ms}^{\infty} p^2(t) dt} \quad [\text{m/s}] \quad (1.119)$$

$$D_{50} = \frac{\int_0^{50ms} p^2(t) dt}{\int_0^{\infty} p^2(t) dt} \quad [\text{Hz}] \quad (1.120)$$

Dove $t=0$ è l'istante in cui il suono diretto giunge al ricevitore.

- indici spaziali: quantificano la direzionalità della percezione del suono (ad esempio attraverso il rapporto fra energia diretta ed energia diffusa) e quantificano l'impressione di spazialità che l'ascoltatore percepisce in un dato ambiente;
- parametri relativi al transitorio di attacco: interessano soprattutto il campo musicale ed in particolare l'ascolto reciproco fra musicisti.

RIFERIMENTI NORMATIVI

Leggi e norme tecniche per l'acustica in edilizia

a cura di
Giuseppina Emma Puglisi

2.1. LEGGI NAZIONALI

In ambito di acustica edilizia in Italia, i principali riferimenti normativi che guidano la progettazione e la realizzazione degli edifici sono la Legge Quadro n° 447 sull'inquinamento acustico del 26/10/1995 e il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 5/12/1997, che attua la Legge Quadro nell'ambito della definizione dei requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici.

In ottica di aggiornamento dei contenuti e dell'applicabilità dei requisiti presenti nel suddetto DPCM, nel panorama legislativo italiano sono stati recentemente forniti dei contributi nello specifico ambito acustico per promuovere misure di *green economy* e di migliore gestione ambientale lungo il ciclo di vita edilizio e produttivo, tenuto conto della disponibilità di mercato. In particolare, sono stati emanati il "Collegato ambientale" per mezzo della Legge n. 221 del 28/12/2015 e il Decreto Ministeriale dell'11 ottobre 2017, pubblicato sulla G.U. del 6/11/2017, sui criteri ambientali minimi da attuare in caso di nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici.

La Tabella 2.1 riporta i citati documenti legislativi vigenti a livello nazionale in ambito di acustica edilizia, che verranno approfonditi nei paragrafi a seguire.

Tabella 2.1 – Principali documenti legislativi nazionali in ambito di acustica edilizia.

Anno	Documento
1995	Legge n. 447 del 26/10/1995 - "Legge quadro sull'inquinamento acustico"
1997	D.P.C.M. del 5/12/1997 - "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici"
2015	Legge n. 221 del 28/12/2015 - "Collegato ambientale", promozione di misure di <i>green economy</i>
2017	D.M. dell'11 ottobre 2017 - "Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici"

2.1.1. LEGGE N. 447 DEL 26/10/1995

La Legge Quadro sull'inquinamento acustico, n. 447 del 26/10/1995, definisce i principi fondamentali riguardo la tutela dell'ambiente esterno e abitativo in tema di inquinamento acustico. Non ha lo scopo di fornire limiti o valori di riferimento, ma di individuare le tematiche riguardanti il controllo del rumore, i soggetti competenti che se ne possono occupare e il ruolo delle Regioni e delle Province autonome nella sua gestione. Il testo originale della legge è stato parzialmente modificato con il

decreto legislativo n. 42 del 17/2/2017. Sono molteplici i decreti emanati nel corso degli anni che attuano la Legge Quadro in funzione di tematiche specifiche. Dal punto di vista della tematica dell'acustica edilizia, il D.P.C.M. del 5/12/1997 sulla determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici, di cui si parla più approfonditamente al paragrafo 2.1.2, è il decreto cardine a livello nazionale.

2.1.2. D.P.C.M. DEL 5/12/1997

Le specifiche acustiche che gli edifici, i loro componenti architettonici e gli impianti tecnologici sono rappresentate dai requisiti acustici passivi degli edifici. Tali requisiti sono normati a livello nazionale dal D.P.C.M. 5/12/1997, che definisce i valori minimi o massimi (Tabella 2.2) da dover rispettare in 7 tipologie di ambienti abitativi, dalla categoria A alla categoria G. Il D.P.C.M. indica come grandezze di riferimento che caratterizzano i requisiti acustici passivi degli edifici:

- L'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente (R'_w) di elementi di separazione tra due unità immobiliari distinte;
- L'indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione ($D_{2m,nT,w}$);
- L'indice di valutazione del livello di rumore di calpestio di solai normalizzato rispetto all'assorbimento equivalente ($L'_{n,w}$);
- Il livello massimo di pressione sonora ponderata A con costante di tempo Slow relativo al rumore di impianti a funzionamento discontinuo quali ascensori, scarichi idraulici, servizi igienici e rubinetteria, in termini di (L_{ASmax});
- Il livello equivalente di pressione sonora ponderata A relativo al rumore di impianti a funzionamento continuo quali impianti di riscaldamento, condizionamento ed aerazione, in termini di (L_{Aeq}).

I livelli sonori L_{ASmax} e L_{Aeq} devono essere misurati negli ambienti diversi da quelli in cui il rumore si origina.

Le categorie in base alle quali vengono classificati gli ambienti abitativi sono:

- *Categoria A:* Residenza o assimilabili
- *Categoria B:* Uffici ed assimilabili
- *Categoria C:* Alberghi, pensioni ed attività assimilabili
- *Categoria D:* Ospedali, cliniche, case di cura ed assimilabili
- *Categoria E:* Attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
- *Categoria F:* Attività ricreative o di culto o assimilabili
- *Categoria G:* Attività commerciali o assimilabili

Tabella 2.2 – Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici.

Categorie degli ambienti abitativi	Parametri				
	R'_w [dB]	$D_{2m,nT,w}$ [dB]	$L'_{n,w}$ [dB]	L_{ASmax} [dB]	L_{Aeq} [dB]
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

I limiti introdotti dal D.P.C.M. sono applicati ai seguenti casi:

- tutti gli edifici di nuova costruzione progettati e realizzati dopo la sua emanazione, ovvero per i quali l'iter di autorizzazione era in corso alla data di pubblicazione del decreto;
- le categorie di intervento subordinate al "Permesso di Costruire", comprese quindi le ristrutturazioni edilizie (a meno di vincoli di tutela culturale/ambientale);
- gli interventi subordinati a segnalazione certificata di inizio attività (SCIA) che comportino cambiamenti di destinazione d'uso e che modifichino dunque i requisiti da rispettare.

2.1.3. LEGGE N. 221 DEL 28/12/2015 IN TEMA DI GREEN ECONOMY

Con la Legge n. 221 del 28/12/2015, anche chiamata "collegato ambientale", è promossa una serie di misure operative in tema di *green economy*, con l'obiettivo di raggiungere uno sviluppo economico sostenibile basato su nuove tecnologie, fonti rinnovabili, efficienza energetica, ricerca e innovazione, tutela e promozione del patrimonio naturale e culturale.

Al capo V della Legge, in corrispondenza dell'articolo 23 si stabilisce che:

"Le amministrazioni pubbliche, nelle more dell'adozione da parte delle regioni di specifiche norme tecniche per la progettazione esecutiva degli interventi negli edifici scolastici, al fine di consentirne la piena fruibilità dal punto di vista acustico, prevedono, nelle gare d'appalto per l'incremento dell'efficienza energetica delle scuole e comunque per la loro ristrutturazione o costruzione, l'impiego di materiali e soluzioni progettuali idonei al raggiungimento dei valori indicati per i descrittori acustici dalla norma UNI 11367:2010 e dalla norma UNI 11532:2014 [...]".

2.1.4. D.M. DELL'11 OTTOBRE 2017 IN TEMA DI CRITERI AMBIENTALI MINIMI (CAM) PER L'EDILIZIA PUBBLICA

Con l'emanazione dei Criteri Ambientali Minimi (CAM), per l'edilizia pubblica, che nascono con l'obiettivo di ridurre gli impatti ambientali e promuovere modelli di produzione e consumo più sostenibili, è stato compiuto un importante avanzamento in termini legislativi dal punto di vista dell'acustica edilizia. Dal punto di vista legislativo, l'applicabilità dei CAM è regolata dall'art. 18 della L. 221/2015 in tema di *green economy* e dall'art. 34 recante "Criteri di sostenibilità energetica e ambientale" del D.lgs. n. 50/2016 "Codice degli appalti" (successivamente modificato dal D.lgs n. 56/2017), che obbligano di fatto tutte le stazioni appaltanti ad integrarli in fase progettuale ed esecutiva.

Richiamando le normative tecniche più recenti, il D.M. dell'11/10/2017 sull'edilizia (G.U. Serie Generale n. 259 del 6/11/2017, "Affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione

di edifici pubblici”) che introduce i CAM in ambito acustico fornisce indicazioni chiare sui requisiti acustici da garantire nel caso di nuova costruzione e ristrutturazione di edifici pubblici. Nello specifico, al paragrafo 2.3.5.6 sul “Comfort acustico” è indicato quanto segue:

“I valori dei requisiti acustici passivi dell’edificio devono corrispondere almeno a quelli della classe II ai sensi della norma UNI 11367. Gli ospedali, le case di cura e le scuole devono soddisfare il livello di «prestazione superiore» riportato nel prospetto A.1 dell’Appendice A della norma 11367. Devono essere altresì rispettati i valori caratterizzati come «prestazione buona» nel prospetto B.1 dell’appendice B alla norma UNI 11367. Gli ambienti interni devono essere idonei al raggiungimento dei valori indicati per i descrittori acustici riportati nella norma UNI 11532. I descrittori acustici da utilizzare sono: quelli definiti nella UNI 11367 per i requisiti acustici passivi delle unità immobiliari; almeno il tempo di riverberazione e lo STI per l’acustica interna agli ambienti di cui alla UNI 11532.

Verifica: i professionisti incaricati, ciascuno per le proprie competenze, devono dare evidenza del rispetto dei requisiti, sia in fase di progetto iniziale che in fase di verifica finale della conformità, consegnando rispettivamente un progetto acustico e una relazione di collaudo redatta tramite misure acustiche in opera, ai sensi delle norme UNI 11367, UNI 11444 e UNI 11532:2014 o norme equivalenti che attestino il raggiungimento della classe acustica qui richiesta. Qualora il progetto sia sottoposto ad una fase di verifica valida per la successiva certificazione dell’edificio secondo uno dei protocolli di sostenibilità energetico-ambientale degli edifici (rating systems) di livello nazionale o internazionale, la conformità al presente criterio può essere dimostrata se nella certificazione risultano soddisfatti tutti i requisiti riferibili alle prestazioni ambientali richiamate dal presente criterio.

In tali casi il progettista è esonerato dalla presentazione della ulteriore documentazione sopra indicata, ma è richiesta la presentazione degli elaborati e/o dei documenti previsti dallo specifico protocollo di certificazione di edilizia sostenibile perseguita, fermo restando l’esecuzione del collaudo.”

2.2. NORME TECNICHE

In Tabella 2.3 sono riportate le principali Norme Tecniche in ambito di acustica edilizia che vengono adottate per l’individuazione dei valori di riferimento, dei calcoli di progetto, delle verifiche a collaudo e delle misure in laboratorio. Nei paragrafi a seguire sono descritte alcune delle Norme Tecniche riportate in tabella 2.3. Le Norme Tecniche riguardanti il progetto e collaudo degli impianti negli edifici, ossia la UNI 12354-5, la UNI EN ISO 16032 e la UNI 8199, saranno richiamate al paragrafo 3.3.

Tabella 2.3 – Principali Norme Tecniche per i valori di riferimento, per il progetto, per il collaudo e per le misure in laboratorio.

Norme Tecniche per i valori di riferimento:
UNI 11367 * “Acustica in edilizia – Classificazione acustica delle unità immobiliari – Procedura di valutazione e verifica in opera”
UNI 11444 “Acustica in edilizia – Classificazione acustica delle unità immobiliari – Linee guida per la selezione delle unità immobiliari in edifici con caratteristiche non seriali”
UNI 11532-1 ** “Acustica in edilizia – Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati – Metodi di progettazione e tecniche di valutazione – Parte 1: Requisiti generali”
UNI 11532-2 ** “Acustica in edilizia – Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati – Metodi di progettazione e tecniche di valutazione – Parte 2: Settore scolastico”
Norme Tecniche per il progetto:
UNI EN 12354-1 “Acustica in edilizia – Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti – Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti”
UNI EN 12354-2 “Acustica in edilizia – Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti – Isolamento acustico al calpestio tra ambienti”
UNI EN 12354-3 “Acustica in edilizia – Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti – Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall’esterno per via aerea”
UNI EN 12354-4 “Acustica in edilizia – Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti – Trasmissione del rumore interno all’esterno”
UNI EN 12354-5 “Acustica in edilizia – Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti – Parte 5: Livelli sonori dovuti agli impianti tecnici”

UNI EN 12354-6

“Acustica in edilizia – Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti – Parte 6: Assorbimento acustico in ambienti chiusi”

UNI EN ISO 717-1 *

“Acustica – Valutazione dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 1: Isolamento acustico per via aerea”

UNI EN ISO 717-2 *

“Acustica – Valutazione dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 2: Isolamento dal rumore di calpestio”

UNI EN ISO 16032

“Acustica – Misurazione del livello di pressione sonora di impianti tecnici in edifici – Metodo tecnico progettuale”

Norme Tecniche per il collaudo:**UNI EN ISO 3382-1**

“Acustica – Misurazione dei parametri acustici degli ambienti – Parte 1: Sale da spettacolo”

UNI EN ISO 3382-2

“Acustica – Misurazione dei parametri acustici degli ambienti – Parte 2: Tempo di riverberazione negli ambienti ordinari”

UNI EN ISO 9921

“Ergonomia – Valutazione della comunicazione verbale”

UNI 8199

“Acustica in edilizia – Collaudo acustico di impianti a servizio di unità immobiliari – Linee guida contrattuali e modalità di misurazione all’interno degli ambienti serviti”

UNI EN ISO 16283-1

“Acustica – Misure in opera dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 1: Isolamento acustico per via aerea”

UNI EN ISO 16283-2

“Acustica – Misure in opera dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 2: Isolamento dal rumore di calpestio”

UNI EN ISO 16283-3

“Acustica – Misure in opera dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 3: Isolamento acustico di facciata”

Norme Tecniche per le misure in laboratorio:**UNI EN ISO 10140-2**

“Acustica – Misurazione in laboratorio dell’isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio – Parte 2: Misurazione dell’isolamento acustico per via aerea”

UNI EN ISO 10140-3

“Acustica – Misurazione in laboratorio dell’isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio – Parte 3: Misurazione dell’isolamento del rumore da calpestio”

* valida anche per il collaudo

** valida anche per il progetto e il collaudo

2.2.1. NORME TECNICHE PER I VALORI DI RIFERIMENTO
**UNI 11367, Acustica in edilizia –
Classificazione acustica delle unità immobiliari –
Procedura di valutazione e verifica in opera**

Tramite la classificazione delle unità immobiliari, la norma ha lo scopo di fornire agli utenti finali ed anche ai progettisti una indicazione chiara sulla qualità acustica degli edifici. La classificazione si basa su criteri oggettivi, cioè sulla misurazione e valutazione in opera dei requisiti acustici prestazionali degli edifici. Oltre ai criteri per l’identificazione delle classi acustiche delle unità immobiliari, l’appendice F della norma fornisce il metodo di valutazione dell’incertezza di misura.

L’applicabilità della classificazione acustica delle unità immobiliari è prevista per l’uso residenziale, direzionale ed uffici, ricettivo (alberghi, pensioni e simili), ricreativo, di culto, commerciale (Tabella 2.4). Non è possibile applicarla a scuole e ospedali, per cui però in appendice A la norma fornisce dei valori di riferimento (anche riportati in Tabella 2.5). In questo secondo caso, i valori di riferimento indicano i requisiti minimi o massimi richiesti per garantire per il comfort acustico raggiungendo prestazioni di base, che sono minime da rispettare, o prestazioni superiori, maggiormente restrittive. Per individuare la classe acustica delle unità immobiliari, la norma identifica i seguenti indici quali grandezze di valutazione delle prestazioni in opera degli elementi tecnici dell’edificio che delimitano e caratterizzano gli ambienti delle unità immobiliari:

- Descrittore dell’isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, $D_{2m,T,w}$ [dB];
- Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di differenti unità immobiliari, R'_w [dB]. Il requisito individuato da tale descrittore si applica alle partizioni orizzontali e verticali che separano ambienti abitativi di unità immobiliari distinte, ma anche ambienti abitativi di

- un'unica unità immobiliare da parti comuni;
- Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari, $L'_{n,w}$ [dB], applicabile nel caso di rumore impattivo generato in unità immobiliari differenti;
- Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo, L_{ic} [dBA];
- Livello sonoro massimo corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo, L_{id} [dBA].

Per quanto riguarda la valutazione dei livelli sonori immessi da impianti a funzionamento sia continuo sia discontinuo, è da intendere che gli impianti siano installati al di fuori dell'unità immobiliare ad eccezione del caso di destinazioni d'uso ricettive per cui la valutazione è svolta anche per uguali unità immobiliari ma in riferimento ad impianti di camere contigue. L_{ic} e L_{id} vengono indicati come livelli sonori corretti poiché la procedura di valutazione prevede che si applichi una correzione al livello indotto dagli impianti a seguito della misura del rumore residuo.

Tabella 2.4 – UNI 11367: Valori di riferimento delle caratteristiche prestazionali degli elementi edilizi da utilizzare ai fini della classificazione acustica di unità immobiliari destinate ad uso residenziale, direzionale ed ufficio, ricettivo (alberghi, pensioni e simili), ricreativo, di culto, commerciale.

Indici di Valutazione	Classe			
	I	II	III	IV
a) Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata, $D_{2m,nT,w}$ [dB]	≥ 43	≥ 40	≥ 37	≥ 32
b) Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di differenti unità immobiliari, R'_w [dB]	≥ 56	≥ 53	≥ 50	≥ 45
c) Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari, $L'_{n,w}$ [dB]	≤ 53	≤ 58	≤ 63	≤ 68
d) Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo, L_{ic} [dBA]	≤ 25	≤ 28	≤ 32	≤ 37
e) Livello sonoro massimo corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo, L_{id} [dBA]	≤ 30	≤ 33	≤ 37	≤ 42

Tabella 2.5 – UNI 11367: Valori di riferimento dei requisiti acustici per ospedali, case di cura e scuole.

Parametri	Prestazione di base	Prestazione superiore
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata, $D_{2m,nT,w}$ [dB]	≥ 38	≥ 43
Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di differenti unità immobiliari, R'_w [dB]	≥ 50	≥ 56
Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari, $L'_{n,w}$ [dB]	≤ 63	≤ 53
Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo in ambienti diversi da quelli di installazione, L_{ic} [dBA]	≤ 32	≤ 28
Livello sonoro massimo corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo in ambienti diversi da quelli di installazione, L_{id} [dBA]	≤ 39	≤ 34
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, $D_{nT,w}$ [dB]	≥ 50	≥ 55
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare, $D_{nT,w}$ [dB]	≥ 45	≥ 50
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti sovrapposti della stessa unità abitativa, $L'_{n,w}$ [dB]	≤ 63	≤ 53

L'appendice B alla norma specifica i criteri per la misurazione e la valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti accessori di uso comune o collettivo collegati all'unità immobiliare mediante accessi o aperture. In particolare è indicato che tale valutazione deve basarsi sulla valutazione dell'indice dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione dell'ambiente abitativo ($D_{nT,w}$ in dB) previa misurazione in rispetto al metodo descritto dalla norma UNI EN ISO 16283-1. Per tale descrittore, i valori di riferimento indicati in norma 11367 sono riportati in Tabella 2.6, distinti in funzione del livello prestazionale raggiungibile.

Tabella 2.6 – UNI 11367: Requisiti per l'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo dell'edificio collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi.

Livello prestazionale	Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi, $D_{nT,w}$ [dB]	
	Ospedali e scuole	Altre destinazioni d'uso
Prestazione ottima	≥ 34	≥ 40
Prestazione buona	≥ 30	≥ 36
Prestazione di base	≥ 27	≥ 32
Prestazione modesta	≥ 23	≥ 28

UNI 11532-1, Acustica in edilizia – Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati – Metodi di progettazione e tecniche di valutazione – Parte 1: Requisiti generali

La norma UNI 11532 descrive, per tutti i settori di applicazione, i descrittori più rappresentativi della qualità acustica interna di un ambiente, restituendone i valori di riferimento in funzione della destinazione d'uso specifica. Per ciascun descrittore fornisce indicazioni circa i metodi previsionali e le tecniche di valutazione in riferimento alla metodologia comune, ossia indicando le ulteriori norme tecniche cui fare riferimento dal punto di vista operativo. Ad oggi sono pubblicate la parte 1 e la parte 2 della norma: la prima è relativa ai requisiti generali e la seconda agli ambienti del settore scolastico.

La parte 1 della norma UNI 11532 indica i valori di riferimento, i metodi previsionali e il metodo di verifica da adottare per ciascuno dei seguenti descrittori per la caratterizzazione della qualità acustica di un ambiente confinato, in maniera distinta in base alla destinazione d'uso.

È applicabile alla fase preliminare di ricerca dei valori di riferimento e poi alle fasi operative di progetto e collaudo. I descrittori che introduce si riassumono come segue:

- Tempo di riverberazione (T , s);
- Indice di trasmissione del parlato (STI, -);
- Chiarezza del parlato (C_{50} in dB);
- Livello di rumore corretto indotto dagli impianti a funzionamento continuo immesso nel medesimo ambiente in cui si origina, $L_{ic,int}$;
- Indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, $D_{2m,nT,w}$;
- Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, $D_{nT,w}$; (vedere UNI 11367);
- Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente, R'_w ;
- Indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio negli edifici, L'_{nw} ;
- Livello di rumore corretto indotto dagli impianti a funzionamento continuo, L_{ic} ;
- Livello di rumore corretto indotto dagli impianti a funzionamento discontinuo, L_{id} .

In merito ai parametri relativi alla rumorosità degli impianti (L_{ic} , L_{id}) e ai requisiti acustici passivi ($D_{2m,nT,w}$, $D_{nT,w}$, R'_w , L'_{nw}), la norma rimanda alla sopra descritta UNI 11367 per quanto riguarda la descrizione e i valori di riferimento.

UNI 11532-2, Acustica in edilizia – Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati – Metodi di progettazione e tecniche di valutazione – Parte 2: Settore scolastico

La parte 2 della norma UNI 11532 nasce dalla necessità di introdurre gli standard per il raggiungimento di una ottima intelligibilità del parlato ed un'elevata concentrazione negli ambienti che sono volti all'apprendimento, che sono anche legati alla riduzione dello sforzo e del carico vocale degli insegnanti.

Si applica in caso di progetto e di rinnovo totale o parziale degli edifici scolastici, tenendo in considerazione sia la fase di verifica (condizione degli ambienti non occupati, con valori di riferimento da fornire in gara pubblica) sia la fase d'uso (condizione degli ambienti occupati).

Riguardo agli studenti e ai parametri principalmente legati al miglioramento delle loro prestazioni in ambiente scolastico, la norma si occupa di individuare valori di riferimento per una serie di categorie che sono maggiormente a rischio se esposte ad un ambiente acustico non controllato, tra le quali i portatori di deficit uditivi, di concentrazione, i soggetti non madre lingua. In Tabella 2.6 sono riportate le categorie di ambienti, gli obiettivi qualitativi e gli esempi che caratterizzano ciascuna di esse.

Tabella 2.6 – UNI 11532-2: Categorie degli ambienti in relazione all'attività.

Categoria		Attività svolta in ambiente	Modalità di intervento	Esempi
A1		Musica Prevalentemente rappresentazioni musicali	Buona acustica per musica non amplificata; ammessa limitata comprensione del parlato	Aule per la musica con musica suonata e canto
A2		Parlato/conferenza Presentazioni parlate dove si ha un oratore frontale	Elevato grado di intelligibilità del parlato	Aule didattiche, Aule magne
A3	A3.1	Ambienti della categoria A2 per persone che hanno problemi di deficit uditivi o parlano una lingua diversa ovvero aule speciali	Elevato grado di intelligibilità del parlato anche per persone con deficit uditivi o non madrelingua oppure con differenze linguistiche	Aule didattiche, Aule magne
	A3.2	Parlato Comunicazione con la presenza contemporanea di più persone parlanti nell'aula	Elevato grado di intelligibilità del parlato anche con più oratori contemporaneamente	Aule didattiche, aule per colloqui, aule per seminari, aule per gruppi studio o di lavoro, laboratori, uffici amministrativi, aula insegnanti e similari
A4		Più persone parlanti nella stanza (come Categoria A3.2) e destinate a persone con particolari necessità (aule speciali) Escluse aula speciale di volume superiore a 500 m ³ , oppure per utilizzo musicale	Elevato grado di intelligibilità del parlato con più oratori contemporaneamente, e per persone con deficit uditivi o non madrelingua oppure con differenze linguistiche	Aule didattiche, aule per colloqui, aule per seminari, aule per gruppi studio o di lavoro, laboratori, uffici amministrativi, aula insegnanti e similari. Ambienti per le videoconferenze
A5		Sport: piscine e palestre e similari	Comunicazione verbale possibile ma a distanze brevi	Palestre e piscine per utilizzo come ambienti sportivi in generale
A6	A6.1	Spazi senza permanenza	-	Vani scala
	A6.2	Spazi con permanenza ridotta	-	Spogliatoi palestre e similari
	A6.3	Ambienti per la permanenza a lungo termine e/o di collegamento	-	Ambienti espositivi con interattività oppure sorgente di rumore elevata (Multimedia, arte visive e suoni, ecc)
	A6.4	Ambienti con necessità di riduzione del rumore e di comfort nell'ambiente	-	Spazi di studio, spazi/corridoi per attività didattiche alternative/ricreative, in scuole di ogni ordine e grado.
	A6.5	Ambienti con particolare necessità di riduzione del rumore e di comfort nell'ambiente	-	Laboratorio, Biblioteche

Nel caso delle categorie dalla A1 alla A4, la differenza sostanziale risiede nel tipo di parlatore e ascoltatori presenti, ossia un singolo oratore e molteplici ascoltatori, mentre nel caso della categoria A6 sono contemporaneamente presenti molteplici oratori e ascoltatori tipicamente suddivisi in gruppi.

In merito al controllo della rumorosità all'interno degli ambienti scolastici, la norma consente di individuare limitazioni in termini di livelli di rumore per gli impianti installati all'interno e all'esterno dell'ambiente in esame ma pur sempre all'interno dell'edificio scolastico, e anche di livello di rumore complessivo che tiene conto del rumore proveniente dall'esterno. La Tabella 2.7 riporta i limiti superiori dei principali livelli generati da impianti a funzionamento continuo, ossia:

- Livello di rumore globale indotto dagli impianti a funzionamento continuo nel medesimo ambiente in cui il rumore si origina, $L_{ic,int}$, inteso come livello medio energetico spaziale ponderato A dei valori di $L_{pu,c}$ ottenuti nelle posizioni utente. Il riferimento alle curve Noise Criteria (NC, descritte dalla norma ANSI S12.2 richiamata al paragrafo 3.3) è in alternativa all'uso del descrittore $L_{ic,int}$;
- Livello di rumore corretto e normalizzato nella posizione utente indotto dagli impianti a funzionamento continuo, $L_{pu,c}$, inteso come livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A di rumore di impianto, in posizione specifica, normalizzato rispetto al tempo di riverberazione;
- Livello di rumore in ambiente, L_{amb} : livello di rumore complessivo in ambiente dovuto al rumore esterno ed interno, relativo ad una mattina infrasettimanale rappresentativa del clima acustico presente con gli impianti in funzione a regime normale.

Tabella 2.7 – UNI 11532-2: Valori di riferimento del rumore dovuto ad impianti a funzionamento continuo e del rumore in ambiente.

Destinazione d'uso	$L_{ic,int}$ [dBA]	NC	L_{amb} [dBA]
Aule e biblioteche ($V < 250 \text{ m}^3$)	≤ 34	≤ 25	≤ 38
Aule e biblioteche ($V \geq 250 \text{ m}^3$)	≤ 38	≤ 30	≤ 41
Ufficio singolo	≤ 35	≤ 25	≤ 38
Ambienti espositivi, spazi di studio	≤ 45	≤ 35	≤ 48
Palestre, piscine, uffici amministrativi, laboratori, aree aperte al pubblico, mense, corridoi, reception / area desk / bidelleria	≤ 45	≤ 35	≤ 48

La norma inoltre definisce i principali livelli generati da impianti a funzionamento discontinuo in ambiente da controllare, ossia:

- Livello di rumore massimo nella posizione utilizzatore per impianti a funzionamento discontinuo, $L_{pu,max}$, inteso come livello massimo ponderato A del rumore d'impianto in posizione utilizzatore, acquisito con costante di tempo "fast" (F), normalizzato rispetto al tempo di riverberazione;
- Livello di rumore nella posizione utente indotto dagli impianti a funzionamento discontinuo, $L_{pu,d}$, inteso come livello massimo ponderato A del rumore d'impianto in posizione specifica, acquisito con costante di tempo "fast" (F), normalizzato rispetto al tempo di riverberazione;
- Livello di rumore massimo indotto dagli impianti e dai componenti d'impianto a funzionamento discontinuo nel medesimo ambiente in cui si origina, $L_{id,int}$, inteso come livello medio energetico spaziale ponderato A dei valori di $L_{pu,d}$ ottenuti nelle posizioni utente.

In Tabella 2.8 sono riportati i valori di riferimento per $L_{pu,max}$ e $L_{id,int}$.

Tabella 2.8 – UNI 11532-2: Valori di riferimento per $L_{pu,max}$ e $L_{id,int}$.

Tipologia di impianto	$L_{pu,max}$ [dBA]	$L_{id,int}$ [dBA]
Cappa di aspirazione fissa per portate fino a 250 m ³ /ora	≤ 65	≤ 65

Per quanto riguarda i parametri acustici da controllare al fine di garantire ottima intelligibilità del parlato e produzione della voce, la norma identifica le modalità di intervento suggerite per il raggiungimento dei requisiti minimi, e in più stabilisce a livello previsionale le relazioni per l'ottenimento del tempo di riverberazione ottimale in funzione della categoria di ambiente e del suo volume (Tabella 2.9), considerato arredato e occupato.

È importante evidenziare come la norma distingua gli ambienti in base alle tipologie di ascoltatori: per le persone con problemi uditivi o disturbi legati alla concentrazione o attenzione, il tempo di riverberazione deve essere conforme alle Categorie A3.1 o A4. Nel caso di aule multifunzione (A2, A3 e A4), il tempo di riverberazione deve soddisfare i valori più restrittivi tra quelli per le categorie considerate.

Tabella 2.9 – UNI 11532-2: Tempo di riverberazione ottimale per categoria e volume di riferimento.

Categoria	Ambiente occupato all'80%	
	Tempo di riverberazione ottimale (s)	Range di volume di riferimento
A1	$T_{ott,A1} = (0,45 \log V + 0,07)$	$30 \text{ m}^3 \leq V \leq 1000 \text{ m}^3$
A2	$T_{ott,A2} = (0,37 \log V - 0,14)$	$50 \text{ m}^3 \leq V \leq 5000 \text{ m}^3$
A3	$T_{ott,A3} = (0,32 \log V - 0,17)$	$30 \text{ m}^3 \leq V \leq 5000 \text{ m}^3$
A4	$T_{ott,A4} = (0,26 \log V - 0,14)$	$30 \text{ m}^3 \leq V \leq 500 \text{ m}^3$
Categoria	Ambiente non occupato	
A5	$T_{ott,A5} = (0,75 \log V - 1,00)$ $T_{ott,A5} = 2,00$	$200 \text{ m}^3 \leq V \leq 10000 \text{ m}^3$ $V \geq 10000 \text{ m}^3$

Per le categorie dalla A1 alla A4, la norma indica che il tempo di riverberazione possa variare rispetto all'ottimale entro un dato intervallo di conformità per ciascuna banda di ottava da 63 Hz a 8000 Hz. A 63 Hz il tempo di riverberazione può variare da -50% a +70%, a 125 può variare da -35% a +45%, da 250 Hz a 2000 Hz può variare del $\pm 20\%$, a 4000 Hz può variare da -35% a +20%, a 8000 Hz può variare da -50% a +20%.

Per la categoria A6, relativa ad aree e spazi non destinati all'apprendimento e biblioteche, sono forniti valori specifici del rapporto tra area di assorbimento equivalente (A in m^2) e del volume dell'ambiente (V in m^3), come indicato in Tabella 2.10. Questi rapporti sono da applicare per singola ottava nell'intervallo da 250 Hz a 2000 Hz, senza considerare l'assorbimento acustico dato dalle persone.

Tabella 2.10 – UNI 11532-2: Valori di riferimento del rapporto tra area di assorbimento equivalente e volume per la categoria A6.

Categoria specifica	Per altezza dell'ambiente $h \leq 2,5 \text{ m}$ (rapporto A/V in m^2/m^3)	Per altezza dell'ambiente $h > 2,5 \text{ m}$ (rapporto A/V in m^2/m^3)
A6.1	Nessuna richiesta	
A6.2	$A/V \geq 0,15$	$A/V \geq [4,80 + 4,69 \log (h/1\text{m})]_{-1}$
A6.3	$A/V \geq 0,20$	$A/V \geq [3,13 + 4,69 \log (h/1\text{m})]_{-1}$
A6.4	$A/V \geq 0,25$	$A/V \geq [2,13 + 4,69 \log (h/1\text{m})]_{-1}$
A6.5	$A/V \geq 0,30$	$A/V \geq [1,47 + 4,69 \log (h/1\text{m})]_{-1}$

Il metodo di verifica per il tempo di riverberazione è rappresentato dalle indicazioni fornite alla norma ISO 3382-2, introdotta al paragrafo 2.2.3, per la condizione di ambienti non occupati (T_{inocc} in s). Pertanto, è necessario eseguire un passaggio di calcolo per ricavare la funzione di trasferimento che include l'assorbimento standard per le persone (A_{pers} in m^2) e in funzione del tempo di riverberazione per l'ambiente occupato (T_{occ} in s) e del volume (V in m^3), che consiste nella formula seguente:

$$T_{inocc} = \frac{T_{occ}}{1 - T_{occ} \frac{\Delta A_{pers}}{0,16V}} \quad [\text{s}] \quad (2.1)$$

La chiarezza del parlato (C_{50} in dB) può essere applicata alle categorie A1, A2, A3 ed A4 in alternativa allo Speech Transmission Index (*STI*) esclusivamente per ambienti di dimensioni inferiori ai 250 m^3 .

Per ambienti di volume $\geq 250 \text{ m}^3$ si applica esclusivamente lo *STI*. Si misura e calcola per un numero di posizioni in ambiente pari ad almeno 2 posizioni se il volume è $\leq 250 \text{ m}^3$ e ad almeno 4 se è superiore a 250 m^3 . La media aritmetica spaziale poi, calcolata nel range di frequenza da 500 Hz a 2000 Hz, può essere confrontata con il limite di riferimento imposto per il caso di assenza di impianto di amplificazione, che equivale a $C_{50} \geq 2 \text{ dB}$, previa correzione con l'incertezza di misura.

Dal punto di vista previsionale, la formula 2.2 permette di ricavare i valori puntuali ottimali di C_{50} , considerando ambienti sia occupati sia non occupati in funzione del tempo di riverberazione (T in s), del volume dell'ambiente (V in m^3) e della distanza tra sorgente e ricevitore (r in m):

$$C_{50}(r) = 10 \log \frac{\frac{100}{r^2} + \left(\frac{31200T}{V} \right) \left(1 - e^{\frac{-0,691}{T}} \right) e^{\frac{-0,04r}{T}}}{e^{\frac{-0,04r}{T}} \left(\frac{31200T}{V} \right) \left(1 - e^{\frac{-0,691}{T}} \right)} \quad [\text{dB}] \quad (2.2)$$

Il metodo di verifica per la C_{50} è rappresentato dalle indicazioni fornite alla norma ISO 3382-1, introdotta al paragrafo 2.2.3.

Lo **STI** (Speech Transmission Index), ovvero indice di trasmissione del parlato, esprime la qualità della trasmissione del parlato in termini di intelligibilità, relativa ad un percorso acustico o elettro-acustico tra un parlatore ed un ascoltatore.

Tramite questo indice, l'intelligibilità può essere prevista per diversi tipi di parole e frasi.

Il metodo di misura, descritto nella norma EN 60268-16, può essere diretto o indiretto. Il metodo diretto richiede l'emissione in sequenza di 98 segnali di test, ciascuno ottenuto da un rumore rosa filtrato nelle 7 bande di frequenza d'ottava (f) da 125 Hz a 8 kHz, modulato sinusoidalmente in intensità, con indice di modulazione pari a 1, secondo 14 frequenze di modulazione (F), ai valori di frequenza, ad intervalli di un terzo d'ottava, di 0,63; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5 Hz. Con una media di 10 s per segnale di test, una misurazione completa richiede approssimativamente 15 minuti. Il metodo di misura indiretto è applicabile esclusivamente al caso di sistemi di trasmissione lineari e tempo invarianti. Sinteticamente, questa procedura prevede la misurazione della risposta all'impulso del canale di trasmissione, in assenza di rumore e, separatamente, del rapporto segnale/rumore nella posizione dell'ascoltatore. Laddove la misura dello **STI** con i due metodi descritti sia impraticabile, ossia in molte situazioni, è possibile applicare la metodologia di misura **STIPA** (Speech Transmission Index for Public Address systems).

La norma EN 60268-16 indica la possibilità di misurare lo **STIPA** nella maggior parte delle applicazioni pratiche, in presenza o assenza di sistemi di allarme vocale e di sistemi di amplificazione sonora. Il procedimento per la misura dello **STIPA** è un metodo diretto, semplificato rispetto a quello dello **STI**, pertanto l'esito della misura può essere oggetto di distorsioni acustiche non lineari generate dal sistema di comunicazione. Il metodo **STIPA** è validato esclusivamente con la voce maschile e la sua misurazione dura approssimativamente da 15 a 20 s.

La 11532-2 introduce la possibilità di prevedere lo **STI** come unico valore di media spaziale (almeno 2 posizioni se il volume dell'ambiente è $\leq 250 \text{ m}^3$ e almeno 4 se è superiore a 250 m^3), in ambiente sempre arredato ed occupato, da calcolare nel caso di assenza o presenza di impianto di amplificazione in ambiente, come indicato in Tabella 2.11.

I valori misurati prima di essere confrontati con i valori di riferimento, devono essere corretti con l'incertezza di misura.

Tabella 2.11 – UNI 11532-2: Valori di riferimento del rapporto tra area di assorbimento equivalente e volume per la categoria A6.

Condizione	Volume dell'ambiente < 250 m ³	Volume dell'ambiente $\geq 250 \text{ m}^3$
Assenza di impianto di amplificazione in ambiente o con impianto spento	$\geq 0,55$ con segnale di emissione ad 1 m in asse alla sorgente pari a 60 dB(A)	$\geq 0,50$ con segnale di emissione ad 1 m in asse alla sorgente pari a 70 dB(A)
Presenza di impianto di amplificazione attivo	$\geq 0,60$ con segnale di emissione come in normali condizioni d'uso dell'impianto di amplificazione	

2.2.2. NORME TECNICHE PER IL PROGETTO DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI

Le norme cui riferire la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici constano essenzialmente delle parti dalla 1 alla 6 della UNI EN 12354, le quali definiscono le metodologie di calcolo specifiche per bande di ottava, terzi di ottava e a singolo indice. Completa la serie di norme vigenti ai fini di progetto il pacchetto delle UNI EN ISO 717, per la previsione dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio.

UNI EN ISO 717, Acustica – Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio

La norma 717 consta di due parti. La parte 1 (Acustica - Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 1: Isolamento acustico per via aerea) si occupa della determinazione degli indici di valutazione delle grandezze relative all'isolamento acustico per via aerea in edifici e di elementi di edificio, a partire da diversi spettri di livello di rumore generati da sorgenti sia interne all'edificio sia di traffico esterno all'edificio stesso. In particolare, tali grandezze sono stabilite sulla base delle misurazioni effettuate per bande di terzo di ottava o di ottava in conformità alle UNI EN ISO 10140-2 e alla UNI EN ISO 16283-1. La parte 2 (Acustica - Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 2: Isolamento dal rumore di calpestio) definisce gli indici di valutazione delle grandezze per l'isolamento del rumore di calpestio in edifici e dei solai, prescrive le regole di determinazione di detti valori in base ai risultati delle misurazioni effettuate per bande di ottava e terzo di ottava in conformità alle UNI EN ISO 10140-3 e UNI EN ISO 16283-2, esclusivamente per le misurazioni in opera.

Questa parte della norma permette inoltre di individuare gli indici di valutazione per l'attenuazione del livello di rumore di calpestio dei rivestimenti di pavimentazioni e dei pavimenti antivibranti sulla base dei risultati di misurazioni effettuate in conformità alla UNI EN ISO 10140-3.

Per la determinazione dell'indice di valutazione nel caso di rumore per via aerea, facendo riferimento alla UNI EN ISO 717-1, esso si ricava in ottave o in terzi di ottava con la procedura riportata di seguito, e come da esempio per il caso delle bande di ottava in Figura 2.1. Riguarda i termini $R, R', D_{nT}, D_{2m,nT}$ (che si denotano con il pedice w).

Procedura di calcolo in bande di ottava

- Avvicinare la curva di riferimento alla curva sperimentale, a passi di 1 dB, fino a quando la somma degli scarti sfavorevoli sarà più grande possibile, e comunque non maggiore di 10 dB;
- Leggere il valore dell'indice considerato sulla curva di riferimento, a 500 Hz.

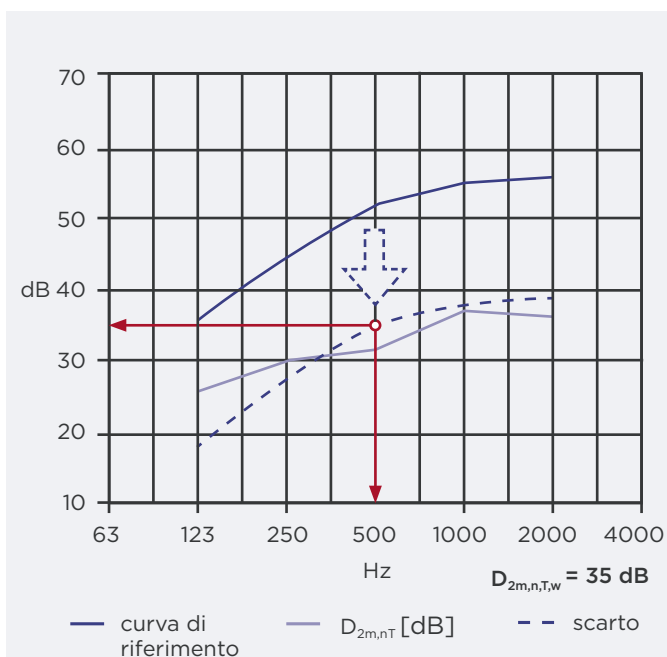


Figura 2.1 - Curva dei valori di riferimento per il rumore trasmesso per via aerea, per bande di ottava.

Procedura di calcolo in bande di terzi di ottava

- Avvicinare la curva di riferimento alla curva sperimentale, a passi di 1 dB, fino a quando la somma degli scarti sfavorevoli sarà più grande possibile, e comunque non maggiore di 32 dB;
- Leggere il valore dell'indice considerato sulla curva di riferimento, a 500 Hz.

È da sottolineare che uno "scarto sfavorevole" si produce quando i risultati sperimentali sono minori dei valori di riferimento.

Analogamente a quanto descritto per l'indice di valutazione dell'isolamento per via aerea, per la determinazione dell'indice di valutazione nel caso di rumore per via strutturale, facendo riferimento alla UNI EN ISO 717-2, esso si ottiene con la procedura riportata di seguito, e poi come da esempio in Figura 2.2, e riguarda i termini L_n, L'_n e L'_{nT} (che si denotano con il pedice w).

Procedura di calcolo in bande di ottava

- Avvicinare la curva di riferimento alla curva sperimentale, a passi di 1 dB, fino a quando la somma degli scarti sfavorevoli sarà più grande possibile, e comunque non maggiore di 10 dB;
- Leggere il valore dell'indice considerato sulla curva di riferimento, a 500 Hz, ridotto di 5 dB.

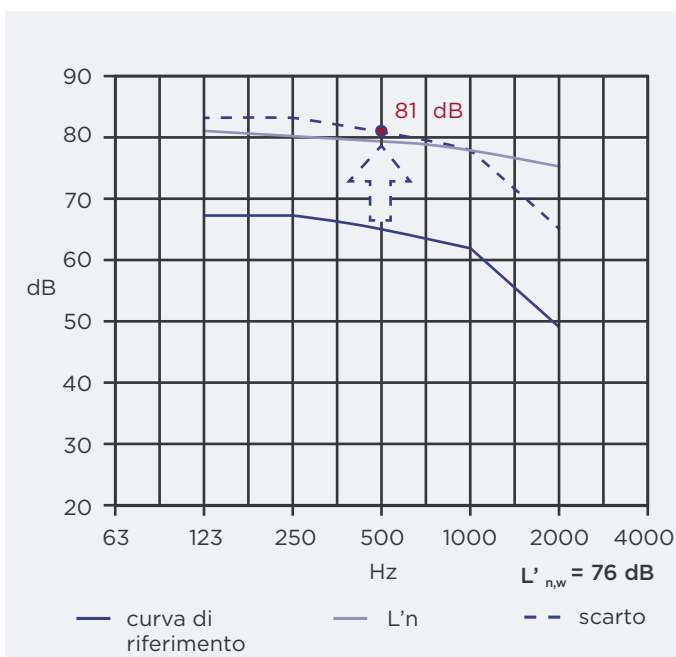


Figura 2.2 - Curva dei valori di riferimento per il rumore di calpestio, per bande di ottava.

Procedura di calcolo in bande di terzi di ottava

- Avvicinare la curva di riferimento alla curva sperimentale, a passi di 1 dB, fino a quando la somma degli scarti sfavorevoli sarà più grande possibile, e comunque non maggiore di 32 dB;
- Leggere il valore dell'indice considerato sulla curva di riferimento, a 500 Hz.

Come indicato nel caso del rumore trasmesso per via aerea, è da sottolineare che uno “scarto sfavorevole” si produce quando i risultati sperimentali sono maggiori dei valori di riferimento.

2.2.3. NORME PER IL COLLAUDO

Ogni edificio realizzato e in cui è possibile avviare le attività per cui è stato destinato, progettato e realizzato, necessita di una fase di collaudo al fine di valutare il raggiungimento delle prestazioni in opera. Le principali normative tecniche relative al collaudo acustico fanno riferimento alla verifica delle prestazioni inerenti alla caratterizzazione acustica degli ambienti di piccole e grandi dimensioni, alla garanzia di corretta comunicazione verbale e all'intelligibilità del parlato.

UNI EN ISO 9921, Ergonomia – Valutazione della comunicazione verbale

La norma tecnica internazionale UNI EN ISO 9921 ha l'obiettivo di fornire indicazioni riguardo il processo di comunicazione verbale. Rientrano tra gli ambiti trattati dalla norma anche quelli relativi alla verifica dell'intelligibilità dei messaggi di allarme e pericolo, ovvero dei messaggi verbali prodotti in ambienti di lavoro, sale conferenza, luoghi pubblici.

Uno degli aspetti più rilevanti della norma UNI EN ISO 9921 è che essa fornisce la definizione dello sforzo vocale e ne indica i relativi livelli di pressione sonora classificandoli su una scala di intensità crescente (Tabella 2.12). Da norma, lo sforzo vocale è definito come il livello di pressione sonora equivalente ponderato A che si misura ad 1 m di distanza dalla bocca del parlatore.

Tabella 2.12 – UNI EN ISO 9921: Sforzo vocale di un parlatore di sesso maschile e relativi livelli di pressione sonora equivalenti ponderati A misurati ad 1 m di distanza dalla bocca ($L_{S,A,1m}$ in dB).

Sforzo vocale	$L_{S,A,1m}$ [dB]
Molto forte	78
Forte	72
Elevato	66
Normale	60
Rilassato	54

Lo sforzo vocale di un parlatore è intrinsecamente legato al rumore presente nell'ambiente in cui viene prodotto il messaggio verbale, come ben noto per il fenomeno fisico definito “effetto Lombard”. Sperimentalmente è stata ricavata una relazione tra le due grandezze, come riportato in Figura 2.3.

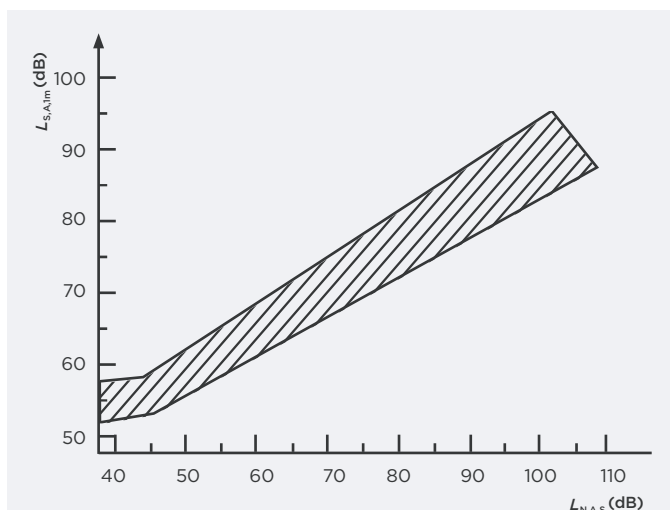


Figura 2.3 – Relazione tra sforzo vocale del parlatore (livello di pressione sonora equivalente ponderato A ad 1 m di distanza dalla bocca $L_{S,A,1m}$ in dB) e rumore ambientale misurato nella posizione del parlatore ($L_{N,A,S}$ in dB).

L'intelligibilità della parola, di cui si occupa la norma, può essere determinata tramite metodi oggettivi che si riferiscono allo Speech Interference Level (*SIL*), allo Speech Intelligibility Index (*SII*) e allo Speech Transmission Index (*STI*). In particolare, il *SII* e lo *STI* quantificano l'effetto combinato dell'interferenza tra rumore di fondo in ambiente e riverberazione sulla riduzione dell'intelligibilità del parlato. Il metodo *SIL* si applica ai casi di comunicazione tra parlatore ed ascoltatore in cui non sono presenti sistemi di amplificazione della voce, e in ambienti in cui è presente una certa componente di rumore e una scarsa riverberazione. Il *SIL* si può ottenere dalla relazione espressa in formula 2.3:

$$SIL = L_{S,A,L} - L_{SIL} \quad [\text{dB}] \quad (2.3)$$

in cui $L_{S,A,L}$ in dB(A), rappresenta il livello continuo equivalente ponderato A del parlato misurato alla posizione dell'ascoltatore, e L_{SIL} in dB, rappresenta il livello di interferenza sul parlato del rumore misurato alla posizione dell'ascoltatore, ottenuto come media aritmetica dei livelli di pressione sonora del rumore di fondo nelle quattro bande di ottava con frequenza di centro banda 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz e 4 kHz. La norma permette di classificare la qualità della comunicazione verbale in relazione all'indice SIL, come indicato nella Tabella 2.13.

Tabella 2.13 – UNI EN ISO 9921: Classificazione della qualità della comunicazione verbale in relazione all'indice SIL.

Classe di qualità della comunicazione verbale	Calore dell'indice SIL [dB]
Pessima	< 3
Scadente	3 – 10
Discreta	10 – 15
Buona	15 – 21
Eccellente	> 21

Il metodo **STI** si applica ai casi di comunicazione tra parlatore ed ascoltatore in cui possono o no essere presenti sistemi di amplificazione della voce. Il metodo di misura dello **STI** prevede due metodologie possibili, ossia il metodo diretto e il metodo indiretto che sono descritti nella norma EN 60268-16. La presente norma permette di classificare la qualità della comunicazione verbale in relazione all'indice **STI**, come indicato nella Tabella 2.14.

Tabella 2.14 – UNI EN ISO 9921: Classificazione della qualità della comunicazione verbale in relazione all'indice **STI**.

Classe di qualità della comunicazione verbale	Valore dell'indice STI (-)
Pessima	< 0,30
Scadente	0,30 – 0,45
Discreta	0,45 – 0,60
Buona	0,60 – 0,75
Eccellente	> 0,75

UNI EN ISO 3382, Acustica – Misurazione dei parametri acustici degli ambienti

La norma tecnica internazionale UNI EN ISO 3382 fornisce, attraverso le sue parti, le specifiche operative per la caratterizzazione acustica in opera di ambienti con diverse destinazioni d'uso. La Parte 1 fornisce le indicazioni relative alle sale da spettacolo, mentre la Parte 2 è inerente alla misurazione del tempo di riverberazione negli ambienti ordinari.

Il contributo più rilevante dato da questa norma consiste nell'introduzione della metodologia di misurazione per ricavare il tempo di riverberazione. Fondamentalmente vengono introdotti due metodi, ossia il metodo del rumore interrotto e quello della risposta all'impulso. Per entrambe le metodologie, la norma fornisce la procedura di valutazione dell'incertezza di misura.

La risposta all'impulso rappresenta l'andamento della pressione sonora nel tempo, a seguito dell'emissione di un segnale impulsivo di durata molto breve, idealmente nulla, da parte di una sorgente sonora (ad esempio una pistola, un palloncino, un clappatore). In alternativa all'emissione di un segnale impulsivo, la risposta all'impulso può essere ottenuta dall'emissione di segnali pseudo casuali come le sequenze di massima lunghezza (MLS) o le *sweep*, ossia segnali sinusoidali che generano una "spaziolata in frequenza" dalle frequenze basse a quelle alte.

A partire dalla misurazione della risposta all'impulso viene ricostruita la curva di decadimento che sarebbe stata prodotta se fosse stata utilizzata una sorgente a funzionamento continuo. A tal scopo, misurato il segnale, viene effettuata l'integrazione all'indietro della risposta all'impulso quadrata.

L'appendice A della Parte 1 della norma definisce i principali parametri che si possono estrarre dalle risposte all'impulso misurate per ricavare il tempo di riverberazione e che sono utili per la caratterizzazione acustica delle sale da spettacolo. Tra questi sono introdotti il Sound Strength (G in dB), l'Early Decay Time (EDT in s), la definizione del parlato (D_{50} in dB), la chiarezza del parlato (C_{50} in dB), (vedi anche paragrafo 1.1.1 e 2.2.1) l'energia tardiva laterale (L_l in dB).

ACUSTICA IN EDILIZIA

a cura di

Giuseppina Emma Puglisi
e Marco Carlo Masoero

L'energia associata ad un'onda sonora incidente su una parete viene da essa parzialmente trasmessa e parzialmente dissipata in calore per effetto di fenomeni d'attrito interno. In ambito tecnico, i fenomeni connessi con la dissipazione e la trasmissione di energia acustica sono identificati, a seconda del contesto, con i termini *fonoassorbimento* e *fonoisolamento*, su cui è essenziale formulare alcune precisazioni.

Il ruolo del *fonoassorbimento* riguarda l'influenza che l'assorbimento e la riflessione del suono esercitano nel determinare la risposta acustica di uno spazio chiuso. Poiché la trasmissione di suono tra un ambiente emettente ed uno ricevente è generalmente un fatto indesiderato per quest'ultimo, sorge la necessità di *isolare acusticamente* l'ambiente disturbato da quello disturbante. L'effetto complessivo del processo di trasmissione e ricezione del suono è dunque influenzato non solo dalle proprietà di fonoisolamento degli elementi che separano i due spazi, ma anche dalle proprietà di fonoassorbimento di entrambi gli ambienti: di qui la necessità di chiarire la natura dei meccanismi fisici che determinano la complessa interazione tra onde sonore e materiali.

A titolo di esempio si consideri il problema della riduzione del livello sonoro in uno stabilimento industriale in cui operano macchinari o impianti rumorosi: il risultato può essere ottenuto con un insieme di provvedimenti che possono riguardare sia la riduzione della potenza sonora trasmessa dal macchinario all'ambiente (interventi di fonoisolamento della sorgente), sia l'incremento del potere

fonoassorbente dell'ambiente in cui è situato il macchinario o dell'ambiente ricevente in cui si trovano i lavoratori (interventi di fonoassorbimento, o di "trattamento acustico", ambientale). Ovviamente le caratteristiche costruttive dei dispositivi utilizzati variano notevolmente a seconda delle applicazioni. Ad esempio, le *cabine silenziose* sono costituite da un involucro chiuso che racchiude completamente la sorgente; per insonorizzare scarichi fluidi (ad esempio, il condotto di scarico dei prodotti di combustione emessi da un motore o da una caldaia o lo scarico della valvola di sicurezza di un impianto a vapore) si utilizzano *silenzianti* di tipo dissipativo o reattivo; per ridurre la trasmissione delle vibrazioni per via solida, il macchinario viene vincolato attraverso un *supporto elastico antivibrante*.

Un'ulteriore precisazione deve essere fatta per chiarire analogie e differenze tra fenomeni di trasmissione di energia acustica e di energia termica, sui quali spesso viene ingenerata confusione dall'uso, evocativo quanto ambiguo, del termine "*materiale isolante termoacustico*". Questo termine deriva la sua origine dal fatto che, in campo edilizio, è parimenti necessario controllare e minimizzare la trasmissione del rumore e la trasmissione del calore attraverso l'involucro dell'edificio, al fine di limitare il disturbo acustico alle persone ed il costo energetico e monetario del riscaldamento degli edifici. In molti casi tale risultato può in effetti essere ottenuto con soluzioni integrate, efficaci su entrambi i fronti, ma tale circostanza non deve essere generalizzata: in effetti, soluzioni ottime sotto il profilo termico possono risultare totalmente inadatte

sotto quello dell'**isolamento** acustico; inoltre, non sempre i materiali che esibiscono buone proprietà di isolamento termico risultano efficaci nei confronti dell'**assorbimento** acustico.

3.1. FONOISOLAMENTO

Per introdurre il concetto di fonoisolamento consideriamo due ambienti adiacenti, 1 e 2, separati da una parete divisoria di area S . Si supponga che nell'ambiente 1 ("ambiente disturbante") sia attiva una sorgente sonora che vi determina un livello di pressione sonora L_{p1} ; il livello di pressione sonora L_{p2} nell'ambiente 2 ("ambiente disturbato") dipende sia dalla trasmissione di energia acustica da 1 a 2, sia dalla risposta acustica dell'ambiente medesimo.

Si definisce isolamento acustico D la differenza fra i livelli di pressione sonora, L_{p1} ed L_{p2} , nei due ambienti:

$$D = L_{p1} - L_{p2} \quad [\text{dB}] \quad (3.1)$$

Il comportamento della parete nei confronti della trasmissione del suono è definito quantitativamente attraverso il suo potere fonoisolante (o attenuazione acustica) R , la cui definizione è:

$$R = 10 \log \left(\frac{W_i}{W_t} \right) = 10 \log \left(\frac{1}{t} \right) \quad [\text{dB}] \quad (3.2)$$

dove:

W_i = potenza sonora incidente sulla parete, lato ambiente disturbante (w)

W_t = potenza sonora trasmessa all'ambiente disturbato (w)

t = coefficiente di trasmissione (-)

Il potere fonoisolante è dunque una proprietà intrinseca della parete. Esso può essere misurato in laboratorio utilizzando due camere riverberanti affiancate e separate da un divisorio in cui viene inserita una sezione nota della parete in prova.

Noto, per via sperimentale, l'isolamento acustico D fra i due ambienti, si calcola il potere fonoisolante del divisorio "depurando" il risultato dell'effetto di assorbimento dell'ambiente 2 tramite l'equazione:

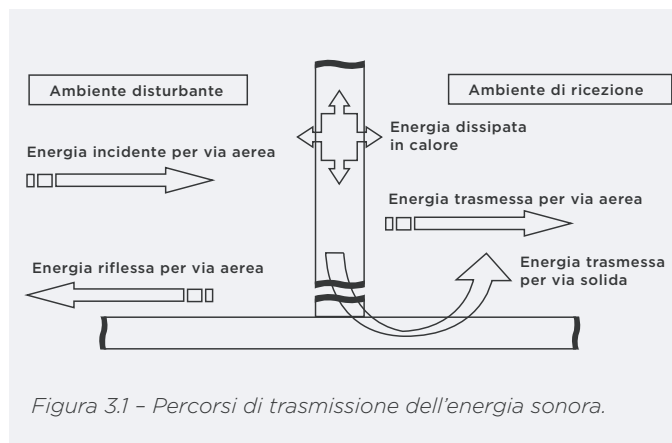
$$R = D + 10 \log \frac{S}{A_2} \quad [\text{dB}] \quad (3.3)$$

dove:

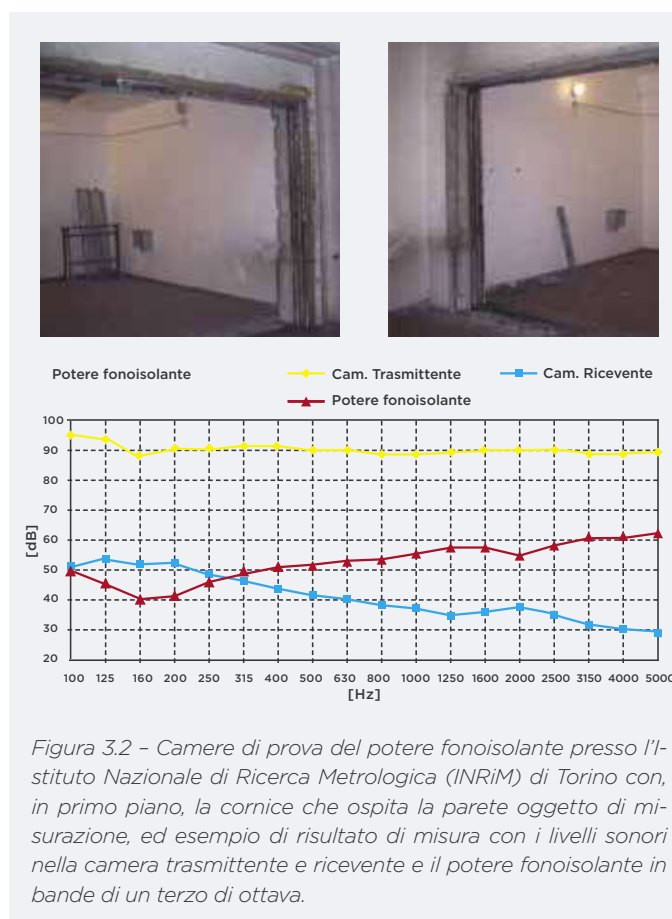
S = area della parete divisoria [m^2]

A_2 = area di assorbimento equivalente dell'ambiente disturbato [m^2]

La trasmissione del suono fra gli ambienti 1 e 2 avviene nella realtà con modalità più complesse di quanto sopra ipotizzato: oltre alla trasmissione per via aerea (che avviene direttamente attraverso la superficie S) si verifica infatti anche una trasmissione per via strutturale attraverso i punti di collegamento tra il divisorio e le altre strutture adiacenti, come rappresentato in Figura 3.1.



L'applicazione dei valori di potere fonoisolante misurati in laboratorio (ossia in una condizione in cui è possibile eliminare le trasmissioni laterali, come rappresentato nella Figura 3.2 in riferimento ad una sessione di misura presso il laboratorio dell'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica INRiM di Torino) a situazioni in opera deve dunque essere effettuata con le dovute cautele.



3.1.1 ONDE CHE SI PROPAGANO SU UNA PARETE

Diverse tipologie di onde interessano la vibrazione di una parete intesa come una piastra, e in particolare le onde flessionali, quasi-longitudinali e di taglio trasversali (vedi Figura 3.3). Le più importanti sono le onde flessionali, che producono sia la rotazione che lo spostamento laterale de-

gli elementi della piastra, molto pronunciati, e per questo assumono il ruolo principale nella radiazione del suono. Le onde quasi-longitudinali determinano piccoli spostamenti laterali e per questo la radiazione del suono da queste onde è generalmente insignificante comparata con quella delle onde flessionali. Nel caso delle onde di taglio trasversali, solo il movimento della superficie della parete è tangenziale all'aria adiacente, per cui queste onde non sono in grado di irradiare suono. Le onde quasi-longitudinali e le onde di taglio trasversali giocano un ruolo importante nella trasmissione delle vibrazioni tra pareti connesse.

Le onde flessionali pure appaiono quando la lunghezza d'onda dell'energia sonora incidente è ampia comparata con lo spessore della parete. In un pannello sottile, la velocità di propagazione delle onde flessionali c_f si ricava come da formula seguente:

$$c_f = \sqrt{\pi s f \sqrt{\frac{E}{3\rho(1-\nu^2)}}} \quad [\text{m/s}] \quad (3.4)$$

Dove s è lo spessore della parete (m), f è la frequenza (Hz), ρ è la densità del materiale (kg/m^3), E è il modulo di Young (N/m^2) e ν è il coefficiente di Poisson (-). Dalla relazione 3.4 si evince come le onde flessionali siano “dispersive”, cioè la velocità di propagazione non dipenda esclusivamente dalle proprietà fisiche del mezzo, ma anche dalla frequenza, e in particolare dalla sua radice quadrata. Le altre tipologie di onde, così come le onde nell'aria, sono “non dispersive”, ed esiste una sola frequenza detta *frequenza critica* f_c alla quale coincidono le due velocità, quella di propagazione del suono nell'aria c_a e quelle di propagazione delle onde flessionali sulla parete c_f (vedi Figura 3.4). La frequenza critica si ottiene dall'equazione 3.4, risolvendola rispetto alla frequenza:

$$f_c = \frac{c^2}{\pi s} \sqrt{\frac{3\rho(1-\nu^2)}{E}} \quad [\text{Hz}] \quad (3.5)$$

Se nominiamo la lunghezza d'onda di propagazione del suono nell'aria λ_a e la lunghezza d'onda flessionale λ_f , dal legame fra lunghezza d'onda e frequenza $c = \lambda \cdot f$ si ha che per $f < f_c$ avremo $\lambda_a > \lambda_f$, per $f = f_c$ avremo $\lambda_a = \lambda_f$ mentre per $f > f_c$ si ha che $\lambda_a < \lambda_f$.

In Tabella 3.1 si riportano la densità, il modulo di Young e il coefficiente di Poisson di alcuni materiali di uso comune.

Tabella 3.1 – Densità ρ (kg/m^3), modulo di Young E (N/m^2) e coefficiente di Poisson ν (-) di alcuni materiali di uso comune in edilizia.

Materiale	E [N/m^2]	ρ kg/m^3	ν [N/m^2]
Mattoni pieni	$2,5 \times 10^{10}$	1800	0,3
Calcestruzzo	$2,6 \times 10^{10}$	2800	0,3
Vetro	7×10^{10}	2500	0,23
Marmo	$3,8 \times 10^{10}$	2600	0,3
Gesso	$1,5 \times 10^{10}$	900	0,3
Legno	$1,2 \times 10^{10}$	700	0,3
Alluminio	$7,3 \times 10^{10}$	2700	0,33
Piombo	$1,7 \times 10^{10}$	11300	0,43
Acciaio	20×10^{10}	7800	0,29

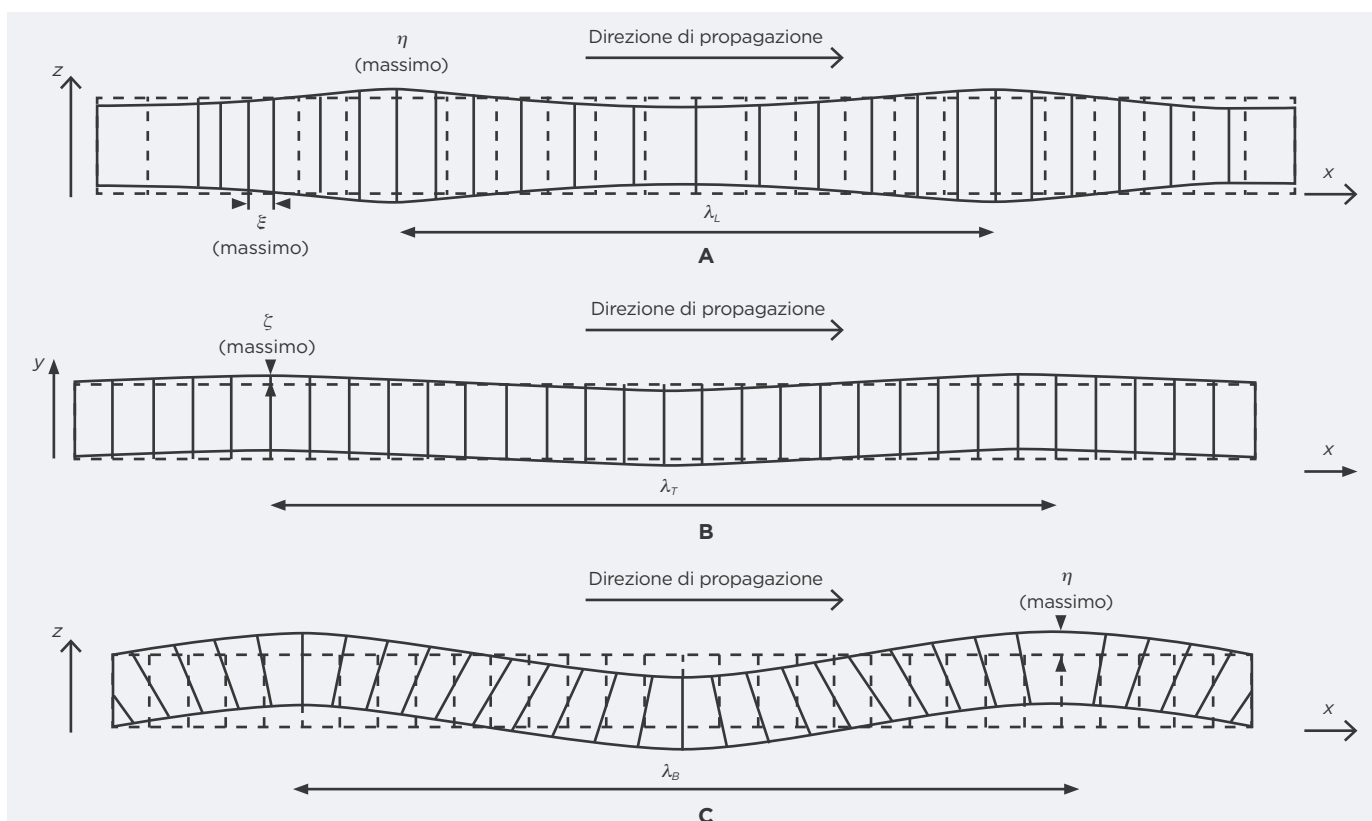


Figura 3.3 – Onde quasi-longitudinali (A), di taglio trasversali (B) e flessionali (C) che si propagano su una piastra. Fonte: Hopkins, 2007.

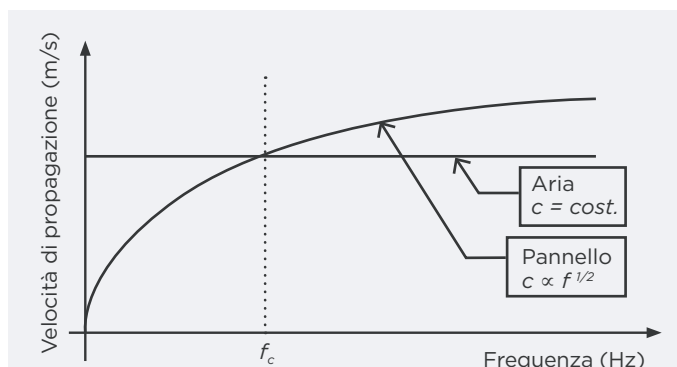


Figura 3.4 - Andamento della velocità di propagazione delle onde in aria e sul pannello. Fonte: Spagnolo, 2008.

3.1.2 POTERE FONOISOLANTE DI PARETI OMOGENEE E ISOTROPE

Consideriamo il caso semplice di trasmissione attraverso una parete omogenea monostrato. La trasmissione acustica dipende dalle caratteristiche della parete e in particolare dalla sua geometria, massa, rigidità e smorzamento.

Nella vibrazione di una parete sono infatti coinvolte:

- energia cinetica di vibrazione della parete, funzione della *massa*;
- energia di deformazione (potenziale), funzione della *rigidità*;
- dissipazione di energia nella parete, funzione dello *smorzamento*.

La risposta dinamica è data dalla sovrapposizione lineare dei contributi di vibrazione dei singoli modi della parete, che dipendono dalle caratteristiche sopracitate e dalle condizioni di vincolo della stessa.

La trasmissione è di due tipologie:

- *non risonante*, che si verifica quando il moto forzato della parete non va ad eccitarne i modi propri di vibrazione, è dominata dalla massa;
- *risonante*, che si verifica quando sono eccitati i modi di vibrazione della struttura, che irradia a sua volta energia sonora, è dominata dallo smorzamento.

Nel caso dello smorzamento, si distinguono lo *smorzamento interno* η che rappresenta la frazione di energia dissipata intrinsecamente dall'elemento ed è normalmente compreso nell'intervallo fra 0,003 e 0,006, lo *smorzamento da accoppiamento* η_{ij} che rappresenta la frazione di energia ceduta dall'elemento *i*-esimo ad altri elementi (*j*, *k*, ecc.) a cui è accoppiato, e lo *smorzamento totale* η_r che rappresenta l'energia dissipata globalmente dall'elemento *i*-esimo considerato, pari alla somma di tutte le singole energie dissipate. I principali effetti di un incremento di smorzamento di una parete sono un più rapido decadimento delle vibrazioni libere e la riduzione dell'ampiezza di vibrazione alle frequenze di risonanza, alla frequenza critica (si veda di seguito l'effetto di coincidenza) e alle frequenze superiori ad essa, con conseguente incremento dell'isolamento acustico. Appare dunque evidente l'importanza dell'incremento dello smorzamento della parete, che dal punto di vista sperimentale può essere determinato a partire dalla misura del tempo di riverberazione strutturale.

Legge della massa

Nel caso si considerino onde piane incidenti su una parete infinitamente estesa di spessore molto inferiore della lunghezza d'onda incidente (Figura 3.5), la parete vibrerà in modo *non risonante*. Ipotizzando che la massa, la rigidità e lo smorzamento siano distribuiti in modo omogeneo e isotropo, è possibile considerare la parete come un oscillatore massa-molla smorzato sottoposto all'azione di una forza armonica (Figura 3.6). L'oscillatore è costituito da una massa M (kg), sottoposta ad una forza armonica F (N), che rappresenta l'onda sonora incidente, da una molla di rigidità K (N/m) e da un elemento dissipativo avente costante di smorzamento C (kg/s). Quando la frequenza della forza armonica f coincide con la frequenza naturale di risonanza dell'oscillatore f_0 cioè $f = f_0$, il sistema è governato dallo smorzamento, che se basso comporta una più ampia oscillazione della parete con conseguente riduzione del potere fonoisolante R (Figura 3.7). Con $f \ll f_0$ il sistema è governato dalla rigidità ed R presenta andamento decrescente di circa -6 dB/ottava, mentre per $f \gg f_0$ il sistema è governato dalla massa ed R si determina secondo la *legge della massa* descritta di seguito.

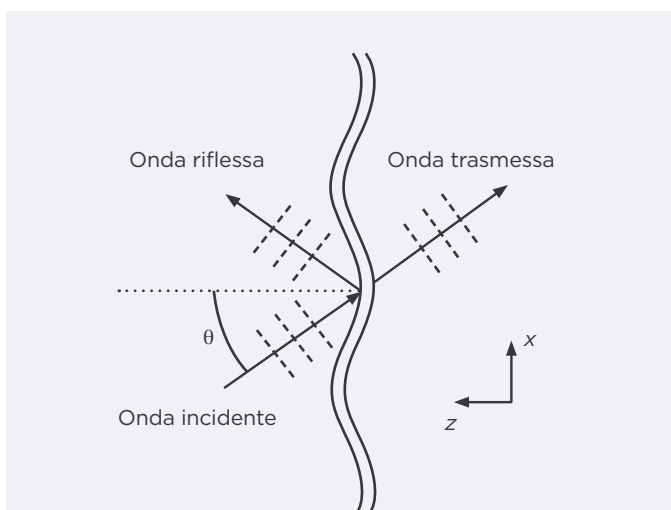


Figura 3.5 - Onda piana incidente su una parete infinitamente estesa (pannello infinito), e onde piana riflessa e trasmessa dalla parete. Fonte: Hopkins, 2007.

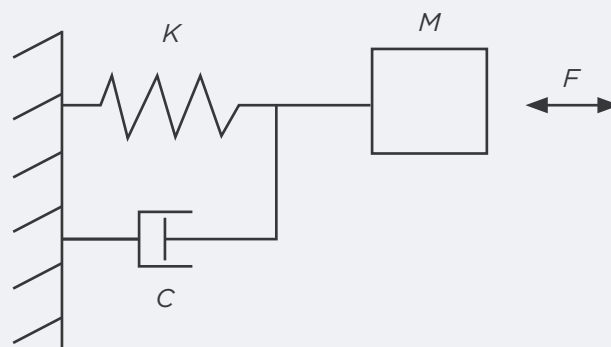


Figura 3.6 - Modello di oscillatore massa-molla smorzato sottoposto ad una forza armonica. M = massa (kg), F = forza armonica (N), rigidità o costante elastica della molla, K (N/m), C = costante di smorzamento (kg/s).

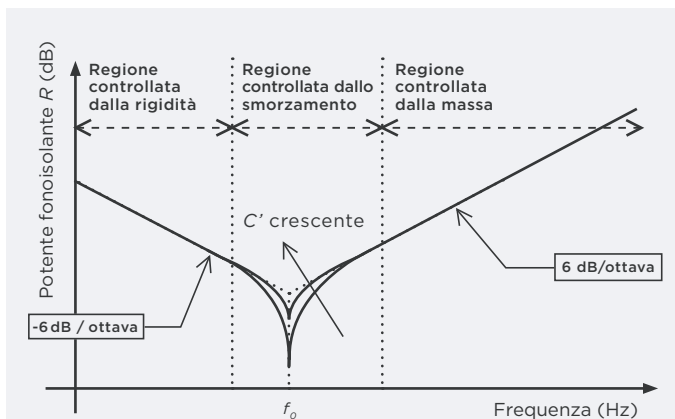


Figura 3.7 - Potere fonoisolante nell'intorno della frequenza di risonanza f_0 dell'oscillatore massa-molla smorzato. Fonte: Spagnolo, 2008.

Nella regione di frequenze oltre la frequenza di risonanza f_0 , il potere fonoisolante R per un angolo di incidenza θ delle onde nell'aria è controllato dalla massa della parete secondo la seguente relazione:

$$R(\theta) \approx 20 \log \left(\frac{\omega m \cos \theta}{2 \rho_0 c} \right) \quad [\text{dB}] \quad (3.6)$$

dove $\omega = 2\pi f$ è la pulsazione in rad/s, f è la frequenza del suono incidente in Hz, m è la massa areica della parete in kg/m^2 , ρ_0 è la densità dell'aria in kg/m^3 e c è la velocità di propagazione del suono nell'aria in m/s.

La relazione 3.6 esprime la *legge della massa*, secondo la quale il potere fonoisolante R di una parete piana, omogenea e isotropa, per una certa frequenza e angolo di incidenza del suono, aumenta di 6 dB per ogni raddoppio della massa areica. Analogamente, fissata la massa areica e l'angolo di incidenza del suono, il potere fonoisolante aumenta con la frequenza, e in particolare di 6 dB/ottava.

Il potere fonoisolante risulta nullo ($R=0$) nel caso non reale di onda radente ($\theta = 90^\circ$), mentre è massimo per $\theta = 0^\circ$, dove si avrà con buona approssimazione:

$$R_0 = 20 \log(f \cdot m) - 42,3 \quad [\text{dB}] \quad (3.7)$$

Il potere fonoisolante ad incidenza diffusa (R_{diff} , ossia per angoli di incidenza θ compresi tra 0° e 90°) può essere determinato con la relazione 3.8 e per incidenza diffusa pratica ($R_{\text{diff, prat.}}$, ossia per angoli di incidenza compresi tra 0° e 78° che approssimano meglio il fenomeno reale) con la relazione 3.9:

$$R_{\text{diff}} = R_0 - 10 \log(0,23 \cdot R_0) \quad [\text{dB}] \quad (3.8)$$

$$R_{\text{diff, prat.}} = 20 \log(f \cdot m) - 48 \quad [\text{dB}] \quad (3.9)$$

Il grafico in Figura 3.8 rappresenta il potere fonoisolante per incidenza normale, diffusa e diffusa pratica, dove si evidenzia come a parità di frequenza il primo sia superiore agli altri due. Il grafico consente di determinare il potere fonoisolante a partire dal prodotto fra la frequenza e la massa areica della parete.

La legge della massa trova un buon riscontro nelle misure sperimentali nel caso di pareti omogenee impiegate comunemente nella pratica edilizia entro un limitato campo di frequenze. Essa è limitata alle frequenze inferiori e intorno a f_0 dagli effetti di rigidità e di smorzamento e alle alte frequenze dall'effetto di coincidenza, come evidenziato in Figura 3.9.

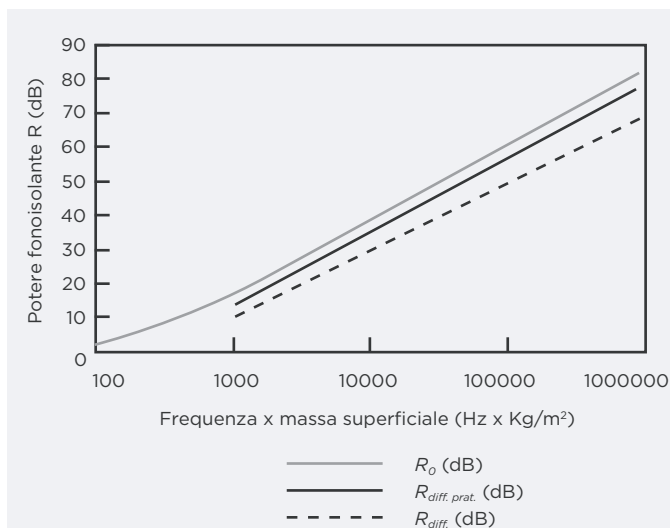


Figura 3.8 - Potere fonoisolante in funzione della frequenza moltiplicata per la massa areica della parete, per incidenza normale, diffusa e diffusa pratica.

Per frequenze inferiori alla frequenza di risonanza f_0 il potere fonoisolante è regolato dalla rigidità della parete, ed in particolare cresce all'aumentare della rigidità areica e decresce all'aumentare della frequenza di -6 dB/ottava, secondo la relazione:

$$R(\theta) \approx 10 \log \left(1 + \frac{K'^2 \cos^2 \theta}{\omega^2 4 \rho_0^2 c^2} \right) \quad [\text{dB}] \quad (3.10)$$

dove K' è la rigidità areica in N/m^3 .

Per valori di frequenza nell'intorno della f_0 il potere fonoisolante R è controllato dallo smorzamento, ed in particolare cresce all'aumentare dello smorzamento areico secondo la seguente relazione:

$$R(\theta) \approx 10 \log \left(1 + \frac{C' \cos^2 \theta}{2 \rho_0 c} \right)^2 \quad [\text{dB}] \quad (3.11)$$

dove C' è la costante di smorzamento areica in $\text{kg/m}^2\text{s}$.

Il potere fonoisolante presenta una riduzione sensibile in corrispondenza della frequenza critica f_c . Per $f > f_c$ l'andamento di R è analogo a quello descritto dalla legge di massa, da cui si discosta in misura più o meno marcata in ragione dello smorzamento della parete tornando ad aumentare ad un tasso teorico di circa 9 dB per raddoppio di frequenza. A fini cautelativi si può considerare che la pendenza oltre la frequenza critica continui ad essere di circa 6 dB per raddoppio di frequenza.

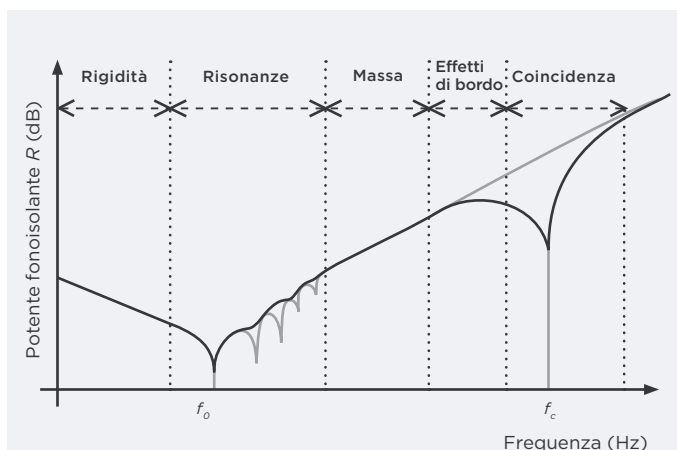


Figura 3.9 - Potere fonoisolante in funzione della frequenza per una parete omogenea e isotropa. Si evidenzia la sua riduzione in corrispondenza della frequenza fondamentale f_0 e della frequenza critica f_c . Fonte: Spagnolo, 2008.

3.1.3 EFFETTO DI COINCIDENZA

Se su una parete sottile e infinita incidono onde piane di lunghezza d'onda λ_a con un angolo θ rispetto alla normale, l'effetto di coincidenza si verifica quando la proiezione della lunghezza d'onda in aria sulla parete $\lambda_a/\sin\theta$ coincide con la lunghezza d'onda λ_f delle onde flessionali sulla parete, come mostrato in Figura 3.10, ovvero:

$$\lambda_f = \frac{\lambda_a}{\sin\theta} \quad [\text{m}] \quad (3.12)$$

In questa condizione la parete irradia dalla parte opposta l'onda incidente senza subire attenuazioni.

Ciò può esistere solo per lunghezze d'onda $\lambda_a \leq \lambda_f$ e quindi per frequenze $f \geq f_c$ (cfr. Figura 3.4). Al di sotto della frequenza critica f_c le onde flessionali non irradiano suono nell'aria. In tal senso, il caso limite di incidenza parallela per cui θ è uguale a 90° costituisce il caso in cui la lunghezza d'onda λ_a è pari alla lunghezza d'onda flessionale λ_f , quando il $\sin\theta$ è uguale a 1. Ciò accade alla frequenza critica f_c (vedi equazione 3.5) che corrisponde alla frequenza in corrispondenza della quale la velocità di propagazione delle onde flessionali eguaglia la velocità di propagazione del suono nell'aria. La frequenza critica corrisponde alla più bassa frequenza di coincidenza.

A qualsiasi frequenza superiore alla frequenza critica ci sarà sempre un angolo θ che soddisfi la condizione di coincidenza. Infatti, a frequenze inferiori alla f_c si ha che $\lambda_a > \lambda_f$ e non può capitare il fenomeno della coincidenza, mentre a frequenze superiori o uguali a f_c si ha che $\lambda_a \leq \lambda_f$ e può capitare la coincidenza. Le frequenze di coincidenza f_{co} possono essere ottenute in base alla seguente relazione:

$$f_{co} = \frac{c^2}{\pi \cdot s \cdot \sin 2\theta} \sqrt{\frac{3\rho(1-\sigma^2)}{E}} \quad [\text{Hz}] \quad (3.13)$$

dove s è lo spessore della parete (m), f è la frequenza (Hz), ρ è la densità del materiale (kg/m^3), E è il modulo di Young (N/m^2) e ν è il coefficiente di Poisson (-), θ è l'angolo di incidenza dell'onda. Per pannelli reali aventi dimensioni finite chiusi su una cavità, come ad esempio una camera, è stato dimostrato che l'unica frequenza di coincidenza possibile è la frequenza critica f_c .

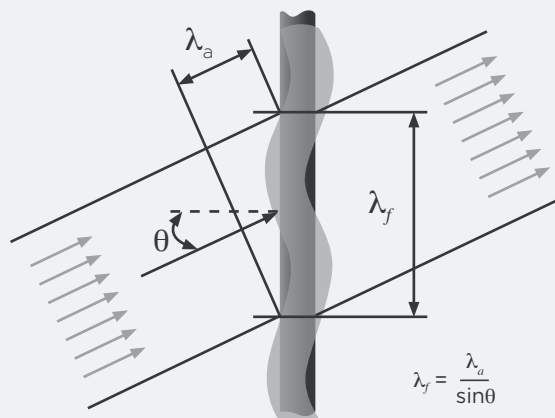


Figura 3.10 - Coincidenza fra la lunghezza d'onda flessionale λ_f e la proiezione della lunghezza d'onda in aria sulla parete $\lambda_a/\sin\theta$.

Per ridurre l'effetto di riduzione del potere fonoisolante in corrispondenza della frequenza critica, si può agire sui termini della formula 3.5 che caratterizzano i materiali della parete. In termini pratici la riduzione dello spessore del pannello permette di traslare la frequenza critica verso frequenze maggiori, al di fuori delle frequenze di interesse pratico che corrispondono all'intervallo compreso fra 100 Hz e 5000 Hz circa, mentre l'aumento dello smorzamento della struttura permette di ridurre la caduta del potere fonoisolante. A titolo esemplificativo la frequenza critica di un muro di calcestruzzo leggero da 8 cm è pari a 425 Hz, quella di un muro in calcestruzzo denso da 12 cm è di 158 Hz, quella di una lastra di vetro da 12 mm è di 1058 Hz, e quella di una lastra di cartongesso da 13 mm è di 3150 Hz.

Al fine di facilitare il calcolo della frequenza critica per pareti omogenee di diverso spessore e materiale, in Tabella 3.2 si riportano i valori del prodotto fra lo spessore della parete s e la frequenza critica f_c per alcuni materiali da costruzione, calcolati per la propagazione del suono nell'aria a 20°C .

Si nota che per alcuni materiali, come mattoni e calcestruzzo, nel caso di spessori si uso comune, la frequenza critica è compresa fra qualche decina e qualche centinaio di Hz, per cui le frequenze di interesse pratico nel caso di queste pareti cadono in una regione dove non è verificata la legge della massa. Per lastre sottili di vetro, cartongesso o legno, la frequenza critica ha sempre un valore elevato e la legge della massa è applicabile sino alle alte frequenze.

Tabella 3.2 – Valori del prodotto fra lo spessore della parete s e la frequenza critica f_c per alcuni materiali da costruzione.

Materiale	$s \cdot f_c$ [m Hz]
Acciaio	12,4
Alluminio	12,2
Calcestruzzo denso	$19 \pm 10\%$
Calcestruzzo leggero	$34 \pm 10\%$
Calcestruzzo poroso	$33 \pm 10\%$
Legno compensato	$20 \pm 10\%$
Ottone	17,8
Perspex	27,7
Rame	16,3
Truciolato	$23 \pm 10\%$
Vetro	12,7

3.1.4 EFFETTO DEI MODI

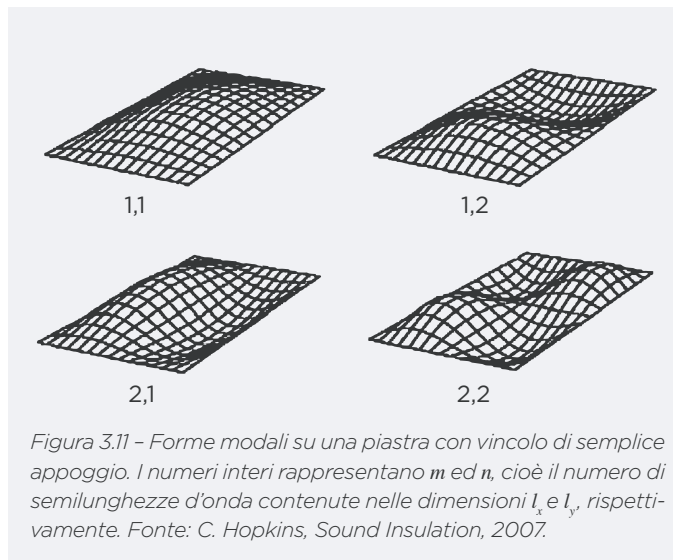
In condizioni reali le pareti sono di dimensioni finite e connesse ad altri elementi, da ciò deriva che non possono realmente propagarsi su di esse onde flessionali libere, come nel caso ideale di un pannello di dimensioni infinite, ma solo onde stazionarie definite anche modi propri di vibrazione. I modi propri corrispondono a precise frequenze di risonanza, in corrispondenza delle quali si verificano minimi locali del potere fonoisolante (v. Figura 3.9). Ciò che accade è che quando la frequenza del suono che incide sulla parete coincide con le frequenze di risonanza della parete questa oscilla con ampiezza molto maggiore rispetto che alle altre frequenze trasmettendo tutta l'energia sonora che riceve.

Tipicamente le oscillazioni di risonanza hanno una ampiezza decrescente al crescere delle frequenze di risonanza, che sono normalmente al di sotto dei 100 Hz (dunque al di sotto delle frequenze di interesse pratico) nelle pareti di uso comune. L'innescarsi dei modi angolari e di spigolo (effetti di bordo) determina anche una diminuzione del potere fonoisolante nelle frequenze precedenti la frequenza critica alla quale si realizza il massimo accoppiamento fra aria e parete. Dalla frequenza critica in poi tutti i modi angolari e superficiali sono eccitati e la trasmissione è completamente risonante.

Le frequenze di risonanza (o modi propri della parete) dei modi connessi alle onde flessionali si ricavano tramite la seguente formula:

$$f_{m,n} = \frac{\pi s}{4} \sqrt{\frac{E}{3\rho(1-\nu^2)}} \cdot \left[\left(\frac{m}{l_x} \right)^2 + \left(\frac{n}{l_y} \right)^2 \right] \quad [\text{Hz}] \quad (3.14)$$

Dove s è lo spessore della parete omogenea (m), E è il modulo di elasticità del materiale (N/m^2), ρ è la densità (kg/m^3), ν è il coefficiente di Poisson, l_x e l_y sono le dimensioni della parete nelle direzioni x e y (m), m ed n sono numeri interi che rappresentano il numero di semilunghezze d'onda contenute nelle dimensioni l_x e l_y (v. Figura 3.11). La più bassa frequenza di risonanza è indicata come frequenza fondamentale, f_0 , e si ricava tramite la formula 3.14 inserendo 1 sia per m che per n .



3.1.5 POTERE FONOISOLANTE DI PARETI DOPPIE

La legge della massa evidenzia che per ottenere un incremento del potere fonoisolante di una parete di 6 dB è necessario raddoppiarne la massa e quindi lo spessore: appare quindi evidente che tale soluzione si scontra con evidenti limiti di ingombro e di costo della parete.

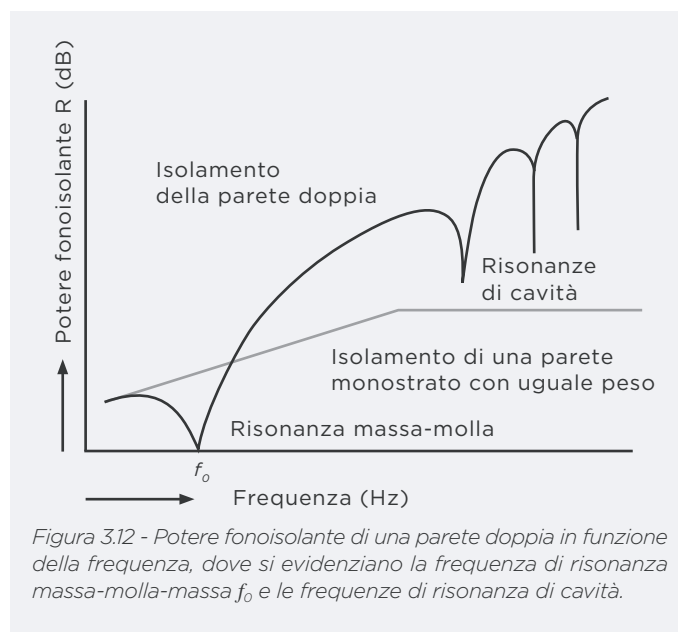
Nelle applicazioni in cui è necessario realizzare pareti sottili ma piuttosto fonoisolanti, risultati soddisfacenti si possono ottenere con strutture composte da pareti doppie separate da una intercapedine. Nel caso di pareti in muratura è importante che entrambe le facce siano intonacate, in quanto l'intonaco presenta un duplice effetto positivo: elimina i ponti acustici dovuti alle fessure che possono esistere fra un mattone e l'altro e aumenta lo smorzamento della parete, migliorandone quindi il potere fonoisolante al di sopra della frequenza di coincidenza. Al fine di ottenere risultati migliori rispetto ad una parete singola di pari massa, la parete doppia deve essere composta da strati completamente disaccoppiati.

Per garantire un adeguato disaccoppiamento è importante che:

- le due pareti abbiano diverse caratteristiche e quindi valori differenti delle frequenze di risonanza e di coincidenza;
- le due pareti siano separate da un'intercapedine d'aria, possibilmente di spessore superiore a circa 80 mm e parzialmente riempita con un materassino di materiale fonoassorbente, che non metta a contatto le pareti, in modo da

- ridurre la riverberazione acustica nell'intercapedine e quindi l'accoppiamento per via aerea;
- le pareti siano collegate alla soletta orizzontale con un giunto elastico, in modo da ridurre l'accoppiamento per via solida.

In linea generale, le pareti doppie mostrano due frequenze specifiche alle quali si riduce notevolmente il potere fonoisolante (Figura 3.12).



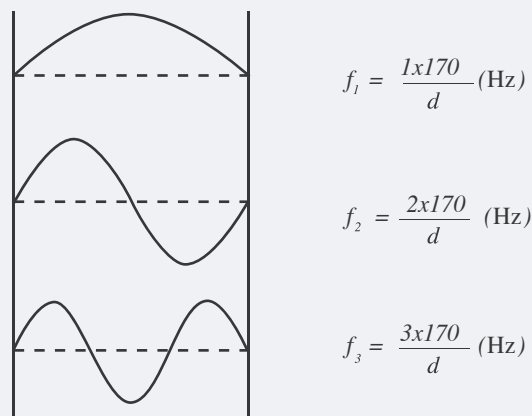
La prima frequenza è quella di risonanza del sistema massa-molla-massa f_0 al di sotto della quale le due pareti risultano acusticamente accoppiate e caratterizzate da una massa pari alla somma delle masse di ciascuna. La molla è rappresentata dall'aria nella cavità e la f_0 si può ottenere dalla relazione:

$$f_0 = 60 \sqrt{\frac{1}{d} \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)} \quad [\text{Hz}] \quad (3.15)$$

dove d è lo spessore dell'intercapedine (m), m_1 e m_2 le masse areiche delle due pareti che compongono la parete doppia (kg/m^2).

Per ridurre il decremento del potere fonoisolante in corrispondenza di f_0 è possibile agire inserendo del materiale fonoassorbente nella cavità tra le pareti. La seconda frequenza coincide con la più piccola frequenza di risonanza della cavità, d (Figura 3.12 e approfondimento a lato, da cui si traggono anche le relative formule per il calcolo di tutti gli ordini successivi delle frequenze di cavità). Le risonanze di cavità, comunque, non sono quasi mai inferiori a 3 kHz. Al di sopra di tali frequenze le due pareti sono acusticamente disaccoppiate e il potere fonoisolante dell'intero sistema corrisponde all'incirca alla somma dei poteri fonoisolanti delle singole pareti, e cresce con una pendenza di 6 dB/ottava.

Noto lo spessore della cavità è possibile procedere al calcolo delle frequenze di risonanza di cavità applicando i passaggi di seguito:



Frequenze di risonanza di cavità (onde stazionarie). "d", in metri, è pari a metà della lunghezza d'onda.

1. si identifica con il termine "d" lo spessore della cavità che corrisponde per il **primo ordine di risonanza di cavità** alla metà della lunghezza d'onda tale che

$$d = \frac{1}{2} \lambda \quad [\text{m}]$$

2. nota la relazione che sussiste tra frequenza (f), velocità del suono (c) e lunghezza d'onda (λ) si ha che

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{340}{2 \cdot d} \rightarrow f_1 = \frac{1 \cdot 170}{d} \quad [\text{Hz}]$$

3. per il **secondo ordine di risonanza di cavità**, d corrisponde alla lunghezza d'onda tale che

$$d = \lambda \rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{340}{d} \rightarrow f_2 = \frac{2 \cdot 170}{d} \quad [\text{Hz}]$$

4. per il **terzo ordine di risonanza di cavità**, d corrisponde a $3/2$ della lunghezza d'onda tale che

$$d = \frac{3}{2} \lambda \rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3}{2} \cdot \frac{340}{d} \rightarrow f_3 = \frac{3 \cdot 170}{d} \quad [\text{Hz}]$$

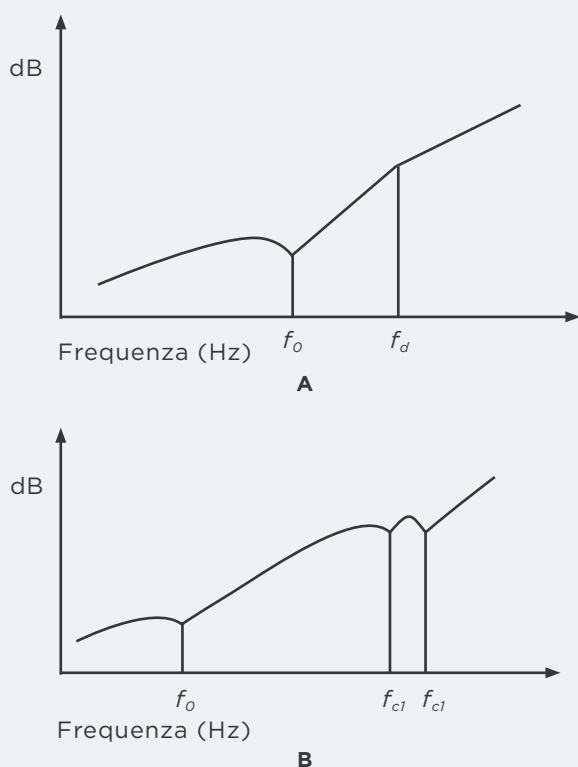


Figura 3.13 - Potere fonoisolante di una parete doppia in funzione della frequenza, dove si evidenziano: (A) la frequenza di risonanza massa-molla-massa, f_0 , e la frequenza di risonanza di cavità, f_d , (B) la frequenza di risonanza massa-molla-massa, f_0 , e le frequenze critiche delle due pareti, f_{c1} e f_{c2} .

L'andamento del potere fonoisolante di una parete doppia in funzione della frequenza è caratterizzato dai seguenti andamenti (Figura 3.13):

- per $f < f_0$ il sistema di comporta come una parete singola caratterizzata da massa superficiale pari alla somma delle masse superficiali dei due pannelli, cui consegue un aumento di R pari a 6 dB/ottava ovvero di 6 dB al raddoppio della massa del sistema;
- per $f_0 < f < f_d$ il secondo pannello agisce come una massa indipendente, collegata elasticamente al primo e funzionando come smorzatore dinamico tale per cui R aumenta di 18 dB/ottava;
- per $f > f_d$ il potere fonoisolante R aumenta di 12 dB/ottava.

Naturalmente intervengono anche fenomeni di coincidenza come già visto per la parete singola, per cui è consigliabile che non siano uguali le due frequenze critiche, differenziando materiali e spessori.

3.1.6. ISOLAMENTO ACUSTICO DI PARTIZIONI INTERNE

Si identificano come partizioni interne le pareti divisorie verticali di separazione tra ambienti attigui e i solai divisorii tra ambienti sovrapposti. Per ciascuno di questi elementi architettonici è necessario definire il requisito di indice di

valutazione del potere fonoisolante apparente (R_w) di laboratorio a partire dalle proprietà dei materiali degli strati di cui sono costituite.

Pareti divisorie e di facciata a secco e tradizionali

Le partizioni verticali appartengono tipicamente a due categorie costruttive, cui si possono ricondurre anche quelle di facciata: le pareti pesanti monostrato o doppie, e le pareti leggere.

Le *pareti pesanti monostrato*, come ad esempio quella in Figura 3.14 sono tipicamente costituite di blocchi in laterizio, calcestruzzo o argilla espansa, ossia di materiali con elevata massa superficiale, fissati tra di loro per mezzo di uno strato di malta. Inoltre, i lati esterni di tali pareti sono tipicamente intonacati.

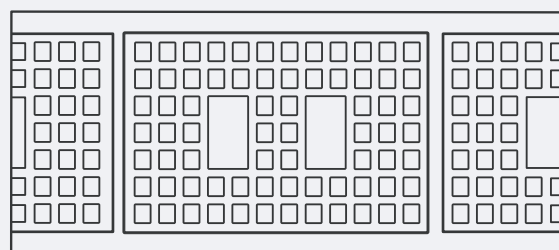


Figura 3.14 - Esempio di parete monostrato in laterocemento.

La previsione delle prestazioni acustiche di questi elementi costruttivi in frequenza, risulta incerta a causa della difficoltà nel tenere in considerazione le diverse proprietà dei materiali, la loro geometria e le tecniche costruttive impiegate in opera.

I calcoli previsionali dell'indice di valutazione del potere fonoisolante, R_w , si basano tipicamente su dati sperimentali misurati in laboratorio, che permettono di individuare delle relazioni basate sulla massa superficiale (m' , compresa tra 50 kg/m² e 400 kg/m²). In letteratura sono disponibili una serie di formulazioni empiriche sempre e comunque basate sulla massa superficiale della struttura considerata, di cui qui di seguito ne sono riportate alcune tratte dalle fonti più autorevoli:

- | | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| - IEN Galileo Ferraris | $R_w = 20 \cdot \log m'$ | [dB] (3.16) |
| - UNI EN ISO 12354-1 | $R_w = 37,5 \cdot \log m' - 42$ | [dB] (3.17) |
| - Università di Parma | $R_w = 15,4 \cdot \log m' + 8$ | [dB] (3.18) |
| - Norma DIN 4109, Germania | $R_w = 31,7 \cdot \log m' - 27,6$ | [dB] (3.19) |
| - Norma EN 12354-1, Australia | $R_w = 32,4 \cdot \log m' - 26$ | [dB] (3.20) |
| - Norma EN 12354-1, Regno Unito | $R_w = 21,6 \cdot \log m' - 2,2$ | [dB] (3.21) |

Le *pareti pesanti doppie* (Figura 3.14), come nel caso precedente, sono costituite di blocchi in laterizio, calcestruzzo o argilla espansa con elevata massa superficiale, fissati tra di loro per mezzo di uno strato di malta e intonacati all'esterno. Nel caso di pareti pesanti doppie, tra i due strati di blocchi pesanti è in genere presente un'intercapedine d'aria di almeno 5-10 cm con uno strato di materiale fonoassorbente a parziale o totale riempimento, al fine di incrementare le prestazioni di isolamento. I blocchi di materiale pesante sono in genere posati con spessori differenti, poiché lo spessore diverso determina una diversa frequenza critica e di conseguenza una ridotta perdita di isolamento.

I valori tipici della frequenza critica di questa tipologia di divisori sono nell'ordine di 150-250 Hz.

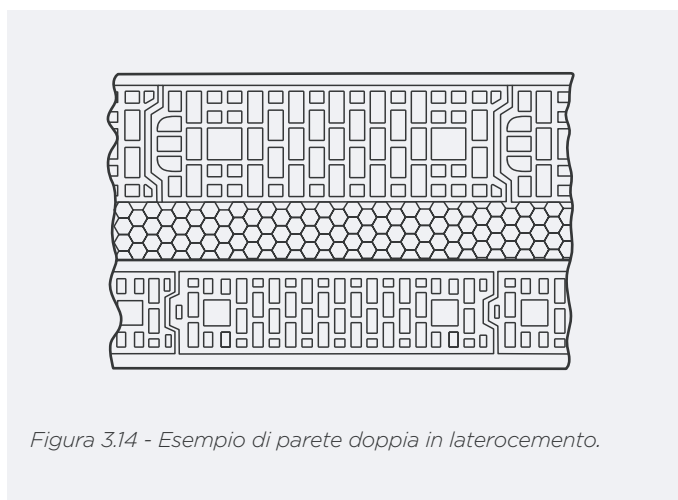


Figura 3.14 - Esempio di parete doppia in laterocemento.

Dalle misure di laboratorio, nel caso di pareti pesanti doppie con intercapedine (d) superiore a 5 cm di spessore anche riempita con materiale fonoassorbente, si applica la relazione:

$$R_w = 20 \cdot \log m' + 20 \cdot \log d - 10 \quad [\text{dB}] \quad (3.22)$$

Si considera una massa superficiale pari alla somma delle singole masse superficiali delle due file di blocchi.

Le *pareti leggere* (Figura 3.15) sono generalmente realizzate in lastre di gesso rivestito e struttura portante in montanti in lamiera piegata. Essendo costituite da materiali con massa superficiale molto ridotta rispetto al caso delle pareti pesanti (tipicamente inferiore a 80 kg/m²), la loro prestazione acustica in termini di isolamento al passaggio di rumori per via aerea è principalmente definita dal numero di lastre in gesso rivestito utilizzate, dallo spessore della o delle intercapedini d'aria presenti, dall'eventuale riempimento delle intercapedini con materiale fonoassorbente, dall'interasse tra i telai e dalla posa in opera.

L'andamento del potere fonoisolante di questa tipologia costruttiva presenta una rapida ascesa in funzione della frequenza, per poi avere un drastico calo che coincide con la frequenza critica nell'ordine dei 2500-3150 Hz a causa del fenomeno della coincidenza.

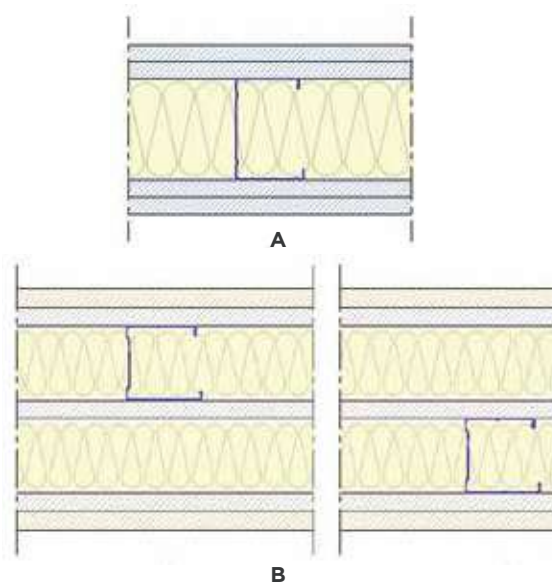


Figura 3.15 - Esempio di pareti leggere in lastre di gesso rivestito, singola struttura (A) e doppia struttura (B).

Nel caso di pareti leggere, la previsione dell'indice di valutazione del potere fonoisolante segue le relazioni riportate di seguito. In particolare, la relazione 3.23 nel caso di parete leggera ad "ossatura unica", ossia montata su singola struttura, e la relazione 3.24 nel caso di parete leggera a "due ossature separate", ossia montata su doppia struttura:

$$R_{w, \text{singola struttura}} = 20 \cdot \log m' + 10 \cdot \log d + e + 5 \quad [\text{dB}] \quad (3.23)$$

$$R_{w, \text{doppia struttura}} = 20 \cdot \log m' + 10 \cdot \log d + e + 10 \quad [\text{dB}] \quad (3.24)$$

Dove e rappresenta lo spessore del pannello fibroso [cm].

Pareti e solai con placcaggio

Al fine di aumentare le prestazioni acustiche di fonoisolamenti di pareti divisorie interne o di solai interpiano, sia nel caso di interventi sull'esistente sia nel caso di nuove costruzioni, si opera applicando come controparete (o controsoffitto) uno strato aggiuntivo mediante supporto elastico che viene definito *sistema placcante*.

A differenza delle pareti mostrate o doppie in cui sussiste una proporzionalità diretta tra le proprietà fonoisolanti e la massa superficiale della parete stessa, nel caso dei sistemi verticali e orizzontali dotati di controparete l'incremento del potere fonoisolante è principalmente conferito dal sistema risonante che si viene a creare, e sarà tanto maggiore quanto più il numero di giunti rigidi per il collegamento delle due strutture sia ridotto.

Un sistema placcante è tipicamente costituito dall'apposizione di contropareti (o controsoffitti) in lastre di gesso rivestito ad una certa intercapedine dalla struttura di base, che può essere riempita di materiale fonoassorbente al fine di aumentare le prestazioni dell'intero sistema (Figura 3.16). Questa procedura, seppur suscettibile delle caratteristiche della struttura di base considerata, permette di incrementare il potere fonoisolante complessivo nell'ordine di 10-20 dB.

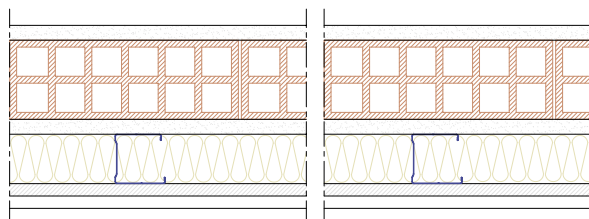


Figura 3.16 - Esempio di sistema placcante a parete, controparete in lastre di gesso rivestito.

L'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante (ΔR_w) per via del sistema placcante è dato dalla relazione empirica che segue:

$$\Delta R_w = 72 - \left(\frac{R_{w,m'}}{2} + 20 \cdot \log f_0 \right) \quad [\text{dB}] \quad (3.25)$$

Dove $R_{w,m'}$ è l'indice di valutazione del potere fonoisolante della struttura di base (in dB, e con valori tipicamente compresi tra 20 dB e 50 dB), e f_0 è la frequenza di risonanza del sistema placcante (tipicamente compresa nell'intervallo 40-200 Hz).

Per calcolare la frequenza di risonanza del sistema placcante, è possibile ricorrere alle relazioni 2.8 e 2.9, già richiamate al capitolo 2, nel caso di sistemi con strati addizionali i cui strati resilienti siano rispettivamente fissati direttamente alla struttura di base oppure collegati ad essa tramite montanti o correnti. È importante sottolineare che nel caso di frequenze di risonanza del sistema placcante superiori a 200 Hz, l'incremento dell'indice del potere fonoisolante può assumere valori negativi, peggiorando dunque le prestazioni acustiche del sistema complessivo (vedere Tabella 2.12 al paragrafo 2.2.2).

3.1.7. ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA

Per quanto riguarda le proprietà di isolamento acustico delle facciate degli edifici, valgono le indicazioni fornite per il caso di pareti divisorie del paragrafo precedente e i requisiti legislativi e da normativa tecnica riportati al Capitolo 2. Lo spessore di tali elementi costruttivi, che è tipicamente elevato per via di strutture murarie pesanti oppure stratificato anche al fine di garantire il corretto isolamento termico, permette di ottenere proprietà acustiche adeguate. Nel caso di facciata non omogenea, cioè costituita da parete opaca, superficie vetrata, porta, ecc., è necessario computare il potere fonoisolante medio che si ottiene dalla relazione seguente:

$$R = -10 \log \frac{1}{S} \sum S_i 10^{\left(\frac{R_i}{10} \right)} \quad [\text{dB}] \quad (3.26)$$

Dove R_i è il potere fonoisolante del componente i-esimo (ad esempio la porzione vetrata) di superficie S_i , e S è la superficie totale della facciata.

Nel caso si applichi il metodo di calcolo dell'isolamento acustico di facciata a singolo indice riportato nella norma UNI EN 12354-3, il potere fonoisolante nella relazione 3.23 viene sostituito dall'indice di valutazione del potere fonoisolante R_w .

Superfici vetrate

Ampie superfici vetrate in facciata sono in grado di generare un elevato assorbimento acustico alle basse frequenze, permettendo quindi di ridurre il tempo di riverberazione nell'ambiente interno. A loro scapito, però, sono caratterizzate da una frequenza critica elevata (normalmente nell'intorno dei 2500-3150 Hz, come accade per le pareti di gesso rivestito) e dunque sono in grado di enfatizzare il fenomeno della coincidenza. Inoltre, per effetto della risonanza, massa-aria-massa, l'efficacia fonoisolante di vetri camera è inferiore a quella dei vetri singoli in alcuni casi, come ad esempio quando l'intento è quello di aumentare l'isolamento acustico al passaggio del rumore del traffico. Tale rumore, infatti, raggiunge un picco in termini di emissione nell'ordine dei 100-200 Hz, proprio laddove l'indice di valutazione del potere fonoisolante di un vetro camera può avere un buco per risonanza.

Per incrementare l'indice di valutazione del potere fonoisolante di questi elementi, e dunque della facciata nel suo complesso, si può procedere con diverse soluzioni tra le quali:

- impiegare vetri camera stratificati e non vetri singoli (anche al fine di aumentare l'isolamento termico), per limitare la riduzione di R_w dovuta al fenomeno di coincidenza. A questo scopo, l'utilizzo di lastre di vetro di spessori differenti può fornire ulteriori miglioramenti nelle prestazioni, così come la collocazione delle lastre stratificate verso l'interno dell'edificio e non verso l'esterno;
 - aumentare il più possibile lo spessore dell'intercapedine d'aria tra due lastre di vetro. Dal punto di vista pratico, non sono state misurate in opera delle prestazioni significativamente differenti per intercapedini comprese tra 6 mm e 16 mm, pertanto è opportuno considerare altri intervalli di spessore per fornire benefici prestazionali al sistema. In generale, nel caso di vetri camera è possibile incrementare l'indice R_w alle basse frequenze aumentando lo spessore dell'intercapedine d'aria (ad esempio, utilizzando un vetro di almeno 6 mm di spessore e una intercapedine di almeno 50 mm è possibile spostare la frequenza di risonanza del sistema ad un valore inferiore a 100 Hz);
 - utilizzare un gas a riempimento dell'intercapedine. In particolare, l'inserimento di esafluoruro di zolfo (SF_6) garantisce prestazioni migliori rispetto all'Argon o all'aria;
 - montare le lastre di vetro su telai separati e collegati da guarnizioni in gomma in grado di smorzare la trasmissione dell'onda sonora;
 - ricorrere all'impiego di doppi telai per garantire indici di valutazione del potere fonoisolante superiori a 40-42 dB.
- Le formule riportate qui di seguito si riferiscono ai metodi empirici per il calcolo del potere fonoisolante, tutti basati sulla massa areica globale della superficie vetrata (m' in kg/m^2), di diverse tipologie di superfici vetrate:

- vetro semplice e vetri camera

$$R_w = 12 \log m' + 17 \quad [\text{dB}] \quad (3.27)$$

- vetri stratificati

$$R_w = 12 \log m' + 19 \quad [\text{dB}] \quad (3.28)$$

- vetri camera con una lastra stratificata

$$R_w = 12 \log m' + 20 \quad [\text{dB}] \quad (3.29)$$

- vetri camera con due lastre stratificate

$$R_w = 12 \log m' + 22 \quad [\text{dB}] \quad (3.30)$$

Serramento vetrato

Per *serramento vetrato* si intende l'insieme di vetro, telaio, cassonetto per l'avvolgibile oscurante ed eventuale presa d'aria. Questo sistema costituisce l'elemento più debole in facciata, in grado quindi di ridurre sensibilmente le prestazioni globali di isolamento acustico di facciata se non progettato e realizzato correttamente.

In primo luogo, le elevate prestazioni acustiche del serramento vetrato dipendono dalla tenuta all'aria del telaio perimetrale, che è normata dalla UNI EN 12207 attraverso la definizione di 5 classi in base. La classe più performante è la classe 4, la quale (a titolo esemplificativo) identifica la capacità di un telaio di essere permeabile a 100 Pa al passaggio di 3 m³ d'aria all'ora per ogni m² di superficie. In secondo luogo, è opportuno sottolineare che il materiale di cui è costituito il telaio non ha un'influenza significativa sulla prestazione acustica del serramento vetrato, per vetri con potere fonoisolante inferiore a 37 dB, dunque la scelta di telai in legno, acciaio o alluminio risulta trascurabile in sede progettuale, se l'area dell'elemento è considerata come area del vetro più il telaio. La posa in opera dei telai è normata dalla UNI 11296, che riporta schemi e prescrizioni pratiche per garantire l'isolamento di facciata dal rumore esterno. La norma UNI EN 14351-1 invece specifica le caratteristiche prestazionali delle finestre, delle porte e dei serramenti, comprese quelle acustiche, definendo anche le modalità di determinazione delle loro caratteristiche mediante prove di laboratorio e/o calcolo e/o assunte da tabelle.

L'influenza dei cassonetti per avvolgibili sul fonoisolamento del serramento vetrato è di difficile quantificazione per una carenza di dati di laboratorio specifici sul solo elemento, poiché nella maggior parte dei casi si procede alla valutazione in laboratorio dell'intero sistema di telaio, superficie vetrata e cassonetto. La loro presenza, comunque, può portare ad una riduzione dell'indice del potere fonoisolante complessivo di facciata anche superiore ai 10 dB nel caso in cui si tratti di cassonetti non dotati di sistemi di silenziamento, ossia di materiale fonoassorbente e di rinforzo acustico del pannello che divide il cassonetto dall'ambiente interno. Le prese d'aria, ossia le bocchette di aerazione, devono allo stesso modo essere progettate con elevate capacità di attenuazione acustica per non compromettere le prestazioni globali di facciata. A tal scopo è opportuno selezionare quelle che sul mercato presentano l'integrazione con silenziatori acustici.

3.1.8. ISOLAMENTO DAL RUMORE DA CALPESTIO

Uno specifico aspetto del fonoisolamento di strutture edilizie orizzontali riguarda l'isolamento dal rumore da calpestio, ovvero del rumore generato dall'impatto sulla superficie del pavimento che si propaga per via solida all'ambiente sottostante. Mentre nel caso del rumore trasmesso per via aerea si ha l'obiettivo di aumentare quanto possibile il valore dell'indice di potere fonoisolante per garantire una ottima prestazione acustica del componente edilizio, nel caso del rumore di calpestio il rispettivo indice deve tendere a valori bassi per garantire una ottima prestazione acustica.

Per il rumore di calpestio si valutano le prestazioni complessive del sistema costituito da soletta e ambiente sollecitando la prima con una sorgente normalizzata di rumore impattivo, detta *macchina da calpestio*, e misurando il livello di pressione sonora nel locale disturbato sottostante (Figura 3.17).

Esistono differenze significative nei risultati di misura, e dunque negli approcci atti a ridurre questa trasmissione, in base alla tipologia di struttura di base, che può essere di tipo pesante o leggera a seconda del sistema costruttivo. In linea generale, strutture di base con elevata massa tendono a trasmettere i rumori per via impattiva in misura inferiore rispetto a strutture leggere con massa minore. A titolo esemplificativo, un solaio tradizionale con massa maggiore ai 400 kg/m² è in grado di fornire un grado sufficiente di isolamento alla trasmissione dei rumori per via solida.

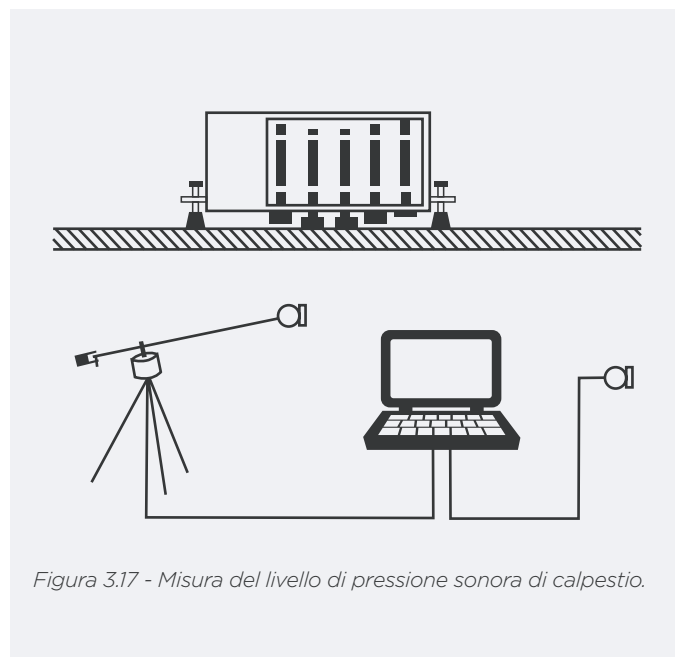


Figura 3.17 - Misura del livello di pressione sonora di calpestio.

Entrambe queste tipologie costruttive vengono normalmente trattate per mezzo di rivestimenti in aderenza o galleggianti al fine di ridurre il livello di rumore da calpestio, agendo dunque prevalentemente alle alte frequenze

piuttosto che alle basse. I rivestimenti in aderenza vengono usati per ridurre la potenza dell'impatto sul sistema di base, sostanzialmente isolando meccanicamente la superficie calpestabile del solaio. Il trattamento con pavimenti galleggianti, invece, consiste nell'interporre tra struttura portante e sottofondo del pavimento uno strato in materiale elastico e smorzante (ad es. in gomma, lana di vetro, resine sintetiche espanse, sughero, ecc.) che deve essere tassativamente risvoltato lateralmente, in modo da evitare contatto diretto fra pavimento e muri verticali così da desolidarizzarli.

Pavimenti galleggianti

I pavimenti galleggianti hanno la principale caratteristica di non presentare connessioni rigide con le strutture laterali (le pareti) per ridurre al massimo la trasmissione laterale dell'energia sonora. Esistono tre grandi categorie di pavimenti galleggianti (Figura 3.18) in funzione della tipologia di connessione tra il pavimento calpestabile e la struttura di base, che può essere puntuale, continua su tutta la superficie o lungo assi, e le cui prescrizioni per la corretta composizione e posa in opera sono normate dalla UNI 11516.

Le prestazioni in opera dei pavimenti galleggianti sono indicate in termini di indice di attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio (ΔL_w). ΔL_w si ottiene a partire dalla massa per unità di superficie del sistema comprensivo di pavimento galleggiante e massetto, e a partire dalla rigidità dinamica per unità di superficie dello strato resiliente, come indicato alle formule 2.13 e 2.14 al Capitolo 2 nel caso di strutture con massetto in calcestruzzo o a secco, rispettivamente. La posa dei pavimenti galleggianti deve prevedere operazioni a regola d'arte al fine di garantire ottime prestazioni al sistema complessivo. La Figura 3.19 riporta, a titolo esemplificativo, il confronto tra corretto e scorretto posizionamento

dello strato di materiale elastico e smorzante tra il pavimento e il solaio in una serie di esempi pratici. Una delle principali criticità in questo senso è quella legata alla necessità di garantire che il massetto di livellamento posato a copertura degli impianti non presenti alcun tipo di asperità, che il sottofondo sia privo di discontinuità, che vi sia il risvolto sulle pareti del materiale elastico resiliente e che non vi sia contatto fra il pavimento e il battiscopa rigido.

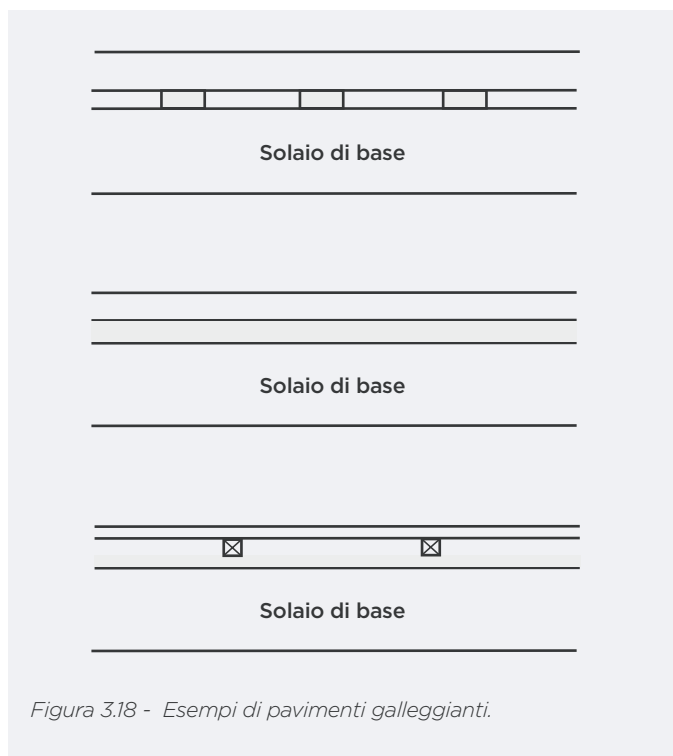
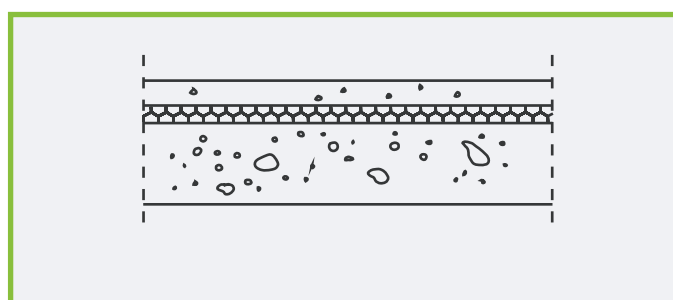
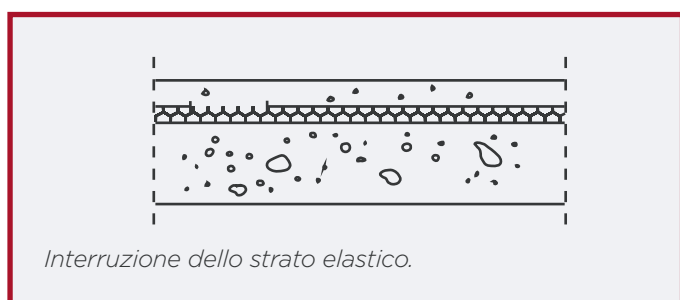
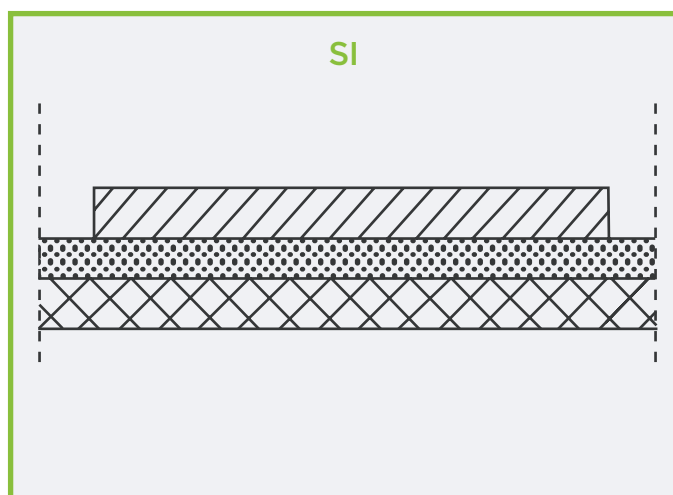
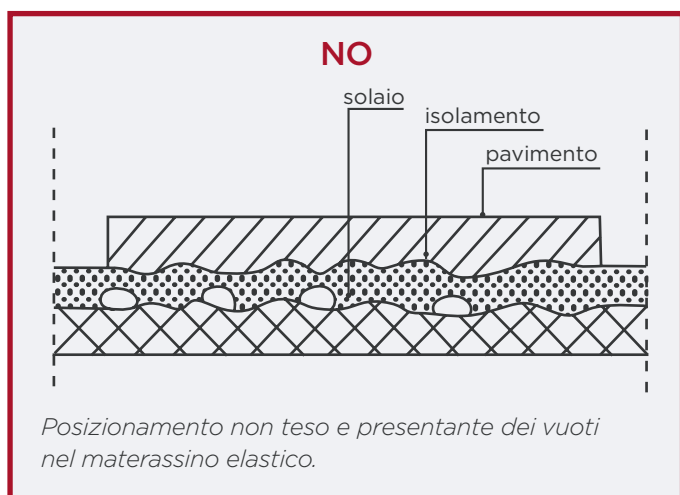
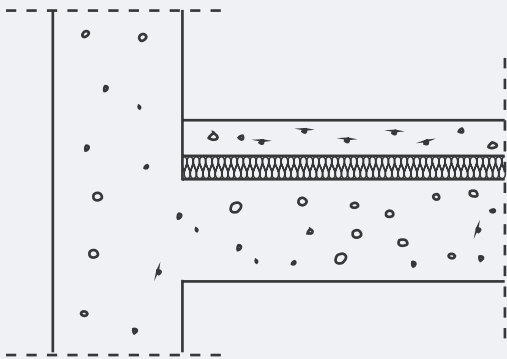
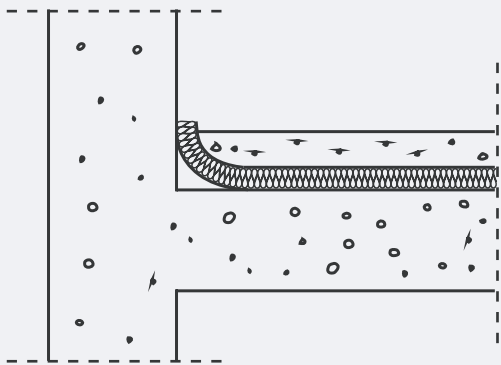
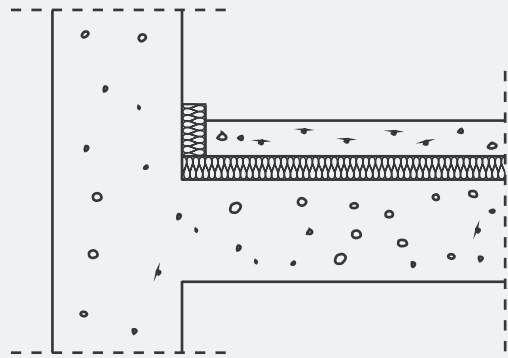


Figura 3.18 - Esempi di pavimenti galleggianti.

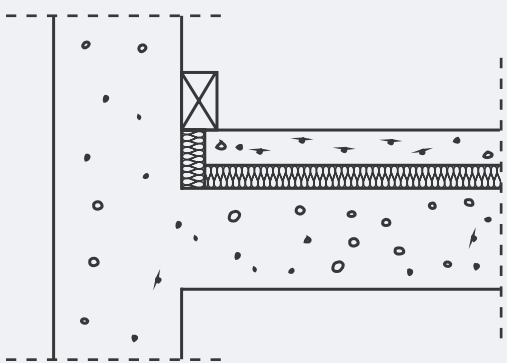
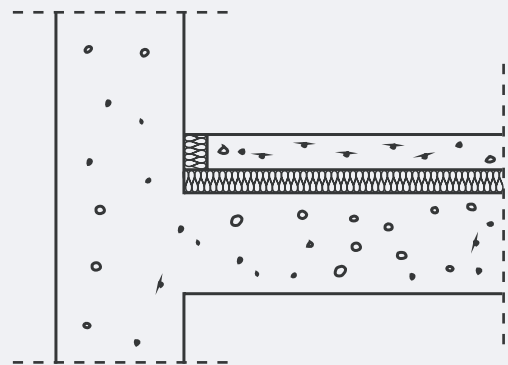


NO

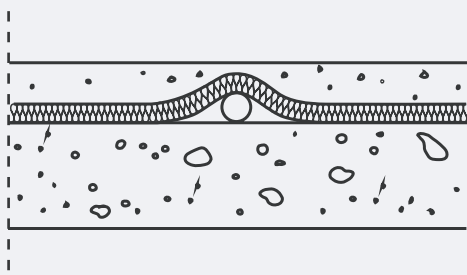
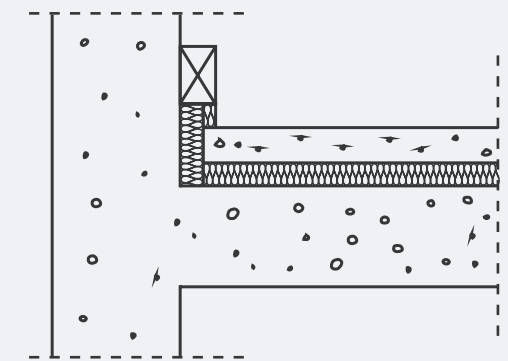
*Assenza di risvolti dello strato elastico
in corrispondenza delle pareti verticali.*

SI

Riduzione dello spessore del massetto.



Non corretto posizionamento del battiscopa.



Non corretto posizionamento degli impianti.

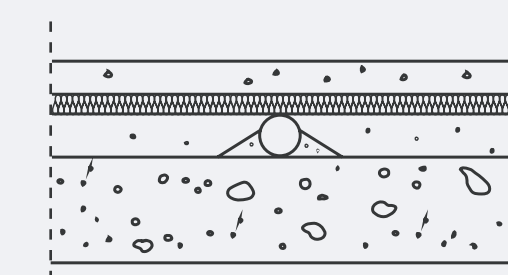


Figura 3.19 - Modalità di realizzazione corretta di un pavimento galleggiante.

3.2 IL COMFORT ACUSTICO DEGLI EDIFICI

3.2.1 ASSORBIMENTO ACUSTICO E CARATTERISTICHE DEI MATERIALI FONOASSORBENTI

Laddove l'energia sonora riverberata sia eccessiva in un ambiente, il comfort acustico in esso può essere fortemente compromesso. La soluzione a tale problema consiste nel trattare le superfici dell'ambiente tramite l'utilizzo di materiali ed elementi fonoassorbenti che sono in grado, principalmente, di controllare il tempo di riverberazione e il livello di pressione sonora globale ad opportuna distanza dalla sorgente sonora.

L'interazione tra l'energia sonora e una superficie implica che una quota dell'energia venga trasmessa, una quota assorbita e una quota riflessa dalla superficie stessa. Facendo particolare riferimento alla quota assorbita, rappresentata dal coefficiente di assorbimento acustico α , essa è da intendersi come il rapporto tra l'energia sonora assorbita e quella incidente sulla superficie, ed è pari a 0 quando tutta l'energia è riflessa, ovvero pari a 1 quando è tutta assorbita. Esemplificando e riferendosi a casi tipici dell'ambito edilizio, un coefficiente di assorbimento acustico pari a 0,55 indica che il 55% dell'energia sonora incidente viene assorbita dalla superficie in oggetto.

La variazione del coefficiente di assorbimento di un materiale dipende principalmente:

- dal *meccanismo di assorbimento del materiale*, che si basa sempre sulla conversione di una parte dell'energia sonora incidente in calore ma può concretizzarsi con diverse modalità. In particolare, si tratta di meccanismi di assorbimento per porosità che sfruttano la dissipazione attraverso i pori o le fibre del materiale, per risonanza di membrana che sfruttano la risonanza di un pannello e per risonanza di cavità;
- dalla *frequenza*, poiché i meccanismi di assorbimento portano a far variare il coefficiente α nello spettro facendolo aumentare in corrispondenza di determinate frequenze o intervalli di frequenza;
- dall'*angolo di incidenza dell'onda sonora*, poiché in base alla modalità di misurazione del coefficiente in laboratorio è possibile ricavare α per incidenza normale se si ricorre al metodo delle onde stazionarie in tubo su campioni di dimensioni ridotte in accordo con la norma UNI EN ISO 10534-2, oppure per incidenza casuale se si eseguono misurazioni in camera riverberante su campioni di grandi dimensioni in accordo con la norma UNI EN ISO 354. Tra le due metodologie di misura, la più rappresentativa delle condizioni reali risulta essere quella dell'incidenza casuale.

In Figura 3.20 sono rappresentate le tipiche curve dei coefficienti relativi a materiali che assorbono per porosità, risonanza di membrana e di cavità. Materiali complessi che

risultano dalla combinazione di questi materiali permettono di incrementare il coefficiente di assorbimento in particolare su un intervallo di frequenze più ampio.

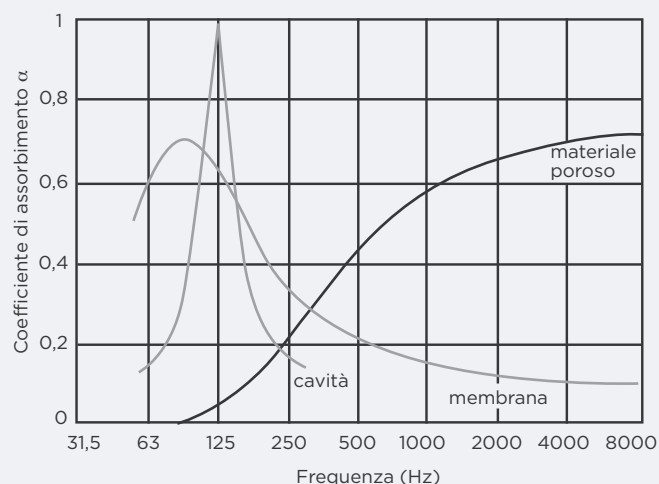


Figura 3.20 - Variazione in frequenza del coefficiente di assorbimento acustico in funzione del meccanismo di assorbimento acustico (porosità, risonanza di membrana, risonanza di cavità).

Dal punto di vista progettuale è opportuno mettere in evidenza che l'impiego di un materiale fonoassorbente dipende certamente dalle sue caratteristiche acustiche, ma anche dalle sue proprietà meccaniche, di resistenza al fuoco, di facilità di montaggio ed eventuale manutenzione/sostituzione.

Materiali per l'assorbimento acustico per porosità

I materiali porosi presentano una struttura eterogenea, costituita da una matrice solida che racchiude piccole celle piene d'aria, aperte verso l'ambiente. Le onde sonore che incidono sul materiale mettono in vibrazione l'aria contenuta entro le celle: la dissipazione dell'energia di vibrazione causata dai fenomeni di attrito viscoso determina l'effetto di fonoassorbimento per porosità che si manifesta alle frequenze medio-alte.

Le prestazioni dei materiali fonoassorbenti porosi dipendono principalmente (i) dalla struttura della matrice solida, (ii) dalla resistenza al flusso d'aria del materiale, che si può determinare sperimentalmente misurando la portata d'aria che attraversa un campione di materiale di geometria nota in funzione della differenza di pressione ad esso applicata, (iii) dal diametro delle fibre del materiale, (iv) dal grado di porosità, che è determinato dal rapporto tra il volume

occupato dai pori e il volume totale del materiale. A titolo esemplificativo, i materiali porosi principalmente utilizzati in edilizia hanno diametri di dimensione compresa tra $1\text{ }\mu\text{m}$ e $10\text{ }\mu\text{m}$, e grado di porosità non inferiore al 90%.

L'assorbimento è legato alla velocità di spostamento delle particelle d'aria, che è nulla in corrispondenza della superficie riflettente e massima ad una distanza pari a $\lambda/4$. Immaginando di porre un pannello di materiale fonoassorbente poroso lungo il tragitto di un'onda stazionaria, ad ogni multiplo dispari della distanza $\lambda/4$ si avrà un picco di assorbimento. Conseguenze che:

- aumentando lo spessore s dello strato di materiale, il fonoassorbimento si estende progressivamente verso valori minori di frequenza, come appare evidente dal grafico in Figura 3.21, e pertanto il coefficiente di assorbimento risulta praticamente costante per $s \geq \lambda/4 + \lambda/8$;
- laddove sia presente una intercapedine di spessore s' tra la parete rigida e il pannello fonoassorbente poroso il massimo assorbimento del sistema sarà sempre in corrispondenza di $\lambda/4$ ma si dovrà considerare come spessore totale la somma del pannello e dell'intercapedine ($s+s'$).

I rivestimenti fonoassorbenti porosi possono essere realizzati con diverse modalità:

- stendendo sulla parete di base un rivestimento continuo, ad es. un intonaco realizzato miscelando ad un opportuno legante dei "fiocchi" di materiale poroso;
- applicando direttamente sulla parete di base pannelli in materiale fibroso o poroso;
- realizzando, con pannelli in materiale fibroso o poroso, un controsoffitto o una controparete con interposta intercapedine d'aria tra pannello e parete di base.

Dal punto di vista merceologico i materiali fonoassorbenti porosi possono essere classificati in:

- materiali fibrosi di origine minerale, ad esempio la lana di vetro e lana di roccia;
- materiali cellulari di origine minerale, ad esempio il vetro cellulare;
- materiali cellulari sintetici, ad esempio il poliuretano espanso;
- materiali fibrosi di origine vegetale, ad esempio le fibre in legno mineralizzato;
- materiali fibrosi sintetici, ad esempio le fibre poliestere.

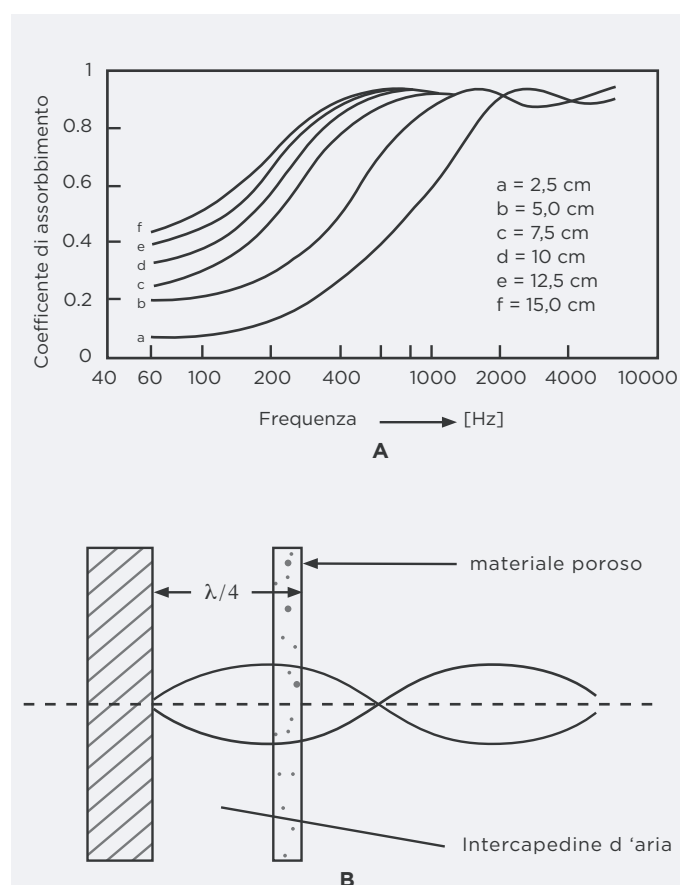


Figura 3.21 - Coefficiente di assorbimento per materiali fonoassorbenti porosi in funzione della frequenza e del loro spessore (A) e corretto posizionamento di un pannello poroso al fine di massimizzarne l'assorbimento (B).

Materiali per l'assorbimento acustico per risonanza di membrana

Rispondono a questo comportamento i sistemi costituiti da una lastra di materiale non poroso, ad esempio legno o gesso dallo spessore ridotto, posizionata ad una data distanza da una parete rigida con cui è vincolata perimetralmente tramite una struttura, come rappresentato in Figura 3.22.

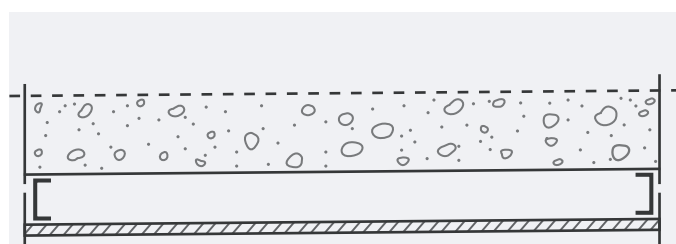


Figura 3.22 - Rappresentazione di un sistema vibrante costituito da un pannello posto ad una certa distanza dalla parete rigida.

Quando l'energia sonora incide sulla superficie, tale sistema si comporta come un pannello vibrante: l'effetto di fonoassorbimento è determinato dalla dissipazione dell'energia di vibrazione dovuta sia allo smorzamento del materiale del pannello sia all'attrito viscoso nell'intercapedine d'aria.

Nel suo complesso, il pannello vibrante può dunque essere assimilato ad un sistema massa-molla: il pannello funge da massa oscillante che mette in vibrazione l'aria contenuta nell'intercapedine e che possiede una certa rigidità. La frequenza di risonanza f_0 di un pannello vibrante è dipendente dalla densità superficiale del pannello stesso, dalla sua rigidità che è a sua volta dipendente dal tipo di supporto che lo lega alla parete rigida, e dalla rigidità dell'intercapedine d'aria. Si calcola come indicato dalla relazione 3.28:

$$f_0 = \frac{60}{\sqrt{m \cdot d}} \quad [\text{Hz}] \quad (3.31)$$

dove:

m = densità superficiale del pannello (kg/m^2),

d = distanza del pannello dalla parete (m).

In corrispondenza della frequenza di risonanza del pannello vibrante si ha il suo picco di assorbimento acustico, che risulta quindi essere altamente selettivo nell'intorno di f_0 e comunque maggiore alle basse frequenze per la dipendenza di f_0 dalla densità superficiale del pannello e dalla dimensione dell'intercapedine esplicitata in formula 3.28. Infatti, date le dimensioni caratteristiche dei pannelli, tipicamente dell'ordine del metro, le frequenze proprie di vibrazione del pannello si situano nella parte inferiore del campo dell'udibile.

La Figura 3.23 mostra come al crescere della densità superficiale e della distanza del pannello dalla parete rigida, invece, la frequenza di risonanza e di massimo assorbimento acustico tenda a diminuire.

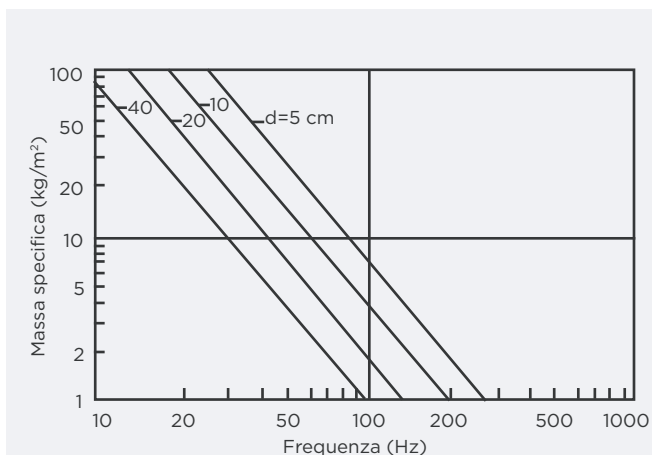


Figura 3.23 – Andamento della frequenza di risonanza di pannelli vibranti sottili in funzione di diversi spessori di intercapedine (da Crocker, Price 1975).

In Figura 3.24 si mostra che per aumentare la frequenza di risonanza di un pannello vibrante o per estenderne l'efficacia di assorbimento in un intervallo maggiore, si può agire inserendo materiale poroso in intercapedine e variando le proprietà fisiche del pannello stesso.

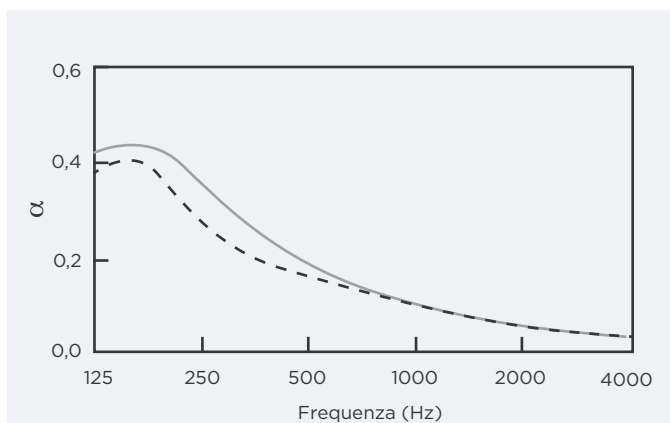


Figura 3.24 – Variazione in frequenza tipica del coefficiente di assorbimento acustico di un pannello vibrante con (linea continua) e senza (linea tratteggiata) materiale poroso in intercapedine.

Materiali per l'assorbimento acustico per risonanza di cavità

In ambito edilizio, la tipologia di sistema basato sull'assorbimento acustico per risonanza di cavità maggiormente utilizzato è il risonatore di Helmholtz. Si tratta di un sistema costituito da una cavità di volume V racchiusa da pareti rigide e un'apertura relativamente stretta, detta "collo", di lunghezza l e sezione S . L'aria contenuta all'interno della cavità entra in vibrazione quando il collo del risonatore è investito da un'onda sonora, dunque le sue compressioni e rarefazioni periodiche generano il fenomeno dissipativo che determina l'assorbimento dell'onda sonora stessa.

Si può desumere che un risonatore si comporti come sistema massa-molla poiché l'aria contenuta nel collo funge da massa vibrante che eccita l'aria presente nella cavità, la quale funge da molla, dissipando l'energia incidente particolarmente in corrispondenza della frequenza di risonanza dell'intero sistema. Tale frequenza fondamentale di risonanza si ottiene, a calcolo, dalla relazione 3.32:

$$f_0 = \frac{c_0}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{V \cdot l}} \quad [\text{Hz}] \quad (3.32)$$

dove:

c_0 = velocità di propagazione del suono nel mezzo elastico (m/s),

S = area del collo del risonatore (m^2),

l = lunghezza del collo del risonatore (m),

V = volume della cavità del risonatore (m^3).

In letteratura sono presenti formulazioni del calcolo della frequenza di risonanza dei risonatori di Helmholtz che tengono conto della complessità del fenomeno dissipativo dell'energia, in termini di perdite viscosive di attrito, tramite una correzione del fattore della lunghezza del collo l in funzione del raggio del collo stesso, come indicato nell'equazione 3.33:

$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{V \cdot (l + 1,6r)}} \quad [\text{Hz}] \quad (3.33)$$

dove:

c = velocità di propagazione del suono nel mezzo elastico (m/s),

S = area del collo del risonatore (m^2),

l = lunghezza del collo del risonatore (m),

V = volume della cavità del risonatore (m^3),

r = raggio del collo del risonatore (m).

La frequenza di risonanza dei risonatori di Helmholtz varia in maniera direttamente proporzionale alla sezione del collo e in maniera inversamente proporzionale alla sua lunghezza ed al volume della cavità. Risulta dunque comune integrare tali sistemi nella pratica edilizia per l'assorbimento acustico delle frequenze medio-basse.

L'inserimento di materiale fonoassorbente poroso all'interno della cavità del risonatore porta ad un abbassamento del coefficiente di assorbimento alla frequenza di risonanza, ma si ottiene in compenso un miglioramento del fonoassorbimento alle frequenze adiacenti a quella di risonanza come mostrato in Figura 3.25.

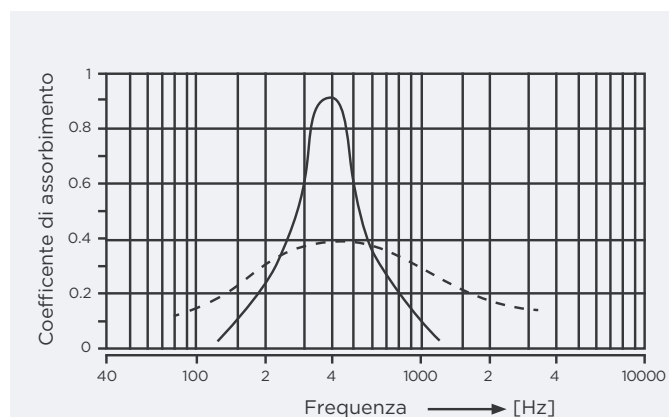


Figura 3.25 - Andamento in frequenza del coefficiente di assorbimento di risonatori acustici di Helmholtz in assenza (linea continua) e presenza (linea tratteggiata) di materiale fonoassorbente poroso nella cavità.

Oltre al risonatore di Helmholtz, in edilizia è comune utilizzare un particolare tipo di risonatore acustico costituito dai pannelli forati. Si tratta di lastre sottili, dotate di opportuna foratura, posate ad una distanza pari ad alcune decine di millimetri dalla parete di base e frequentemente con interposto materiale poroso, in modo da realizzare un insieme di risonatori di Helmholtz come rappresentato in Figura 3.26. I fori presenti sul pannello si comportano come colli di singoli risonatori, e la porzione di aria corrispondente a ciascun foro costituisce la cavità di ogni singolo risonatore.

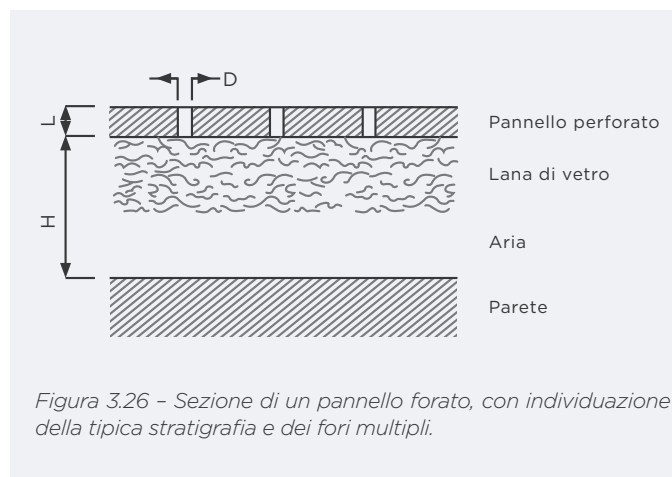


Figura 3.26 - Sezione di un pannello forato, con individuazione della tipica stratigrafia e dei fori multipli.

Le onde sonore incidenti mettono in vibrazione i volumetti d'aria retrostanti i fori, e l'effetto di fonoassorbimento è determinato dalla dissipazione dell'energia di vibrazione per attrito viscoso nell'aria. I pannelli forati determinano un assorbimento selettivo, che si localizza alla frequenza f_0 come indicato nell'equazione 3.31, che è funzione dell'area complessiva e della percentuale di foratura del pannello.

A differenza dei risonatori singoli di Helmholtz, però, i pannelli forati permettono un assorbimento su un intervallo di frequenze maggiore, poiché l'oscillazione delle molecole d'aria nelle cavità singole dovute all'incidenza di un'onda sonora le porta a convogliarsi verso i fori e a generare così molteplici fenomeni dissipativi anche a frequenze attigue a quella di risonanza.

$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{P}{d \cdot t}} \quad [\text{Hz}] \quad (3.34)$$

dove:

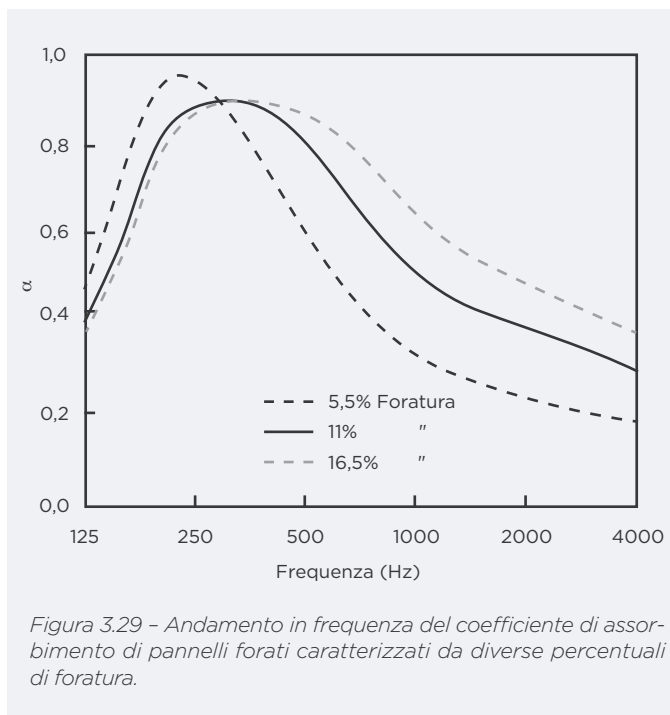
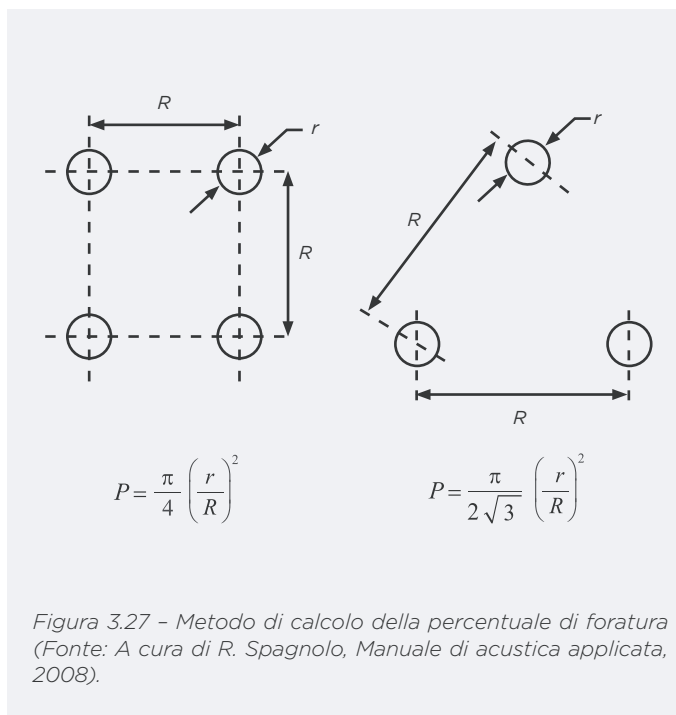
c = velocità di propagazione del suono nel mezzo elastico (m/s),

P = rapporto tra l'area forata e l'area complessiva del pannello (percentuale di foratura) (%),

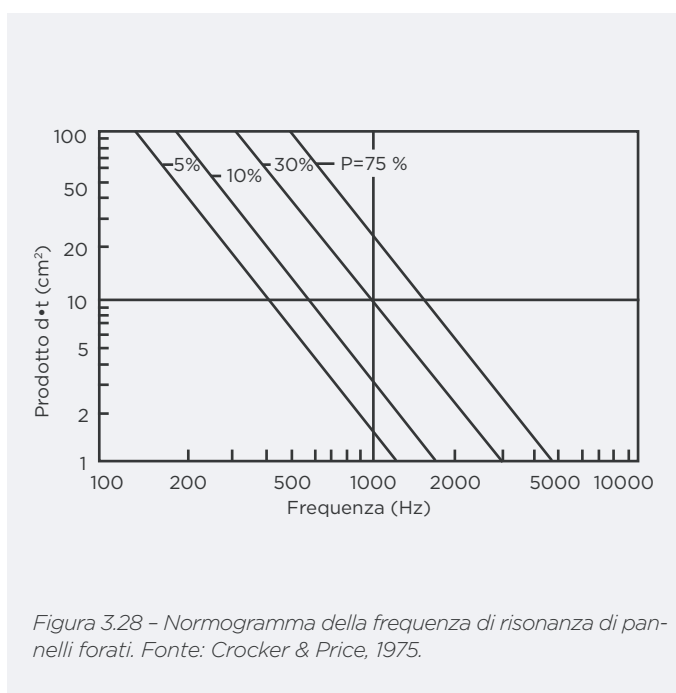
d = distanza del pannello dalla parete (eventualmente comprensiva dello spessore totale dato da intercapedine d'aria e materiale fonoassorbente poroso interposto) (m),

t = spessore del pannello forato (corrispondente alla lunghezza del collo di ciascun risonatore) (m).

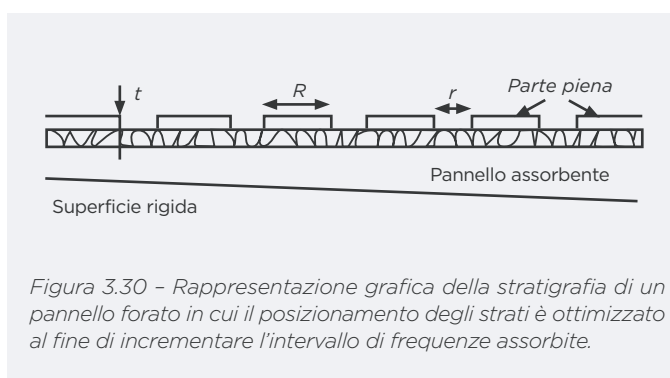
La frequenza di risonanza dei pannelli forati, analogamente a quanto accade per i risonatori singoli di Helmholtz, varia in maniera direttamente proporzionale alla percentuale di foratura e in maniera inversamente proporzionale allo spessore del pannello ed allo spessore dell'intercapedine d'aria. I pannelli forati comunemente utilizzati in edilizia hanno uno spessore che varia tra i 3 e i 30 mm ed una percentuale di foratura tra il 10% e il 50%. La Figura 3.27 rappresenta la modalità di calcolo della percentuale di foratura nel caso di pannelli forati.



Poiché spessori di intercapedine superiori a circa 30 cm sono difficili da utilizzare in opera in quanto inciderebbero pesantemente sulla fruizione degli ambienti confinati riducendone significativamente il volume, l'utilizzo dei pannelli forati di spessore tipicamente compreso tra i 3 mm e i 30 mm è prevalentemente per l'assorbimento delle frequenze comprese tra 200 Hz e 5000 Hz, come mostrato nella Figura 3.28 a rappresentazione del normogramma relativo alla variazione della frequenza di risonanza. In Figura 3.29 si riporta invece l'andamento in frequenza del coefficiente di assorbimento di pannelli forati caratterizzati da diverse percentuali di foratura.



L'inserimento di materiale fonoassorbente poroso all'interno della cavità del pannello forato modifica il coefficiente di assorbimento aumentandolo in misura importante nell'intono della frequenza di risonanza. Per incrementare anche l'efficacia di assorbimento acustico su uno spettro più ampio di frequenze è opportuno progettare la stratigrafia del pannello forato in modo tale che il pannello stesso sia posizionato in maniera inclinata rispetto alla superficie rigida cui è connesso, come rappresentato in Figura 3.30, così da generare un insieme di risuonatori singoli che presentano diversi volumi di cavità che contribuiscono quindi ad estendere l'intervallo di frequenze interessate dal fenomeno dell'assorbimento.



3.2.2. UN INTERVENTO DI CORREZIONE ACUSTICA

In questo paragrafo è descritto l'intervento di correzione acustica realizzato in un'aula di scuola primaria. Il valore aggiunto di tale intervento, oltre a quello primario di garantire il comfort acustico per docenti e discenti, è stata l'integrazione delle soluzioni acustiche con quelle di messa in sicurezza strutturale del soffitto.

Il caso studio

Il plesso scolastico cui appartiene l'aula oggetto della correzione acustica è situato in un'area urbana mista, in cui sono presenti edifici residenziali e terziari, e che non è distante da un ospedale. L'aula è a pianta rettangolare e di dimensione pari a 60,3 m² (6,7 m x 9 m), l'altezza del soffitto piano è di 4,6 m e il volume di 277,4 m³. Sono presenti tre grandi aperture finestrate che permettono l'affaccio sul cortile che separa l'edificio da una grande arteria stradale, percorsa da mezzi pubblici e veicoli privati. Le finestre presentano un sistema di oscuramento ad avvolgibili con cassonetto interno. Il pavimento è in graniglia e le pareti intonacate. La porta di ingresso, sormontata da un sopraluce trasparente, è ricavata all'interno di una nicchia posta lungo la parete che confina con il corridoio. Sulla parete della lavagna è presente una porta che delimita un armadio a muro. Gli altri arredi presenti allo stato di fatto *ante-operam* sono costituiti da scaffalature metalliche chiuse e a vista, da 20 banchi con sedia e due cattedre. Sulle pareti sono presenti disegni e cartonati esplicativi a supporto della didattica. La Figura 3.31 rappresenta la condizione dell'aula *ante-operam*.

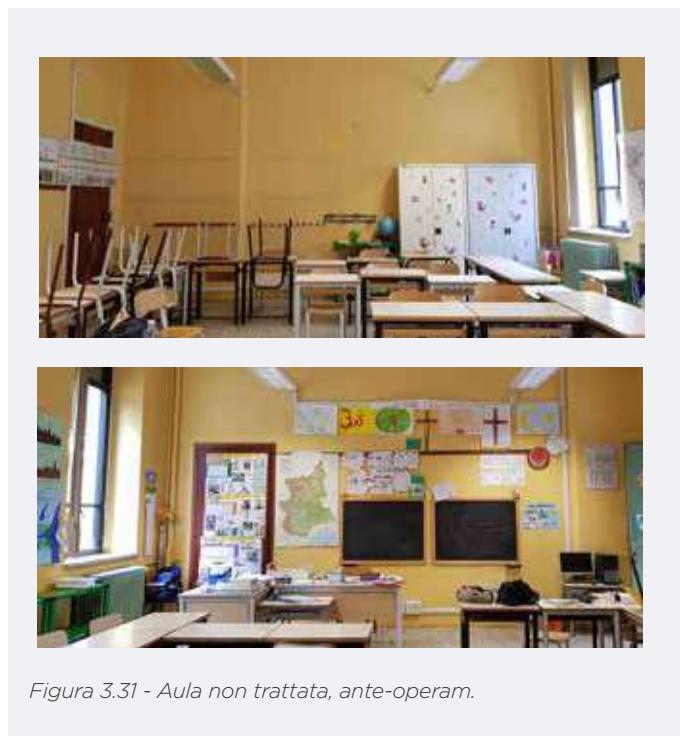


Figura 3.31 - Aula non trattata, *ante-operam*.

Le misurazioni acustiche *ante-operam*

La caratterizzazione della qualità acustica nella condizione *ante-operam* è stata eseguita ad aula non occupata ma arredata ed è stata basata sulla misurazione del tempo di riverberazione. Le misurazioni sono state eseguite a norma UNI EN 11532-2 facendo uso di un clappatore come sorgente sonora, ossia una sorgente impulsiva costituita da due braccia di legno con interposta gomma-piuma, che se sollecitate generano un rumore impulsivo di breve durata ed elevata intensità, e di un fonometro modello XL2 di NTi Audio and Acoustic Analyser come ricevitore del segnale.

L'esito delle misurazioni *ante-operam* restituisce un tempo di riverberazione in condizione di aula arredata ma non occupata (T_{inocc} , s) pari a 2,1 s $\pm$ 0,4 s nel range di frequenza 125-4000 Hz. Come riportato in Tabella 3.3, per stimare il valore in condizione di aula arredata e occupata sono stati eseguiti i seguenti passaggi per ogni banda di ottava da 0,125 kHz a 8 kHz:

- Calcolo della differenza di assorbimento equivalente (ΔA_{tot} , m²) dovuto all'occupazione dell'aula da parte di 20 alunni di scuola primaria (corrispondenti all'80% degli occupanti, come richiesto dalla UNI EN 11532-2);
- Calcolo dell'assorbimento equivalente dell'aula occupata ($A_{tot,occ}$, m²), come somma dell'assorbimento equivalente dell'aula non occupata ($A_{tot,inocc}$, m²) ottenuto dall'inverso della formula di Sabine (equazione 3.32) e del ΔA_{tot} ;
- Calcolo del tempo di riverberazione in condizione di aula occupata (T_{occ} , s) in funzione del $A_{tot,occ}$, a partire dalla equazione 3.32.

$$T = 0,16 \cdot \frac{V}{A_{tot}} \text{ (s)} \quad (3.35)$$

Dove V è il volume dell'ambiente (m³) e A_{tot} è l'assorbimento acustico equivalente (m²).

Secondo tale calcolo, il tempo di riverberazione *ante-operam* in condizione di aula occupata è stimato pari a 1,6 s (deviazione standard, SD , pari a 0,3 s) range di frequenza 125-4000 Hz.

Tabella 3.3 - Parametri acustici dell'aula nella condizione *ante-operam*, in bande di ottava.

	Frequenza [Hz]						
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
α di un alunno di scuola primaria (-) [17]	0,17	0,21	0,26	0,30	0,33	0,37	0,40
ΔA_{tot} dell'aula occupata [m ²]	3,40	4,20	5,20	6,00	6,60	7,40	8,00
$A_{tot,inocc}$ dell'aula non occupata [m ²]	14,0	19,4	19,8	18,8	20,0	25,3	27,0
$A_{tot,occ}$ dell'aula occupata [m ²]	17,4	23,6	25,0	24,8	26,6	32,7	35,0
$T_{20,occ}$ dell'aula occupata [s]	2,2	1,7	1,6	1,6	1,5	1,2	1,1

Come dettagliato al paragrafo 2 nella sezione relativa alle norme tecniche, la UNI EN 11532-2 individua il valore ottimale del tempo di riverberazione in funzione della destinazione d'uso dell'aula e del volume. Per le aule didattiche in cui è richiesto elevato grado di intelligibilità del parlato anche per persone con deficit uditivi o non madrelingua, ovvero in cui è prevista la presenza di più oratori, la norma identifica la formula 3.33 per la previsione del valore ottimale del tempo di riverberazione nel range 125-4000 Hz (T_{ott} , s):

$$T_{ott} = [0,32 \cdot (10 \log_{10} V) - 0,17] (s) \quad (3.36)$$

Dove V è il volume dell'ambiente [m^3].

I risultati ottenuti in entrambe le condizioni di occupazione dell'aula sono superiori a quelli calcolati come ottimali in base all'equazione 2. Infatti, il valore ottimale e nell'intervallo di frequenza 125-4000 Hz, è pari a 0,60 s nel caso di aula occupata e 0,65 (standard deviation, SD 0,01 s) nel caso di aula non occupata.

Il trattamento acustico

Basando il progetto di correzione acustica su criteri di massimizzazione della chiarezza del parlato e riduzione del tempo di riverberazione, l'intervento è stato finalizzato a trattare con materiale ad elevate prestazioni di assorbimento acustico le pareti laterali di fondo aula e lato corridoio, e in più l'intero soffitto dell'aula, come mostrato in Figura 3.32. In particolare, sono stati impiegati i seguenti materiali, i cui coefficienti di assorbimento sono riportati in Tabella 3.4:

- Per le pareti laterali, sistemi fonoassorbenti a parete Akusto™ Wall A Texona in pannelli 2700x1200x40 mm, nella quantità di 26 m^2 ,

- Per il soffitto, sistema fonoassorbente Ecophon Master™ F in pannelli 600x600x40 mm, nella quantità di 60 m^2 .

In Figura 3.32 sono riportate delle immagini dell'aula a seguito del trattamento acustico.



Figura 3.32 - Aula trattata, post-operam.

Tabella 3.4 - Coefficienti di assorbimento (α , -) dei materiali utilizzati per il trattamento acustico dell'aula.

	Frequenza [Hz]						
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Ecophon Akusto™ Wall A	0,20	0,70	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Ecophon Master™ F	0,25	0,80	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95

L'intervento di messa in sicurezza del controsoffitto

Gli interventi di correzione acustica, in quanto interventi di manutenzione straordinaria sull'esistente nella maggior parte dei casi, devono prevedere necessariamente le adeguate verifiche di fattibilità strutturale al fine di garantire la sicurezza degli utenti una volta completati. Nel caso di inserimento di controsoffitti acustici, dunque, è essenziale verificare la resistenza dei solai esistenti e la pratica che nei tempi più recenti si sta mirando a mettere in atto è quella di integrare l'intervento acustico con l'inserimento di uno strato antisfondellamento. Le prestazioni acustiche del nuovo pacchetto con prestazioni strutturali ed acustiche, però, non sono note con facilità e accuratezza metrologica, dunque la previsione delle prestazioni in opera è incognita in fase progettuale. Nell'ambito della progettazione e realizzazione di questo intervento di miglioramento, è

stato raggiunto un duplice importante obiettivo: da un lato quello di esecuzione di un progetto acustico a regola d'arte, dall'altro quello di certificazione di un innovativo sistema di controsoffitto con elevate prestazioni antisfondellamento ai carichi di caduta e acustiche che può garantire i requisiti di sicurezza occupazionale degli utenti. Nello specifico, i pannelli Ecophon Master™ F adottati per il trattamento superficiale del soffitto sono stati accoppiati ad un sistema antisfondellamento Gyproc Fireline di dimensioni nominali standard 1200x3000x15 mm e peso nominale 12,7 kg/ m^2 , formate da nucleo in gesso, fibra di vetro e vermiculite con rivestimento esterno in carta (Figura 3.33). Gli esiti della certificazione del sistema innovativo di controsoffitto, che hanno soddisfatto i requisiti di sicurezza ai carichi di caduta, sono stati approvati dall'Istituto Giordano S.p.A. (Gatteo, FC) e sono contenuti in un rapporto di prova ufficiale.

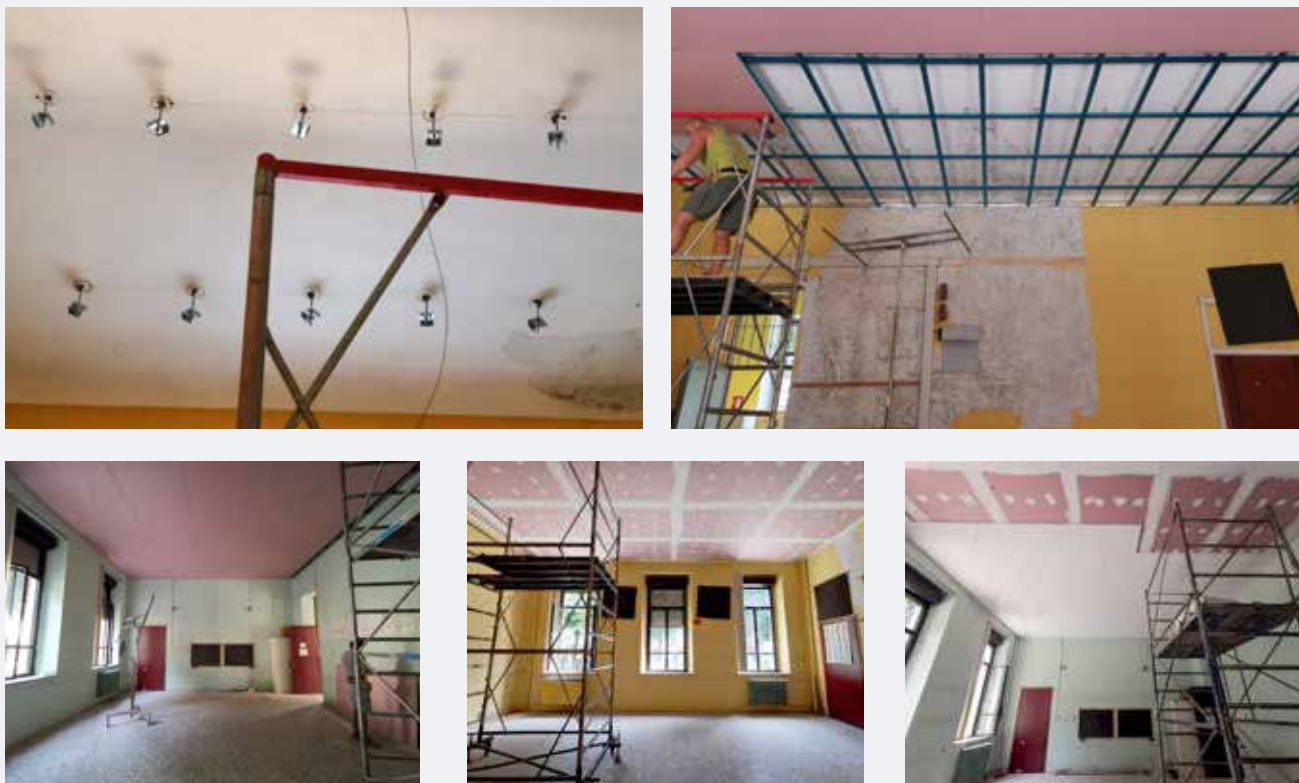


Figura 3.33 – Installazione tramite pendinatura e sottostruttura metallica del controsoffitto antisfondellamento Gyproc Fireline e, nell'ultima immagine a destra, dei pannelli fonoassorbenti Ecophon Master™ F in aderenza.

Misurazioni acustiche *post-operam* e risultati del collaudo

A seguito dell'intervento di correzione acustica, integrato al consolidamento con sistema antisfondellamento, sono state eseguite le misurazioni *post-operam* per valutare l'efficacia del progetto. In conformità alla norma UNI EN 11532-2, è stato nuovamente misurato il tempo di riverberazione e in più anche il parametro della chiarezza del parlato (C_{50} , dB).

Per tali misure *post-operam* è stata considerata una condizione occupata dell'aula, simulando la presenza degli alunni per mezzo di pannelli fonoassorbenti in fibra 100% poliestere come mostrato in Figura 3.34. La strumentazione utilizzata è consistita in una sorgente direttiva (modello Talkbox di NTi Audio and Acoustic Analyser) per la misurazione della C_{50} , in modo da replicare il diagramma di emissione del segnale vocale, in un dodecaedro omnidirezionale (modello 4292-L di Brüel&Kjær) per la misurazione del tempo di riverberazione, e in un fonometro di classe-1 (modello XL2 della NTi Audio and Acoustic Analyser) come ricevitore in entrambi i casi.

La Talkbox è stata collocata in corrispondenza della posizione tipicamente assunta dall'insegnante e ad una altezza dal pavimento pari a 1,5 m, mentre il fonometro è stato posizionato in asse con la sorgente in corrispondenza della prima fila di banchi, poi della fila centrale e infine dell'ultima fila. La Figura 3.35 rappresenta schematicamente la distribuzione di sorgenti e ricevitori nell'aula al fine di eseguire le misurazioni descritte.

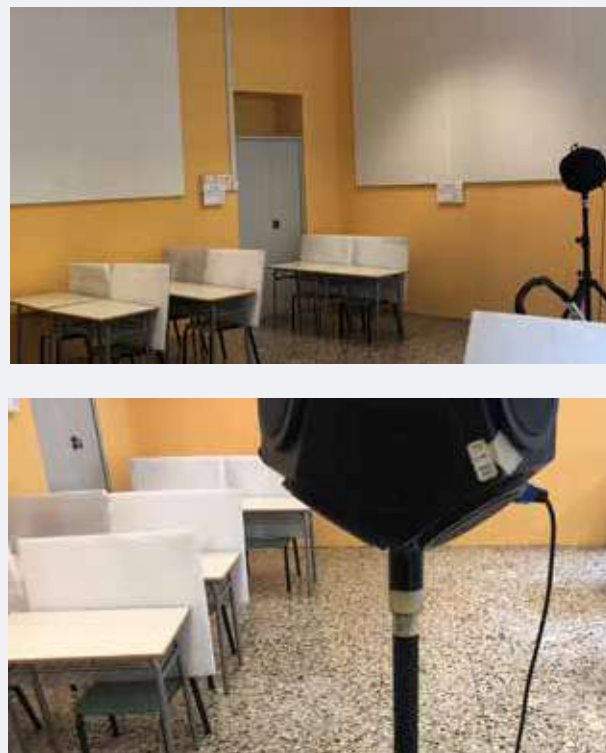


Figura 3.34 – Posizionamento dei pannelli fonoassorbenti in fibra 100% poliestere per la simulazione dell'occupazione dell'aula.

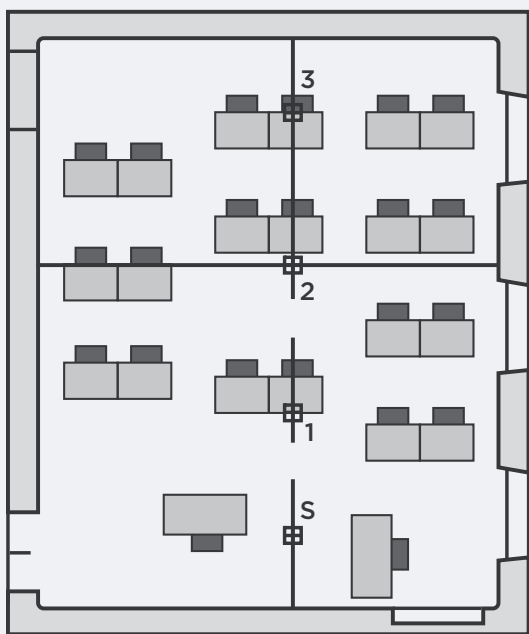


Figura 3.35 – Setup di misura nella condizione *post-operam*, con identificazione della posizione della sorgente (S) e dei ricevitori (1, 2, 3).

Il tempo di riverberazione è stato misurato in accordo con la procedura descritta nella norma UNI EN ISO 3382-1. Le sorgenti sono state impostate al fine di emettere un segnale *sweep* esponenziale di intensità adeguata ad assicurare il corretto rapporto segnale-rumore per tutte le bande di frequenza da 50 Hz a 22000 Hz. Ogni *sweep* acquisita per ciascuna sorgente e in ciascun punto di misura è stata convoluta con il suo filtro inverso al fine di ottenere la risposta all'impulso da cui è stato possibile estrarre i parametri acustici di interesse.

La Tabella 3.5 riporta i risultati del collaudo, eseguite in condizioni di aula arredata e simulata occupata. In accordo con quanto indicato nella norma UNI EN 11532-2, è stato possibile valutare l'andamento del tempo di riverberazione anche in condizioni di aula non occupata. La Figura 3.36 mostra, in base alle misurazioni e ai calcoli eseguiti *ante-operam* e *post-operam*, il confronto tra i tempi di riverberazione in condizione di aula simulata occupata, anche in relazione al valore ottimale indicato in UNI EN 11532-2 per le aule adibite allo svolgimento di attività didattica.

Nel caso delle curve riferite a dati misurati in campo per mezzo di misurazioni ripetute, inoltre, i grafici riportano l'andamento in frequenza dell'incertezza estesa associata alla misura e calcolata in accordo a quanto indicato nella UNI EN 11532-2.

Tabella 3.5 – Valori del tempo di riverberazione *ante-operam* e *post-operam* in bande di ottava, misurati o calcolati ad aula non occupata (T_{inocc} s) o simulata occupata (T_{occ} s). Sono inoltre riportati i valori ottimali nelle condizioni di occupazione (T_{inocc} e T_{occ} s) a norma UNI EN 11532-2.

Ante-operam								
	Frequenza [Hz]							Media 125-4000 Hz
	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
T_{inocc} (s) - misurato	2.8	2.0	2.0	2.1	2.0	1.5	1.5	2,1
T_{occ} (s) - calcolato	2.2	1.7	1.6	1.6	1.5	1.2	1.1	1,6

Post-operam								
	Frequenza [Hz]							Media 125-4000 Hz
	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
T_{inocc} (s) - calcolato	1.3	0.8	0.7	0.5	0.4	0.4	0.4	0,7
T_{occ} (s) - misurato	1.2	0.7	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0,6

Valori ottimali								
	Frequenza [Hz]							Media 125-4000 Hz
	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
$T_{inocc,ott}$ (s)	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.70	0,7
$T_{occ,ott}$ (s)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6

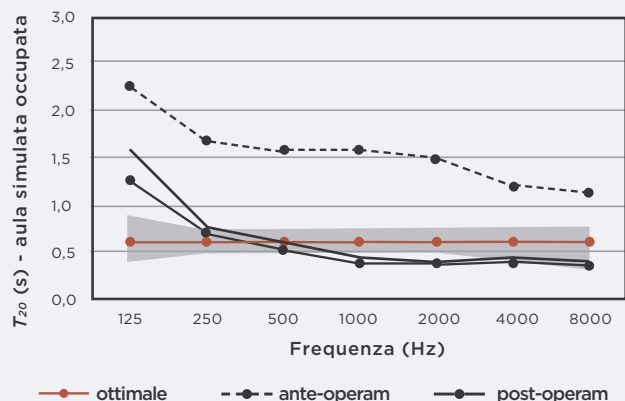


Figura 3.36 - Confronto tra ante-operam (calcolo) e post-operam (misura) del tempo di riverberazione ($T_{0, \text{acc}}$, s) in condizione di aula arredata e simulata occupata. L'area in grigio si riferisce all'intervallo di conformità, e la curva nera continua e sottile indica l'andamento in frequenza dell'incertezza estesa associata alla misura post-operam, entrambi calcolati in accordo alla UNI EN ISO 11532-2.

In sintesi, a seguito dell'intervento di correzione acustica il tempo di riverberazione misurato *post-operam* nelle condizioni di aula non occupata è risultato, come media in frequenza tra 250 Hz e 2000 Hz, pari a 0,61 s (*SD* 0,18 s). Considerando la condizione simulata occupata, il tempo di riverberazione misurato *post-operam* è risultato pari a 0,60 s (*SD* 0,34 s). Da ciò si evince dunque che i risultati

del collaudo siano adeguati sia in condizione di aula non occupata sia in condizione di aula occupata.

Per quanto riguarda la misurazione della chiarezza del parlato, non è stato possibile effettuare un confronto tra le condizioni *ante-* e *post-operam*. Tuttavia, la letteratura scientifica mostra che questo parametro risulti correlato negativamente e significativamente al tempo di riverberazione (ossia all'aumentare del tempo di riverberazione, la chiarezza diminuisce) e che dunque nella condizione *ante-operam* ci si potesse aspettare un valore di C_{50} inferiore al limite indicato come ottimale dalla UNI EN 11532-2, che è pari a 2 dB come media spaziale tra più posizioni, al fine di garantire le ottime condizioni di ascolto finalizzato all'apprendimento in aula.

Considerando la condizione di aula simulata occupata, i risultati mostrano che nell'intervallo 500-2000 Hz la C_{50} è sempre superiore a quella richiesta dalla norma. In particolare, la Tabella 3.6 riassume i valori misurati di C_{50} in bande di ottava e poi mediati nell'intervallo 500-2000 Hz, separatamente per ciascun ricevitore e che restituiscono come media spaziale un valore di 11,2 dB. Come richiesto dalla norma di riferimento, UNI EN 11532-2, a questo valore medio si associa una incertezza di misura U che, calcolata come prodotto tra il fattore di copertura k relativo all'intervallo di fiducia del 95% e lo scarto tipo di riproducibilità pari a 1 dB, risulta essere pari a 1,65 dB. Pertanto, il valore medio della C_{50} nell'ambiente, corretto dell'incertezza di misura U , equivale a 9,5 dB.

Tabella 3.6 - Chiarezza del parlato (C_{50} , dB) misurata *post-operam* nella condizione di aula simulata occupata.

	Frequenza [Hz]							Media 500-2000 Hz
	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Ricevitore 1 (prima fila)	2,3	5,4	11,2	14,7	16,4	17,6	19,7	14,1
Ricevitore 2 (fila centrale)	0,6	3,5	6,6	11,5	10,5	13,1	15,1	9,5
Ricevitore 3 (ultima fila)	0,8	7,4	6,5	12,9	10,4	11,6	12,9	10,0

Bibliografia essenziale

Hopkins C., Sound Insulation, Elsevier, 2007.

Spagnolo R. (a cura di), "Manuale di acustica applicata", Cittàstudi, 2008.

Crocker M.J., Price A.J., "Noise and noise control", vol. I, CRC, Cleveland, 1975.

Beranek L.L., "Acoustics," McGraw-Hill, 1993.

UNI EN ISO 354, Acustica - Misura dell'assorbimento acustico in camera riverberante.

UNI EN ISO 10534-2, Acustica - Determinazione del coefficiente di assorbimento acustico e dell'impedenza acustica in tubi di impedenza - Metodo della funzione di trasferimento

IMPIANTI

a cura di

Marco Carlo Masoero

e Alessandro Schiavi

Negli edifici residenziali e del terziario (uffici, ospedali, scuole, ecc.), gli impianti tecnologici rilevanti dal punto di vista delle emissioni acustiche sono tipicamente gli impianti di climatizzazione (riscaldamento, raffrescamento, ventilazione e condizionamento dell'aria), gli impianti idrosanitari e gli ascensori, tenendo presente che la criticità delle emissioni acustiche di un impianto va sempre riferita ai requisiti acustici degli spazi in cui tali impianti sono inseriti, anche in relazione al rumore residuo già presente in assenza del loro funzionamento.

Il rumore generato dal funzionamento degli impianti tecnologici all'interno degli edifici è dovuto ad una complessa combinazione ed interazione di processi di trasmissione e radiazione sonora per via aerea, per via strutturale e all'interno dei condotti e delle tubazioni. Il rumore percepito è principalmente causato dall'insieme di vibrazioni meccaniche dovute al funzionamento stesso dell'impianto e trasmesso negli ambienti attraverso i punti di appoggio e le giunzioni che lo ancorano alle strutture dell'edificio. Il rumore strutturale è altresì aggravato da componenti che si trasmettono per via puramente aerea e, nel caso di adduzione idrica, anche per "via liquida". Sono presenti quasi sempre componenti tonali, sia a bassa frequenza (rumore rombante) sia ad alta frequenza (rumore sibilante) e sono presenti, nel caso

di impianti a funzionamento discontinuo, componenti impulsive. Inoltre, la concomitanza del funzionamento di più sorgenti contemporaneamente, la molteplicità delle vie di propagazione, i possibili effetti di risonanza delle strutture e la presenza di effetti dovuti ad onde stazionarie, sono ulteriori elementi che concorrono al disturbo percepito.

Occorre preliminarmente sottolineare l'importanza del coordinamento fra progettazione impiantistica e progettazione architettonica, che andrebbero sviluppate congiuntamente per garantire i migliori risultati, anche dal punto di vista acustico. Due aspetti particolarmente critici sono:

- La collocazione e il corretto dimensionamento degli spazi che ospitano i macchinari più rumorosi, quali le centrali tecniche e di condizionamento e i locali macchine degli ascensori, che dovrebbero essere allontanati il più possibile dagli ambienti più sensibili al rumore.
- La predisposizione di adeguati volumi tecnici per il passaggio delle reti di distribuzione impiantistiche, sia in verticale (cavedi), sia in orizzontale (interpiani tecnici, intercapedini di controsoffitti, pavimenti sopraelevati, ecc.), condizione necessaria per ottimizzarne le prestazioni sia dal punto di vista termofluidodinamico, sia da quello acustico.

4.1.1. IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE

Gli impianti di climatizzazione possono essere autonomi o centralizzati. I sistemi autonomi sono costituiti da apparecchiature che integrano in un numero limitato di componenti tutte le funzioni richieste (produzione di caldo/freddo, trattamento dell'aria, ecc.). Tali dispositivi possono essere installati sia internamente agli spazi abitati, sia all'esterno su balconi o in vani tecnici dedicati. I sistemi centralizzati di climatizzazione sono tipicamente costituiti dalle centrali tecniche (centrali termiche, frigorifere, di cogenerazione, di pompaggio, di condizionamento dell'aria, ecc.), dalle reti di distribuzione dell'aria (reti aerauliche) e dell'acqua calda/refrigerata (reti idrauliche o idroniche), dai terminali di trattamento locale in ambiente (radiatori, pannelli radianti, ventilconvettori, aerotermi, unità interne di impianti a fluido refrigerante, detti anche "ad espansione diretta", ecc.), dai sistemi di regolazione / supervisione, dispositivi, perlopiù connessi in rete, che agiscono a livello centrale, di zona o di singolo ambiente. I componenti critici dal punto di vista acustico sono sicuramente tutte le apparecchiature di centrale (caldaie, bruciatori, pompe di calore, ecc.), le pompe di circolazione acqua, i ventilatori, i condotti e i diffusori dell'aria e i terminali in ambiente dotati di ventilatori. Per i componenti installati all'esterno (gruppi frigoriferi, torri di raffreddamento, unità esterne di sistemi a fluido refrigerante, torrioni di estrazione aria, ecc.), la propagazione sonora

avviene principalmente per via aerea e l'impatto acustico può riguardare sia l'edificio a cui l'impianto è asservito, sia l'ambiente circostante.

Nel caso degli impianti aeraulici (ventilazione e climatizzazione ad aria), oltre alla sorgente primaria di rumore rappresentata dal ventilatore, occorre considerare il contributo di sorgenti secondarie dovute al deflusso turbolento dell'aria nei condotti rettilinei e in corrispondenza di punti singolari, quali le curve, i raccordi, gli organi di regolazione e bilanciamento delle portate d'aria (serrande) e nei terminali (diffusori, bocchette, ecc.). Occorre inoltre considerare la possibilità che le reti impiantistiche, soprattutto quelle di ventilazione, possano determinare ponti acustici in corrispondenza dell'attraversamento di strutture edilizie, favorendo quindi la propagazione di rumore ambientale tra ambienti separati e talvolta tra unità immobiliari diverse.

Le emissioni acustiche dovute ai vari componenti degli impianti di climatizzazione coprono buona parte dello spettro udibile, come evidenziato in Figura 4.1: si va infatti dai fenomeni di vibrazione e rombo a bassa frequenza dovute a instabilità operative dei ventilatori, alle frequenze medie associate al funzionamento di pompe, unità a portata variabile (VAV) e refrigeratori d'acqua con compressori alternativi, centrifughi o a vite, fino alle frequenze più alte associate a sibilo nei diffusori d'aria.

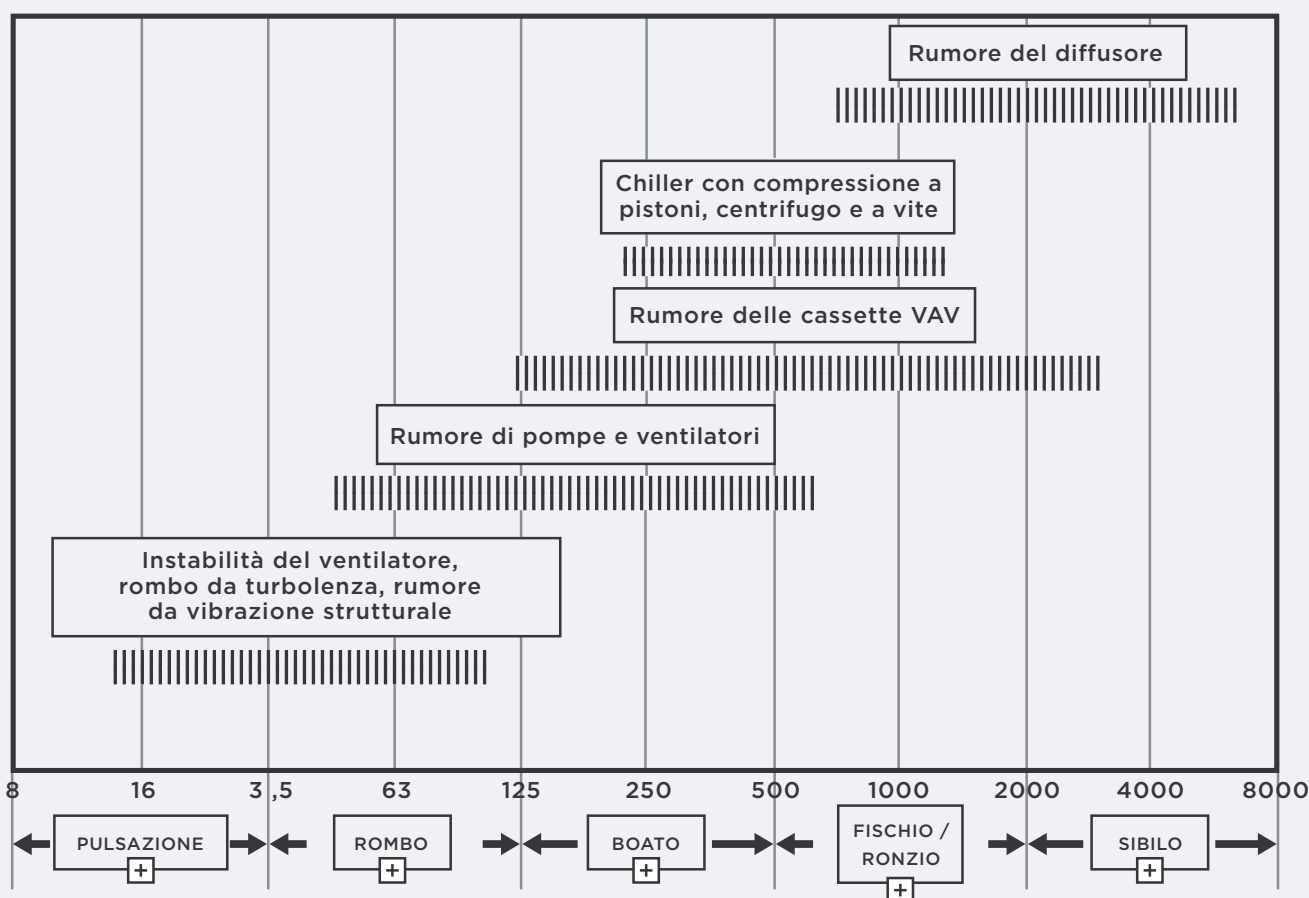


Figura 4.1 – Gamma di frequenza del rumore messo da vari componenti di impianto (tratto da ISO 3744:2011 e ISO 5136:2010, fonte www.ashrae.org).

Centrali tecniche

Per le centrali tecniche, gli aspetti a cui porre attenzione sono la scelta di apparecchiature a bassa emissione acustica, la localizzazione del locale di centrale all'interno dell'edificio, la presenza di aperture di ventilazione e il posizionamento e ancoraggio dei componenti che possono generare vibrazioni, con i relativi dispositivi di isolamento e smorzamento.

Nelle centrali termiche, le principali sorgenti acustiche sono i bruciatori ad aria soffiata, le caldaie, le canne fumarie e i gruppi di pompaggio. Gli interventi di insonorizzazione riguardano essenzialmente il bruciatore, per il quale è prevista l'applicazione di una "cuffia" fonoimpedente. Per le eventuali risonanze nelle canne fumarie di caldaie di grande taglia è consigliabile l'adozione di silenziatori. Le aperture di ventilazione sono necessarie nelle centrali termiche, sia per alimentare un'adeguata portata di aria comburente ai generatori di calore, sia per permettere l'evacuazione dei fumi nel caso di incendio. Tali aperture possono essere insonorizzate dotandole di silenziatori a setti fonoassorbenti, oppure creando delle trappole acustiche (Figura 4.2). Nel terziario sono presenti centrali termofrigorifere che ospitano anche (o esclusivamente) refrigeratori d'acqua/pompe di calore, equipaggiati di compressori frigoriferi ad azionamento elettrico, per produrre l'acqua refrigerata/calda a servizio degli impianti di climatizzazione estiva/invernale e le centrali di condizionamento, che ospitano le unità di trattamento aria (UTA). Tutti i macchinari che generano vibrazioni devono essere montati su supporti antivibranti in grado di tagliare le minime frequenze di vibrazione generate dal dispositivo. Cura deve essere posta inoltre nel realizzare gli staffaggi delle tubazioni alle strutture edilizie di centrale e nell'attraversamento delle murature.

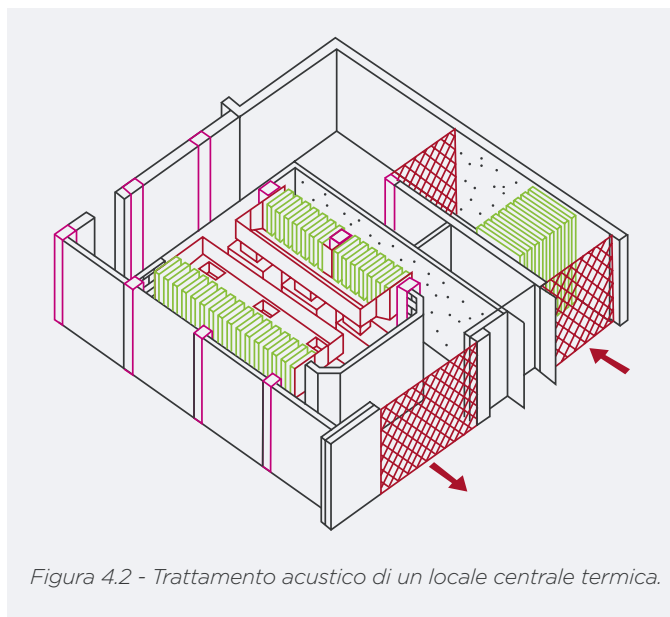


Figura 4.2 - Trattamento acustico di un locale centrale termica.

Per le apparecchiature di centrale collocate in spazi esterni, particolare cura va posta nella scelta della posizione di installazione, che dovrà tenere conto di una serie di requisiti talvolta in conflitto fra di loro. I refrigeratori d'acqua condensati ad aria e le torri di raffreddamento necessitano di spazi aperti per consentire un adeguato valore della portata dell'aria coinvolta nei processi di scambio termico: gli eventuali schermi acustici devono quindi avere caratteristiche costruttive ed essere dimensionati e installati in modo da non pregiudicare il movimento dell'aria; parimenti occorre prevedere adeguate distanze per consentire un facile accesso alle macchine in caso di manutenzione. Nel valutare le emissioni acustiche verso i ricettori circostanti, occorre tenere conto del contributo delle riflessioni da parte delle pareti prossime alle apparecchiature, soprattutto se costituite da materiali riflettenti. Qualora si ravvisino situazioni critiche di impatto acustico, è raccomandata la scelta di unità silenziate, presenti nei cataloghi dei principali costruttori di gruppi frigoriferi, pompe di calore e torri di raffreddamento. Tali macchine presentano accorgimenti costruttivi mirati a isolare le due principali sorgenti di rumore, ovvero il compressore frigorifero e i ventilatori di raffreddamento del condensatore, attraverso opportune schermature fonoimpedenti o silenziatori.

4.1.2. IMPIANTI AERULICI

Gli impianti aerulici sono di tre tipi: impianti con trattamento centralizzato della portata d'aria totale (detti anche "impianti a tutt'aria"), impianti con trattamento centrale della sola aria esterna di rinnovo e trattamento finale locale (detti anche "impianti misti") e impianti con solo trattamento locale. Negli impianti a tutt'aria, si demanda all'aria trattata centralmente dall'UTA il controllo sia delle condizioni termo-igrometriche dell'ambiente (temperatura e umidità relativa) sia dei parametri di qualità dell'aria (attraverso il ricambio e la filtrazione). La portata d'aria elaborata comprende in genere una quota di aria esterna di rinnovo e una quota di aria di ricircolo, salvo i casi in cui questo sia esplicitamente vietato

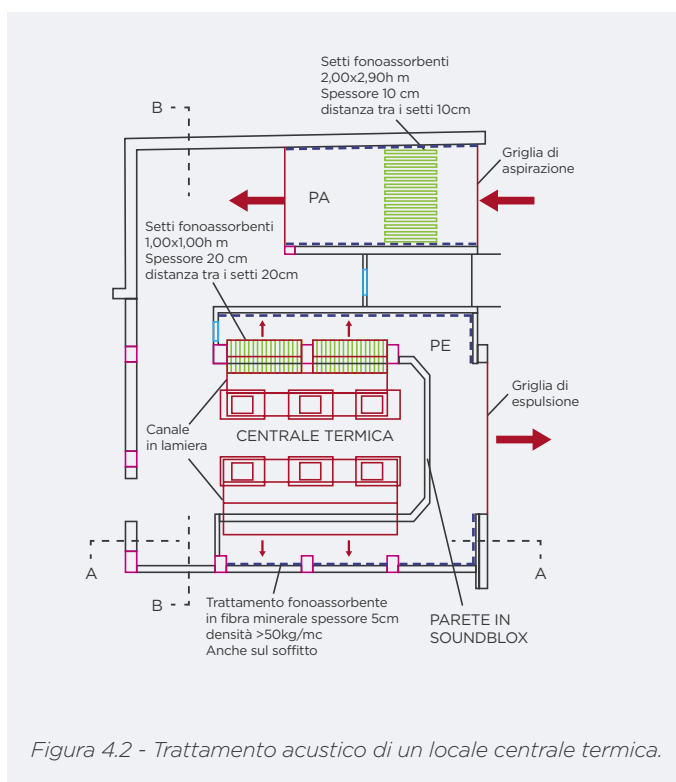


Figura 4.2 - Trattamento acustico di un locale centrale termica.

dalle normative (è il caso degli ospedali in Italia). Negli impianti misti, l'UTA tratta sola aria esterna per controllare l'umidità relativa e la qualità dell'aria, mentre il controllo di temperatura è demandato alle unità terminali poste in ambiente. Negli impianti con solo trattamento locale, il ricambio d'aria e il controllo di temperatura ambiente sono gestiti direttamente dalle unità terminali: si tratta quindi di una soluzione più semplice delle precedenti dal punto di vista della realizzazione e dei costi iniziali, in quanto non prevede né le UTA, né le reti aerauliche.

Nei primi due casi la gestione del comfort interno (temperatura, umidità, qualità dell'aria) risulta più efficace e permette di monitorare contemporaneamente più ambienti. Mentre gli impianti con solo trattamento locale sono limitati ad una gestione puntuale per singolo ambiente/stanza nonché meno conveniente dal punto di vista estetico.

Negli impianti a tutt'aria o misti sono generalmente presenti due ventilatori:

- Il ventilatore di mandata che preleva l'aria dall'esterno (o da una sezione di miscela, nel caso di impianti con ricircolo), la fa passare attraverso i vari stadi di riscaldamento/raffrescamento, umidificazione/deumidificazione e filtrazione, presenti nell'UTA, e la invia alla rete di mandata.
- Il ventilatore di ripresa, collegato alla rete di estrazione dell'aria dai vari ambienti, che espelle infine l'aria esausta all'esterno; in molti casi, fra sezione di mandata e sezione di ripresa dell'UTA è inserito un recuperatore di energia termica, che ha lo scopo di ridurre il fabbisogno energetico dovuto al trattamento termoigrometrico dell'aria di rinnovo.

Gli impianti a tutt'aria sono generalmente utilizzati in ambienti a elevato tasso di occupazione, quali cinema, teatri, sale conferenze, aule universitarie, supermercati e impianti sportivi, nonché nei casi in cui è necessario garantire un controllo spinto della contaminazione dell'aria (ospedali, camere bianche, ecc.). Per questi impianti la portata d'aria è generalmente determinata in base ai carichi termici e assume valori tipicamente compresi fra 3 e 8 volumi/ora, di cui 1-2 volumi di aria esterna e i restanti di aria di ricircolo dell'aria ambiente. Valori di portata ancora più alti (tipicamente 12-15 vol/h) sono richiesti, ad esempio, in ambienti ospedalieri ad elevata intensità di cura, quali i reparti operatori o di terapia intensiva.

Gli impianti misti sono invece utilizzati soprattutto dove sia necessario regolare agevolmente le condizioni termoigrometriche di ciascun ambiente, come ad esempio negli uffici e negli alberghi. Negli impianti misti l'aria trattata è tutta aria esterna e viene indicata come "aria primaria"; la portata di aria primaria è calcolata in base alle esigenze di ricambio e di controllo di umidità, con valori tipici di 1-2 volumi/ora; le unità di trattamento locale trattano l'aria ambiente (detta anche "aria secondaria") in ricircolo locale e sono tipicamente dimensionati per coprire il carico termico sensibile ambiente. Tali unità sono perlopiù costituite da terminali ad acqua (ad esempio i ventilconvettori), nel qual caso questi impianti sono denominati "impianti misti

aria-acqua". In alternativa, i terminali locali possono essere costituiti da unità a pompa di calore del tipo ad espansione diretta, in cui il trattamento termico dell'aria secondaria è realizzato attraverso uno scambiatore aria-fluido refrigerante, in cui avviene l'evaporazione (in raffrescamento) o la condensazione (in riscaldamento) del fluido che opera il ciclo termodinamico.

Gli impianti con solo trattamento locale possono essere pensati come una versione semplificata degli impianti misti. Essi non prevedono il trattamento centrale dell'aria di rinnovo, che è gestita direttamente dalle unità terminali. Le varianti più semplici di tali impianti (quali i classici e ormai desueti condizionatori da finestra, o i ventilconvettori con presa di aria esterna) non sono però in grado di garantire un controllo preciso delle condizioni termoigrometriche e della qualità dell'aria.

Per impostare correttamente la progettazione acustica di un impianto aeraulico occorre considerare tutte le modalità di generazione del rumore nei sistemi di trattamento e distribuzione dell'aria e valutare la trasmissione di energia vibroacustica per via solida e per via aerea.

La sorgente primaria è costituita dal ventilatore: parte della potenza acustica prodotta è irradiata direttamente dalla cassa del ventilatore, parte è trasmessa alla rete aeraulica. Le sorgenti secondarie sono dovute principalmente al deflusso dell'aria nei condotti e, in misura minore, alla trasmissione sonora attraverso le pareti dei condotti. Il ventilatore, come tutte le macchine rotanti, genera nel funzionamento vibrazioni, che possono propagarsi alle strutture edilizie e alla rete aeraulica.

L'intervento più semplice consiste nel ridurre la trasmissione delle vibrazioni generate dalla rotazione del ventilatore. Nel caso delle UTA il gruppo motore-ventilatore è montato su un telaio di supporto, che deve sempre essere collegato alla struttura dell'UTA tramite supporti antivibranti. È inoltre consigliabile che la stessa UTA, così come le unità di sola ventilazione, siano disaccoppiate dalle strutture sottostanti con l'interposizione di uno strato di materiale resiliente. Un altro accorgimento consigliato è di realizzare il collegamento fra ventilatore e condotti aeraulici attraverso un giunto elastico, costituito ad esempio da un tessuto impermeabile all'aria, al fine di evitare che le vibrazioni generate dalla rotazione del ventilatore siano trasmesse al condotto.

La potenza sonora globale emessa dal ventilatore, ove non disponibile fra i dati di catalogo, può essere calcolata in funzione dei parametri operativi del ventilatore (pressione statica e portata), come sarà illustrato nel successivo paragrafo sui modelli di calcolo.

Osservando lo spettro tipico di un ventilatore in banda fine si evidenzia la presenza di due componenti: una componente a banda larga di origine aerodinamica, su cui sono sovrapposte le componenti tonali dovute alle frequenze caratteristiche della macchina: frequenza di rotazione e frequenza di paletta con le relative armoniche (Figura 4.3).

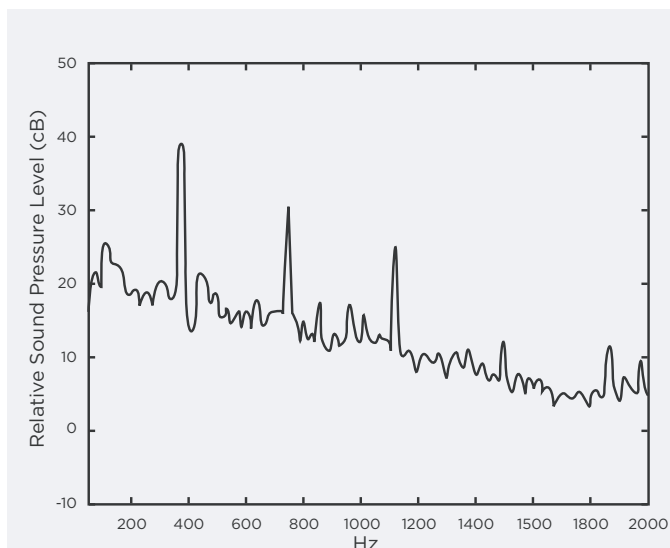


Figura 4.3 - Esempio di spettro in frequenza del rumore emesso da un ventilatore.

Buona parte della potenza sonora emessa dal ventilatore si propaga nel condotto aeraulico, che agisce da guida d'onda: i fronti d'onda sono piani e quindi, nel caso di condotti non trattati acusticamente, non si ha una significativa attenuazione dell'intensità sonora con la distanza dalla sorgente. Per ridurre l'entità della potenza trasmessa al condotto è prassi installare, a valle della bocca di mandata del ventilatore (o di aspirazione, nel caso del condotto di ripresa), dispositivi, detti silenziatori, che possono operare secondo due distinte modalità.

I silenziatori reattivi agiscono sull'accoppiamento di impedenza fra condotto ed ambiente, in modo da minimizzare la quota di potenza sonora trasmessa. L'esempio più semplice di silenziatore reattivo è la cosiddetta camera di espansione (su questo principio si basa, ad esempio, la marmitta di scarico dei motori a combustione interna) che è sostanzialmente costituita da un tratto di sezione S_2 maggiorata rispetto alla sezione S_1 del condotto principale; il coefficiente di trasmissione t della camera di espansione risulta:

$$t = 4n / (n + 1)^2 \quad [-] \quad (4.1)$$

dove $n = S_2 / S_1$.

Un'altra soluzione di risonatore reattivo consiste nel realizzare due condotti concentrici, separati da una parete in lamiera forata: l'accoppiamento tra lamiera forata e volume compreso tra cilindro interno ed esterno agisce da risonatore di Helmholtz realizzando l'abbattimento della potenza sonora trasmessa attorno alla frequenza propria di risonanza.

I silenziatori dissipativi sono costituiti da tratti di condotto rivestiti di materiale fonoassorbente poroso: le onde sonore che si propagano entro al condotto interagiscono con il materiale che realizza una parziale dissipazione per porosità della potenza sonora trasportata, soprattutto alle frequenze medio-alte. L'attenuazione acustica di un silenziatore dissipativo, intesa come rapporto fra potenza trasmessa e incidente, è data dall'equazione:

$$R = \frac{a^{1,4} PL}{0,08A} \quad [-] \quad (4.2)$$

dove:

A = area della sezione retta del silenziatore [m^2]

P = perimetro della sezione retta del silenziatore [m]

L = lunghezza del silenziatore [m]

a = coefficiente di assorbimento del materiale [-]

Alcuni esempi di silenziatori sono illustrati in Figura 4.4. Quelli a sezione rettangolare sono costituiti da una serie di setti in lamiera metallica forata riempiti con materiale fonoassorbente poroso; quello per sezione circolare è sostanzialmente un tratto di condotto realizzato con lamiera forata interna, strato intermedio con eventuale presenza di materiale fonoassorbente e lamiera di finitura esterna.

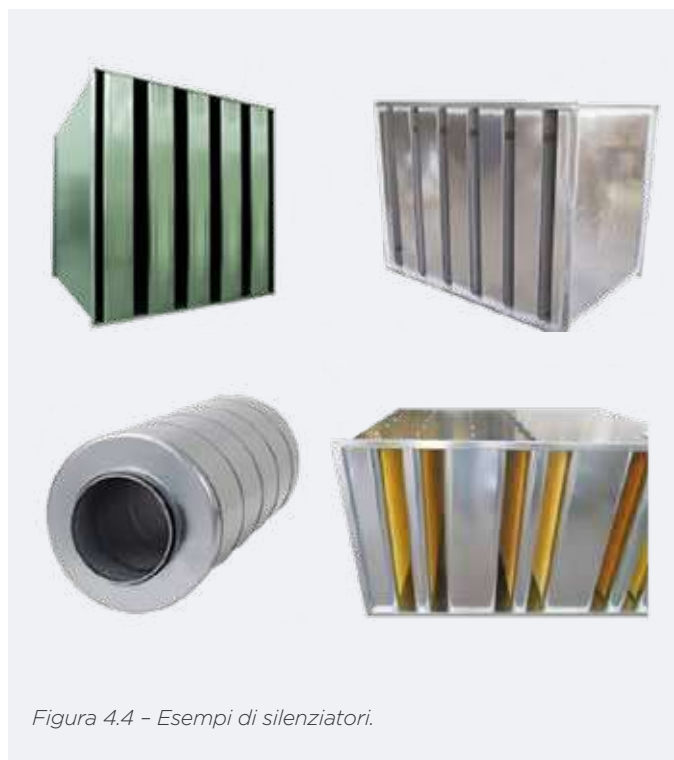


Figura 4.4 - Esempi di silenziatori.

La rete di distribuzione dell'aria è sede di ulteriori fenomeni acustici, che possono essere altrettanto importanti della generazione iniziale dovuta al ventilatore. Ci riferiamo in particolare ai fenomeni di rigenerazione del rumore aerodinamico, dovuti ai deflussi turbolenti che si verificano in particolare in punti singolari del condotto quali curve, diramazioni, serrande e diffusori. Per limitare tali fenomeni è importante agire su due fronti, ovvero limitare la velocità di deflusso dell'aria nei condotti e curare sia il tracciato della rete, sia la realizzazione dei suddetti elementi singolari.

Per intervenire sulla velocità dell'aria è comune aumentare la sezione della condotta.

Per avere un'idea di quanto influisca sull'emissione acustica la velocità dell'aria, si consideri che una riduzione di velocità del 20% determina una diminuzione del livello di rumore dell'ordine di 5 dB, e di circa 8 dB se la riduzione di velocità è del 30%.

Riguardo al tracciato della rete, sono da preferire curve ad ampio raggio e sono da evitare le strozzature troppo accentuate e le brusche variazioni di sezione, che andrebbero piuttosto realizzate con raccordi progressivi, da prevedere anche in corrispondenza delle diramazioni. Merita osservare che un corretto disegno della rete aeraulica consente di migliorarne non solo le prestazioni acustiche, ma anche quelle energetiche. Le perdite di pressione causate dalla turbolenza nei punti singolari della rete, infatti, oltre a causare emissione di rumore aerodinamico, determinano un incremento della pressione statica richiesta al ventilatore e in conseguenza della potenza assorbita dal motore.

La Tabella 4.1 riporta i valori massimi consigliati di velocità nei vari rami della rete. Occorre innanzitutto rilevare che, nota la portata in volume dell'aria Q (m^3/s) in ciascun ramo, la velocità media dell'aria nel condotto v (m/s) deriva dalla ben nota equazione di continuità:

$$v = Q / A \quad [\text{m/s}] \quad (4.3)$$

dove A è l'area (m^2) della sezione trasversale del condotto. È quindi possibile limitare la velocità dell'aria adottando un'adeguata sezione di condotto, compatibilmente con i limiti di ingombro. Da questa considerazione emerge la necessità del coordinamento fra progettisti architettonico, termotecnico

e acustico fin dalla fase di impostazione iniziale del progetto: un adeguato dimensionamento dei volumi tecnici, dei cavedi e dei controsoffitti sono infatti condizioni essenziali per il corretto funzionamento degli impianti con evidenti ripercussioni sulle prestazioni termotecniche, energetiche ed acustiche, nonché sulla possibilità di una efficace manutenzione dei vari componenti di impianto. Nel caso di reti posate in cavedi verticali o nell'intercapedine di controsoffitti, dove gli spazi disponibili sono limitati, si utilizzano condotti di sezione rettangolare, avendo cura di adottare, nei limiti del possibile, sezioni con rapporto fra i lati non superiori a 4:1.

Dai valori in Tabella 4.1 emerge che è buona prassi, nella rete di mandata, prevedere valori di velocità decrescenti mano che si procede dal ramo principale (quello direttamente accoppiato all'UTA) verso i rami secondari e i rami terminali a cui sono collegati i diffusori. Analogamente, per la rete di estrazione, le velocità saranno crescenti dai rami periferici procedendo verso il ramo principale collegato alla sezione di ripresa dell'UTA. Questa scelta ha una duplice utilità: riduce il rischio di emissione di rumore aerodinamico nei rami più vicini ai diffusori e quindi agli spazi occupati e realizza un andamento della pressione statica nella rete più favorevole per un corretto bilanciamento delle portate ai terminali.

Tabella 4.1 – Valori massimi consigliati di velocità dell'aria (m/s) nelle reti di mandata (adattato da De Santoli & Mancini, 2017).

Utenza	Residenziale	Terziario	Industriale
Presa aria esterna	2,5	2,5	2,5
Bocca premente ventilatore	7	8	10
Condotto principale	4	6	8
Condotti secondari	3	4	5
Tronchi terminali	2,5	3	4

Un ulteriore accorgimento che si può adottare per migliorare le prestazioni dei diffusori e ridurre l'immissione di potenza acustica in ambiente è dotare il diffusore stesso di un plenum, ovvero di un volume in cui l'aria proveniente dal condotto riduce la propria velocità trasformando la pressione dinamica in pressione statica. Il plenum, così come il tratto terminale del condotto, può essere rivestito di materiale fonoassorbente.

Un aspetto critico nel controllo del rumore degli impianti aeraulici è la possibilità che i condotti dell'aria che servono più ambienti possano favorire la trasmissione del rumore, creando così dei ponti acustici. Questo fenomeno, denominato "cross talk", può interessare anche ambienti non adiacenti. Al fine di evitare questi inconvenienti è quindi necessario studiare attentamente il percorso dei condotti in sede di progetto, evitando ad esempio percorsi che attraversino in serie ambienti sensibili e privilegiando la posa dei condotti in locali secondari, quali i corridoi, da cui si possono diramare gli stacchi verso gli ambienti serviti (vedi Figura 4.5). Un problema particolarmente comune è rappresentato dai condotti

collettivi di estrazione dell'aria viziata a cui sono collegate, ai vari piani, le bocchette o le valvole di aspirazione delle cucine e dei bagni ciechi di unità immobiliari distinte.

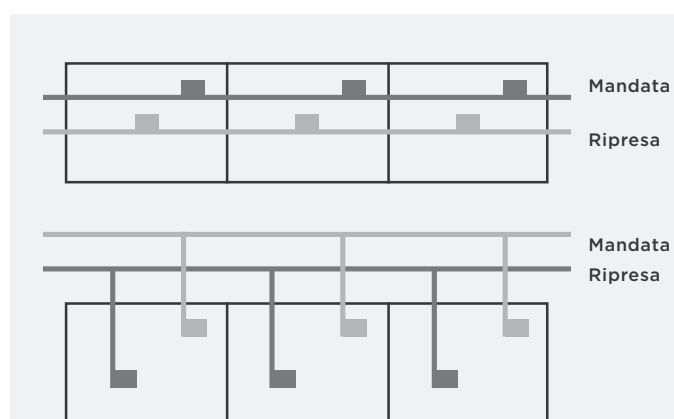


Figura 4.5 – Soluzione sconsigliata (in alto) e consigliata (in basso) per reti aerauliche di mandata e ripresa al fine di evitare fenomeni di "cross-talk" (tratto da Astolfi & Garai, 2017).

Nell'analisi della propagazione del rumore nel condotto bisogna considerare anche il fatto che le pareti del condotto non sono perfettamente fonoisolanti: una quota della potenza acustica presente nel condotto potrà quindi essere trasmessa all'esterno attraverso le pareti medesime.

La trasmissione laterale attraverso i condotti si riduce incrementando il potere fonoisolante del condotto stesso, ad esempio applicando un rivestimento esterno e una fasciatura con una certa massa. Per ridurre le trasmissioni per via solida si devono adottare connessioni elastiche, con interposizione di materiali smorzanti. È importante inoltre che le canalizzazioni siano ospitate nell'intercapedine di cavedi e controsoffitti continui e che in questi siano presenti strati di materiale fonoassorbente.

Scelta della tipologia costruttiva per le reti aerauliche

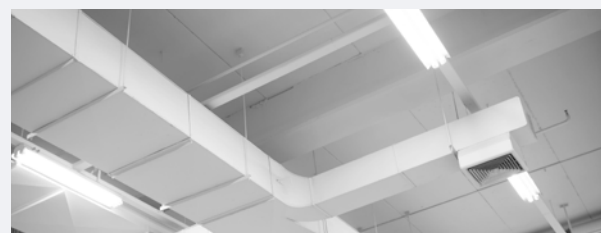
Le tipologie costruttive per i condotti di distribuzione dell'aria sono essenzialmente tre, come si evince dalla Figura 4.6.

- La condotta metallica che, per migliorare la resa acustica ed evitare perdite termiche, può essere isolata esternamente con materiale in lana minerale (come nel caso preso in esame).
- La condotta preisolata e autoportante realizzata a partire da pannelli in materiale schiumoso (PIR/PUR).
- La condotta preisolata autoportante realizzata a partire da pannelli in lana di vetro Isover CLIMAVER A2 neto.

Dal punto di vista delle prestazioni acustiche le tre tipologie si caratterizzano in termini di potere fonoisolante e di assorbimento acustico, da cui deriva una più o meno apprezzabile attenuazione del livello di pressione sonora per unità di lunghezza. La Figura 4.7, riferita a un condotto rettangolare di sezione 300x400 mm, fornisce per le tre suddette tipologie i valori di coefficiente di assorbimento acustico α e di attenuazione (dB/5 m) nelle bande di ottava comprese fra 125 Hz e 2 kHz.



Canale metallico isolato esternamente



Canale PIR/PUR



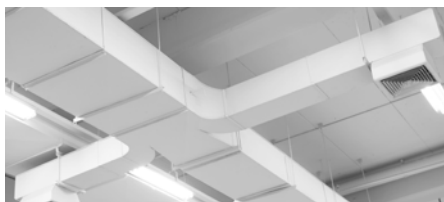
Canale Isover CLIMAVER®

Figura 4.6 – Principali tipologie costruttive per condotte aerauliche, in lamiera metallica con isolamento esterno, in pannelli di poliuretano espanso rigido, in pannelli di lana di vetro.



Canale metallico isolato esternamente

[Hz]	125	250	500	1000	2000
Assorbimento acustico (α)	0,03	0,03	0,05	0,05	0,03
ΔL (dB/5m)	0,5	0,5	1	1	0,5



Condotta autoportante PUR

[Hz]	125	250	500	1000	2000
Assorbimento acustico (α)	0,02	0,01	0,02	0,13	0,19
ΔL (dB/5m)	0,5	0,5	1	1	0,5



Condotta autoportante Isover CLIMAVER® A2 neto

[Hz]	125	250	500	1000	2000
Assorbimento acustico (α)	0,025	0,6	0,65	0,95	01
ΔL (dB/5m)	8,8	29	33	57	61

Figura 4.7 – Principali proprietà acustiche delle tipologie di condotti di cui alla Figura 4.6.

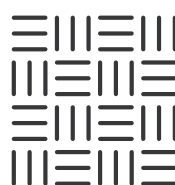
Si noti come il valore di attenuazione ottenuto con la soluzione Isover CLIMAVER A2 neto sia confrontabile con quello offerto da un silenziatore classico dissipativo, con il vantaggio di evitare perdite di pressione dell'ordine di svariate decine di pascal.

Tale risultato è dovuto alla struttura costruttiva del prodotto, in cui l'assorbimento acustico è realizzato con uno strato in lana di vetro rivestito sulla faccia interna da tessuto fibroso a struttura porosa acusticamente trasparente (Figura 4.8).

Isover CLIMAVER® A2 neto



Rivestimento interno: tessuto acustico "neto"



In un canale Isover **CLIMAVER® A2 neto** l'assorbimento acustico è massimizzato grazie alla **POROSITÀ** del tessuto acustico neto posto sulla faccia interna del pannello.

Core: lana di vetro

In un canale Isover **CLIMAVER®** l'assorbimento acustico avviene grazie alla **CARATTERISTICHE INTRINSECHE** del materiale costituente: la lana di vetro. Come tutti i prodotti a **celle aperte**, la lana di vetro contribuisce ad assorbire il rumore. Al contrario, **tutti i materiali a celle chiuse non contribuiscono** ma anzi ostacolano questo importante fenomeno.

Figura 4.8 - Caratteristiche costruttive del condotto CLIMAVER® A2 neto.

Le caratteristiche che definiscono le proprietà acustiche della lana di vetro sono:

- resistenza al flusso d'aria, r [$\text{kPa} \cdot \text{s}/\text{m}^2$]
- rigidità dinamica, s' [MN/m^3]
- assorbimento acustico, α_s (adimensionale)

La resistenza al flusso d'aria, è un parametro utile per la stima dell'assorbimento acustico e degli eventuali flussi interni di convezione nel materiale isolante. Si tratta di una caratteristica intrinseca a tutti i materiali in lana minerale ed è la capacità di ridurre la trasmissione dell'energia acustica, diminuendo la velocità del suono all'interno del materiale:

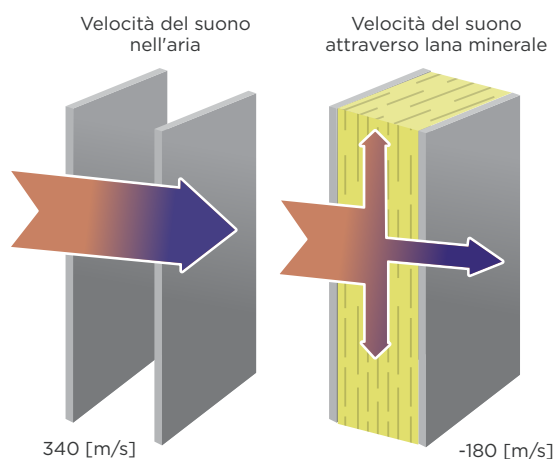


Figura 4.9 - Resistenza al flusso d'aria.

La rigidità dinamica è la capacità della lana minerale di agire come una molla, assorbendo rumore e vibrazioni.

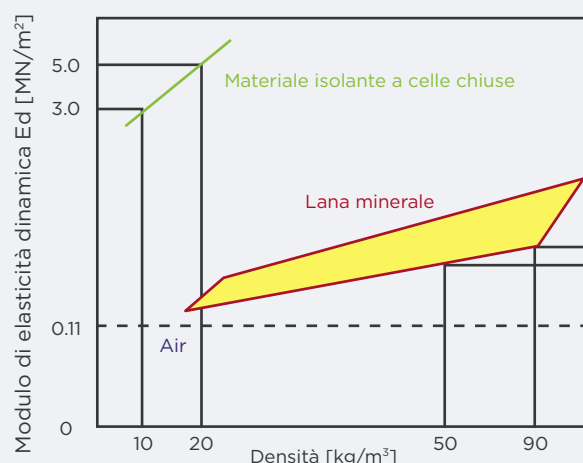


Figura 4.10 - Rigidità dinamica.

Questa caratteristica rende la condotta in lana di vetro efficace nell'evitare la trasmissione di tutti quei rumori generati da vibrazioni che possono propagarsi, ad esempio dal ventilatore, attraverso la rete aeraulica, alle strutture edilizie. Con l'utilizzo di questa soluzione è addirittura possibile evitare l'applicazione di antivibranti velocizzando e semplificando l'installazione.

Le condotte realizzate in materiale a cellule chiuse (metalliche e preisolate in PIR/PUR), essendo materiali rigidi, trasmettono energia vibroacustica. Bisognerà prestare particolare attenzione non solo alla fase progettuale ma anche a quella installativa che dovrà essere accuratamente rifinita e prevede l'uso di antivibranti e soluzioni di smorzamento delle vibrazioni.

L'assorbimento acustico è quel fenomeno per cui parte dell'energia acustica che colpisce una superficie viene assorbita trasformandosi in calore. Pertanto, α rappresenta la quantità di energia incidente che tale materiale è in grado di assorbire; è adimensionale e in materiali porosi come la lana di vetro dipende da vari parametri:

- Resistenza al flusso d'aria
- Frequenza sonora
- Porosità (volume dell'aria/volume totale)
- Tortuosità (geometria della struttura del materiale)
- Spessore

Guardando al caso specifico delle condotte aerauliche, quando l'onda sonora incontra la parete interna della condotta si presentano i seguenti fenomeni:

- una parte dell'energia incidente viene riflessa e continuerà a scorrere all'interno della condotta,
- una parte viene assorbita e trasformata in calore,
- ed una parte trasmessa verso l'esterno della condotta.

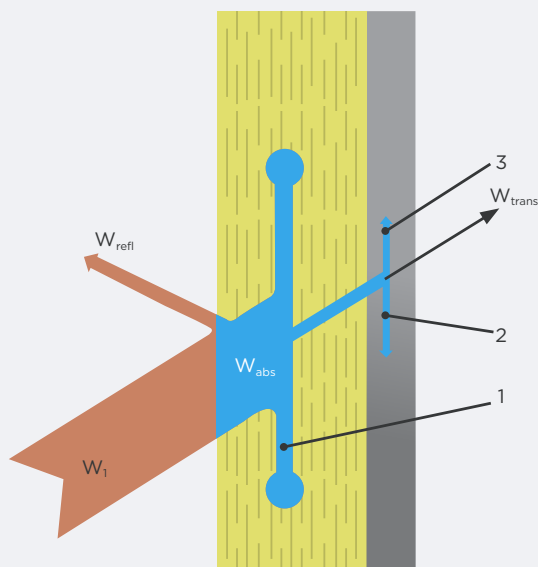


Figura 4.11 - Riflessione, assorbimento e trasmissione del suono.

Per ottenere il maggior comfort acustico in ambiente sarà necessario preferire una condotta fatta di materiale poroso e a cellule aperte capace di massimizzare l'assorbimento dell'energia sonora.

Le tre caratteristiche appena descritte spiegano i motivi che determinano gli ottimi risultati del test acustico presentato nelle tabelle di Fig 4.7.

Terminali di impianti misti e impianti con solo trattamento locale

I terminali degli impianti misti o con solo trattamento locale sono classificati in base alle modalità con cui realizzano il trasferimento di calore fra fluido termovettore (acqua calda/refrigerata nei sistemi idronici o fluido di lavoro nei sistemi a pompa di calore) e ambiente climatizzato. Le tipologie che sfruttano la convezione naturale e l'irraggiamento (radiatori, convettori, pannelli radianti a soffitto / parete / pavimento, travi fredde passive, ecc.) non hanno emissioni acustiche significative, salvo che in condizioni di funzionamento anomalo per presenza di cavitazione, bolle di gas, valvole eccessivamente strozzate, ecc.

Attenzione va invece posta ai sistemi che sfruttano la convezione forzata, quali i ventilconvettori (detti anche fan-coil), le unità interne di sistemi a pompa di calore tipo split, gli aerotermini, gli induttori e le travi fredde attive. Nel caso di ventilconvettori e aerotermini, il movimento dell'aria è attuato con ventilatori a velocità variabile: l'emissione acustica può quindi essere limitata riducendo la velocità di rotazione del ventilatore, fatto che riduce ovviamente la potenza termica scambiata e modifica il pattern di distribuzione dell'aria. Nel caso degli induttori e delle travi fredde attive, il movimento dell'aria ambiente è "indotto" da getti di aria primaria che, provenienti dalla rete di distribuzione, alimentano l'unità terminale dotata di ugelli di adeguata conformazione: non si ha quindi possibilità di agire sui meccanismi di emissione di rumore aerodinamico, che è comunque molto limitata grazie all'accurata qualità progettuale e costruttiva di tali dispositivi.

Reti di distribuzione dell'acqua calda / refrigerata

Il rumore che si origina dalla rete idraulica, che consiste nel sistema di tubazioni che porta l'acqua calda e/o refrigerata ai terminali d'impianto è quasi sempre generato da pompe che inducono la circolazione forzata. Il disturbo acustico aereo è quasi sempre limitato, mentre per limitare quello strutturale è opportuno adottare connettori flessibili e supporti antivibranti.

Per le tubazioni, che possono considerarsi sorgenti secondarie, occorre ridurre la velocità dell'acqua, adottare supporti elastici e rivestimenti resilienti come Isover U Tech Pipe Section MT 4.0 e U Protect Pipe Section Alu2. Il corretto dimensionamento delle valvole ridurrà rumori di cavitazione, vibrazioni e fischi.

Modelli di calcolo semplificati per impianti aeraulici

Si riportano nel seguito alcuni modelli di calcolo semplificati per impianti aeraulici, utili per la valutazione del rumore trasmesso dal ventilatore all'ambiente servito dall'impianto.

Il livello della potenza sonora emessa dal ventilatore, L_w , può essere calcolato in funzione della potenza elettrica del motore (kW), della pressione statica sviluppata dal ventilatore P (Pa) e della portata d'aria Q_a (m^3/s), tramite le seguenti relazioni:

$$L_w = 67 + 10\log(kW) + 10\log P \quad [\text{dB}] \quad (4.4)$$

$$L_w = 41 + 10\log(Q_a) + 20\log P \quad [\text{dB}] \quad (4.5)$$

$$L_w = 94 + 20\log(kW) + 10\log Q_a \quad [\text{dB}] \quad (4.6)$$

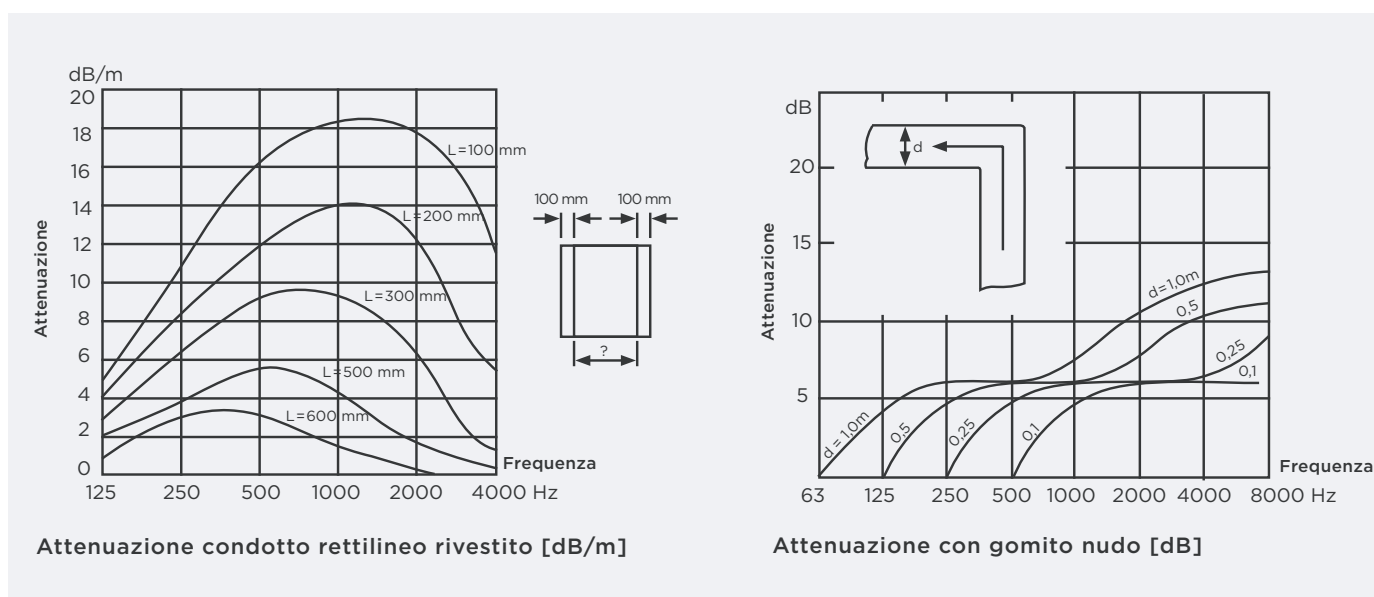
Il corrispondente spettro per bande di ottava può essere stimato applicando alla potenza sonora globale i fattori correttivi riportati in Tabella 4.2.

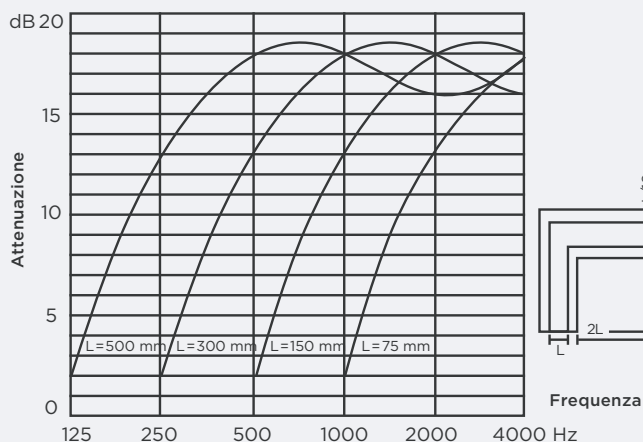
Tabella 4.2 - Fattori correttivi per la determinazione dello spettro in bande di ottava di un ventilatore.

	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Centrifughi (pale curve rovesce)	-4	-6	-9	-11	-13	-16	-19	-22
Centrifughi (pale curve avanti)	-2	-6	-13	-18	-19	-22	-25	-30
Centrifughi (pale radiali dritte)	-3	-5	-11	-12	-15	-20	-23	-26
Assiali	-7	-9	-7	-7	-8	-11	-16	-18
Flusso Misto	-4	-5	-8	-8	-13	-15	-21	-27

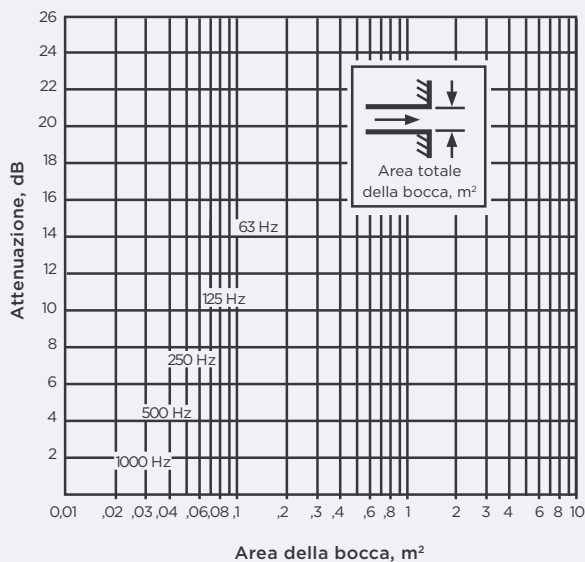
Noto il livello di potenza sonora prodotto dal ventilatore, bisogna calcolare la quota che raggiunge l'ambiente tenendo conto dell'attenuazione che si verifica nei tratti rettilinei, nelle curve e raccordi, nelle diramazioni, nei terminali e negli eventuali plenum. L'attenuazione è trascurabile nel caso di tratti rettilinei di condotti non rivestiti e nel caso di variazioni di direzione raccordate (curve, gomiti con alette deflettrici). Nel caso di diramazioni, si

può ritenere che la potenza acustica associata al condotto principale si ripartisca fra i rami secondari in quote proporzionali alle portate d'aria. L'attenuazione alle varie frequenze in corrispondenza di tratti di condotto rivestiti con materiale fonoassorbente [dB/m], di gomiti nudi o rivestiti [dB], di diramazioni [dB] e all'uscita/sbocco del condotto [dB] può essere stimato con i diagrammi riportati in Figura 4.12.

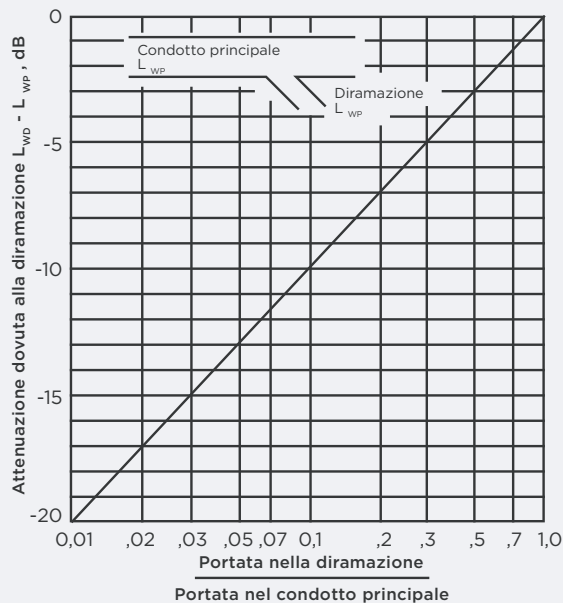




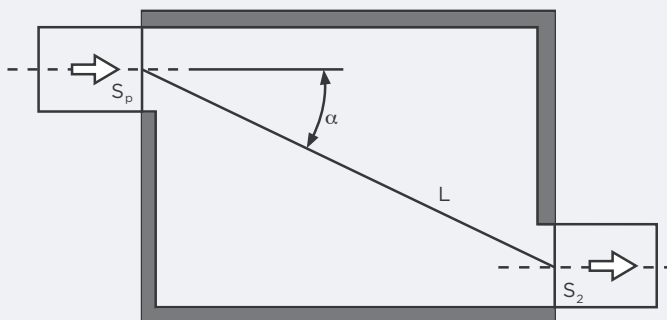
Attenuazione gomito rivestito [dB]



Attenuazione all'uscita/sbocco [dB]



Attenuazione dovuta alla diramazione [dB]



Dimensioni del plenum per calcolo attenuazione

Figura 4.12 - Attenuazione alle varie frequenze in corrispondenza diversi tratti e punti singolari (gomiti, diramazioni, sbocchi) di condotto; dimensioni caratteristiche del plenum.

In presenza di plenum, il livello di potenza sonora subisce un'attenuazione, A , valutabile con la seguente equazione:

$$A = L_{w1} - L_{w2} = -10 \log \left[S_2 \left(\frac{\cos \alpha}{2\pi L^2} + \frac{1}{R} \right) \right] \quad (4.7)$$

In cui (v. Figura 4.12):

S_2 è l'area della bocca di uscita [m²];

L è la distanza tra i centri delle bocche d'ingresso e di uscita [m];

α è l'angolo formato dalla linea che unisce i centri delle bocche d'ingresso e di uscita;

R è la costante d'ambiente del plenum, $R = S_p a_m / (1 - a_m)$ (m²),

a_m è il coefficiente di assorbimento acustico medio (-),

S_p è la superficie totale interna del plenum (m²)

Si passa quindi a considerare le sfuggite laterali, ovvero la potenza sonora che viene trasmessa attraverso la parete del condotto, che può essere calcolata con la seguente equazione:

$$L_{w,lat} = L_{wc} - R_c + 10 \log \frac{S_p}{S_c} \quad [\text{dB}] \quad (4.8)$$

In cui:

L_{wc} è il livello di potenza sonora medio all'interno del condotto [dB]

R_c è il potere fonoisolante della parete del condotto [dB]

S_p è l'area della parete del condotto [m²]

S_c è l'area della sezione del condotto [m²]

Esempio di calcolo

Si consideri la rete di distribuzione di un semplice impianto di climatizzazione ad aria, le cui caratteristiche sono riassunte nello schema di Figura 4.13, in cui sono rappresentati anche i diagrammi e le formule utilizzate nei calcoli. Il condotto è a sezione circolare costante, di diametro pari a 0,6 m.

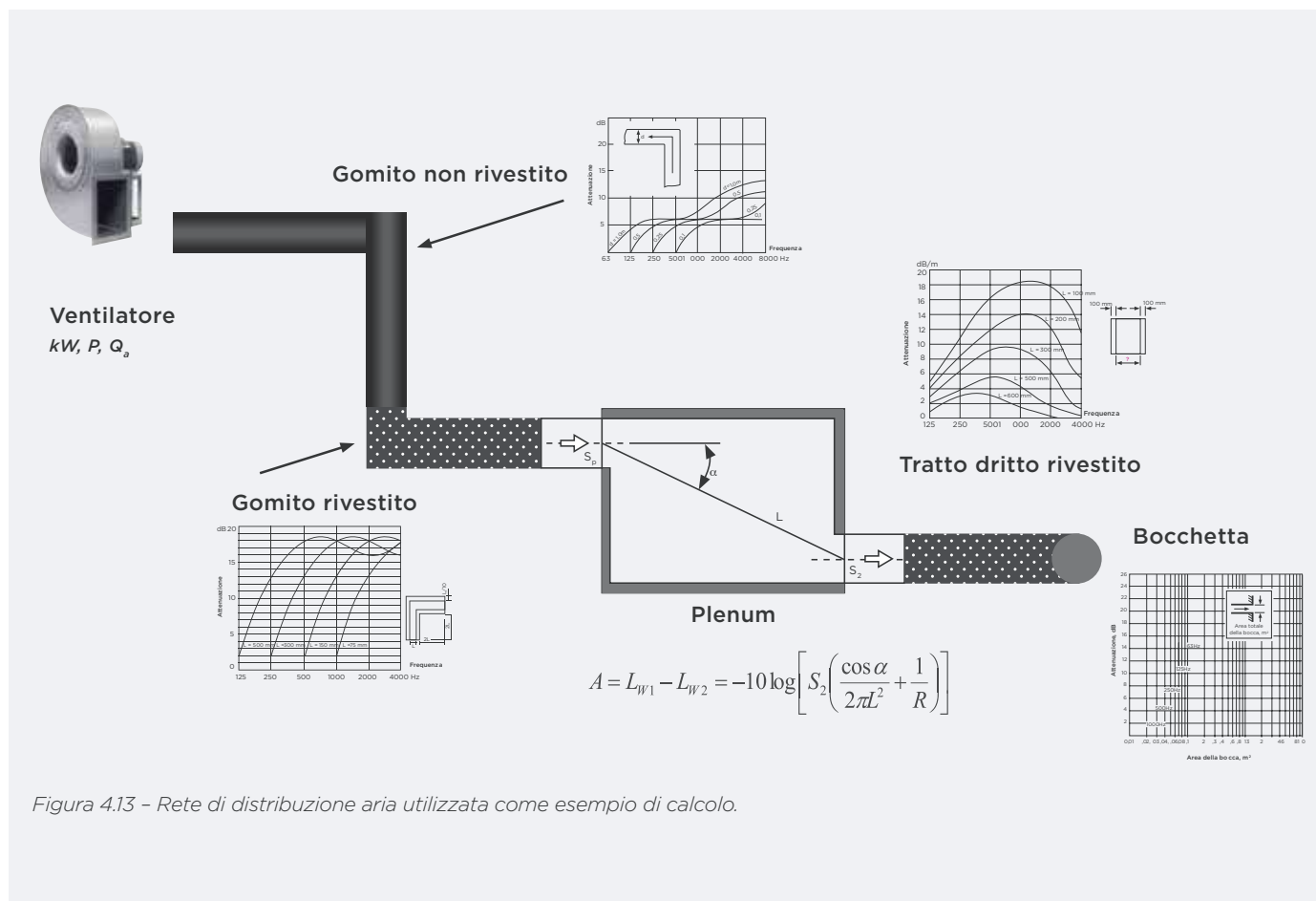


Figura 4.13 – Rete di distribuzione aria utilizzata come esempio di calcolo.

Il ventilatore di mandata, del tipo centrifugo a pale rovesce, ha le seguenti caratteristiche:

- Portata $Q_a = 10000 \text{ m}^3/\text{h}$ ($2,77 \text{ m}^3/\text{s}$)
- Pressione statica $P = 200 \text{ Pa}$
- Potenza elettrica 3 kW .

a) Calcolo potenza sonora emessa dal ventilatore:

$$L_w = 67 + 10 \log kW + 10 \log P = 67 + 10 \log 3 + 10 \log 200 = 95,7 \text{ dB} \quad (4.9)$$

	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Fattori di correzione	-4	-6	-9	-11	-13	-16	-19	-22
Livello di banda dB	91,7	89,7	86,7	84,7	82,7	79,7	76,7	73,7

b) Calcolo attenuazione plenum:

$$A = L_1 - L_2 = -10 \log \left[S_2 \left(\frac{\cos \alpha}{2 L^2} + \frac{1}{R} \right) \right] \quad [\text{dB}] \quad (4.10)$$

Con:

$$S_2 = 1,33 \text{ m}^2$$

$$S_p = 0,54 \text{ m}^2$$

$$L = 0,5 \text{ m}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$R = 1,33 \text{ m}^2 \text{ (assumendo un coefficiente di assorbimento medio } a_m \text{ pari a } 0,7)$$

$$A = -10 \log \{ 1,13 [\cos 30^\circ / (2\pi \cdot 0,5^2) + 1/1,33] \} = 0,2 \text{ dB}$$

c) Determinazione dei termini di attenuazione della rete aria (si trascurano le sfuggite laterali)

	63	125	250	500	1k	2k	4k
Livello di banda ventilatore dB (centrifugo pale curve rovesce)	91,7	89,7	86,7	84,7	82,7	79,7	76,7
Attenuazione gomito non rivestito	0	0	4,8	6	6	7,5	11
Attenuazione gomito rivestito	2	13	18	18	16	18	20
Attenuazione Plenum	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Attenuazione tratto dritto rivestito	1	3	3,5	1,7	0	0	0
Bocchetta (S = 1,13 m ²)	5	2	0	0	0	0	0
Livello di banda immesso [dB]	83,5	71,5	60,2	58,8	60,5	54	45,5
Fattori di pesatura A	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1,1
Livello di banda immesso [dBA]	57,3	55,4	51,6	55,6	60,5	55,2	46,6

d) Calcolo del livello di potenza globale immesso e del livello di pressione sonora in ambiente

Il livello di potenza globale (ponderato A) immesso in ambiente si ottiene dalla somma logaritmica dei livelli di banda riportati nell'ultima riga della precedente tabella, da cui:

$$L_{w,immesso} = 64,6 \text{ dB (A)} \quad (4.11)$$

Si suppone ora che la portata d'aria di 10.000 m³/h sia inviata a un ambiente di volume V = 4200 m³ (dimensioni in pianta 35 m x 20 m, altezza 6 m) e tempo di riverberazione $T_{60} = 1$ s.

L'area di assorbimento equivalente dell'ambiente è pari a:

$$A = 0,161 \, V / T_{60} = 676 \text{ m}^2 \quad (4.12)$$

Considerando che la superficie totale che delimita l'ambiente di volume V è:

$$S = 2 \cdot 35 \cdot 20 + 2 \cdot (35 + 20) \cdot 6 = 2060 \text{ m}^2 \quad (4.13)$$

Si può ricavare il valore medio del coefficiente di assorbimento delle pareti, che risulta:

$$\alpha_m = 676 / 2060 = 0,33 \quad (4.14)$$

Il livello di pressione sonora in ambiente, ipotizzando campo diffuso, è dato da:

$$L_p = L_w - 10 \log A + 6 = 64,6 - 10 \log (676) + 6 = 64,6 - 28,3 + 6 = 42,3 \text{ dB} \quad (4.15)$$

Per riportare il livello di pressione sonora al di sotto del limite di 25 dB(A) previsto dal D.P.C.M. 5/12/1997 sarebbe quindi necessario prevedere un silenziatore che determini una riduzione del livello di potenza acustica immesso nel condotto almeno pari a: $42,3 - 25 = 17,3 \text{ dB(A)}$

Ovviamente il calcolo sopra riportato va inteso come di prima approssimazione, sia perché trascura alcuni meccanismi di propagazione del rumore, sia perché fa riferimento ai solo livelli globali ponderati A. I vari calcoli, compreso il dimensionamento del silenziatore, dovrebbero invece essere svolti per bande di frequenza, tenendo conto del valore delle proprietà acustiche (coefficiente di assorbimento delle pareti, attenuazione del silenziatore) alle diverse frequenze.

4.1.3. IMPIANTI IDROSANITARI

Gli impianti idrosanitari possono essere una fonte di disturbo da rumore molto significativo per gli occupanti di un edificio. Negli edifici civili, gli impianti idrosanitari comprendono le reti di adduzione di acqua potabile calda/fredda ai bagni e alle cucine e le reti di scarico delle acque reflue.

Negli edifici di maggiore dimensione e complessità, in particolare nel caso in cui sia necessario garantire con elevati livelli di affidabilità la continuità del servizio di erogazione di acqua potabile (si pensi ad esempio agli ospedali), l'impianto richiede la presenza di una vera e propria centrale idrica, interconnessa con l'acquedotto municipale, in cui saranno presenti i serbatoi di accumulo dell'acqua potabile e, ove necessari, i sistemi di pressurizzazione della rete di distribuzione dell'acqua potabile. La produzione e distribuzione dell'acqua calda sanitaria (ACS) viene realizzata con apparecchiature (ad es. accumuli con scambiatore integrato, generatori di calore e collettori solari termici, pompe di circolazione nei sistemi con ricircolo, ecc.) che sono parte integrante della centrale termica.

In sede di progettazione architettonica, la disposizione dei locali acusticamente ottimale dal punto di vista dell'impatto da rumore generato dagli impianti idrosanitari si ottiene rispettando le seguenti raccomandazioni (AIA, 2017):

- Disposizione concentrata dei servizi igienici;
- Sovrapposizione in pianta dei servizi a piani diversi;
- Disposizione centrale dei cavedi e dei vani tecnici nell'area occupata dai servizi igienici;
- Realizzazione delle pareti divisorie tra servizi igienici e locali sensibili al rumore con strutture di adeguato potere fonoisolante (massa areica maggiore di 200 kg/m²) e prive di dotazioni impiantistiche (ad esempio scarichi di WC).

Nella realizzazione degli impianti idrosanitari devono essere adottate tutte le cautele suggerite dalla regola dell'arte con riferimento al dimensionamento e posa delle tubazioni di adduzione, di curve, raccordi, valvole di bilanciamenti e re-

golazione, della rete di scarico, ecc., al fine di limitare sia la generazione di rumore da parte di fenomeni quali la turbolenza, la cavitazione e il colpo d'ariete, sia la propagazione per via solida attraverso le strutture (Oliario, 2017).

Per limitare la generazione di rumore idrodinamico occorre innanzitutto ridurre la velocità dell'acqua nei tubi e curare il tracciato della rete, limitando per quanto possibile le curve a raggio ridotto e prevedendo, a monte e a valle di variazione di diametro o organi che possano generare turbolenza, tratti rettilinei di adeguata lunghezza che consentano al flusso d'acqua di regolarizzarsi. Il corretto dimensionamento delle valvole ridurrà rumori di cavitazione, vibrazioni e fischi. Per limitare gli effetti del colpo d'ariete, ovvero del picco di pressione causato dai transitori di avviamento delle pompe, è necessario disporre nella rete dispositivi quali vasi di espansione e ammortizzatori, consigliabili anche per evitare possibili danni ai componenti della rete stessa. L'impiego di rubinetteria di nuova generazione per i servizi idrico-sanitari, come i miscelatori, dotati di un sistema di regolazione che riduce fortemente le turbolenze dell'acqua in uscita, favorisce una significativa riduzione delle vibrazioni trasmesse alle tubazioni e alle strutture connesse.

Per ridurre l'emissione acustica per via aerea è necessario utilizzare tubi di massa adeguata ed è consigliabile il rivestimento dei tubi con materiali resilienti come Isover U Tech Pipe Section MT 4.0 e U Protect Pipe Section Alu2, soluzione peraltro necessaria per limitare le dispersioni termiche nel caso di distribuzione di acqua calda o refrigerata, così come per evitare la formazione di condensa superficiale nelle giornate caldo-umide sulla parete esterna dei tubi di adduzione di acqua potabile fredda.

La trasmissione del rumore solido può essere ridotta adottando accorgimenti quali la posa dei tubi di adduzione dell'acqua e di scarico in cavedi impiantistici acusticamente trattati, l'utilizzo di collari di supporto delle tubazioni di tipo antivibrante (rivestiti internamente con materiale visco-elastico), l'inserimento di materiale elastico tra tubazioni e attraversamenti murari. Due esempi di corretta posa di tubazioni di scarico sono riportati in Figura 4.14.

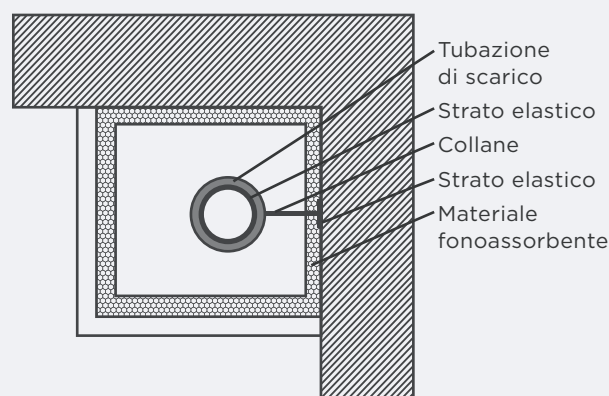
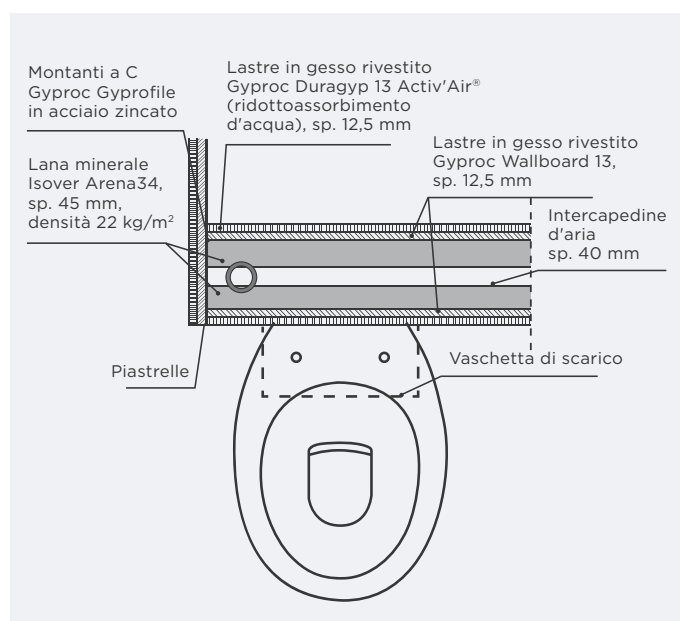


Figura 4.14 - Realizzazione dello scarico del WC con tamponamenti in cartongesso (a sinistra) e di una colonna di scarico in cavedio insonorizzato (a destra).

4.1.4. ASCENSORI

Per quanto riguarda gli ascensori, le possibili sorgenti di rumore sono la sala macchine e le vie di corsa della cabina, che possono trasmettere vibrazioni al vano ascensore e, da questo, alle abitazioni. Tra le due tipologie di ascensori esistenti sul mercato, oleodinamici e a fune, i primi determinano una minore emissione sonora, dovuta essenzialmente alla presenza della centralina il cui gruppo motore-compressore opera solo in fase di salita, al contrario di quanto accade nei secondi in cui l'organo elettrico opera in tutte le fasi di funzionamento. Le componenti motrici degli ascensori devono essere poste in un apposito locale, isolato nei confronti della trasmissione per via aerea e per via solida, prevedendo pareti e porte di adeguato potere fonoisolante. Al fine di evitare la generazione di fenomeni vibroacustici, si devono prevedere basamenti inerziali e idonei supporti antivibranti. Per gli ascensori privi di locale macchina sono normalmente utilizzati argani più piccoli e compatti che però possono dare origine a livelli di rumore piuttosto elevati. In tali tipi di ascensori potrebbe essere particolarmente critico il problema della trasmissione delle vibrazioni alle strutture. A questo proposito sarà quindi importante prevedere elementi resilienti in corrispondenza del fissaggio delle vie di corsa. Dovrà infine essere prestata attenzione anche ai dispositivi di apertura e di chiusura delle porte al piano.

4.2. RIFERIMENTI NORMATIVI PER IL RUMORE DEGLI IMPIANTI

Nell'ambito della legislazione nazionale, il rumore degli impianti tecnici è disciplinato da due decreti attuativi della Legge quadro sull'inquinamento acustico: il D.P.C.M. 14/11/1997, Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore, che riguarda l'impatto acustico degli impianti verso l'ambiente circostante, e il D.P.C.M. 5/12/1997, Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici, che considera il disturbo da rumore impiantistico all'interno dell'edificio che li ospita.

In presenza di impianti che emettono potenza sonora nell'ambiente esterno, è necessario verificare il rispetto dei limiti di emissione e di immissione fissati dal citato D.P.C.M. 14/11/97, per il periodo di riferimento diurno (6-22) e notturno (22-6) per ciascuna delle sei classi di destinazione d'uso utilizzate per la classificazione acustica del territorio comunale. Il livello sonoro limite di emissione è relativo alle singole sorgenti sonore fisse ed è rilevato, in corrispondenza degli spazi utilizzati da persone e comunità, in prossimità della sorgente sonora stessa, mentre il livello sonoro limite di immissione è riferito al rumore immesso nell'ambiente esterno dall'insieme di tutte le sorgenti, ed è misurato in prossimità dei ricettori. Per gli impianti tecnici, in quanto sorgenti sonore fisse, è richiesta inoltre la verifica del limite differenziale di immissione diurno e notturno all'interno delle abitazioni.

Il rumore degli impianti è trattato dal D.P.C.M. 5/12/1997 che determina i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici ed i requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti in opera al fine di ridurre l'esposizione umana. Per la valutazione della rumorosità degli impianti il decreto distingue i servizi a funzionamento continuo (riscaldamento, condizionamento e ventilazione) dai servizi a funzionamento discontinuo (ascensori, scarichi idraulici, bagni, servizi igienici e rubinetteria). Per tutte le categorie di edifici considerati, il decreto stabilisce, per i servizi a funzionamento continuo, il limite di 25 dB(A) per il livello di pressione sonora equivalente ponderata A, L_{Aeq} , e il limite di 35 dB(A) per il livello massimo di pressione sonora ponderata A con costante di tempo slow, L_{ASmax} , per i servizi a funzionamento discontinuo. Le misure di collaudo si effettuano secondo la norma UNI EN ISO 16032:2005. La norma descrive un metodo per la misurazione del livello di pressione sonora di impianti tecnici installati nelle strutture edili, in particolare impianti sanitari, di ventilazione meccanica, impianti di riscaldamento e raffreddamento, ascensori, caldaie, pompe, portoni e cancelli elettrici. Si applica ad ambienti fino a 300 m³ come appartamenti, alberghi, scuole, uffici ed ospedali; non si applica a grandi auditorium o sale di concerto (UNI EN ISO 16032).

Il D.P.C.M. 5/12/1997 prescrive che "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". Pertanto, sono escluse dalla valutazione sorgenti, quali i ventilconvettori, gli aerotermini e le bocchette di ventilazione, in quanto da essi si origina rumore in ambiente. Ad esempio, se il rumore è dovuto ad un ventilatore che si propaga attraverso le canalizzazioni e al passaggio dell'aria attraverso una bocchetta, si dovrebbe considerare solo il rumore del ventilatore e non quello della bocchetta in ambiente. La ratio di tale decreto è dunque la seguente: nella progettazione acustica dell'edificio occorre garantire un adeguato grado di isolamento acustico fra i locali tecnici in cui è generato il rumore impiantistico e gli ambienti riceventi, fermo restando che andranno privilegiate scelte progettuali mirate alla riduzione dell'emissione acustica alla sorgente (componenti intrinsecamente silenziosi) e alla collocazione dei locali tecnici rispetto agli ambienti più sensibili alle immissioni di rumore (ad es. le camere da letto).

Per il collaudo acustico di impianti che presentano terminali all'interno dell'ambiente disturbato, situazione per la quale non si applicano i limiti del D.P.C.M. 5/12/1997, la norma di riferimento è la UNI 8199:2016. La norma definisce le linee guida contrattuali per la verifica dei livelli di pressione sonora, indotti da impianti tecnici e componenti tecnologici di impianto a funzionamento continuo e discontinuo, esclusivamente negli ambienti serviti dagli stessi. Descrive inoltre le procedure di misurazione del livello di pressione sonora e di caratterizzazione acustica degli ambienti serviti ai fini della verifica dei riferimenti contrattuali. I metodi di misura si applicano agli impianti a funzionamento continuo e/o discontinuo il cui ciclo operativo di riferimento è definito in sede contrattuale ovvero, in mancanza di questi riferimenti, è descritto nell'appendice B della citata UNI EN ISO 16032:2005.

L'Appendice B (informativa) della UNI 8199 elenca i principali criteri e i metodi di valutazione e confronto del livello di rumore indotto dagli impianti negli edifici, presenti nella letteratura scientifica e nella normativa tecnica di settore, fra cui hanno particolare interesse i seguenti:

- Livello globale di pressione sonora ponderato A (incluso il livello di impianto). È il criterio più semplice, consigliato in fase di screening; utilizza il livello equivalente continuo, che è il descrittore acustico previsto dal D.P.C.M. 5/12/1997 per i servizi a funzionamento continuo.
- Differenza dei livelli globali di pressione sonora ponderati C e ponderati A: tale differenza permette di valutare con un parametro mononumerico l'eventuale sbilanciamento della distribuzione in frequenza dei livelli sonori e di evidenziare i contenuti a bassa frequenza.
- Curve di valutazione e confronto delle componenti spettrali del rumore.

Tale approccio è descritto in dettaglio dalla norma ANSI/ASA S12.2 Criteria for Evaluating Room Noise. Tale norma illustra diversi metodi che si basano sul confronto dello spettro del livello di pressione sonora, misurato nell'ambiente di verifica e con l'impianto in condizioni di riferimento, con famiglie di curve associate ciascuna ad un indicatore mononumerico. I diversi metodi differiscono per le caratteristiche delle curve di confronto (intervallo di frequenze, pendenza, ecc.) e sono stati sviluppati per valutare l'influenza del rumore degli impianti aereali sulla comunicazione verbale. Alcuni di questi metodi consentono di valutare la probabilità che l'emissione sonora degli impianti aereali a bassa frequenza possa produrre fenomeni di rumorosità indotta dalla vibrazione delle strutture leggere adiacenti le componenti tecnologiche d'impianto.

Per valutare le componenti spettrali in bande di ottava con un descrittore mononumerico, la norma raccomanda l'uso delle curve NC, tranne nel caso in cui siano presenti, nelle bande a bassa frequenza, livelli elevati e soggetti a fluttuazioni significative, caso in cui la norma raccomanda di utilizzare le curve RNC. I valori caratteristici delle curve NC e un esempio di applicazione grafica del criterio sono indicati rispettivamente nella Tabella 4.3 e in Figura 4.15.

Tabella 4.3 - Livelli di banda d'ottava (arrotondati al dB) per le curve NC, tratto da [ANSI/ASA S12.2]

	16	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	5000
NC - 70	90	90	84	79	75	72	71	70	68	68
NC - 65	90	88	80	75	71	69	65	64	63	62
NC - 60	90	85	77	71	66	63	60	59	58	57
NC - 55	89	82	74	67	62	58	56	54	53	52
NC - 50	87	79	71	64	58	54	51	49	48	47
NC - 45	85	76	67	60	54	49	46	44	43	42
NC - 40	84	74	64	56	50	44	41	39	38	37
NC - 35	82	71	60	52	45	40	36	34	33	32
NC - 30	81	68	57	48	41	35	32	29	28	27
NC - 25	80	65	54	44	37	31	27	24	22	22
NC - 20	79	63	50	40	33	26	22	20	17	16
NC - 15	78	61	47	36	28	22	18	14	12	11

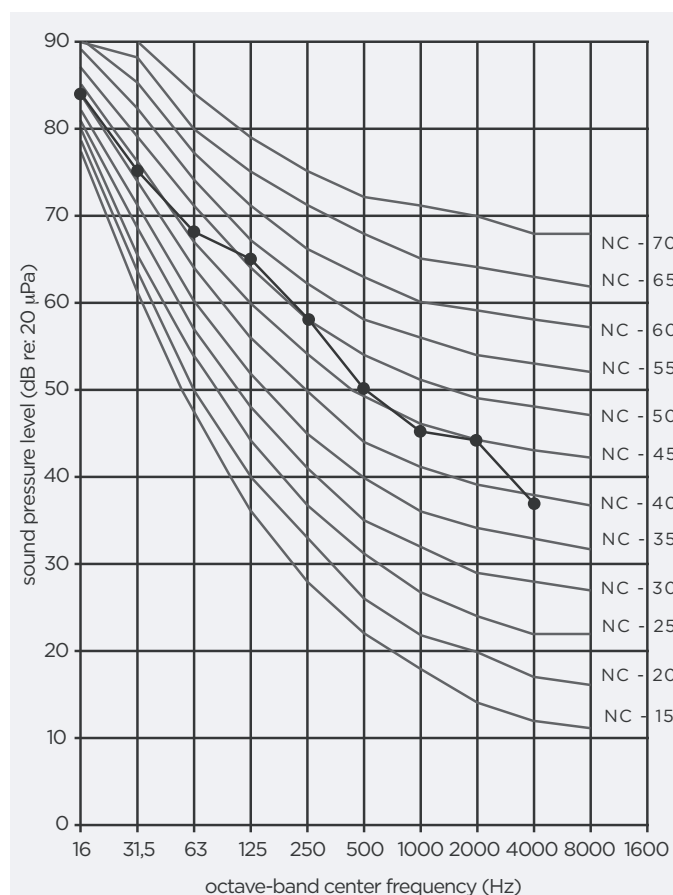


Figura 4.15 - Curve NC (Noise Criteria Curves), tratto da [ANSI/ASA S12.2]. Lo spettro per bande di ottava dell'esempio fornisce il risultato NC-51, che è la curva NC più alta "toccata" dallo spettro in bande d'ottava misurato; nell'esempio tale condizione si verifica a 125 Hz, dove il livello spettrale è pari a 65 dB.

4.3. IL MODELLO DI CALCOLO INTEGRATO DELLA NORMA UNI EN 12354-5

La Norma UNI EN 12354-5 citata nel paragrafo 2.2 presenta un dettagliato modello di calcolo che consente di quantificare il livello di pressione sonora negli ambienti degli edifici, generato dal funzionamento di tutte le tipologie di impianti tecnologici, come installazioni idrosanitarie, ventilazione meccanica, riscaldamento e raffreddamento, attrezzature di servizio, ascensori, scivoli per rifiuti, caldaie, scambiatori, pompe ed altre attrezzature di servizio ausiliario, come cancelli, tapparelle automatici, o altre apparecchiature collegate o installate negli edifici. Questo modello analitico rappresenta un interessante approccio integrato alla valutazione del rumore degli impianti tecnologici, perché computa l'insieme degli effetti di generazione sonora di tali sorgenti, ne definisce i meccanismi di propagazione attraverso le molteplici vie di trasmissione, fino ad identificare i processi di radiazione sonora, in funzione delle caratteristiche degli ambienti e delle strutture in cui gli impianti sono installati.

Nella sintesi qui presentata si propone un approccio generale e qualitativo per la valutazione del rumore degli impianti tecnologici nel suo complesso: le grandezze fisiche e meccaniche costitutive del modello sono analizzate e discusse al fine di fornire alcune indicazioni di immediata utilità pratica, unitamente ad alcuni esempi di calcolo semplificati a scopo dimostrativo. L'effettiva applicabilità e le limitazioni del modello di calcolo, basato principalmente su dati misurati delle sorgenti di rumore e delle caratteristiche degli edifici, sono raccolte e descritte in dettaglio nel documento normativo UNI EN 12354-5, al quale si rimanda per ogni specifico riferimento.

In fase di collaudo acustico è molto difficile (e sovente impossibile) correggere una situazione critica. È quindi necessario, in fase di progetto, disporre di strumenti e soluzioni che permettano di prevedere e ridurre i livelli di rumore di specifici impianti nelle abitazioni. Attraverso l'analisi e l' semplificazione delle grandezze fisiche e meccaniche raccolte nel modello di calcolo integrato della Norma UNI EN 12354-5, è possibile individuare le cause che concorrono alla generazione del rumore degli impianti tecnologici e quindi identificare le possibili strategie per la riduzione del disturbo da rumore attraverso le strutture e gli ambienti degli edifici. Alcune proprietà degli elementi di impianto e delle strutture di supporto introdotti nel modello, sono poco usuali in ambito acustico, come la mobilità meccanica delle sorgenti o la potenza sonora per via strutturale; tuttavia la sintesi qualitativa qui proposta ha l'obiettivo di ricondurre queste grandezze all'ambito applicativo, fornendo alcune indicazioni generali di utilità pratica per l'ingegneria.

Il modello di calcolo integrato definisce il livello di pressione sonora normalizzato L_n , dovuto all'azione combinata di molteplici e differenti sorgenti di rumore, alle tipologie di installazione, alle proprietà acustiche degli ambienti di ricezione ed alle caratteristiche strutturali degli elementi dell'edificio, tramite la seguente relazione:

$$L_n = 10 \log \left[\sum_{i=1}^m 10^{L_{n,d,i}/10} + \sum_{j=1}^n 10^{L_{n,a,j}/10} + \sum_{k=1}^o 10^{L_{n,s,k}/10} \right] \quad [\text{dB}] \quad (4.16)$$

dove:

$L_{n,d,i}$ = livello di pressione sonora normalizzato dovuto alla trasmissione attraverso le condutture, per le n sorgenti i [dB];

$L_{n,a,j}$ = livello di pressione sonora normalizzato dovuto alla trasmissione di rumore aereo attraverso le strutture dell'edificio, per le m sorgente j [dB];

$L_{n,s,k}$ = livello di pressione sonora normalizzato dovuto alla trasmissione di rumore strutturale attraverso le strutture dell'edificio, per le o sorgenti k [dB].

Il livello complessivo L_n è da intendersi come il livello di rumore effettivamente percepito all'interno di un ambiente dell'edificio, dovuto all'insieme delle n , m e o sorgenti ed alla relativa combinazione ed interazione. Il modello può essere utilizzato anche per la valutazione dei contributi delle singole sorgenti separatamente.

4.3.1. IL LIVELLO DI RUMORE TRASMESSO ATTRAVERSO I CONDOTTI E LE TUBAZIONI $L_{n,d}$

Il primo termine della relazione 4.16 rappresenta la somma dei contributi di rumore trasmesso attraverso le condutture degli impianti, dovuto alla movimentazione di flussi d'aria o flussi di acque, in adduzione e scarico. Il livello di pressione sonora normalizzato dovuto alla trasmissione attraverso i condotti e le tubazioni, in una generica condizione di campo diffuso, è fornita dalla seguente relazione:

$$L_{n,d} = L_W - \sum_{i=1}^e \Delta L_{Wi} + 10 \log \frac{4}{A_{ref}} \quad [\text{dB}] \quad (4.17)$$

dove:

L_W = potenza sonora della sorgente [dB]

ΔL_{Wi} = riduzione del livello di potenza sonora di un elemento d'impianto i [dB]

$A_{ref} = 10 \text{ m}^2$

In questa relazione si evidenzia che il livello di rumore generato all'interno dei condotti dipende principalmente dal livello di potenza sonora della sorgente L_W ed è ridotto dalla somma di contributi di attenuazione ΔL_{Wi} di specifici elementi introdotti nell'impianto.

Il livello di potenza sonora attraverso le condutture L_W

Nel caso di sistemi di ventilazione e di movimentazione dell'aria, è possibile ridurre il contributo del livello $L_{n,d,i}$ cercando di contenere il livello di potenza sonora della sorgente, attraverso un'opportuna equilibratura dei valori della pressione statica sviluppata dal ventilatore P e della portata d'aria Q_a , calcolata ad esempio sulla base della relazione $L_W = 41 + 10 \cdot \log Q_a + 20 \cdot \log P$. Altre formule empiriche per la stima del livello di potenza sonora di queste tipologie di sorgenti, sono riportate nel paragrafo 4.1.3.

La valutazione del livello trasmesso attraverso i condotti comprende anche il contributo dovuto all'eventuale presenza di bocchette d'aerazione e ventilazione, in entrata e in uscita, il cui livello di potenza sonora è fornito dalla seguente relazione:

$$L_W = L_o - D_{t,oi} + 10 \cdot \log \frac{S_{co}}{4} \quad [\text{dB}] \quad (4.18)$$

dove:

L_o = livello di pressione sonora nell'ambiente sorgente (che può essere anche l'esterno dell'edificio) [dB];

$D_{t,oi}$ = perdita di potenza dovuta all'apertura nel percorso "esterno/interno" [dB];

S_{co} = area in sezione dell'apertura della bocchetta [m^2].

La perdita di potenza dovuta all'apertura $D_{t,oi}$ dipende in particolare dal posizionamento del dispositivo nell'ambiente ricevente, come indicato nella seguente relazione:

$$D_{t,oi} = 10 \cdot \log \left[1 + \frac{\Omega}{4k_0^2 S_{co}} \right] \quad [\text{dB}] \quad (4.19)$$

dove:

$k_0 = (2\pi f/c_0)$

Ω = angolo solido della radiazione sonora [rad]

S_{co} = area in sezione dell'apertura della bocchetta [m^2]

In particolare, quando la bocchetta è posta sullo spigolo di una parete, $\Omega = \pi$, e quando è posta in un angolo dell'ambiente, $\Omega = \pi/2$. Ciò implica che diminuendo il più possibile l'area della sezione della bocchetta S_{co} (nei limiti della portata di ventilazione commisurata all'ambiente) e allontanandone l'allocatione dagli angoli (ovvero "incrementando" Ω), gli effetti dovuti alla perdita dell'apertura $D_{t,oi}$ possono essere incrementati.

Il rumore dovuto ai sistemi di distribuzione dell'acqua e dell'erogazione all'utenza è prodotto dai vari componenti che, lungo le tubazioni della rete di distribuzione, provvedono alla regolazione del flusso in arrivo: riduttori di pressione, valvole in linea, rubinetti a galleggiante e, soprattutto, rubinetti di erogazione per le varie destinazioni (Brosio et al., 2007; Alber et al., 2011). Questa tipologia di rumore è anche definita “*water-borne sound*”, ovvero suono generato per via liquida, infatti alcune specifiche componenti di rumore si trasmettono anche attraverso il fluido (Junger, 1985; Tarizzo et al., 2007).

Le vibrazioni prodotte dall'acqua in uscita per effetto delle turbolenze sono trasmesse alla tubazione di adduzione e da questa alla parete, la cui radiazione origina il fenomeno sonoro nell'ambiente. Anche nel caso di impianti di adduzione idrica, il livello di potenza sonora della sorgente può essere innanzitutto controllato agendo opportunamente sui valori di pressione P e di portata del flusso idraulico Q_h , al fine di ridurre effetti di turbolenza, effetti di cavitazione ed eventuali componenti impulsive (colpi d'ariete). In linea generale, per valvole che non emettono componenti tonali (sibili) e cavitanti, l'ordine di grandezza della potenza sonora emessa può essere quantificata, proporzionalmente alla portata del fluido Q_h , espresso in litri/minuto, tramite la relazione $L_W \sim 20 \cdot \log Q_h$ (Fuchs, 1993).

La riduzione del livello di potenza sonora nelle condutture ΔL_{Wi}

In impianti di ventilazione e movimentazione dell'aria, la riduzione del livello di potenza sonora all'interno di condotti e tubazioni, si consegue incrementando il numero, ed eventualmente le prestazioni di attenuazione, di silenziatori, *plenum*, rivestimenti del condotto, diramazioni e bocchette. I valori di attenuazione ΔL_{Wi} possono essere calcolati o dedotti da modelli grafici, come illustrato nel paragrafo 4.1.3.

Nel caso delle bocchette di ventilazione, sono disponibili procedure di misurazione standard di laboratorio (UNI EN 10140-serie [16], EN 13141-1 [17] e EN 13141-2) che forniscono il livello normalizzato di isolamento acustico di piccoli elementi $D_{n,e}$ da installarsi su facciata. Qualora questa quantità sia nota, la riduzione del livello di potenza dovuta a questa quantità può essere calcolata sulla base della seguente relazione:

$$\Delta L_W = D_{n,e} + 10 \cdot \log \frac{S_{co}}{A_{ref}} \quad [\text{dB}] \quad (4.20)$$

Nel caso di impianti di adduzione idrica e di riscaldamento ad acqua, il livello di potenza sonora della sorgente attraverso le condutture, dovuto a flussi rapidi e variazioni di pressione, può essere attenuato introducendo opportuni sistemi di riduzione del rumore idraulico, come i vasi di espansione. D'altra parte, anche i sistemi di erogazione e di regolazione in linea generano rumore, come i rubinetti a valvola e i rubinetti a galleggiante per le vaschette di scarico. In ogni caso, le prestazioni acustiche degli elementi di erogazione idraulica e della rubinetteria possono essere valutate in laboratorio secondo le procedure standard (UNI EN ISO 3822); tali

procedure forniscono la valutazione del rumore emesso dal flusso dell'acqua a seconda delle condizioni di montaggio e di funzionamento per valvole ed apparecchiature in linea che controllano il flusso, la pressione o la temperatura negli impianti di distribuzione dell'acqua.

4.3.2. IL LIVELLO DI RUMORE TRASMESSO PER VIA AEREA $L_{n,a}$

Il secondo termine della relazione (1) definisce il contributo di rumore trasmesso per via aerea, dovuto all'esercizio e al funzionamento dell'insieme degli impianti. Il livello di pressione sonora normalizzato dovuto alla trasmissione di rumore aereo attraverso le strutture dell'edificio è fornito dalla seguente relazione:

$$L_{n,a} = L_W + D_{si} - R_{ijref} - 10 \log \frac{S_i}{S_{ref}} - 10 \log \frac{A_{ref}}{4} \quad [\text{dB}] \quad (4.21)$$

dove:

L_W = livello di potenza sonora della sorgente [dB]

$D_{s,i}$ = trasmissione della pressione sonora all'elemento i nell'ambiente sorgente [dB]

R_{ij} = riduzione della trasmissione laterale normalizzata verso l'ambiente ricevente, attraverso un generico percorso ij [dB]

S_i = superficie dell'elemento di parete i dell'ambiente trasmittente [m^2]

$A_{ref} = 10 \text{ m}^2$.

Al fine di ridurre il contributo del livello di pressione sonora che un impianto genera per via aerea è necessario attenuare il livello di potenza sonora trasmesso per via aerea dalla sorgente, L_W , ossia adottare i noti sistemi di isolamento delle partizioni, incrementando il potere fonoisolante R delle partizioni verticali interne, e riducendo i meccanismi di trasmissione laterale, attraverso i vari percorsi di trasmissione tra la partizione i dell'ambiente sorgente e la partizione j dell'ambiente ricevente; inoltre è necessario ridurre la trasmissione del livello di pressione sonora nell'ambiente sorgente $D_{s,i}$, che dipende principalmente dall'assorbimento acustico nella stanza A_{source} .

Il livello di potenza sonora per via aerea L_W

Il livello di potenza sonora di sorgenti diverse da quelle precedentemente descritte, come ad esempio caldaie, bruciatori o autoclavi, qualora non sia fornito dal produttore, può essere misurato secondo metodi standardizzati (serie ISO 3740) oppure derivato dalla misura livello di pressione sonora (nell'ambiente sorgente), sulla base della relazione $L_W = L_p + 10 \cdot \log A_{source} - 6$, in ambienti chiusi. Per impianti di riscaldamento forzato, collegati a caldaie/bruciatori, si possono utilizzare formule indicative, come $L_W \approx (52 \div 62) + 12 \log kW$, in funzione della potenza nominale in kW del sistema.

La trasmissione per via aerea all'elemento i dell'ambiente trasmittente $D_{s,i}$

Anche le caratteristiche geometriche e l'assorbimento acustico dell'ambiente in cui è allocata la sorgente di rumore, influenzano il livello di pressione sonora di rumore aereo, verso la partizione j dell'ambiente in cui viene valutato il disturbo prodotto.

Il termine di trasmissione $D_{s,i}$ include gli effetti del campo sonoro nella stanza, il modello di direttività della sorgente e, ove possibile, gli effetti di campo diretto della sorgente, l'eccitazione effettiva della partizione i , la distanza tra la sorgente e le strutture e il modello di radiazione della sorgente.

Considerando il caso più semplice, in cui la sorgente sonora è collocata in un ambiente con campo acustico sufficientemente diffuso ed è lontana dalla partizione i , la trasmissione del suono tra la partizione i nell'ambiente trasmittente e la partizione j nell'ambiente ricevente, è calcolato come segue:

$$D_{s,i} = \frac{S_i}{A_s} \quad [\text{dB}] \quad (4.22)$$

dove:

S_i = superficie dell'elemento di parete i dell'ambiente trasmittente [m^2]

A_s è l'area di assorbimento acustico equivalente nell'ambiente trasmittente [m^2]

Questo termine mostra innanzitutto che una partizione con superficie S_i minore sfavorisce la trasmissione sonora rispetto a partizioni con superfici maggiori; è tuttavia tecnicamente possibile ridurre il contributo del termine $D_{s,i}$ nel computo del livello di pressione sonora di rumore aereo, incrementando l'area di assorbimento equivalente A_s dell'ambiente in cui è installata la sorgente di rumore.

Indicativamente, supponendo un ambiente trasmittente con un volume $V=50 \text{ m}^3$ e supponendo un tempo di riverberazione medio dell'ambiente $T_{60} \approx 1,2 \text{ s}$ (noto che $A_s=0,161 \cdot V/T_{60}$), il termine di trasmissione $D_{s,i}$ calcolato attraverso una partizione con superficie $S_i=10 \text{ m}^2$, risulta $D_{s,i} \approx 1,5 \text{ dB}$.

L'indice di riduzione sonora delle trasmissioni laterali $R_{ij,ref}$

La riduzione della trasmissione attraverso le strutture dell'edificio è fornita dall'indice di riduzione del suono per trasmissione laterale $R_{ij,ref}$, in cui si assume per definizione una generica area di riferimento $S_{ref}=10 \text{ m}^2$. La trasmissione del rumore per via aerea dipende significativamente dai contributi di suono trasmessi attraverso i vari percorsi laterali (*flankig transmissions*). Questo termine, con le caratteristiche degli elementi costruttivi che ne determinano l'entità e i sistemi che ne consentono la riduzione, possono essere stimati utilizzando la norma UNI EN 12354-1, sulla base di dati delle partizioni e delle giunzioni coinvolte nel percorso di trasmissione.

4.3.3. IL LIVELLO DEL RUMORE TRASMESSO PER VIA STRUTTURALE $L_{n,s}$

Il terzo termine della relazione (1) permette di quantificare il livello di rumore causato dalle vibrazioni trasmesse alle strutture dovute al funzionamento e all'esercizio degli impianti attraverso i punti di appoggio o fissaggio, e alla circolazione di flussi idraulici e aeraulici nelle condutture attraverso i punti di ancoraggio. Le difficoltà maggiori (Schiavi et al., 2010), per l'implementazione del modello di calcolo, si individuano in questa componente, ossia il livello normalizzato di pressione sonora nell'ambiente ricevente dovuto alla trasmissione sonora del supporto di montaggio dell'elemento i e causa della trasmissione all'elemento j dell'ambiente ricevente:

$$L_{n,s} = L_{wsc} + D_{ci} - D_{sai} - R_{ij,ref} - 10 \log \frac{S_i}{S_{ref}} - 10 \log \frac{A_{ref}}{4} \quad [\text{dB}] \quad (4.23)$$

dove:

L_{wsc} = livello caratteristico di potenza sonora per via strutturale della sorgente, immesso nella struttura d'appoggio o ancoraggio i [dB];

D_{ci} = termine di accoppiamento tra la struttura i e la sorgente [dB];

D_{sai} = termine di adattamento dall'eccitazione strutturale all'eccitazione aerea, [dB];

R_{ij} = riduzione della trasmissione laterale normalizzata verso l'ambiente ricevente, attraverso un generico percorso ij [dB];

S_i = superficie dell'elemento di parete i dell'ambiente trasmittente [m^2];

$A_{ref} = 10 \text{ m}^2$.

Il livello caratteristico della potenza sonora trasmessa dalla struttura L_{wsc}

Il livello caratteristico di potenza sonora per via strutturale dalla sorgente immesso nella struttura d'appoggio, L_{wsc} , è una grandezza "nuova" in ambito acustico. Di fatto è una grandezza che quantifica la potenza meccanica trasmessa da un campo di vibrazioni, generato dall'azione di una forza armonica, all'interno di un elemento strutturale. In particolare, l'azione della forza è espressa come la mobilità meccanica Y_s della sorgente, ovvero dal rapporto tra la velocità di vibrazione v_s trasmessa al punto di applicazione della forza e la forza F_s esercitata dalla sorgente al punto di appoggio o ancoraggio, ovvero:

$$Y_s = \frac{v_s}{F_s} \quad [\text{m/Ns}] \quad (4.24)$$

In linea generale si può riassumere che la potenza sonora per via strutturale dipende del livello di velocità di vibrazione al supporto della sorgente sonora (cioè il punto di appoggio o ancoraggio alla struttura) e dalla mobilità della sorgente stessa, secondo la seguente relazione, per ogni singolo punto di contatto:

$$L_{wsc} = 10 \lg \frac{v_{sf}^2}{W_{ref}} \cdot \frac{1}{\text{Re}\langle Y_s \rangle} \quad [\text{dB}] \quad (4.25)$$

dove:

v_{sf}^2 = la velocità quadratica media al punto di contatto della sorgente con la struttura di appoggio [m/s];

Y_s = mobilità della sorgente ai piedi della sorgente stessa, [m/Ns];

W_{ref} = 1 pW.

La determinazione sperimentale di questa grandezza necessita di infrastrutture e tecniche di misura specifici, come il *reception plate method*. Tale tecnica consente di quantificare in laboratorio l'effettivo livello di potenza strutturale immessa da una sorgente nelle stesse condizioni di installazione prevista in opera. La norma UNI EN 12354-5 fornisce un'ampia casistica di proprietà meccanico-dinamiche di sorgenti di vibrazioni, sistemi di installazione e proprietà di supporti strutturali, con cui è possibile calcolare le quantità utili per la costruzione del modello.

Da un punto di vista teorico, osservando le relazioni (4.24) e (4.25), la riduzione del livello caratteristico di potenza sonora per via strutturale dalla sorgente immesso nella struttura d'appoggio L_{Wsc} , dipende dalla riduzione della velocità di vibrazione al punto di contatto tra la sorgente e la struttura a cui è connessa, oppure dall'incremento della mobilità meccanica della sorgente. Nel caso in cui le sorgenti siano parti di impianto, macchinari o attrezzature con struttura relativamente leggera, la mobilità meccanica Y_s è molto elevata rispetto ad elementi strutturali pesanti dell'edificio; in questo caso si attribuisce un valore di riferimento di mobilità meccanica di sorgenti "leggere", $Y_{s,ref} = 10^{-3}$ m/Ns, ovvero una velocità di vibrazione di 1 mm/s ($L_v = 120$ dB ref. 10^{-9} m/s) per 1 N di forza immessa. L'utilizzo di materiali smorzanti (opportunamente dimensionati), oppure il disaccoppiamento tra elementi strutturali, può contribuire all'attenuazione dell'ampiezza della forza armonica iniettata nella struttura dalla sorgente, riducendo quindi l'ampiezza delle vibrazioni trasmesse.

Il termine di accoppiamento $D_{c,i}$

Il termine di accoppiamento tra la struttura d'appoggio i e la sorgente rappresenta "il fulcro" su cui l'azione della forza esercitata dalla sorgente in vibrazione è scaricata alla struttura di supporto, attraverso gli elementi di fissaggio. Questa grandezza lega le proprietà dinamiche della sorgente di vibrazioni durante il suo funzionamento, ossia la mobilità meccanica ai piedi della sorgente stessa Y_s , con le proprietà meccaniche della struttura di appoggio, espresse in termini di mobilità Y_i , come segue:

$$D_{c,i} = 10 \cdot \log \frac{|Y_s - Y_i|^2}{|Y_s|} \cdot \frac{1}{\text{Re}(Y_i)} \quad [\text{dB}] \quad (4.26)$$

In prima analisi, considerando il caso di sorgente "leggera" appoggiata o ancorata ad un elemento strutturale pesante, è possibile considerare la mobilità ai piedi della sorgente $Y_s \approx Y_{s,ref} = 10^{-3}$ m/Ns, come indicato nel paragrafo precedente. Casi particolari, in cui ad esempio la massa della sorgente di vibrazioni è rilevante rispetto alla struttura d'appoggio, vanno trattati con modelli opportuni.

La mobilità meccanica Y_i della struttura di appoggio o di ancoraggio, se non è determinata sperimentalmente in opera attraverso misure locali di livelli di velocità di vibrazione v e di livelli di forza di eccitazione F , può essere calcolata sulla base di relazioni empiriche, come riportato nell'annesso D della Norma UNI EN 12354-5.

Per strutture d'appoggio omogenee, a frequenze maggiori della frequenza di risonanza della partizione, si considera la mobilità meccanica nella sua sola parte reale.

Poiché la mobilità meccanica è di fatto l'inverso dell'impedenza, ossia $Y_i = 1/Z_i$, questa grandezza è inversamente proporzionale alle proprietà elastiche e inerziali della struttura, $Y_i \propto 1/\rho c_L$, secondo la seguente relazione:

$$Y_i = Y_{i,\infty} = \frac{1}{2.3 c_L \rho t^2} \quad [\text{m/Ns}] \quad (4.27)$$

dove:

c_L = velocità di propagazione delle onde longitudinali [m/s];

ρ = densità della struttura [kg/m³];

t = spessore della struttura [m];

Combinando opportunamente i termini della relazione (4.27), si giunge ad una formulazione ulteriormente semplificata:

$$Y_i \approx [150000 \cdot m_i / f_c]^{-1} \quad [\text{m/Ns}] \quad (4.28)$$

dove:

m_i = massa per unità area dell'elemento strutturale [kg/m²]

f_c = la frequenza di coincidenza [Hz]

Poiché questi parametri sono più facilmente reperibili per gli elementi e le partizioni di strutture edilizie ordinarie, è possibile determinare, almeno per una valutazione preliminare, l'ordine di grandezza della mobilità meccanica della struttura di appoggio o ancoraggio della sorgente vibrante.

A titolo esemplificativo, per una parete omogenea in cemento di spessore $t=10$ cm, considerando una densità media $\rho=2400$ kg/m³ (ovvero una massa per unità di area $m_i=240$ kg/m²), e una velocità di propagazione delle onde longitudinale $c_L \approx 4500$ m/s (quindi una frequenza di coincidenza $f_c \approx 140$ Hz, posto $f_c \approx 64000/(t \cdot c_L)$), la mobilità meccanica risulta $Y_i \approx 4 \cdot 10^{-6}$ m/Ns.

Di conseguenza, combinando i risultati dell'esempio precedente, per una sorgente "leggera" con mobilità meccanica $Y_s = 10^{-3}$ m/Ns, ancorata o appoggiata ad una parete omogenea in cemento, con mobilità meccanica $Y_i \approx 4 \cdot 10^{-6}$ m/Ns, si ottiene un termine di accoppiamento, $D_{c,i} \approx 24$ dB.

Tuttavia, per le tipologie costruttive reali, in particolare in laterizio e cemento, i valori teorici non forniscono stime soddisfacenti delle effettive prestazioni acustiche valutate sperimentalmente.

Al fine di fornire valori significativi, per la stima del comportamento acustico delle strutture su cui insistono sistemi vibranti, sarà necessario effettuare accurate misure di mobilità meccanica *in situ*, individuando le strutture di appoggio idonee per impianti principali (caldaie, ventilatori, ventole di raffreddamento, ecc.) e le strutture o gli elementi di supporto per i condotti o le tubature, in particolare se in prossimità di ambienti particolarmente sensibili, all'interno delle unità abitative.

Il metodo può essere inoltre esteso per determinare il rumore generato da installazioni di classici elettrodomestici (come lavatrici e lavastoviglie) e impianti sanitari particolari (come vasche idromassaggio).

Anche in questo caso sarà necessaria la determinazione della mobilità meccaniche della struttura di appoggio e la determinazione della potenza sonora per via strutturale generata dalla particolare installazione.

Il termine di adattamento $D_{sa,i}$

Il termine di adattamento dall'eccitazione strutturale all'eccitazione aerea per la struttura d'appoggio i è una grandezza che indica il rapporto tra potenza sonora immessa nella struttura da un impianto in funzione e la potenza sonora trasmessa all'aria, incidente sulla struttura d'appoggio, generata dal funzionamento dell'impianto stesso.

Questa è una grandezza rilevante nel contributo globale del livello di rumore trasmesso strutturalmente. Supponendo il caso più semplice, in cui l'eccitazione della forza immessa insista perpendicolarmente a una struttura di appoggio omogenea di massa areica m_i , caratterizzata dal proprio fattore di radiazione σ_i , il termine di adatta-

mento può essere calcolato, in funzione della frequenza, tramite la seguente relazione:

$$D_{sa,i} = 10 \cdot \log \frac{400 f_c \sigma_i}{m_i f^2} \quad [\text{dB}] \quad (4.29)$$

dove:

f_c = frequenza di coincidenza della struttura d'appoggio i [Hz];

f = frequenza di centro banda [Hz];

σ_i = fattore di radiazione (-);

m_i = massa per unità area dell'elemento strutturale [kg/m²].

La determinazione del termine di aggiustamento dipende da grandezze, come la frequenza di coincidenza f_c , che possono essere determinate sperimentalmente oppure calcolate sulla base dei modelli di calcolo riportati nella Norma UNI EN 12354-1,

Prendendo come esempio la parete omogenea in cemento precedentemente descritta, di spessore $t=10$ cm, con una massa per unità di area $m_i=240$ kg/m² e una frequenza di coincidenza $f_c \approx 140$ Hz, e limitando l'analisi nel campo di frequenze $f > f_c$, in cui il fattore di radiazione $\sigma_i \approx 1$, il termine di adattamento $D_{sa,i}$ varia significativamente, da -22 dB a 250 Hz fino a -46 dB a 3150 Hz.

Si ponga sempre attenzione al fatto che, nei modelli di calcolo proposti, le strutture sono sempre considerate omogenee, a differenza delle strutture reali (ad esempio il laterizio e cemento tipiche dell'edilizia italiana), di conseguenza i dati di ingresso per l'implementazione dei calcoli non sono sempre facilmente reperibili nella letteratura tecnica, e le incertezze introdotte da dati teorici poco accurati possono comportare significativi errori nella valutazione del termine di adattamento $D_{sa,i}$.

Bibliografia

- Alber T. H., Gibbs B. M., Fischer H. M., "Characterisation of valves as sound sources: Fluid-borne sound", *Applied acoustics* 72.7 (2011): 428-436.
- ANSI/ASA S12.2-2008 Criteria for Evaluating Room Noise
- Associazione Italiana di Acustica, "Linee guida per una corretta progettazione acustica di ambienti scolastici", a cura di A. Astolfi e M. Garai, 2017.
- Brosio E., Tarizzo P., Schiavi A., Geroso S., "Il rumore prodotto dalle installazioni idrauliche. Le rubinetterie: un tema dimenticato", nel volume AIA-GAE-3 "Il rumore degli impianti nelle costruzioni civili", Bologna, 27 Ottobre 2007.
- De Santoli L., Mancini F., "Progettazione degli impianti di climatizzazione", Maggioli Editore, 2017
- Fuchs H. F., "Generation and control of noise in water supply installations. Part 2: Sound source mechanisms", *Applied Acoustics* 38.1 (1993): 59-85.
- Garai M., "Riscriviamo il D.P.C.M. 5/12/97", *Rivista Italiana di acustica*, vol. 32, N. 3, pp.36-46.
- Gibbs, B. M., Tarizzo P., Taskan E., "Blocked forces and moments at machine contacts from reception plate transfer mobility", *Proceedings of ICSV17*, Cairo (2010).
- ISO 3822-1 Acoustics - Laboratory tests on noise emission from appliances and equipments used in water supply installations. Part I: Method of measurement.
- Junger M. C., "Water-borne sound insertion loss of a planar compliant-tube array", *The Journal of the Acoustical Society of America* 78.3 (1985): 1010-1012.
- Oliaro P., "Rumore degli impianti tecnologici", in *Manuale di acustica applicata*, CittàStudi, novembre 2007, ISBN: 978825173208.
- Schiavi A., Tarizzo P., Astolfi A., "Considerations on the impact sound pressure level of bare floor slabs in hollow brick and concrete", *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings*. Vol. 2010. No. 6. Institute of Noise Control Engineering, 2010.
- Schiavi A., Tarizzo P., "Il problema del rumore degli impianti tecnologici negli edifici: come reperire i dati richiesti dal modello EN 12354-5?", *Atti della 2a Convention nazionale di Acustica Edilizia "L'evoluzione e l'armonizzazione delle norme italiane ed europee sulla protezione acustica degli edifici"-European symposium of EAA-RCB and cost action TU0901 (CDrom)*, Firenze, 13-14 dicembre 2010.
- Sharland I., "Manuale di Acustica applicata. L'attenuazione del rumore", Ed. Woods Italiana, 1994.
- Späh, M., Gibbs, B. "Reception plate method for characterisation of structure-borne sound sources in buildings: Assumptions and application", *Applied Acoustics*, 2009. 70: pp. 361-368.
- Tarizzo P., Schiavi A., Geroso S., Masoero M., Oliaro P., Pavoni Belli A., "Water-borne sound: il problema della trasmissione per via solida di rumore generato da impianti idrico-sanitari", *Associazione Italiana di Acustica*, 34° Congresso Nazionale AIA, Firenze 13-15 giugno 2007, *Atti del convegno*;
- Tarizzo P., Schiavi A., "Transmissions of structural noise in buildings: introduction of mobility and measurement of structure-borne sound power level in brick and concrete base floor", *8th European Conference on Noise Control*, Edinburgh (Scotland), October 26-28, 2009.
- Tarizzo P., Schiavi A., "Sulla misura della potenza sonora strutturale attraverso il metodo del Reception Plate", *Rivista Italiana di Acustica*, Vol.36 n.2, 2012, 27-34.
- UNI 8199 Acustica in edilizia - Collaudo acustico di impianti a servizio di unità immobiliari - Linee guida contrattuali e modalità di misurazione all'interno degli ambienti serviti.
- UNI 10339 "Impianti aeraulici al fine di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura".
- UNI EN 12354-5:2009, Building acoustics - Estimation of acoustic performance of building from the performance of elements - Part 5: Sounds levels due to the service equipment.
- UNI EN 13141-1 Ventilation for buildings - Performance testing of components/products for residential ventilation - Part 1: Externally and internally mounted air transfers devices.
- UNI EN 13141-2 Ventilation for buildings - Performance testing of components/products for residential ventilation - Part 2: Exhaust and supply air terminal devices.
- UNI EN ISO 3740 Acoustics - Determination of sound power levels of noise sources - Guidelines for the use of basic standards.
- UNI EN ISO 10140-Series Acoustics - Laboratory measurement of sound insulation of building elements - Part 1 to Part 5.
- UNI EN ISO 12354-1, Building acoustics - Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements - Part 1: Airborne sound insulation between rooms.
- UNI EN ISO 16032 Acustica - Misurazione del livello di pressione sonora di impianti tecnici in edifici - Metodo tecnico progettuale.

SOLUZIONI COSTRUTTIVE CERTIFICATE

(prove di laboratorio e in opera)

Progettazione di:

**Residenze - Scuole - Ospedali - Alberghi -
Uffici - Edifici commerciali**



- A** Contropareti interne a secco (rivestimento pareti esistenti)
- B** Controsoffitti continui (fonoassorbimento)
- C** Controsoffitti continui (fonoisolamento)
- D** Controsoffitti modulari (fonoassorbimento)
- E** Coperture
- F** Impianti / Condotte di ventilazione
- G** Pareti divisorie interne a secco

- H** Pareti divisorie interne tradizionale (isolamento intercapedine)
- I** Pareti tamponamento esterno a secco
- L** Pareti tamponamento esterno tradizionale (isolamento intercapedine - cappotto)
- M** Solai (livello sonoro da calpestio)
- N** Superfici vetrate

PARETI DIVISORIE INTERNE - SISTEMA A SECCO



SOL. 1 DA 75/50 STD

1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm

1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
75 mm
 Fonoisolamento
R_w = 36 dB
 Rapporto di prova
1EN 18270



SOL. 2 HF 1.1 A - DA 75/50 HF

1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm
 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm

1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
75 mm
 Fonoisolamento
R_w = 38 dB
 Rapporto di prova
BTC 19341A



SOL. 3 HF 1.1 B - DA 80/50 HF HYDRO

1 lastra Gyproc Habito® Forte Hydro 15 (tipo DEFH1IR, peso 14,75 kg/m²) sp. 15 mm

Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm

1 lastra Gyproc Habito® Forte Hydro 15 (tipo DEFH1IR, peso 14,75 kg/m²) sp. 15 mm

Spessore
80 mm
 Fonoisolamento
R_w = 39 dB
 Rapporto di prova
BTC 20474A



SOL. 4 SA 100/50 STD

2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm

2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
100 mm
 Fonoisolamento
R_w = 43 dB
 Rapporto di prova
1EN 18270



SOL. 5 HF 4.1 - Parete legno 1x13 HF L 80-60

1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm
 Morali legno da 80 mm + lana vetro Isover PAR 4+ sp. 70 mm

1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
105 mm
 Fonoisolamento
R_w = 43 dB
 Rapporto di prova
I.G. 336178



SOL. 6 DA 75/50 LA34 GX

1 lastra Gyproc Glasroc X® 13 (tipo GM-FH1IR, peso 12 kg/m²) sp. 12,5 mm
 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + lana minerale Isover Arena34 sp. 45 mm

1 lastra Gyproc Glasroc X® 13 (tipo GM-FH1IR, peso 12 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
75 mm
 Fonoisolamento
R_w = 47 dB
 Rapporto di prova
I.G. 358204



SOL. 7 DA 100/75 L STD

1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 75 mm + lana vetro Isover AcustiPAR 4+ sp. 70 mm

1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
100 mm
 Fonoisolamento
R_w = 47 dB
 Rapporto di prova
I.G. 378560

PARETI DIVISORIE INTERNE - SISTEMA A SECCO



SOL. 8 DA 100/75 LA31 STD

1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 75 mm + lana minerale Isover Arena31 sp. 50 mm
1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
100 mm
Fonoisolamento
R_w = 48 dB
Rapporto di prova
IEEN 30287



SOL. 9 HF 4.2 - Parete legno 2x13 HF F LA34 100-60

1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm
1 lastra Gyproc Fireline 13 (tipo DF, peso 10,1 kg/m²) sp. 12,5 mm
Morali legno da 80 mm + lana minerale Isover Arena34 sp. 70 mm
1 lastra Gyproc Fireline 13 (tipo DF, peso 10,1 kg/m²) sp. 12,5 mm
1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
130 mm
Fonoisolamento
R_w = 51 dB
Rapporto di prova
I.G. 336177

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 148



SOL. 10 HF 1.2 - DA 100/75 L HF

1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm
Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 75 mm + lana vetro Isover PAR GOLD N 4+ / lana minerale Isover Arena32 sp. 70 mm
1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
100 mm
Fonoisolamento
R_w = 52 dB
Rapporto di prova
I.G. 327558



SOL. 11 DA 100/75 L X-RAY Protection

1 lastra Gyproc X-RAY Protection 13 (tipo DFR, peso 18 kg/m²) sp. 12,5 mm
Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 75 mm + lana Isover vetro PAR 4+ sp. 70 mm
1 lastra Gyproc X-RAY Protection 13 (tipo DFR, peso 18 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
100 mm
Fonoisolamento
R_w = 52 dB
Rapporto di prova
BTC 19033A



SOL. 12 DA 113/75 L STD

2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 75 mm + lana minerale Isover Arena31 sp. 50 mm
1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
112,5 mm
Fonoisolamento
R_w = 52 dB
Rapporto di prova
IEEN 30287/1



SOL. 13 HF 1.2 bis - DA 125/100 LA34 HF

1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm
Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 100 mm + lana minerale Isover Arena34 sp. 95 mm
1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
125 mm
Fonoisolamento
R_w = 53 dB
Rapporto di prova
STAVEBNIHO 15-084-A034



SOL. 14 SA 100/50 L STD

2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + lana vetro Isover Mupan33 4+ sp. 50 mm
2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
100 mm
Fonoisolamento
R_w = 53 dB
Rapporto di prova
I.G. 222356

PARETI DIVISORIE INTERNE - SISTEMA A SECCO



SOL. 15 SA 100/50 L STD

2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 100 mm + lana vetro Isover AcustiPAR 4+ sp. 45 mm
 2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
125 mm
 Fonoisolamento
R_w = 54 dB
 Rapporto di prova
I.G. 350945



SOL. 16 SA 100/50 LR STD

2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + lana roccia Isover UNI sp. 40 mm
 2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

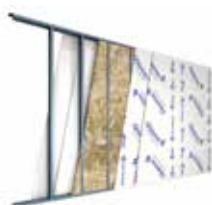
Spessore
100 mm
 Fonoisolamento
R_w = 54 dB
 Rapporto di prova
I.G. 350944



SOL. 17 SA 100/50 LA34 STD

2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + lana minerale Isover Arena34 sp. 45 mm
 2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
100 mm
 Fonoisolamento
R_w = 55 dB
 Rapporto di prova
I.G. 350663



SOL. 18 SA 100/50 LA34 GX

2 lastre Gyproc Glasroc X* 13 (tipo GM-FH1IR, peso 12 kg/m²) sp. 12,5 mm
 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + lana minerale Isover Arena34 sp. 45 mm
 2 lastre Gyproc Glasroc X* 13 (tipo GM-FH1IR, peso 12 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
100 mm
 Fonoisolamento
R_w = 55 dB
 Rapporto di prova
I.G. 358206



SOL. 19 SA 125/75 LR STD

2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 75 mm + lana roccia Isover UNI sp. 60 mm
 2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
125 mm
 Fonoisolamento
R_w = 55 dB
 Rapporto di prova
I.G. 350947



SOL. 20 HABITO PRATICA - SA 125/75 L HAB

2 lastre Gyproc Habito 13 Activ'Air* (tipo DI, peso 10,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 75 mm + lana vetro Isover AcustiPAR 4+ sp. 70 mm
 2 lastre Gyproc Habito 13 Activ'Air* (tipo DI, peso 10,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
125 mm
 Fonoisolamento
R_w = 56 dB
 Rapporto di prova
I.G. 350948

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 149



SOL. 21 SA 125/75 L STD

2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 75 mm + lana vetro Isover AcustiPAR 4+ sp. 70 mm
 2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
125 mm
 Fonoisolamento
R_w = 56 dB
 Rapporto di prova
I.G. 350948

PARETI DIVISORIE INTERNE - SISTEMA A SECCO



SOL. 22 SA 100/50 LA34 STD DG

1 lastra Gyproc Duragyp 13 Activ'Air® (tipo DEFH1IR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm
1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + lana minerale Isover Arena34 sp. 45 mm
1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
1 lastra Gyproc Duragyp 13 Activ'Air® (tipo DEFH1IR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
100 mm
Fonoisolamento
R_w = 56 dB
Rapporto di prova
I.G. 356952

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 150



SOL. 23 SA 100/50 L STD HF

1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm
1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + lana vetro Isover AcustiPAR 4+ sp. 45 mm
1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
100 mm
Fonoisolamento
R_w = 57 dB
Rapporto di prova
Z LAB 141-2020-IAP



SOL. 24 DA 125/75 L DUO'TECH Activ'Air®

1 lastra Gyproc Duo'Tech 25 Activ'Air® (tipo DI, peso 19,7 kg/m²) sp. 25 mm
Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 75 mm + lana vetro Isover PAR 4+ sp. 70 mm
1 lastra Gyproc Duo'Tech 25 Activ'Air® (tipo DI, peso 19,7 kg/m²) sp. 25 mm

Spessore
125 mm
Fonoisolamento
R_w = 57 dB
Rapporto di prova
I.G. 315502



SOL. 25 HF 2.5 - SAD3 138/50 LV F HF

1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm
2 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + 2 lana vetro Isover PAR 4+ sp. 45 mm
1 lastra Gyproc Fireline 13 (tipo DF, peso 10,1 kg/m²) sp. 12,5 mm (centrale)
1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
137,5 mm
Fonoisolamento
R_w = 57 dB
Rapporto di prova
I.G. 349966



SOL. 26 SA 125/75 LA34 STD

2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 75 mm + lana minerale Isover Arena34 sp. 70 mm
2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
125 mm
Fonoisolamento
R_w = 57 dB
Rapporto di prova
I.G. 350664

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 151



SOL. 27 SA 100/50 LA32 STD HF

1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm
1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + lana minerale Isover Arena32 sp. 45 mm
1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
100 mm
Fonoisolamento
R_w = 57 dB
Rapporto di prova
I.G. 362310

PARETI DIVISORIE INTERNE - SISTEMA A SECCO



SOL. 28

SA 125/75 L X-RAY Protection

2 lastre Gyproc X-RAY Protection 13 (tipo DFR, peso 18 kg/m²) sp. 12,5 mm
Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 75 mm + lana vetro Isover PAR 4+ sp. 70 mm

2 lastre Gyproc X-RAY Protection 13 (tipo DFR, peso 18 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore

125 mm

Fonoisolamento

R_w = 57 dB

Rapporto di prova

BTC 19032A

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 152



SOL. 29

HF 1.6 B - SA 105/50 LA34 HF HYDRO STD

1 lastra Gyproc Habito® Forte Hydro 15 (tipo DEFH1IR, peso 14,75 kg/m²) sp. 15 mm

1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + lana minerale Isover Arena34 sp. 45 mm

1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

1 lastra Gyproc Habito® Forte Hydro 15 (tipo DEFH1IR, peso 14,75 kg/m²) sp. 15 mm

Spessore

105 mm

Fonoisolamento

R_w = 58 dB

Rapporto di prova

CTA 160017/AER-1



SOL. 30

HF 1.6 A - SA 125/75 L HF STD

1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm

1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 75 mm + lana vetro Isover AcustiPAR 4+ sp. 70 mm

1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore

125 mm

Fonoisolamento

R_w = 59 dB

Rapporto di prova

Z LAB 143-2020-IAP

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 153



SOL. 31

SA 125/75 LA32 STD

2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 75 mm + lana minerale Isover Arena32 sp. 70 mm

2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore

125 mm

Fonoisolamento

R_w = 59 dB

Rapporto di prova

I.G. 362307



SOL. 32

SA 150/100 LA34 F / HAB

2 lastre Gyproc Fireline 13 (tipo DF, peso 10,1 kg/m²) / 2 lastre Gyproc Habito 13 Activ'Air® (tipo DI, peso 10,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 100 mm + lana minerale Isover Arena34 sp. 95 mm

2 lastre Gyproc Fireline 13 (tipo DF, peso 10,1 kg/m²) / 2 lastre Gyproc Habito 13 Activ'Air® (tipo DI, peso 10,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore

150 mm

Fonoisolamento

R_w = 59 dB

Rapporto di prova

STAVEBNIHO 15-091-A041



SOL. 33

SAD4 201/75 L STD ACCIAIO

2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

2 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 75 mm + 2 lana vetro Isover PAR 4+ sp. 70 mm

1 lamina d'acciaio sp. 1 mm (centrale)

2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore

201 mm

Fonoisolamento

R_w = 61 dB

Rapporto di prova

1EN 35848-02

PARETI DIVISORIE INTERNE - SISTEMA A SECCO



SOL. 34 SADH 200/50 L STD

2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
2 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm collegati con strisce di lastre
+ 2 lana vetro Isover AcustiPAR 4+ sp. 45 mm
Intercapedine d'aria sp. 50 mm (centrale)
2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
200 mm
Fonoisolamento
R_w = 61 dB
Rapporto di prova
I.G. 378561

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 154



SOL. 35 SAD 160/50 L STD

2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
2 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + 2 lana vetro Isover PAR 4+
sp. 45 mm
Intercapedine d'aria sp. 10 mm (centrale)
2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
160 mm
Fonoisolamento
R_w = 63 dB
Rapporto di prova
I.G. 222355



SOL. 36 HF 2.6 - SAD3 188/75 LR HF

1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm
2 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 75 mm + 2 lana roccia Isover sp. 60 mm
1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm
(centrale)
1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
187,5 mm
Fonoisolamento
R_w = 63 dB
Rapporto di prova
I.G. 355124



SOL. 37 SAD5 163/50 LA34 STD

2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
2 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + 2 lana Isover Arena34
sp. 45 mm
1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm (centrale)
2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
162,5 mm
Fonoisolamento
R_w = 63 dB
Rapporto di prova
I.G. 350665



SOL. 38 SA 130/75 L HAB SILENCE

1 lastra Gyproc Habito Silence Activ'Air® (tipo DHII, peso 14,5 kg/m²)
sp. 14,5 mm
1 lastra Gyproc Habito 13 Activ'Air® (tipo DI, peso 10,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 75 mm + lana vetro Isover PAR GOLD N
4+ / lana minerale Isover Arena32 sp. 70 mm
1 lastra Gyproc Habito 13 Activ'Air® (tipo DI, peso 10,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
1 lastra Gyproc Habito Silence Activ'Air® (tipo DHII, peso 14,5 kg/m²)
sp. 14,5 mm

Spessore
130 mm
Fonoisolamento
R_w = 63 dB
Rapporto di prova
I.G. 322129

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 155



SOL. 39 SAD4 202/75 L HAB ACCIAIO

2 lastre Gyproc Habito 13 Activ'Air® (tipo DI, peso 10,2 kg/m²) sp. 12,5 mm +
2 scatole elettriche
2 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 75 mm + 2 lana vetro Isover PAR 4+
sp. 70 mm
1 lamina d'acciaio sp. 1,5 mm (centrale)
2 lastre Gyproc Habito 13 Activ'Air® (tipo DI, peso 10,2 kg/m²) sp. 12,5 mm +
2 scatole elettriche

Spessore
201,5 mm
Fonoisolamento
R_w = 64 dB
Rapporto di prova
I.G. 239634

PARETI DIVISORIE INTERNE - SISTEMA A SECCO



SOL. 40 SAD 160/50 LA34 STD

2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
2 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + 2 lana minerale Isover Arena34 sp. 45 mm
Intercedine d'aria sp. 10 mm (centrale)
2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
160 mm
Fonoisolamento
R_w = 65 dB
Rapporto di prova
CTA 026/06/AER



SOL. 41 SAD3 195/75 LA31 HF HYDRO

1 lastra Gyproc Habito® Forte Hydro 15 (tipo DEFH1IR, peso 14,75 kg/m²) sp. 15 mm
2 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 75 mm + 2 lana minerale Isover Arena31 sp. 60 mm
1 lastra Gyproc Habito® Forte Hydro 15 (tipo DEFH1IR, peso 14,75 kg/m²) sp. 15 mm (centrale)
1 lastra Gyproc Habito® Forte Hydro 15 (tipo DEFH1IR, peso 14,75 kg/m²) sp. 15 mm

Spessore
195 mm
Fonoisolamento
R_w = 65 dB
Rapporto di prova
I.G. 362303

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 156



SOL. 42 SAD 210/75 LA34 STD

2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
2 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 75 mm + 2 lana minerale Isover Arena34 sp. 70 mm
Intercedine d'aria sp. 10 mm (centrale)
2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
210 mm
Fonoisolamento
R_w = 66 dB
Rapporto di prova
CTA 009/06/AER



SOL. 43 SAD 155/50 LA34 F / HAB

2 lastre Gyproc Fireline 13 (tipo DF, peso 10,1 kg/m²) / 2 lastre Gyproc Habito 13 Activ'Air® (tipo DI, peso 10,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
2 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + 2 lana minerale Isover Arena34 sp. 45 mm
Intercedine d'aria sp. 10 mm (centrale)
2 lastre Gyproc Fireline 13 (tipo DF, peso 10,1 kg/m²) / 2 lastre Gyproc Habito 13 Activ'Air® (tipo DI, peso 10,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
155 mm
Fonoisolamento
R_w = 66 dB
Rapporto di prova
CVUT 181017/2016 - LASIw - 16- 11



SOL. 44 SAD5 163/50 L STD HF

1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm
1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
2 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + 2 lana vetro Isover AcustiPAR 4+ sp. 45 mm
1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm (centrale)
1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
162,5 mm
Fonoisolamento
R_w = 67 dB
Rapporto di prova
Z LAB 142-2020-IAP

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 157

PARETI DIVISORIE INTERNE - SISTEMA A SECCO



SOL. 45 HF 2.2 - SAD5 215/75 L HF HAB

2 lastre Gyproc Habito 13 Activ'Air® (tipo DI, peso 10,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
2 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 75 mm + 2 lana Isover vetro PAR 4+ sp. 70 mm
1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm (centrale)
2 lastre Gyproc Habito 13 Activ'Air® (tipo DI, peso 10,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
212,5 mm
Fonoisolamento
R_w = 67 dB
Rapporto di prova
I.G. 335944



SOL. 46 SAD5 183/50 LA31 STD HF

1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm
1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
2 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + 2 lana minerale Isover Arena31 sp. 40 mm
1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm (centrale)
1 lana minerale Isover Arena31 sp. 20 mm (centrale)
1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
182,5 mm
Fonoisolamento
R_w = 67 dB
Rapporto di prova
I.G. 362309



SOL. 47 HF 2.3 - SAD5 215/75 LR HF STD

1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm
1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
2 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 75 mm + 2 lana roccia Isover sp. 60 mm
1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm (centrale)
1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
212,5 mm
Fonoisolamento
R_w = 68 dB
Rapporto di prova
I.G. 322125



SOL. 48 SAD 155/50 LA34 HF

2 lastre Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm
2 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + 2 lana minerale Isover Arena34 sp. 45 mm
Intercapedine d'aria sp. 5 mm (centrale)
2 lastre Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
155 mm
Fonoisolamento
R_w = 68 dB
Rapporto di prova
CVUT 181034/2017 - LASIw-17-24



SOL. 49 HF 2.4 - SAD 210/75 L HF

2 lastre Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm
2 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 75 mm + 2 lana vetro Isover PAR 4+ sp. 70 mm
Intercapedine d'aria sp. 10 mm (centrale)
2 lastre Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
210 mm
Fonoisolamento
R_w = 69 dB
Rapporto di prova
TMG-VA AB 12435/M 6030-12 ANL. 8

PARETI DIVISORIE INTERNE - SISTEMA A SECCO



SOL. 50 SAD 210/75 LA34 HF STD

1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm
 1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
 2 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 75 mm + 2 lana minerale Isover Arena34 sp. 70 mm
 Intercapedine d'aria sp. 10 mm (centrale)
 1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
 1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
210 mm
 Fonoisolamento
R_w = 69 dB
 Rapporto di prova
AC-19-057-05-N



SOL. 51 SAD 205/75 LA34 STD HF

1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm
 1 lastra Gyproc Habito 13 Activ'Air® (tipo DI, peso 10,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
 2 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 75 mm + 2 lana minerale Isover Arena34 sp. 70 mm
 Intercapedine d'aria sp. 10 mm (centrale)
 1 lastra Gyproc Habito 13 Activ'Air® (tipo DI, peso 10,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
 1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
205 mm
 Fonoisolamento
R_w = 70 dB
 Rapporto di prova
CVUT 181017/2016 - LASIw-16-11



SOL. 52 SAD 210/75 LA34 HF

2 lastre Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm
 2 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 75 mm + 2 lana minerale Isover Arena34 sp. 70 mm
 Intercapedine d'aria sp. 10 mm (centrale)
 2 lastre Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
210 mm
 Fonoisolamento
R_w = 71 dB
 Rapporto di prova
CVUT 181017/2016 - LASIw-16-10

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 158



SOL. 53 SAD 255/100 LA34 STD HF

1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm
 1 lastra Gyproc Habito 13 Activ'Air® (tipo DI, peso 10,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
 2 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 100 mm + 2 lana minerale Isover Arena34 sp. 95 mm
 Intercapedine d'aria sp. 5 mm (centrale)
 1 lastra Gyproc Habito 13 Activ'Air® (tipo DI, peso 10,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
 1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
255 mm
 Fonoisolamento
R_w = 73 dB
 Rapporto di prova
UCEEB LASIw-15-02-a



SOL. 54 SAD 255/100 LA34 HF

2 lastre Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm
 2 Guide e Montanti Gyproc Gyprofile da 100 mm + 2 lana minerale Isover Arena34 sp. 95 mm
 Intercapedine d'aria sp. 5 mm (centrale)
 2 lastre Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
255 mm
 Fonoisolamento
R_w = 74 dB
 Rapporto di prova
CVUT 181034/2017 - LASIw-17-23

PARETI DIVISORIE INTERNE / TAMPONAMENTO ESTERNO - ISOLAMENTO IN INTERCAPEDINE (SISTEMA TRADIZIONALE)



SOL. 55

Isolamento intercapedine con Isover Insulsafe33 sp. 60 mm

Parete laterizio sp. 80 mm + intonaco sp. 15 mm
Lana vetro in fiocchi Isover Insulsafe33 sp. 60 mm
Parete laterizio sp. 120 mm + intonaco sp. 10+15 mm
Cappotto Isover Clima34 sp. 80 mm + ciclo di finitura

Spessore
300 mm
Fonoisolamento
 $R_w = 55$ dB
Rapporto di prova
I.G. 325479

[Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 159](#)



SOL. 56

Isolamento intercapedine con Isover Arena32 sp. 60 mm

Parete laterizio sp. 80 mm + intonaco sp. 15+15 mm
Lana minerale Isover Arena32 sp. 60 mm
Parete laterizio sp. 80 mm + intonaco sp. 15 mm

Spessore
265 mm
Fonoisolamento
 $R_w = 57$ dB
Rapporto di prova
I.G. 172789



SOL. 57

Isolamento intercapedine con Isover Mupan33 4+ sp. 60 mm

Parete laterizio sp. 80 mm + intonaco sp. 15+15 mm
Lana vetro Isover Mupan33 4+ sp. 60 mm
Parete laterizio sp. 80 mm + intonaco sp. 15 mm

Spessore
265 mm
Fonoisolamento
 $R_w = 57$ dB
Rapporto di prova
I.G. 172791



SOL. 58

Isolamento intercapedine con Isover Arena34 sp. 70 mm

Parete laterizio sp. 80 mm + intonaco sp. 15+15 mm
Lana minerale Isover Arena34 sp. 70 mm
Parete laterizio sp. 115 mm + intonaco sp. 15 mm

Spessore
310 mm
Fonoisolamento
 $R_w = 57$ dB
Rapporto di prova
I.G. 172790



SOL. 59

Isolamento intercapedine con Isover Extrawall 4+ sp. 50 mm

Parete laterizio sp. 80 mm + intonaco sp. 15 mm
Lana vetro Isover Extrawall 4+ sp. 50 mm
Parete laterizio sp. 80 mm + intonaco sp. 15 mm

Spessore
240 mm
Fonoisolamento
 $R_w = 58$ dB
Rapporto di prova
I.G. 219798

[Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 160](#)



SOL. 60

Isolamento intercapedine con Isover Arena32 sp. 80 mm

Parete laterizio sp. 80 mm + intonaco sp. 15+15 mm
Lana minerale Isover Arena32 sp. 80 mm
Parete laterizio sp. 80 mm + intonaco sp. 15 mm

Spessore
265 mm
Fonoisolamento
 $R_w = 59$ dB
Rapporto di prova
I.G. 172788

[Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 161](#)

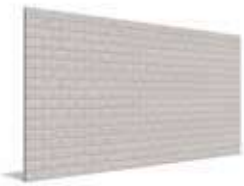
CONTROPARETI INTERNE - SISTEMA A SECCO



SOL. 61
Parete laterizio intonacata

Parete laterizio sp. 80 mm + intonaco sp. 10+10 mm

Spessore
100 mm
 Fonoisolamento
 $R_w = 39$ dB
 Rapporto di prova
I.G. 222358



SOL. 62
Parete cls alleggerito

Parete cls alleggerito sp. 250 mm + rasatura gesso sp. 3 mm

Spessore
253 mm
 Fonoisolamento
 $R_w = 47$ dB
 Rapporto di prova
I.G. 222360



SOL. 63
CT 75/50 L STD

Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + lana vetro Isover AcustiPAR 4+ sp. 45 mm
 2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
75 mm
 Fonoisolamento
 $R_w = 37$ dB
 Rapporto di prova
I.G. 378558



SOL. 64
CT 75/50 LA34 STD

Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + lana minerale Isover Arena34 sp. 45 mm
 2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
75 mm
 Fonoisolamento
 $R_w = 38$ dB
 Rapporto di prova
I.G. 378559

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 162



SOL. 65
CP.I HAB SILENCE

Parete laterizio sp. 100 mm + intonaco sp. 15+15 mm
 1 lastra accoppiata Gyproc Habito Silence Activ'Air® (tipo DH1I, peso 14,5 kg/m²) sp. 14,5 mm incollata con Gyproc MAP3

Spessore
25 mm
 Fonoisolamento
 $R_w = 48$ dB
 Rapporto di prova
I.G. 343283



SOL. 66
Parete laterizio porizzato

Parete laterizio porizzato sp. 250 mm + intonaco sp. 15 mm

Spessore
265 mm
 Fonoisolamento
 $R_w = 49$ dB
 Rapporto di prova
I.G. 222359

CONTROPARETI INTERNE - SISTEMA A SECCO



SOL. 67 CP.I HAB CLIMA 13+20

Parete laterizio sp. 80 mm + intonaco sp. 10+10 mm
 1 lastra accoppiata Gyproc Habito Clima 13+20 Activ'Air®
 (tipo DH1I, peso 12,2 kg/m²) sp. 12,5+20 mm incollata con Gyproc MAP3

Spessore
40 mm
 Fonoisolamento
R_w = 56 dB
 Rapporto di prova
I.G. 322893



SOL. 68 CP.S 75/50 L DG HAB

Parete X-LAM sp. 80 mm
 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + lana vetro Isover PAR 4+
 sp. 45 mm
 1 lastra Gyproc Duragyp 13 Activ'Air® (tipo DEFH1IR, peso 12,3 kg/m²)
 sp. 12,5 mm
 1 lastra Gyproc Habito 13 Activ'Air® (tipo DI, peso 10,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
75 mm
 Fonoisolamento
R_w = 59 dB
 Rapporto di prova
I.G. 322859

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 163



SOL. 69 CP.I HAB CLIMA 13+40

Parete laterizio sp. 80 mm + intonaco sp. 10+10 mm
 1 lastra accoppiata Gyproc Habito Clima 13+40 Activ'Air®
 (tipo DH1I, peso 13,9 kg/m²) sp. 12,5+40 mm incollata con Gyproc MAP3

Spessore
63 mm
 Fonoisolamento
R_w = 60 dB
 Rapporto di prova
I.G. 322892

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 164



SOL. 70 CP.I HAB CLIMA 13+20

Parete laterizio sp. 80 mm + intonaco sp. 10+10 mm
 1 lastra accoppiata Gyproc Habito Clima 13+20 Activ'Air®
 (tipo DH1I, peso 12,2 kg/m²) sp. 12,5+20 mm incollata con Gyproc MAP3
 1 lastra Gyproc Habito 13 Activ'Air® (tipo DI, peso 10,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
 incollata con Gyproc MAP3

Spessore
60 mm
 Fonoisolamento
R_w = 60 dB
 Rapporto di prova
I.G. 322894



SOL. 71 CP.S 18/48 LA31 HF

Parete laterizio sp. 100 mm + intonaco sp. 15+15 mm
 Montanti Gyproc Gyprofile 18/48 mm + lana minerale Isover Arena31
 sp. 20 mm
 1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
50 mm
 Fonoisolamento
R_w = 62 dB
 Rapporto di prova
I.G. 362295



SOL. 72 2 x CP.S 75/50 L STD (controparete su entrambi i lati della parete)

Parete laterizio sp. 80 mm + intonaco sp. 10+10 mm
 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + lana vetro Isover PAR 4+
 sp. 45 mm
 2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
72 (x2) mm
 Fonoisolamento
R_w = 62 dB
 Rapporto di prova
I.G. 222358

CONTROPARETI INTERNE - SISTEMA A SECCO



SOL. 73 CP.S 63/50 L STD

Parete laterizio sp. 80 mm + intonaco sp. 15+15 mm
 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + lana vetro Isover AcustiPAR 4+ sp. 45 mm
 1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm con scatole elettriche

Spessore
62,5 mm
 Fonoisolamento
R_w = 63 dB
 Rapporto di prova
Z LAB 149-2020-IAP



SOL. 74 CP.S 63/50 LA34 STD

Parete laterizio sp. 100 mm + intonaco sp. 15+15 mm
 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + lana minerale Isover Arena34 sp. 45 mm
 1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm con scatole elettriche

Spessore
62,5 mm
 Fonoisolamento
R_w = 64 dB
 Rapporto di prova
I.G. 362299



SOL. 75 CP.S 75/50 L STD

Parete cls alleggerito sp. 250 mm + rasatura gesso sp. 3 mm
 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + lana vetro Isover PAR 4+ sp. 45 mm
 2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
75 mm
 Fonoisolamento
R_w = 64 dB
 Rapporto di prova
I.G. 222360



SOL. 76 CP.S 75/50 L STD

Parete laterizio porizzato sp. 250 mm + intonaco sp. 15 mm
 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + lana vetro Isover PAR 4+ sp. 45 mm
 2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
75 mm
 Fonoisolamento
R_w = 64 dB
 Rapporto di prova
I.G. 222359



SOL. 77 CP.S 75/50 L DUO'TECH

Parete laterizio sp. 80 mm + intonaco sp. 10+10 mm
 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + lana vetro Isover PAR 4+ sp. 45 mm
 1 lastra Gyproc Duo'Tech 25 Activ'Air®(tipo DI, peso 19,7 kg/m²) sp. 25 mm

Spessore
75 mm
 Fonoisolamento
R_w = 65 dB
 Rapporto di prova
I.G. 318475

CONTROPARETI INTERNE - SISTEMA A SECCO



SOL. 78 CP.S 63/50 L HF

Parete laterizio sp. 80 mm + intonaco sp. 15+15 mm
Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + lana vetro Isover AcustiPAR 4+ sp. 45 mm
1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
62,5 mm
Fonoisolamento
R_w = 65 dB
Rapporto di prova
Z LAB 146-2020-IAP



SOL. 79 HF 3.1 - CP.S 63/50 LA34 HF

Parete laterizio sp. 120 mm + intonaco sp. 15 mm
Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + lana minerale Isover Arena34 sp. 45 mm
1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
62,5 mm
Fonoisolamento
R_w = 66 dB
Rapporto di prova
CTA 160017/AER-5

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 165



SOL. 80 CP.S 18/48 LA31 STD HF

Parete laterizio sp. 100 mm + intonaco sp. 15+15 mm
Montanti Gyproc Gyprofile 18/48 mm + lana minerale Isover Arena31 sp. 20 mm
1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
60 mm
Fonoisolamento
R_w = 66 dB
Rapporto di prova
I.G. 362296



SOL. 81 CP.I HAB CLIMA 13+40

Parete laterizio sp. 250 mm + intonaco sp. 15+15 mm
1 lastra accoppiata Gyproc Habito Clima 13+40 Activ'Air® (tipo DH1I, peso 13,9 kg/m²) sp. 12,5+40 mm incollata con Gyproc MAP3

Spessore
63 mm
Fonoisolamento
R_w = 66 dB
Rapporto di prova
I.G. 324804



SOL. 82 CP.S 65/50 L HAB SILENCE

Parete laterizio sp. 80 mm + intonaco sp. 15+15 mm
Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + lana vetro Isover AcustiPAR 4+ sp. 45 mm
1 lastra accoppiata Gyproc Habito Silence Activ'Air® (tipo DH1I, peso 14,5 kg/m²) sp. 14,5 mm

Spessore
65 mm
Fonoisolamento
R_w = 66 dB
Rapporto di prova
Z LAB 147-2020-IAP

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 166

CONTROPARETI INTERNE - SISTEMA A SECCO



SOL. 83 CP.S 75/50 LA34 STD

Parete laterizio sp. 100 mm + intonaco sp. 15+15 mm
 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + lana minerale Isover Arena34 sp. 45 mm
 2 lastre Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm con scatole elettriche

Spessore
75 mm
 Fonoisolamento
R_w = 67 dB
 Rapporto di prova
I.G. 362298



SOL. 84 CP.S 83/50 LA31-32 HF

Parete laterizio sp. 100 mm + intonaco sp. 15+15 mm
 1 Lana minerale Isover Arena31 sp. 20 mm
 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + lana minerale Isover Arena32 sp. 45 mm
 1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
82,5 mm
 Fonoisolamento
R_w = 67 dB
 Rapporto di prova
I.G. 362293



SOL. 85 2 x CP.S 63/50 LA34 STD (controparete su entrambi i lati della parete)

Parete laterizio sp. 100 mm + intonaco sp. 15+15 mm
 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + lana minerale Isover Arena34 sp. 45 mm
 1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm con scatole elettriche

Spessore
62,5 (x 2) mm
 Fonoisolamento
R_w = 68 dB
 Rapporto di prova
I.G. 362300



SOL. 86 CP.S 75/50 L STD HF

Parete laterizio sp. 80 mm + intonaco sp. 15+15 mm
 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + lana vetro Isover AcustiPAR 4+ sp. 45 mm
 1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm con scatole elettriche
 1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
75 mm
 Fonoisolamento
R_w = 68 dB
 Rapporto di prova
Z LAB 148-2020-IAP



SOL. 87 CP.S 95/50 LA31-32 HF STD

Parete laterizio sp. 100 mm + intonaco sp. 15+15 mm
 1 Lana minerale Isover Arena31 sp. 20 mm
 Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 50 mm + lana minerale Isover Arena32 sp. 45 mm
 1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
 1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm

Spessore
95 mm
 Fonoisolamento
R_w = 69 dB
 Rapporto di prova
I.G. 362294

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 167

PARETI TAMPONAMENTO ESTERNO - SISTEMA A SECCO



SOL. 88 GX2 - SA3 194/150 L GX HF

1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm
1 lastra Gyproc Vapor 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
Montanti Gyproc External Profile Zn-Mg da 150 mm + lana vetro Isover Clima34 sp. 140 mm
1 lastra Gyproc Glasroc X® 13 (tipo GM-FH1IR, peso 12 kg/m²) sp. 12,5 mm con ciclo di finitura

Spessore
193,5 mm
Fonoisolamento
R_w = 59 dB
Rapporto di prova di riferimento
I.G. 355570



SOL. 89 GX2 CLIMA - SA3 254/150 L GX HF CLIMA

1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm
1 lastra Gyproc Vapor 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
Montanti Gyproc External Profile Zn-Mg da 150 mm + lana vetro Isover Clima34 sp. 140 mm
1 lastra Gyproc Glasroc X® 13 (tipo GM-FH1IR, peso 12 kg/m²) sp. 12,5 mm
Cappotto lana di vetro Isover Clima34 sp. 60 mm con ciclo di finitura

Spessore
254 mm
Fonoisolamento
R_w = 62 dB
Rapporto di prova di riferimento
I.G. 355571

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 168



SOL. 90 AQUAROC PERFORMA - SAD5 293/100-75 L RH HAB AQUAROC EPS

1 lastra Gyproc Habito Vapor 13 Activ'Air® (tipo DI, peso 10,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
1 lastra Gyproc Habito 13 Activ'Air® (tipo DI, peso 10,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 75 mm + lana vetro Isover PAR 4+ sp. 70 mm
1 lastra Gyproc Rigidur H 15 (tipo GF-C1-I-W2, peso 18 kg/m²) sp. 15 mm (centrale)
Montanti Gyproc External Profile Zn-Mg da 100 mm + lana minerale Isover Arena34 sp. 95 mm
1 lastra Gyproc Aquaroc 13 (peso 13,7 kg/m²) sp. 12,5 mm
Cappotto EPS sp. 60 mm con ciclo di finitura

Spessore
293 mm
Fonoisolamento
R_w = 65 dB
Rapporto di prova
I.G. 290407



SOL. 91 AQUAROC PRIMA - SAD5 246/100-75 L RH HAB AQUAROC

1 lastra Gyproc Habito Vapor 13 Activ'Air® (tipo DI, peso 10,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
1 lastra Gyproc Habito 13 Activ'Air® (tipo DI, peso 10,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 75 mm + lana vetro Isover PAR 4+ sp. 70 mm
1 lastra Gyproc Rigidur H 15 (tipo GF-C1-I-W2, peso 18 kg/m²) sp. 15 mm (centrale)
Montanti Gyproc External Profile Zn-Mg da 100 mm + lana minerale Isover Arena32 sp. 95 mm
2 lastre Gyproc Aquaroc 13 (peso 13,7 kg/m²) sp. 12,5 mm con ciclo di finitura

Spessore
246 mm
Fonoisolamento
R_w = 66 dB
Rapporto di prova
I.G. 290406



SOL. 92 GX1 - SAD4 231/100-75 L GX HF

1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm
1 lastra Gyproc Vapor 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
Guide e montanti Gyproc Gyprofile da 75 mm + lana vetro Isover PAR 4+ sp. 70 mm
1 lastra Gyproc Habito® Forte 13 (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm (centrale)
Montanti Gyproc External Profile Zn-Mg da 100 mm + lana minerale Isover Arena34 sp. 95 mm
1 lastra Gyproc Glasroc X® 13 (tipo GM-FH1IR, peso 12 kg/m²) sp. 12,5 mm con ciclo di finitura

Spessore
231 mm
Fonoisolamento
R_w = 68 dB
Rapporto di prova di riferimento
I.G. 355572

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 169

PARETI TAMPONAMENTO ESTERNO - SISTEMA A SECCO



SOL. 93 SAD4 240/100-75 L DG AQUAROC

1 lastra Gyproc Duragyp 13 Activ'Air® (tipo DEFH11R, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm
1 lastra Gyproc Vapor 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm
Montanti Gyproc Gyprofile da 75 mm + lana vetro Isover PAR 4+ sp. 70 mm
1 lastra Gyproc Duragyp 13 Activ'Air® (tipo DEFH11R, peso 12,3 kg/m²) sp. 12,5 mm (centrale)
Montanti Gyproc External Profile Zn-Mg da 100 mm + lana minerale Isover Arena32 sp. 95 mm
1 lastra Gyproc Aquaroc 13 (peso 13,7 kg/m²) sp. 12,5 mm con ciclo di finitura

Spessore
241 mm
Fonoisolamento
R_w = 68 dB
Rapporto di prova
I.G. 350950

PARETI TAMPONAMENTO ESTERNO - ISOLAMENTO A CAPPOTTO



SOL. 94 Isolamento a cappotto con webertherm Robusto Universal

Parete laterizio sp. 80 mm + intonaco sp. 15 mm
Intercapedine d'aria sp. 60 mm
Parete laterizio sp. 120 mm + intonaco sp. 10+15 mm
Isolante Isover Clima34 - webertherm LV034 sp. 80 mm
Intonaco cementizio webertherm INTO sp. 20 mm con ciclo di finitura

Spessore
404 mm
Fonoisolamento
R_w = 57 dB
Rapporto di prova
I.G. 325049

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 170



SOL. 95 Isolamento a cappotto con Isover Clima34 - webertherm LV034 sp. 80 mm

Parete laterizio sp. 80 mm + intonaco sp. 15 mm
Intercapedine d'aria sp. 60 mm
Parete laterizio sp. 120 mm + intonaco sp. 10+15 mm
Cappotto lana di vetro Isover Clima34 - webertherm LV034 sp. 80 mm con ciclo di finitura

Spessore
386 mm
Fonoisolamento
R_w = 59 dB
Rapporto di prova
I.G. 325048



SOL. 96 Isolamento a cappotto con Isover Clima34 - webertherm LV034 sp. 80 mm

Parete laterizio sp. 250 mm + intonaco sp. 15+15 mm
Cappotto Isover Clima34 - webertherm LV034 sp. 80 mm con ciclo di finitura

Spessore
366 mm
Fonoisolamento
R_w = 60 dB
Rapporto di prova
I.G. 325047

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 171

SUPERFICI VETRATE



SOL. 97
CLIMALIT SILENCE® 31/40
Vetrata Isolante Doppia - DGU

1 lastra STADIP SILENCE® 44.1
 Intercapedine 16 mm Aria
 1 lastra STADIP® 33.1

Spessore
30,88 mm
 Fonoisolamento
 $R_w = 40$ dB
 $C = -1$
 $C_{tr} = -5$
 Rapporto di prova
CDI - 700224



SOL. 98
CLIMALIT SILENCE® 30/40
Vetrata Isolante Doppia - DGU

1 lastra PLANICLEAR® 6 mm
 Intercapedine 16 mm Aria
 1 lastra STADIP SILENCE® 44.1

Spessore
30,50 mm
 Fonoisolamento
 $R_w = 40$ dB
 $C = -2$
 $C_{tr} = -6$
 Rapporto di prova
CSI - 0225-DEI-CPD-06



SOL. 99
CLIMAPLUS® PROTECT 34/40
Vetrata Isolante Doppia - DGU

1 lastra PLANICLEAR® 6 mm
 Intercapedine 18 mm Argon
 1 lastra STADIP PROTECT® 44.4

Spessore
33,52 mm
 Fonoisolamento
 $R_w = 40$ dB
 $C = -2$
 $C_{tr} = -6$
 Rapporto di prova
IFT - 11-002492-PR01
(PB-10-H01-04-DE-02)



SOL. 100
CLIMATOP® PROTECT 43/40
Vetrata Isolante Tripla - TGU

1 lastra STADIP PROTECT® 44.2
 Intercapedine 12 mm Argon
 1 lastra DIAMANT® 4 mm
 Intercapedine 12 mm Argon
 1 lastra STADIP® 33.1

Spessore
43,14 mm
 Fonoisolamento
 $R_w = 40$ dB
 $C = -2$
 $C_{tr} = -6$
 Rapporto di prova
IFT - 16-003401-PR01
(PB-28-H01-04-EN-01)



SOL. 101
CLIMATOP® PROTECT 45/40
Vetrata Isolante Tripla - TGU

1 lastra PLANICLEAR® 6 mm
 Intercapedine 12 mm Argon
 1 lastra DIAMANT® 4 mm
 Intercapedine 12 mm Argon
 1 lastra STADIP PROTECT® 44.2

Spessore
42,76 mm
 Fonoisolamento
 $R_w = 40$ dB
 $C = -2$
 $C_{tr} = -5$
 Rapporto di prova
IFT - 14-003256-PR01
(PB-7-H01-04-DE-02)



SOL. 102
CLIMATOP® PROTECT 53/40
Vetrata Isolante Tripla - TGU

1 lastra PLANICLEAR® 6 mm
 Intercapedine 16 mm Argon
 1 lastra DIAMANT® 4 mm
 Intercapedine 16 mm Argon
 1 lastra STADIP PROTECT® 44.2

Spessore
50,76 mm
 Fonoisolamento
 $R_w = 40$ dB
 $C = -2$
 $C_{tr} = -7$
 Rapporto di prova
IFT - 16-003401-PR01
(PB-11-H01-04-EN-01)

SUPERFICI VETRATE



SOL. 103
CLIMAPLUS SILENCE® 27/40
Vetrata Isolante Doppia - DGU
 1 lastra STADIP SILENCE® 44.1
 Intercapedine 12 mm Argon
 1 lastra STADIP® 33.1

Spessore
26,88 mm
 $R_w = 40 \text{ dB}$
 $C = -2$
 $C_{tr} = -6$
 Rapporto di prova
I.G. 236018-2615-CPD



SOL. 104
CLIMAPLUS® PROTECT 35/40
Vetrata Isolante Doppia - DGU
 1 lastra PLANICLEAR® 8 mm
 Intercapedine 16 mm Argon
 1 lastra STADIP PROTECT® 64.2

Spessore
34,76 mm
 $R_w = 40 \text{ dB}$
 $C = -2$
 $C_{tr} = -5$
SWA L-LAD - 03-038-03



SOL. 105
CLIMATOP® SILENCE 41/40
Vetrata Isolante Tripla - TGU
 1 lastra STADIP SILENCE® 33.1
 Intercapedine 12 mm Argon
 1 lastra DIAMANT® 4 mm
 Intercapedine 12 mm Argon
 1 lastra STADIP® 33.1

Spessore
40,88 mm
 $R_w = 40 \text{ dB}$
 $C = -2$
 $C_{tr} = -7$
 Rapporto di prova
I.G. 254625-4172-CPD



SOL. 106
CLIMAPLUS® SILENCE 32/42
Vetrata Isolante Doppia - DGU
 1 lastra PLANICLEAR® 8 mm
 Intercapedine 16 mm Argon
 1 lastra STADIP SILENCE® 44.1

Spessore
32,50 mm
 $R_w = 42 \text{ dB}$
 $C = -2$
 $C_{tr} = -6$
 Rapporto di prova
IFT - 14-003256-PR01 (PB-1-H01-04-DE-02)



SOL. 107
CLIMAPLUS® PROTECT 31/42
Vetrata Isolante Doppia - DGU
 1 lastra STADIP PROTECT® 44.2
 Intercapedine 16 mm Argon
 1 lastra STADIP® 33.1

Spessore
31,14 mm
 $R_w = 42 \text{ dB}$
 $C = -2$
 $C_{tr} = -7$
 Rapporto di prova
IFT - 13-001521-PR01 (PB-9-H01-04-EN-01)



SOL. 108
CLIMAPLUS SILENCE® 31/42
Vetrata Isolante Doppia - DGU
 1 lastra PLANICLEAR® 6 mm
 Intercapedine 16 mm Argon
 1 lastra STADIP SILENCE® 44.2

Spessore
30,76 mm
 $R_w = 42 \text{ dB}$
 $C = -2$
 $C_{tr} = -7$
 Rapporto di prova
IFT - 13-001521-PR01 (PB-5-H01-04-EN-01)



SOL. 109
CLIMAPLUS SILENCE® 32/42
Vetrata Isolante Doppia - DGU
 1 lastra PLANICLEAR® 6 mm
 Intercapedine 18 mm Argon
 1 lastra STADIP SILENCE® 44.1

Spessore
32,50 mm
 $R_w = 42 \text{ dB}$
 $C = -2$
 $C_{tr} = -7$
 Rapporto di prova
IFT - 163-32080-Z2

SUPERFICI VETRATE



SOL. 110
CLIMATOP SILENCE® 42/42
Vetrata Isolante Tripla - TGU

1 lastra PLANICLEAR® 6 mm
Intercapedine 12 mm Argon
1 lastra DIAMANT® 4 mm
Intercapedine 12 mm Argon
1 lastra STADIP SILENCE® 44.1

Spessore
42,50 mm
 $R_w = 42$ dB
 $C = -1$
 $C_{tr} = -5$
Rapporto di prova
IFT - 163-32080-Z6



SOL. 111
CLIMALIT SILENCE® 28/42
Vetrata Isolante Doppia - DGU

1 lastra PLANICLEAR® 8 mm
Intercapedine 12 mm Aria
1 lastra STADIP SILENCE® 44.1

Spessore
28,50 mm
 $R_w = 42$ dB
 $C = -2$
 $C_{tr} = -5$
Rapporto di prova
I.G. 237757-2704-CPD



SOL. 112
CLIMAPLUS SILENCE® INFINITY 31/43
Vetrata isolante doppia - DGU

1 lastra STADIP SILENCE® 44.1 con deposito PLANITHERM® INFINITY in faccia 2
Intercapedine 16 mm Argon
1 lastra STADIP 33.1

Spessore
30,88 mm
 $R_w = 43$ dB
 $C = -3$
 $C_{tr} = -8$
Rapporto di prova
SWA L-LAD - 02-149-04

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 172



SOL. 113
CLIMATOP SILENCE® INFINITY 47/43
Vetrata isolante tripla - TGU

1 lastra STADIP® 44.1 con deposito PLANITHERM® INFINITY in faccia 2
Intercapedine 12 mm Argon
1 lastra DIAMANT® 6 mm
Intercapedine 12 mm Argon
1 lastra STADIP SILENCE® 44.1 con deposito PLANITHERM® CLEAR 1.0 in faccia 5

Spessore
46,88 mm
 $R_w = 43$ dB
 $C = -2$
 $C_{tr} = -6$
Rapporto di prova
IFT - 42473-2

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 173



SOL. 114
CLIMALIT SILENCE® 38/45
Vetrata Isolante Doppia - DGU

1 lastra PLANICLEAR® 10 mm
Intercapedine 16 mm Argon
1 lastra STADIP SILENCE® 66.1

Spessore
38,50 mm
 $R_w = 45$ dB
 $C = -1$
 $C_{tr} = -5$
Rapporto di prova
CSTC - 2002244



SOL. 115
CLIMALIT SILENCE® 34/45
Vetrata Isolante Doppia - DGU

1 lastra PLANICLEAR® 10 mm
Intercapedine 16 mm Argon
1 lastra STADIP SILENCE® 44.1

Spessore
34,50 mm
 $R_w = 45$ dB
 $C = -3$
 $C_{tr} = -7$
Rapporto di prova
CSTC - 2002249

SUPERFICI VETRATE



SOL. 116
CLIMAPLUS SILENCE® 35/45
Vetrata Isolante Doppia - DGU

1 lastra STADIP SILENCE® 55.1
 Intercapedine 16 mm Argon
 1 lastra STADIP SILENCE® 44.1

Spessore
35,00 mm
 $R_w = 45 \text{ dB}$
 $C = -2$
 $C_{tr} = -6$
 Rapporto di prova
IFT - 16-003401-PR01
(PB-22-H01-04-EN-01)



SOL. 117
CLIMATOP® PROTECT 51/45
Vetrata Isolante Tripla - TGU

1 lastra PLANICLEAR® 8 mm
 Intercapedine 12 mm Argon
 1 lastra DIAMANT® 6 mm
 Intercapedine 12 mm Argon
 1 lastra STADIP PROTECT® 66.2

Spessore
50,76 mm
 $R_w = 45 \text{ dB}$
 $C = -2$
 $C_{tr} = -6$
 Rapporto di prova
IFT - 13-000952-PR01
(PB-3-H01-04-DE-02)



SOL. 118
CLIMAPLUS SILENCE® INFINITY 37/45
Vetrata isolante doppia - DGU

1 lastra STADIP SILENCE® 44.1 con deposito PLANITHERM® INFINITY in faccia 2
 Intercapedine 20 mm Argon
 1 lastra STADIP SILENCE® 33.1

Spessore
50,76 mm
 $R_w = 45 \text{ dB}$
 $C = -2$
 $C_{tr} = -6$
 Rapporto di prova
I.G. - 237767-2804

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 174



SOL. 119
CLIMATOP SILENCE® XTREME 44/45
Vetrata isolante tripla - TGU

1 lastra SECURIT® HST spessore mm 8 con deposito COOL-LITE® XTREME 70/33 II in faccia 2
 Intercapedine 12 mm Argon
 1 lastra DIAMANT® 4 mm
 Intercapedine 12 mm Argon
 1 lastra STADIP SILENCE® 44.1 con deposito PLANITHERM® CLEAR 1.0 in faccia 5

Spessore
46,88 mm
 $R_w = 45 \text{ dB}$
 $C = -2$
 $C_{tr} = -6$
 Rapporto di prova
IFT - 163-32080-Z11

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 175



SOL. 120
CLIMAPLUS SILENCE® 38/48
Vetrata Isolante Doppia - DGU

1 lastra STADIP SILENCE® 66.2
 Intercapedine 16 mm Argon
 1 lastra STADIP SILENCE® 44.2

Spessore
37,52 mm
 $R_w = 45 \text{ dB}$
 $C = -2$
 $C_{tr} = -6$
 Rapporto di prova
IFT - 14-003695-PR01
(PB-17-H01-04-DE-01)



SOL. 121
CLIMALIT SILENCE® 47/48
Vetrata Isolante Doppia - DGU

1 lastra STADIP SILENCE® 66.1
 Intercapedine 24 mm Aria
 1 lastra STADIP SILENCE® 55.1

Spessore
47,00 mm
 $R_w = 48 \text{ dB}$
 $C = -3$
 $C_{tr} = -7$
 Rapporto di prova
I.G. 236013-2610-CPD

SUPERFICI VETRATE



SOL. 122
CLIMAPLUS SILENCE® 38/48
Vetrata Isolante Doppia - DGU
1 lastra STADIP SILENCE® 55.2
Intercapedine 18 mm Argon
1 lastra STADIP SILENCE® 44.2

Spessore
37,52 mm
 $R_w = 48$ dB
 $C = -2$
 $C_{tr} = -7$
Rapporto di prova
IFT - 16-003709-PR01
(PB-6-0-H01-04-DE-01)



SOL. 123
CLIMAPLUS SILENCE® INFINITY 37/48
Vetrata isolante doppia - DGU
1 lastra STADIP SILENCE® 64.1 con deposito PLANITHERM® INFINITY in faccia 2
Intercapedine 18 mm Argon
1 lastra STADIP SILENCE® 44.1

Spessore
37 mm
 $R_w = 48$ dB
 $C = -2$
 $C_{tr} = -7$
Rapporto di prova
IFT 16-003709-PR01
(PB-6-0-H01-04-DE-01)

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 176



SOL. 124
CLIMATOP SILENCE® INFINITY 51/49
Vetrata isolante tripla - TGU
1 lastra STADIP SILENCE® 64.1 con deposito PLANITHERM® INFINITY in faccia 2
Intercapedine 14 mm Argon
1 lastra DIAMANT® 4 mm
Intercapedine 14 mm Argon
1 lastra STADIP SILENCE® 44.1 con deposito PLANITHERM® INOX in faccia 5

Spessore
51 mm
 $R_w = 49$ dB
 $C = -2$
 $C_{tr} = -7$
Rapporto di prova
IFT 14-003256-PR02
(PB-16-H01-04-DE-01)

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 177



SOL. 125
CLIMAPLUS SILENCE® 47/50
Vetrata Isolante Doppia - DGU
1 lastra STADIP SILENCE® 86.1
Intercapedine 24 mm Argon
1 lastra STADIP SILENCE® 44.1

Spessore
47,00 mm
 $R_w = 50$ dB
 $C = -2$
 $C_{tr} = -7$
Rapporto di prova
CDI - 626020-I



SOL. 126
CLIMALIT SILENCE® 46/50
Vetrata Isolante Doppia - DGU
1 lastra STADIP SILENCE® 66.2
Intercapedine 24 mm Aria
1 lastra STADIP SILENCE® 44.2

Spessore
45,52 mm
 $R_w = 50$ dB
 $C = -2$
 $C_{tr} = -7$
Rapporto di prova
CSI - 0225-DEU-CPD-06 (15-31)



SOL. 127
CLIMALIT SILENCE® 42/50
Vetrata Isolante Doppia - DGU
1 lastra STADIP SILENCE® 66.2
Intercapedine 18 mm Argon
1 lastra STADIP SILENCE® 55.2

Spessore
41,52 mm
 $R_w = 50$ dB
 $C = -2$
 $C_{tr} = -6$
Rapporto di prova
IFT - 16-003709-PR01
(PB-3-0-H01-04-DE-01)



SOL. 128
CLIMALIT SILENCE® 52/50
Vetrata Isolante Doppia - DGU
1 lastra STADIP SILENCE® 86.2
Intercapedine 24 mm Aria
1 lastra STADIP SILENCE® 66.2

Spessore
51,52 mm
 $R_w = 50$ dB
 $C = -1$
 $C_{tr} = -4$
Rapporto di prova
TNO - DGT-RPT-030043 (27-60)

SUPERFICI VETRATE



SOL. 129
CLIMALIT SILENCE® 51/50
Vetrata Isolante Tripla - TGU
 1 lastra STADIP SILENCE® 66.1
 Intercapedine 12 mm Argon
 1 lastra PLANICLEAR® 6 mm
 Intercapedine 12 mm Argon
 1 lastra STADIP SILENCE® 44.1

Spessore
51,00 mm
 $R_w = 50 \text{ dB}$
 $C = -2$
 $C_{tr} = -6$
 Rapporto di prova
IFT - 163-32080-Z12



SOL. 130
CLIMALIT SILENCE® 45/50
Vetrata Isolante Doppia - DGU
 1 lastra STADIP SILENCE® 66.2
 Intercapedine 24 mm Aria
 1 lastra STADIP SILENCE® 44.1

Spessore
45,26 mm
 $R_w = 50 \text{ dB}$
 $C = -2$
 $C_{tr} = -7$
 Rapporto di prova
I.G. 237766-2803-CPD



SOL. 131
CLIMALIT SILENCE® 50/51
Vetrata Isolante Doppia - DGU
 1 lastra STADIP SILENCE® 86.2
 Intercapedine 24 mm Aria
 1 lastra STADIP SILENCE® 64.2

Spessore
49,52 mm
 $R_w = 51 \text{ dB}$
 $C = -1$
 $C_{tr} = -4$
 Rapporto di prova
CSI - 0225-DU-CPD-06 (14-31)



SOL. 132
CLIMAPLUS SILENCE® XTREME 47/51
Vetrata isolante doppia - DGU
 1 lastra STADIP SILENCE® 88.2 con deposito COOL-LITE® XTREME 70/33 in faccia 2
 Intercapedine 20 mm Aria
 1 lastra STADIP SILENCE® 55.1

Spessore
47,26 mm
 $R_w = 51 \text{ dB}$
 $C = -2$
 $C_{tr} = -5$
 Rapporto di prova
I.G. 237754-2791-CPD

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 178



SOL. 133
CLIMATOP SILENCE® INFINITY 53/51
Vetrata isolante tripla - TGU
 1 lastra STADIP SILENCE® 66.1 con deposito PLANITHERM® INFINITY in faccia 2
 Intercapedine 14 mm Aria
 1 lastra DIAMANT® 4 mm
 Intercapedine 14 mm Aria
 1 lastra STADIP SILENCE® 44.1 con deposito PLANITHERM® INOX in faccia 5

Spessore
47,26 mm
 $R_w = 51 \text{ dB}$
 $C = -2$
 $C_{tr} = -7$
 Rapporto di prova
IFT - 12-002463-PR01 (PB-1-H01-04-DE-01)

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 179



SOL. 134
CLIMALIT SILENCE® 51/52
Vetrata Isolante Doppia - DGU
 1 lastra STADIP SILENCE® 88.2
 Intercapedine 24 mm Aria
 1 lastra STADIP SILENCE® 55.1

Spessore
51,26 mm
 $R_w = 52 \text{ dB}$
 $C = -2$
 $C_{tr} = -5$
 Rapporto di prova
I.G. 207755-27-92-CPD



SOL. 135
CLIMALIT SILENCE® 50/52
Vetrata Isolante Doppia - DGU
 1 lastra STADIP SILENCE® 86.2
 Intercapedine 24 mm Argon
 1 lastra STADIP SILENCE® 64.2

Spessore
49,52 mm
 $R_w = 52 \text{ dB}$
 $C = -2$
 $C_{tr} = -6$
 Rapporto di prova
SWA L-LAD - 02-156-04

CONTROSOFFITTI CONTINUI (FONOIISOLAMENTO)



SOL. 136
Solaio in latero cemento

1 Solaio latero cemento sp. 160+40 mm + intonaco sp. 10 mm

Fonoisolamento

$R_w = 46$ dB

Livello sonoro calpestio

$L_{n,w} = 89$ dB

Rapporto di prova

I.G. 372242



SOL. 137
CS.P 27/48 L HAB

Solaio latero cemento sp. 160+40 mm + intonaco sp. 10 mm

Intercapedine d'aria sp. 200 mm

Doppia struttura Gyproc Gyprofile 27/48, prim. int. 1200 mm, sec. int. 600 mm, pendini int. 1200 mm + lana vetro Isover PAR 4+ sp. 45 mm

1 lastra Gyproc Habito 13 Activ'Air® (tipo DI, peso 10,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Fonoisolamento

$R_w = 61$ dB

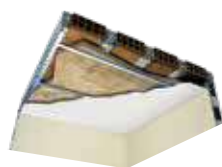
Livello sonoro calpestio

$L_{n,w} = 53$ dB

Rapporto di prova

I.G. 322857

I.G. 322858



SOL. 138
CS.AD 18/48 LA34 HAB

Solaio latero cemento sp. 160+40 mm + intonaco sp. 10 mm

Intercapedine d'aria sp. 65 mm

Singola struttura Gyproc Gyprofile 18/48 int. 500 mm, staffe antivibranti int. 1000 mm + lana minerale Isover Arena34 sp. 45 mm

1 lastra Gyproc Habito 13 Activ'Air® (tipo DI, peso 10,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Fonoisolamento

$R_w = 64$ dB

Livello sonoro calpestio

$L_{n,w} = 55$ dB

Rapporto di prova

I.G. 372242



SOL. 139
CS.AD 18/48 LA34 STD HAB

Solaio latero cemento sp. 160+40 mm + intonaco sp. 10 mm

Intercapedine d'aria sp. 65 mm

Singola struttura Gyproc Gyprofile 18/48 int. 500 mm, staffe antivibranti int. 1000 mm + lana minerale Isover Arena34 sp. 45 mm

1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

1 lastra Gyproc Habito 13 Activ'Air® (tipo DI, peso 10,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Fonoisolamento

$R_w = 66$ dB

Livello sonoro calpestio

$L_{n,w} = 51$ dB

Rapporto di prova

I.G. 372243

CONTROSOFFITTI CONTINUI (FONOISOLAMENTO)



SOL. 140 CS.P 27/48 LA34 HAB

Solaio latero cemento sp. 160+40 mm + intonaco sp. 10 mm
 Intercapedine d'aria sp. 150 mm / 350 mm.

Doppia struttura Gyproc Gyprofile 27/48, prim. int. 1000 mm, sec. int. 500 mm, pendini antivibranti int. 1000 mm + lana minerale Isover Arena34 sp. 45+45 mm

1 lastra Gyproc Habito 13 Activ'Air® (tipo DI, peso 10,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Fonoisolamento
 $R_w = 67$ dB (int. 150 mm)
 Livello sonoro calpestio
 $L_{n,w} = 47$ dB (int. 150 mm)
 Rapporto di prova
I.G. 372244

Fonoisolamento
 $R_w = 68$ dB (int. 350 mm)
 Livello sonoro calpestio
 $L_{n,w} = 45$ dB (int. 350 mm)
 Rapporto di prova
I.G. 373367

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 180



SOL. 141 CS.P 27/48 L HAB

Solaio latero cemento sp. 160+40 mm + intonaco sp. 10 mm
 Intercapedine d'aria sp. 150 mm

Doppia struttura Gyproc Gyprofile 27/48, prim. int. 1000 mm, sec. int. 500 mm, pendini antivibranti int. 1000 mm + lana vetro Isover AcustiPAR 4+ sp. 70 mm

1 lastra Gyproc Habito 13 Activ'Air® (tipo DI, peso 10,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Fonoisolamento
 $R_w = 68$ dB
 Livello sonoro calpestio
 $L_{n,w} = 50$ dB
 Rapporto di prova
I.G. 379668

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 181



SOL. 142 CS.P 27/48 LA34 STD HAB

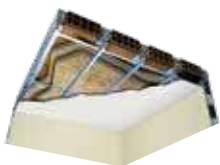
1 Solaio latero cemento sp. 160+40 mm + intonaco sp. 10 mm
 Intercapedine d'aria sp. 150 mm

Doppia struttura Gyproc Gyprofile 27/48, prim. int. 1000 mm, sec. int. 500 mm, pendini antivibranti int. 1000 mm + lana Isover Arena34 sp. 45+45 mm

1 lastra Gyproc Wallboard 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

1 lastra Gyproc Habito 13 Activ'Air® (tipo DI, peso 10,2 kg/m²) sp. 12,5 mm

Fonoisolamento
 $R_w = 69$ dB
 Livello sonoro calpestio
 $L_{n,w} = 44$ dB
 Rapporto di prova
I.G. 372244



SOL. 143 CS.P 27/48 LA34 HAB SILENCE

1 Solaio latero cemento sp. 160+40 mm + intonaco sp. 10 mm
 Intercapedine d'aria sp. 200 mm

Doppia struttura Gyproc Gyprofile 27/48, prim. int. 1000 mm, sec. int. 500 mm, pendini antivibranti int. 1000 mm + lana Isover Arena34 sp. 45+45 mm

1 lastra accoppiata Gyproc Habito Silence Activ'Air® (tipo DH1I, peso 14,5 kg/m²) sp. 14,5 mm

Fonoisolamento
 $R_w = 70$ dB
 Livello sonoro calpestio
 $L_{n,w} = 45$ dB
 Rapporto di prova
I.G. 372244
 (Val. analitica)

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 182

CONTROSOFFITTI MODULARI IN LASTRE DI GESSO RIVESTITO (FONOASSORBIMENTO)

Pannelli modulari in lastre di gesso rivestito forato Gyproc Gyptone® Activ'Air®



SOL. 144

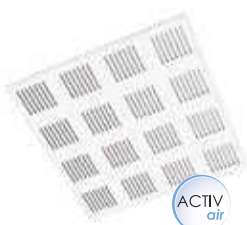
Gyproc Gyptone® Sixto 60 Activ'Air®

Spessore: 10 mm (bordi A-E15)
- 12,5 mm (bordo D2)

Dimensioni 600x600 mm

Foratura esagonale Ø 11 mm, interasse 20 mm
Superficie forata 17%

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,45	0,67	0,85	0,66	0,68	0,63	0,75	0,70	DANAK 100/990
Plenum 300 mm con lana min. 75 mm	0,55	0,70	0,79	0,81	0,80	0,75	0,80	0,80	DANAK 100/986



SOL. 145

Gyproc Gyptone® Line 4 Activ'Air®

Spessore: 10 mm (bordi A-E15)
- 12,5 mm (bordo D2)

Dimensioni 600x600 mm

Foratura lineare 6x95 mm
Superficie forata 18%

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,45	0,67	0,82	0,63	0,58	0,50	0,65 (L)	0,70	DANAK 100/1577
Plenum 300 mm con lana min. 70 mm	0,48	0,67	0,73	0,78	0,67	0,61	0,70	0,70	DANAK 100/1582



SOL. 146

Gyproc Gyptone® Quattro 20 Activ'Air®

Spessore: 10 mm (bordi A-E15) - 12,5 mm (bordo D2)

Dimensioni 600x600 mm

Foratura quadrata 9x9 mm, interasse 19,5 mm
Superficie forata 18%

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,56	0,66	0,80	0,67	0,70	0,66	0,75	0,70	UNIV. LEUVEN 5241
Plenum 200 mm con lana min. 50 mm	0,69	0,73	0,77	0,77	0,79	0,78	0,80	0,75	

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 183



SOL. 147

Gyproc Gyptone® Quattro 22 Activ'Air®

Spessore: 10 mm (bordi A-E15) - 12,5 mm (bordo D2)

Dimensioni 600x600 mm

Foratura centrale quadrata 9x9 mm, interasse 19,5 mm
Superficie forata 9%

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,60	0,54	0,54	0,44	0,42	0,38	0,45 (L)	0,50	UNIV. LEUVEN 5242F
Plenum 200 mm con lana min. 50 mm	0,60	0,51	0,50	0,48	0,46	0,45	0,50	0,50	

Pannelli modulari in lastre di gesso rivestito forato Gyproc Gyptone® Activ'Air®



SOL. 148

Gyproc Gyptone® Quattro 70 Activ'Air®

Spessore: 10 mm (bordi A-E15) - 12,5 mm (bordo D2)

Dimensioni 600x600 mm

Microforatura quadrata 3x3 mm, interasse 8,33 mm
Superficie forata 11%

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,50	0,61	0,77	0,64	0,62	0,57	0,65	0,65	DANAK 100/1903
Plenum 300 mm con lana min. 70 mm	0,55	0,57	0,59	0,66	0,64	0,66	0,65	0,60	DANAK 100/2015



SOL. 149

Gyproc Gyptone® Point 11 Activ'Air®

Spessore: 10 mm (bordi A-E15) - 12,5 mm (bordo D2)

Dimensioni 600x600 mm

Foratura circolare Ø 6,5 mm, interasse 15 mm
Superficie forata 12%

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,58	0,68	0,77	0,63	0,59	0,52	0,65	0,65	UNIV. LEUVEN 5239F
Plenum 300 mm con lana min. 70 mm	0,50	0,68	0,69	0,78	0,70	0,62	0,75	0,70	DANAK 100/1581



SOL. 150

Gyproc Gyptone® Point 12 Activ'Air®

Spessore: 10 mm (A-E15) - 12,5 mm (D2)

Dimensioni 600x600 mm

Foratura circolare Ø 6,5 mm, diagonale ad angolo di 60°
Superficie forata 5%

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,55	0,46	0,46	0,36	0,34	0,30	0,40 (L)	0,40	UNIV. LEUVEN 5240F
Plenum 200 mm con lana min. 50 mm	0,52	0,45	0,41	0,40	0,37	0,33	0,40 (L)	0,40	



SOL. 151

Gyproc Gyptone® Point 80 Activ'Air®

Spessore 8 mm, bordo A

Dimensioni 600x600 mm

Foratura circolare Ø 5 mm, diagonale ad angolo di 60°
Superficie forata 19%

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 senza lana min.	0,28	0,67	0,75	0,59	0,58	0,50	0,65 (L)	0,65	ITB LZFO0-00785/17/ R320NZF
Plenum 200 con lana min. 50 mm	0,53	1,01	0,85	0,68	0,69	0,59	0,70 (L)	0,80	
Plenum 400 senza lana min.	0,45	0,79	0,64	0,62	0,62	0,54	0,65 (L)	0,65	
Plenum 400 con lana min. 50 mm	0,53	1,00	0,71	0,68	0,68	0,62	0,75 (L)	0,75	

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 184

Doghe in lastre di gesso rivestito forato Gyproc Gyptone® Activ'Air®



SOL. 152

Gyproc Gyptone® Line 8 Activ'Air®

Spessore 10 mm, bordo E24/B

Dimensioni 300 x 1200-1800-2400 mm

Foratura lineare 6x95 mm

Superficie forata 16%

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,43	0,66	0,87	0,58	0,50	0,43	0,60 (LM)	0,65	DANAK 100/2414
Plenum 300 mm con lana min. 70 mm	0,40	0,63	0,78	0,79	0,62	0,52	0,65	0,70	BWM-2018-06

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 185



SOL. 153

Gyproc Gyptone® Quattro 55 Activ'Air®

Spessore 10 mm, bordo E24/B

Dimensioni 300 x 1200-1800-2400 mm

Foratura quadrata 12x12mm, interasse 25 mm

Superficie forata 16%

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,34	0,77	0,86	0,59	0,56	0,47	0,60 (LM)	0,70	DANAK 100/2416
Plenum 300 mm con lana min. 70 mm	0,35	0,66	0,78	0,80	0,69	0,55	0,70	0,75	BWM-2018-06



SOL. 154

Gyproc Gyptone® Quattro 75 Activ'Air®

Spessore 10 mm, bordo E24/B

Dimensioni 300 x 1200-1800-2400 mm

Microforatura quadrata 3x3 mm, interasse 8,33 mm

Superficie forata 11%

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,39	0,73	0,78	0,58	0,53	0,43	0,60 (L)	0,65	DANAK 100/2416
Plenum 300 mm con lana min. 70 mm	0,40	0,62	0,77	0,77	0,62	0,48	0,65	0,70	BWM-2018-06



SOL. 155

Gyproc Gyptone® Point 15 Activ'Air®

Spessore 10 mm, bordo E24/B

Dimensioni 300 x 1200-1800-2400 mm

Foratura circolare Ø 6,5 mm, interasse 15 mm

Superficie forata 11%

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,47	0,71	0,82	0,61	0,55	0,44	0,60 (L)	0,65	DANAK 100/2415
Plenum 300 mm con lana min. 70 mm	0,41	0,59	0,75	0,76	0,62	0,50	0,65	0,70	BWM-2018-06

Pannelli modulari in lastre di gesso rivestito non forato Casoprano e Gyprex®



SOL. 156

Gyproc Casoprano Casobianca

Spessore 8 mm, bordo A

Dimensioni 600x600 mm

Finitura uniformemente sabbata

	Attenuazione laterale $D_{n,cw}$	Rapporto di prova
Plenum 700 mm senza lana min.	41 dB	ITB LA00-0785/12/R82NA
Plenum 700 mm con lana min. 100 mm	52 dB	

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 186



SOL. 157

Gyproc Casoprano Casostar

Spessore 8 mm, bordo A

Dimensioni 600x600 mm

Finitura uniformemente liscia con microperforazioni

	Attenuazione laterale $D_{n,cw}$	Rapporto di prova
Plenum 700 mm senza lana min.	41 dB	ITB LA00-0785/12/R82NA
Plenum 700 mm con lana min. 100 mm	52 dB	

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 187



SOL. 158

Gyproc Gyprex® Alba

Spessore 9,5 mm, bordo A

Dimensioni 600x600 mm

Finitura vinilica

	Attenuazione laterale $D_{n,cw}$	Rapporto di prova
Plenum 730 mm con lan min. 75 mm	47 dB	(valore stimato)

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 187



SOL. 159

Gyproc Gyprex® Aseptia

Spessore 9,5 mm, bordo A

Dimensioni 600x600 mm

Finitura vinilica con trattamento antibatterico

	Attenuazione laterale $D_{n,cw}$	Rapporto di prova
Plenum 730 mm con lan min. 75 mm	46 dB	(valore stimato)

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 188

CONTROSOFFITTI CONTINUI IN LASTRE DI GESSO RIVESTITO (FONOASSORBIMENTO)

Lastre in gesso rivestito forate Gyproc Gyptone® Big Activ'Air®



SOL. 160

Gyproc Gyptone® Big Quattro 40 Activ'Air®

Spessore 12,5 mm, 4 bordi B1
Dimensioni 1200x2400 mm

Foratura quadrata 12x12 mm, interasse 25 mm
Superficie forata 19%

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,59	0,65	0,85	0,65	0,65	0,58	0,70	0,70	UNIV. LEUVEN 5153F
Plenum 60 mm con lana min. 50 mm	0,56	0,70	0,81	0,82	0,78	0,73	0,85	0,80	UNIV. LEUVEN 5153F
Plenum 200 mm con lana min. 50 mm	0,70	0,74	0,80	0,81	0,78	0,69	0,80	0,80	UNIV. LEUVEN 5153F

SOL. 161

Gyproc Gyptone® Big Quattro 41 Activ'Air®

Spessore 12,5 mm, 4 bordi B1
Dimensioni 1200x2400 mm

Foratura quadrata 12x12 mm, interasse 25 mm
Superficie forata 16%

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,64	0,64	0,75	0,60	0,59	0,48	0,65	0,65	UNIV. LEUVEN 5154F
Plenum 60 mm con lana min. 50 mm	0,62	0,64	0,72	0,73	0,68	0,59	0,70	0,70	UNIV. LEUVEN 5154F
Plenum 200 mm con lana min. 50 mm	0,64	0,66	0,70	0,71	0,65	0,56	0,70	0,70	UNIV. LEUVEN 5154F

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 189

SOL. 162

Gyproc Gyptone® Big Quattro 41-1 Activ'Air®

Spessore 12,5 mm, 4 bordi B1
Dimensioni 1200x2400 mm

Foratura quadrata 12x12 mm, interasse 25 mm
Superficie forata 18,4%

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,45	0,72	0,84	0,55	0,58	0,35	0,65	0,65	DANAK 100/2499
Plenum 58 mm con lana min. 45 mm	0,23	0,55	0,90	0,83	0,69	0,58	0,70	0,75	DANAK 100/2498
Plenum 400 mm con lana min. 45 mm	0,59	0,81	0,79	0,80	0,72	0,64	0,80	0,80	DANAK 100/2501

SOL. 163

Gyproc Gyptone® Big Quattro 41-2 Activ'Air®

Spessore 12,5 mm, 4 bordi B1
Dimensioni 1200x2400 mm

Foratura quadrata 12x12 mm, interasse 25 mm
Superficie forata 17,6%

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,44	0,72	0,83	0,53	0,55	0,52	0,60 (LM)	0,65	DANAK 100/2503
Plenum 58 mm con lana min. 45 mm	0,27	0,67	0,92	0,81	0,64	0,57	0,70	0,75	DANAK 100/2502
Plenum 400 mm con lana min. 45 mm	0,59	0,75	0,76	0,80	0,70	0,62	0,75	0,75	DANAK 100/2505

Lastre in gesso rivestito forate Gyproc Gyptone® Big Activ'Air®



SOL. 164

Gyproc Gyptone® Big Quattro 42 Activ'Air®

Spessore 12,5 mm, 4 bordi B1
 Dimensioni 1200x2400 mm

Foratura quadrata 12x12 mm, interasse 25 mm
 Superficie forata 10%

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,60	0,51	0,58	0,48	0,43	0,40	0,50	0,50	UNIV. LEUVEN 5155F
Plenum 60 mm con lana min. 50 mm	0,71	0,51	0,54	0,52	0,49	0,45	0,55	0,50	UNIV. LEUVEN 5155F
Plenum 200 mm con lana min. 50 mm	0,56	0,50	0,52	0,50	0,47	0,44	0,50	0,50	UNIV. LEUVEN 5154F



SOL. 165

Gyproc Gyptone® Big Quattro 44 Activ'Air®

Spessore 12,5 mm, 4 bordi B1
 Dimensioni 1200x2400 mm

Foratura quadrata 12x12 mm, interasse 25 mm
 Superficie forata 20%

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,60	0,61	0,77	0,66	0,71	0,68	0,75	0,70	UNIV. LEUVEN 5156F
Plenum 60 mm con lana min. 50 mm	0,64	0,65	0,74	0,78	0,82	0,76	0,80	0,75	UNIV. LEUVEN 5156F
Plenum 200 mm con lana min. 50 mm	0,73	0,64	0,71	0,75	0,81	0,76	0,75	0,75	UNIV. LEUVEN 5156F



SOL. 166

Gyproc Gyptone® Big Quattro 46 Activ'Air®

Spessore 12,5 mm, 4 bordi B1
 Dimensioni 1200x2400 mm

Foratura quadrata 12x12 mm, interasse 25 mm
 Superficie forata 10%

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,71	0,60	0,59	0,44	0,39	0,36	0,45 (L)	0,50	UNIV. LEUVEN 5157F
Plenum 60 mm con lana min. 50 mm	0,67	0,59	0,58	0,54	0,47	0,42	0,55 (L)	0,55	UNIV. LEUVEN 5157F
Plenum 200 mm con lana min. 50 mm	0,69	0,60	0,56	0,52	0,44	0,40	0,50 (L)	0,55	UNIV. LEUVEN 5157F



SOL. 167

Gyproc Gyptone® Big Quattro 47 Activ'Air®

Spessore 12,5 mm, 4 bordi B1
 Dimensioni 1200x2400 mm

Foratura quadrata 12x12 mm, interasse 25 mm
 Superficie forata 6%

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,43	0,34	0,35	0,33	0,33	0,29	0,35	0,35	UNIV. LEUVEN 5158F
Plenum 60 mm con lana min. 50 mm	0,57	0,34	0,33	0,33	0,36	0,33	0,35	0,35	UNIV. LEUVEN 5158F
Plenum 300 mm con lana min. 75 mm	0,51	0,63	0,53	0,41	0,32	0,27	0,40 (L)	0,45	CSTB 713-960-0249/9

Lastre in gesso rivestito forate Gyproc Gyptone® Big Activ'Air®



SOL. 168

Gyproc Gyptone® Big Quattro 71 Activ'Air®

Spessore 12,5 mm, 4 bordi B1
Dimensioni 1200x2400 mm

Micro foratura quadrata 12x12 mm, interasse 25 mm
Superficie forata 9%

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,54	0,52	0,60	0,52	0,47	0,46	0,55	0,55	UNIV. LEUVEN 5931
Plenum 58 mm con lana min. 45 mm	0,37	0,54	0,57	0,58	0,48	0,52	0,55	0,55	DANAK 100/2012
Plenum 300 mm con lana min. 70 mm	0,44	0,51	0,53	0,57	0,51	0,53	0,55	0,55	DANAK 100/2014



SOL. 169

Gyproc Gyptone® Big Line 6 Activ'Air®

Spessore 12,5 mm, 4 bordi B1
Dimensioni 1200x2400 mm

Foratura lineare 6x80 mm
Superficie forata 13%

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,64	0,58	0,66	0,52	0,42	0,41	0,50 (L)	0,55	UNIV. LEUVEN 5151F
Plenum 60 mm con lana min. 50 mm	0,72	0,59	0,61	0,58	0,51	0,48	0,55 (L)	0,55	UNIV. LEUVEN 5151F
Plenum 200 mm con lana min. 50 mm	0,68	0,61	0,62	0,58	0,48	0,45	0,55 (L)	0,55	UNIV. LEUVEN 5151F



SOL. 170

Gyproc Gyptone® Big Sixto 63 Activ'Air®

Spessore 12,5 mm, 4 bordi B1
Dimensioni 1200x2400 mm

Foratura esagonale Ø 11 mm, interasse 20 mm
Superficie forata 15%

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,56	0,58	0,68	0,59	0,55	0,60	0,60	0,60	UNIV. LEUVEN 5825
Plenum 60 mm con lana min. 50 mm	0,61	0,62	0,68	0,62	0,59	0,58	0,65	0,65	UNIV. LEUVEN 5825
Plenum 300 mm con lana min. 70 mm	0,50	0,63	0,65	0,68	0,64	0,60	0,70	0,65	DANAK 100/1149



SOL. 171

Gyproc Gyptone® Big Sixto 65 Activ'Air®

Spessore 12,5 mm, 4 bordi B1
Dimensioni 900x2700 mm

Foratura esagonale 11 Ø mm, interasse 20 mm
Superficie forata 17%

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,39	0,68	0,73	0,62	0,62	0,61	0,70	0,65	DANAK 100/1155
Plenum 58 mm con lana min. 45 mm	0,35	0,67	0,75	0,74	0,66	0,74	0,75	0,70	DANAK 100/1163
Plenum 300 mm con lana min. 70 mm	0,53	0,65	0,67	0,72	0,72	0,71	0,75	0,70	DANAK 100/1150

Lastre in gesso rivestito forato per applicazioni curve Gyproc Gyptone® Big Curve Activ'Air®

SOL. 172

Gyproc Gyptone® Big Curve Quattro 41 Activ'Air®

Spessore 6,5 mm, 2 bordi B1
Dimensioni 1200x2400 mm

Foratura quadrata 12x12 mm, interasse 25 mm
Superficie forata 16%

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,64	0,64	0,75	0,60	0,59	0,48	0,65	0,65	UNIV. LEUVEN 5154F
Plenum 200 mm con lana min. 50 mm	0,64	0,66	0,70	0,71	0,65	0,56	0,70	0,70	

SOL. 173

Gyproc Gyptone® Big Curve Line 6 Activ'Air®

Spessore 6,5 mm, 2 bordi B1
Dimensioni 1200x2400 mm

Foratura lineare 6x80 mm
Superficie forata 13%

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,64	0,58	0,66	0,52	0,42	0,41	0,50 (L)	0,55	UNIV. LEUVEN 5151F
Plenum 200 mm con lana min. 50 mm	0,68	0,61	0,62	0,58	0,48	0,45	0,55 (L)	0,55	

SOL. 174

Gyproc Gyptone® Big Curve Sixto 63 Activ'Air®

Spessore 6,5 mm, 2 bordi B1
Dimensioni 1200x2400 mm

Foratura esagonale Ø 11 mm, interasse 20 mm
Superficie forata 15%

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,56	0,58	0,68	0,59	0,55	0,60	0,60	0,60	UNIV. LEUVEN 5825
Plenum 300 mm con lana min. 70 mm	0,50	0,63	0,65	0,68	0,64	0,60	0,70	0,65	DANAK 100/1149

Lastre in gesso rivestito forato Gyproc Rigitone® Activ'Air®

SOL. 175

Gyproc Rigitone® 8/18 Activ'Air®

Spessore 12,5 mm, 4 bordi diritti
Dimensioni 1188x1998 mm

Foratura circolare 8 Ø mm, interasse 18 mm
Superficie forata 15,5%

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,36	0,73	0,85	0,64	0,58	0,58	0,65 (L)	0,70	CSTB AC11-26031077/2
Plenum 50 mm senza lana min.	0,16	0,30	0,67	0,85	0,86	0,59	0,55 (M)	0,65	ACCON ACB-0404-3135/2,9
Plenum 200 mm con lana min. 60 mm	0,66	0,85	0,87	0,80	0,67	0,62	0,75 (L)	0,80	CSTB AC11-26031077/2

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 190

Lastre in gesso rivestito forato Gyproc Rigitone® Activ'Air®

SOL. 176

Gyproc Rigitone® 10/23 Activ'Air®

Spessore 12,5 mm, 4 bordi dritti
Dimensioni 1196x2001 mm

Foratura circolare 10 Ø mm, interasse 23 mm
Superficie forata 14,8%



	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,46	0,80	0,88	0,56	0,48	0,29	0,50 (LM)	0,70	ACCON ACB-0118-7701/6
Plenum 50 mm senza lana min.	0,10	0,28	0,69	0,94	0,55	0,26	0,45 (M)	0,60	ACCON ACB-0118-7701/6
Plenum 200 mm con lana min. 30+20 mm	0,56	0,75	0,69	0,70	0,69	0,72	0,70 (L)	0,70	ACCON ACB-0118-7701/6

SOL. 177

Gyproc Rigitone® 15/30 Activ'Air®

Spessore 12,5 mm, 4 bordi dritti
Dimensioni 1200x1980 mm

Foratura circolare 10 Ø mm, interasse 23 mm
Superficie forata 19,6%



	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,43	0,69	0,90	0,53	0,48	0,33	0,50 (LM)	0,65	ACCON ACB-0118-7701/6
Plenum 50 mm senza lana min.	0,10	0,23	0,62	0,87	0,53	0,27	0,45 (M)	0,55	ACCON ACB-0118-7701/6
Plenum 200 mm con lana min. 50 mm	0,68	1,00	1,01	0,85	0,71	0,50	0,70 (LM)	0,90	ACCON ACB-0118-70399-1845/9

SOL. 178

Gyproc Rigitone® 12-20/66 Activ'Air®

Spessore 12,5 mm, 4 bordi dritti
Dimensioni 1188x1980 mm

Foratura circolare regolare sfalsata Ø 12 e 20 mm, interasse 66 mm
Superficie forata 19,6%



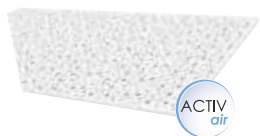
	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,37	0,77	0,90	0,67	0,57	0,58	0,65 (L)	0,75	CSTB AC11-26031077/1
Plenum 50 mm senza lana min.	0,12	0,22	0,58	0,89	0,53	0,29	0,45 (M)	0,55	ACCON ACB-0399-1845/10
Plenum 200 mm con lana min. 60 mm	0,62	0,84	0,89	0,91	0,66	0,65	0,75 (L)	0,85	CSTB AC11-26031077/1

SOL. 179

Gyproc Rigitone® 8-15-20 Activ'Air®

Spessore 12,5 mm, 4 bordi dritti
Dimensioni 1200x2000 mm

Foratura circolare irregolare Ø 8, 15 e 20 mm
Superficie forata 6%



	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,48	0,57	0,60	0,42	0,27	0,22	0,35 (LM)	0,45	CSTB AC13-26048154
Plenum 50 mm senza lana min.	0,13	0,40	0,68	0,55	0,23	0,06	0,25 (LM)	0,45	ACCON ACB-0399-1845/13
Plenum 200 mm con lana min. 60 mm	0,51	0,59	0,57	0,49	0,28	0,27	0,40 (L)	0,50	CSTB AC13-26048154

Lastre in gesso rivestito forato Gyproc Rigitone® Activ'Air®



SOL. 180

Gyproc Rigitone® 8-15-20 Super Activ'Air®

Spessore 12,5 mm, 4 bordi diritti

Dimensioni 1200x1960 mm

Foratura circolare irregolare sparsa Ø 8, 15 e 20 mm

Superficie forata 10%

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,34	0,70	0,76	0,53	0,37	0,39	0,50 (LM)	0,60	CSTB AC10-26029022
Plenum 50 mm senza lana min.	0,15	0,40	0,72	0,79	0,43	0,43	0,50 (M)	0,60	ACCON ACB-0118-7701/7
Plenum 200 mm con lana min. 60 mm	0,57	0,75	0,71	0,66	0,41	0,41	0,50 (L)	0,65	CSTB AC10-26029022

SOL. 181

Gyproc Rigitone® 8/18 Q Activ'Air®

Spessore 12,5 mm, 4 bordi diritti

Dimensioni 1188x1998 mm

Foratura quadrata 8x8 mm, interasse 18 mm

Superficie forata 19,8%

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,38	0,68	0,83	0,54	0,58	0,50	0,60	0,65	ACCON ACB-0118-7701/6
Plenum 50 mm senza lana min.	0,15	0,27	0,61	0,88	0,65	0,48	0,55 (M)	0,60	ACCON ACB-0404-3135/212
Plenum 200 mm con lana min. 20 mm	0,37	0,77	0,88	0,77	0,82	0,71	0,80	0,80	ACCON ACB-0404-3135/214

SOL. 182

Gyproc Rigitone® 12/25 Q Activ'Air®

Spessore 12,5 mm, 4 bordi diritti

Dimensioni 1200x2000 mm

Foratura quadrata 12x12 mm, interasse 25 mm

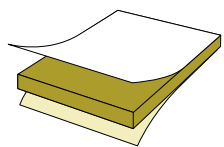
Superficie forata 23%

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,35	0,74	0,93	0,64	0,64	0,60	0,65 (LM)	0,75	CSTB AC11-26031077/3
Plenum 50 mm senza lana min.	0,10	0,34	0,69	0,88	0,78	0,64	0,60 (M)	0,65	ACCON ACB-1299-1630/25
Plenum 200 mm con lana min. 140 mm	0,91	0,83	0,93	0,91	0,83	0,71	0,90	0,90	CSTB AC15-26054656/2

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 191

CONTROSOFFITTI MODULARI IN PANNELLI IN LANA DI ROCCIA (FONOASSORBIMENTO)

Eurocoustic - Soluzioni STANDARD



SOL. 183

Eurocoustic Minerval® A 12

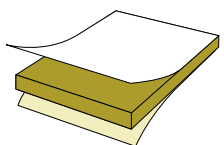
Spessore 12 mm, bordo A

Dimensioni 600x600 - 600x1200 mm

Colore bianco

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 100 mm senza lana min.	0,18	0,59	0,97	0,99	0,88	1,02	0,90	0,85	CSTB ACII-26034478

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 192



SOL. 184

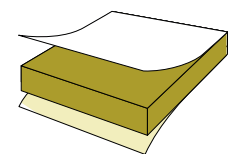
Eurocoustic Minerval® A 15

Spessore 15 mm, bordo A

Dimensioni 600x600 - 600x1200 mm

Colore bianco

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,38	0,84	0,96	0,78	0,93	1,02	0,95	0,90	CSTB AC16-2606502



SOL. 185

Eurocoustic Minerval® A 22

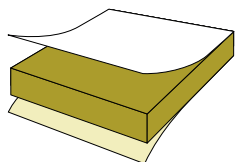
Spessore 22 mm, bordo A

Dimensioni 600x600 - 600x1200 mm

Colore bianco

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,52	0,82	0,95	0,91	1,02	1,06	1,00	0,95	CSTB AC12-26042612

Eurocoustic - Soluzioni con PRESTAZIONI ELEVATE



SOL. 186

Eurocoustic Tonga® A 22

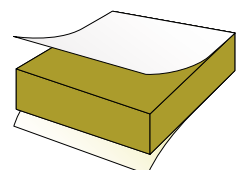
Spessore 22 mm, bordo A

Dimensioni 600x600 - 600x1200 - 1200x1200 - 600x1500-1800-2000-2400 mm

Colori bianco - EuroColors - EuroDesign

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,45	0,97	1,05	0,9	1,09	1,15	1,00	1,00	SRL 7315a

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 193



SOL. 187

Eurocoustic Tonga® A 40

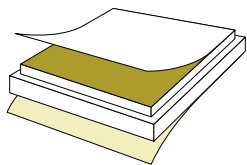
Spessore 40 mm, bordo A

Dimensioni 600x600 - 600x1200 - 600x1500-1800-2000-2400 mm

Colori bianco - EuroColors - EuroDesign

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,32	0,84	0,99	1,07	1,13	1,06	1,00	1,00	SRL 7406

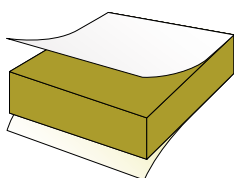
Eurocoustic - Soluzioni con PRESTAZIONI ELEVATE



SOL. 188
Eurocoustic Tonga® E 20
Spessore 20 mm, bordo E
Dimensioni 600x600 - 600x1200 mm
Colore bianco

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,46	0,90	0,91	0,84	1,03	1,09	0,95	0,90	SRL 7316a

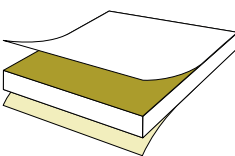
Eurocoustic - Soluzioni SPECIFICHE



SOL. 189
Eurocoustic Tonga® Therm A 80
Spessore 77 mm, bordo A
Dimensioni 600x600 - 600x1200 mm
Colori bianco - EuroColors

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,66	0,88	0,98	1,05	1,10	1,08	1,00	1,00	CSTB AC15-26055346

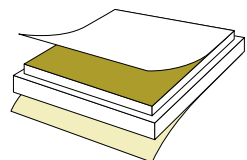
Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 194



SOL. 190
Eurocoustic Clini'Safe® A 15
Spessore 15 mm, bordo A
Dimensioni 600x600 - 600x1200 mm
Colore bianco
Bordi verniciati

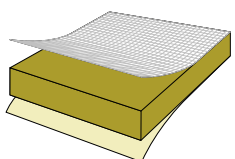
	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,37	0,78	0,89	0,86	0,99	1,09	0,90	0,90	CSTB AC-06-011/1-Rev01

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 195



SOL. 191
Eurocoustic Clini'Safe® E 15
Spessore 15 mm, bordo E
Dimensioni 600x600 - 600x1200 mm
Colore bianco
Bordi verniciati

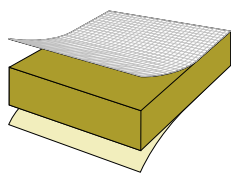
	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,43	0,78	0,88	0,87	1,01	1,12	0,90	0,90	CSTB AC-06-011/1-Rev01



SOL. 192
Eurocoustic Acoustichoc® A 22 / Sistema Acoustichoc® Impact 15
Spessore 22 mm, bordo A
Dimensioni 600x600 - 600x1200 mm
Colori bianco, beige, blu, grigio, giallo, verde
Finitura in composito velo + tessuto vetro

	Assorbimento acustico α_s								Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC	
Plenum 200 mm senza lana min.	0,51	0,83	1,03	0,96	1,01	1,10	1,00	0,95	CSTB AC13-26045071/1

Eurocoustic - Soluzioni SPECIFICHE

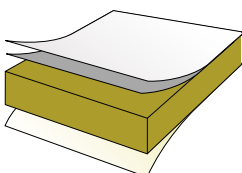


SOL. 193 Eurocoustic Acoustichoc® A 40 / Sistema Acoustichoc® Impact 30

Spessore 40 mm, bordo A
Dimensioni 600x1200 - 1000x1500 mm
Colori bianco, beige, blu, grigio, giallo, verde
Finitura in composito velo + tessuto vetro

	Assorbimento acustico α_s							α_w	NRC	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz				
Plenum 200 mm senza lana min.	0,49	0,81	0,95	1,00	1,08	1,08	1,00	0,95		CSTB AC08-26012560/3

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 196

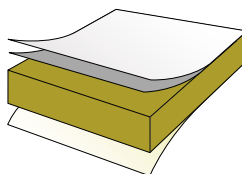


SOL. 194 Eurocoustic Alizé® A 40

Spessore 40 mm, bordo A
Dimensioni 600x600 - 600x1200 mm
Colore bianco
Finitura in composito velo + lamina alluminio

	Assorbimento acustico α_s							α_w	NRC	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz				
Plenum 200 mm senza lana min.	0,47	0,43	0,41	0,55	0,53	0,52	0,55	0,50		CSTB AC06-011/1
Plenum 685 mm senza lana min.	Attenuazione laterale $D_{n,c,w} = 38$ dB									CSTB AC04-143

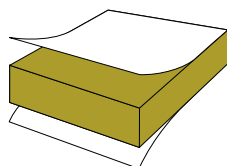
Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 197



SOL. 195 Eurocoustic Alizé® A 80

Spessore 80 mm, bordo A
Dimensioni 600x600 - 600x1200 mm
Colore bianco
Finitura in composito velo + lamina alluminio

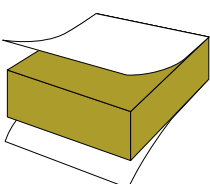
	Assorbimento acustico α_s							α_w	NRC	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz				
Plenum 200 mm senza lana min.	0,53	0,56	0,51	0,64	0,56	0,56	0,60	0,55		CSTB AC06-011/1



SOL. 196 Eurocoustic Acoustished® A 40

Spessore 40 mm, bordo A
Dimensioni 1000x1500 mm
Colori bianco - 7 EuroColors

	Assorbimento acustico α_s							α_w	NRC	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz				
Plenum 200 mm senza lana min.	0,53	0,98	1,03	0,97	1,06	1,11	1,00	1,00		CSTB AC15-26058619



SOL. 197 Eurocoustic Acoustished® A 80

Spessore 80 mm, bordo A
Dimensioni 1000x1500 mm
Colori bianco - 7 EuroColors

	Assorbimento acustico α_s							α_w	NRC	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz				
Plenum 200 mm senza lana min.	0,66	0,88	0,98	1,05	1,10	1,08	1,00	1,00		CSTB AC15-26055346

CONTROSOFFITTI MODULARI IN PANNELLI IN LANA DI VETRO (FONOASSORBIMENTO)

Ecophon - Soluzioni STANDARD



SOL. 198

Ecophon Gedina™ A

Spessore 15 mm, bordo A

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
200 mm	0,45	0,9	1	0,85	0,95	0,9	0,95	0,85	-	A	CSTB Test report N° AC15- 26060074/2



SOL. 199

Ecophon Gedina™ E

Spessore 15 mm, bordo E

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
200 mm	0,4	0,85	1	0,9	1	1	1,00	0,85	-	A	CSTB Test report N° AC15- 26058518



SOL. 200

Ecophon Gedina™ A + Extrabass

Spessore (15 + 50) 65 mm, bordo A

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
200 mm	0,7	1	1	1	1	1	1,00	-	-	A	CSTB Test report N° AC15- 26059407/1

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 198

Ecophon - DESIGN E ACUSTICA



SOL. 201

Ecophon Focus™ Ds

Spessore 20 mm, bordo Ds

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
200 mm	0,5	0,85	0,85	0,85	1	1	0,90	0,90	400	A	CSTB Test report N° AC15- 26059407/1

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 199



SOL. 202

Ecophon Focus™ Lp

Spessore 20 mm, bordo Lp

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
200 mm	0,55	0,75	0,85	0,85	1	1	0,90	0,80	400	A	CSTB Test report N° AC14- 26051052/3 (85/105)

Ecophon - DESIGN E ACUSTICA



SOL. 203 Ecophon Focus™ B

Spessore 20 mm, bordo B

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
20 mm	0,05	0,35	0,75	0,95	1	1	0,65	0,80	20	C	CSTB Test report N°AC14-26051052/3 (26/105)

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 200



SOL. 204 Ecophon Focus™ SQ

Spessore 20 mm, bordo SQ

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
20 mm	0,05	0,35	0,7	0,95	1	1	0,65	-	-	C	CSTB Test report N°AC14-26051052/3 (94/105)



SOL. 205 Ecophon Focus™ F

Spessore 20 mm, bordo F

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
20 mm	0,05	0,3	0,7	0,95	1	1	0,60	0,75	20	C	CSTB Test report N°AC14-26051052/3 (78/105)



SOL. 206 Ecophon Focus™ Dg

Spessore 20 mm, bordo Dg

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
200 mm	0,55	0,85	0,85	0,85	1	1	0,90	0,90	65	A	CSTB Test report N°AC14-26051052/3 (46/105)

Ecophon - Soluzioni PERFORMANTI



SOL. 207 Ecophon Master™ A

Spessore 40 mm, bordo A

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
50 mm	0,2	0,7	1	1	1	1	1	1	50	A	CSTB Test report N°AC14-26051052/4 (10/213)

Ecophon - Soluzioni PERFORMANTI



SOL. 208

Ecophon Master™ B

Spessore 40 mm, bordo B

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
43 mm	0,25	0,8	0,95	0,95	1	1	1	0,95	43	A	CSTB Test report N°AC14-26051052/4 (22/213)



SOL. 209

Ecophon Master™ Ds

Spessore 40 mm, bordo Ds

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
95 mm	0,40	0,7	0,75	0,9	1	1	0,9	0,9	0,95	A	CSTB Test report N°AC14-26051052/4 (38/213)



SOL. 210

Ecophon Master™ SQ

Spessore 40 mm, bordo SQ

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
43 mm	0,25	0,8	0,95	0,95	1	1	1	-	-	A	CSTB Test report N°AC14-26051052/4 (182/213)

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 201



SOL. 211

Ecophon Master™ F

Spessore 40 mm, bordo F

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
40 mm	0,25	0,8	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	-	-	A	CSTB Test report N°AC14-26051052/4 (58/213)

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 202



SOL. 212

Ecophon Solo™ Matrix

Spessore 40 mm, bordo A

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
300 mm	0,55	0,75	0,85	1	1	1	0,95	-	-	A	CSTB Test report N°AC14-26051052/4 (66/213)

Ecophon - Soluzioni RESISTENTI AGLI IMPATTI



SOL. 213

Ecophon Super™ G A

Spessore 20 mm, bordo A

Resistenza agli urti: 3A in accordo con la EN 13964 allegato D

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
200 mm	0,45	0,85	1	0,95	1	1	1,00	-	-	A	CSTB Test report N°AC14-26051052/2 (21/45)



SOL. 214

Ecophon Super™ G A

Spessore 35 mm, bordo A

Resistenza agli urti: 2A in accordo con la EN 13964 allegato D

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
200 mm	0,5	0,95	1	1	1	1	1,00	1,00	200	A	CSTB Test report N°AC14-26051052/2 (33/45)



SOL. 215

Ecophon Super™ G B

Spessore 40 mm, bordo B

Resistenza agli urti: 3A in accordo con la EN 13964 allegato D

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
43 mm	0,25	0,8	1	1	1	1	1,00	0,9	43	A	CSTB Test report N°AC14-26051052/2 (17/45)



SOL. 216

Ecophon Super™ G Plus A

Spessore 40 mm, bordo B

Resistenza agli urti: 1A in accordo con la EN 13964 allegato D

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
40 mm	0,2	0,75	1	1	1	1	1,00	0,90	40	A	CSTB Test report N°AC14-26051052/2 (5/45)

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 203

Ecophon - Soluzioni per FONOASSORBIMENTO e ISOLAMENTO



SOL. 217

Ecophon Combison™ Uno A

Spessore 35 mm, bordo B

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	D_{ntw}			
200 mm	0,35	0,4	0,6	0,9	1	0,9	0,65	43	-	C	SP P600890 Appendix 9

Ecophon - Soluzioni per FONOASSORBIMENTO e ISOLAMENTO



SOL. 218 Ecophon Combison™ Uno Ds

Spessore 35 mm, bordo Ds

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	D_{nfw}			
200 mm	0,35	0,4	0,6	0,9	1	0,95	0,65	41	-	C	CSTB Test report N°AC19-26081893 (4.8.4)



SOL. 219 Ecophon Combison™ Duo A

Spessore 55 mm, bordo A

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	D_{nfw}	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)				
200 mm	0,35	0,65	0,9	1	1	0,95	0,9	0,9	400	43	A	CSTB Test report N°AC19-26081893 (4.6.4)



SOL. 220 Ecophon Combison™ Duo E

Spessore 55 mm, bordo E

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	D_{nfw}	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)				
200 mm	0,35	0,6	0,95	1	1	0,9	0,9	0,9	400	43	A	CSTB Test report N°AC19-26081893 (4.7.4)

Ecophon - Soluzioni per il SETTORE SANITARIO



SOL. 221 Ecophon Hygiene Clinic™ A

Spessore 15 mm, bordo A

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
200 mm	0,45	0,85	0,95	0,85	1	1	0,95	0,9	200	A	CSTB Test report N°AC14-26051052/10 (10/149)

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 204



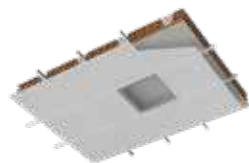
SOL. 222 Ecophon Hygiene Meditec™ A

Spessore 15 mm, bordo A

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
200 mm	0,45	0,9	0,95	0,85	0,95	0,9	0,95	0,85	400	A	CSTB Test report N°AC14-26051052/10 (96/149)

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 205

Ecophon - Soluzioni per il SETTORE SANITARIO



SOL. 223 Ecophon Hygiene Protec™ Air A

Spessore 20 mm, bordo A

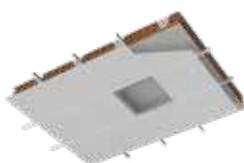
Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
200 mm	0,5	0,6	0,7	0,85	1	0,9	0,8	-	-	B	CSTB Test report N°AC19-26081116/10 (4.3.5)



SOL. 224 Ecophon Hygiene Protec™ Ds

Spessore 20 mm, bordo Ds

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
200 mm	0,55	0,8	0,8	0,85	0,95	0,9	0,85	-	-	B	CSTB Test report N°AC19-26081116/10 (4.6.5)



SOL. 225 Ecophon Hygiene Performance™ A

Spessore 20 mm, bordo A

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
200 mm	0,5	0,85	0,95	0,9	0,95	0,95	0,95	-		A	CSTB Test report N°AC18-26077290/10 (4.9.3)



SOL. 226 Ecophon Hygiene Performance™ Ds

Spessore 20 mm, bordo Ds

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
200 mm	0,55	0,85	0,9	0,85	1	1	0,9	-	-	A	CSTB Test report N°AC19-26081116/10 (4.7.2)



SOL. 227 Ecophon Hygiene Advance™ A

Spessore 20 mm, bordo A

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
200 mm	0,4	0,7	0,75	0,85	0,95	0,75	0,85	0,8	200	B	SP P805245 Appendix 18



SOL. 228 Ecophon Hygiene Advance™ A

Spessore 40 mm, bordo A

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
200 mm	0,45	0,75	0,9	0,95	0,95	0,7	0,9	0,75	200	A	SP 94F31674B-rev

Ecophon - Soluzioni per il SETTORE SANITARIO A PARETE



SOL. 229

Ecophon Hygiene Performance™ Care Wall

Spessore 40 mm, bordo A

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
50 mm	0,2	0,75	1	1	1	1	1	-	-	A	CSTB Test report N°AC19-26081116 (4.12.2)

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 206



SOL. 230

Ecophon Hygiene Advance™ Wall

Spessore 40 mm, bordo A

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
54 mm	0,25	0,75	0,9	0,95	0,9	0,65	0,85	-	-	B	SP P906716 Appendix 9

ISOLE E BAFFLE IN LANA DI VETRO (FONOASSORBIMENTO)

Ecophon - Baffle per il SETTORE SANITARIO



SOL. 231

Ecophon Hygiene Performance™ Baffle

Spessore 50 mm, bordo A

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
600 mm	0,45	0,4	0,75	0,9	0,9	0,85	0,7	-	-	C	CSTB Test report N°AC19-26081116 (4.14.5)



SOL. 232

Ecophon Hygiene Advance™ Baffle

Spessore 40 mm, bordo A

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
600 mm	0,25	0,3	0,55	0,85	0,85	0,75	0,55	1	600	D	CSTB Test report N°AC19-26081116 (4.14.5)

Ecophon - Isole e baffle



SOL. 233 Ecophon Solo™ Square

Spessore 40 mm

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
400 mm	0,4	1,2	1,8	2,6	2,7	2,7	Aeq	-	-	-	CSTB TEST REPORT N° AC14-26051052/11 (18/100)



SOL. 234 Ecophon Solo™ Rectangle

Spessore 40 mm

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
400 mm	1,2	2,4	3,3	4,7	4,9	4,7	Aeq	-	-	-	CSTB TEST REPORT N° AC19-26081893 (11)



SOL. 235 Ecophon Solo™ Rectangle Line

Spessore 40 mm

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
400 mm	1,2	2,4	3,3	4,7	4,9	4,7	Aeq	-	-	-	CSTB TEST REPORT N° AC19-26081893 (11)



SOL. 236 Ecophon Solo™ Circle 1600

Spessore 40 mm

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
400 mm	0,7	1,6	2,3	3,5	3,5	3,4	Aeq	-	-	-	CSTB TEST REPORT N° AC19-26081893 (2)



SOL. 237 Ecophon Solo™ Circle 800

Spessore 40 mm

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
400 mm	0,1	0,4	0,6	1	1	1	Aeq	-	-	-	CSTB TEST REPORT N° AC19-26081893 (8)

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 207

Ecophon - Isole e baffle



SOL. 238
Ecophon Solo™ Circle 1200

Spessore 40 mm

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
400 mm	0,3	0,9	1,4	2	2,1	2	Aeq	-	-	-	CSTB TEST REPORT N° AC19-26081893 (5)

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 207



SOL. 239
Ecophon Solo™ Textile

Spessore 40 mm

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
400 mm	0,4	1,3	1,8	2,7	2,7	2,6	Aeq	-	-	-	CSTB TEST REPORT N° AC18-26077290 (17)



SOL. 240
Ecophon Solo™ Baffle 1200x200 cc200

Spessore 40 mm

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
200 mm	0,23	0,59	0,37	0,84	0,83	0,83	0,5	0,65	-	D	CSTB TEST REPORT N° AC17-26068382/2 (5/105)



SOL. 241
Ecophon Solo™ Baffle 1200x300 cc200

Spessore 40 mm

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
300 mm	0,4	0,5	0,55	0,9	0,9	0,85	0,65	0,7	-	C	CSTB TEST REPORT N° AC17-26068382/2 (29/105)

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 208



SOL. 242
Ecophon Solo™ Baffle 1200x600 cc200

Spessore 40 mm

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
600 mm	0,45	0,5	0,85	0,95	0,95	0,9	0,8	0,8	-	B	CSTB TEST REPORT N° AC17-26068382/2 (49/105)

Ecophon - Isole e baffle



SOL. 243 Ecophon Solo™ Baffle Wave 1800x300/200

Spessore 40 mm

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
200 mm	0,15	0,4	0,4	0,6	0,65	0,6	0,5	0,5	-	D	CSTB TEST REPORT N°AC18-26074602 (16)

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 209



SOL. 244 Ecophon Solo™ Baffle Zig Zag 1800x300/200

Spessore 40 mm

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
200 mm	0,15	0,35	0,4	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	-	D	CSTB TEST REPORT N°AC18-26074602 (8)



SOL. 245 Ecophon Solo™ Baffle Wall

Spessore 40 mm

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
200 mm	0,42	0,48	0,42	0,86	0,9	0,84	0,05	0,7	-	C	AC17 - 26068382/2

SOLUZIONI A PARETE (FONOASSORBIMENTO)

Ecophon - Soluzioni a parete



SOL. 246 Ecophon Akusto™ Wall A

Spessore 40 mm, bordo A

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
43 mm	0,15	0,65	1	1	1	1	1	-	-	-	CSTB TEST REPORT N°AC14-26051052/7 (21/57)



SOL. 247 Ecophon Akusto™ Wall C

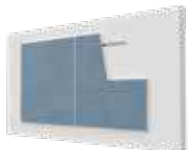
Spessore 40 mm, bordo C

Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
50 mm	0,25	0,8	1	1	1	1	1	-	-	-	CSTB TEST REPORT N°AC14-26051052/7 (29/57)

Ecophon - Soluzioni a parete

SOL. 248 Ecophon Akusto™ One 1200x600

Spessore 40 mm



Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
48 mm	0,2	0,6	1	1,1	1	0,9	Aeq	-	-	-	CSTB TEST REPORT N° AC15-26059407/4 (9/18)

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 210

SOL. 249 Ecophon Akusto™ One 600x600

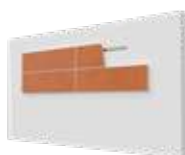
Spessore 40 mm



Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
50 mm	0,1	0,3	0,6	0,6	0,5	0,5	Aeq	-	-	-	CSTB TEST REPORT N° AC15-26059407/4 (13/18)

SOL. 250 Ecophon Akusto™ One d1200

Spessore 40 mm



Plenum	Assorbimento acustico α_p								ODS per NRC	Classe di assorbimento	Rapporto di prova
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	NRC (calcolato)			
48 mm	0,3	0,9	1,5	1,6	1,4	1,4	Aeq	-	-	-	CSTB TEST REPORT N° AC15-26059407/4 (5/18)

COPERTURE PIANE E A FALDA

SOL. 251 Copertura piana risparmio energetico e isola di calore protetta con vernice ad alto SRI

Solaio in latero cemento intonacato

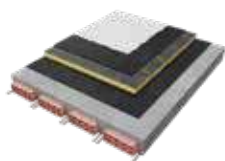
Membrana forata Bituver Bitumat V12 Forato (opzionale in base allo studio termoigrometrico), previo primer Bituver Ecoprimer

Barriera al vapore impermeabile Bituver Aluvapor Tender

Isolamento termo-acustico con lana vetro alta densità Isover Superbac Roofline® G3, incollato con Bituver Bitumastic e/o eventuale fissaggio meccanico

Impermeabilizzazione con membrana bitume-polimero Bituver M-25

Pittura per Cool Roof Bituver California P



Fonoisolamento

$R_w = 56$ dB

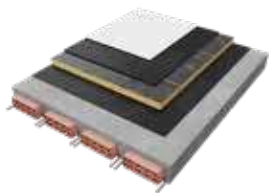
Sp. isolante 100 mm - valutazione analitica

Fonoisolamento

$R_w = 59$ dB

Sp. isolante 80+80 mm - valutazione analitica

COPERTURE PIANE E A FALDA



SOL. 252

Copertura piana con fotovoltaico autoprotetta alluminio ad alto SRI e resistente al fuoco esterno

Solaio in latero cemento intonacato

Membrana forata Bituver Bitumat V12 Forato (opzionale in base allo studio termoigrometrico), previo primer Bituver Ecoprimer

Barriera al vapore impermeabile Bituver Aluvapor Tender

Isolamento termo-acustico con lana vetro alta densità Isover Superbac Roofline® G3, incollato con Bituver Bitumastic e/o eventuale fissaggio meccanico

Impermeabilizzazione con membrana bitume-polimero Bituver S-30

Membrana elastomerica ad alto SRI Bituver Megaver California certificata BROOF (t2)

Fonoisolamento

R_w = 56 dB

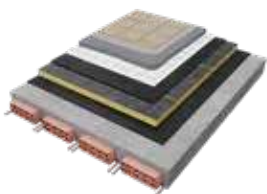
Sp. isolante 100 mm - valutazione analitica

Fonoisolamento

R_w = 59 dB

Sp. isolante 80+80 mm - valutazione analitica

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 211



SOL. 253

Copertura piana pedonabile in latero-cemento con finitura in cls gettato e piastrelle

Solaio in latero cemento intonacato

Membrana forata Bituver Bitumat V12 Forato (opzionale in base allo studio termoigrometrico), previo primer Bituver Ecoprimer

Barriera al vapore impermeabile Bituver Aluvapor Tender

Isolamento termo-acustico con lana vetro alta densità Isover Superbac Roofline® G3, incollato con Bituver Bitumastic

Impermeabilizzazione con membrana bitume-polimero Bituver S-30

Massetto cementizio ad alta resistenza meccanica weberplan MR81 FORTE, impermeabilizzato con guaina elasto-cementizia monocomponente weberdry elasto1 top

Rivestimento ceramico, incollato mediante adesivo cementizio a deformabilità migliorata webercol ProGres Top S1, sigillatura delle fughe con webercolor style

Fonoisolamento

R_w = 56 dB

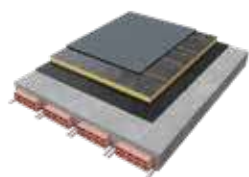
Sp. isolante 100 mm - valutazione analitica

Fonoisolamento

R_w = 59 dB

Sp. isolante 80+80 mm - valutazione analitica

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 212



SOL. 254

Copertura piana occasionalmente pedonabile in latero-cemento con finitura ardesiata

Solaio in latero cemento intonacato

Membrana forata Bituver Bitumat V12 Forato, previo primer Bituver Ecoprimer (opzionale in base allo studio termoigrometrico)

Barriera al vapore impermeabile Bituver Aluvapor Tender

Isolamento termo-acustico con lana vetro alta densità Isover Superbac Roofline® G3, incollato con Bituver Bitumastic

Impermeabilizzazione con membrana bitume-polimero Bituver Fleximat, certificata anti-grandine

Fonoisolamento

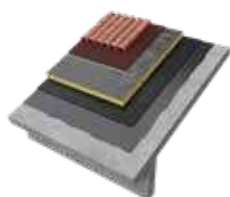
R_w = 56 dB

Sp. isolante 100 mm - valutazione analitica

Fonoisolamento

R_w = 59 dB

Sp. isolante 80+80 mm - valutazione analitica



SOL. 255

Copertura a falda non ventilata in latero-cemento

Solaio in latero cemento intonacato

Barriera al vapore impermeabile Bituver Aluvapor Tender, previo primer Bituver Ecoprimer

Isolamento termo-acustico con lana vetro alta densità Isover Superbac Roofline® G3, incollato con Bituver Bitumastic

Membrana bitume-polimero Bituver X-10

Tegole (peso indicativo 20 Kg/m²)

Fonoisolamento

R_w = 56 dB

Sp. isolante 100 mm - valutazione analitica

Fonoisolamento

R_w = 59 dB

Sp. isolante 80+80 mm - valutazione analitica

COPERTURE PIANE E A FALDA



SOL. 256

Copertura a falda ventilata: struttura in legno, doppio strato di isolante con elevata resistenza a compressione

Assito in legno in perline di abete, sp. 20 mm
 Isover VARIO Xtra (freno al vapore)
 Pannelli OSB, sp. 19 mm
 Isolante lana vetro alta densità Isover Superbac N Roofline® G3, sp. 60+60 mm
 Listelli in legno 50x60 mm per contenimento isolante
 Pannelli OSB, sp. 19 mm
 Listelli in legno 40x50 mm per ventilazione
 Telo sottotegola Isover Syntolight/Syntodefense
 Listelli in legno portategole 30x50 mm
 Tegole (peso indicativo 20 Kg/m²)

Isolamento acustico di facciata
 $D_{2m,n,T,w} = 43 \text{ dB}$
 Rapporto di prova
ITC - CNR 5166
 Fonoisolamento
 $R_w = 51 \text{ dB}$
 Valutazione analitica



SOL. 257

Copertura a falda ventilata: struttura in legno, doppio strato di isolante $\lambda 32$ (doppio OSB)

Assito in legno in perline di abete, sp. 20 mm
 Isover VARIO Xtra (freno al vapore)
 Pannelli OSB, sp. 19 mm
 Isolante minerale Isover T-70, sp. 60+60 mm
 Listelli in legno 50x60 mm per contenimento isolante
 Pannelli OSB, sp. 19 mm
 Listelli in legno 40x50 mm per ventilazione
 Telo sottotegola Isover Syntolight/Syntodefense
 Listelli in legno portategole 30x50 mm
 Tegole (peso indicativo 20 Kg/m²)

Isolamento acustico di facciata
 $D_{2m,n,T,w} = 43 \text{ dB}$
 Rapporto di prova
ITC - CNR 5166
 Fonoisolamento
 $R_w = 51 \text{ dB}$
 Valutazione analitica

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 213



SOL. 258

Copertura a falda ventilata: struttura in legno, doppio strato di isolante $\lambda 32$ (singolo OSB)

Assito in legno in perline di abete, sp. 20 mm
 Isover VARIO Xtra (freno al vapore)
 Isolante minerale Isover T-70, sp. 60+60 mm
 Listelli in legno 50x60 mm per contenimento isolante
 Pannelli OSB, sp. 19 mm
 Listelli in legno 40x50 mm per ventilazione
 Telo sottotegola Isover Syntolight/Syntodefense
 Listelli in legno portategole 30x50 mm
 Tegole (peso indicativo 20 Kg/m²)

Isolamento acustico di facciata
 $D_{2m,n,T,w} = 41 \text{ dB}$
 Rapporto di prova
ITC - CNR 5168
 Fonoisolamento
 $R_w = 49 \text{ dB}$
 Valutazione analitica

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 214



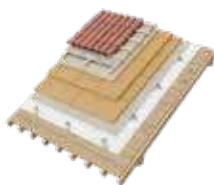
SOL. 259

Copertura a falda ventilata: struttura in legno, doppio strato di isolante $\lambda 31$

Assito in legno in perline di abete, sp. 20 mm
 Isover VARIO Xtra (freno al vapore)
 Isolante minerale Isover T-100, sp. 60+60 mm
 Listelli in legno 50x60 mm per contenimento isolante
 Pannelli OSB, sp. 19 mm
 Listelli in legno 40x50 mm per ventilazione
 Telo sottotegola Isover Syntolight/Syntodefense
 Listelli in legno portategole 30x50 mm
 Tegole (peso indicativo 20 Kg/m²)

Isolamento acustico di facciata
 $D_{2m,n,T,w} = 41 \text{ dB}$
 Rapporto di prova
ITC - CNR 5168
 Fonoisolamento
 $R_w = 52 \text{ dB}$
 Valutazione analitica

COPERTURE PIANE E A FALDA



SOL. 260

Copertura a falda ventilata: struttura in legno, isolante posato in continuo

Assito in legno in perline di abete, sp. 20 mm

Isover VARIO Xtra (freno al vapore)

Pannelli OSB, sp. 19 mm

Isolante lana vetro alta densità Isover Climabac G3 /

Isover Superbac N Roofline® G3, sp. 80+80 mm

Listelli in legno 50x60 mm per contenimento isolante

Pannelli OSB, sp. 19 mm

Listelli in legno 40x50 mm per ventilazione

Telo sottotegola Isover Syntolight/Syntodefense

Listelli in legno portategole 30x50 mm

Tegole (peso indicativo 20 Kg/m²)

Fonoisolamento

$R_w = 51$ dB

Valutazione analitica

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 215

SOLAI DI INTERPIANO (RIGIDITÀ DINAMICA)



SOL. 261

Isover Fonas 31

Feltro costituito da un tessuto non tessuto in fibra di poliestere ad elevata grammatura accoppiato ad una membrana bituminosa

Spessore **8 mm**

Rigidità dinamica apparente senza precarico

$S'_i = 15$ MN/m³

Rigidità dinamica

apparente con precarico

$S'_i = 16$ MN/m³

Rigidità dinamica effettiva

$S' = 32$ MN/m³

Rapporto di prova

I.G. 234050



SOL. 262

Isover Fonasoft

Feltro in fibra di poliestere accoppiato ad una membrana bituminosa munita di cimosa con banda autoadesiva

Spessore **6 mm**

Rigidità dinamica apparente senza precarico

$S'_i = 15$ MN/m³

Rigidità dinamica

apparente con precarico

$S'_i = 16$ MN/m³

Rigidità dinamica effettiva

$S' = 34$ MN/m³

Rapporto di prova

I.G. 235058



SOL. 263

Isover Fonas 2.8

Feltro ad alta grammatura con una faccia impregnata a saturazione parziale da una speciale miscela bituminosa

Spessore **2,8 mm**

Rigidità dinamica apparente senza precarico

$S'_i = 11$ MN/m³

Rigidità dinamica

apparente con precarico

$S'_i = 12$ MN/m³

Rigidità dinamica effettiva

$S' = 50$ MN/m³

Rapporto di prova

Z LAB 003-2014-RIG | 004-2014-RIG



SOL. 264

Isover Ekosol N 4+

Pannello in lana di vetro italiana 4+ senza rivestimenti, realizzata con un legante brevettato a base di materie prime rinnovabili che contribuisce alla qualità dell'aria interna

Spessore **20 mm**

Rigidità dinamica

effettiva

$S' = 8$ MN/m³

Rapporto di prova

ICITE 2611/RP/98

SOLAI DI INTERPIANO (LIVELLO SONORO DA CALPESTIO)



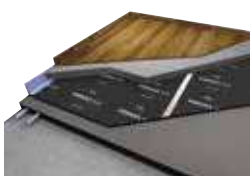
SOL. 265

Solaio interpianto - Pavimento galleggiante ad elevato isolamento acustico

Solaio in c.a. sp. 140 mm
Bituver Fonas 31, sp. 8 mm
Massetto in cls weberplan MR81, sp. 50 mm

Livello sonoro calpestio
 $L_{n,w} = 74$ dB (solaio nudo)
 $L_{n,w} = 43$ dB (solaio isolato)
Miglioramento Livello sonoro calpestio
 $\Delta L_{n,w} = 31$ dB
Rapporto di prova
CSI 0057/DC/ACU/04

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 216



SOL. 266

Solaio interpianto - Pavimento galleggiante ad elevato isolamento acustico

Solaio in c.a. sp. 140 mm
Bituver Fonas 2.8, sp. 8 mm
Massetto in cls weberplan MR81, sp. 50 mm

Livello sonoro calpestio
 $L_{n,w} = 73,5$ dB (solaio nudo)
 $L_{n,w} = 49,5$ dB (solaio isolato)
Miglioramento Livello sonoro calpestio
 $\Delta L_{n,w} = 24$ dB
Rapporto di prova
CSI 0136/DC/ACU/03

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 218



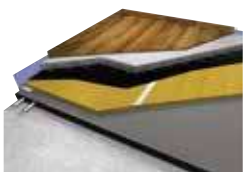
SOL. 267

Solaio interpianto - Pavimento galleggiante ad elevato isolamento acustico

Solaio in c.a. sp. 140 mm
Bituver Fonasoft, sp. 6 mm
Massetto in cls weberplan MR81, sp. 50 mm

Livello sonoro calpestio
 $L_{n,w} = 74$ dB (solaio nudo)
 $L_{n,w} = 48$ dB (solaio isolato)
Miglioramento Livello sonoro calpestio
 $\Delta L_{n,w} = 26$ dB
Valutazione analitica

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 220



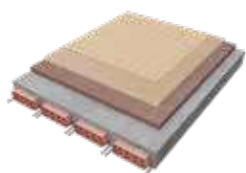
SOL. 268

Solaio interpianto - Pavimento galleggiante ad elevato isolamento termo-acustico

Solaio in c.a. sp. 140 mm
Isover Ekosol N 4+, sp. 15 mm, rivestito da cartongfello bitumato Isover Bitulan C5
Massetto in cls weberplan MR81, sp. 50 mm Ekosol N 4+

Livello sonoro calpestio
 $L_{n,w} = 75$ dB (solaio nudo)
 $L_{n,w} = 44$ dB (solaio isolato)
Miglioramento Livello sonoro calpestio
 $\Delta L_{n,w} = 31$ dB
Rapporto di prova
IEN 25929

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 222



SOL. 269

Solaio interpianto - Pavimento galleggiante con massetto a secco ad elevato isolamento acustico

Solaio
Granulato per massetti in argilla espansa naturale sp. 50 mm
Lastra Gyproc Rigidur E20 (tipo GF-C1-I-W2, peso 24,10 kg/m²) sp. tot. 20 mm

Miglioramento Livello sonoro calpestio
 $\Delta L_{n,w} = 5$ dB
(solaio travi e assito in legno)
 $\Delta L_{n,w} = 16$ dB (solaio c.a.)

SOLAI DI INTERPIANO (LIVELLO SONORO DA CALPESTIO)



SOL. 270

Solaio interpianto – Pavimento galleggiante con massetto a secco ad elevato isolamento termo-acustico

Solaio

Granulato per massetti in argilla espansa naturale sp. 50 mm

Lastra Gyproc Rigidur E30 MF (tipo GF-C1-I-W2, peso 25,70 kg/m²)
sp. tot. 20 mm + 10 mm lana minerale

Miglioramento Livello sonoro calpestio

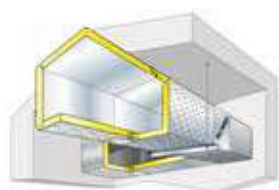
$\Delta L_{n,w} = 8 \text{ dB}$

(solaio travi e assito in legno)

$\Delta L_{n,w} = 22 \text{ dB}$ (solaio c.a.)

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 223

CONDOTTE DI VENTILAZIONE ARIA



SOL. 271

Isover CLIMAVER® PLUS R

Pannello in lana di vetro ad alta densità per la realizzazione di condotte in impianti di distribuzione, climatizzazione e ventilazione aria

Rivestimento esterno: alluminio rinforzato con carta kraft e maglia di vetro

Rivestimento interno: alluminio rinforzato con carta kraft e maglia di vetro che funge da barriera vapore

Questo conferisce rigidità, facilità di pulizia, resistenza all'usura e una perfetta aderenza tra i giunti

Spessore **25 mm**

Assorbimento acustico

$\alpha_w = 0,35$

Rapporto di prova

CTA 040/11/REV

Assorbimento acustico

α_p **senza plenum 0,45**

Rapporto di prova

CTA 042/11/REV

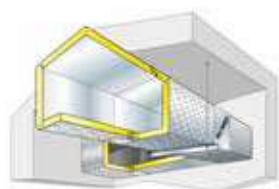
Isolamento Acustico

$R_w = 16 \text{ dB}$

Valutazione analitica con

ref. a rapporto di prova

I.G. 351084



SOL. 272

Isover CLIMAVER® A2 PLUS

Pannello in lana di vetro ad alta densità per la realizzazione di condotte in impianti di distribuzione, climatizzazione e ventilazione aria

Rivestimento esterno: alluminio rinforzato con carta kraft e maglia di vetro

Rivestimento interno: alluminio rinforzato con carta kraft e maglia di vetro che funge da barriera vapore

Spessore **25 mm**

Assorbimento acustico

$\alpha_w = 0,35$

Rapporto di prova

CTA 040/11/REV

Assorbimento acustico

α_p **senza plenum 0,45**

Rapporto di prova

CTA 042/11/REV

Isolamento Acustico

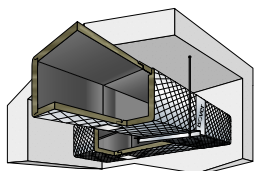
$R_w = 16 \text{ dB}$

Valutazione analitica con

ref. a rapporto di prova

I.G. 351084

CONDOTTE DI VENTILAZIONE ARIA



SOL. 273 Isover CLIMAVER® A2 neto

Pannello in lana di vetro ad alta densità per la realizzazione di condotte in impianti di distribuzione, climatizzazione e ventilazione aria. Ideale per applicazioni con elevata necessità di comfort acustico.

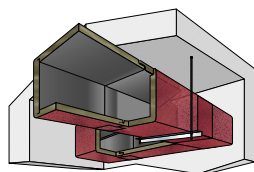
Rivestimento esterno: lamina di alluminio rinforzato con carta kraft e maglia di vetro

Rivestimento interno: esclusivo tessuto acustico denominato "neto" che esalta le caratteristiche intrinseche di assorbimento acustico della lana di vetro

La trama del tessuto è orientata verso il senso di circolazione dell'aria

Spessore **25 mm**
 Assorbimento $\alpha_w = 0,85$
 Rapporto di prova
CTA 048/11/REV-5
 Assorbimento acustico
 α_p **senza plenum 0,55**
 Rapporto di prova
CTA 057/11/REV
 Isolamento Acustico
 $R_w = 16$ dB
 Rapporto di prova
I.G. 351084

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 224



SOL. 274 Isover CLIMAVER® A2 deco

Pannello in lana di vetro ad alta densità per la realizzazione di condotte in impianti di distribuzione, climatizzazione e ventilazione aria. Ideale per applicazioni a vista con elevata necessità di comfort acustico e qualità estetica

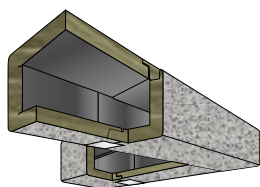
Rivestimento esterno: lamina di alluminio rinforzato e rivestito con un tessuto colorato. Disponibile in 5 colori

Rivestimento interno: esclusivo tessuto acustico denominato "neto" che esalta le caratteristiche intrinseche di assorbimento acustico della lana di vetro

La trama del tessuto è orientata verso il senso di circolazione dell'aria

Spessore **25 mm**
 Assorbimento $\alpha_w = 0,85$
 Rapporto di prova
CTA 048/11/REV-5
 Assorbimento acustico
 α_p **senza plenum 0,55**
 Rapporto di prova
CTA 057/11/REV
 Isolamento Acustico
 $R_w = 16$ dB
 Rapporto di prova
I.G. 351084

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 225



SOL. 275 Isover CLIMAVER® STAR

Pannello in lana di vetro ad alta densità per la realizzazione di condotte in impianti di distribuzione, climatizzazione e ventilazione aria. Ideale per applicazioni outdoor dove sono richieste resistenza agli agenti atmosferici e urti accidentali

Rivestimento esterno: lamina di alluminio plastificato di 305 μ m di spessore e con finitura goffrata

Rivestimento interno: esclusivo tessuto acustico denominato "neto" che esalta le caratteristiche intrinseche di assorbimento acustico della lana di vetro

La trama del tessuto è orientata verso il senso di circolazione dell'aria

Spessore **40 mm**
 Assorbimento $\alpha_w = 0,90$
 Rapporto di prova
CTA 140003/REV
 Assorbimento acustico
 α_p **senza plenum 0,80**
 Rapporto di prova
CTA 056/11/REV

Consulta l'approfondimento della soluzione a pag. 226

PROGETTAZIONE DI **EDIFICI RESIDENZIALI**



Vedi soluzione n.

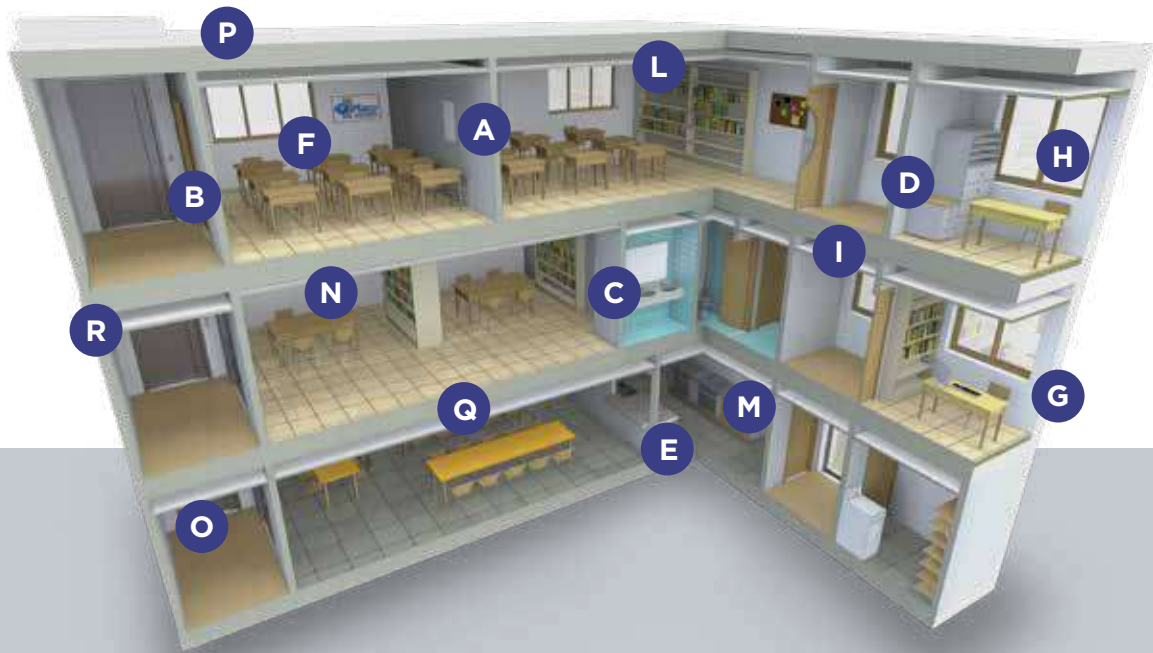
A Parete divisoria interna tra camere	33 ÷ 54 (sistema a secco) 55 ÷ 60 (sistema tradizionale)
B Parete divisoria interna tra camera e bagno	21, 26, 29, 31, 34, 35, 38, 40
C Parete divisoria interna tra sala/soggiorno e bagno	21, 26, 29, 31, 34, 35, 38, 40
D Parete divisoria interna tra sala/soggiorno e cucina	20, 22, 23, 27, 30
E Parete divisoria interna tra sala/soggiorno e atrio ingresso	20, 22, 23, 27, 30
F Parete divisoria interna tra sala/soggiorno e studio	20, 22, 23, 27, 30
G Controparete interna	61 ÷ 87
H Parete di tamponamento esterno	88 ÷ 93 (sistema a secco) 94 ÷ 96 (isolamento a cappotto)
I Superficie vetrata	97 ÷ 135
L Controsoffitto continuo ambienti	136 ÷ 143
M Controsoffitto continuo bagno/cucina	136 ÷ 143
N Controsoffitto modulare atrio ingresso-area impianti-servizi	156 183 ÷ 188
O Copertura	251 ÷ 260
P Solaio di interpiano	265 ÷ 270
Q Condotte di ventilazione	271 ÷ 275

D.P.C.M. 5 dicembre 1997 - Requisiti acustici passivi degli edifici

Categorie e ambienti abitativi	Parametri (dB)				
	R'_w	$D_{2m,nT,w}$	L'_{nw}	L_{ASmax}	L_{Aeq}
Edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili (cat. D)	≥ 55	≥ 45	≥ 58	≥ 35	≤ 25
Edifici adibiti a residenze, alberghi, pensioni ed attività assimilabili (cat. A, C)	≥ 50	≥ 40	≤ 63	≤ 35	35
Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili (cat. E)	≥ 50	≥ 48	≤ 58	≤ 35	≤ 25
Edifici adibiti ad uffici, attività ricreative o di culto, attività commerciali o assimilabili (cat. B, F, G)	≥ 50	≥ 42	≤ 55	≤ 35	35



PROGETTAZIONE DI SCUOLE



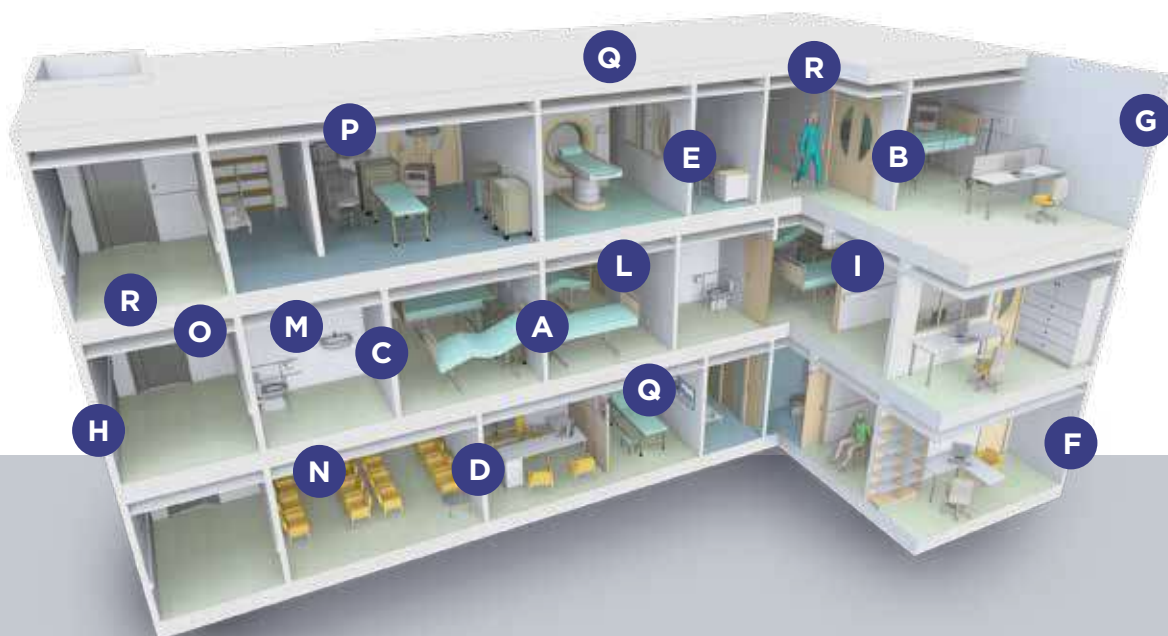
Vedi soluzione n.

A Parete divisoria interna tra aule	33 ÷ 54 246 ÷ 250
B Parete divisoria interna tra aule e corridoio	20, 22, 23, 27, 30
C Parete divisoria interna tra ambiente e bagno	21, 26, 29, 31, 34, 35, 38, 40
D Parete divisoria interna tra ambiente e ufficio	20, 22, 23, 27, 30 246 ÷ 250
E Parete divisoria interna tra cucina e sala pranzo-mensa	20, 22, 23, 27, 30
F Controparete interna	61 ÷ 87
G Parete di tamponamento esterno	88 ÷ 93 (sistema a secco) 94 ÷ 96 (isolamento a cappotto)
H Superficie vetrata	97 ÷ 135
I Controsoffitto continuo ambienti	136 ÷ 143
L Controsoffitto continuo-modulare aule	136 ÷ 143 144 ÷ 151 160 ÷ 182 183 ÷ 188 198 ÷ 200 207 ÷ 212
M Controsoffitto continuo-modulare bagno/cucina	136 ÷ 143 156 ÷ 159 183 ÷ 188
N Controsoffitto continuo-modulare-isole-baffle biblioteca-sala studio	136 ÷ 143 144 ÷ 151 160 ÷ 182 183 ÷ 188 198 ÷ 200 207 ÷ 212
O Controsoffitto continuo-modulare corridoi	136 ÷ 143 152 ÷ 155 183 ÷ 188
P Copertura	251 ÷ 260
Q Solaio di interpiano	265 ÷ 270
R Condotte di ventilazione	271 ÷ 275

D.P.C.M. 5 dicembre 1997 - Requisiti acustici passivi degli edifici

Categorie e ambienti abitativi	Parametri (dB)				
	R'_w	$D_{2m,nT,w}$	L'_{nw}	L_{ASmax}	L_{Aeq}
Edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili (cat. D)	≥ 55	≥ 45	≥ 58	≥ 35	≤ 25
Edifici adibiti a residenze, alberghi, pensioni ed attività assimilabili (cat. A, C)	≥ 50	≥ 40	≤ 63	≤ 35	35
Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili (cat. E)	≥ 50	≥ 48	≤ 58	≤ 35	≤ 25
Edifici adibiti ad uffici, attività ricreative o di culto, attività commerciali o assimilabili (cat. B, F, G)	≥ 50	≥ 42	≤ 55	≤ 35	35

PROGETTAZIONE DI **OSPEDALI**



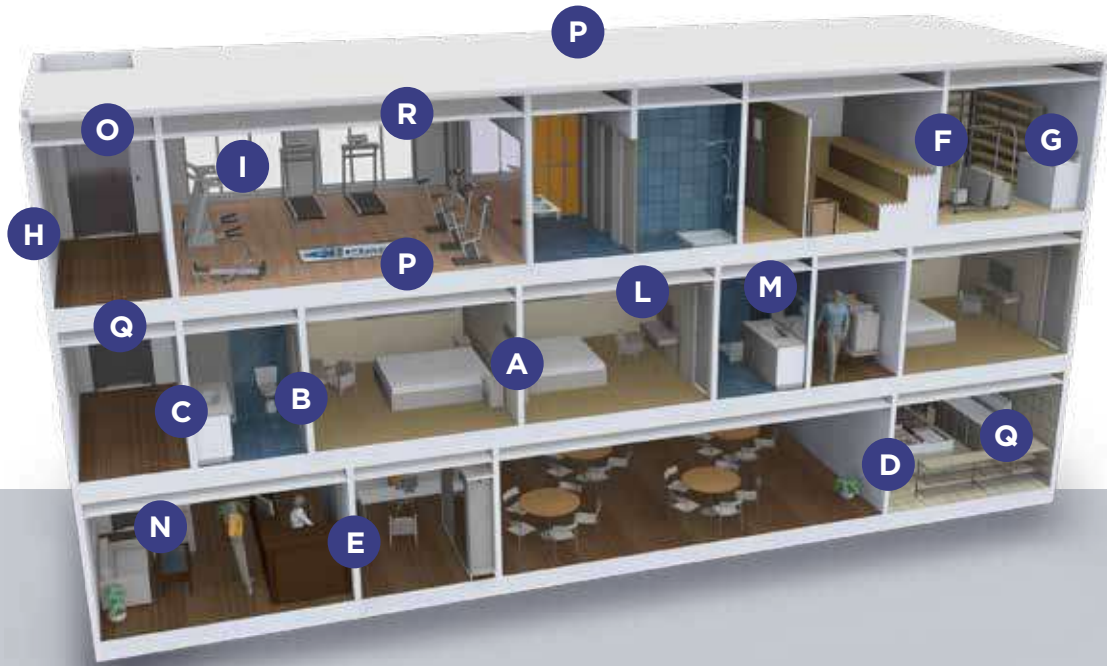
Vedi soluzione n.

A Parete divisoria interna tra camere degenza	33 ÷ 54
B Parete divisoria interna tra camera degenza e corridoio	33 ÷ 54 20, 22, 23, 27, 30
C Parete divisoria interna tra ambiente e bagno	21, 26, 29, 31, 34, 35, 38, 40
D Parete divisoria interna tra ambiente e ufficio	20, 22, 23, 27, 30 246 ÷ 250
E Parete divisoria interna tra ambiente e sala radiologica	28
F Controparete interna	61 ÷ 87
G Parete di tamponamento esterno	88 ÷ 93 (sistema a secco) 94 ÷ 96 (isolamento a cappotto)
H Superficie vetrata	97 ÷ 135
I Controsoffitto continuo ambienti	136 ÷ 143
L Controsoffitto continuo-modulare camere degenza	136 ÷ 143 144 ÷ 151 160 ÷ 182 183 ÷ 188 221 ÷ 228
M Controsoffitto continuo-modulare bagno	136 ÷ 143 156 ÷ 159 183 ÷ 188
N Controsoffitto continuo-modulare sala d'attesa-uffici	136 ÷ 143 144 ÷ 151 160 ÷ 182 183 ÷ 188 221 ÷ 228
O Controsoffitto continuo-modulare corridoi	136 ÷ 143 152 ÷ 155 183 ÷ 188 194 221 ÷ 228
P Locali sanitari / Camere bianche	159, 190, 191, 221 ÷ 228
Q Copertura	251 ÷ 260
R Solaio di interpiano	265 ÷ 270
S Condotte di ventilazione	271 ÷ 275

D.P.C.M. 5 dicembre 1997 - Requisiti acustici passivi degli edifici

Categorie e ambienti abitativi	Parametri (dB)				
	R'_w	$D_{2m,nT,w}$	L'_{nw}	L_{ASmax}	L_{Aeq}
Edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili (cat. D)	≥ 55	≥ 45	≥ 58	≥ 35	≤ 25
Edifici adibiti a residenze, alberghi, pensioni ed attività assimilabili (cat. A, C)	≥ 50	≥ 40	≤ 63	≤ 35	35
Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili (cat. E)	≥ 50	≥ 48	≤ 58	≤ 35	≤ 25
Edifici adibiti ad uffici, attività ricreative o di culto, attività commerciali o assimilabili (cat. B, F, G)	≥ 50	≥ 42	≤ 55	≤ 35	35

PROGETTAZIONE DI **ALBERGHI**



Vedi soluzione n.

A Parete divisoria interna tra camere	33 ÷ 54
B Parete divisoria interna tra camera e bagno	20, 22, 23, 27, 30
C Parete divisoria interna tra camera-bagno e corridoio	33 ÷ 54 20, 22, 23, 27, 30
D Parete divisoria interna tra sala pranzo e cucina	20, 22, 23, 27, 30
E Parete divisoria interna tra ingresso e uffici	20, 22, 23, 27, 30 246 ÷ 250
F Parete divisoria interna tra ambiente e locali tecnici	20, 22, 23, 27, 30
G Controparete interna	61 ÷ 87
H Parete di tamponamento esterno	88 ÷ 93 (sistema a secco) 94 ÷ 96 (isolamento a cappotto)
I Superficie vetrata	97 ÷ 135
L Controsoffitto continuo camere	136 ÷ 143
M Controsoffitto continuo-modulare bagno/cucina	136 ÷ 143 156 ÷ 159 183 ÷ 188
N Controsoffitto continuo-modulare-isole-baffle ingresso	136 ÷ 143 144 ÷ 151 160 ÷ 182 183 ÷ 188 201 ÷ 212 233 ÷ 245
O Controsoffitto continuo-modulare corridoi	136 ÷ 143 152 ÷ 155 183 ÷ 188 201 ÷ 212
P Copertura	251 ÷ 260
Q Solaio di interpiano	265 ÷ 270
R Condotte di ventilazione	271 ÷ 275

D.P.C.M. 5 dicembre 1997 - Requisiti acustici passivi degli edifici

Categorie e ambienti abitativi	Parametri (dB)				
	R'_{w}	$D_{2m,nT,w}$	L'_{nw}	L_{ASmax}	L_{Aeq}
Edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili (cat. D)	≥ 55	≥ 45	≥ 58	≥ 35	≤ 25
Edifici adibiti a residenze, alberghi, pensioni ed attività assimilabili (cat. A, C)	≥ 50	≥ 40	≤ 63	≤ 35	35
Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili (cat. E)	≥ 50	≥ 48	≤ 58	≤ 35	≤ 25
Edifici adibiti ad uffici, attività ricreative o di culto, attività commerciali o assimilabili (cat. B, F, G)	≥ 50	≥ 42	≤ 55	≤ 35	35

PROGETTAZIONE DI **UFFICI**



Vedi soluzione n.

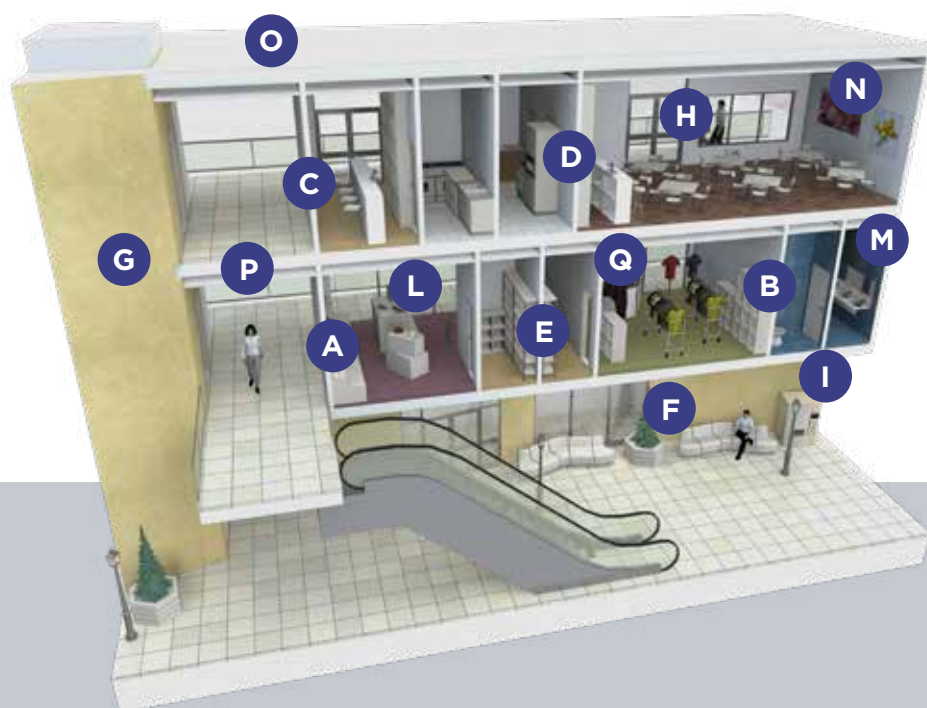
A Parete divisoria interna tra uffici	33 ÷ 54 20, 22, 23, 27, 30 246 ÷ 250
B Parete divisoria interna tra ambiente e bagno	20, 22, 23, 27, 30
C Parete divisoria interna tra ufficio e sala riunioni	33 ÷ 54 20, 22, 23, 27, 30 246 ÷ 250
D Parete divisoria interna tra corridoio e ingresso	20, 22, 23, 27, 30
E Controparete interna	61 ÷ 87
F Parete di tamponamento esterno	88 ÷ 93 (sistema a secco) 94 ÷ 96 (isolamento a cappotto)
G Superficie vetrata	97 ÷ 135
H Controsoffitto continuo-modulare uffici	136 ÷ 143 201 ÷ 212 233 ÷ 245
I Controsoffitto continuo-modulare bagno	136 ÷ 143 156 183 ÷ 188
L Controsoffitto continuo-modulare sala riunioni	144 ÷ 151 160 ÷ 182 183 ÷ 188 201 ÷ 212 233 ÷ 245
M Controsoffitto continuo-modulare locali tecnici	136 ÷ 143 156 183 ÷ 188
N Controsoffitto continuo-modulare cucina	136 ÷ 143 156 183 ÷ 188
O Controsoffitto continuo-modulare corridoi	136 ÷ 143 152 ÷ 155 183 ÷ 188 201 ÷ 212
P Copertura	251 ÷ 260
Q Solaio di interpiano	265 ÷ 270
R Condotte di ventilazione	271 ÷ 275

D.P.C.M. 5 dicembre 1997 - Requisiti acustici passivi degli edifici

Categorie e ambienti abitativi	Parametri (dB)				
	R'_w	$D_{2m,nT,w}$	L'_{nw}	L_{ASmax}	L_{Aeq}
Edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili (cat. D)	≥ 55	≥ 45	≥ 58	≥ 35	≤ 25
Edifici adibiti a residenze, alberghi, pensioni ed attività assimilabili (cat. A, C)	≥ 50	≥ 40	≤ 63	≤ 35	35
Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili (cat. E)	≥ 50	≥ 48	≤ 58	≤ 35	≤ 25
Edifici adibiti ad uffici, attività ricreative o di culto, attività commerciali o assimilabili (cat. B, F, G)	≥ 50	≥ 42	≤ 55	≤ 35	35



PROGETTAZIONE DI **EDIFICI COMMERCIALI**



Vedi soluzione n.

A Parete divisoria interna tra corridoio e negozi	33 ÷ 54 20, 22, 23, 27, 30
B Parete divisoria interna tra negozi-corridoi e bagno	33 ÷ 54 20, 22, 23, 27, 30
C Parete divisoria interna tra corridoio e bar	20, 22, 23, 27, 30
D Parete divisoria interna tra sala pranzo e cucina	20, 22, 23, 27, 30
E Parete divisoria interna tra negozi	33 ÷ 54 20, 22, 23, 27, 30
F Controparete interna	61 ÷ 87
G Parete di tamponamento esterno	88 ÷ 93 (sistema a secco) 94 ÷ 96 (isolamento a cappotto)
H Superficie vetrata	97 ÷ 135
I Controsoffitto continuo-modulare ambienti comuni	136 ÷ 143 156 183 ÷ 188
L Controsoffitto continuo-modulare negozi	136 ÷ 143 156 183 ÷ 188 194 201 ÷ 212 233 ÷ 245
M Controsoffitto continuo-modulare bagno/cucina	136 ÷ 143 156 183 ÷ 188
N Controsoffitto continuo-modulare sala pranzo	136 ÷ 143 156 183 ÷ 188 233 ÷ 245
O Copertura	251 ÷ 260
P Solaio di interpiano	265 ÷ 270
Q Condotte di ventilazione	271 ÷ 275

D.P.C.M. 5 dicembre 1997 - Requisiti acustici passivi degli edifici

Categorie e ambienti abitativi	Parametri (dB)				
	R'_w	$D_{2m,nT,w}$	L'_{nw}	L_{ASmax}	L_{Aeq}
Edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili (cat. D)	≥ 55	≥ 45	≥ 58	≥ 35	≤ 25
Edifici adibiti a residenze, alberghi, pensioni ed attività assimilabili (cat. A, C)	≥ 50	≥ 40	≤ 63	≤ 35	35
Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili (cat. E)	≥ 50	≥ 48	≤ 58	≤ 35	≤ 25
Edifici adibiti ad uffici, attività ricreative o di culto, attività commerciali o assimilabili (cat. B, F, G)	≥ 50	≥ 42	≤ 55	≤ 35	35

SOLUZIONE N. 9 | SISTEMA A SECCO PARETI DIVISORIE INTERNE PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Zona notte e giorno	• Aule • Uffici	• Camere di degenza • Uffici	• Camere • Uffici	• Uffici	• Negozi • Uffici

HF 4.2 | Parete legno 2x13 HF F LA34 100-60

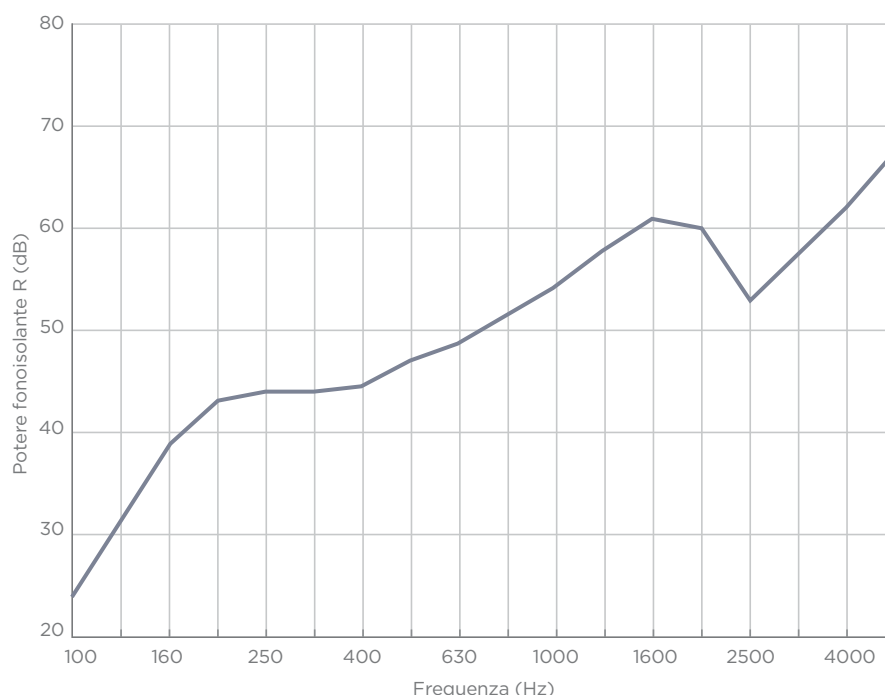
Spessore: 150 mm | Peso: 48,50 kg/m²

PRODOTTI UTILIZZATI



- 1 lastra Gyproc **Habito® Forte 13** (largh. 1250 mm)
(tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 1 lastra Gyproc **Fireline 13** (largh. 1250 mm)
(tipo DF, peso 10,1 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- Morali in legno, sezione 100x60 mm, interasse max 600 mm
- Isolante in lana minerale Isover **Arena34**
sp. 70 mm, reaz. al fuoco A1
- 1 lastra Gyproc **Fireline 13** (largh. 1250 mm)
(tipo DF, peso 10,1 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 1 lastra Gyproc **Habito® Forte 13** (largh. 1250 mm)
(tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0

Frequenza <i>f</i> (Hz)	R (dB)
100	23,8
125	31,5
160	38,7
200	43,0
250	43,9
315	43,9
400	44,4
500	47,0
630	48,6
800	51,3
1000	54,2
1250	57,8
1600	60,8
2000	60,0
2500	52,7
3150	57,3
4000	62,0
5000	67,2



Resistenza al fuoco: REI 120 - Hmax = 3 m CSI 2301 FR	Carico applicato: 18 kN/m	Fonoisolamento: R_w = 51 dB I.G. 336177	Trasmittanza termica: U = 0.420 W/m²K
Portata ai carichi	Resistenza agli urti	Sostenibilità/Qualità aria int.: VOC: Classe A+ Eurofins GOLD CAM EPD	Resa estetica: il cartone bianco agevola le operazioni di finitura

Possibili varianti:

- Reazione al fuoco A1:**
Sostituire lastra a vista lato corridoio/via d'esodo con Gyproc Duragyp A1 13 Activ'Air® (tipo DFHII, peso 12,3 kg/m²), reaz. al fuoco A1
- Ambienti umidi:**
Sostituire lastra a vista lato ambiente umido con Gyproc Habito® Forte Hydro 13 (tipo DEFH1IR, peso 12,3 kg/m²), reaz. al fuoco A2-s1,d0

SOLUZIONE N. 20 | SISTEMA A SECCO PARETI DIVISORIE INTERNE PER:

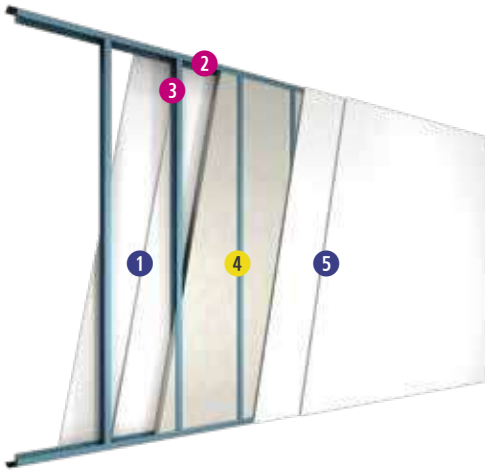
RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Zona notte e giorno	• Aule • Uffici	• Camere di degenza • Uffici	• Camere • Uffici	• Uffici	• Negozi • Uffici

HABITO PRATICA - SA 125/75 L HAB

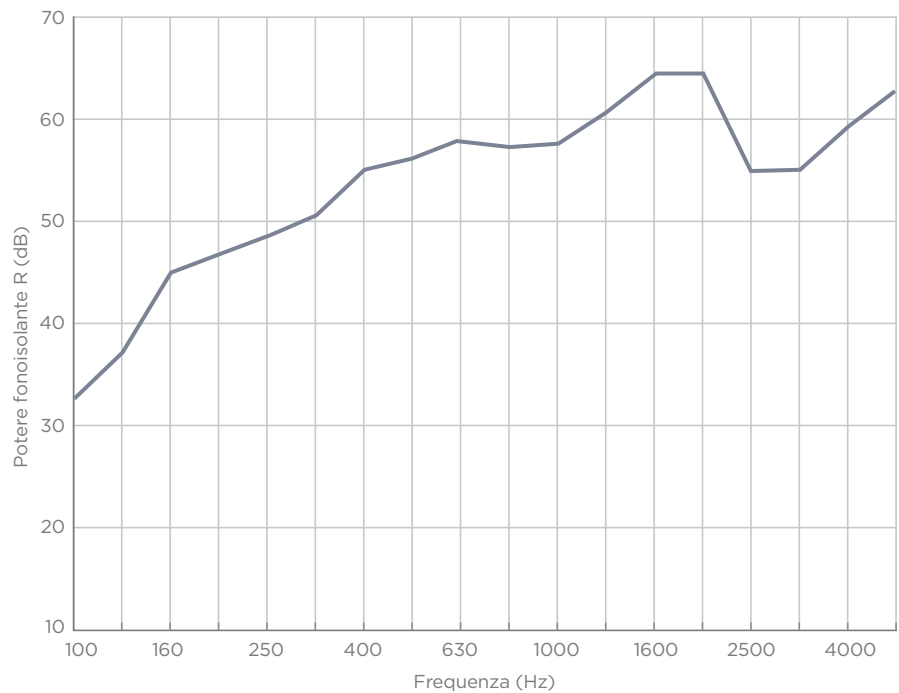
Spessore: 125 mm | Peso: 43,75 kg/m²

PRODOTTI UTILIZZATI

- 2 lastre Gyproc **Habito 13 Activ'Air®**
(tipo DI, peso 10,2 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- Guide a U Gyproc **Gyprofile**
da 75 mm, sp. 0,6 mm
- Montanti a C Gyproc **Gyprofile**
da 75 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- Isolante in lana di vetro Isover **AcustiPAR 4+**
sp. 70 mm, reaz. al fuoco A1
- 2 lastre Gyproc **Habito 13 Activ'Air®**
(tipo DI, peso 10,2 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0



Frequenza f (Hz)	R (dB)
100	32,3
125	37,1
160	44,7
200	46,7
250	48,5
315	50,5
400	54,7
500	55,8
630	57,7
800	57,1
1000	57,5
1250	60,5
1600	64,3
2000	64,4
2500	54,8
3150	54,9
4000	59,4
5000	62,7



Resistenza al fuoco: EI 120 - Hmax = 4 m CSI 2355 FR	Fonoisolamento: $R_w = 56$ dB I.G. 350948	Trasmittanza termica: $U = 0,424$ W/m ² K	Resistenza all'azione sismica: Report Politecnico di Milano
Sostenibilità/Qualità aria int.: VOC: Classe A+ Eurofins GOLD CAM EPD Activ'Air®	Resa estetica: il cartone bianco agevola le operazioni di finitura		

Possibili varianti:

- Reazione al fuoco A1:**
Sostituire lastra a vista lato corridoio/via d'esodo con Gyproc Lisaflam 13 (tipo DF, peso 10,1 kg/m²), reaz. al fuoco A1
- Ambienti umidi:**
Sostituire lastra a vista lato ambiente umido con Gyproc Habito Hydro 13 Activ'Air® (tipo DEH11, peso 10,6 kg/m²), reaz. al fuoco A2-s1,d0

SOLUZIONE N. 22 | SISTEMA A SECCO PARETI DIVISORIE INTERNE PER:

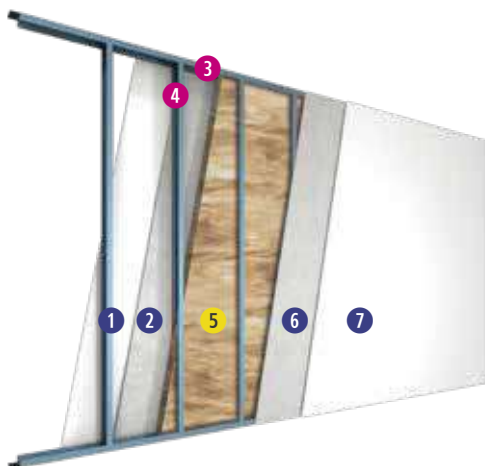
RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Zona notte e giorno	• Aule • Uffici	• Camere di degenza • Uffici	• Camere • Uffici	• Uffici	• Negozi • Uffici

SA 100/50 LA34 STD DG

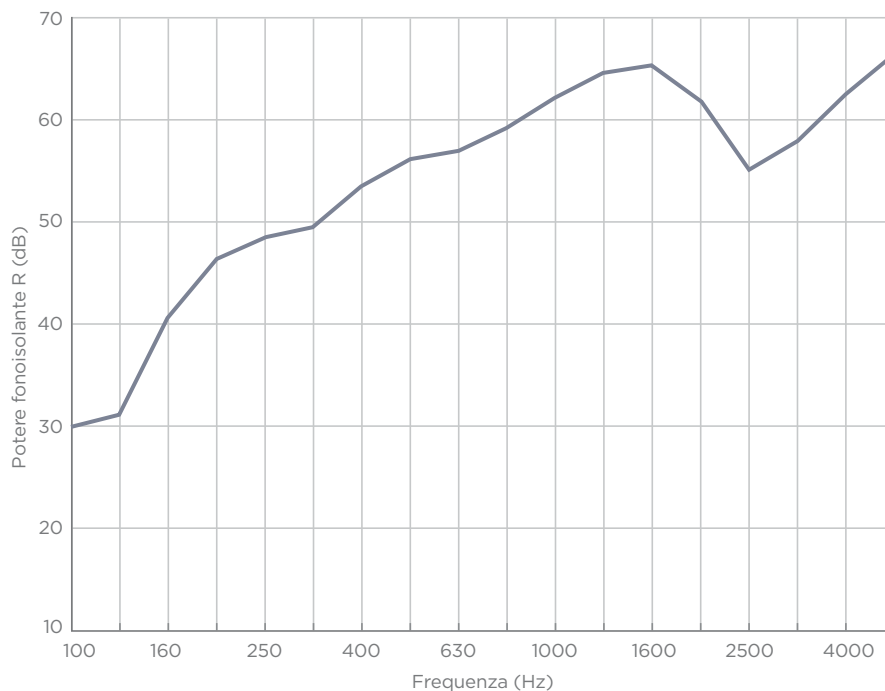
Spessore: 100 mm | Peso: 45,8 kg/m²

PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 lastra Gyproc **Duragyp 13 Activ'Air®**
(tipo DEFH1IR, peso 12,3 kg/m²) reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 1 lastra Gyproc **Wallboard 13**
(tipo A, peso 9,2 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- Guide a U Gyproc **Gyprofile**
da 50 mm, sp. 0,6 mm
- Montanti a C Gyproc **Gyprofile**
da 50 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- Isolante in lana minerale Isover **Arena34**
sp. 45 mm, reaz. al fuoco A1
- 1 lastra Gyproc **Wallboard 13**
(tipo A, peso 9,2 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 1 lastra Gyproc **Duragyp 13 Activ'Air®**
(tipo DEFH1IR, peso 12,3 kg/m²) reaz. al fuoco A2-s1,d0



Frequenza <i>f</i> (Hz)	R (dB)
100	29,9
125	31,1
160	40,3
200	46,3
250	48,5
315	49,6
400	53,4
500	56,1
630	57,1
800	59,3
1000	62,2
1250	64,8
1600	65,3
2000	62,1
2500	55,2
3150	58,0
4000	62,6
5000	66,5



Fonisolamento:
R_w = 56 dB
I.G. 356952



Trasmittanza termica:
U = 0,518 W/m²K



Portata ai carichi



Resistenza agli urti



Resistenza all'azione sismica:
Report Politecnico di Milano



Sostenibilità/Qualità aria int.:
VOC: Classe A+ | Eurofins GOLD
CAM | EPD | Activ'Air®

Possibili varianti:



Reazione al fuoco A1:

Sostituire lastra a vista lato corridoio/via d'esodo con Gyproc Duragyp A1 13 Activ'Air® (tipo DFH1I, peso 12,3 kg/m²), reaz. al fuoco A1



Ambienti umidi:
Soluzione idonea

SOLUZIONE N. 26 | SISTEMA A SECCO PARETI DIVISORIE INTERNE PER:

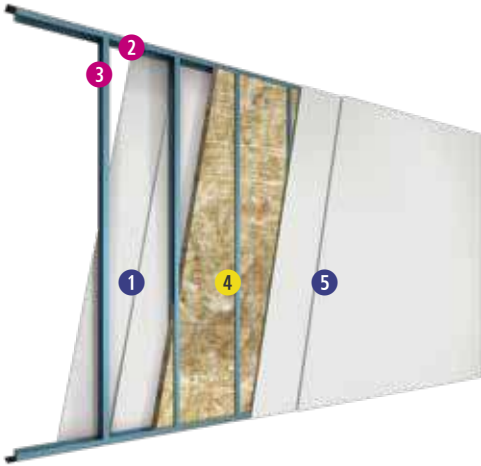
RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Zona notte e giorno	• Aule • Uffici	• Camere di degenza • Uffici	• Camere • Uffici	• Uffici	• Negozi • Uffici

SA 125/75 LA34 STD

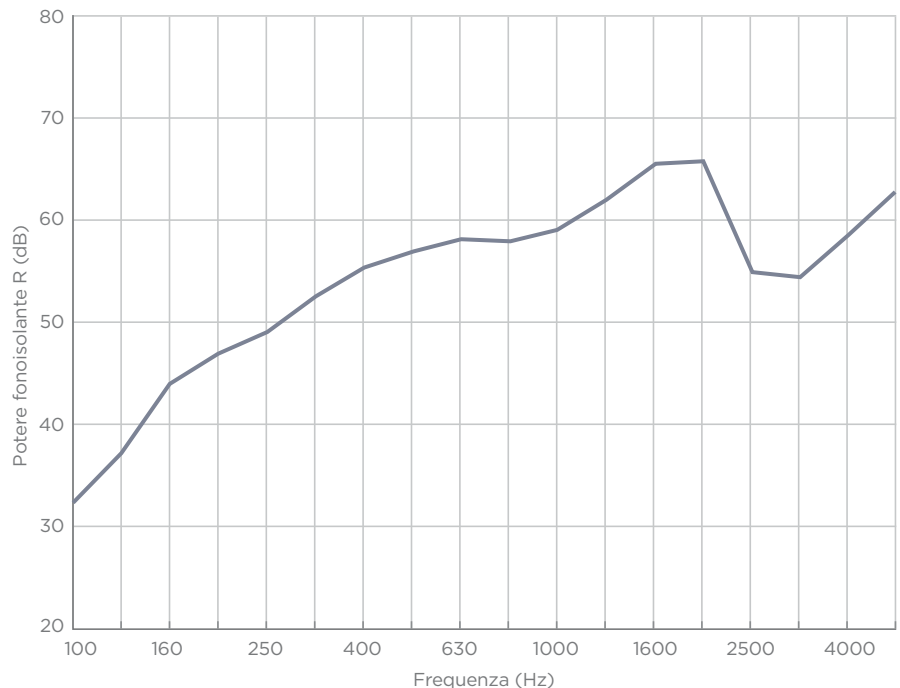
Spessore: 125 mm | Peso: 39,75 kg/m²

PRODOTTI UTILIZZATI

- 2 lastre Gyproc **Wallboard 13**
(tipo A, peso 9,2 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- Guide a U Gyproc **Gyprofile**
da 75 mm, sp. 0,6 mm
- Montanti a C Gyproc **Gyprofile**
da 75 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- Isolante in lana minerale Isover **Arena34**
sp. 70 mm, reaz. al fuoco A1
- 2 lastre Gyproc **Wallboard 13**
(tipo A, peso 9,2 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0



Frequenza <i>f</i> (Hz)	R (dB)
100	32,4
125	37,2
160	44,0
200	47,1
250	49,0
315	52,4
400	55,3
500	56,8
630	58,0
800	57,9
1000	59,0
1250	61,8
1600	65,3
2000	65,8
2500	54,8
3150	54,4
4000	58,3
5000	62,9



Resistenza al fuoco:
EI 90 - H_{max} = 5 m
CSI 2353 FR



Fonoisolamento:
R_w = 57 dB
I.G. 350664



Trasmittanza termica:
U = 0,424 W/m²K



Resistenza all'azione sismica:
Report Politecnico di Milano



Sostenibilità/Qualità aria int.:
VOC: Classe A+ | Eurofins GOLD
CAM | EPD

Possibili varianti:



Reazione al fuoco A1:
Sostituire lastra a vista lato corridoio/via d'esodo con Gyproc Lisapla 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²), reaz. al fuoco A1



Ambienti umidi:
Sostituire lastra a vista lato ambiente umido con Gyproc Hydro 13 (tipo H2, peso 9,65 kg/m²), reaz. al fuoco A2-s1,d0

SOLUZIONE N. 28 | SISTEMA A SECCO PARETI DIVISORIE INTERNE PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
		• Sale radiologiche			• Studio dentistico

SA 125/75 L X-RAY Protection

Spessore: 125 mm | Peso: 75 kg/m²

PRODOTTI UTILIZZATI

- 2 lastre Gyproc **X-RAY Protection 13**
(tipo DFI, peso 18,0 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- Guide a U Gyproc **Gyprofile**
da 75 mm, sp. 0,6 mm
- Montanti a C Gyproc **Gyprofile**
da 75 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- Isolante in lana di vetro Isover **PAR 4+/-** lana minerale Isover **Arena34**
sp. 70 mm, reaz. al fuoco A1
- 2 lastre Gyproc **X-RAY Protection 13**
(tipo DFI, peso 18,0 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0

Nota: tutti i giunti tra le lastre, le teste delle viti e le connessioni parete-edificio devono essere stuccate con lo specifico stucco **Gyfill® X-Ray Protection Joint Mix**.

Nota: a protezione delle lastre Gyproc X-Ray Protection 13, è possibile installare nello strato a vista 1 lastra Gyproc (Wallboard 13, Habito™ Forte 13).



Resistenza al fuoco:
EI 120 - Hmax = 4 m
BTC 19054F

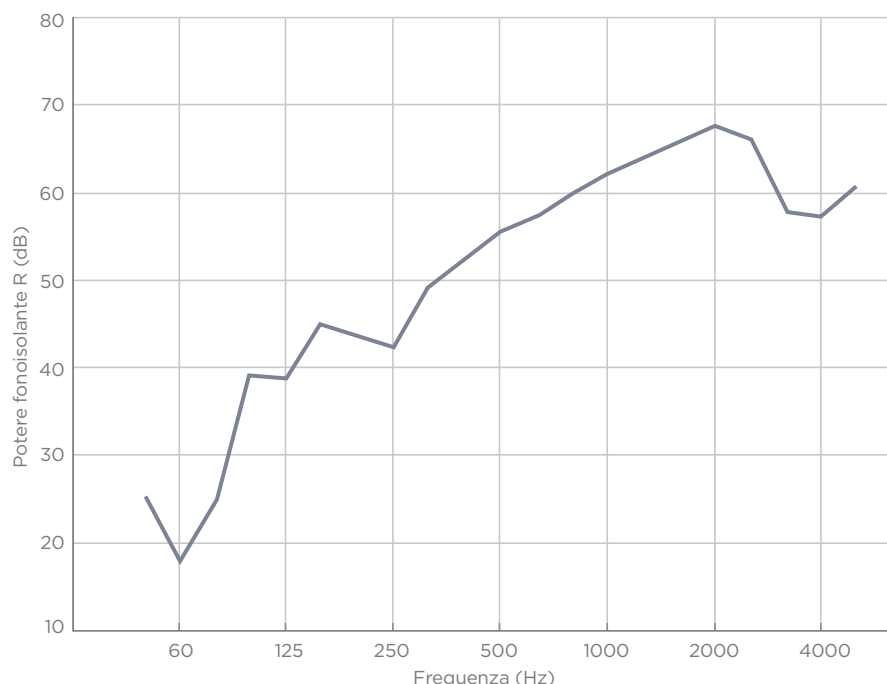


Fonoisolamento:
R_w = 57 dB
BTC 19032A



Sostenibilità /
Qualità aria int.:
VOC: Classe A+ |
Eurofins GOLD
CAM | EPD

Frequenza f (Hz)	R (dB)
50	25,5
63	17,5
80	25,1
100	39,2
125	38,8
160	45,0
200	44,0
250	42,4
315	49,4
400	52,6
500	55,8
630	57,4
800	60,0
1000	62,1
1250	64,2
1600	65,8
2000	67,8
2500	66,4
3150	57,8
4000	57,2
5000	60,7



VALORI DI EQUIVALENZA DEL PIOMBO

Il rapporto di equivalenza col piombo delle lastre X-RAY Protection (e dello specifico stucco Gyfill® X-Ray Protection Joint Mix) è stato certificato dal Radiation Metrology Group of Public Health England, in accordo agli standard internazionali, IEC 61331-1:2014.

Potenza di uscita (output) della macchina emittente	60 kV	70 kV	80 kV	90 kV	100 kV	125 kV	150 kV	N° lastre
Spessore equivalente di piombo raggiunto con le lastre X-RAY PROTECTION	0,93 mm	1,26 mm	1,50 mm	1,53 mm	1,42 mm	1,07 mm	0,80 mm	2 lastre X-RAY
	1,39 mm	1,88 mm	2,25 mm	2,29 mm	2,13 mm	1,61 mm	1,10 mm	3 lastre X-RAY
	1,86 mm	2,51 mm	3,00 mm	3,06 mm	2,83 mm	2,15 mm	1,40 mm	4 lastre X-RAY
					3,54 mm	2,40 mm	1,70 mm	5 lastre X-RAY
					4,25 mm	2,80 mm	2,00 mm	6 lastre X-RAY

I valori di protezione dei raggi X (mm pb) sono stati testati e calcolati da HPA secondo gli standard internazionali, IEC 61331-1:2014. Il numero di strati delle lastre può essere suddiviso in modo uguale o asimmetrico tra i due lati della parete divisoria, rispettando il numero di lastre richiesto per fornire la protezione dalle radiazioni.

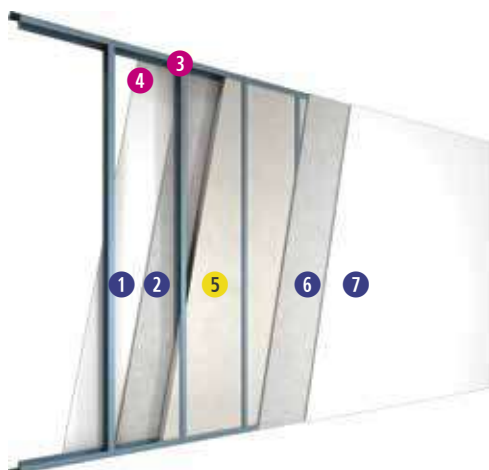
SOLUZIONE N. 30 | SISTEMA A SECCO PARETI DIVISORIE INTERNE PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Zona notte e giorno	• Aule • Uffici	• Camere di degenza • Uffici	• Camere • Uffici	• Uffici	• Negozi • Uffici

HF 1.6 A | SA 125/75 L HF STD

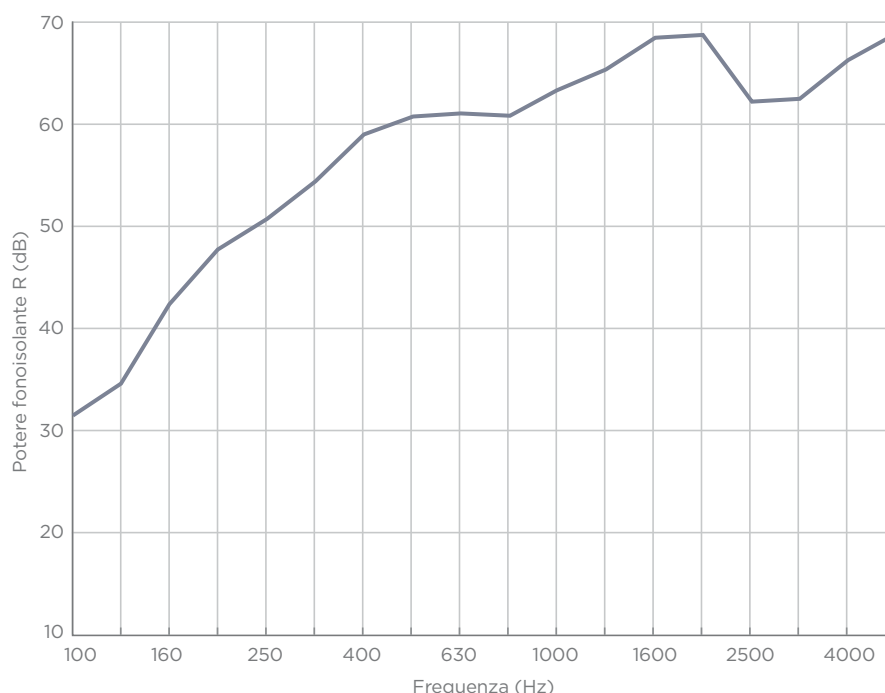
Spessore: 125 mm | Peso: 46 kg/m²

PRODOTTI UTILIZZATI



- 1 lastra Gyproc **Habito® Forte 13**
(tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 2 1 lastra Gyproc **Wallboard 13**
(tipo A, peso 9,2 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 3 Guide a U Gyproc **Gyprofile**
da 75 mm, sp. 0,6 mm
- 4 Montanti a C Gyproc **Gyprofile**
da 75 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- 5 Isolante in lana di vetro Isover **AcustiPAR 4+**
sp. 70 mm, reaz. al fuoco A1
- 6 1 lastra Gyproc **Wallboard 13**
(tipo A, peso 9,2 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 7 1 lastra Gyproc **Habito® Forte 13**
(tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0

Frequenza <i>f</i> (Hz)	R (dB)
100	31,3
125	34,5
160	42,3
200	47,7
250	50,6
315	54,4
400	59,0
500	60,8
630	61,1
800	60,7
1000	63,3
1250	65,3
1600	68,4
2000	68,7
2500	62,3
3150	62,6
4000	66,6
5000	69,0



Resistenza al fuoco: EI 90 - Hmax = 5 m I.G. 326184/3731 FR	Fonoisolamento: R _w = 59 dB Z LAB 143-2020-IAP	Trasmittanza termica: U = 0,428 W/m ² K	Portata ai carichi
Resistenza agli urti	Resistenza all'azione sismica: Report Politecnico di Milano	Sostenibilità/Qualità aria int.: VOC: Classe A+ Eurofins GOLD CAM EPD	Resa estetica: il cartone bianco agevola le operazioni di finitura

Possibili varianti:

- Reazione al fuoco A1:**
Sostituire lastra a vista lato corridoio/via d'esodo con Gyproc Duragyp A1 13 Activ'Air® (tipo DFH1I, peso 12,3 kg/m²), reaz. al fuoco A1
- Ambienti umidi:**
Sostituire lastra a vista lato ambiente umido con Gyproc Habito™ Forte Hydro 13 (tipo DEFH1IR, peso 12,3 kg/m²), reaz. al fuoco A2-s1,d0

SOLUZIONE N. 34 | SISTEMA A SECCO PARETI DIVISORIE INTERNE PER:

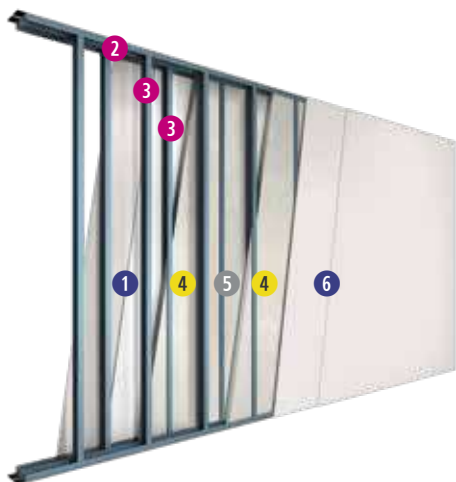
RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Unità abitative differenti • Bagno-Bagno	• Aule • Bagno-Bagno	• Camere di degenza • Bagno-Bagno	• Camere • Bagno-Bagno	• Ufficio • Bagno-Bagno	• Negozi • Bagno-Bagno

SADH 200/50 L STD

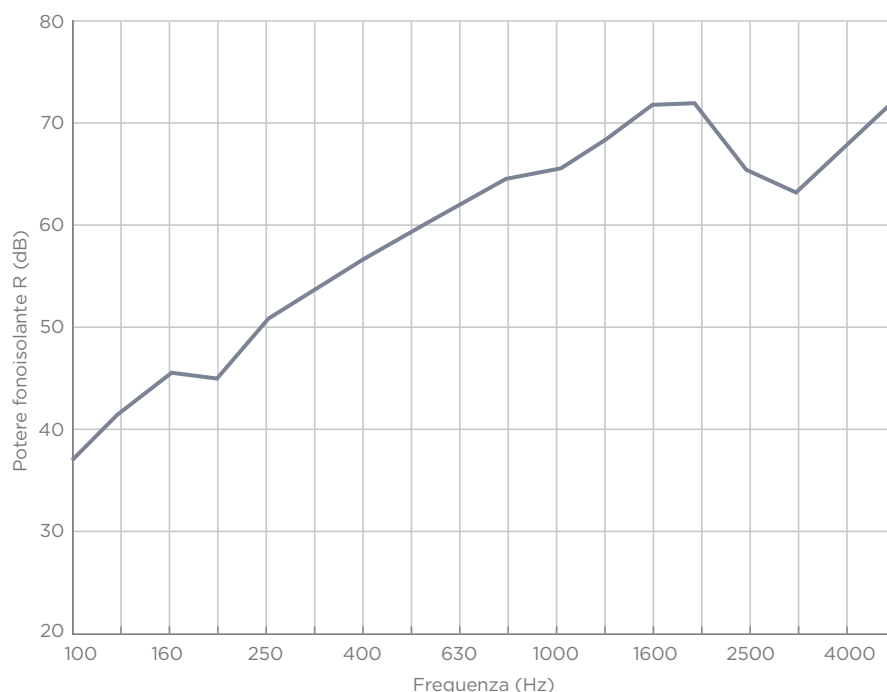
Spessore: 200 mm | Peso: 40 kg/m²

PRODOTTI UTILIZZATI

- 2 lastre Gyproc **Wallboard 13**
(tipo A, peso 9,2 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 2 x Guide a U Gyproc **Gyprofile** (parallele affiancate)
da 75 mm, sp. 0,6 mm
- 2 x Montanti a C Gyproc **Gyprofile** (paralleli affiancati collegati con strisce di lastra)
da 50 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- 2 x Isolante in lana vetro Isover **AcustiPAR 4+**
sp. 45+45mm, reaz. al fuoco A1
- Intercapedine d'aria, sp. 10 mm
- 2 lastre Gyproc **Wallboard 13**
(tipo A, peso 9,2 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0



Frequenza <i>f</i> (Hz)	R (dB)
100	37,4
125	41,7
160	45,5
200	45,0
250	50,7
315	53,6
400	56,7
500	59,4
630	61,6
800	64,7
1000	65,5
1250	68,3
1600	71,7
2000	72,0
2500	64,9
3150	63,4
4000	67,6
5000	72,1



Fonoisolamento: R_w = 61 dB I.G. 378561	Trasmittanza termica: U = 0,300 W/m²K	Resistenza all'azione sismica: Report Politecnico di Milano	Sostenibilità/Qualità aria int.: VOC: Classe A+ Eurofins GOLD CAM EPD
---	---	---	--

Possibili varianti:

- Reazione al fuoco A1 (Aule/Camere degenza/Camere/Sale riunioni e corridoi/vie d'esodo):**
 Sostituire lastra a vista lato corridoio/via d'esodo con Gyproc Lisapla 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²), reaz. al fuoco A1
- Ambienti umidi:**
 Sostituire lastra a vista lato ambiente umido con Gyproc Hydro 13 (tipo H2, peso 9,65 kg/m²), reaz. al fuoco A2-s1,d0

SOLUZIONE N. 38 | SISTEMA A SECCO PARETI DIVISORIE INTERNE PER:

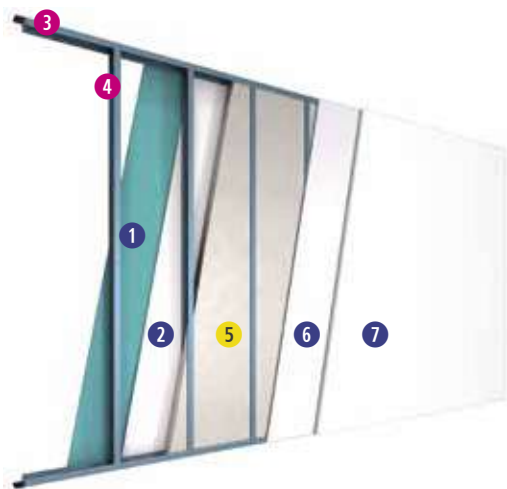
RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Zona notte e giorno • Bagno-cucina	• Aule • Bagno-cucina	• Camere di degenza • Bagno-cucina	• Camere • Bagno-cucina	• Uffici • Bagno	• Negozi • Bagno-cucina

SA 130/75 L HAB SILENCE

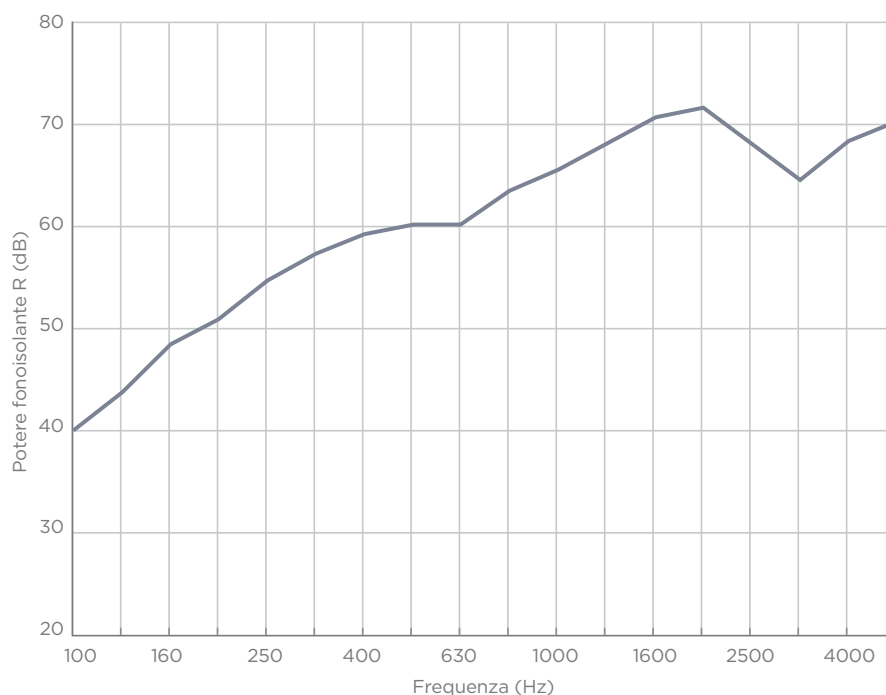
Spessore: 130 mm | Peso: 54 kg/m²

PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 lastra Gyproc **Habito Silence Activ'Air**[®]
(tipo DHII, peso 14,5 kg/m²), sp. 12,5+2 mm, reaz. al fuoco B-s1,d0
- 1 lastra Gyproc **Habito 13 Activ'Air**[®]
(tipo DI, peso 10,2 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- Guide a U Gyproc **Gyprofile**
da 75 mm, sp. 0,6 mm
- Montanti a C Gyproc **Gyprofile**
da 75 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- Isolante in lana di vetro Isover **PAR GOLD N 4+ /**
lana minerale Isover **Arena32**
sp. 70 mm, reaz. al fuoco A1
- 1 lastra Gyproc **Habito 13 Activ'Air**[®]
(tipo DI, peso 10,2 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 1 lastra Gyproc **Habito Silence Activ'Air**[®]
(tipo DHII, peso 14,5 kg/m²), sp. 12,5+2 mm, reaz. al fuoco B-s1,d0



Frequenza f (Hz)	R (dB)
100	40,0
125	43,6
160	48,4
200	50,8
250	54,7
315	57,3
400	59,3
500	60,2
630	60,3
800	63,5
1000	65,6
1250	68,2
1600	70,8
2000	71,7
2500	68,1
3150	64,6
4000	68,5
5000	70,5



Fonoisolamento:
 $R_w = 63$ dB
I.G. 322129



Trasmittanza termica:
 $U = 0,358$ W/m²K



Resistenza all'azione sismica:
Report Politecnico di Milano



Sostenibilità / Qualità aria int.:
VOC: Classe A+ | Eurofins GOLD CAM | EPD | Activ'Air[®]



Resa estetica: il cartone bianco agevola le operazioni di finitura

Possibili varianti:



Ambienti umidi:
Soluzione idonea

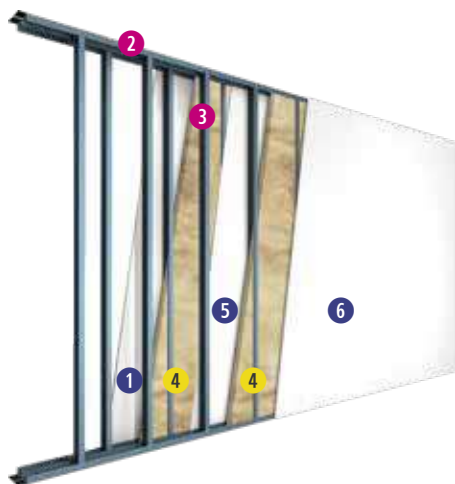
SOLUZIONE N. 41 | SISTEMA A SECCO PARETI DIVISORIE INTERNE PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Unità abitative differenti	• Aule • Sale riunioni	• Camere di degenza • Sale riunioni	• Camere • Sale riunioni	• Ufficio e sala riunioni	• Negozi • Ufficio e sala riunioni

SAD3 195/75 LA31 HF HYDRO

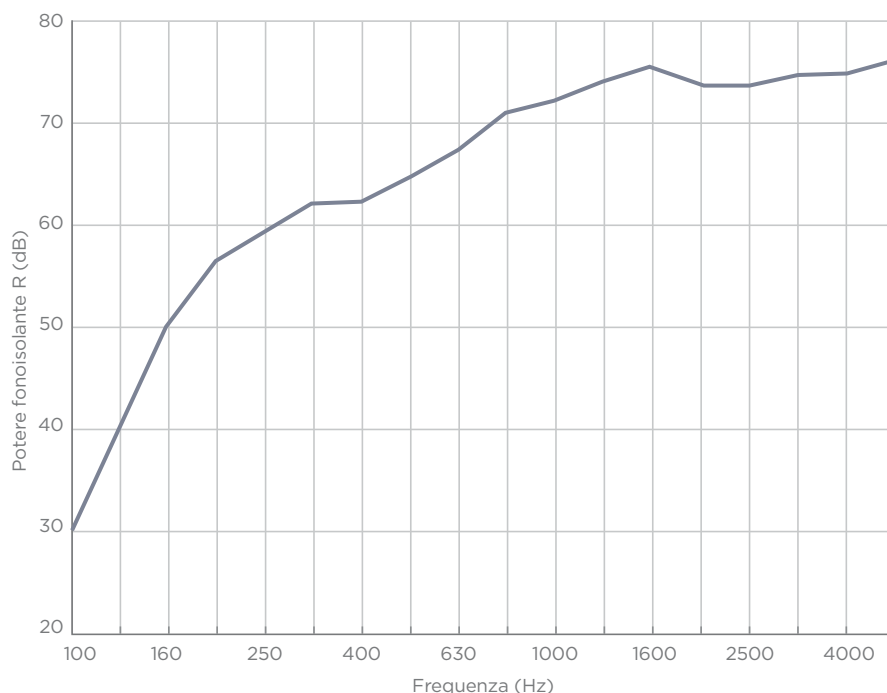
Spessore: 195 mm | Peso: 54 kg/m²

PRODOTTI UTILIZZATI



- 1 lastra Gyproc **Habito® Forte Hydro 15**
(tipo DEFH1IR, peso 14,75 kg/m², sp. 15 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0)
- 2 x Guide a U Gyproc **Gyprofile** (parallele affiancate)
da 75 mm, sp. 0,6 mm
- 2 x Montanti a C Gyproc **Gyprofile** (paralleli affiancati)
da 75 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm, sfalsati
- 2 x Isolante in lana minerale Isover **Arena31**
sp. 60+60 mm, reaz. al fuoco A1
- 1 lastra Gyproc **Habito® Forte Hydro 15** (centrale)
(tipo DEFH1IR, peso 14,75 kg/m², sp. 15 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0)
- 1 lastra Gyproc **Habito® Forte Hydro 15**
(tipo DEFH1IR, peso 14,75 kg/m², sp. 15 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0)

Frequenza f (Hz)	R (dB)
100	30,2
125	40,0
160	49,9
200	56,2
250	59,0
315	62,0
400	62,5
500	64,6
630	67,3
800	70,6
1000	72,0
1250	74,0
1600	75,3
2000	73,6
2500	73,3
3150	74,2
4000	74,7
5000	76,1



Resistenza al fuoco: EI 90 - Hmax = 4 m F.T. intercambiabilità lastre pareti doppia struttura	Fonoisolamento: R_w = 65 dB I.G. 362303	Trasmittanza termica: U = 0,215 W/m²K	Resistenza all'effrazione: Classe 2 (int. mont. 400 mm) I.G. 355352
Portata ai carichi	Resistenza agli urti	Resistenza all'azione sismica: Report Politecnico di Milano	Sostenibilità/Qualità aria int.: VOC: Classe A+ Eurofins GOLD CAM EPD
Resa estetica: il cartone bianco agevola le operazioni di finitura			

Possibili varianti:

- Reazione al fuoco A1** (Aule/Camere degenza/Camere/Sale riunioni e corridoi/vie d'esodo):
Sostituire lastra a vista lato corridoio/via d'esodo con Gyproc Duragyp A1 13 Activ'Air® (tipo DFHII, peso 12,3 kg/m², reaz. al fuoco A1)
- Ambienti umidi:**
Soluzione idonea

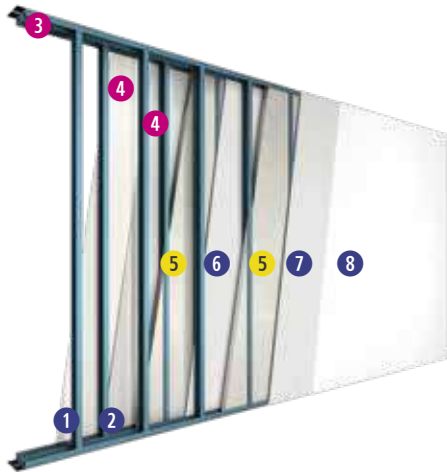
SOLUZIONE N. 44 | SISTEMA A SECCO PARETI DIVISORIE INTERNE PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Unità abitative differenti	• Aule • Sale riunioni	• Camere di degenza • Sale riunioni	• Camere • Sale riunioni	• Ufficio e sala riunioni	• Negozi • Ufficio e sala riunioni

SAD5 163/50 L STD HF

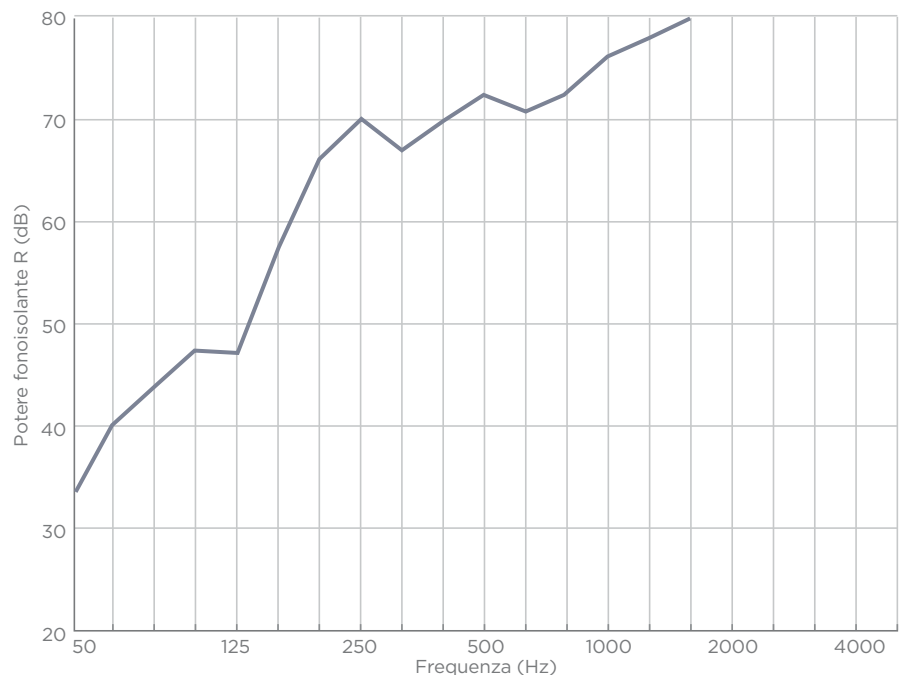
Spessore: 162,5 mm | Peso: 57,00 kg/m²

PRODOTTI UTILIZZATI



- 1 lastra Gyproc **Habito® Forte 13**
(tipo DFIR, peso 12,3 kg/m², sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0)
- 1 lastra Gyproc **Wallboard 13**
(tipo A, peso 9,2 kg/m², sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0)
- 2 x Guide a U Gyproc **Gyprofile** (parallele affiancate)
da 50 mm, sp. 0,6 mm
- 2 x Montanti a C Gyproc **Gyprofile** (paralleli affiancati)
da 50 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm, sfalsati
- 2 x Isolante in lana di vetro Isover **AcustiPAR 4+**
sp. 50+50 mm, reaz. al fuoco A1
- 1 lastra Gyproc **Wallboard 13** (centrale)
(tipo A, peso 9,2 kg/m², sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0)
- 1 lastra Gyproc **Wallboard 13**
(tipo A, peso 9,2 kg/m², sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0)
- 1 lastra Gyproc **Habito® Forte 13**
(tipo DFIR, peso 12,3 kg/m², sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0)

Frequenza f (Hz)	R (dB)
50	17,6
63	26,9
80	31,5
100	36,8
125	36,1
160	50,5
200	61,9
250	67,0
315	62,6
400	66,0
500	70,5
630	67,8
800	70,2
1000	74,8
1250	77,4
1600	80,1
2000	81,0
2500	83,3
3150	83,1
4000	84,0
5000	81,0



Resistenza al fuoco: EI 120 - Hmax = 4 m F.T. intercambiabilità lastre pareti doppia struttura	Fonoisolamento: R_w = 67 dB Z LAB 142-2020-IAP	Trasmittanza termica: U = 0,236 W/m²K	Portata ai carichi
Resistenza agli urti	Resistenza all'azione sismica: Report Politecnico di Milano	Sostenibilità/Qualità aria int.: VOC: Classe A+ Eurofins GOLD CAM EPD	Resa estetica: il cartone bianco agevola le operazioni di finitura

Possibili varianti:

- Reazione al fuoco A1** (Aule/Camere degenza/Camere/Sale riunioni e corridoi/vie d'esodo):
Sostituire lastra a vista lato corridoio/via d'esodo con Gyproc Duragyp A1 13 ActivAir® (tipo DFHII, peso 12,3 kg/m², reaz. al fuoco A1)
- Ambienti umidi:**
Sostituire lastra a vista lato ambiente umido con Gyproc Habito® Forte Hydro 13 (tipo DEFHIIIR, peso 12,3 kg/m², reaz. al fuoco A2-s1,d0)

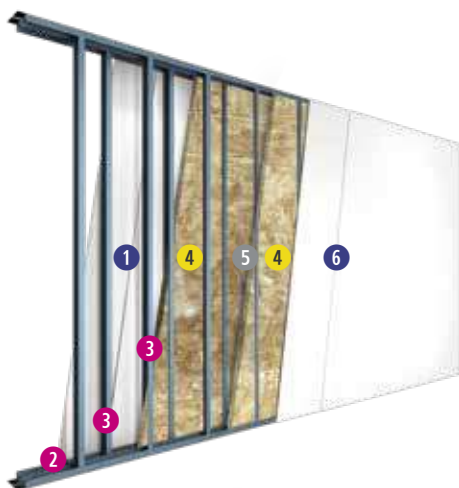
SOLUZIONE N. 52 | SISTEMA A SECCO PARETI DIVISORIE INTERNE PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Unità abitative differenti	• Aule • Sale riunioni	• Camere di degenza • Sale riunioni	• Camere • Sale riunioni	• Ufficio e sala riunioni	• Negozi • Ufficio e sala riunioni

SAD 210/75 LA34 HF

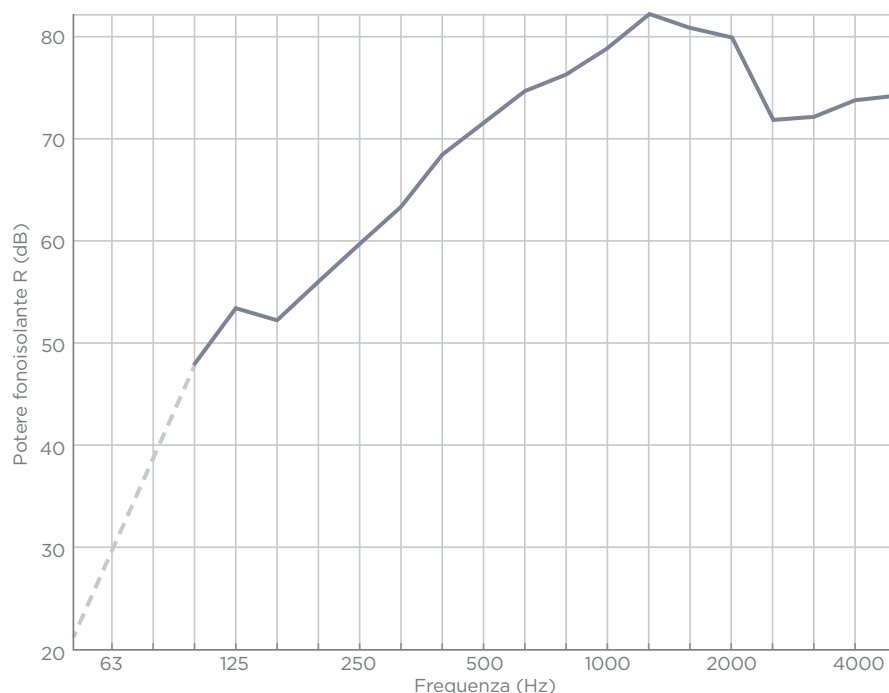
Spessore: 210 mm | Peso: 56,5 kg/m²

PRODOTTI UTILIZZATI



- 2 lastre Gyproc **Habito® Forte 13**
(tipo DFIR, peso 12,3 kg/m², sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0)
- 2 x Guide a U Gyproc **Gyprofile** (parallele affiancate)
da 75 mm, sp. 0,6 mm
- 2 x Montanti a C Gyproc **Gyprofile** (paralleli affiancati)
da 75 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm, sfalsati
- 2 x Isolante in lana minerale Isover **Arena34**
sp. 70+70 mm, reaz. al fuoco A1
- Intercapedine d'aria, sp. 10 mm
- 2 lastre Gyproc **Habito® Forte 13**
(tipo DFIR, peso 12,3 kg/m², sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0)

Frequenza f (Hz)	R (dB)
50	20,7
63	29,1
80	38,2
100	47,9
125	53,4
160	52,1
200	56,0
250	59,7
315	63,4
400	68,6
500	71,6
630	74,7
800	76,4
1000	79,1
1250	82,2
1600	81,0
2000	79,9
2500	71,9
3150	72,2
4000	73,9
5000	74,3



Resistenza al fuoco: EI 120 - Hmax = 4 m F.T. intercambiabilità lastre pareti doppia struttura	Fonoisolamento: R_w = 71 dB CVUT 181017/2016 - LASIW-16-10	Trasmittanza termica: U = 0,241 W/m²K	Resistenza all'effrazione: Classe 2 (int. mont. 600 mm) TT-254/2017
Portata ai carichi	Resistenza agli urti	Resistenza all'azione sismica: Report Politecnico di Milano	Sostenibilità/Qualità aria int.: VOC: Classe A+ Eurofins GOLD CAM EPD
Resa estetica: il cartone bianco agevola le operazioni di finitura			

Possibili varianti:

- Reazione al fuoco A1** (Aule/Camere degenza/Camere/Sale riunioni e corridoi/vie d'esodo):
Sostituire lastra a vista lato corridoio/via d'esodo con Gyproc Duragyp A1 13 ActivAir® (tipo DFHII, peso 12,3 kg/m², reaz. al fuoco A1)
- Ambienti umidi:**
Sostituire lastra a vista lato ambiente umido con Gyproc Habito® Forte Hydro 13 (tipo DEFHIIIR, peso 12,3 kg/m², reaz. al fuoco A2-s1,d0)

SOLUZIONE N. 55 | ISOLAMENTO IN INTERCAPEDINE (SISTEMA TRADIZIONALE) PARETI DIVISORIE INTERNE / TAMPONAMENTO ESTERNO PER:

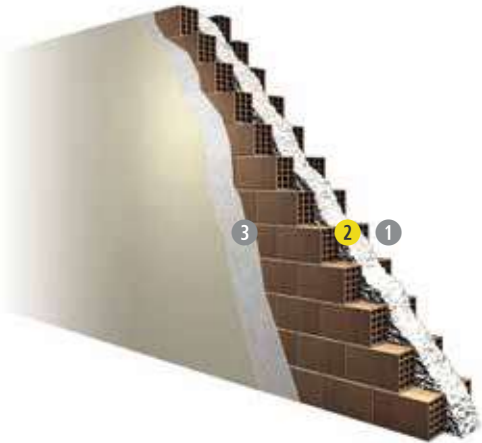
RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali

INSULSAFE33 | Isolamento in intercapedine

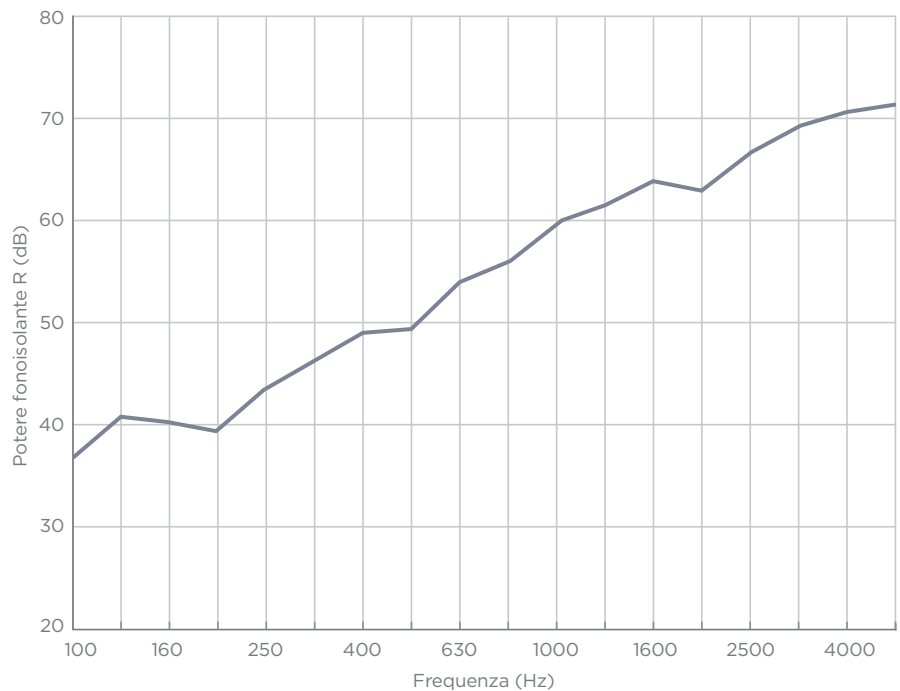
Spessore: variabile | Peso: variabile

PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Parete in blocchi di laterizio forato, sp. 120 mm, con strato di intonaco tradizionale sp. 15+15 mm
- 2 Isolante in fiocchi di lana di vetro Isover **InsulSafe33**
sp. variabile, reaz. al fuoco A1
- 3 Parete in blocchi di laterizio forato, sp. 80 mm, con strato di intonaco tradizionale sp. 15 mm



Frequenza f (Hz)	R (dB)
100	36,6
125	40,7
160	40,3
200	39,4
250	43,6
315	46,4
400	49,1
500	49,4
630	54,0
800	56,0
1000	59,6
1250	61,5
1600	63,8
2000	62,9
2500	66,6
3150	69,2
4000	70,6
5000	71,3



Fonoisolamento:
Isover InsulSafe33
(sp. 60 mm)
 $R_w = 55$ dB
I.G. n° 325479



Trasmittanza termica:
Isover InsulSafe33
(sp. 60 mm)
 $U = 0,380$ W/m²K



Sostenibilità/Qualità aria int.:
VOC: Classe A+
CAM | EPD

SOLUZIONE N. 59 | ISOLAMENTO IN INTERCAPEDINE (SISTEMA TRADIZIONALE) PARETI DIVISORIE INTERNE / TAMPONAMENTO ESTERNO PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali

EXTRAWALL VV 4+ | Isolamento in intercapedine

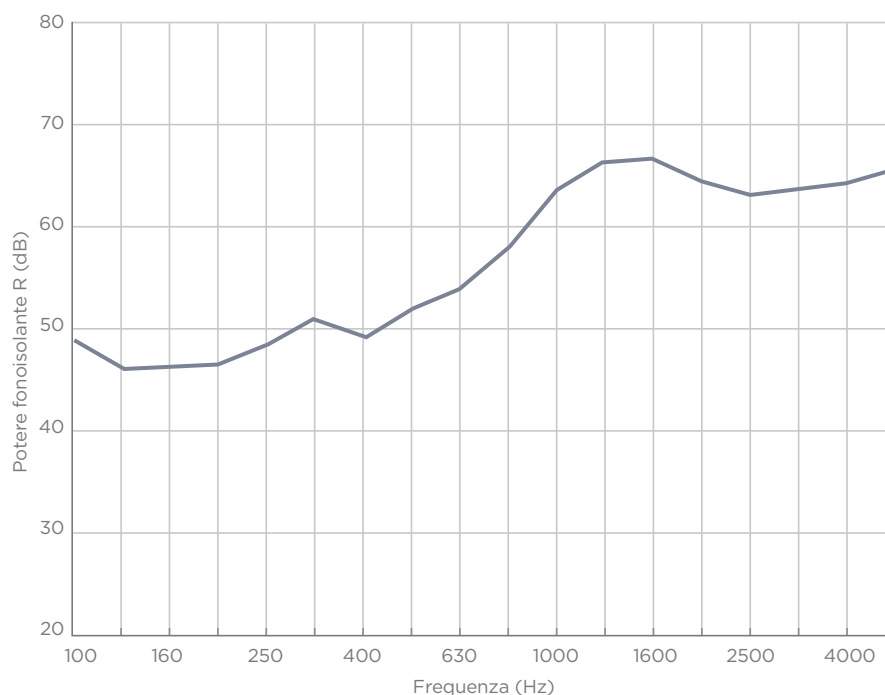
Spessore: variabile | Peso: variabile

PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Parete in blocchi di laterizio forato, sp. 80 mm, con strato di intonaco tradizionale sp. 15+15 mm
- 2 Isolante in lana di vetro Isover **Extrawall VV 4+** sp. variabile, reaz. al fuoco A1
- 3 Parete in blocchi di laterizio forato, sp. 80 mm, con strato di intonaco tradizionale sp. 15 mm



Frequenza f (Hz)	R (dB)
100	48,7
125	46,2
160	46,3
200	46,3
250	48,4
315	50,9
400	49,2
500	51,9
630	54,0
800	58,1
1000	63,5
1250	66,2
1600	66,5
2000	64,4
2500	63,2
3150	63,7
4000	64,3
5000	65,6



Fonoisolamento:
Isover Extrawall VV 4+
(sp. 50 mm)
 $R_w = 58$ dB
I.G. n° 219798

Isover Extrawall VV 4+
(sp. 80 mm)
 $R_w = 59$ dB
I.G. n° 172788



Trasmittanza termica:
Isover Extrawall VV 4+
(sp. 50 mm)
 $U = 0,385$ W/m²K

Isover Extrawall VV 4+
(sp. 80 mm)
 $U = 0,310$ W/m²K



Sostenibilità/Qualità aria int.:
VOC: Eurofins GOLD
CAM | EPD

Possibili varianti:



Parete Esterna:
Nel caso di parete di tamponamento esterno, sostituire pannello Isover Extrawall VV 4+ con pannello Isover Extrawall 4+ (accoppiato con carta kraft alluminio retinata con funzione di barriera al vapore)

SOLUZIONE N. 60 | ISOLAMENTO IN INTERCAPEDINE (SISTEMA TRADIZIONALE) PARETI DIVISORIE INTERNE / TAMPONAMENTO ESTERNO PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali

ARENA32 | Isolamento in intercapedine

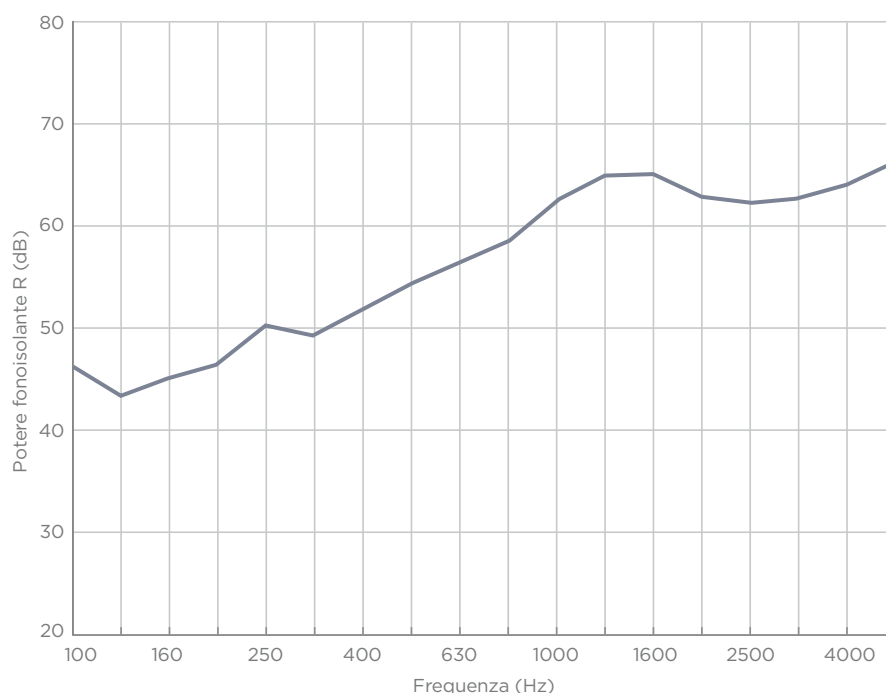
Spessore: variabile | Peso: variabile

PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Parete in blocchi di laterizio forato, sp. 80 mm, con strato di intonaco tradizionale sp. 15+15 mm
- 2 Isolante in lana minerale Isover **Arena32**
sp. variabile, reaz. al fuoco A1
- 3 Parete in blocchi di laterizio forato, sp. 80 mm, con strato di intonaco tradizionale sp. 15 mm



Frequenza f (Hz)	R (dB)
100	46,3
125	43,3
160	45,3
200	46,4
250	50,4
315	49,3
400	52,0
500	54,4
630	56,3
800	58,6
1000	62,8
1250	65,1
1600	65,1
2000	62,9
2500	62,5
3150	62,8
4000	64,1
5000	66,1



Fonoisolamento:

Arena 32 (sp. 70 mm) |
Arena 32 K / Alu (sp. 60 mm)

$R_w = 57$ dB

I.G. n° 172789

Arena 32 (sp. 95 mm) |
Arena 32 K / Alu (sp. 80 mm)

$R_w = 59$ dB

I.G. n° 172788



Trasmittanza termica:

Arena 32 (sp. 70 mm) |
Arena 32 K / Alu (sp. 60 mm)

$U = 0,343$ W/m²K

Arena 32 (sp. 95 mm) |
Arena 32 K / Alu (sp. 80 mm)

$U = 0,271$ W/m²K



Sostenibilità / Qualità aria int.:

VOC: Eurofins GOLD
CAM | EPD

Possibili varianti:



Parete Esterna:

Nel caso di parete di tamponamento esterno, sostituire pannello Isover Arena32 con pannello Isover Arena32 K (accoppiato con carta kraft con funzione di freno al vapore) o con pannello Isover Arena32 Alu (accoppiato con carta kraft alluminio retinata con funzione di barriera al vapore)

SOLUZIONE N. 64 | SISTEMI A SECCO CONTROPARETI INTERNE PER:

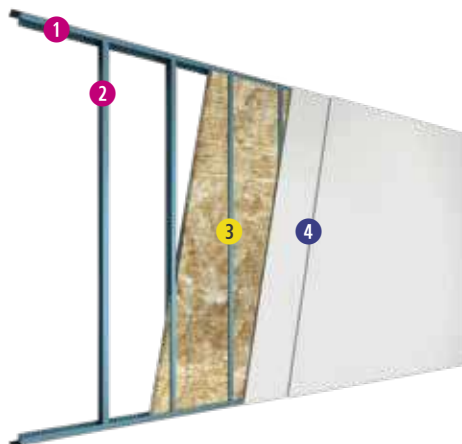
RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Cavedio tecnico • Impianti	• Cavedio tecnico • Impianti	• Cavedio tecnico • Impianti	• Cavedio tecnico • Impianti	• Cavedio tecnico • Impianti	• Cavedio tecnico • Impianti

CT 75/50 LA34 STD

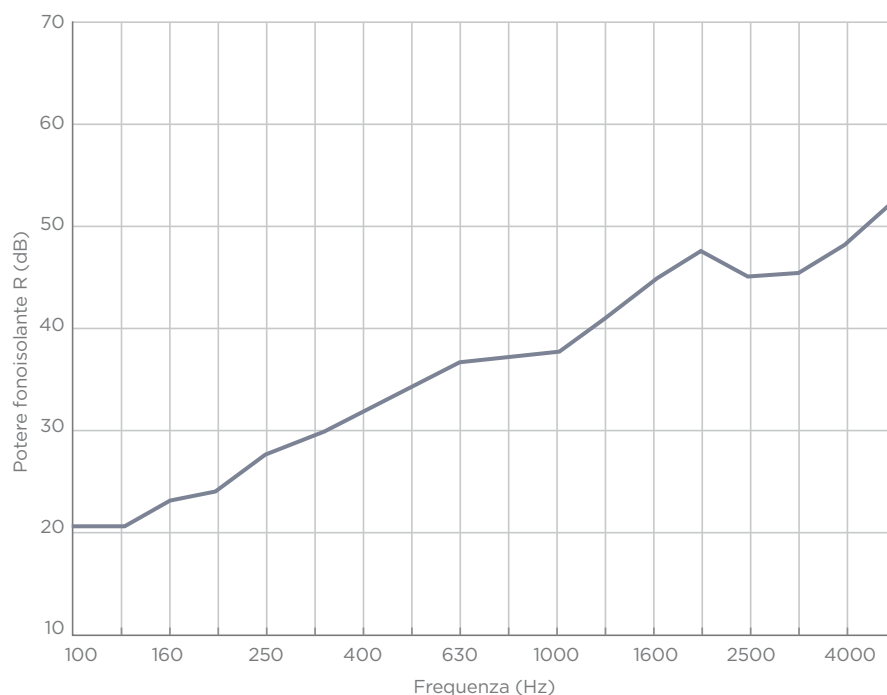
Spessore: 75 mm | Peso: 21 kg/m²

PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Guide a U Gyproc **Gyprofile**
da 50 mm, sp. 0,6 mm
- 2 Montanti a C Gyproc **Gyprofile**
da 50 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- 3 Isolante in lana minerale Isover **Arena34**
sp. 45 mm, reaz. al fuoco A1
- 4 2 lastre Gyproc **Wallboard 13**
(tipo A, peso 9,2 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0



Frequenza f (Hz)	R (dB)
100	20,5
125	20,6
160	23,1
200	24,3
250	27,7
315	29,6
400	32,0
500	34,4
630	36,7
800	37,2
1000	37,9
1250	40,7
1600	44,6
2000	47,3
2500	45,1
3150	45,3
4000	48,1
5000	52,7



Resistenza al fuoco: EI 30 - Hmax = 4 m ISIB 2015-A-067 A-E	Fonoisolamento: R_w = 38 dB I.G. 378559	Trasmittanza termica: U = 0,552 W/m²K	Resistenza all'azione sismica: Report Politecnico di Milano
Sostenibilità/Qualità aria int.: VOC: Classe A+ Eurofins GOLD CAM EPD			

Possibili varianti:

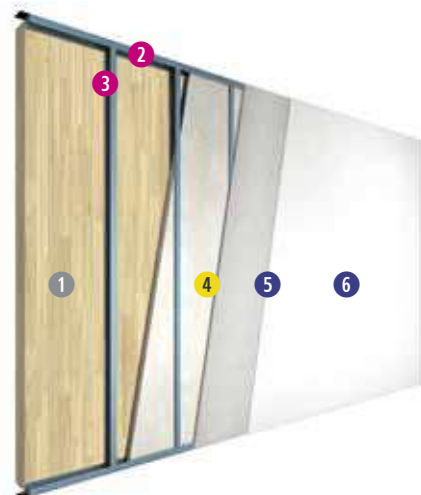
- Reazione al fuoco A1:**
Sostituire lastra a vista lato corridoio/via d'esodo con Gyproc Lisapla 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²), reaz. al fuoco A1
- Ambienti umidi:**
Sostituire lastra a vista lato ambiente umido con Gyproc Hydro 13 (tipo H2, peso 9,65 kg/m²), reaz. al fuoco A2-s1,d0

SOLUZIONE N. 68 | SISTEMI A SECCO CONTROPARETI INTERNE PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
- Pareti divisorie interne - Pareti perimetrali	- Pareti divisorie interne - Pareti perimetrali	- Pareti divisorie interne - Pareti perimetrali	- Pareti divisorie interne - Pareti perimetrali	- Pareti divisorie interne - Pareti perimetrali	- Pareti divisorie interne - Pareti perimetrali

CP.S 75/50 L DG HAB

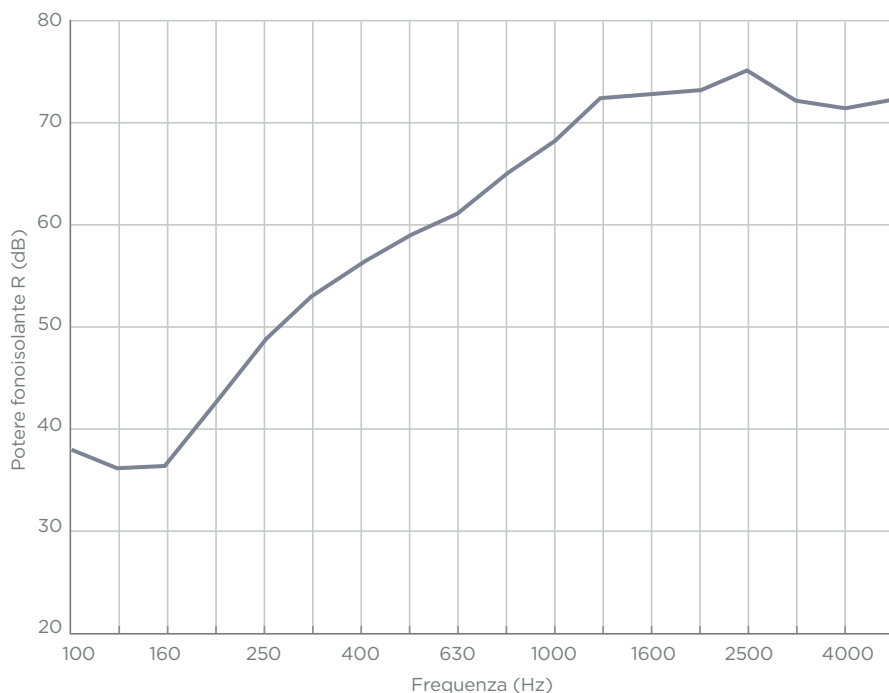
Spessore: 75 mm | Peso: 25 kg/m²



PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Parete in pannelli di legno XLAM, sp. 80 mm
- 2 Guide a U Gyproc **Gyprofile** da 50 mm, sp. 0,6 mm
- 3 Montanti a C Gyproc **Gyprofile** da 50 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- 4 Isolante in lana di vetro Isover **PAR 4+** / lana minerale Isover **Arena34** sp. 45 mm, reaz. al fuoco A1
- 5 1 lastra Gyproc **Duragyp 13 Activ'Air®** (tipo DEFH11R, peso 12,3 kg/m² reaz. al fuoco A2-s1,d0)
- 6 1 lastra Gyproc **Habito 13 Activ'Air®** (tipo DI, peso 10,1 kg/m² reaz. al fuoco A2-s1,d0)

Frequenza f (Hz)	R (dB)
100	38,0
125	36,3
160	36,5
200	42,6
250	48,6
315	53,2
400	56,3
500	58,9
630	61,2
800	65,0
1000	68,3
1250	72,6
1600	73,0
2000	73,3*
2500	75,3
3150	72,2
4000	71,4
5000	72,5



Fonoisolamento:
R_w = 59 dB
I.G. 322859



Trasmittanza termica:
U = 0,475 W/m²K



Portata ai carichi



Resistenza agli urti



Sostenibilità / Qualità aria int.:
VOC: Classe A+ | Eurofins GOLD
CAM | EPD | Activ'Air®



Resa estetica: il cartone bianco
agevola le operazioni di finitura

Possibili varianti:



Reazione al fuoco A1:

Sostituire lastra a vista lato corridoio/via d'esodo con Gyproc Duragyp A1 13 Activ'Air® (tipo DFH11, peso 12,3 kg/m²), reaz. al fuoco A1



Ambienti umidi:

Sostituire lastra a vista lato ambiente umido con Gyproc Habito Hydro 13 Activ'Air® (tipo DEH11, peso 10,6 kg/m²), reaz. al fuoco A2-s1,d0, o invertire l'ordine delle lastre.

SOLUZIONE N. 69 | SISTEMI A SECCO CONTROPARETI INTERNE PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali

CP.I HAB CLIMA 13+40

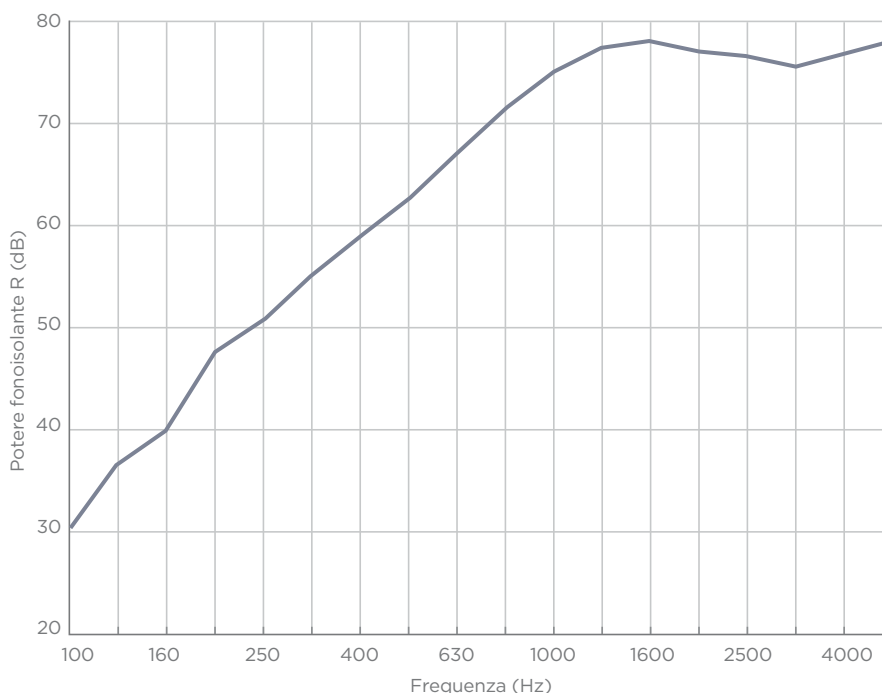
Spessore: 65 mm | Peso: 15 kg/m²

PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Parete in blocchi di laterizio forato sp. 80 mm con strato di intonaco tradizionale su entrambi i lati sp. 15+15 mm
- 2 Plotte di collante a base gesso Gyproc **MAP3** La Nuova Malta Adesiva
- 3 1 lastra accoppiata Gyproc **Habito Clima Activ'Air® 13+40**
(tipo DEHII, peso 13,9 kg/m², sp. 12,5+40 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0)



Frequenza f (Hz)	R (dB)
100	30,1
125	36,6
160	39,9
200	47,6
250	50,9
315	55,2
400	58,9
500	62,6
630	67,2
800	71,5
1000	75,1
1250	77,6
1600	78,2
2000	77,1
2500	76,6
3150	75,7
4000	77,0
5000	78,3



Fonoisolamento: Sp. 13+20: $R_w = 56$ dB I.G. 322893 Sp. 13+40: $R_w = 60$ dB I.G. 322892	Trasmittanza termica: Sp. 13+20: $U = 0,772$ W/m ² K Sp. 13+40: $U = 0,515$ W/m ² K	Sostenibilità/Qualità aria int.: VOC: Classe A+ Eurofins GOLD CAM EPD Activ'Air®	Resa estetica: il cartone bianco agevola le operazioni di finitura
--	--	---	---

Possibili varianti:

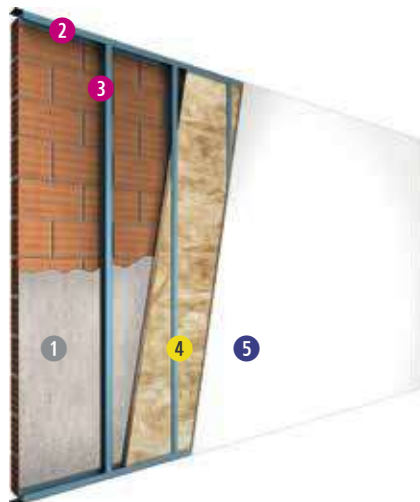
- Reazione al fuoco A1:**
Aggiungere lato corridoio/via d'esodo una lastra Gyproc DURAGYP A1 13 Activ'Air® (tipo DFHII, peso 12,3 kg/m²), reaz. al fuoco A1
- Ambienti umidi:**
Soluzione idonea

SOLUZIONE N. 79 | SISTEMI A SECCO CONTROPARETI INTERNE PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali

HF 3.1 | CP.S 63/50 LA34 HF

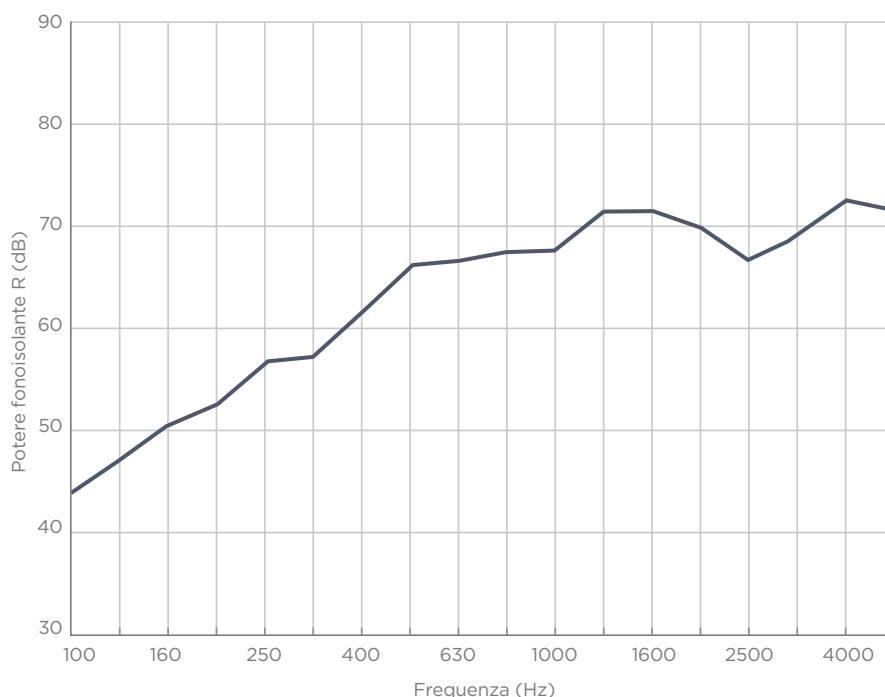
Spessore: 62,5 mm | Peso: 15,15 kg/m²



PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Parete in blocchi di laterizio forato sp. 120 mm con strato di intonaco tradizionale su un lato sp. 15 mm
- 2 Guide a U Gyproc **Gyprofile**
da 50 mm, sp. 0,6 mm
- 3 Montanti a C Gyproc **Gyprofile**
da 50 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- 4 Isolante in lana minerale Isover **Arena34**
sp. 45 mm, reaz. al fuoco A1
- 5 1 lastra Gyproc **Habito® Forte 13**
(tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0

Frequenza <i>f</i> (Hz)	R (dB)
100	43,8
125	47,0
160	50,5
200	52,4
250	≥ 56,6
315	≥ 57,5
400	≥ 61,4
500	≥ 65,9
630	66,9
800	67,3
1000	67,7
1250	≥ 71,3
1600	≥ 71,7
2000	≥ 70,3
2500	≥ 67,1
3150	≥ 69,1
4000	≥ 72,5
5000	≥ 71,9



Fonoisolamento:
R_w = 66 dB
CTA 160017/AER-5



Trasmittanza termica:
U = 0,456 W/m²K



Portata ai carichi



Resistenza agli urti



Sostenibilità /Qualità aria int.:
VOC: Classe A+ | Eurofins GOLD
CAM | EPD



Resa estetica: il cartone bianco
agevola le operazioni di finitura

Possibili varianti:



Reazione al fuoco A1:

Sostituire lastra a vista lato corridoio/via d'esodo con Gyproc Duragyp A1 13 Activ'Air® (tipo DFHII, peso 12,3 kg/m²), reaz. al fuoco A1



Ambienti umidi:

Sostituire lastra a vista lato ambiente umido con Gyproc Habito® Forte Hydro 13 (tipo DEFHIIIR, peso 12,3 kg/m²), reaz. al fuoco A2-s1,d0

SOLUZIONE N. 82 | SISTEMI A SECCO CONTROPARETI INTERNE PER:

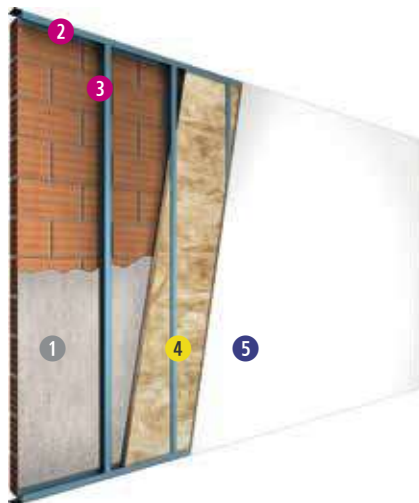
RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali

CP.S 65/50 L HAB SILENCE

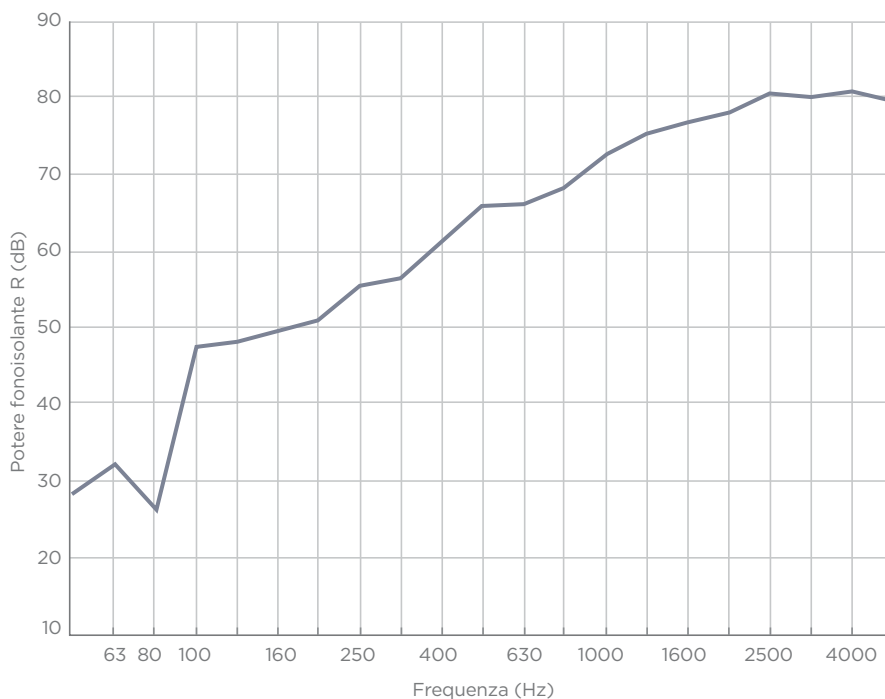
Spessore: 65 mm | Peso: 17 kg/m²

PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Parete in blocchi di laterizio forato sp. 80 mm con strato di intonaco tradizionale su un lato sp. 15 mm
- 2 Guide a U Gyproc **Gyprofile**
da 50 mm, sp. 0,6 mm
- 3 Montanti a C Gyproc **Gyprofile**
da 50 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- 4 Isolante in lana di vetro Isover **AcustiPAR 4+**
sp. 45 mm, reaz. al fuoco A1
- 5 1 lastra accoppiata Gyproc **Habito Silence Activ'Air®**
(tipo DHII, peso 14,5 kg/m²), sp. 12,5+2 mm, reaz. al fuoco B-s1,d0



Frequenza f (Hz)	R (dB)
50	28,4
63	32,3
80	25,9
100	47,4
125	48,1
160	49,4
200	50,9
250	55,5
315	56,3
400	61,3
500	65,7
630	66,1
800	68,1
1000	72,7
1250	75,2
1600	76,7
2000	77,8
2500	80,7
3150	80,1
4000	80,9
5000	79,7



Fonoisolamento:
 $R_w = 66$ dB
Z LAB 147-2020-IAP



Trasmittanza termica:
 $U = 0,456$ W/m²K



Portata ai carichi



Resistenza agli urti



Sostenibilità / Qualità aria int.:
VOC: Classe A+ | Eurofins GOLD
CAM | EPD | Activ'Air®



Resa estetica: il cartone bianco
agevola le operazioni di finitura

Possibili varianti:



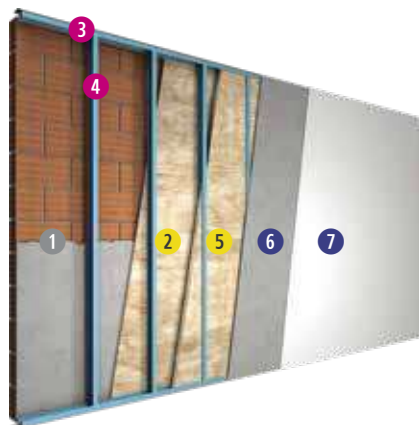
Ambienti umidi:
Soluzione idonea

SOLUZIONE N. 87 | SISTEMI A SECCO CONTROPARETI INTERNE PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali	• Pareti divisorie interne • Pareti perimetrali

CP.S 95/50 LA31-32 HF

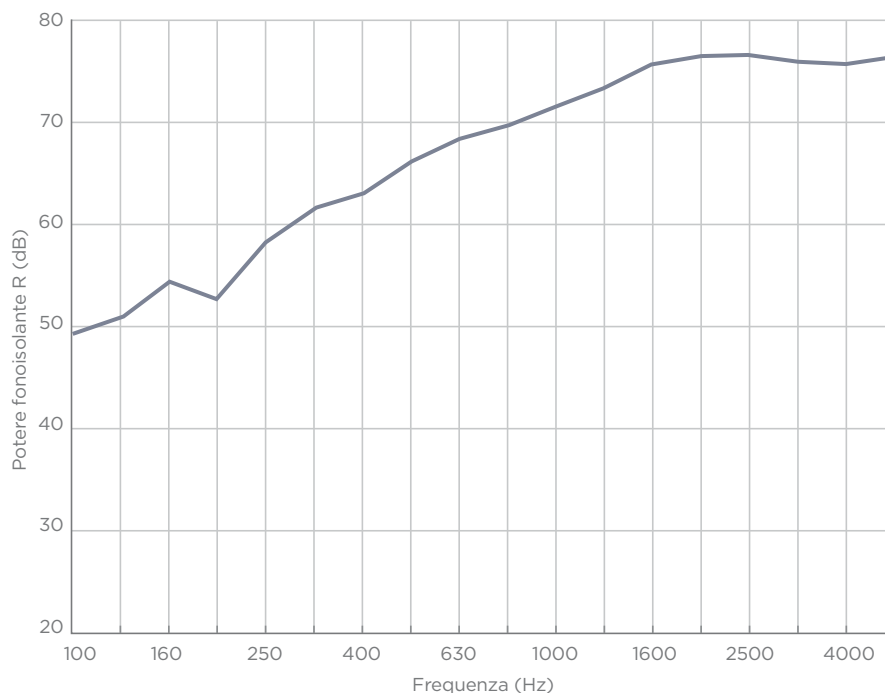
Spessore: 95 mm | Peso: 28 kg/m²



PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Parete in blocchi di laterizio forato, sp. 100 mm, con strato di intonaco tradizionale sp. 15+15 mm
- 2 Isolante in lana minerale Isover **Arena31**
sp. 20 mm, reaz. al fuoco A1
- 3 Guide a U Gyproc **Gyprofile**
da 50 mm, sp. 0,6 mm
- 4 Montanti a C Gyproc **Gyprofile**
da 50 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- 5 Isolante in lana minerale Isover **Arena32**
sp. 45 mm, reaz. al fuoco A1
- 6 1 lastra Gyproc **Wallboard 13**
(tipo A, peso 9,2 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 7 1 lastra Gyproc **Habito® Forte 13**
(tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0

Frequenza f (Hz)	R (dB)
100	49,1
125	50,9
160	54,3
200	52,5
250	58,0
315	61,4
400	62,8
500	66,0
630	68,2
800	69,6
1000	71,3
1250	73,2
1600	75,5
2000	76,2
2500	76,5
3150	75,9
4000	75,7
5000	76,2



Fonoisolamento:
R_w = 69 dB
I.G. 362294



Trasmittanza termica:
U = 0,341 W/m²K



Portata ai carichi



Resistenza agli urti



Sostenibilità/Qualità aria int.:
VOC: Classe A+ | Eurofins GOLD
CAM | EPD



Resa estetica: il cartone bianco agevola le operazioni di finitura

Possibili varianti:



Reazione al fuoco A1:

Sostituire lastra a vista lato corridoio/via d'esodo con Gyproc Duragyp A1 13 Activ'Air® (tipo DFHII, peso 12,3 kg/m²), reaz. al fuoco A1



Ambienti umidi:

Sostituire lastra a vista lato ambiente umido con Gyproc Habito® Forte Hydro 13 (tipo DEFHIIIR, peso 12,3 kg/m²), reaz. al fuoco A2-s1,d0

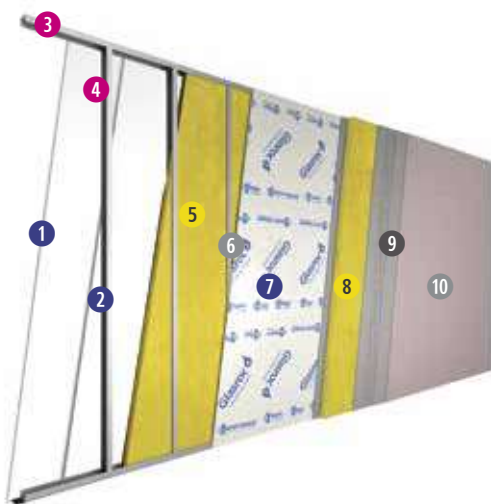
SOLUZIONE N. 89 | SISTEMI A SECCO PARETI TAMPONAMENTO ESTERNO PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Pareti perimetrali	• Pareti perimetrali	• Pareti perimetrali	• Pareti perimetrali	• Pareti perimetrali	• Pareti perimetrali

GX2 CLIMA | SA3 254/150 L GX HF CLIMA

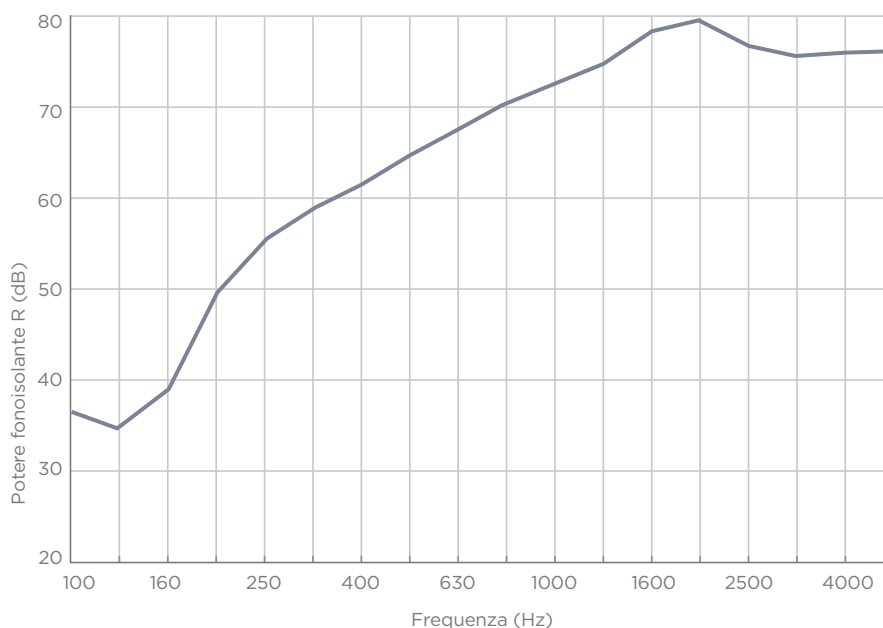
Spessore: 253,5 mm | Peso: 53 kg/m²

PRODOTTI UTILIZZATI



- 1 lastra Gyproc **Habito® Forte 13**
(tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 1 lastra Gyproc **Vapor 13**
(tipo A, peso 9,3 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- Guide a U Gyproc **External Profile Zn-Mg** da 150 mm
sp. 0,8 mm
- Montanti a C Gyproc **External Profile Zn-Mg** da 150 mm
sp. 0,8 mm, int. max 600 mm
- Isolante in lana di vetro Isover **Klima34 G3**
sp. 140 mm, reaz. al fuoco A2-s1, d0
- Tessuto idrorepellente traspirante tipo **Tyvek**
- 1 lastra Gyproc **Glasroc® X 13**
(tipo GM-FH1IR, peso 12 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A1
- Pannello per cappotto in lana di vetro Isover **Klima34 G3**
sp. 60 mm, reaz. al fuoco A2-s1, d0
- Adesivo Rasante Gyproc **Glasroc® X Skim** / **webertherm AP60 TOP F grigio**
sp. 6 mm, reaz. al fuoco A1
- Rivestimento a spessore della gamma **webercote** con relativo primer **weberprim**

Frequenza <i>f</i> (Hz)	R (dB)
100	36,5
125	34,8
160	39,0
200	49,5
250	55,4
315	58,7
400	61,3
500	64,6
630	67,4
800	70,2
1000	72,3
1250	74,7
1600	78,0
2000	79,4
2500	76,5
3150	75,6
4000	75,8
5000	75,6



Resistenza al fuoco: EI 120 - Hmax = 4 m I.G. 355648/3955 FR	Fonoisolamento: R_w = 62 dB I.G. 355571 + Rel. tecnica	Trasmittanza termica: U = 0,157 W/m²K	Portata ai carichi
Resistenza agli urti	Resistenza all'azione sismica: Report Politecnico di Milano	Sostenibilità/Qualità aria int.: VOC: Classe A+ CAM EPD	Resa estetica: il cartone bianco agevola le operazioni di finitura
Tenuta all'acqua: Classe RE1500 I.G. 355980	Permeabilità all'aria parti fisse: Classe AE1500 I.G. 355980	Tenuta al carico di vento: Positivo I.G. 355980	

Possibili varianti:

- Reazione al fuoco A1:**
Sostituire lastra a vista lato corridoio/via d'esodo con Gyproc Duragyp A1 13 Activ'Air® (tipo DFHII, peso 12,3 kg/m²), reaz. al fuoco A1
- Ambienti umidi:**
Sostituire lastra a vista lato ambiente umido con Gyproc Habito® Forte Hydro 13 (tipo DEFH1IR, peso 12,3 kg/m²), reaz. al fuoco A2-s1,d0

SOLUZIONE N. 92 | SISTEMI A SECCO PARETI TAMPONAMENTO ESTERNO PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Pareti perimetrali	• Pareti perimetrali	• Pareti perimetrali	• Pareti perimetrali	• Pareti perimetrali	• Pareti perimetrali

GX1 | SAD4 231/100-75 L GX HF

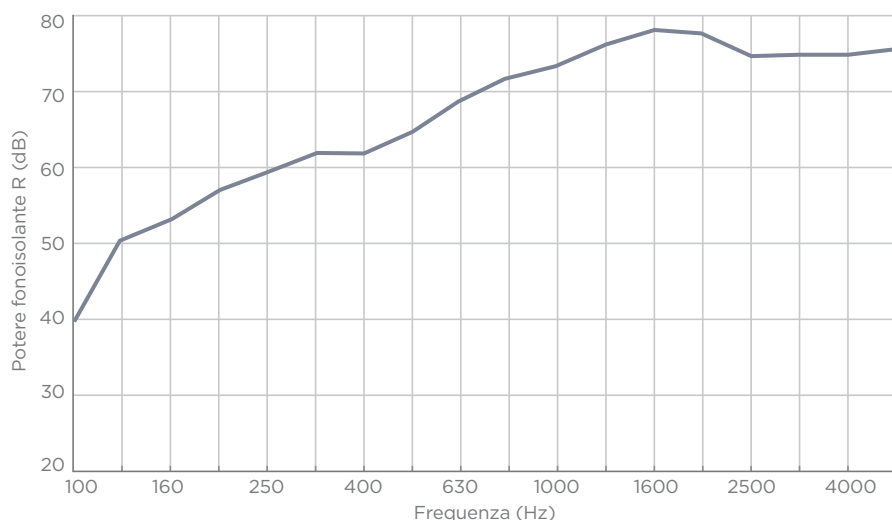
Spessore: 231 mm | Peso: 60,85 kg/m²



PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 lastra Gyproc **Habito® Forte 13**
(tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 1 lastra Gyproc **Vapor 13**
(tipo A, peso 9,3 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- Guide a U Gyproc **Gyprofile**
da 75 mm, sp. 0,6 mm
- Montanti a C Gyproc **Gyprofile**
da 75 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- Isolante in lana di vetro Isover **PAR 4+**
sp. 70 mm, reaz. al fuoco A1
- Isolante in lana minerale Isover **Arena34**
sp. 95 mm, reaz. al fuoco A1
- 1 lastra Gyproc **Habito® Forte 13**
(tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- Guide a U Gyproc **External Profile Zn-Mg** da 100 mm
sp. 0,8 mm
- Montanti a C Gyproc **External Profile Zn-Mg** da 100 mm
sp. 0,8 mm, int. max 600 mm
- Tessuto idrorepellente traspirante tipo **Tyvek**
- 1 lastra Gyproc **Glasroc® X**
(tipo GM-FH1R, peso 12 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A1
- Adesivo rasante Gyproc **Glasroc® X Skim / webertherm AP60 Top F grigio**
sp. 6 mm, reaz. al fuoco A1
- Rivestimento a spessore della gamma **webercote** con relativo primer **weberprim**

Frequenza f (Hz)	R (dB)
100	37,8
125	50,3
160	53,0
200	56,8
250	59,2
315	62,0
400	62,0
500	64,7
630	69,1
800	72,0
1000	73,7
1250	76,3
1600	78,4
2000	78,1
2500	75,0
3150	75,1
4000	75,0
5000	75,9



Resistenza al fuoco: EI 120 - Hmax = 4 m I.G. 356327-3957 FR	Fonoisolamento: R_w = 68 dB I.G. 355572 + Rel. tecnica	Trasmittanza termica: U = 0,194 W/m²K	Resistenza all'effrazione: Classe 2 (int. mont. 600 mm) I.G. 355248 + Rel. tecnica
Portata ai carichi	Resistenza agli urti	Resistenza all'azione sismica: Report Politecnico di Milano	Sostenibilità/Qualità aria int.: VOC: Classe A+ Eurofins GOLD CAM EPD
Resa estetica: il cartone bianco agevola le operazioni di finitura	Tenuta all'acqua: Classe RE1500 I.G. 355981	Permeabilità all'aria parti fisse: Classe AE1500 I.G. 355981	Tenuta al carico di vento: Positivo I.G. 355981

Possibili varianti:

- Reazione al fuoco A1:**
Sostituire lastra a vista lato corridoio/via d'esodo con Gyproc Duragyp A113 Activ'Air® (tipo DFH1I, peso 12,3 kg/m²), reaz. al fuoco A1
- Ambienti umidi:**
Sostituire lastra a vista lato ambiente umido con Gyproc Habito® Forte Hydro 13 (tipo DEFH1IR, peso 12,3 kg/m²), reaz. al fuoco A2-s1,d0

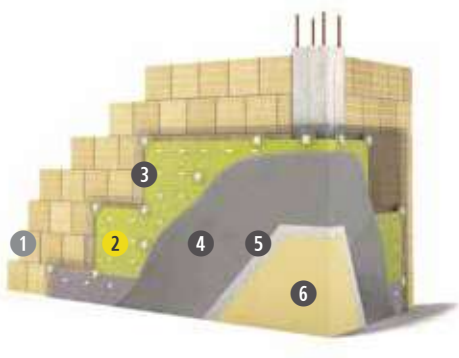
SOLUZIONE N. 94 | PARETI TAMPONAMENTO ISOLAMENTO A CAPPOTTO PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Pareti perimetrali	• Pareti perimetrali	• Pareti perimetrali	• Pareti perimetrali	• Pareti perimetrali	• Pareti perimetrali

ISOLAMENTO A CAPPOTTO CON WEBERTHERM ROBUSTO UNIVERSAL

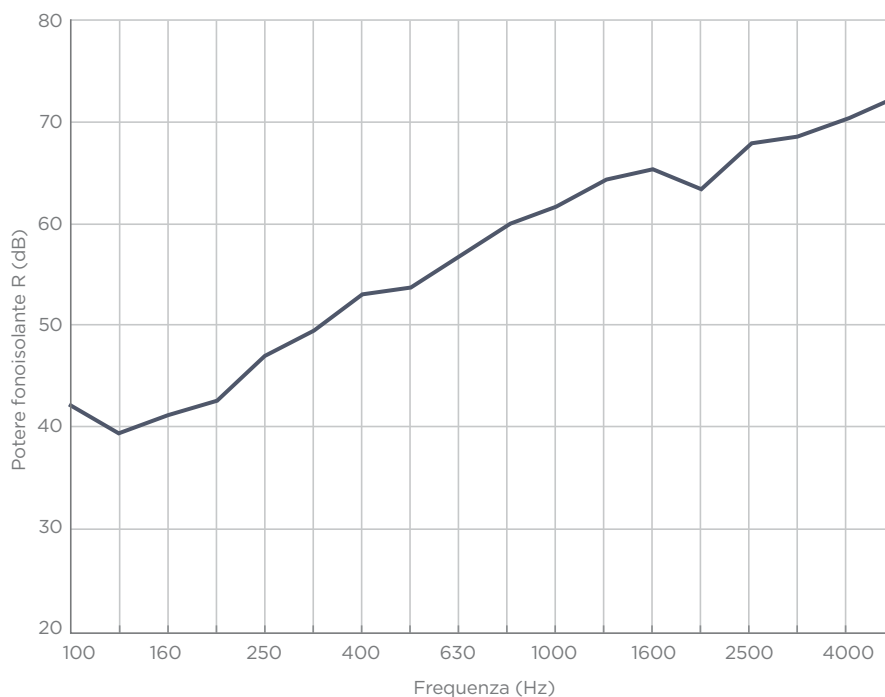
Spessore: variabile | Peso: variabile

PRODOTTI UTILIZZATI



- 1 Parete in blocchi di laterizio forato
sp. 80+120 mm, con strato di intonaco tradizionale sp. 15+10+15 mm, con intercapedine d'aria sp. 60 mm
- 2 Isolante in lana di vetro Isover **Clima34 - webertherm LV034**
sp. 80 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 3 Rete in acciaio **webertherm RE1000**
- 4 Intonaco cementizio **webertherm Into**, sp. 20 mm
- 5 Rasatura con rasante cementizio **webertherm Into Finitura**
con interposta rete in fibra di vetro alcali resistente webertherm RE160
- 6 Rivestimento colorato **webercote siloxcover R**

Frequenza f (Hz)	R (dB)
100	42,1
125	39,4
160	40,9
200	42,4
250	46,8
315	49,2
400	52,7
500	53,5
630	56,5
800	59,6
1000	61,4
1250	64,0
1600	65,1
2000	63,2
2500	67,6
3150	68,4
4000	70,1
5000	72,2



Fonoisolamento:
 $R_w = 57$ dB
I.G. 325049



Traspirabilità:
Elevata traspirabilità,
 $\mu = 1$ (pannello)



Portata ai carichi
(rivestimento in facciata):
70 Kg/m²
I.G. 365753



Resistenza agli urti:
20 J - Conforme
I.G. 377800



Sostenibilità/Qualità aria int.:
VOC: Classe A+
CAM | EPD

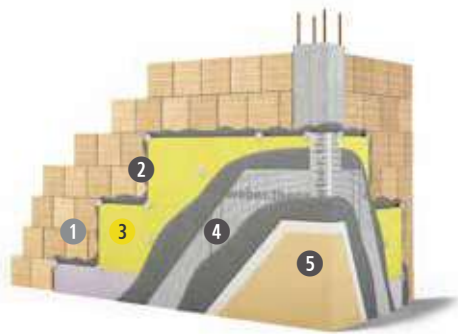
SOLUZIONE N. 96 | PARETI TAMPONAMENTO ISOLAMENTO A CAPPOTTO PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Pareti perimetrali	• Pareti perimetrali	• Pareti perimetrali	• Pareti perimetrali	• Pareti perimetrali	• Pareti perimetrali

ISOLAMENTO A CAPPOTTO CON ISOVER CLIMA34 - WEBERTHERM LV034

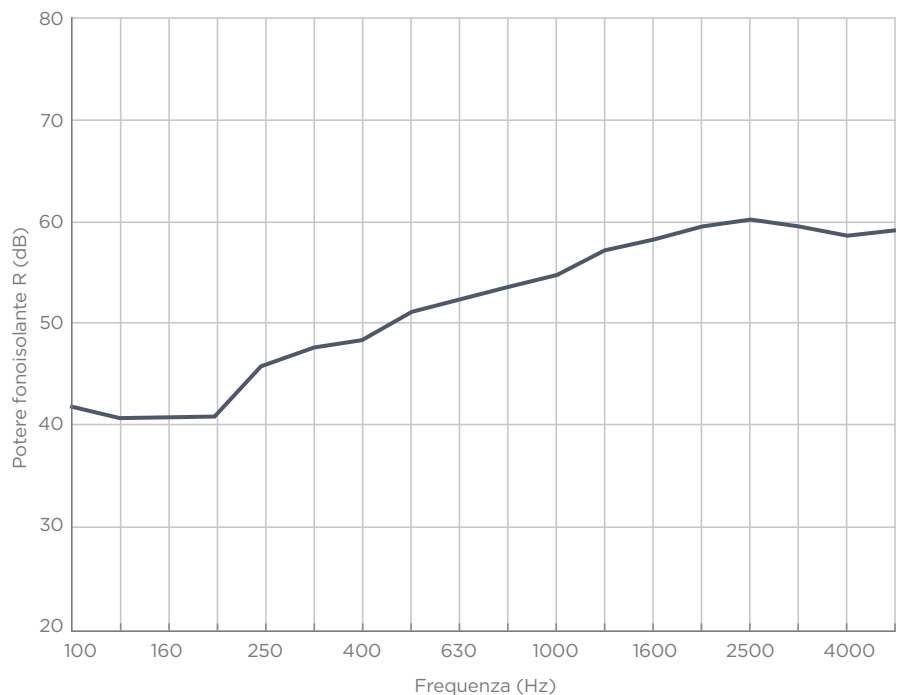
Spessore: variabile | Peso: variabile

PRODOTTI UTILIZZATI



- 1 Parete in blocchi di laterizio forato
sp. 250 mm, con strato di intonaco tradizionale sp. 15+15 mm
- 2 Adesivo-rasante cementizio **webertherm AP60 Top F Grigio**
- 3 Isolante in lana di vetro Isover **Clima34 - webertherm LV034**
sp. 80 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 4 Rasatura con adesivo-rasante cementizio **webertherm AP60 Top F Grigio**
con interposta rete in fibra di vetro alcali resistente webertherm RE160
- 5 Rivestimento colorato **webercote siloxcover R**

Frequenza f (Hz)	R (dB)
100	41,9
125	40,6
160	40,8
200	40,7
250	45,7
315	47,3
400	48,2
500	50,8
630	52,3
800	53,4
1000	54,5
1250	57,0
1600	58,0
2000	59,3
2500	60,1
3150	59,4
4000	58,5
5000	59,0



Reazione al fuoco:
A2-s1,d0



Fonoisolamento:
 $R_w = 60$ dB
I.G. 325047



Traspirabilità:
Elevata traspirabilità,
 $\mu = 1$ (pannello)



Flessibilità:
Adatto a superfici difficili,
irregolari e curve



Sostenibilità/Qualità aria int.: **EOTA** ETA 13/0329
VOC: Classe A+
CAM | EPD

SOLUZIONE N. 112 | VETRATA ISOLANTE PER INVOLUCRO ESTERNO PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Zona giorno e notte			• Camere		

CLIMAPLUS SILENCE® INFINITY 31/43

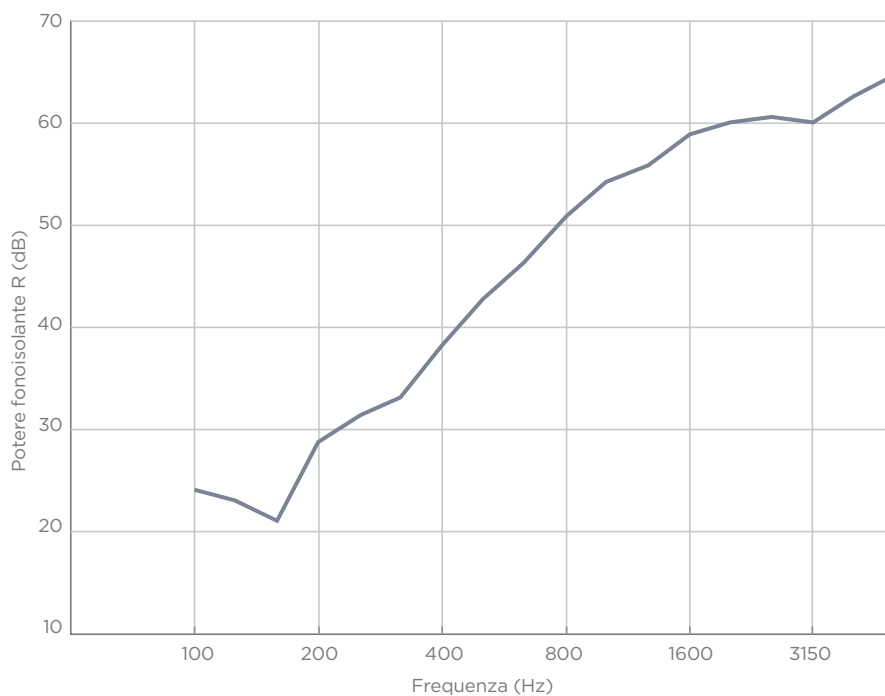
Spessore: 30,88 mm | Peso: 38 kg/m²

PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 **STADIP SILENCE® 44.1** con deposito **PLANITHERM® INFINITY** in faccia 2
- 2 Intercapedine spessore 16 mm con gas argon al 90%
- 3 **STADIP® 33.1**
- 4 Intercalare Warm-Edge **SWISSPACER®**



Frequenza f (Hz)	R (dB)
100	24,1
125	23,2
160	21,3
200	28,8
250	31,5
315	33,2
400	38,2
500	42,8
630	46,4
800	51,0
1000	54,3
1250	56,1
1600	59,0
2000	60,4
2500	60,7
3150	60,3
4000	62,7
5000	65,0



Fonoisolamento: $R_w = 43$ dB SWA L-LAD - 02-149-04	Trasmittanza termica: $U_g = 1,0$ W/m²K EN 673	Portata ai carichi: 45 I 45 Mpa (N/mm²) EN 572	Trasmissione luminosa: TL = 70% EN 410
Riflessione luminosa esterna: RL _e = 14% EN 410	Anti-infortunio: 2B2 I 2B2 EN 12600	Fattore solare: $g = 0,36$ EN 410	

Possibili varianti:

- Vetrata più neutra (Maggiore TL)
- Solo controllo della trasmittanza termica U_g
- Maggiore performance di fattore solare g
- Resistenza all'effrazione (EN 356)
- Resistenza anti-proiettile

SOLUZIONE N. 113 | VETRATA ISOLANTE PER INVOLUCRO ESTERNO PER:

RESIDENZE



SCUOLE



OSPEDALI



ALBERGHI



UFFICI



EDIFICI COMMERCIALI



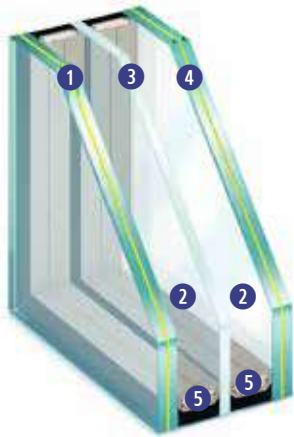
• Zona giorno e notte

• Camere

CLIMATOP SILENCE® INFINITY 47/43

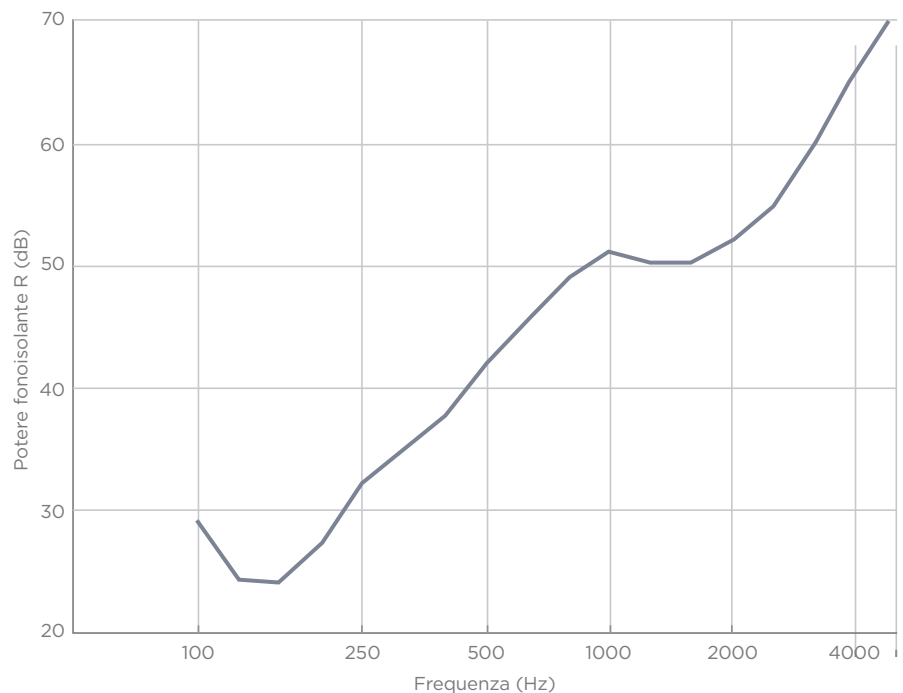
Spessore: 46,88 mm | Peso: 59 kg/m²

PRODOTTI UTILIZZATI



- 1 **STADIP® 44.1** con deposito **PLANITHERM® INFINITY** in faccia 2
- 2 Intercapedine spessore 12 mm con gas argon al 90%
- 3 **DIAMANT®** spessore 6 mm
- 4 **STADIP SILENCE® 44.1** con deposito **PLANITHERM® CLEAR 1.0** in faccia 5
- 5 Intercalare Warm-Edge **SWISSPACER®**

Frequenza <i>f</i> (Hz)	R (dB)
100	24,1
125	23,2
160	21,3
200	28,8
250	31,5
315	33,2
400	38,2
500	42,8
630	46,4
800	51,0
1000	54,3
1250	56,1
1600	59,0
2000	60,4
2500	60,7
3150	60,3
4000	62,7
5000	65,0



Fonoisolamento:
R_w = 43 dB
IFT 42473-2



Trasmittanza termica:
U_g = 0,7 W/m²K
EN 673



Portata ai carichi:
45 | 45 | 45 Mpa (N/mm²)
EN 572



Trasmissione luminosa:
TL = 58%
EN 410



Riflessione luminosa esterna:
RLe = 20%
EN 410



Anti-infortunio:
2B2 | NPD | 2B2
EN 12600



Fattore solare:
g = 0,31
EN 410

Possibili varianti:

- Vetrata più neutra (Maggiore TL)
- Maggiore performance della trasmittanza termica U_g
- Maggiore performance di fattore solare g
- Resistenza all'effrazione (EN 356)
- Resistenza anti-proiettile

SOLUZIONE N. 118 | VETRATA ISOLANTE PER INVOLUCRO ESTERNO PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
				• Ufficio • Sala riunioni	

CLIMAPLUS SILENCE® INFINITY 37/45

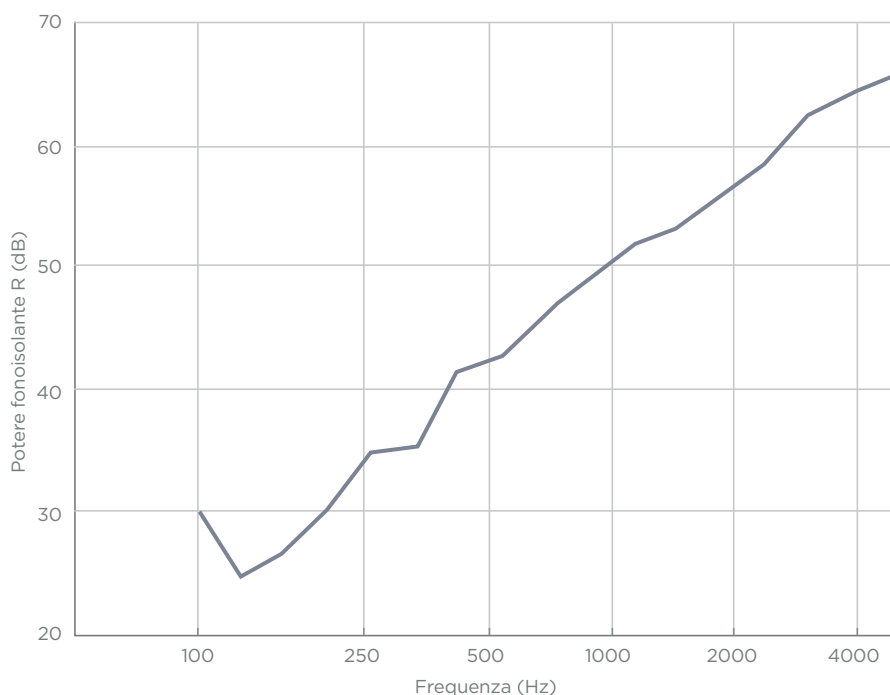
Spessore: 37,00 mm | Peso: 53 kg/m²

PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 **STADIP SILENCE® 44.1** con deposito **PLANITHERM® INFINITY** in faccia 2
- 2 Intercapedine spessore 20 mm con gas argon al 90%
- 3 **STADIP SILENCE® 33.1**
- 4 Intercalare Warm-Edge **SWISSPACER®**



f (Hz)	R (dB)
100	30,4
125	24,9
160	26,8
200	30,8
250	35,1
315	35,7
400	41,4
500	42,8
630	46,5
800	49,4
1000	51,9
1250	53,2
1600	55,8
2000	58,6
2500	62,3
3150	64,5
4000	65,5
5000	68,9



Fonoisolamento: R_w = 45 dB I.G. 237767-2804	Trasmittanza termica: U_g = 1,0 W/m²K EN 673	Portata ai carichi: 45 I 45 Mpa (N/mm²) EN 572	Trasmissione luminosa: TL = 69% EN 410
Riflessione luminosa esterna: RLe = 13% EN 410	Anti-infortunio: 2B2 I 2B2 EN 12600	Fattore solare: g = 0,35 EN 410	

Possibili varianti:

- Vetrata più neutra (Maggiore TL)
- Solo controllo della trasmittanza termica U_g
- Maggiore performance di fattore solare g
- Resistenza all'effrazione (EN 356)
- Resistenza anti-proiettile

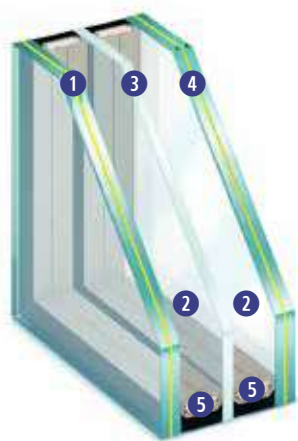
SOLUZIONE N. 119 | VETRATA ISOLANTE PER INVOLUCRO ESTERNO PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
				• Ufficio • Sala riunioni	

CLIMATOP SILENCE® XTREME 44/45

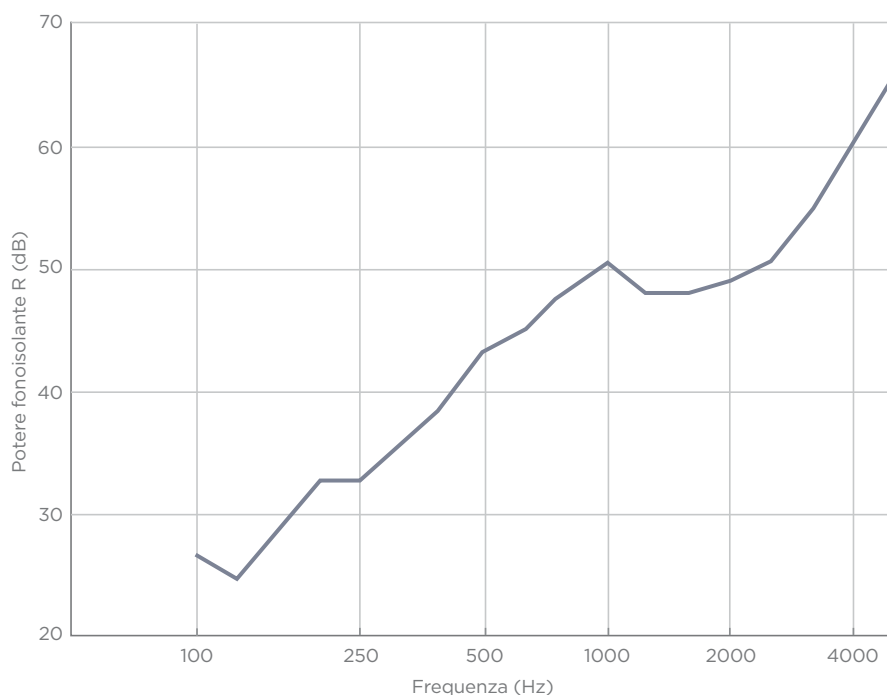
Spessore: 46,88 mm | Peso: 59 kg/m²

PRODOTTI UTILIZZATI



- 1 **SECURIT® HST** spessore 8 mm con deposito **COOL-LITE® XTREME 70/33 II** in faccia 2
- 2 Intercapedine spessore 12 mm con gas argon al 90%
- 3 **DIAMANT®** spessore 4 mm
- 4 **STADIP SILENCE® 44.1** con deposito **PLANITHERM® CLEAR 1.0** in faccia 5
- 5 Intercalare Warm-Edge **SWISSPACER®**

Frequenza <i>f</i> (Hz)	R (dB)
100	26,9
125	24,8
160	28,6
200	32,8
250	32,8
315	35,4
400	38,6
500	42,9
630	45,2
800	48,1
1000	50,5
1250	48,5
1600	48,2
2000	48,9
2500	50,7
3150	54,8
4000	60,1
5000	65,9



Fonoisolamento: $R_w = 45 \text{ dB}$ IFT 163-32080-Z11	Trasmissione termica: $U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ EN 673	Portata ai carichi: 120 45 45 Mpa (N/mm ²) EN 572	Trasmissione luminosa: $TL = 57\%$ EN 410
Riflessione luminosa esterna: $RLe = 17\%$ EN 410	Anti-infortunio: 2B2 NPD 2B2 EN 12600	Fattore solare: $g = 0,28$ EN 410	

Possibili varianti:

- Vetrata più neutra (Maggiore TL)
- Maggiore performance della trasmittanza termica U_g
- Maggiore performance di fattore solare g
- Resistenza all'effrazione (EN 356)
- Resistenza anti-proiettile

SOLUZIONE N. 123 | VETRATA ISOLANTE PER INVOLUCRO ESTERNO PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
		• Camera di degenza • Uffici			

CLIMAPLUS SILENCE® INFINITY 37/48

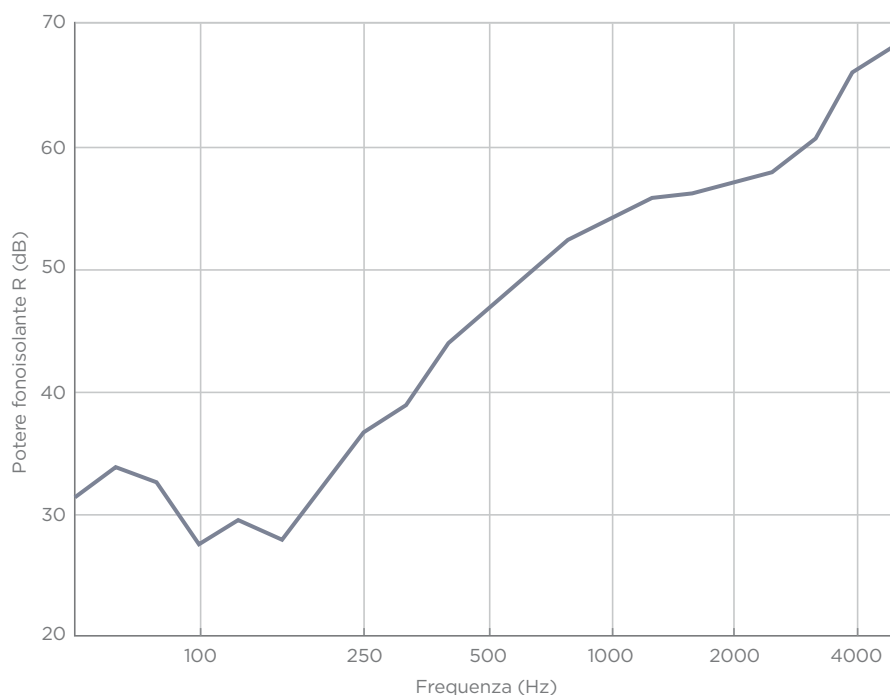
Spessore: 37,00 mm | Peso: 48 kg/m²

PRODOTTI UTILIZZATI



- 1 **STADIP SILENCE® 64.1** con deposito **PLANITHERM® INFINITY** in faccia 2
- 2 Intercapedine spessore 18 mm con gas argon al 90%
- 3 **STADIP SILENCE® 44.1**
- 4 Intercalare Warm-Edge **SWISSPACER®**

Frequenza f (Hz)	R (dB)
50	31,3
63	33,8
80	32,3
100	27,6
125	29,5
160	28,0
200	32,5
250	36,8
315	38,9
400	43,4
500	46,7
630	49,6
800	52,5
1000	54,2
1250	55,6
1600	56,1
2000	56,8
2500	57,7
3150	60,2
4000	66,2
5000	68,2



Fonoisolamento: $R_w = 48$ dB IFT 16-003709-PR01 (PB-6.0-H01-04-DE-01)	Trasmittanza termica: $U_g = 1,0$ W/m²K EN 673	Portata ai carichi: 45 I 45 Mpa (N/mm²) EN 572	Trasmissione luminosa: $TL = 69\%$ EN 410
Riflessione luminosa esterna: $RL_e = 14\%$ EN 410	Anti-infortunio: 2B2 I 2B2 EN 12600	Fattore solare: $g = 0,36$ EN 410	

Possibili varianti:

- Vetrata più neutra (Maggiore TL)
- Solo controllo della trasmittanza termica U_g
- Maggiore performance di fattore solare g
- Resistenza all'effrazione (EN 356)
- Resistenza anti-proiettile

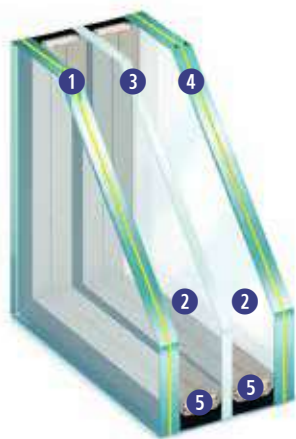
SOLUZIONE N. 124 | VETRATA ISOLANTE PER INVOLUCRO ESTERNO PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
		• Camera di degenza • Uffici			

CLIMATOP SILENCE® INFINITY 51/49

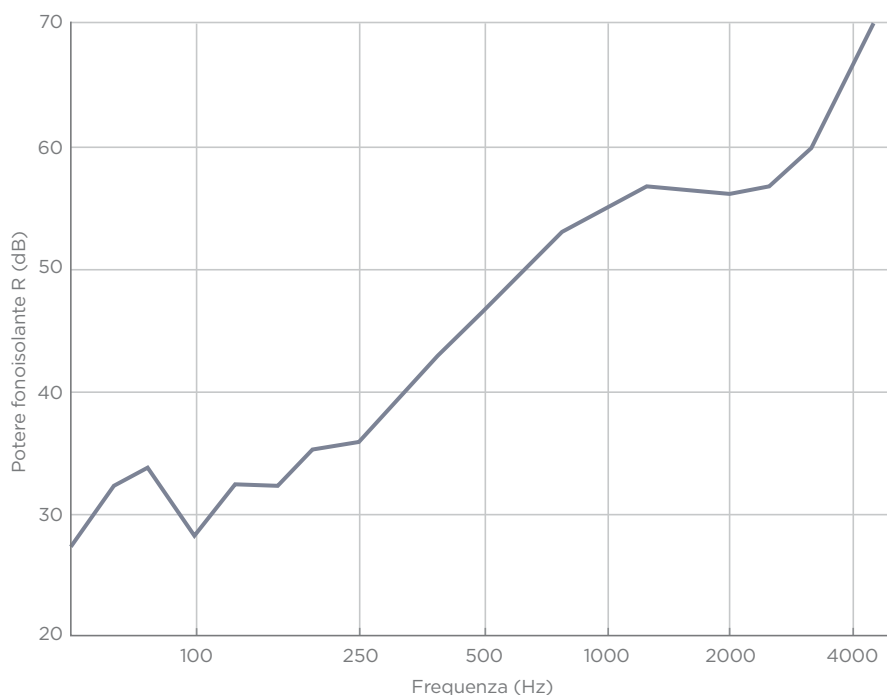
Spessore: 51,00 mm | Peso: 59 kg/m²

PRODOTTI UTILIZZATI



- 1 **STADIP SILENCE® 64.1** con deposito **PLANITHERM® INFINITY** in faccia 2
- 2 Intercapedine spessore 14 mm con gas argon al 90%
- 3 **DIAMANT®** spessore 4 mm
- 4 **STADIP SILENCE® 44.1** con deposito **PLANITHERM® INOX** in faccia 5
- 5 Intercalare Warm-Edge **SWISSPACER®**

Frequenza f (Hz)	R (dB)
50	27,5
63	32,2
80	33,6
100	28,0
125	32,7
160	32,3
200	35,4
250	36,0
315	39,2
400	43,1
500	46,0
630	49,3
800	52,8
1000	55,3
1250	56,8
1600	56,4
2000	56,1
2500	56,6
3150	59,9
4000	66,5
5000	73,0



Fonoisolamento:
 $R_w = 49$ dB
 IFT 14-003256-PR02 (PB-16-
 H01-04-DE-01)



Trasmittanza termica:
 $U_g = 0,6$ W/m²K
 EN 673



Portata ai carichi:
45 | 45 | 45 Mpa (N/mm²)
 EN 572



Trasmissione luminosa:
TL = 62%
 EN 410



Riflessione luminosa esterna:
RLe = 16%
 EN 410



Anti-infortunio:
2B2 | NPD | 2B2
 EN 12600



Fattore solare:
 $g = 0,33$
 EN 410

Possibili varianti:

- Vetrata più neutra (Maggiore TL)
- Maggiore performance della trasmittanza termica U_g
- Maggiore performance di fattore solare g
- Resistenza all'effrazione (EN 356)
- Resistenza anti-proiettile

SOLUZIONE N. 132 | VETRATA ISOLANTE PER INVOLUCRO ESTERNO PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
	• Aule • Sala riunioni				

CLIMAPLUS SILENCE® XTREME 47/51

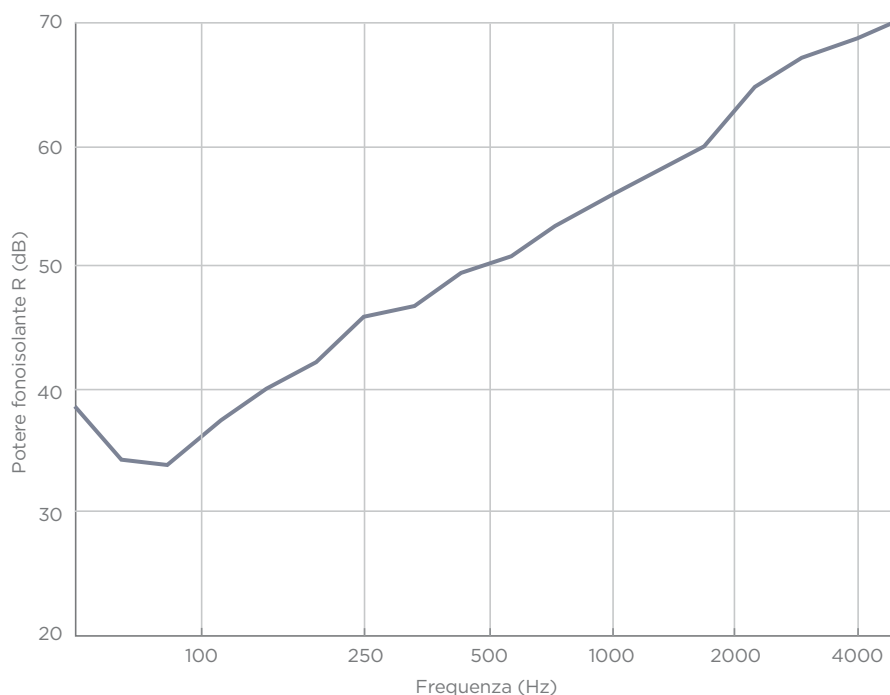
Spessore: 47,26 mm | Peso: 58 kg/m²

PRODOTTI UTILIZZATI



- 1 **STADIP SILENCE® 88.2** con deposito **COOL-LITE® XTREME 70/33** in faccia 2
- 2 Intercapedine spessore 20 mm con gas argon al 90%
- 3 **STADIP SILENCE® 55.1**
- 4 Intercalare Warm-Edge **SWISSPACER®**

f (Hz)	R (dB)
100	38,9
125	34,4
160	33,9
200	37,4
250	40,0
315	42,1
400	45,9
500	46,8
630	49,5
800	50,8
1000	53,4
1250	55,5
1600	57,6
2000	59,8
2500	64,4
3150	67,1
4000	68,2
5000	70,0



Fonoisolamento: R_w = 51 dB I.G. 237754-2791-CPD	Trasmittanza termica: U_g = 1,0 W/m²K EN 673	Portata ai carichi: 45 I 45 Mpa (N/mm²) EN 572	Trasmissione luminosa: TL = 66% EN 410
Riflessione luminosa esterna: RL_e = 10% EN 410	Anti-infortunio: 1B1 I 2B2 EN 12600	Anti-effrazione: P2A I NPD Mpa (N/mm²) EN 356	Fattore solare: g = 0,31 EN 410

Possibili varianti:

- Vetrata più neutra (Maggiore TL)
- Solo controllo della trasmittanza termica U_g
- Maggiore performance di fattore solare g
- Resistenza all'effrazione (EN 356)
- Resistenza anti-proiettile

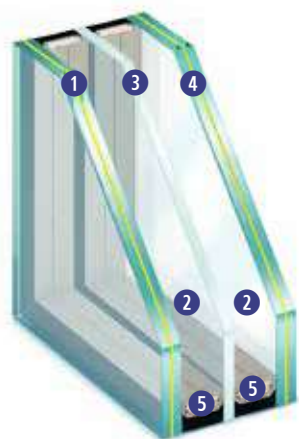
SOLUZIONE N. 133 | VETRATA ISOLANTE PER INVOLUCRO ESTERNO PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
	• Aule • Sala riunioni				

CLIMATOP SILENCE® INFINITY 53/51

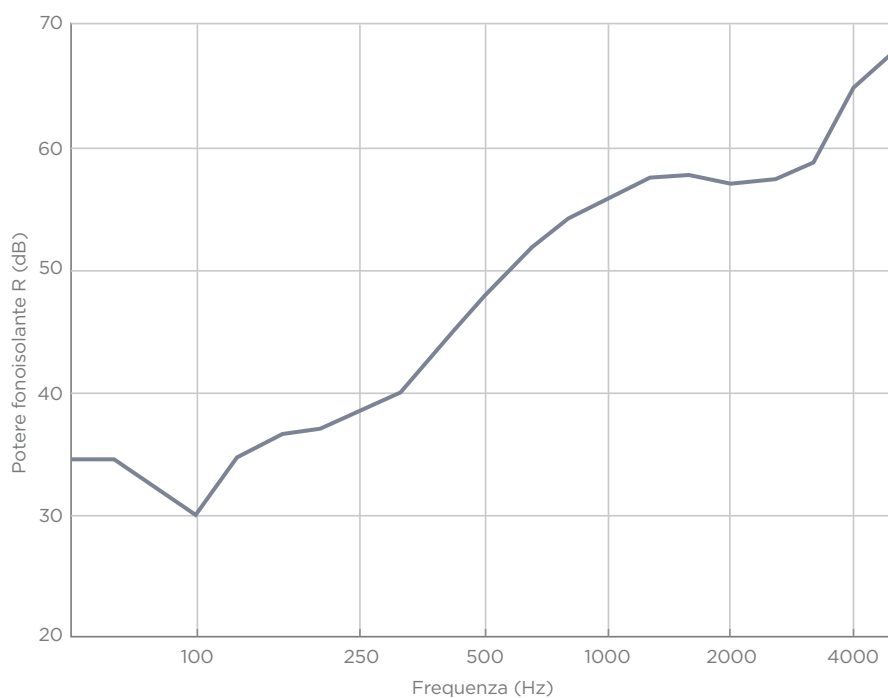
Spessore: 53 mm | Peso: 59 kg/m²

PRODOTTI UTILIZZATI



- 1 **STADIP SILENCE® 66.1** con deposito **PLANITHERM® INFINITY** in faccia 2
- 2 Intercapedine spessore 14 mm con gas argon al 90%
- 3 **DIAMANT®** spessore 4 mm
- 4 **STADIP SILENCE® 44.1** con deposito **PLANITHERM® INOX** in faccia 5
- 5 Intercalare Warm-Edge **SWISSPACER®**

Frequenza f (Hz)	R (dB)
50	34,4
63	34,4
80	32,5
100	29,9
125	34,7
160	36,2
200	37,0
250	38,6
315	40,0
400	44,3
500	47,6
630	51,0
800	53,9
1000	55,9
1250	57,3
1600	57,6
2000	57,0
2500	57,4
3150	58,6
4000	65,0
5000	68,0



Fonoisolamento:
 $R_w = 51$ dB
IFT - I2-002463-PR01 (PB-1-
H01-04-DE-01)



Trasmittanza termica:
 $U_g = 0,6$ W/m²K
EN 673



Portata ai carichi:
45 | 45 | 45 Mpa (N/mm²)
EN 572



Trasmissione luminosa:
TL = 56%
EN 410



Riflessione luminosa esterna:
RL_e = 18%
EN 410



Anti-infortunio:
2B2 | NPD | 2B2
EN 12600



Fattore solare:
g = 0,31
EN 410

Possibili varianti:

- Vetrata più neutra (Maggiore TL)
- Maggiore performance della trasmittanza termica U_g
- Maggiore performance di fattore solare g
- Resistenza all'effrazione (EN 356)
- Resistenza anti-proiettile

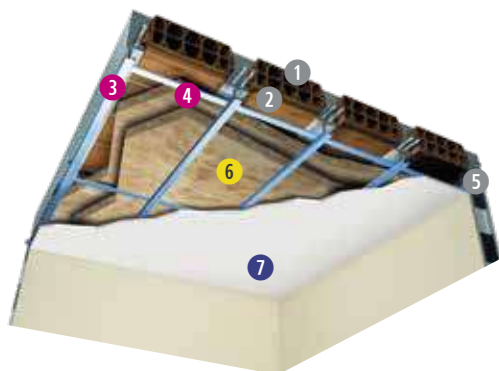
SOLUZIONE N. 140 | CONTROSOFFITTI CONTINUI (FONOIISOLAMENTO) PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Solaio interno	• Solaio interno	• Solaio interno	• Solaio interno	• Solaio interno	• Solaio interno

CS.P 27/48 LA34 HAB

Spessore: variabile | Peso: variabile

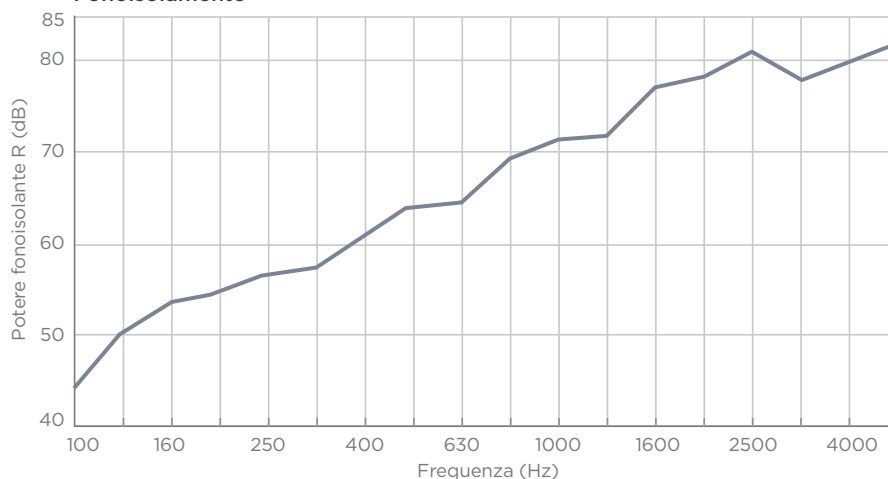
PRODOTTI UTILIZZATI



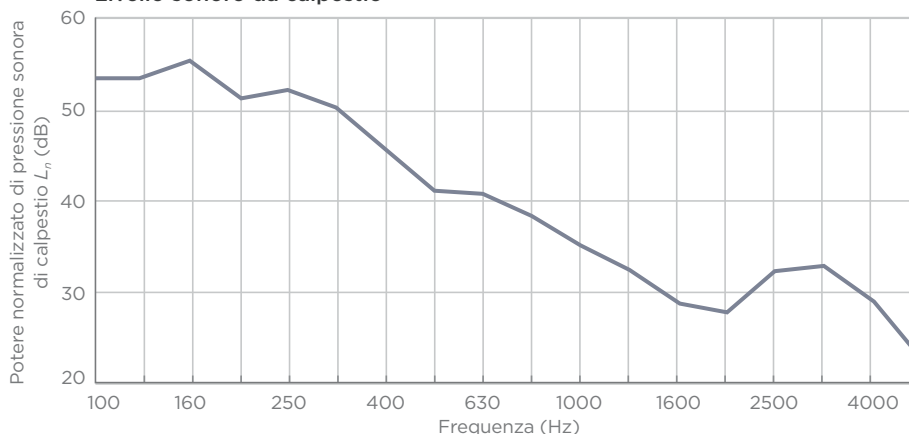
- 1 Solaio esistente
- 2 Intercapedine d'aria variabile
- 3 Profili a C Gyproc **Gyprofile 27/48**
sp. 0,6 mm, int. max 1000 mm
- 4 Profili a C Gyproc **Gyprofile 27/48**
sp. 0,6 mm, int. max 500 mm
- 5 Sospensioni mediante pendini in acciaio antivibranti Ø 4 mm, int. max 1000 mm
- 6 Isolante in lana minerale Isover **Arena34**
reaz. al fuoco A1
- 7 1 lastra Gyproc **Habito 13 Activ'Air®**
(tipo DI, peso 10,2 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0

Frequenza f (Hz)	R (dB)	L _n (dB)
100	43,6	53,4
125	50,0	53,3
160	53,4	55,2
200	54,1	51,1
250	56,3	52,2
315	57,4	50,2
400	60,5	45,6
500	63,7	41,1
630	64,6	40,8
800	68,8	38,3
1000	71,2	35,1
1250	71,8	32,6
1600	77,0	29,0
2000	78,1	27,9
2500	80,7	32,3
3150	78,1	33,0
4000	79,9	29,1
5000	82,0	22,9

Fonoisolamento



Livello sonoro da calpestio



Fonoisolamento:
R_w = 67 dB
I.G. 372244 (ARENA34 sp. 45+45 mm)
R_w = 64 dB
I.G. 372242 (ARENA34 sp. 45 mm)



Livello sonoro da calpestio:
L_{n,w} = 47 dB
I.G. 372244 (ARENA34 sp. 45+45 mm)
L_{n,w} = 55 dB
I.G. 372242 (ARENA34 sp. 45 mm)



Trasmittanza termica:
U = 0,294 W/m²K
(ARENA34 sp. 45+45 mm)



Resa estetica: il cartone bianco agevola le operazioni di finitura



Sostenibilità/Qualità aria int.:
VOC: Classe A+ | Eurofins GOLD
CAM | EPD | Activ'Air®

Possibili varianti:



Reazione al fuoco A1:
Sostituire lastra a vista lato corridoio/via d'esodo con Gyproc Lisaplast 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²), reaz. al fuoco A1



Ambienti umidi:
Sostituire lastra a vista lato ambiente umido con Gyproc Habito Hydro 13 Activ'Air® (tipo DEHII, peso 10,6 kg/m²), reaz. al fuoco A2-s1,d0

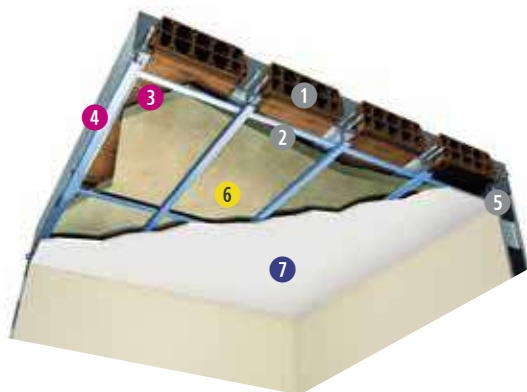
SOLUZIONE N. 141 | CONTROSOFFITTI CONTINUI (FONOIISOLAMENTO) PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Solaio interno	• Solaio interno	• Solaio interno	• Solaio interno	• Solaio interno	• Solaio interno

CS.P 27/48 L HAB

Spessore: variabile | Peso: variabile

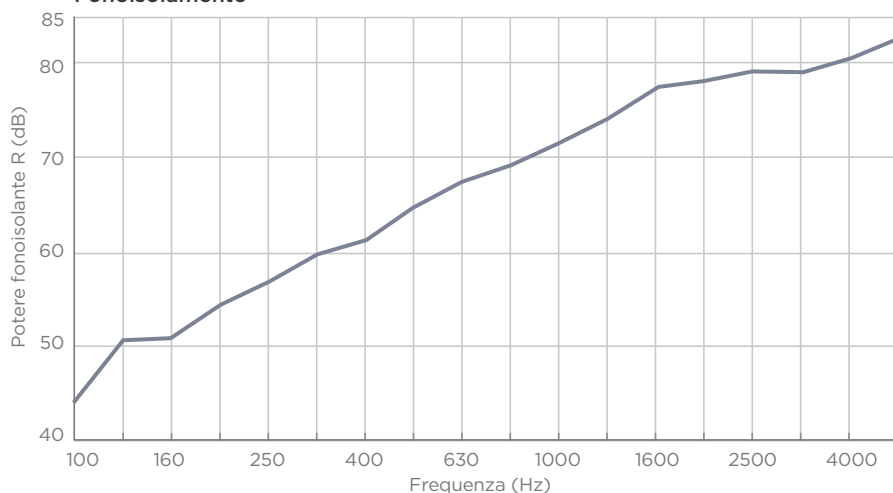
PRODOTTI UTILIZZATI



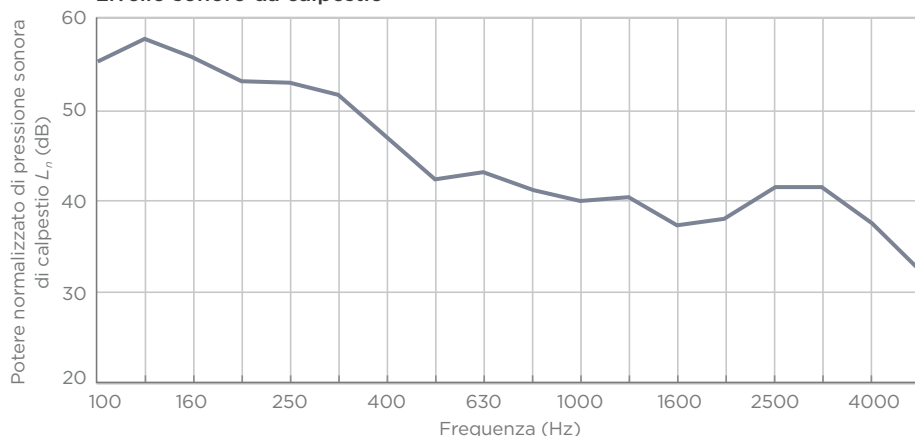
- 1 Solaio esistente
- 2 Intercapedine d'aria 150 mm
- 3 Profili a C Gyproc **Gyprofile 27/48**
sp. 0,6 mm, int. max 1000 mm
- 4 Profili a C Gyproc **Gyprofile 27/48**
sp. 0,6 mm, int. max 500 mm
- 5 Sospensioni mediante pendini in acciaio antivibranti Ø 4 mm, int. max 1000 mm
- 6 Isolante in lana minerale Isover **AcustiPAR 4+**
sp. 70 mm, reaz. al fuoco A1
- 7 1 lastra Gyproc **Habito 13 Activ'Air®**
(tipo DI, peso 10,2 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0

Frequenza f (Hz)	R (dB)	L_n (dB)
100	44,2	54,9
125	50,8	57,4
160	51,1	55,5
200	54,5	53,0
250	57,1	52,7
315	59,9	51,5
400	61,3	46,6
500	65,1	42,3
630	67,5	43,0
800	69,5	41,0
1000	71,8	40,1
1250	74,4	40,3
1600	77,8	37,3
2000	78,4	37,9
2500	79,3	41,5
3150	79,4	41,5
4000	80,7	37,3
5000	82,7	32,3

Fonoisolamento



Livello sonoro da calpestio



Fonoisolamento:
 $R_w = 68$ dB
I.G. 379668



Livello sonoro da calpestio:
 $L_{n,w} = 50$ dB
I.G. 379668



Trasmittanza termica:
 $U = 0,370$ W/m²K



Sostenibilità/Qualità aria int.:
VOC: Classe A+ | Eurofins GOLD
CAM | EPD | Activ'Air®



Resa estetica: il cartone bianco agevola le operazioni di finitura

Possibili varianti:



Reazione al fuoco A1:

Sostituire lastra a vista lato corridoio/via d'esodo con Gyproc Lisaplaç 13 (tipo A, peso 9,2 kg/m²), reaz. al fuoco A1



Ambienti umidi:

Sostituire lastra a vista lato ambiente umido con Gyproc Habito Hydro 13 Activ'Air® (tipo DEHII, peso 10,6 kg/m²), reaz. al fuoco A2-s1,d0

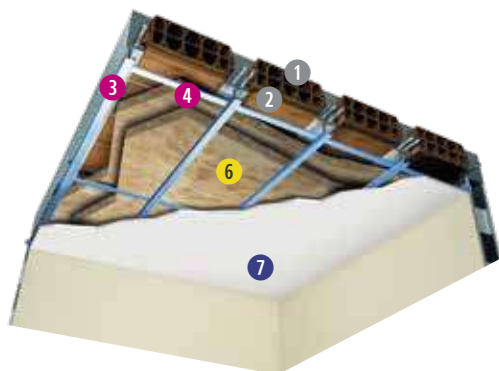
SOLUZIONE N. 143 | CONTROSOFFITTI CONTINUI (FONOIISOLAMENTO) PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Solaio interno	• Solaio interno	• Solaio interno	• Solaio interno	• Solaio interno	• Solaio interno

CS.P 27/48 LA34 HAB SILENCE

Spessore: variabile | Peso: variabile

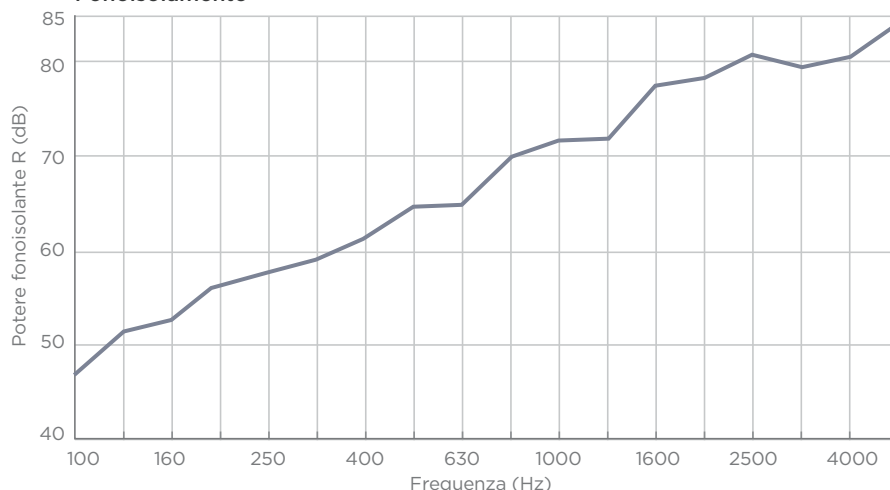
PRODOTTI UTILIZZATI



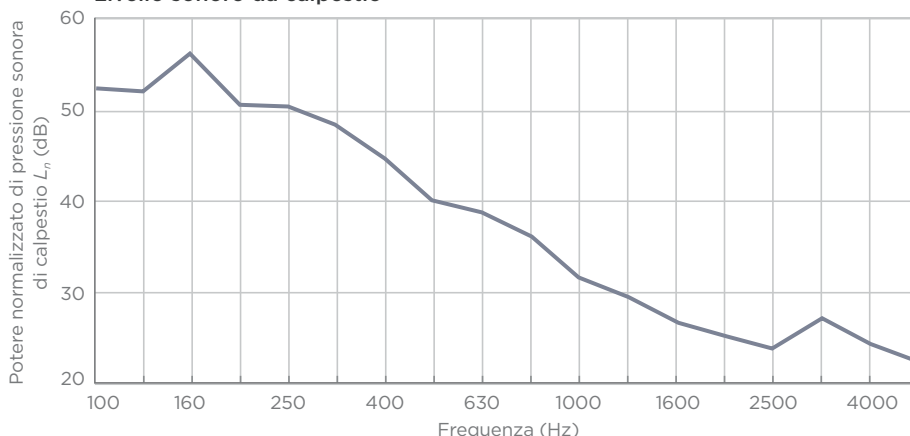
- 1 Solaio esistente
- 2 Intercapedine d'aria 200 mm
- 3 Profili a C Gyproc **Gyprofile 27/48**
sp. 0,6 mm, int. max 1000 mm
- 4 Profili a C Gyproc **Gyprofile 27/48**
sp. 0,6 mm, int. max 500 mm
- 5 Sospensioni mediante pendini in acciaio antivibranti Ø 4 mm, int. max 1000 mm
- 6 Isolante in lana minerale Isover **Arena34**
sp. 45+45 mm, reaz. al fuoco A1
- 7 1 lastra accoppiata Gyproc **Habito Silence Activ'Air®**
(tipo DH11, peso 14,5 kg/m²), sp. 14,5 mm, reaz. al fuoco B-s1,d0

Frequenza f (Hz)	R (dB)	L_n (dB)
100	46,3	52,3
125	51,3	52,0
160	52,5	56,1
200	56,1	50,7
250	57,5	50,4
315	58,8	48,5
400	61,0	44,6
500	64,4	40,1
630	64,7	38,8
800	69,3	36,1
1000	71,3	31,5
1250	71,3	29,6
1600	76,9	26,5
2000	78,1	25,0
2500	80,5	23,8
3150	79,2	27,2
4000	80,5	24,4
5000	84,0	22,4

Fonoisolamento



Livello sonoro da calpestio



Fonoisolamento:
 $R_w = 70$ dB
Val. an. rif. I.G. 372244



Livello sonoro da calpestio:
 $L_{n,w} = 45$ dB
Val. an. rif. I.G. 372244



Trasmittanza termica:
 $U = 0,294$ W/m²K
(ARENA34 sp. 45+45 mm)



Sostenibilità/Qualità aria int.:
VOC: Classe A+ | Eurofins GOLD
CAM | EPD | Activ'Air®



Resa estetica: il cartone bianco
agevola le operazioni di finitura

Possibili varianti:



Ambienti umidi:
Soluzione idonea

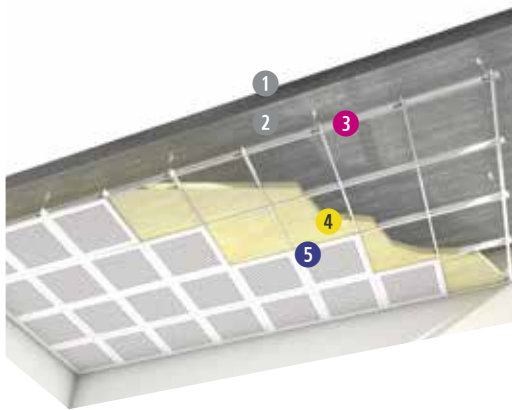
SOLUZIONE N. 146 | CONTROSOFFITTI MODULARI IN GESSO RIVESTITO (FONOASSORBIMENTO) PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
	• Aule • Sale riunioni		• Sale riunioni	• Uffici • Sale riunioni	

GYPTONE® QUATTRO 20 ACTIV'AIR®

Spessore: 10 - 12,5 mm | Peso: variabile

PRODOTTI UTILIZZATI

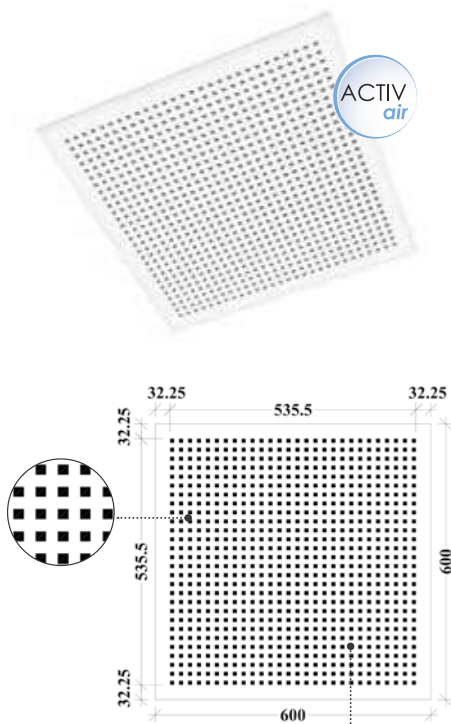


- 1 Solaio esistente
- 2 Plenum variabile
- 3 Struttura metallica di sostegno Gyproc **Linetec Plus T24**

da 24 mm, sezione a T rovescio in lamiera d'acciaio zincato da 0,4 mm di spessore, verniciato in colore bianco; tali profili realizzano una maglia modulare da 600 x 600 mm costituita da:

- profilo portante int. 1200 mm
- profilo trasversale da 1200 mm perpendicolare al profilo primario, int. 600 mm
- profilo trasversale da 600 mm perpendicolare al profilo trasversale precedente, int. 1200 mm
- ganci di sospensione regolabili (distanza massima tra pendino e parete 600 mm) int. max. 1200 mm

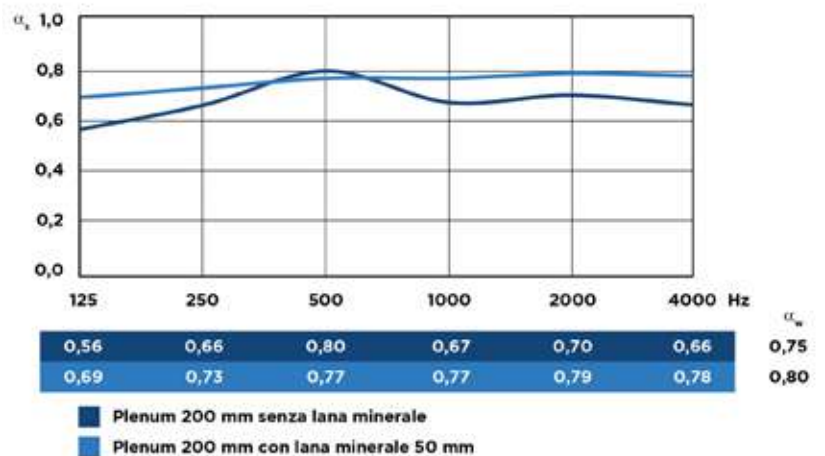
- 4 Isolante in lana di vetro Isover **PAR 4+**
sp. 45 mm, reaz. al fuoco A1
- 5 Pannello Gyproc **Gypstone® Quattro 20 Activ'Air®**
dimensioni 600x600 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0, bordo A / E15 / D2



Superficie forata: 18%
Sezione fori: 9x9 mm
Passo fori: 19,5 mm

Dimensioni in mm
Dimensioni esterne modulari,
valide per pannello D2.

Assorbimento acustico



Resistenza al fuoco:
Euroclasse **A2-s1,d0**



Luminosità:
Coefficiente di riflessione della luce: **ca. 70%**



Resistenza meccanica:
Carico concentrato massimo:
1 kg/m²



Resa estetica:

- Finitura preverniciata in colore bianco satinato
- Codice colore: NCS 0500 = RAL 9010
- Gloss: da 5 a 9 secondo norma EN ISO 2813



Resistenza all'umidità:
RH 70



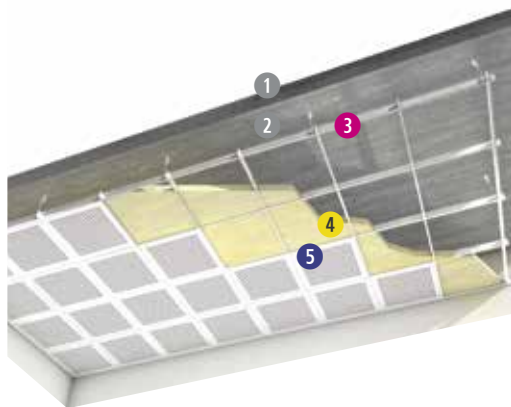
Sostenibilità/Qualità aria int.:
VOC: Classe A+ | Indeklima | M1
CAM | EPD | Activ'Air®

SOLUZIONE N. 151 | CONTROSOFFITTI MODULARI IN GESSO RIVESTITO (FONOASSORBIMENTO) PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
	- Aule - Sale riunioni		Sale riunioni	- Uffici - Sale riunioni	

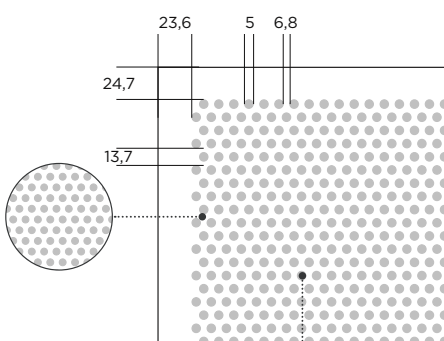
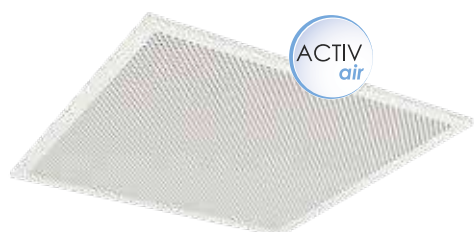
GYPTONE® POINT 80 ACTIV'AIR®

Spessore: 8 mm | Peso: 5,3 kg/m²



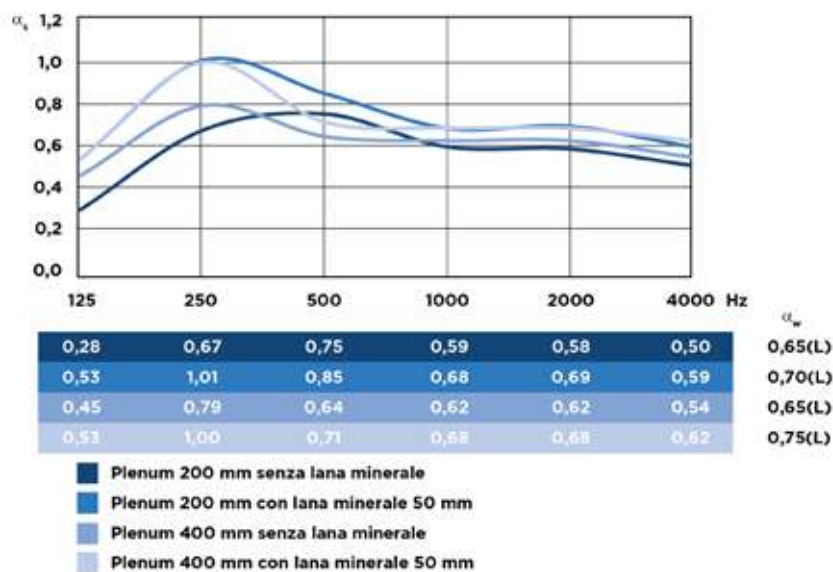
PRODOTTI UTILIZZATI

- Solaio esistente
- Plenum variabile
- Struttura metallica di sostegno Gyproc **Linetec Plus T24**
da 24 mm, sezione a T rovescio in lamiera d'acciaio zincato da 0,4 mm di spessore, verniciato in colore bianco; tali profili realizzano una maglia modulare da 600 x 600 mm costituita da:
 - profilo portante int. 1200 mm
 - profilo trasversale da 1200 mm perpendicolare al profilo primario, int. 600 mm
 - profilo trasversale da 600 mm perpendicolare al profilo trasversale precedente, int. 1200 mm
 - ganci di sospensione regolabili (distanza massima tra pendino e parete 600 mm) int. max. 1200 mm
- Isolante in lana di vetro Isover **PAR 4+**
sp. 45 mm, reaz. al fuoco A1
- Pannello Gyproc **Gyptone® Point 80 Activ'Air®**
dimensioni 600x600 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0, bordo A



Superficie forata: 19%
Sezione fori: Ø 5 mm
Passo fori: 6,8 mm
Dimensioni in mm

Assorbimento acustico



Resistenza al fuoco:
Euroclasse **A2-s1,d0**



Luminosità:
Coefficiente di riflessione della luce: **ca. 70%**



Resistenza meccanica:
Carico concentrato massimo:
1 kg/m²



Resa estetica:
 ■ Finitura preverniciata in colore bianco satinato
 ■ Codice colore: NCS 0300



Resistenza all'umidità:
RH 70



Sostenibilità/Qualità aria int.:
VOC: Classe A+ | Indeklima | M1
CAM | EPD | Activ'Air®

SOLUZIONE N. 152 | CONTROSOFFITTI MODULARI IN GESSO RIVESTITO (FONOASSORBIMENTO) PER:

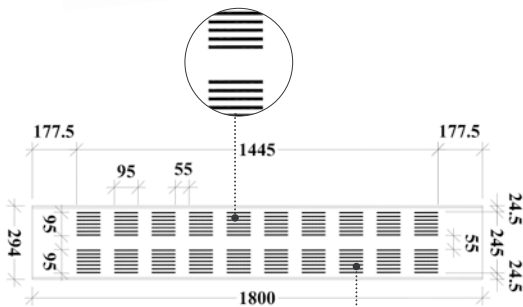
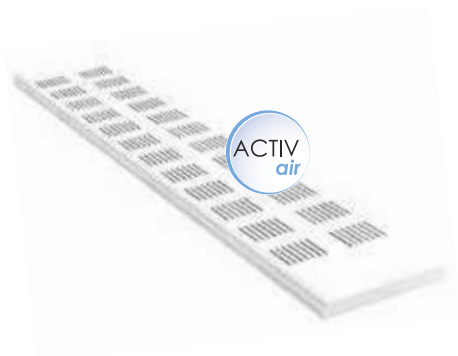
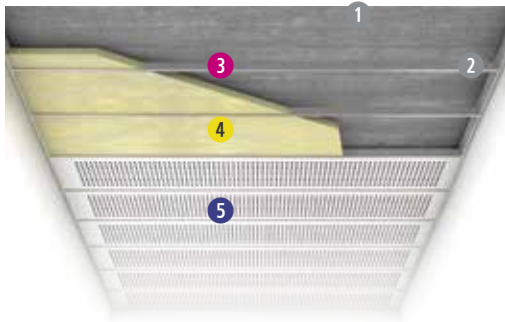
RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
	- Sale riunioni - Corridoi		Corridoi	- Uffici - Aree di passaggio	

GYPTONE® LINE 8 ACTIV'AIR®

Spessore: 10 mm | Peso: 6,7 kg/m²

PRODOTTI UTILIZZATI

- Solaio esistente
- Intercapedine d'aria variabile
- Struttura metallica di sostegno Gyproc **Doghe Gyptone®**
da 24 mm, sezione a T rovescio in lamiera d'acciaio zincato da 0,4 mm di spessore, verniciato in colore bianco:
- profilo autoportante T24 int. 300 mm
- profilo perimetrale a doppia L Gyptone Doghe
- Isolante in lana di vetro Isover **PAR 4+**
sp. 45 mm, reaz. al fuoco A1
- Doghe Gyproc **Gyptone® Line 8 Activ'Air®**
dimensioni variabili, reaz. al fuoco A2-s1,d0, bordo B / E24

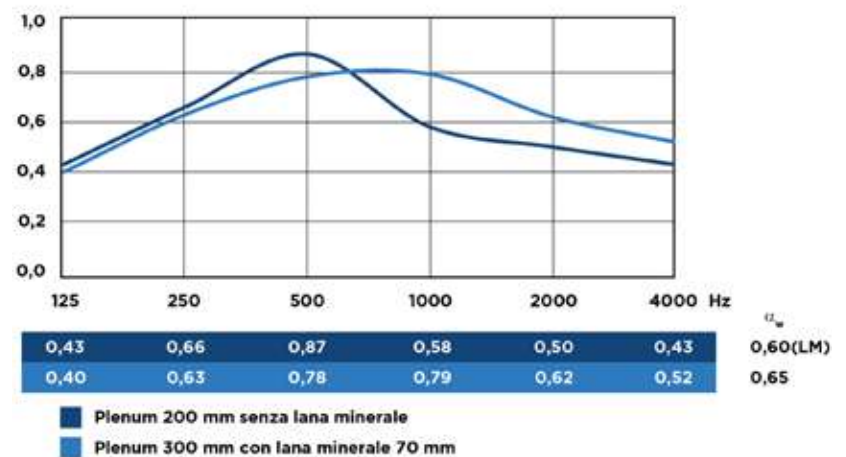


Superficie forata: 15%
Sezione fori: 6x95 mm
Passo fori: 15 mm

Dimensioni in mm (*)

(*) Le quote si riferiscono al modulo 300x1800

Assorbimento acustico



Resistenza al fuoco:
Euroclasse **A2-s1,d0**



Luminosità:
Coefficiente di riflessione della luce: **ca. 70%**



Resa estetica:
- Finitura preverniciata in colore bianco satinato
- Codice colore: NCS 0500 = RAL 9010



Sostenibilità/Qualità aria int.:
VOC: Classe A+ | Indeklima | M1
CAM | EPD | Activ'Air®

SOLUZIONE N. 156 | CONTROSOFFITTI MODULARI IN GESSO RIVESTITO NON FORATO (ATTENUAZIONE LATERALE) PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
	• Zone comuni	• Zone comuni	• Zone comuni	• Zone comuni	• Zone comuni

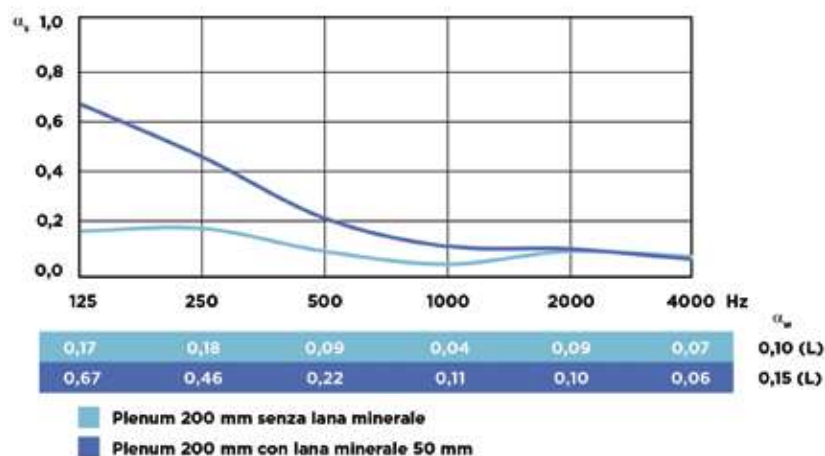
CASOPRANO CASOBIANCA

Spessore: 8 mm | Peso: 6,2 kg/m²

PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Solaio esistente
- 2 Intercapedine d'aria variabile
- 3 Struttura metallica di sostegno Gyproc **Linetec Plus T24**
da 24 mm, sezione a T rovescio in lamiera d'acciaio zincato da 0,4 mm di spessore, verniciato in colore bianco: tali profili realizzano una maglia modulare da 600 x 600 mm costituita da:
 - profilo portante int. 1200 mm
 - profilo trasversale da 1200 mm perpendicolare al profilo primario, int. 600 mm
 - profilo trasversale da 600 mm perpendicolare al profilo trasversale precedente, int. 1200 mm
 - ganci di sospensione regolabili (distanza massima tra pendino e parete 600 mm) int. max. 1200 mm
- 4 Pannello in lastre Gyproc **Casoprano Casobianca**
dimensioni 600x600 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0, bordo A

Assorbimento acustico



Attenuazione laterale

- $D_{n,cw}$ (C;Ctr) = 41 (-2;-7) dB con plenum 700 mm senza lana minerale.
- $D_{n,cw}$ (C;Ctr) = 52 (-4;-11) dB con plenum 700 mm con lana minerale 100 mm.



Resistenza al fuoco:
Euroclasse **A2-s1,d0**



Luminosità:
Coefficiente di riflessione della luce: **ca. 85%**



Resa estetica:
▪ Sabbata colore bianco
▪ Codice colore: NCS 0300



Resistenza all'umidità:
RH 90



Controllo delle particelle nell'aria:
▪ ISO 5 secondo la norma ISO 14 644-1
▪ Classe 100 secondo la norma americana FS 209E

SOLUZIONE N. 158 | CONTROSOFFITTI MODULARI IN GESSO RIVESTITO NON FORATO (ATTENUAZIONE LATERALE) PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
		• Locali sanitari			

GYPREX® ALBA

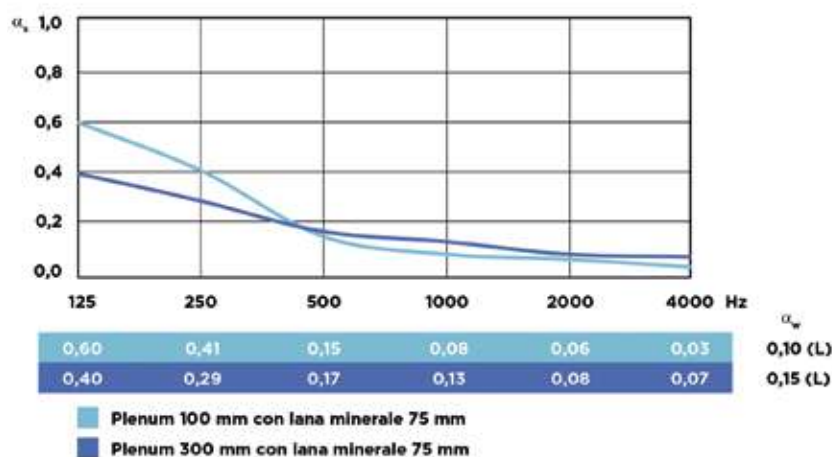
Spessore: 9,5 mm | Peso: 8,3 kg/m²

PRODOTTI UTILIZZATI

- Solaio esistente
- Intercapedine d'aria variabile
- Struttura metallica di sostegno Gyproc **Linetec Plus T24**
da 24 mm, sezione a T rovescio in lamiera d'acciaio zincato da 0,4 mm di spessore, verniciato in colore bianco; tali profili realizzano una maglia modulare da 600 x 600 mm costituita da:
 - profilo portante int. 1200 mm
 - profilo trasversale da 1200 mm perpendicolare al profilo primario, int. 600 mm
 - profilo trasversale da 600 mm perpendicolare al profilo trasversale precedente, int. 1200 mm
 - ganci di sospensione regolabili (distanza massima tra pendino e parete 600 mm) int. max. 1200 mm
- Pannello in lastre Gyproc **Gyprex® Alba**
dimensioni 600x600 mm, reaz. al fuoco B-s1,d0, bordo A



Assorbimento acustico



Attenuazione laterale

$D_{n,cw} (C; C_{tr}) = 47 (-3;-9) \text{ dB}$

Valore stimato con plenum 730 mm con lana minerale 75 mm.



Reazione al fuoco:
Euroclasse **B-s1,d0**



Luminosità:
Coefficiente di riflessione della luce: **80%**



Controllo delle particelle nell'aria:
Il Gyprex® Alba è classificato ISO 4 secondo la norma ISO 14644-1



Riflessione della luce:
80%



Resa estetica:
 ■ Faccia a vista rivestita con pellicola in PVC di colore bianco, con trama simile al tessuto di lino
 ■ Gloss: da 5 a 7 secondo DIN 67530



Resistenza all'umidità:
RH 90, adatto ad ambienti in classe A-B-C secondo norma EN 13964 parte 4.8.4



Assorbimento acustico medio α_w :
0,10 (L) plenum 200 mm senza lana minerale
0,15 (L) plenum 200 mm con lana minerale sp. 50 mm



Sostenibilità /Qualità aria int.:
VOC: Classe A+ CAM | EPD

SOLUZIONE N. 159 | CONTROSOFFITTI MODULARI IN GESSO RIVESTITO NON FORATO (ATTENUAZIONE LATERALE) PER:



GYPREX® ASEPTA

Spessore: 9,5 mm | Peso: 8,3 kg/m²

PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Solaio esistente
- 2 Intercapedine d'aria variabile
- 3 Struttura metallica di sostegno Gyproc **Linetec Plus T24**

da 24 mm, sezione a T rovescio in lamiera d'acciaio zincato da 0,4 mm di spessore, verniciato in colore bianco; tali profili realizzano una maglia modulare da 600 x 600 mm costituita da:

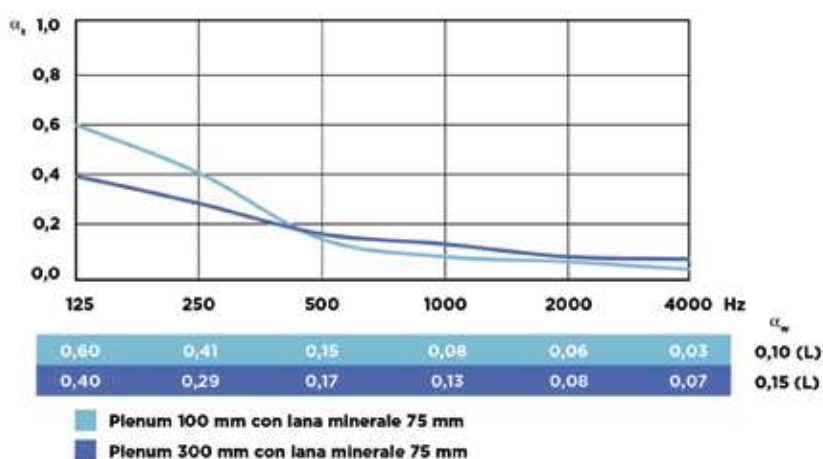
- profilo portante int. 1200 mm
- profilo trasversale da 1200 mm perpendicolare al profilo primario, int. 600 mm
- profilo trasversale da 600 mm perpendicolare al profilo trasversale precedente, int. 1200 mm
- ganci di sospensione regolabili (distanza massima tra pendino e parete 600 mm) int. max. 1200 mm

- 4 Pannello in lastre Gyproc **Gyprex® Asept**

dimensioni 600x600 mm, reaz. al fuoco B-s1,d0, bordo A



Assorbimento acustico



Attenuazione laterale

$D_{n,c,w} (C; C_{tr}) = 46 (-2;-8) \text{ dB}$

Valore stimato con plenum 730 mm con lana minerale 75 mm.

Reazione al fuoco: Euroclasse B-s1,d0	Luminosità: Coefficiente di riflessione della luce: 80%	Controllo delle particelle nell'aria: Il Gyprex® Asept è classificato ISO 4 secondo la norma ISO 14644-1	Resa estetica: ▪ Faccia a vista rivestita con pellicola in PVC di colore bianco con finitura liscia ▪ Superficie con speciale trattamento antibatterico e antimicotico ▪ Gloss: da 5 a 7 secondo DIN 67530
Resistenza all'umidità: RH 90 , adatto ad ambienti in classe A-B-C secondo norma EN 13964 parte 4.8.4	Sostenibilità /Qualità aria int.: VOC: Classe A+ CAM EPD		

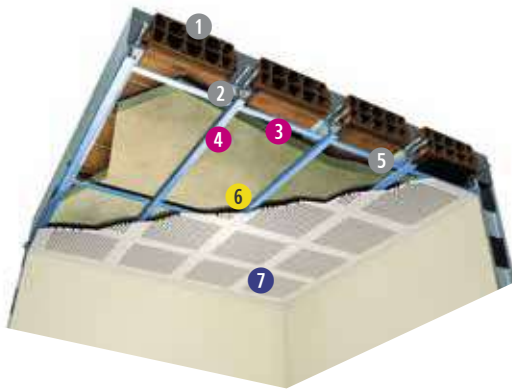
SOLUZIONE N. 161 | CONTROSOFFITTI CONTINUI IN GESSO RIVESTITO FORATO (FONOASSORBIMENTO) PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
	• Aule • Aree comuni		• Hall • Sale riunioni	• Uffici • Sale riunioni	

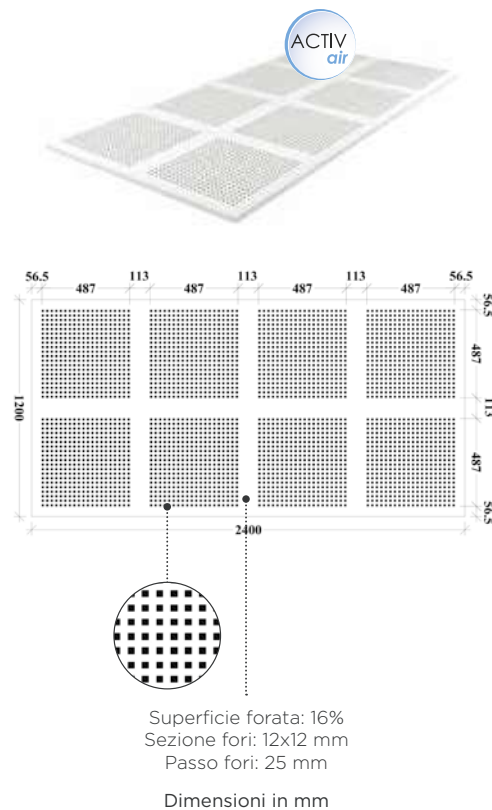
GYPTONE® BIG QUATTRO 41 ACTIV'AIR®

Spessore: 12,5 mm | Peso: 7,5 kg/m²

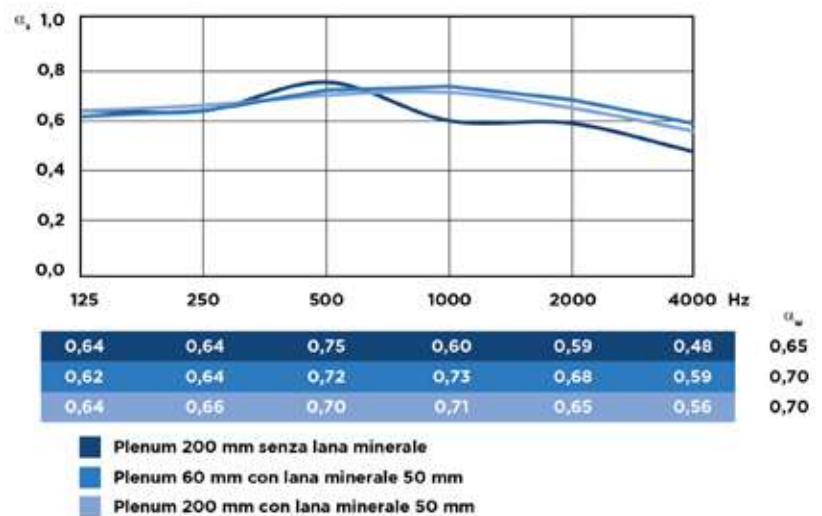
PRODOTTI UTILIZZATI



- 1 Solaio esistente
- 2 Plenum variabile
- 3 Profili a C Gyproc **Gyprofile 27/48**
sp. 0,6 mm, int. max 1200 mm
- 4 Profili a C Gyproc **Gyprofile 27/48**
sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
- 5 Sospensioni mediante pendini in acciaio Ø 4 mm,
int. max 1200 mm
- 6 Isolante in lana di vetro Isover **PAR 4+**
sp. 45 mm, reaz. al fuoco A1
- 7 1 lastra Gyproc **Gyptone® Big Quattro 41 Activ'Air®**
(peso 7,5 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0



Assorbimento acustico



Reazione al fuoco:
Euroclasse **A2-s1,d0**



Luminosità:
Coefficiente di riflessione della luce: **ca. 70%**



Resistenza all'umidità:
RH 70



Resa estetica:
Il prodotto deve essere decorato in opera, dopo la stuccatura dei giunti



Sostenibilità/Qualità aria int.:
VOC: Classe A+ | Indeklima | M1
CAM | EPD | Activ'Air®

Nota: possibilità di applicazione in verticale a controparete a rivestimento di pareti esistenti.

SOLUZIONE N. 175 | CONTROSOFFITTI CONTINUI IN GESSO RIVESTITO FORATO (FONOASSORBIMENTO) PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
	- Aule - Aree comuni		- Hall - Sale riunioni	- Uffici - Sale riunioni	

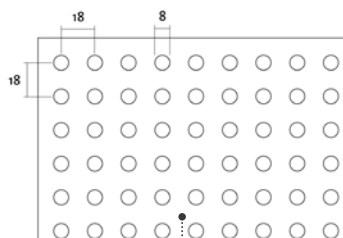
RIGITONE® 8/18 ACTIV'AIR® ANTISFONDELLAMENTO + ASSORBIMENTO ACUSTICO

Spessore: variabile | Peso: variabile

PRODOTTI UTILIZZATI



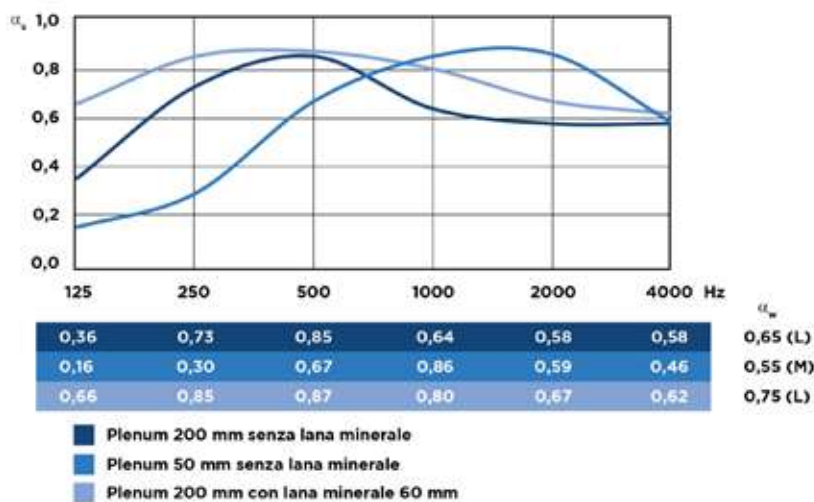
- Solaio in latero cemento, sp. 160+40 mm
- Plenum max 250 mm
- Profili a C Gyproc **Gyprofile 27/48**
sp. 0,6 mm, int. max 800 mm
- Profili a C Gyproc **Gyprofile 27/48**
sp. 0,6 mm, int. max 300 mm
- Sospensioni mediante pendini in acciaio $\varnothing$ 6 mm, int. max 1200 mm. Nel caso di antisfondellamento, sospensioni mediante barre filettate in acciaio M6 $\varnothing$ 6 mm, int. max 600 mm
- 1 lastra Gyproc **Rigitone® 8/18 Activ'Air®**
(peso 9,5 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0



Superficie forata: 15,5%
Sezione fori: $\varnothing$ 8 mm
Passo fori: 18 mm

Dimensioni in mm

Assorbimento acustico



Reazione al fuoco:
Euroclasse **A2-s1,d0**



Resistenza all'umidità:
RH 70



Resa estetica:
Il prodotto deve essere decorato in opera, dopo la finitura (riempimento) dei giunti



Sostenibilità/Qualità aria int.:
VOC: Classe A+
CAM | EPD | Activ'Air®

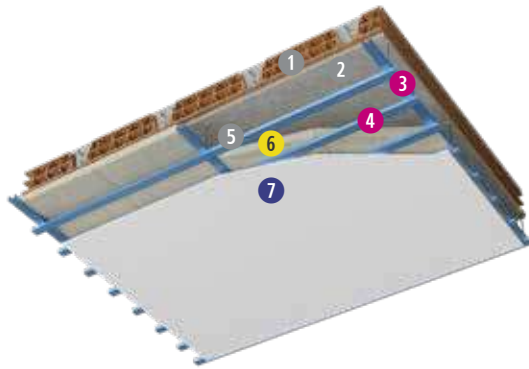
SOLUZIONE N. 182 | CONTROSOFFITTI CONTINUI IN GESSO RIVESTITO FORATO (FONOASSORBIMENTO) PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
	• Aule • Aree comuni		• Hall • Sale riunioni	• Uffici • Sale riunioni	

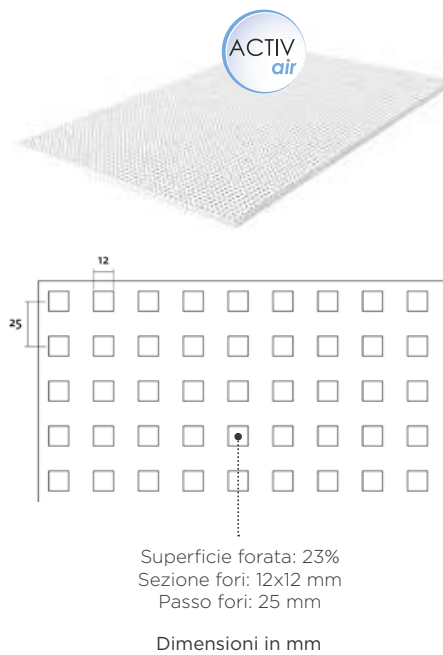
RIGITONE® 12/25 Q ACTIV'AIR®

Spessore: variabile | Peso: variabile

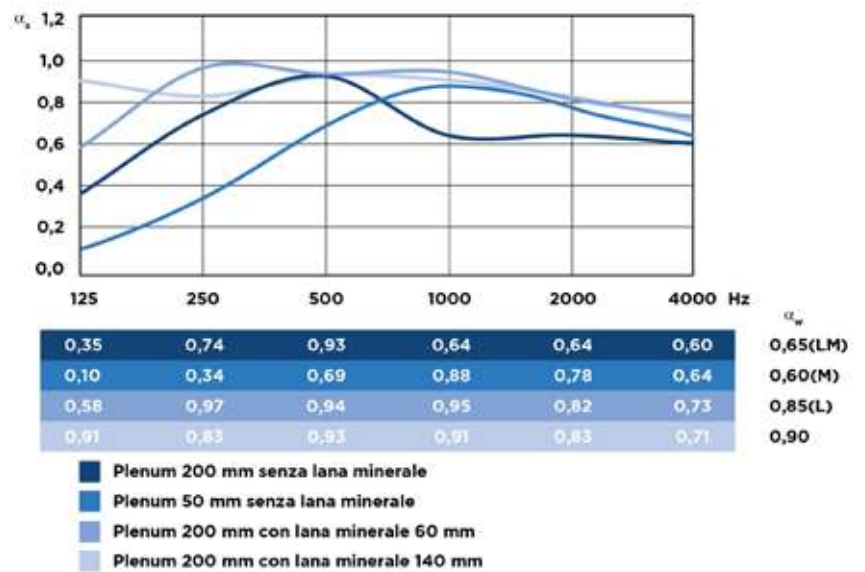
PRODOTTI UTILIZZATI



- 1 Solaio in latero cemento, sp. 160+40 mm
- 2 Plenum variabile
- 3 Profili a C Gyproc **Gyprofile 27/48**
sp. 0,6 mm, int. max 800 mm
- 4 Profili a C Gyproc **Gyprofile 27/48**
sp. 0,6 mm, int. max 300 mm
- 5 Sospensioni mediante pendini in acciaio $\varnothing$ 6 mm, int. max 1200 mm
- 6 Isolante in lana di vetro Isover **PAR 4+**
sp. 45/70 mm, reaz. al fuoco A1
- 7 1 lastra Gyproc **Rigitone® 12/25 Q Activ'Air®**
(peso 8 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0



Assorbimento acustico



Reazione al fuoco:
Euroclasse **A2-s1,d0**



Resistenza all'umidità:
RH 70



Resa estetica:
Il prodotto deve essere decorato in opera, dopo la finitura (riempimento) dei giunti



Sostenibilità/Qualità aria int.:
VOC: Classe A+
CAM | EPD | Activ'Air®

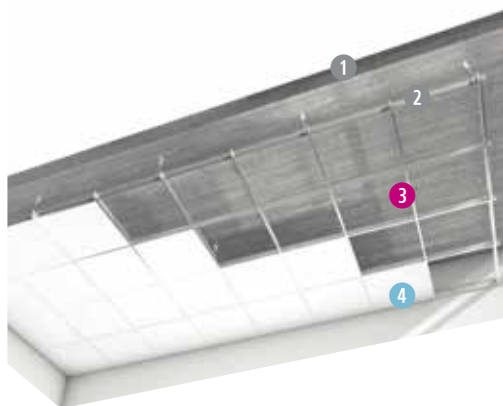
SOLUZIONE N. 183 | CONTROSOFFITTI MODULARI IN LANA DI ROCCIA (FONOASSORBIMENTO) PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
	• Aule • Sale riunioni			• Corridoi • Zone di passaggio	• Negozi • Magazzini

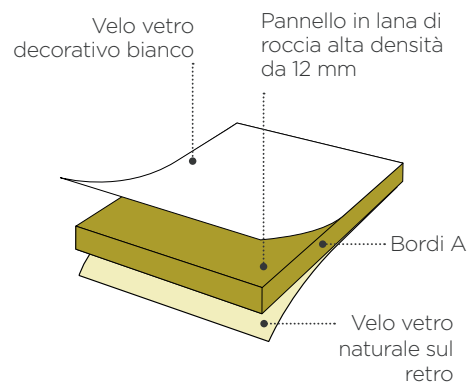
EUROCOUSTIC MINERVAL® A12

Spessore: 12 mm | Peso: variabile

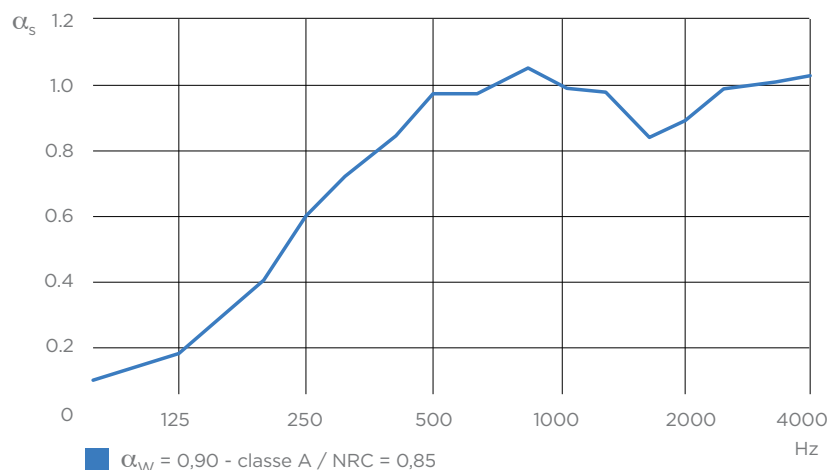
PRODOTTI UTILIZZATI



- 1 Solaio esistente
- 2 Intercapedine d'aria variabile
- 3 Struttura metallica di sostegno Gyproc **Linetec Plus T24**
da 24 mm, sezione a T rovescio in lamiera d'acciaio zincato da 0,4 mm di spessore, verniciato in colore bianco; tali profili realizzano una maglia modulare da 600 x 600 mm costituita da:
 - profilo portante int. max 1200 mm
 - profilo trasversale da 1200 mm perpendicolare al profilo primario, int. 600 mm
 - profilo trasversale da 600 mm perpendicolare al profilo trasversale precedente, int. 1200 mm
 - ganci di sospensione regolabili (distanza massima tra pendino e parete 600 mm) int. max. 1200 mm
- 4 Pannelli in lana di roccia Eurocoustic **Minerval® A 12**
dimensioni 600x600 mm, bordo A



Assorbimento acustico



Resistenza al fuoco: Risultati validi per pannelli 600x600: REI 120 I.G. e Fasc. Tecnico	Reazione al fuoco: Euroclasse A1	Assorbimento acustico: $\alpha_w = 0,90$	Luminosità: (colore bianco) Riflessione: coefficiente = 86%
Resistenza all'umidità: 100% - stabile a qualsiasi livello di umidità relativo dell'aria	Resa estetica: Velo vetro colore bianco - codice colore: 08	Sostenibilità/Qualità aria int.: VOC: Classe A+ CAM EPD	

SOLUZIONE N. 186 | CONTROSOFFITTI MODULARI IN LANA DI ROCCIA (FONOASSORBIMENTO) PER:

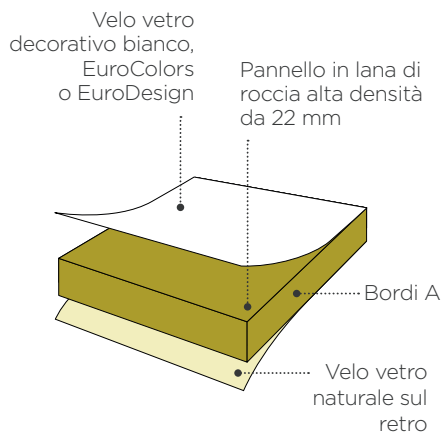
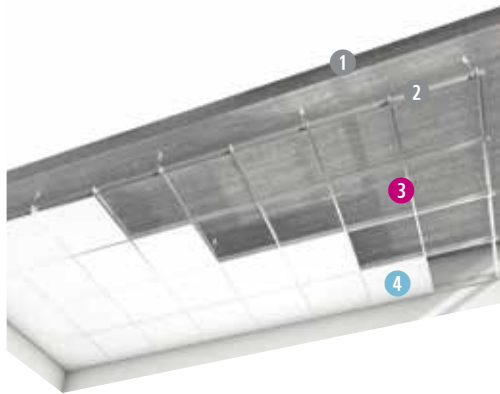
RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
	• Aule • Sale riunioni			• Corridoi • Zone di passaggio	• Mense • Ristoranti

EUROCOUSTIC TONGA® A22

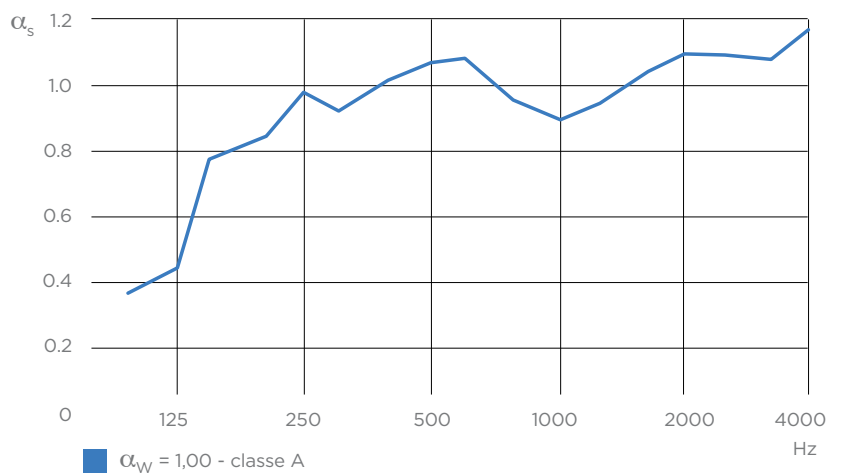
Spessore: 22 mm | Peso: variabile

PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Solaio esistente
- 2 Intercapedine d'aria variabile
- 3 Struttura metallica di sostegno Gyproc **Linetec Plus T24**
da 24 mm, sezione a T rovescio in lamiera d'acciaio zincato da 0,4 mm di spessore, verniciato in colore bianco; tali profili realizzano una maglia modulare da 600 x 600 mm costituita da:
 - profilo portante int. max 1200 mm
 - profilo trasversale da 1200 mm perpendicolare al profilo primario, int. 600 mm
 - profilo trasversale da 600 mm perpendicolare al profilo trasversale precedente, int. 1200 mm
 - ganci di sospensione regolabili (distanza massima tra pendino e parete 600 mm) int. max. 1200 mm
- 4 Pannelli in lana di roccia Eurocoustic **Tonga® A22**
dimensioni 600x600 mm, bordo A



Assorbimento acustico



Resistenza al fuoco:

Risultati validi per pannelli 600x600:

REI da 20 a 45 (solo pannello)

Norma: UNI EN 13381-1 | Certificato: Assessment Efectis

REI da 60 a 120 (pannello + Isover UNI sp. 80+80 mm)

Norma: UNI EN 13381-1 | Certificato: Assessment Efectis

REI 180-120 (secondo tipo di solaio)

Norma: UNI EN 1365-2 | Certificato: Ist. Giordano e Fasc. Tecnico



Reazione al fuoco:

Ai sensi della norma EN 13501-1:

▪ Euroclasse **A1** per il colore bianco

▪ Euroclasse **A2-s1,d0** per le finiture EuroColors e EuroDesign



Luminosità:

(colore bianco)

Riflessione: coefficiente > 87%



Resistenza all'umidità:

100% - stabile a qualsiasi livello di umidità relativo dell'aria



Resa estetica:

- Velo vetro colore bianco - codice colore: 09
- Eurocolors | Eurodesign



Sostenibilità/Qualità aria int.:

VOC: Classe A+

CAM | EPD

SOLUZIONE N. 189 | CONTROSOFFITTI MODULARI IN LANA DI ROCCIA (FONOASSORBIMENTO) PER:

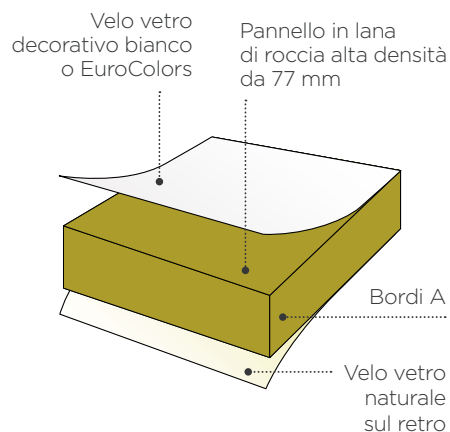
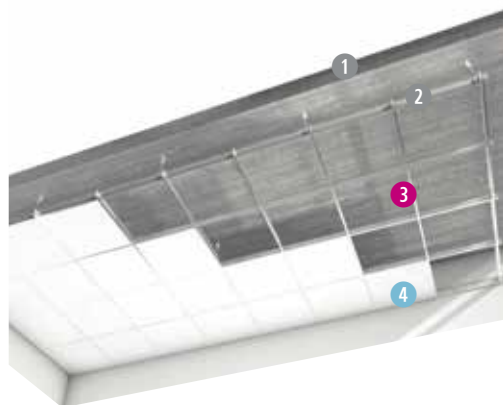
RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
				• Uffici • Sale riunioni	• Magazzini

EUROCOUSTIC TONGA® THERM A 80

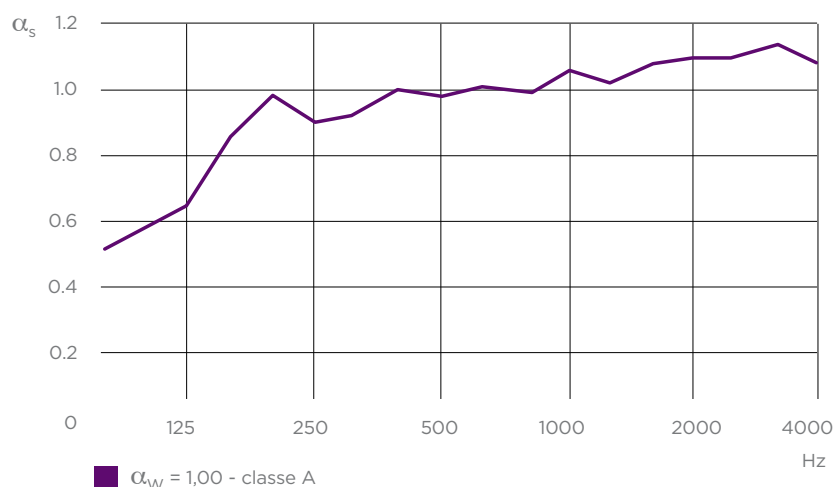
Spessore: 77 mm | Peso: variabile

PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Solaio esistente
- 2 Intercapedine d'aria variabile
- 3 Struttura metallica di sostegno Gyproc **Linetec Plus T24**
da 24 mm, sezione a T rovescio in lamiera d'acciaio zincato da 0,4 mm di spessore, verniciato in colore bianco; tali profili realizzano una maglia modulare da 600 x 600 mm costituita da:
- profilo portante int. max 1200 mm
- profilo trasversale da 1200 mm perpendicolare al profilo primario, int. max 600 mm
- profilo trasversale da 600 mm parallelo al profilo primario e perpendicolare al profilo trasversale da 1200 mm.
- ganci di sospensione regolabili (distanza massima tra pendino e parete 600 mm) int. max. 1200 mm
- 4 Pannelli in lana di roccia Eurocoustic **Tonga® Therm A 80**
dimensioni 600x600 mm, bordo A



Assorbimento acustico



Reazione al fuoco: ■ Euroclasse A1 per il colore bianco ■ Euroclasse A2-s1, d0 per le finiture EuroColors	Luminosità: Riflessione: coefficiente > 87%	Resistenza meccanica: Secondo norma EN 13964 - All. F: ■ Classe di esposizione C ■ Carico ammissibile 195 N/m² = 19,5 kg/m² (con carico distribuito)	Resistenza all'umidità: 100% - stabile a qualsiasi livello di umidità relativo dell'aria
Resistenza termica: Resistenza termica R = 2,20 m²K/W	Resa estetica: ■ Velo vetro colore bianco ■ Eurocolors	Sostenibilità/Qualità aria int.: VOC: Classe A+ CAM EPD	

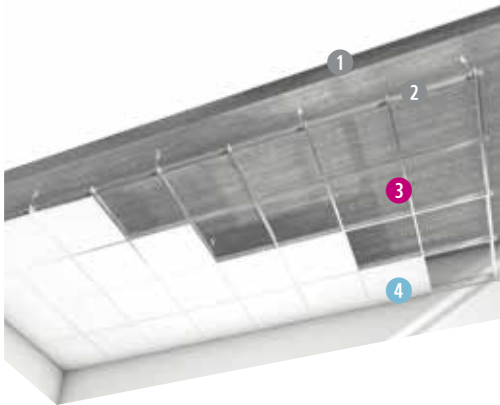
SOLUZIONE N. 190 | CONTROSOFFITTI MODULARI IN LANA DI ROCCIA (FONOASSORBIMENTO) PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
		• Locali sanitari • Camere bianche			

CLINI'SAFE® A 15

Spessore: 15 mm | Peso: variabile

PRODOTTI UTILIZZATI



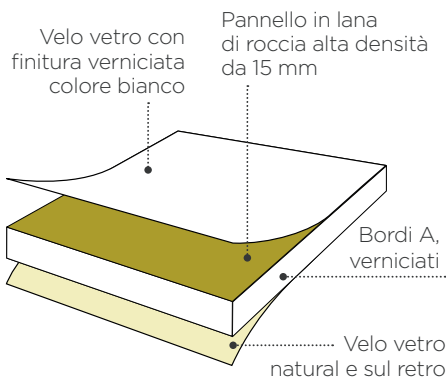
- 1 Solaio esistente
- 2 Intercapedine d'aria variabile
- 3 Struttura metallica di sostegno Gyproc **Linetec Plus T24**

da 24 mm, sezione a T rovescio in lamiera d'acciaio zincato da 0,4 mm di spessore, verniciato in colore bianco; tali profili realizzano una maglia modulare da 600 x 600 mm costituita da:

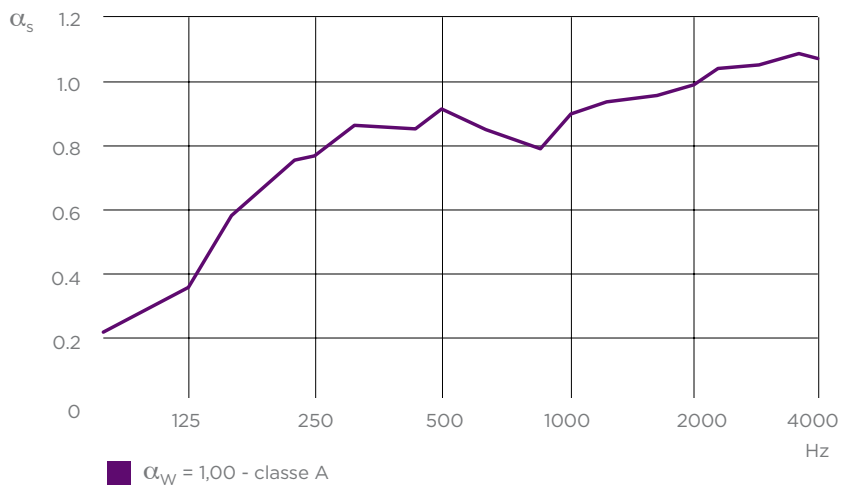
- profilo portante int. max 1200 mm
- profilo trasversale da 1200 mm perpendicolare al profilo primario, int. 600 mm
- profilo trasversale da 600 mm perpendicolare al profilo trasversale precedente, int. 1200 mm
- ganci di sospensione regolabili (distanza massima tra pendino e parete 600 mm) int. max. 1200 mm

- 4 Pannelli in lana di roccia Eurocoustic **Clini'Safe® A 15**

dimensioni 600x600 mm / 600x1200 mm, bordo A



Assorbimento acustico



Reazione al fuoco:
Euroclasse **A1**



Sostenibilità / Qualità aria int.:
VOC: Classe A+
CAM | EPD



Comportamento negli ambienti sanitari:

La norma francese NF S90- 351: 2013 regola la contaminazione trasmessa per via aerea in questi ambienti. Il prodotto risponde ai requisiti microbiologici delle zone di tipo 4 e 3, ossia:



Resistenza al fuoco:
REI 120 (pannello 600x600)
Certificato Ist. Giordano e Fasc. Tecnico



Controllo delle particelle nell'aria
ISO 4 secondo la norma ISO 14644-1



Resa estetica:
Velo vetro verniciato colore bianco



Luminosità:
Riflessione: coefficiente > 85%



Resistenza all'umidità:
100% - stabile a qualsiasi livello di umidità relativo dell'aria

Zona	Pulizia particellare dell'aria	Cinetica di eliminazione delle particelle	Pulizia microbiologica
4	ISO 5	CP5	M1
3	ISO 4	CP5	M10

SOLUZIONE N. 193 | CONTROSOFFITTI MODULARI IN LANA DI ROCCIA (FONOASSORBIMENTO) PER:

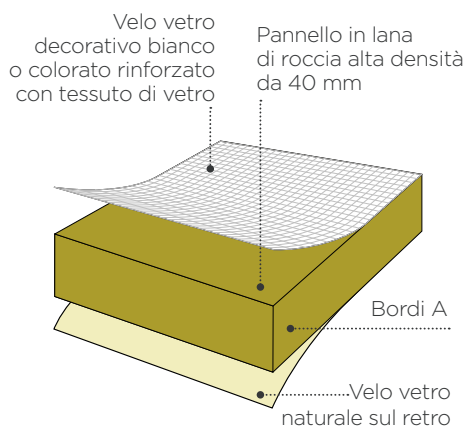
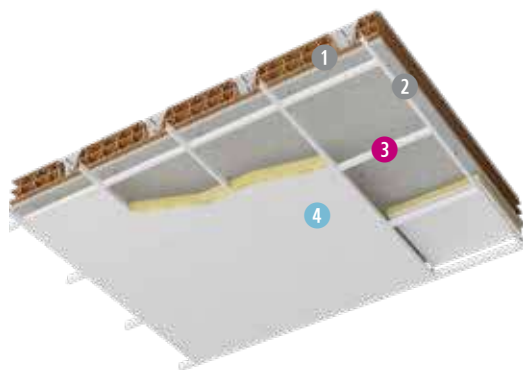
RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
	• Palestre • Ambienti sportivi				

EUROCOUSTIC ACOUSTICHOC® IMPACT 30

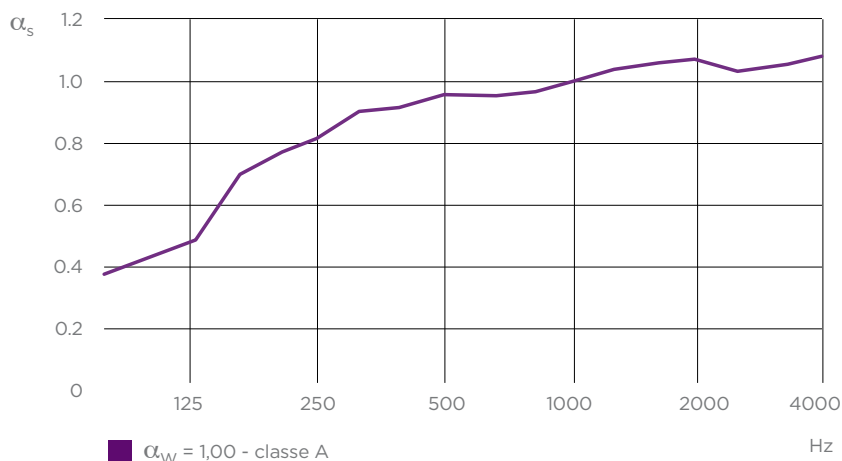
Spessore: 40 mm | Peso: variabile

PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Solaio esistente
- 2 Intercapedine d'aria variabile
- 3 Struttura metallica di sostegno Gyproc **Linetec Plus T24**
da 24 mm, sezione a T rovescio in lamiera d'acciaio zincato da 0,4 mm di spessore, verniciato in colore bianco; tali profili realizzano una maglia modulare da 600 x 600 mm costituita da:
 - profilo portante int. max 1200 mm
 - profilo trasversale da 1200 mm perpendicolare al profilo primario, int. max 600 mm
 - profilo trasversale da 600 mm parallelo al profilo primario e perpendicolare al profilo trasversale da 1200 mm.
 - ganci di sospensione regolabili (distanza massima tra pendino e parete 600 mm) int. max. 1200 mm
- 4 Pannelli in lana di roccia Eurocoustic **Acoustichoc® Impact 30**
dimensioni 600x1200 mm / 1000x1500 mm, bordo A



Assorbimento acustico



Reazione al fuoco:

- Euroclasse **A1** per le finiture colorate
- Euroclasse **A2-s1,d0** per il colore bianco



Resistenza all'umidità:

100% - stabile a qualsiasi livello di umidità relativo dell'aria



Resistenza agli urti:

Resiste ad urti importanti:

- Classe 2A secondo il metodo del ball test (norma EN 13964 - allegato D), certificata dal laboratorio tedesco MFPA Leipzig GmbH. Per il rapporto di prova contattare il nostro uff. tecnico.
- Resiste senza danni a oltre 36 lanci di palla dura a una velocità di 30 km/h.



Resa estetica:

Velo vetro rinforzato da tessuto di vetro, disponibile in 6 colori.



Sostenibilità/Qualità aria int.:

VOC: Classe A+ CAM | EPD

SOLUZIONE N. 194 | CONTROSOFFITTI MODULARI IN LANA DI ROCCIA (FONOASSORBIMENTO) PER:

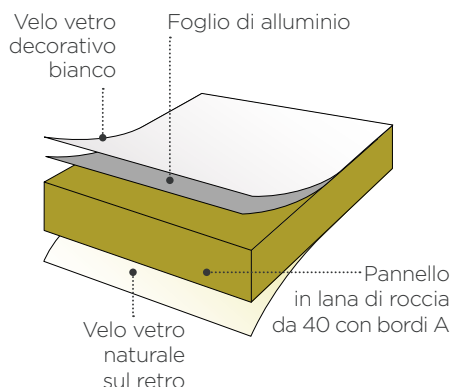
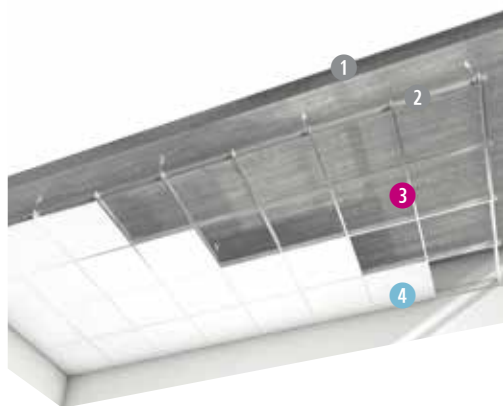
RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
		• Corridoi			

EUROCOUSTIC ALIZÉ® A 40

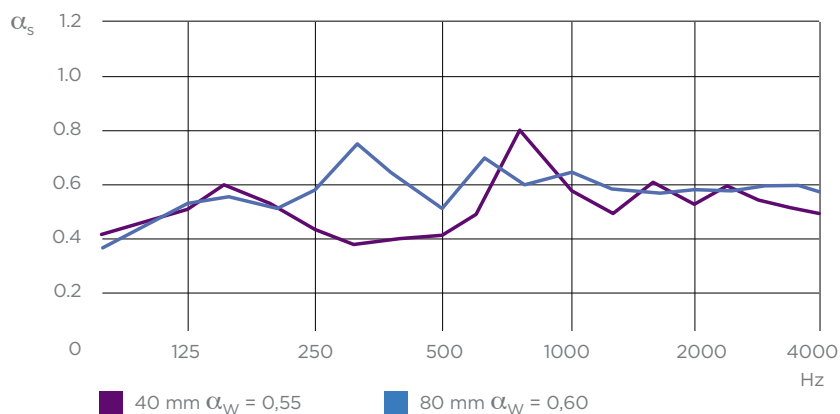
Spessore: 40 mm | Peso: variabile

PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Solaio esistente
- 2 Intercapedine d'aria variabile
- 3 Struttura metallica di sostegno Gyproc **Linetec Plus T24**
da 24 mm, sezione a T rovescio in lamiera d'acciaio zincato da 0,4 mm di spessore, verniciato in colore bianco; tali profili realizzano una maglia modulare da 600 x 600 mm costituita da:
- profilo portante int. max 1200 mm
- profilo trasversale da 1200 mm perpendicolare al profilo primario, int. max 600 mm
- profilo trasversale da 600 mm parallelo al profilo primario e perpendicolare al profilo trasversale da 1200 mm.
- ganci di sospensione regolabili (distanza massima tra pendino e parete 600 mm) int. max. 1200 mm
- 4 Pannelli in lana di roccia Eurocoustic **Alizé® A 40**
dimensioni 600x600 mm / 600x1200 mm, bordo A



Assorbimento acustico



Reazione al fuoco:
Euroclasse **A1**



Resistenza al fuoco
Risultati validi per pannelli 600x600, spess. 40 mm:
REI da 20 a 45 (solo pannello)
Norma: rif. UNI EN 13381-1 | Certificati: Assessment Efectis
REI da 60 a 120 (pannello + Isover UNI sp. 80+80 mm)
Norma: rif. UNI EN 13381-1 | Certificati: Assessment Efectis
REI 120
Norma: rif. UNI EN 1365-2 | Certificati: Ist. Giordano e Fasc. Tecnico



Luminosità:
Riflessione: coefficiente **> 81%**



Resa estetica:
Velo vetro colore bianco -
Codice colore: 94



Attenuazione laterale:
Il controsoffitto Alizé® offre ottimi valori di isolamento acustico (attenuazione laterale) $D_{n,lw}$ tra due locali adiacenti. Questi valori possono essere ulteriormente migliorati inserendo nel plenum il setto acustico Acoustipan®
Spessore 40 mm - $D_{n,lw}$ (C;Ctr) = **38 dB (-2, -8)**
Spessore 40 mm - Setto acustico: + Acoustipan® - $D_{n,lw}$ (C;Ctr) = **48 dB (-2, -8)**



Resistenza termica:
Spessore 40 mm
R = 1,10 m²K/W



Sostenibilità/Qualità aria int.:
VOC: Classe A+ CAM | EPD

SOLUZIONE N. 200 | CONTROSOFFITTI MODULARI (FONOASSORBIMENTO) PER:

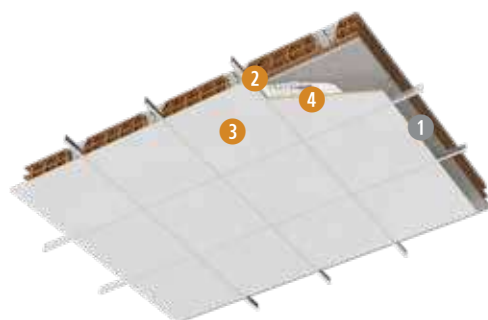
RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
	- Aule - Sale riunioni			- Openspace - Sale riunioni	- Locali - Hall

ECOPHON GEDINA™ A + EXTRA BASS

Spessore: variabile | Peso: variabile

PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Intercapedine d'aria variabile
- 2 Struttura metallica di sostegno Ecophon **Connect T24** o **T15**
da 24 mm o 15 mm, sezione a T rovescio in lamiera d'acciaio zincato da 0,4 mm di spessore, verniciato in colore bianco; tali profili realizzano una maglia modulare costituita da:
 - profilo portante int. 1200 mm
 - profilo trasversale da 1200 mm perpendicolare al profilo primario, int. 600 mm
 - profilo trasversale da 600 mm perpendicolare al profilo trasversale precedente, int. 600 mm
 - ganci di sospensione regolabili (distanza massima tra pendino e parete 600 mm) int. max. 1200 mm
- 3 Pannello in lana di vetro Ecophon **Gedina™ A** (bordo A)
sp. 15 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
- 4 Pannello in lana di vetro Ecophon **Extra Bass**, sp. 50 mm



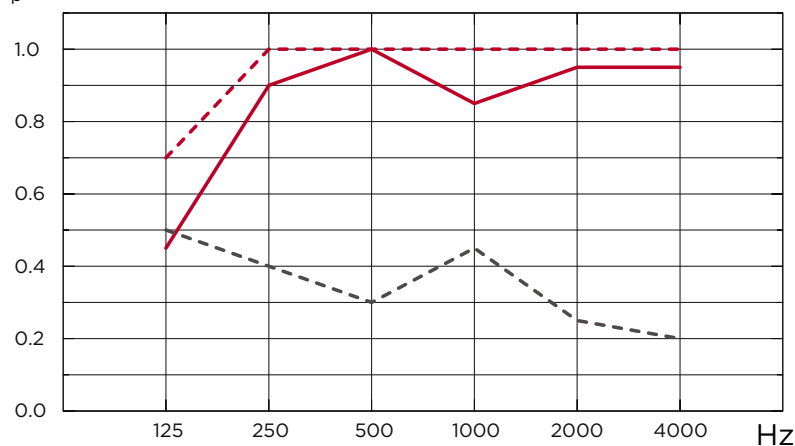
Modulo (mm)	600x600 1200x600
-------------	---------------------



Gedina™ A + Extra Bass

Assorbimento acustico

α_p , Coefficiente pratico di assorbimento acustico



- Gedina™ A 15 mm, 200 mm o.d.s.
 - - Gedina™ A 15 mm + Extra Bass 50 mm, 200 mm o.d.s.
 - - Gedina™ A/gamma 15 mm, 200 mm o.d.s.
- o.d.s = overall depth of system (profondità totale del sistema)

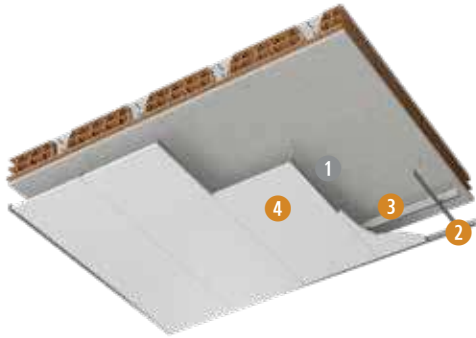
Reazione al fuoco: A2-s1,d0	Impronta ambientale: Kg CO ₂ equiv/m ² : 3,53 In accordo con gli EPD	Ambienti umidi: Testato per la classe C, umidità relativa 95% a 30°C, in accordo con EN 13964:2014	Resa estetica: White 500, campione colore NCS più vicino S 0500N, 84% di riflessione della luce
Sostenibilità/Qualità aria int.: VOC: Classe A+ M1 CAM EPD			

SOLUZIONE N. 201 | CONTROSOFFITTI MODULARI (FONOASSORBIMENTO) PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
			• Camere • Corridoi • Hall ingresso	• Openspace • Sale riunioni	• Locali • Hall

ECOPHON FOCUS™ DS

Spessore: 20 mm | Peso: variabile



PRODOTTI UTILIZZATI

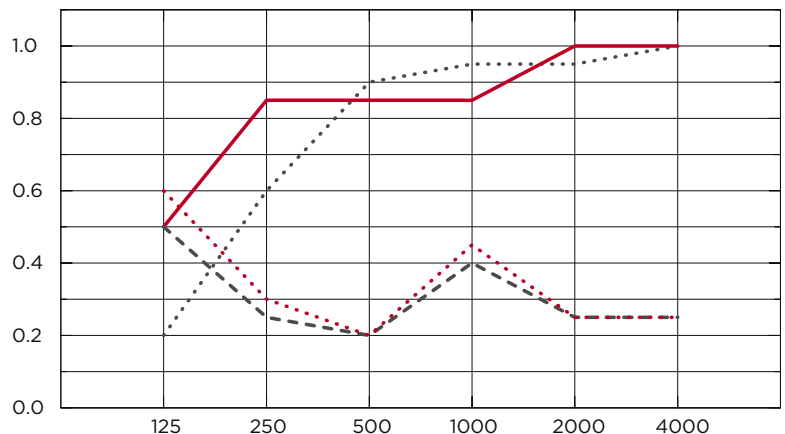
- 1 Intercapedine d'aria variabile
- 2 Struttura metallica di sostegno Ecophon **Connect T24**
da 24 mm, sezione a T rovescio in lamiera d'acciaio zincato da 0,4 mm di spessore, verniciato in colore bianco; tali profili realizzano una maglia modulare costituita da:
- profilo portante int. 600 mm
- profilo trasversale da 600 mm perpendicolare al profilo primario, int. 600 mm
- ganci di sospensione regolabili (distanza massima tra pendino e parete 600 mm) int. max. 1200 mm
- 3 Profilo Ecophon **Connect Space Bar**, int. 1500 mm
- 4 Pannello in lana di vetro Ecophon **Focus™ DS** (bordo DS)
sp. 20 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0

Modulo (mm)

600x600
1200x600
1200x1200
1600x600 XL
1800x600 XL
2000x600 XL
2400x600 XL

Assorbimento acustico

α_p , Coefficiente pratico di assorbimento acustico



- Focus™ Ds 20 mm, 65 mm o.d.s.
 - Focus™ Ds 20 mm, 200 mm o.d.s.
 - - - Focus™ Ds gamma 20 mm, 200 mm o.d.s.
 - Focus™ Ds gamma 20 mm + Extra Bass 50 mm, 200 mm o.d.s.
- o.d.s. = overall depth of system (profondità totale del sistema)

Focus™ Ds con Connect T24 Main runner HD

Sp. mm	AC(1.5) Classe di Articolazione, ASTM E1111, ASTM E1110	D _{nfw} Attenuazione acustica laterale, ISO 10848-2	CAC dB Classe di Attenuazione del controsoffitto, ASTM 1414, ASTM E413
20	180	24	25



Reazione al fuoco:
A2-s1,d0



Impronta ambientale:
Kg CO₂ equiv/m²: 3,13
In accordo con gli EPD



Ambienti umidi:
Testato per la classe A, umidità
relativa 70% a 25 °C, in accor-
do con la EN 13964: 2014



Resa estetica: White Frost,
campione di colore NCS più
vicino S 0500-N, 85% di rifles-
sione della luce. Gloss <1



Sostenibilità/Qualità aria int.:
VOC: Classe A+ | M1
CAM | EPD

SOLUZIONE N. 203 | CONTROSOFFITTI MODULARI (FONOASSORBIMENTO) PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
			• Camere • Corridoi • Hall ingresso	• Openspace • Sale riunioni • Corridoi	• Locali • Hall

ECOPHON FOCUS™ B

Spessore: 20 mm | Peso: variabile

PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Colla Ecophon **Connect Absorber**
- 2 Pannello in lana di vetro Ecophon **Focus™ B** (bordo B)
sp. 20 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0



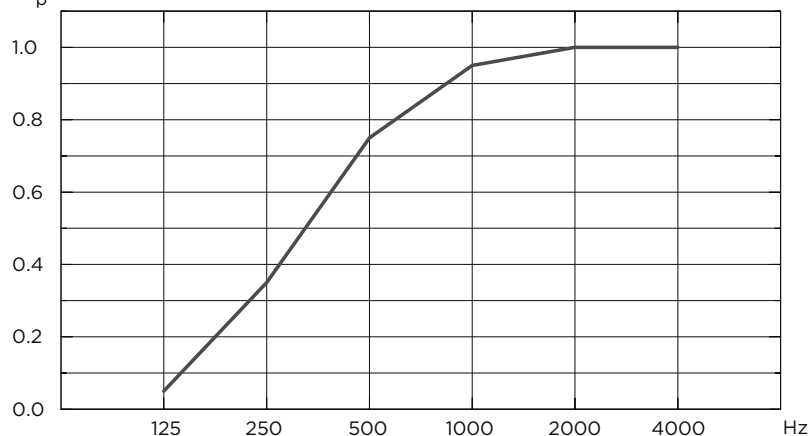
Modulo (mm) 600x600



Focus™ B

Assorbimento acustico

α_p , Coefficiente pratico di assorbimento acustico



— Focus™ B 20 mm, 20 mm o.d.s.

o.d.s. = overall depth of system (profondità totale del sistema)

Reazione al fuoco: A2-s1,d0	Impronta ambientale: Kg CO ₂ equiv/m ² : 4,10 In accordo con gli EPD	Ambienti umidi: Testato per la classe A, umidità relativa 70% a 25 °C, in accordo con la EN 13964: 2014	Resa estetica: White Frost, campione di colore NCS più vicino S 0500-N, 85% di riflessione della luce. Gloss <1
Sostenibilità /Qualità aria int.: VOC: Classe A+ M1 CAM EPD			

SOLUZIONE N. 210 | CONTROSOFFITTI MODULARI (FONOASSORBIMENTO) PER:

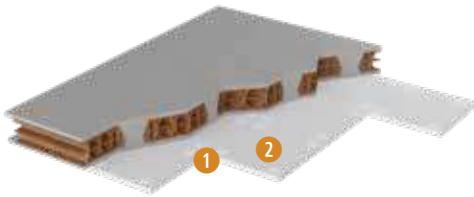
RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
			• Camere • Corridoi • Hall ingresso	• Openspace • Sale riunioni • Corridoi	• Locali • Hall

ECOPHON MASTER™ SQ

Spessore: 20 mm | Peso: variabile

PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Colla Ecophon **Connect Absorber**
- 2 Pannello in lana di vetro Ecophon **Master™ SQ** (bordo A)
sp. 40 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0



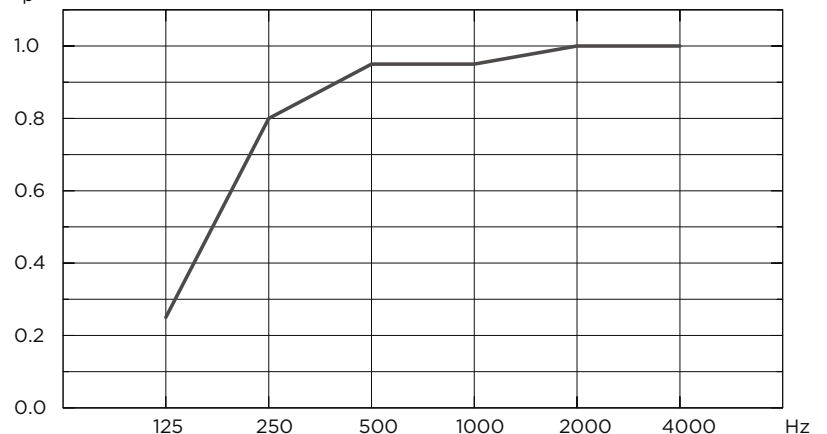
Modulo (mm)	600x600 1200x600
-------------	---------------------



Master™ SQ

Assorbimento acustico

α_p , Coefficiente pratico di assorbimento acustico



— Master™ SQ 40 mm, 43 mm o.d.s.

o.d.s = overall depth of system (profondità totale del sistema)



Reazione al fuoco:
A2-s1,d0



Impronta ambientale:
Kg CO₂ equiv/m²: 7,20
In accordo con gli EPD



Ambienti umidi:
Testato per la classe A, umidità relativa 70% a 25 °C, in accordo con la EN 13964: 2014



Resa estetica: White Frost, campione di colore NCS più vicino S 0500-N, 85% di riflessione della luce. Gloss <1



Sostenibilità/Qualità aria int.:
VOC: Classe A+ | M1
CAM | EPD

SOLUZIONE N. 211 | CONTROSOFFITTI MODULARI (FONOASSORBIMENTO) PER:

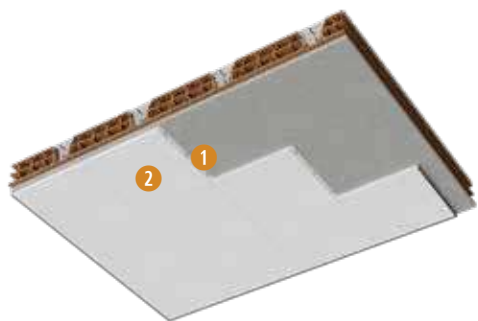
RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
	• Aule • Biblioteca		• Camere • Corridoi • Hall ingresso	• Openspace • Sale riunioni • Corridoi	• Locali-negozi • Hall

ECOPHON MASTER™ F

Spessore: 40 mm | Peso: variabile

PRODOTTI UTILIZZATI

- Struttura di sostegno Ecophon costituita da:
 - accessorio da usare solo con soletta in cemento Ecophon **Connect Direct Fixing Plate F 0152**, int. 600 mm
 - linguetta in plastica di unione tra i pannelli Ecophon **Connect Spline F**, int. 600 mm
- Pannello in lana di vetro Ecophon **Master™ F** (bordo F)
 - sp. 40 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0



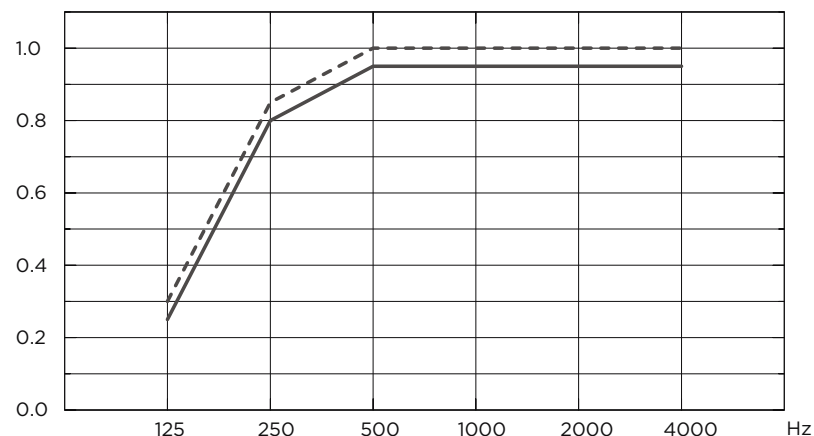
Modulo (mm)	600x600 1200x600
-------------	---------------------



Master™ F maschio e femmina

Assorbimento acustico

α_p , Coefficiente pratico di assorbimento acustico



— Master™ F 40 mm, 40 mm o.d.s.

- - Master™ F 40 mm, 60 mm o.d.s.

o.d.s = overall depth of system (profondità totale del sistema)



Reazione al fuoco:
A2-s1,d0



Impronta ambientale:
Kg CO₂ equiv/m²: 7,30
In accordo con gli EPD



Ambienti umidi:
Testato per la classe A, umidità relativa 70% a 25 °C, in accordo con la EN 13964: 2014



Resa estetica: White Frost, campione di colore NCS più vicino S 0500-N, 85% di riflessione della luce. Gloss <1



Sostenibilità/Qualità aria int.:
VOC: Classe A+ | M1
CAM | EPD

SOLUZIONE N. 216 | CONTROSOFFITTI MODULARI (FONOASSORBIMENTO) PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
	• Palestra				

ECOPHON SUPER G™ PLUS A

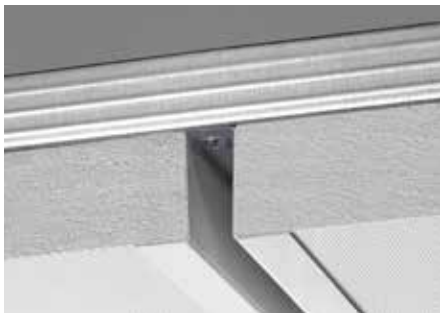
Spessore: 40 mm | Peso: variabile



PRODOTTI UTILIZZATI

- Struttura metallica di sostegno Ecophon costituita da:
 - profilo Ecophon **Connect Recessed Profile Plus 0358**, int. 600 mm
 - profilo Ecophon **Connect Recessed Profile Plus 0359**, int. 1200 mm perpendicolare al profilo primario
- Pannello in lana di vetro Ecophon **Super G™ Plus A** (bordo A)
sp. 40 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0

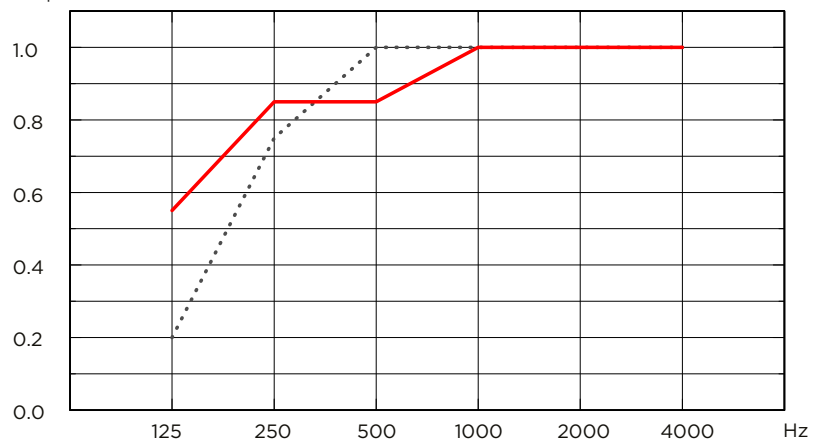
Modulo (mm) 1200x600



Super G™ Plus A ad installazione sospesa

Assorbimento acustico

α_p , Coefficiente pratico di assorbimento acustico



..... Super G™ Plus A 40 mm, 40 mm o.d.s.

— Super G™ Plus A 40 mm, 200 mm o.d.s.

o.d.s. = overall depth of system (profondità totale del sistema)



Reazione al fuoco:
A2-s1,d0



Resistenza agli urti:
Classe 1A. Secondo la norma EN 13964 allegato D, soddisfa i requisiti alla norma DIN 18032 parte 3



Ambienti umidi:
Testato per la classe C, umidità relativa 95% a 30 °C, in accordo con la EN 13964: 2014



Resa estetica: Bianco 085. campione di colore NCS più prossimo S 1002-Y. Riflettanza 78%



Sostenibilità /Qualità aria int.:
VOC: Classe A+ | M1 | Eurofins GOLD CAM | EPD

SOLUZIONE N. 221 | CONTROSOFFITTI MODULARI (FONOASSORBIMENTO) PER:

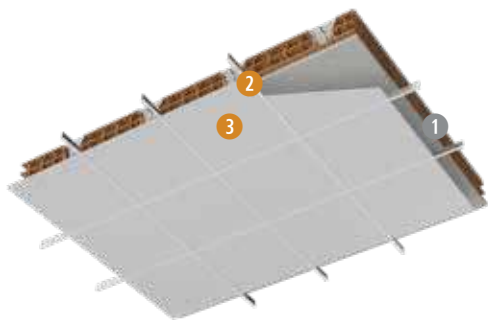
RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
		• Camere degenza • Corridoi			

ECOPHON HYGIENE CLINIC™ A

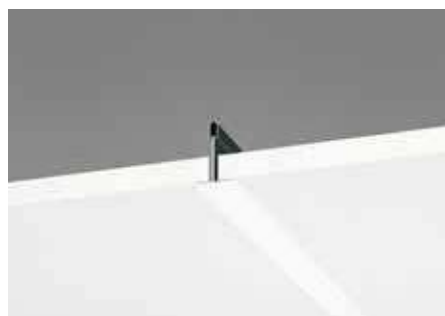
Spessore: 15 mm | Peso: variabile

PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Intercapedine d'aria variabile
- 2 Struttura metallica di sostegno Ecophon **Connect T24**
da 24 mm, sezione a T rovescio in lamiera d'acciaio zincato da 0,4 mm di spessore, verniciato in colore bianco; tali profili realizzano una maglia modulare costituita da:
 - profilo portante int. 1200 mm
 - profilo trasversale da 1200 mm perpendicolare al profilo primario, int. 600 mm
 - profilo trasversale da 600 mm perpendicolare al profilo trasversale precedente, int. 600 mm
 - ganci di sospensione regolabili (distanza massima tra pendino e parete 600 mm) int. max. 1200 mm
- 3 Pannello in lana di vetro Ecophon **Hygiene Clinic™ A** (bordo A)
sp. 15 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0



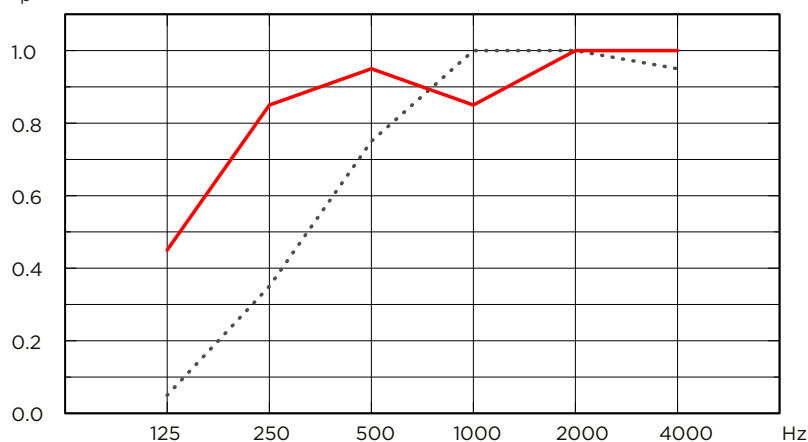
Modulo (mm)	600x600
	1200x600



Hygiene Clinic™ A

Assorbimento acustico

α_p , Coefficiente pratico di assorbimento acustico



..... Hygiene Clinic™ A 15 mm, 50 mm o.d.s.

— Hygiene Clinic™ A 15 mm, 200 mm o.d.s.

o.d.s = overall depth of system (profondità totale del sistema)

Reazione al fuoco: A2-s1,d0	Impronta ambientale: Kg CO ₂ equiv/m ² : 2,6 In accordo con gli EPD	Ambienti umidi: Testato per la classe C, umidità relativa 95% a 30 °C, in accordo con la EN 13964: 2014	Resa estetica: White 500, campione di colore NCS più vicino S 0500-N, 84% di riflessione della luce
Pulizia e manutenzione: Resiste all'uso di vapore di perossido di idrogeno	Resistenza batterica e muffe: ISO 846 A ISO 846 C	Ambiente pulito: ISO 14644 - Classe di pulibilità delle particelle - Classe: ISO 4 NF S 90-351 - Classe microbiologica - Classe: M1/area 4 NF S 90-351 - Cinetica di eliminazione delle particelle - Classe: CP(0,5) 5	
Sostenibilità/Qualità aria int.: VOC: Classe A+ M1 CAM EPD			

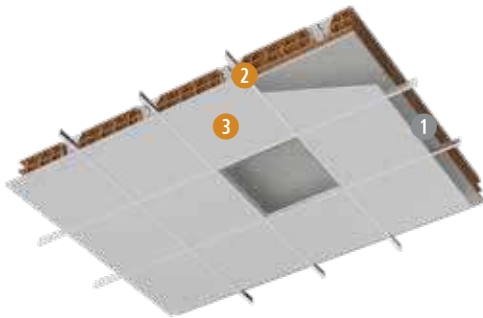
SOLUZIONE N. 222 | CONTROSOFFITTI MODULARI (FONOASSORBIMENTO) PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
		• Camere degenza • Corridoi • Reception			• Mensa • Ristorante

ECOPHON HYGIENE MEDITEC™ A

Spessore: 15 mm | Peso: variabile

PRODOTTI UTILIZZATI



- 1 Intercapedine d'aria variabile
- 2 Struttura metallica di sostegno Ecophon **Connect T24**
da 24 mm, sezione a T rovescio in lamiera d'acciaio zincato da 0,4 mm di spessore, verniciato in colore bianco; tali profili realizzano una maglia modulare costituita da:
 - profilo portante int. 1200 mm
 - profilo trasversale da 1200 mm perpendicolare al profilo primario, int. 600 mm
 - profilo trasversale da 600 mm perpendicolare al profilo trasversale precedente, int. 600 mm
 - clip antisollevamento Ecophon Connect Universal Clip
 - ganci di sospensione regolabili (distanza massima tra pendino e parete 600 mm) int. max. 1200 mm
- 3 Pannello in lana di vetro Ecophon **Hygiene Meditec™ A** (bordo A)
sp. 15 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0

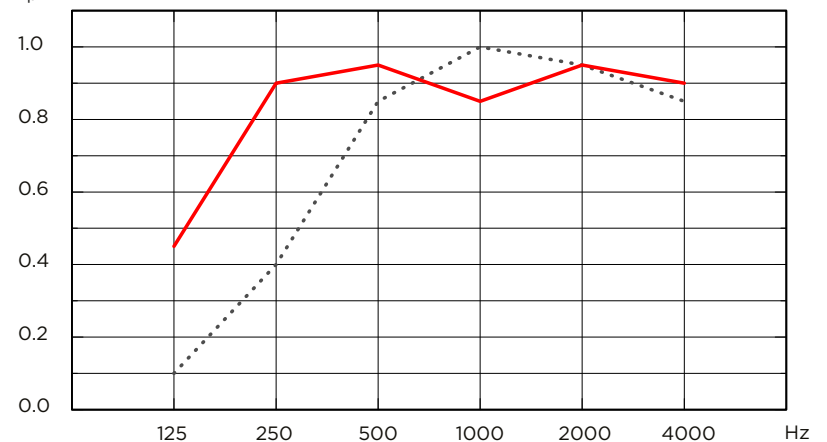
Modulo (mm)	600x600 1200x600
--------------------	---------------------



Hygiene Meditec™ A C1 con Connect Universal clip

Assorbimento acustico

α_p , Coefficiente pratico di assorbimento acustico



..... Hygiene Meditec™ A 15 mm, 50 mm o.d.s.

— Hygiene Meditec™ A 15 mm, 200 mm o.d.s.

o.d.s = overall depth of system (profondità totale del sistema)

Reazione al fuoco: A2-s1,d0	Impronta ambientale: Kg CO ₂ equiv/m ² : 2,7 In accordo con gli EPD.	Ambienti umidi: Testato per la classe C, umidità relativa 95% a 30 °C, in accordo con la EN 13964: 2014	Resistenza superficiale: Prodotto testato in accordo con la ISO 11998, resiste a 200 cicli
Pulizia e manutenzione: Resiste all'uso di vapore di perossido di idrogeno	Resistenza chimica/disinfezione: Testato in accordo con la ISO 11998 e resistente a disinfettanti e prodotti chimici	Ambiente pulito: ISO 14644 - Classe di pulibilità delle particelle - Classe: ISO 4 NF S 90-351 - Classe microbiologica - Classe: M1/area 4 NF S 90-351 - Cinetica di eliminazione delle particelle - Classe: CP(0,5) 5	
Resistenza batterica e muffe: ISO 846 A ISO 846 C	Sostenibilità/Qualità aria int.: VOC: Classe A+ M1 CAM EPD		

SOLUZIONE N. 229 | CONTROSOFFITTI MODULARI (FONOASSORBIMENTO) PER:

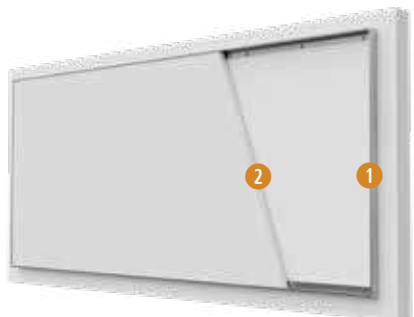
RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
		Corridoi, stanze pazienti, laboratori, sale operatorie, camere bianche			

ECOPHON HYGIENE PERFORMANCE™ CARE WALL

Spessore: 40 mm | Peso: variabile

PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Cornice Ecophon **Connect Thinline**
- 2 Pannello in lana di vetro Ecophon **Hygiene Performance™ Care Wall** (bordo A)
sp. 40 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0



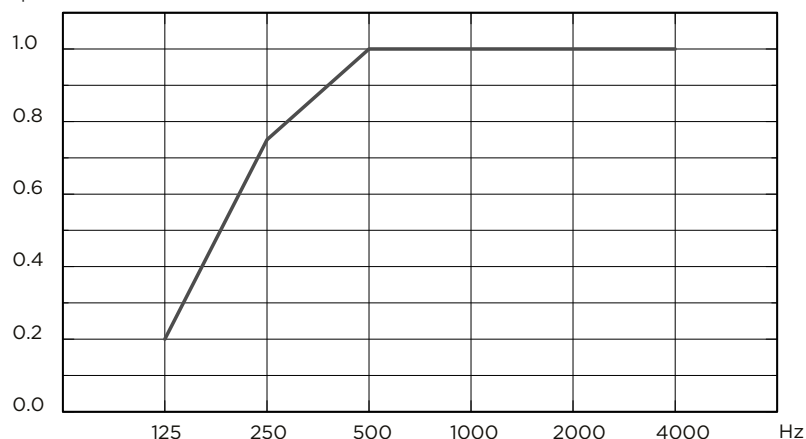
Modulo (mm) 2700x1200



Hygiene Performance™ Care Wall system with Connect Thinline profiles

Assorbimento acustico

α_p , Coefficiente pratico di assorbimento acustico



— Hygiene Performance™ Care Wall 40 mm, 50 mm o.d.s.
o.d.s = overall depth of system (profondità totale del sistema)

Reazione al fuoco: A2-s1,d0	Impronta ambientale: Kg CO ₂ equiv/m ² : 2,21 In accordo con gli EPD	Ambienti umidi: Testato per la classe C, umidità relativa 95% a 30 °C, in accordo con la EN 13964: 2014	Resistenza superficiale: Prodotto testato in accordo con la ISO 11998, resiste a 200 cicli
Pulizia e manutenzione: Pulizia a vapore. Resiste all'uso di vapore di perossido di idrogeno	Resistenza chimica/disinfezione: Testato in accordo con la ISO 11998 e resistente a disinfettanti e prodotti chimici	Ambiente pulito: ISO 14644 - Classe di pulibilità delle particelle - Classe: ISO 4 NF S 90-351 - Classe microbiologica - Classe: M1/area 4 NF S 90-351 - Cinetica di eliminazione delle particelle - Classe: CP(0,5) 5	
Resistenza batterica e muffe: ISO 846 A ISO 846 C	Sostenibilità/Qualità aria int.: VOC: Classe A+ M1 CAM EPD		

SOLUZIONE N. 237 - 238 | ISOLE-BAFFLE (FONOASSORBIMENTO) PER:

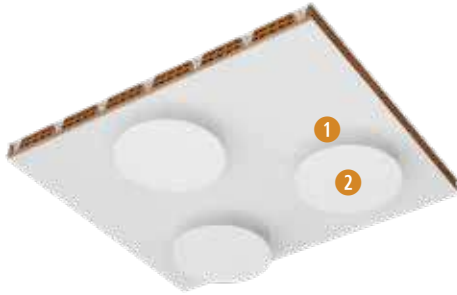
RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
			• Hall ingresso	• Stanze, hall, corridoi, sale riunioni	• Locali-negozi • Hall

ECOPHON SOLO™ CIRCLE

Spessore: 40 mm | Peso: variabile

PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Sistema di sospensione Ecophon **Connect**
- 2 Pannello in lana di vetro Ecophon **Solo™ Circle** (bordo A)
sp. 40 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0



Modulo (mm)	Ø 800
	Ø 1200

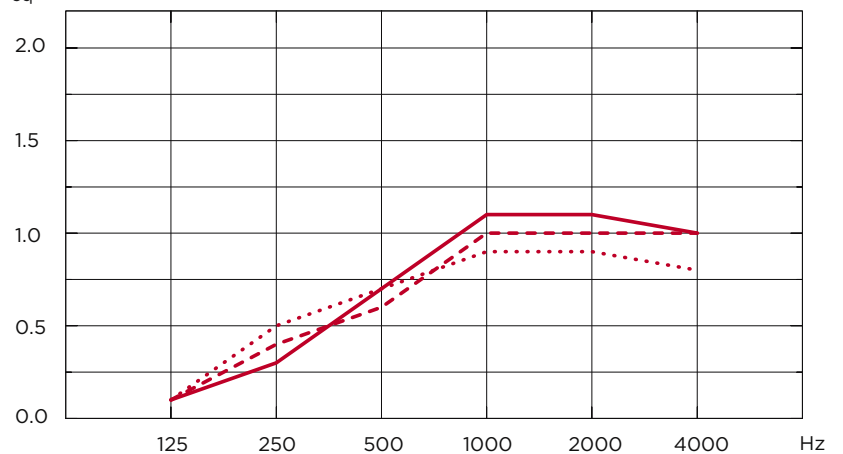


Solo™ Circle

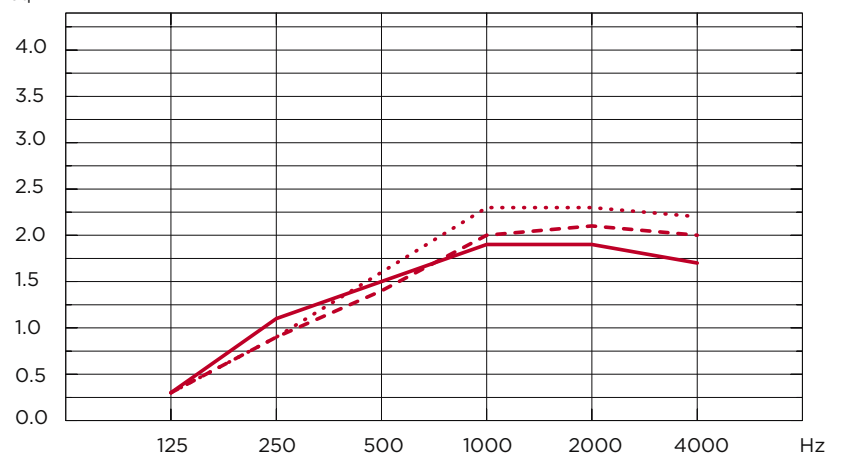
- Solo™ Circle Ø800, 200 mm o.d.s.
 - - - Solo™ Circle Ø800, 400 mm o.d.s.
 - ... Solo™ Circle Ø800, 1000 mm o.d.s.
- o.d.s = overall depth of system
(profondità totale del sistema)

Assorbimento acustico

A_{eq} , area di assorbimento equivalente per unità (m^2 sabin)



A_{eq} , area di assorbimento equivalente per unità (m^2 sabin)



Reazione al fuoco:
A2-s1,d0

Impronta ambientale:
Kg CO₂ equiv/m²: 5,21
In accordo con gli EPD

Ambienti umidi:
Testato per la classe A, umidità
relativa 70% a 25 °C, in accordo
con la EN 13964: 2014

Resa estetica: White Frost,
campione di colore NCS più
vicino S 0500-N, 85% di rifles-
sione della luce. Gloss <1

Sostenibilità/Qualità aria int.:
VOC: Classe A+ | M1
CAM | EPD

SOLUZIONE N. 241 | ISOLE-BAFFLE (FONOASSORBIMENTO) PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
			• Hall	• Stanze, hall, corridoi	• Locali-negozi • Hall

ECOPHON SOLO™ BAFFLE

Spessore: 40 mm | Peso: variabile

PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Sistema di sospensione Ecophon **Connect**
- 2 Pannello in lana di vetro Ecophon **Solo™ Baffle** (bordo A)
sp. 40 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0



Modulo (mm)	1200x200
	1200x300
	1200x600
	1800x200
	1800x300
	1800x600



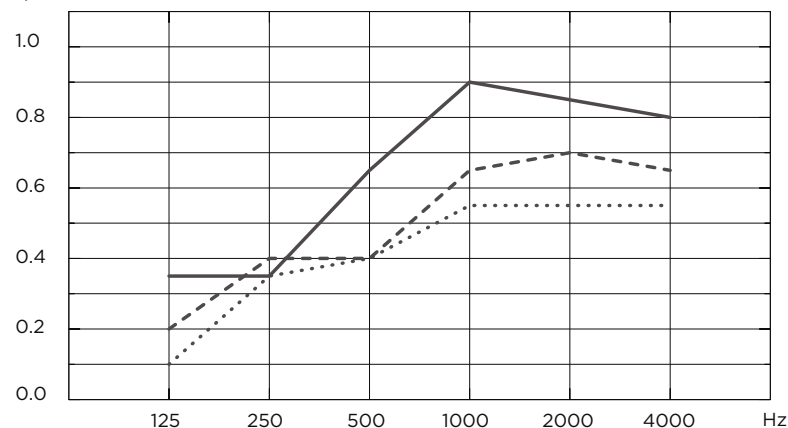
- Solo™ Baffle 1200/1800x200, spacing 600mm, direct mounting
 - Solo™ Baffle 1200/1800x300, spacing 600mm, direct mounting
 - Solo™ Baffle 1200/1800x600, spacing 600mm, direct mounting
- o.d.s = overall depth of system (profondità totale del sistema)

- Solo™ Baffle 1200x200
- Solo™ Baffle 1200x300
- Solo™ Baffle 1200x600
- Solo™ Baffle 1800x200
- Solo™ Baffle 1800x300
- Solo™ Baffle 1800x600

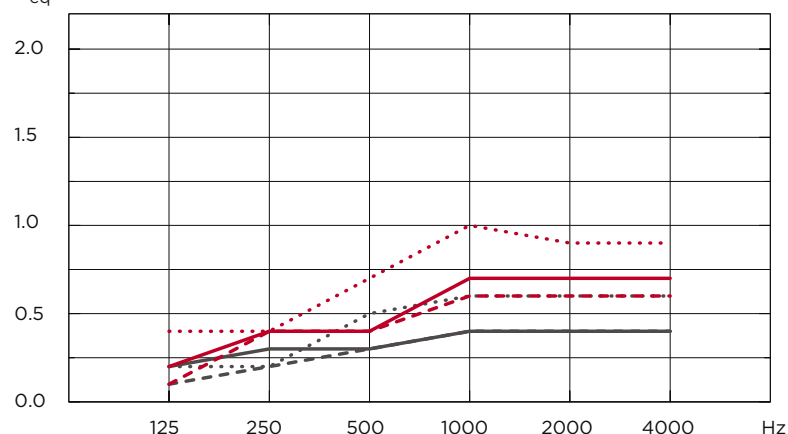
o.d.s = overall depth of system (profondità totale del sistema)

Assorbimento acustico

α_p , Coefficiente pratico di assorbimento acustico



A_{eq} , area di assorbimento equivalente per unità (m² sabin)



Reazione al fuoco:
A2-s1,d0



Impronta ambientale:
Kg CO₂ equiv/m²: 5,21
In accordo con gli EPD



Ambienti umidi:
Testato per la classe A, umidità relativa 70% a 25 °C, in accordo con la EN 13964: 2014



Resa estetica: White Frost, campione di colore NCS più vicino S 0500-N, 85% di riflessione della luce. Gloss <1



Sostenibilità/Qualità aria int.:
VOC: Classe A+ | M1
CAM | EPD

SOLUZIONE N. 243 | ISOLE-BAFFLE (FONOASSORBIMENTO) PER:

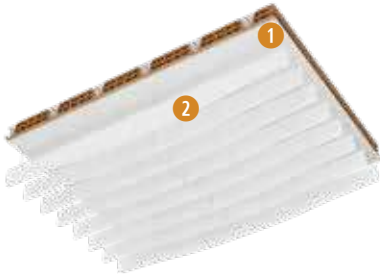
RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
			• Hall	• Stanze, hall, corridoi, sale riunioni	• Locali-negozi • Hall

ECOPHON SOLO™ BAFFLE WAVE

Spessore: 40 mm | Peso: variabile

PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Sistema di sospensione Ecophon **Connect**
- 2 Pannello in lana di vetro Ecophon **Solo™ Baffle Wave** (bordo A)
sp. 40 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0



Modulo (mm)	1800x300
	1800x600



Solo Baffle Wave

- Solo™ Baffle Wave 1800x300/200, spacing 600, direct mounting
- - Solo™ Baffle Wave 1800x600/300, spacing 600, direct mounting

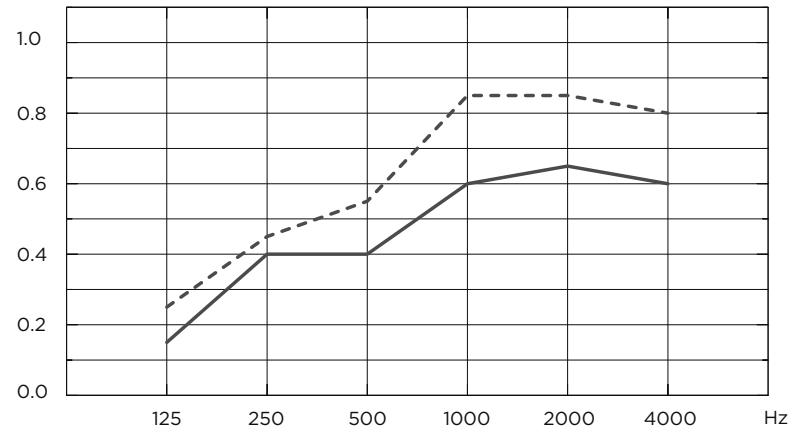
o.d.s = overall depth of system
(profondità totale del sistema)

- Solo™ Baffle Wave 1800x300/200.
- - Solo™ Baffle Wave 1800x600/300

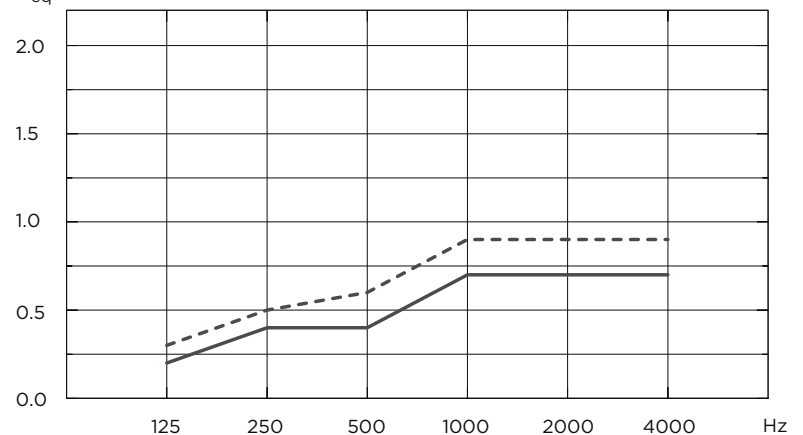
o.d.s = overall depth of system
(profondità totale del sistema)

Assorbimento acustico

α_p , Coefficiente pratico di assorbimento acustico



A_{eq} , area di assorbimento equivalente per unità (m² sabin)



Reazione al fuoco:
A2-s1,d0



Impronta ambientale:
Kg CO₂ equiv/m²: 5,21
In accordo con gli EPD



Ambienti umidi:
Testato per la classe A, umidità relativa 70% a 25 °C, in accordo con la EN 13964: 2014



Resa estetica: White Frost, campione di colore NCS più vicino S 0500-N, 85% di riflessione della luce. Gloss <1



Sostenibilità/Qualità aria int.:
VOC: Classe A+ | M1
CAM | EPD

SOLUZIONE N. 248 | PANNELLI PARETE (FONOASSORBIMENTO) PER:

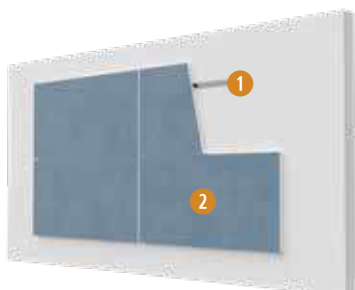
RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
	• Aule • Biblioteca • Biblioteca		• Hall • Corridoi • Camere	• Stanze, hall, corridoi, sale riunioni	• Locali-negozi • Hall

ECOPHON AKUSTO™ ONE

Spessore: 40 mm | Peso: variabile

PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Sistema di vincolo a parete Ecophon **Connect™ One Trim** e **Connect™ Absorber Anchor One** / **Connect™ One Hook Fixing** / **Connect™ One Fixing**
- 2 Pannello in lana di vetro Ecophon **Akusto™ One** (bordo A)
sp. 40 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0



Modulo (mm)	Ø 592
	592x592
	Ø 792
	Ø 1192
	1192x292
	1192x592



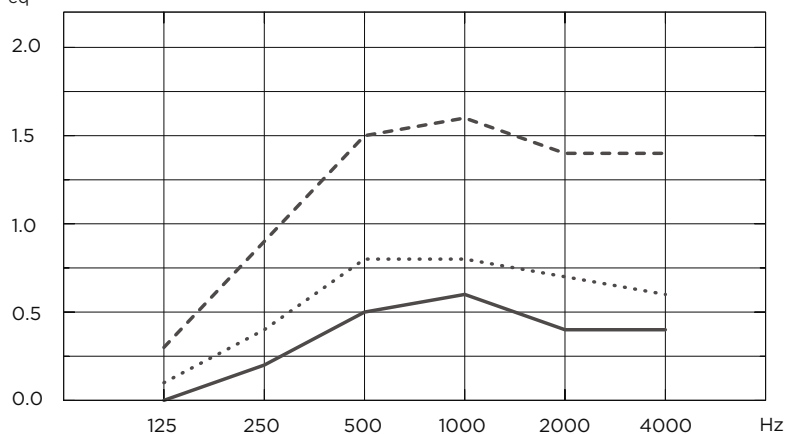
Pannello Akusto™ One

- Akusto™ One Ø592, 48 mm o.d.s.
 - Akusto™ One Ø792, 48 mm o.d.s.
 - - Akusto™ One Ø1192, 48 mm o.d.s.
- o.d.s. = overall depth of system
(profondità totale del sistema)

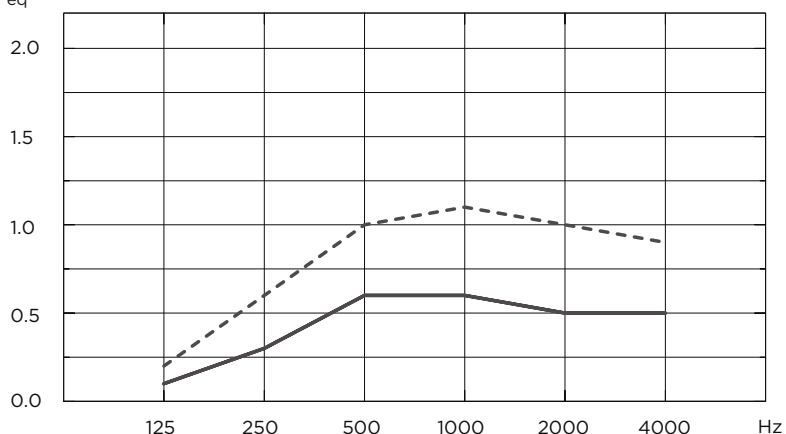
- Akusto™ One 592x592, 48 mm o.d.s.
 - Akusto™ One 1192x292, 48 mm o.d.s.
 - - Akusto™ One 1192x592, 48 mm o.d.s.
- o.d.s. = overall depth of system
(profondità totale del sistema)

Assorbimento acustico

A_{eq} , area di assorbimento equivalente per unità (m^2 sabin)



A_{eq} , area di assorbimento equivalente per unità (m^2 sabin)



Reazione al fuoco:
A2-s1,d0



Ambienti umidi:
Testato per la classe C, umidità relativa 95% a 30 °C, in accordo con la EN 13964: 2014



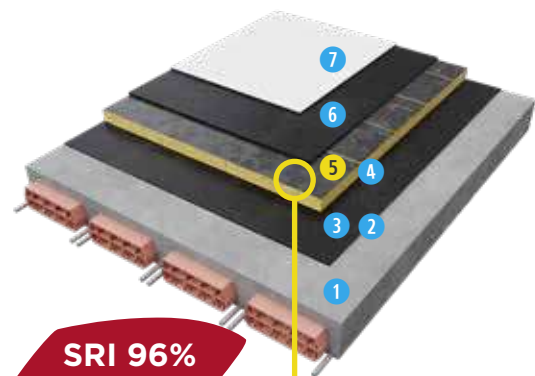
Sostenibilità/Qualità aria int.:
VOC: Classe A+ | M1
CAM | EPD

SOLUZIONE N. 252 | COPERTURE PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Copertura	• Copertura	• Copertura	• Copertura	• Copertura	• Copertura

COPERTURA PIANA CON FOTOVOLTAICO AUTOPROTETTA ALLUMINIO AD ALTO SRI E RESISTENTE AL FUOCO ESTERNO

Spessore: variabile | Peso: variabile



PRODOTTI UTILIZZATI

- Bituver Ecoprimer**
Primer bituminoso a base acqua
- Bituver Bitumat V12 Forato**
(opzionale in base allo studio termoigrometrico)
Membrana bituminosa forata
- Bituver Aluvapor Tender**
Barriera al vapore impermeabile
- Bituver Bitumastic**
Collante bituminoso per pannelli
- Isover Superbac Roofine® G3**
Isolante termoacustico in lana di vetro ad alta densità
- Bituver S-30**
Membrane impermeabilizzanti elastomeriche
- Bituver Megaver California**
Membrana elastomerica ad alto SRI
Certificata B_{roof}(t2)

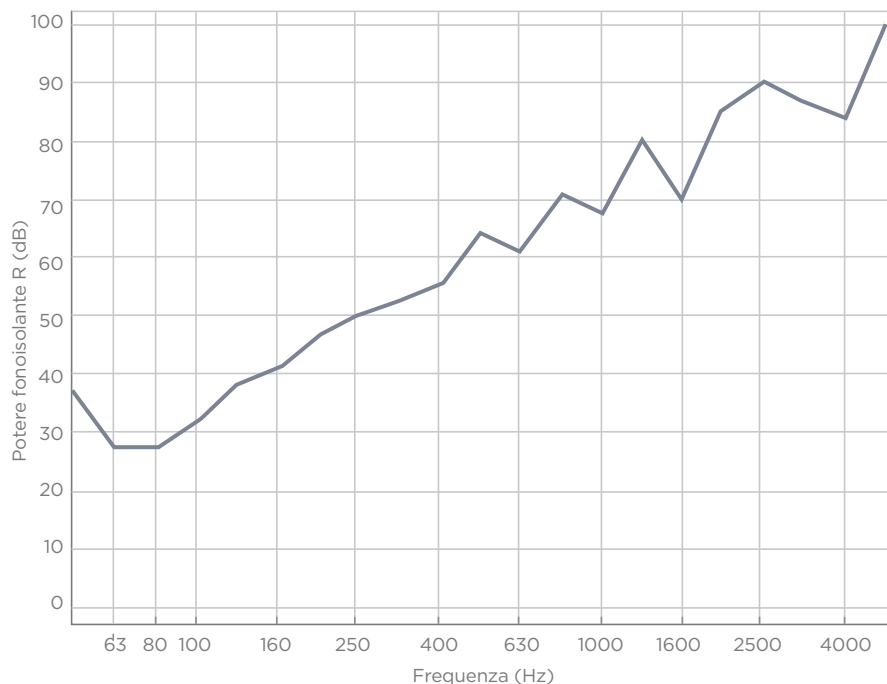


Sostenibilità / Qualità aria int.:
VOC: Classe A+
CAM | EPD

Spessore isolante	Trasmittanza stazionaria [W/m²K]	Trasmittanza periodica [W/m²K]	Potere fonoisolante R _w (dB)
100 mm	0,31*	0,05*	56*
80+80 mm	0,20*	0,03*	59*

*Valutazione analitica considerando solaio in latero cemento sp. 180+ 40 mm

Frequenza f (Hz)	R (dB)
50	36,9
63	27,6
80	27
100	32
125	37,9
160	40,9
200	46
250	49,2
315	52
400	55,2
500	64
630	61,1
800	70,4
1000	67,5
1250	79,5
1600	70,7
2000	85,1
2500	90,3
3150	86,7
4000	84,1
5000	100,1



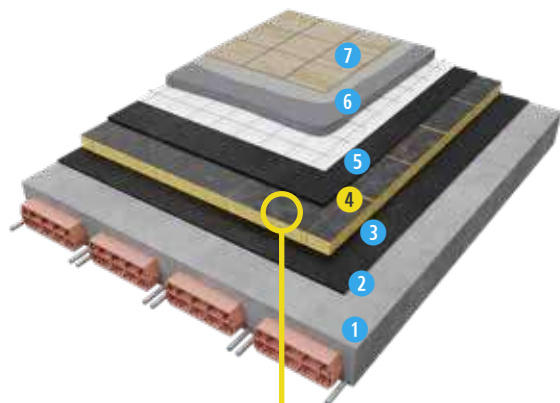
SOLUZIONE N. 253 | COPERTURE PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Copertura	• Copertura	• Copertura	• Copertura	• Copertura	• Copertura

COPERTURA PIANA PEDONABILE IN LATERO-CEMENTO CON FINITURA IN CLS GETTATO E PIASTRELLE

Spessore: variabile | Peso: variabile

PRODOTTI UTILIZZATI



- 1 Bituver Ecoprimer**
Primer bituminoso a base acqua
- 2 Bituver Bitumat V12 Forato**
(opzionale in base allo studio termoigrometrico)
Membrana bituminosa forata
- 3 Bituver Aluvapor Tender**
Barriera al vapore impermeabile
- 4 Isover Superbac Roofline® G3**
Isolante termoacustico in lana di vetro ad alta densità
- 5 Bituver S-30**
Membrane impermeabilizzanti elastomeriche
- 6 Massetto cementizio ad alta resistenza meccanica weberplan MR81 FORTE**
impermeabilizzato con guaina elasto-cementizia monocomponente **weberdry elasto1 top**
- 7 Rivestimento ceramico, incollato mediante webercol ProGres Top S1**
adesivo cementizio a deformabilità migliorata, sigillatura delle fughe con **webercolor style**

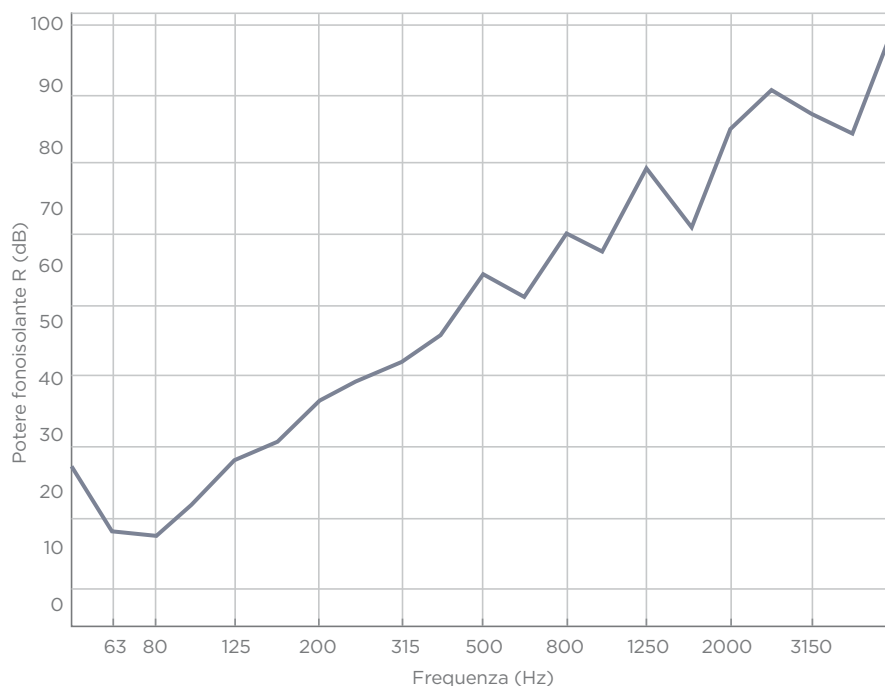


Sostenibilità/Qualità aria int.:
VOC: Classe A+
CAM | EPD

Spessore isolante	Trasmittanza stazionaria [W/m²K]	Trasmittanza periodica [W/m²K]	Potere fonoisolante R _w (dB)
100 mm	0,30*	0,05*	56*
80+80 mm	0,20*	0,03*	59*

*Valutazione analitica considerando solaio in latero cemento sp. 180+40 mm

Frequenza f (Hz)	R (dB)
50	36,9
63	27,7
80	26,9
100	31,9
125	37,9
160	40,8
200	45,9
250	49,1
315	51,9
400	55,2
500	63,9
630	61
800	70,5
1000	67,4
1250	79,4
1600	70,7
2000	85
2500	90,2
3150	86,8
4000	84
5000	100



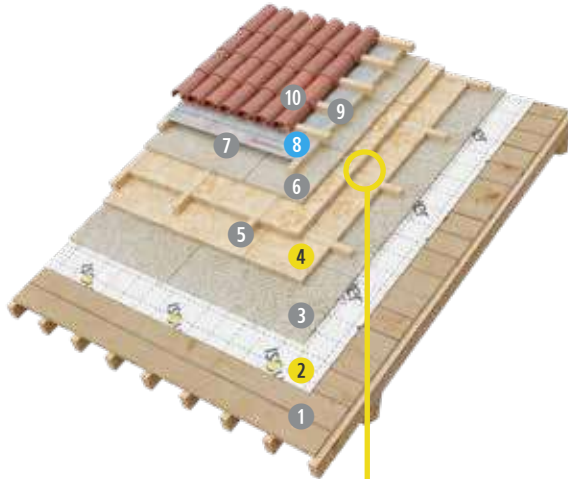
SOLUZIONE N. 257 | COPERTURE PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Copertura	• Copertura	• Copertura	• Copertura	• Copertura	• Copertura

COPERTURA A FALDA VENTILATA: STRUTTURA IN LEGNO, DOPPIO STRATO DI ISOLANTE λ 32 (DOPPIO OSB)

Spessore: variabile | Peso: variabile

PRODOTTI UTILIZZATI



- 1 Assito in legno in perline di abete sp. 20 mm
- 2 Isover **VARIO® Xtra**
Freno al vapore e telo di tenuta all'aria
- 3 Pannelli OSB sp. 19 mm
- 4 Isover **T-70**
Isolante termo-acustico in lana minerale
- 5 Listelli di contenimento del materiale isolante 50 x 60 mm
- 6 Pannelli OSB sp. 19 mm
- 7 Listelli di ventilazione in abete 40 x 50 mm
- 8 Bituver **Syntolight / Syntodefense**
Telo sottotegola
- 9 Listelli portategole in abete 30 x 50 mm
- 10 Tegole di peso indicativo 20 Kg/m²



Sostenibilità / Qualità aria int.:
VOC: Classe A+ | Eurofins GOLD
CAM | EPD

Spessore isolante

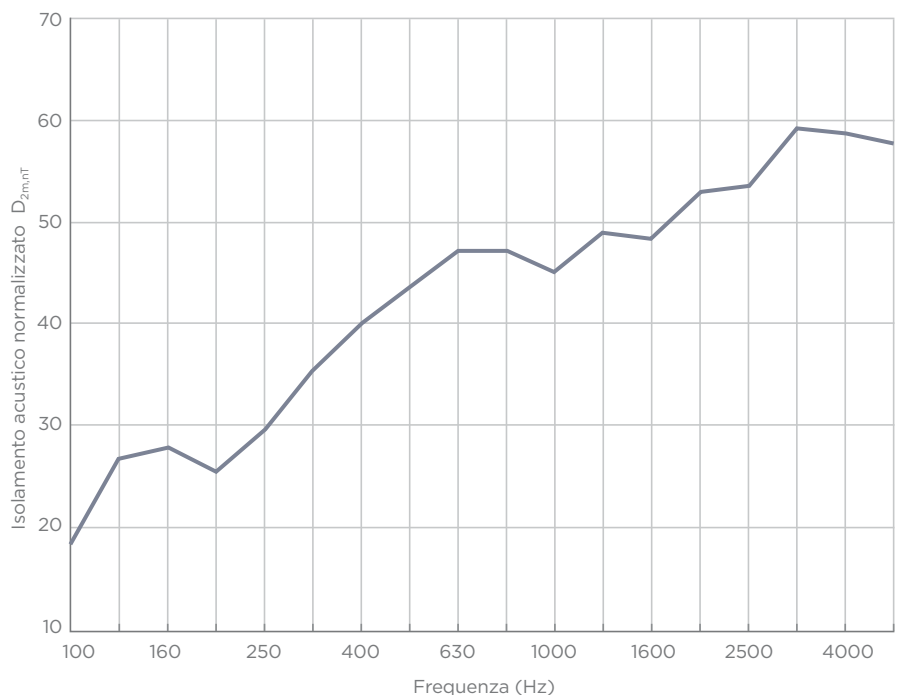
Isover T-70 (sp. 60+60 mm)
Isover T-70 (sp. 60+80 mm)

Trasmittanza stazionaria [W/m ² K]	Trasmittanza periodica [W/m ² K]	Isolamento acustico di facciata D _{2m,n,Tw} (dB)	Potere fonoisolante R _w (dB)
0,22**	0,12**	43*	51**
0,20**	0,10**	45**	53**

*Rapporto di prova ITC - CNR 5166 | **Valutazione analitica

Gli stessi valori termici sono raggiunti da lana di roccia tradizionale λ 33 e densità 70

Frequenza f (Hz)	D _{2m,nT} (dB)
100	18,8
125	26,6
160	27,9
200	25,4
250	29,4
315	35,2
400	40,1
500	43,6
630	47,1
800	47,4
1000	45,0
1250	49,1
1600	48,3
2000	53,0
2500	53,7
3150	59,4
4000	58,8
5000	57,8



SOLUZIONE N. 258 | COPERTURE PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Copertura	• Copertura	• Copertura	• Copertura	• Copertura	• Copertura

COPERTURA A FALDA VENTILATA: STRUTTURA IN LEGNO, DOPPIO STRATO DI ISOLANTE λ 32 (SINGOLO OSB)

Spessore: variabile | Peso: variabile

PRODOTTI UTILIZZATI

- 1 Assito in legno in perline di abete sp. 20 mm
- 2 Isover **VARIO® Xtra**
Freno al vapore e telo di tenuta all'aria
- 3 Isover **T-70**
Isolante termo-acustico in lana minerale
- 4 Listelli di contenimento del materiale isolante 50 x 60 mm
- 5 Pannelli OSB sp. 19 mm
- 6 Listelli di ventilazione in abete 40 x 50 mm
- 7 Bituver **Syntolight / Syntodefense**
Telo sottotegola
- 8 Listelli portategole in abete 30 x 50 mm
- 9 Tegole di peso indicativo 20 Kg/m²



Sostenibilità/Qualità aria int.:
VOC: Classe A+ | Eurofins GOLD
CAM | EPD

Spessore isolante

Isover -70
(sp. 60+60 mm)

Isover T-70
(sp. 60+80 mm)

Trasmittanza
stazionaria
[W/m²K]

Trasmittanza
periodica
[W/m²K]

Isolamento
acustico di facciata
D_{2m,n,Tw} (dB)

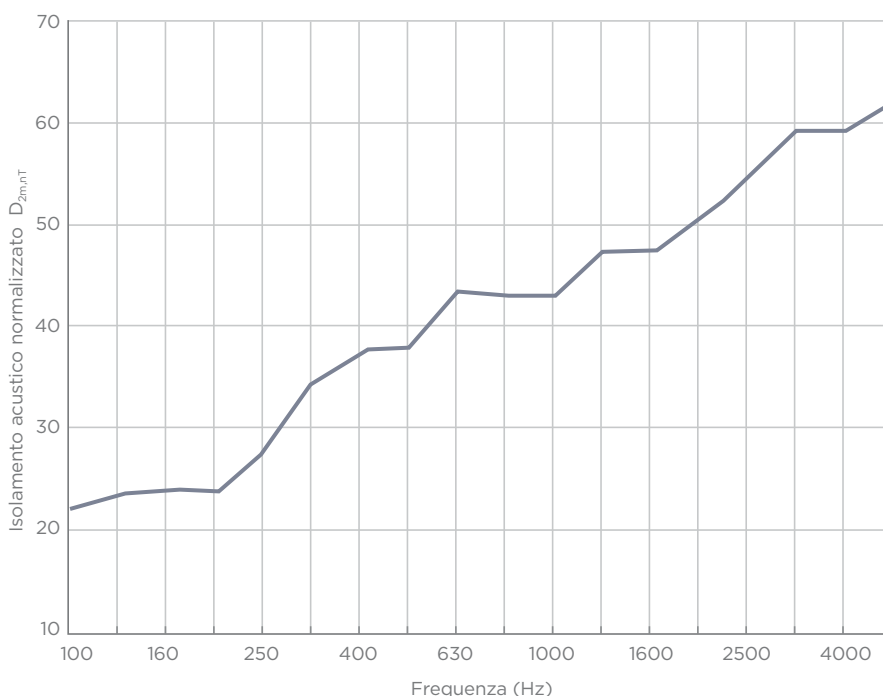
Potere
fonoisolante
R_w (dB)

 0,23**	0,15**	 41*	49**
 0,20**	0,13**	 43**	51**

*Rapporto di prova ITC - CNR 5166 | **Valutazione analitica

Gli stessi valori termici sono raggiunti da lana di roccia tradizionale λ 33 e densità 70

Frequenza f (Hz)	D _{2m,n,T} (dB)
100	22,2
125	23,9
160	24,2
200	23,8
250	27,7
315	34,6
400	37,4
500	38,7
630	43,5
800	43,0
1000	43,4
1250	47,3
1600	47,9
2000	50,6
2500	54,6
3150	59,1
4000	59,2
5000	61,7



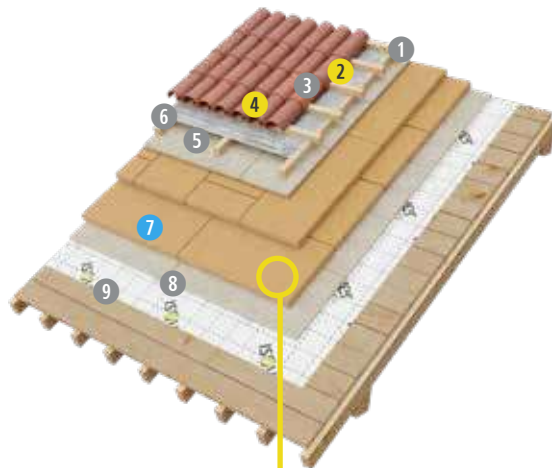
SOLUZIONE N. 260 | COPERTURE PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Copertura	• Copertura	• Copertura	• Copertura	• Copertura	• Copertura

COPERTURA A FALDA VENTILATA: STRUTTURA IN LEGNO, ISOLANTE POSATO IN CONTINUO

Spessore: variabile | Peso: variabile

PRODOTTI UTILIZZATI



- 1 Assito in legno in perline di abete sp. 20 mm
- 2 Isover **VARIO® Xtra**
Freno al vapore e telo di tenuta all'aria
- 3 Pannelli OSB sp. 19 mm
- 4 Isover **Climabac G3 / Isover Superbac N Roofline® G3**
Isolante termo-acustico in lana di vetro
- 5 Pannelli OSB sp. 19 mm
- 6 Listelli di ventilazione in abete 40 x 50 mm
- 7 Bituver **Syntolight / Syntodefense**
Telo sottotegola
- 8 Listelli portategole in abete 30 x 50 mm
- 9 Tegole di peso indicativo 20 Kg/m²



Sostenibilità/Qualità aria int.:
VOC: Classe A+
CAM | EPD

Spessore isolante

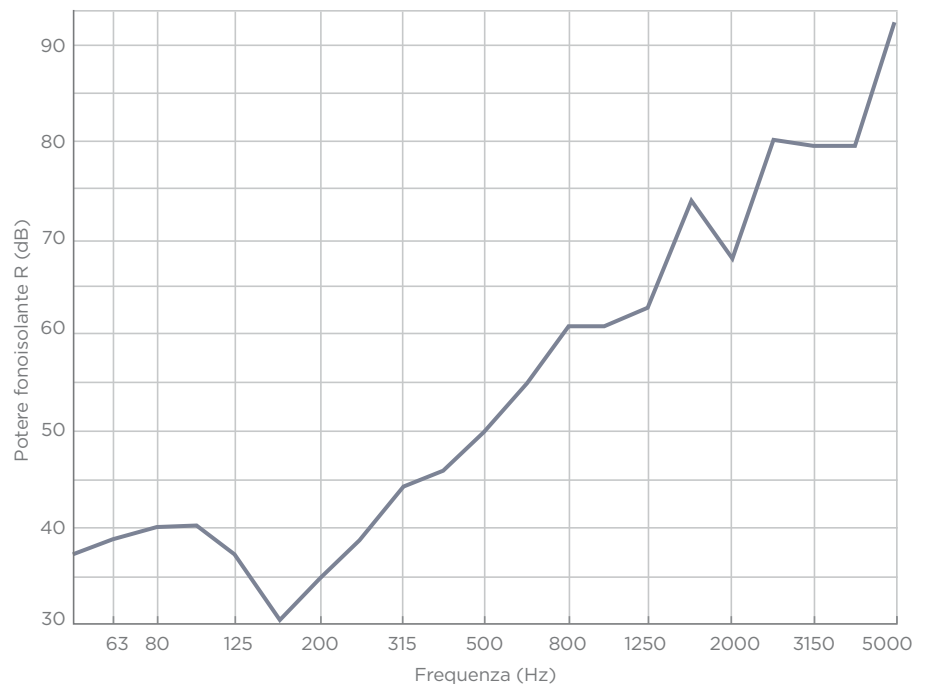
Isover Climabac G3
(sp. 60+60 mm)

Isover Climabac G3
(sp. 80+80 mm)

	Trasmittanza stazionaria [W/m ² K]	Trasmittanza periodica [W/m ² K]	Isolamento acustico di facciata D _{2m,n,T,w} (dB)	Potere fonoisolante R _w (dB)
	0,26**	0,12**	38*	46**
	0,20**	0,09**	42**	51**

*Rapporto di prova ITC - CNR 5164 | **Valutazione analitica

Frequenza f (Hz)	R (dB)
50	37,2
63	38,8
80	40
100	40,4
125	37,1
160	30,6
200	34,6
250	38,6
315	44,1
400	45,9
500	49,9
630	54,9
800	60,7
1000	61
1250	62,7
1600	73,5
2000	67,6
2500	80,4
3150	79,6
4000	79,6
5000	92,1



SOLUZIONE N. 265 | SOLAI (LIVELLO SONORO DA CALPESTIO) PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Solaio di interpiano	• Solaio di interpiano	• Solaio di interpiano	• Solaio di interpiano	• Solaio di interpiano	• Solaio di interpiano

SOLAIO INTERPIANO - PAVIMENTO GALLEGGIANTE AD ELEVATO ISOLAMENTO ACUSTICO

Spessore: variabile | Peso: variabile

PRODOTTI UTILIZZATI

1 Bituver Fonas 31

Feltro in fibre di poliestere accoppiato ad una membrana bituminosa munita di cimosa con banda autoadesiva per sigillatura della giunzioni

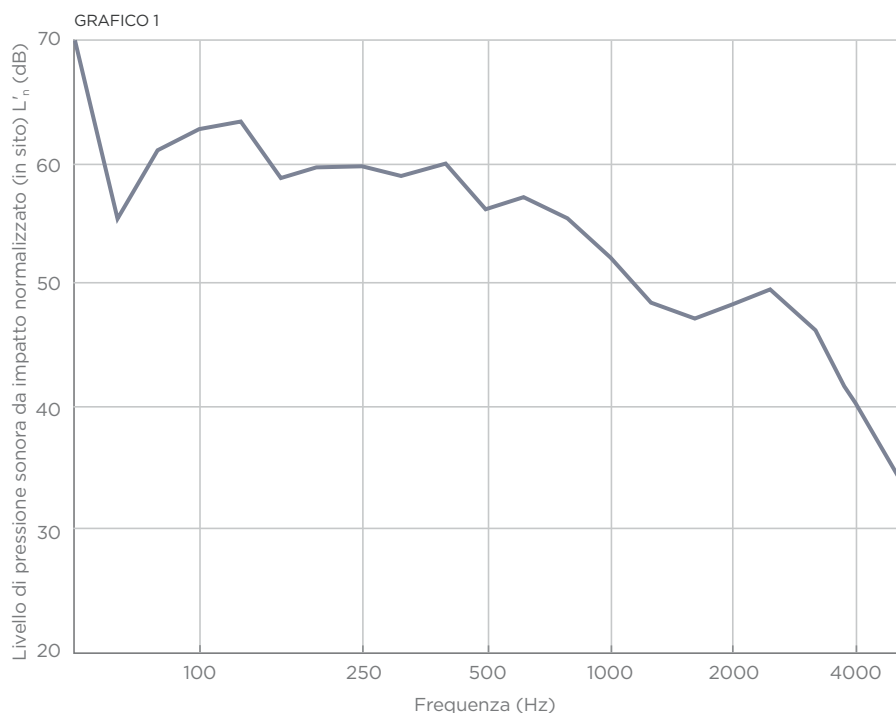
2 Bituver Perisol L

Accessori di desolidarizzazione fondamentali, autoadesivi in polietilene espanso a celle chiuse



Struttura solaio	Spessore massetto	Soluzione	Misura in opera L'_{nw} (dB)	Cantiere
Latero cemento 20+4 cm	5 cm	Fonas 31	57	Verona (Grafico 1)
Latero cemento 24+4 cm	7 cm	Fonas 31	59	Provincia di Pesaro Urbino (Grafico 2)
Latero cemento 24+5 cm	5 cm	Fonas 31	63	Provincia di Padova (Grafico 3)

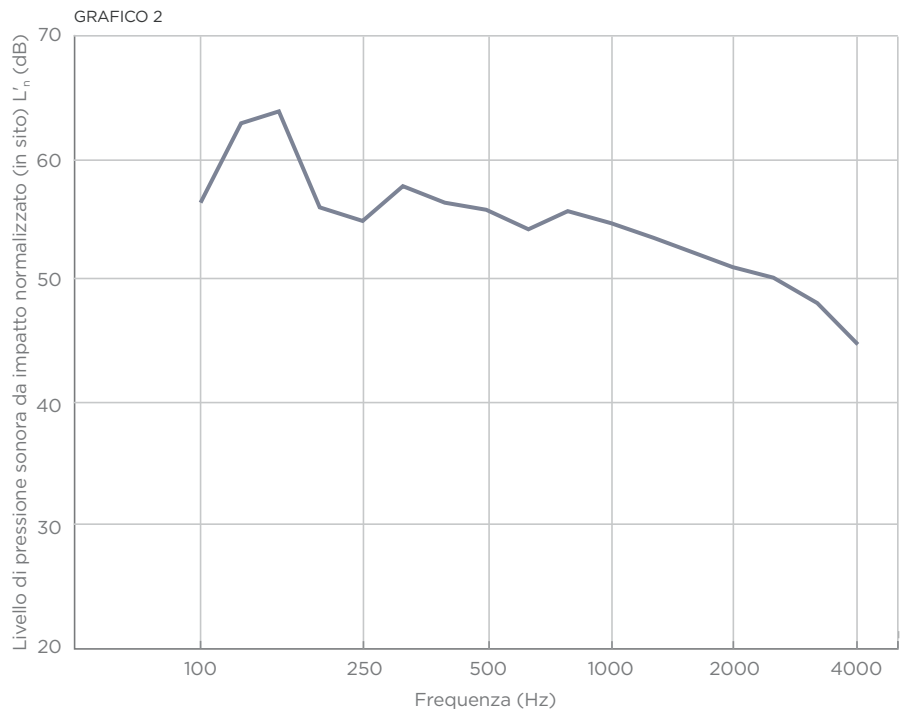
Frequenza f (Hz)	L'_n (dB)
50	$\leq 69,9$
63	$\leq 55,0$
80	60,7
100	$\leq 62,6$
125	63,3
160	58,7
200	59,6
250	59,5
315	58,7
400	59,8
500	56,1
630	57,0
800	55,5
1000	52,2
1250	48,7
1600	47,3
2000	48,4
2500	49,6
3150	46,4
4000	40,6
5000	$\leq 34,9$



Valutazione in conformità alla ISO 717-2: $L'_{nw} = 57$ (dB)

Valutazione basata su risultati in opera ottenuti mediante un metodo tecnico progettuale

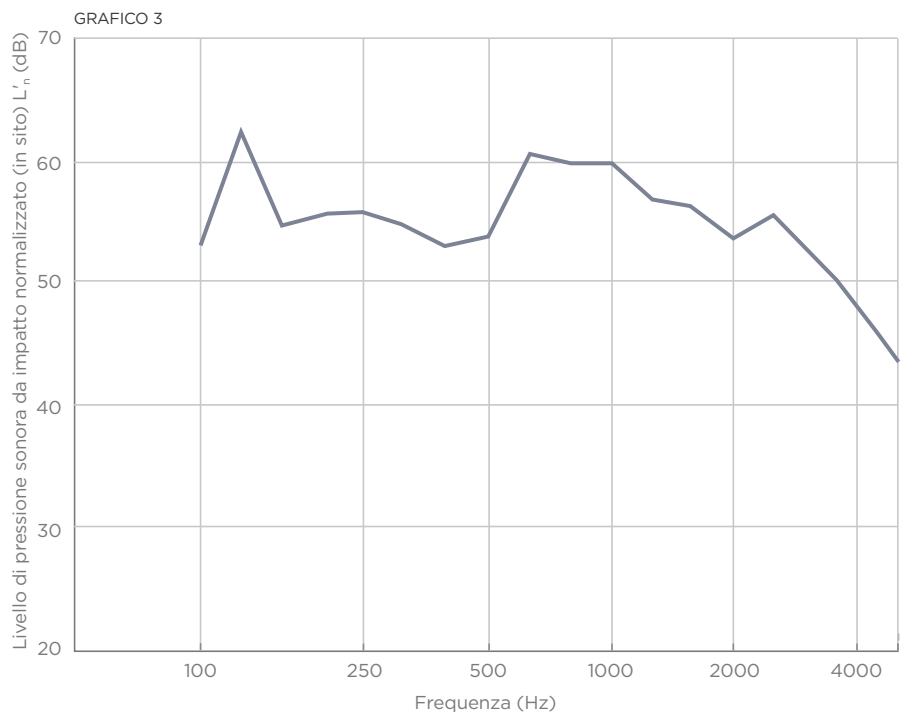
Frequenza f (Hz)	L'_n (dB)
100	56,7
125	63,1
160	64,2
200	56,3
250	55,2
315	57,9
400	56,6
500	56,0
630	54,2
800	55,9
1000	54,7
1250	53,7
1600	52,3
2000	51,2
2500	50,3
3150	48,2
4000	44,7
5000	-



Valutazione in conformità alla ISO 717-2: **$L'_{nw} = 59$ (dB)**

Valutazione basata su risultati in opera ottenuti mediante un metodo tecnico progettuale

Frequenza f (Hz)	L'_n (dB)
100	52,8
125	61,5
160	54,25
200	55,15
250	55,17
315	54,45
400	52,8
500	53,5
630	59,6
800	59,2
1000	59,1
1250	56,8
1600	55,75
2000	53,25
2500	54,95
3150	51,6
4000	47
5000	43,15



Valutazione in conformità alla ISO 717-2: **$L'_{nw} = 63$ (dB)**

Valutazione basata su risultati in opera ottenuti mediante un metodo tecnico progettuale

SOLUZIONE N. 266 | SOLAI (LIVELLO SONORO DA CALPESTIO) PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Solaio di interpiano	• Solaio di interpiano	• Solaio di interpiano	• Solaio di interpiano	• Solaio di interpiano	• Solaio di interpiano

SOLAIO INTERPIANO - PAVIMENTO GALLEGGIANTE AD ELEVATO ISOLAMENTO ACUSTICO

Spessore: variabile | Peso: variabile

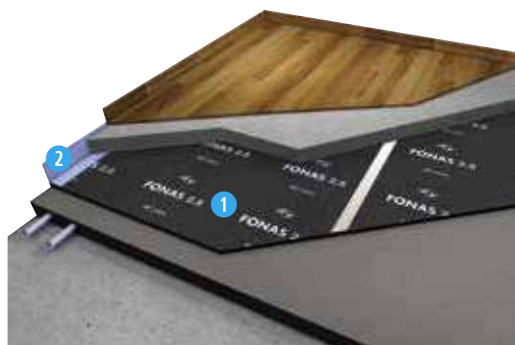
PRODOTTI UTILIZZATI

1 Bituver **Fonas 2.8**

Feltro ad alta grammatura, con una faccia impregnata a saturazione parziale da una speciale miscela bituminosa

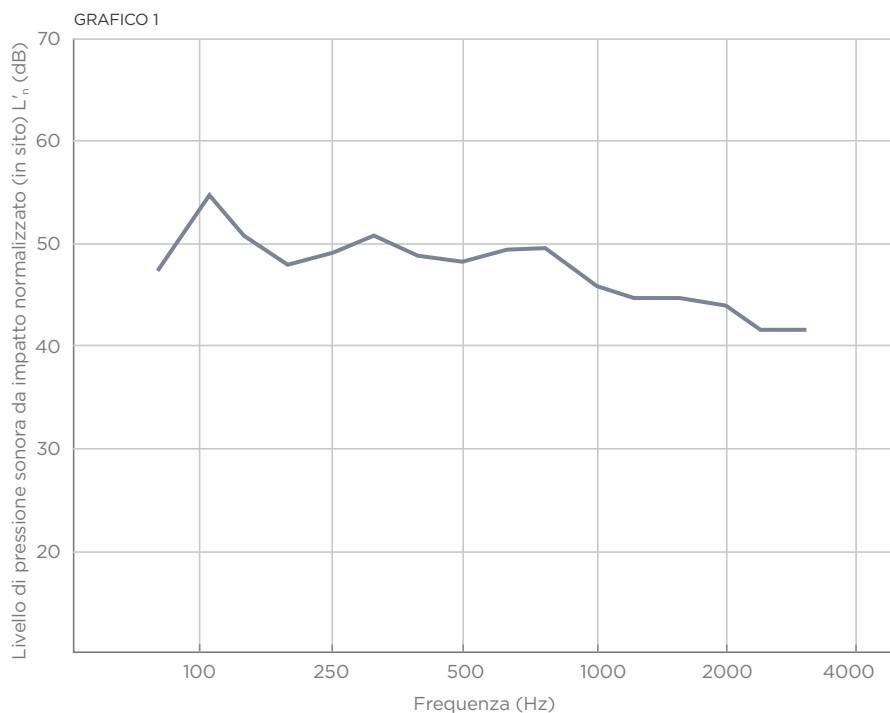
2 Bituver **Perisol L**

Accessori di desolidarizzazione fondamentali, autoadesivi in polietilene espanso a celle chiuse



Struttura solaio	Spessore massetto	Soluzione	Misura in opera L'_{nw} (dB)	Cantiere
Latero cemento 20+4 cm	7 cm	Fonas 2.8	50	Verona (Grafico 1)
Latero cemento 24+4 cm	5 cm	Fonas 2.8	49	Provincia di Verona (Grafico 2)
Latero cemento 24+5 cm	5 cm	Fonas 2.8	58	Provincia di Verona (Grafico 3)

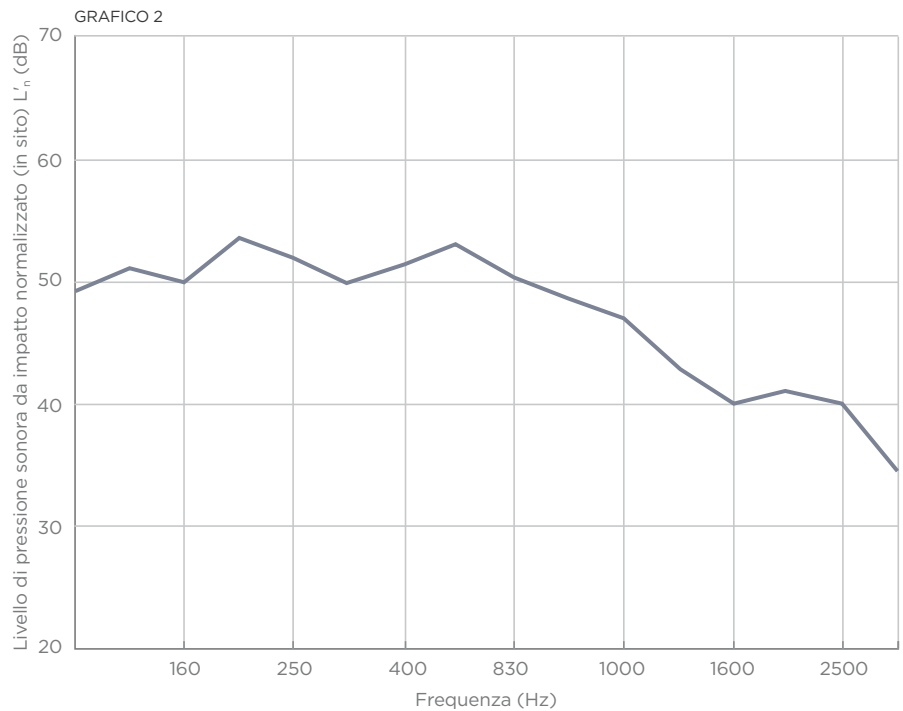
Frequenza f (Hz)	L'_n (dB)
100	47,6
125	54,7
160	50,8
200	48,1
250	49,1
315	50,8
400	48,8
500	48,2
630	49,3
800	49,4
1000	45,7
1250	44,7
1600	44,6
2000	43,7
2500	41,5
3150	41,6
4000	-
5000	-



Valutazione in conformità alla ISO 717-2: $L'_{nw} = 50$ (dB)

Valutazione basata su risultati in opera ottenuti mediante un metodo tecnico progettuale

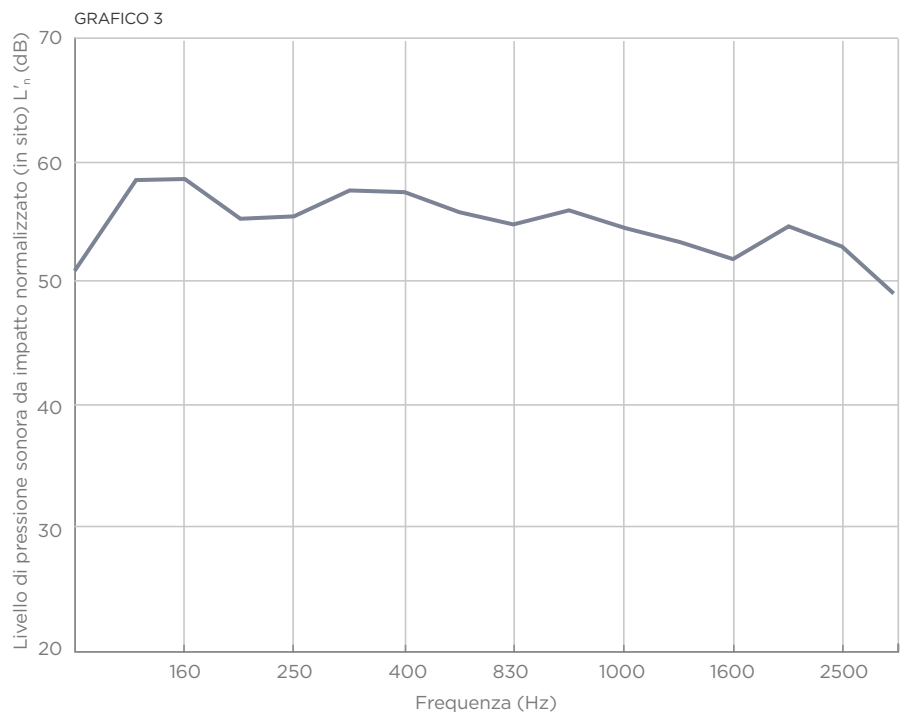
Frequenza f (Hz)	L'_n (dB)
100	49,3
125	50,9
160	50,0
200	53,6
250	51,8
315	49,7
400	51,4
500	52,8
630	50,5
800	48,5
1000	47,0
1250	42,7
1600	40,4
2000	40,8
2500	40,1
3150	34,4
4000	-
5000	-



Valutazione in conformità alla ISO 717-2: $L'_{nw} = 50$ (dB)

Valutazione basata su risultati in opera ottenuti mediante un metodo tecnico progettuale

Frequenza f (Hz)	L'_n (dB)
100	50,9
125	58,1
160	58,0
200	55,1
250	55,3
315	57,3
400	57,1
500	55,6
630	54,7
800	55,7
1000	54,5
1250	53,2
1600	51,9
2000	54,7
2500	52,9
3150	49,0
4000	-
5000	-



Valutazione in conformità alla ISO 717-2: $L'_{nw} = 58$ (dB)

Valutazione basata su risultati in opera ottenuti mediante un metodo tecnico progettuale

SOLUZIONE N. 267 | SOLAI (LIVELLO SONORO DA CALPESTIO) PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Solaio di interpiano	• Solaio di interpiano	• Solaio di interpiano	• Solaio di interpiano	• Solaio di interpiano	• Solaio di interpiano

SOLAIO INTERPIANO - PAVIMENTO GALLEGGIANTE AD ELEVATO ISOLAMENTO ACUSTICO

Spessore: variabile | Peso: variabile

PRODOTTI UTILIZZATI

1 Bituver Fonasoft

Feltro in fibre di poliestere accoppiato ad una membrana bituminosa munita di cimosa con banda autoadesiva per sigillatura della giunzioni

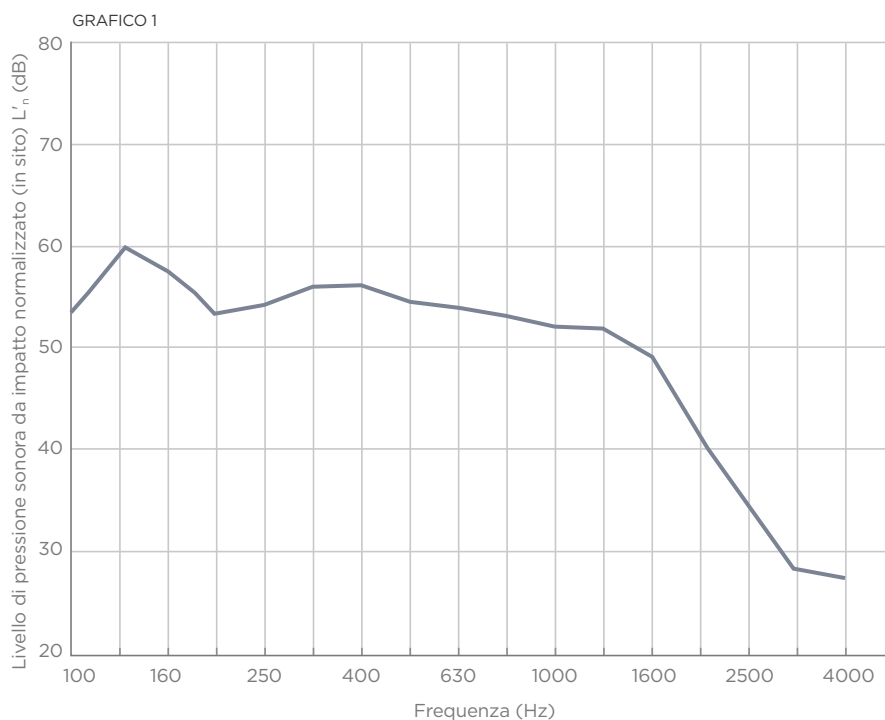
2 Bituver Perisol L

Accessori di desolidarizzazione fondamentali, autoadesivi in polietilene espanso a celle chiuse



Struttura solaio	Spessore massetto	Soluzione	Misura in opera L'_{nw} (dB)	Cantiere
Latero cemento 20+4 cm	10 cm	Fonasoft	53	Alessandria (Grafico 1)

Frequenza f (Hz)	L'_n (dB)
100	53,8
125	59,7
160	57,4
200	53,7
250	54,3
315	55,8
400	56,1
500	54,5
630	53,8
800	53,4
1000	52,1
1250	51,7
1600	48,9
2000	42,2
2500	34,9
3150	28,5
4000	27,4
5000	-



Valutazione in conformità alla ISO 717-2: $L'_{nw} = 53$ (dB)

Valutazione basata su risultati in opera ottenuti mediante un metodo tecnico progettuale

SOLUZIONE N. 268 | SOLAI (LIVELLO SONORO DA CALPESTIO) PER:

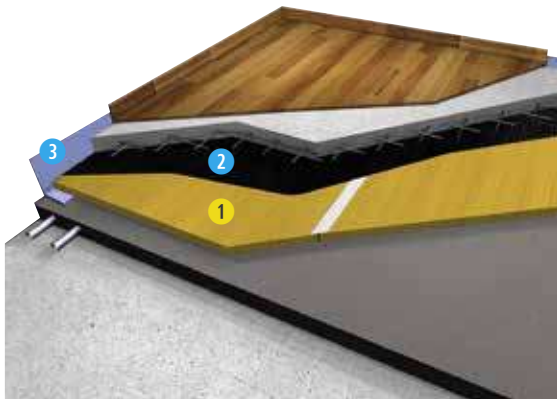
RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Solaio di interpiano	• Solaio di interpiano	• Solaio di interpiano	• Solaio di interpiano	• Solaio di interpiano	• Solaio di interpiano

SOLAIO INTERPIANO - PAVIMENTO GALLEGGIANTE AD ELEVATO ISOLAMENTO TERMO-ACUSTICO

Spessore: variabile | Peso: variabile

PRODOTTI UTILIZZATI

- Isover Ekosol N 4+**
Pannello in lana di vetro senza rivestimenti
- Bituver Bitulan**
Cartonfeltro bitumato cilindrato o ricoperto, costituito da carta feltro impregnata con bitume distillato
- Bituver Perisol L**
Accessori di desolidarizzazione fondamentali, autoadesivi in polietilene espanso a celle chiuse



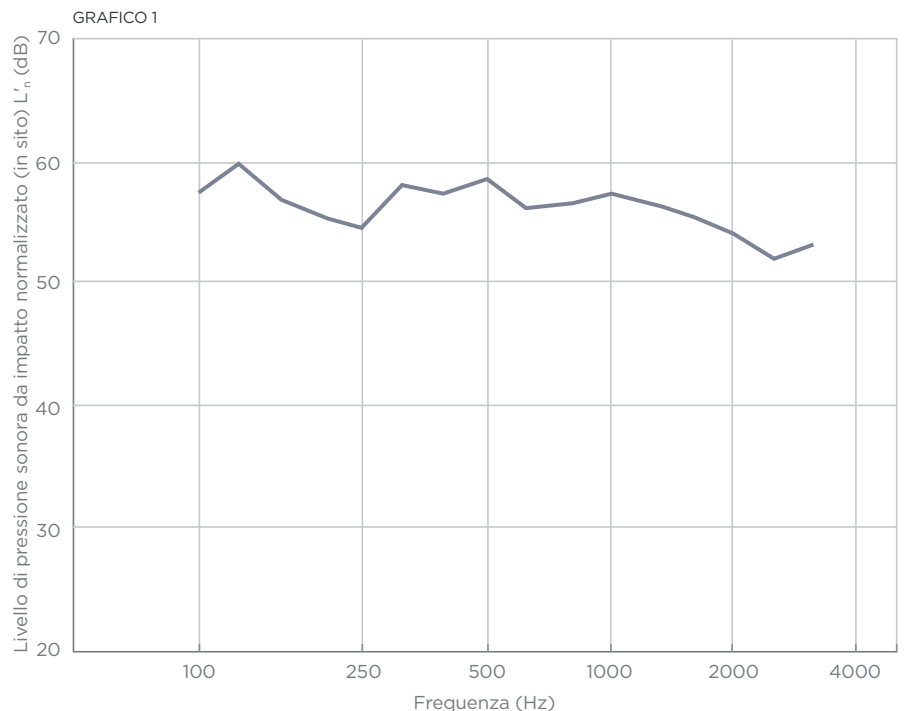
Trasmittanza stazionaria $U < 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$



Sostenibilità / Qualità aria int.:
VOC: Classe A+ | Eurofins GOLD
CAM | EPD

Struttura solaio	Spessore massetto	Soluzione	Misura in opera L'_{nw} (dB)	Cantiere
Latero cemento 20+4 cm	4 cm	Ekosol N 4+ sp. 15 mm	60	Provincia di Ancona (Grafico 1)
Latero cemento 20+4 cm	3 cm	Ekosol N 4+ sp. 20 mm	47	Provincia di Ancona (Grafico 2)
Latero cemento 20+5 cm	5 cm	Ekosol N 4+ sp. 20 mm	59	Provincia di Verona (Grafico 3)

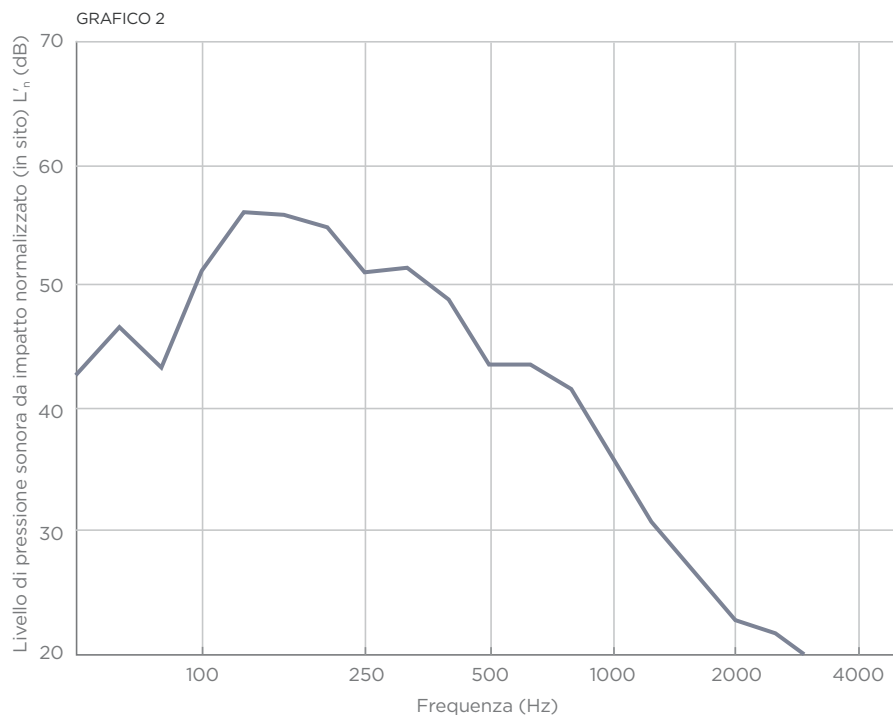
Frequenza f (Hz)	L'_n (dB)
100	57,6
125	59,7
160	56,7
200	55,4
250	54,6
315	58,1
400	57,3
500	58,4
630	56,1
800	56,5
1000	57,3
1250	56,6
1600	55,4
2000	54,0
2500	52,0
3150	53,2
4000	-
5000	-



Valutazione in conformità alla ISO 717-2: $L'_{nw} = 60 \text{ (dB)}$

Valutazione basata su risultati in opera ottenuti mediante un metodo tecnico progettuale

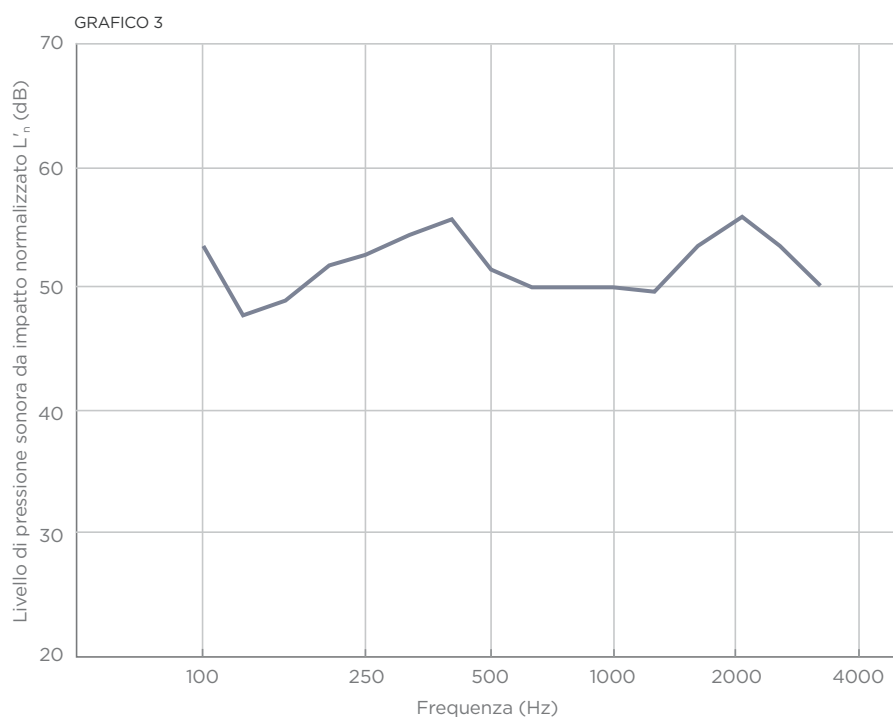
Frequenza f (Hz)	L'_n (dB)
50	43,0
63	46,7
80	43,3
100	51,1
125	56,0
160	55,8
200	54,9
250	51,3
315	51,4
400	48,9
500	43,6
630	43,7
800	41,5
1000	35,8
1250	30,7
1600	26,5
2000	22,7
2500	21,7
3150	19,1
4000	17,0
5000	12,1



Valutazione in conformità alla ISO 717-2: **$L'_{nw} = 47$ (dB)**

Valutazione basata su risultati in opera ottenuti mediante un metodo tecnico progettuale

Frequenza f (Hz)	L'_n (dB)
100	53,3
125	47,8
160	49,1
200	51,8
250	52,8
315	54,4
400	55,8
500	51,8
630	50,3
800	50,3
1000	50,0
1250	50,2
1600	53,6
2000	55,8
2500	53,7
3150	50,8
4000	-
5000	-



Valutazione in conformità alla ISO 717-2: **$L'_{nw} = 59$ (dB)**

Valutazione basata su risultati in opera ottenuti mediante un metodo tecnico progettuale

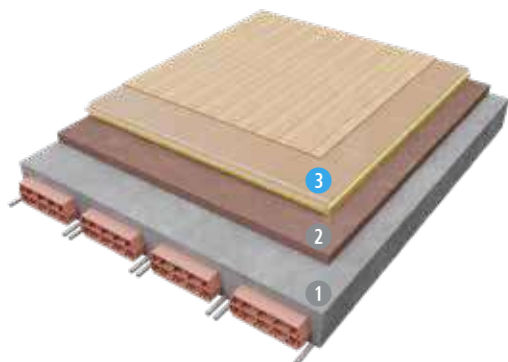
SOLUZIONE N. 270 | SOLAI (LIVELLO SONORO DA CALPESTIO) PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
• Solaio di interpiano	• Solaio di interpiano	• Solaio di interpiano	• Solaio di interpiano	• Solaio di interpiano	• Solaio di interpiano

SOLAIO INTERPIANO - PAVIMENTO GALLEGGIANTE CON MASSETTO A SECCO AD ELEVATO ISOLAMENTO TERMO-ACUSTICO

Spessore: variabile | Peso: variabile

PRODOTTI UTILIZZATI



- 1 Solaio
- 2 Granulato per massetti in argilla espansa naturale sp. 50 mm, , reaz. al fuoco A1
- 3 Lastra Gyproc **Rigidur E20** (tipo GF-C1-I-W2, peso 24,10 kg/m²)
sp. tot. 20 mm, reaz. al fuoco B2



Miglioramento livello sonoro da calpestio:
 $\Delta L_{n,w} = 50 \text{ dB}$
 (solaio travi e assito in legno)
 $\Delta L_{n,w} = 16 \text{ dB}$ (solaio c.a.)



Sostenibilità /Qualità aria int.:
 EPD

SOLUZIONE N. 273 | CONDOTTE DI VENTILAZIONE ARIA - IMPIANTI PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
Unità abitative differenti	- Aule - Sale riunioni - Mense - Palestre	- Camere di degenza - Sale riunioni - Sale d'attesa - Aree comuni	- Camere - Sale riunioni - Ristoranti	- Ufficio e sala riunioni - Mense	- Galleria negozi - Negozi - Centro commerciale

ISOVER CLIMAVER® A2 neto

Spessore: 25 mm | Peso: 1,80 Kg/m²



PRODOTTI UTILIZZATI

L'esclusivo rivestimento interno in tessuto neto assicura **le migliori prestazioni in termini di assorbimento acustico** senza diminuire le qualità di reazione al fuoco o ostacolare la facilità di pulizia.



Rivestimento interno

Tessuto acustico in fibra di vetro di colore nero denominato **neto**.



Rivestimento esterno

Foglio di alluminio rinforzato con carta kraft e maglia di vetro che funge da barriera vapore.



Assorbimento acustico

Coefficiente assorbimento acustico α_p



$\alpha_w = 0,85$

Prova acustica con plenum: CTA 040/11/REV
Coefficiente pesato di assorbimento acustico
 α_p senza plenum 0,55 CTA 042/11/REV



Isover CLIMAVER® è la prima e unica condotta preisolata autoportante che ha ottenuto l'ETA per la reazione al fuoco nonché marcata CE come sistema di ventilazione aria.

Dimensioni condotto (mm)	Frequenza (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Attenuazione acustica, in tratto rettilineo, ΔL (dB/m) (*)						
200x200	4,83	11,49	14,04	16,73	18,12	18,12
300x400	2,82	6,70	8,19	9,76	10,57	10,57
400x500	2,17	5,17	6,32	7,53	8,15	8,15
400x700	1,90	4,51	5,51	6,57	7,12	7,12
500x1000	1,45	3,45	4,21	5,02	5,44	5,44

(*) Valore calcolato mediante la formula: $\Delta L = 1,05 \cdot \alpha_p^{1,4} \cdot P/S$

(P = perimetro sezione condotto; S = superficie sezione condotto) sulla base di una potenza sonora di un ventilatore con portata pari a 20.000 m³/h, perdita di carico di 15 mm ca.

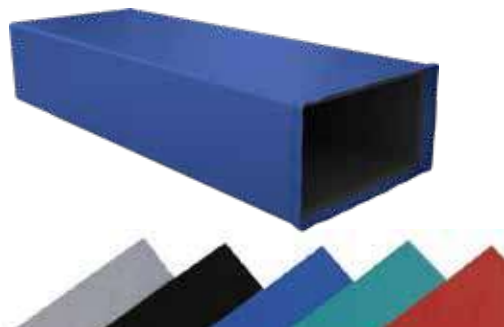
Reazione al fuoco: Euroclasse A2-s1, d0	Fonoisolamento: $R_w = 16$ dB I.G. 351084	Resistenza alla pressione: 800Pa secondo la norma EN 12237	Tenuta all'aria: Classe D secondo la norma EN 12237
Fattore di resistenza alla diffusione del vapore acqueo del rivestimento > 140 m ² x h x Pa/mg secondo norma EN 12086	Sostenibilità/Qualità aria int.: VOC: Classe A+ M1 CAM EPD	Installazione: Per l'installazione utilizzare il nastro Isover CLIMAVER® in alluminio.	

SOLUZIONE N. 274 | CONDOTTE DI VENTILAZIONE ARIA - IMPIANTI PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
Unità abitative differenti	- Aule - Sale riunioni - Mense - Palestre	- Camere di degenza - Sale riunioni - Sale d'attesa - Aree comuni	- Camere - Sale riunioni - Ristoranti	- Ufficio e sala riunioni - Mense	- Galleria negozi - Negozi - Centro commerciale

ISOVER CLIMAVER® A2 DECO

Spessore: 25 mm | Peso: 1.80 Kg/m²



PRODOTTI UTILIZZATI

Grazie alla gamma i **rivestimenti colorati** è il pannello ideale per **condotti a vista** da installare in ambienti che richiedono alta qualità estetica. Senza rinunciare alle prestazioni al fuoco, **aumenta il comfort visivo e acustico** donando carattere ad ambienti chiusi.



Rivestimento interno

Tessuto acustico in fibra di vetro di colore nero denominato **neto**.



Rivestimento esterno

Foglio di alluminio rinforzato e rivestito con un tessuto colorato. Il rivestimento esterno funge da barriera vapore.



Assorbimento acustico

Coefficiente assorbimento acustico α_p



$\alpha_w = 0,85$

Prova acustica con plenum: CTA 040/11/REV
Coefficiente pesato di assorbimento acustico α_p
senza plenum 0,55 CTA 042/11/REV



Isover CLIMAVER® è la prima e unica condotta preisolata autoportante che ha ottenuto l'ETA per la reazione al fuoco nonché marcata CE come sistema di ventilazione aria.

Dimensioni condotto (mm)	Frequenza (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Attenuazione acustica, in tratto rettilineo, ΔL (DB/m) (*)						
200x200	4,83	11,49	14,04	16,73	18,12	18,12
300x400	2,82	6,70	8,19	9,76	10,57	10,57
400x500	2,17	5,17	6,32	7,53	8,15	8,15
400x700	1,90	4,51	5,51	6,57	7,12	7,12
500x1000	1,45	3,45	4,21	5,02	5,44	5,44

(*) Valore calcolato mediante la formula: $\Delta L = 1,05 \cdot \alpha_p^{1,4} \cdot P/S$

(P = perimetro sezione condotto; S = superficie sezione condotto) sulla base di una potenza sonora di un ventilatore con portata pari a 20.000 m³/h, perdita di carico di 15 mm ca.



Reazione al fuoco:
Euroclasse **A2-s1, d0**



Fonoisolamento:
 $R_w = 16$ dB
I.G. 351084



Resistenza alla pressione:
800Pa secondo la norma
EN 13403



Tenuta all'aria:
Classe D secondo la norma
EN 12237



Fattore di resistenza alla diffusione del vapore acqueo del rivestimento:
> 140 m² x h x Pa/mg secondo norma EN 12086



Sostenibilità/Qualità aria int.:
VOC: Classe A+ | M1
CAM | EPD



Installazione:
Per l'installazione utilizzare il nastro Isover CLIMAVER® deco dello stesso colore del pannello.

SOLUZIONE N. 275 | CONDOTTE DI VENTILAZIONE ARIA - IMPIANTI PER:

RESIDENZE	SCUOLE	OSPEDALI	ALBERGHI	UFFICI	EDIFICI COMMERCIALI
In copertura / esterno	In copertura / esterno	In copertura / esterno	In copertura / esterno	In copertura / esterno	In copertura / esterno

ISOVER CLIMAVER® STAR

Spessore: 40 mm | Peso: 2,20 Kg/m²



PRODOTTI UTILIZZATI

Soluzione per ambienti esterni che richiedono resistenza agli agenti atmosferici ed agli urti accidentali. Isover **CLIMAVER® STAR**, in linea con tutta la gamma Isover **CLIMAVER®**, contribuisce ad avere un impianto silenzioso e sostenibile.



Rivestimento interno

Tessuto acustico in fibra di vetro di colore nero denominato **neto**.



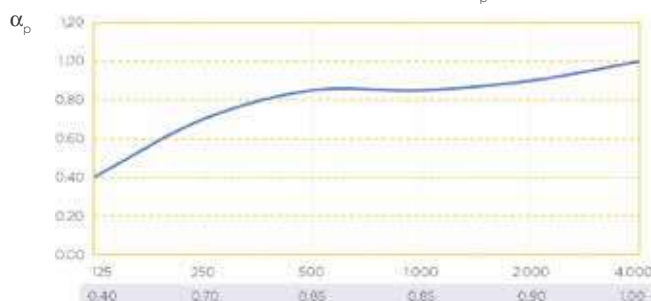
Rivestimento esterno

Foglio di alluminio plastificato 300 µm con finitura gofrata.



Assorbimento acustico

Coefficiente assorbimento acustico α_p



$\alpha_w = 0,90$

Prova acustica con plenum: CTA 040/11/REV
Coefficiente pesato di assorbimento acustico α_p
senza plenum 0,90 CTA 042/11/REV



	Frequenza (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Spessore d, (mm)	Coefficiente pratico di assorbimento acustico, α_p					
40	0,40	0,70	0,85	0,85	0,9	1,00
Dimensioni condotto (mm)	Attenuazione acustica, in tratto rettilineo, ΔL (DB/m) (*)					
200x200	5,82	12,75	16,73	16,73	18,12	21,00
300x400	3,40	7,43	9,76	9,76	10,57	12,25
400x700	2,29	5,01	6,57	6,57	7,12	8,25

(*) Valore calcolato mediante la formula: $\Delta L = 1,05 \cdot \alpha_p^{1,4} \cdot P/S$

(P = perimetro sezione condotto; S = superficie sezione condotto) sulla base di una potenza sonora di un ventilatore con portata pari a 20.000 m³/h, perdita di carico di 15 mm ca.

Reazione al fuoco: Euroclasse B-s1, d0	Resistenza alla pressione: 800Pa secondo la norma EN 12237	Tenuta all'aria: Classe D secondo la norma EN 12237	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore acqueo del rivestimento: > 150 m² x h x Pa/mg secondo norma EN 12086
Impatto da corpo duro e molle: Nessuna lesione I.G. 377869	Impatto grandine: Velocità max 37m/s I.G. 377868	Carico neve: Carico massimo (sez. 1600x900mm) 335kg/m² Carico massimo (sez. 600x600mm) 385 kg/m² Carico massimo prolungato nel tempo 248 kg/m² I.G. 377867	
Sostenibilità / Qualità aria int.: VOC: Classe A+ M1 CAM EPD	Installazione: Per l'installazione utilizzare gli accessori (nastro e colla) e gli strumenti di taglio Isover CLIMAVER® STAR		



ISOVER
SAINT-GOBAIN

CLIMA

IMAGE

ISOVER
SAINT-GOBAIN

ISOVER
SAINT-GOBAIN

MAVER

REFERENZE

Capannone 18 – Parco Innovazione nelle ex Officine Meccaniche Reggiane - Reggio Emilia

Con la riqualificazione degli 8.600 metri quadrati del Capannone 18, si conclude la prima parte del progetto denominato “Parco Innovazione”, che mira a recuperare e riutilizzare l'importante complesso delle ex Officine Meccaniche Reggiane, trasformando i suggestivi spazi esistenti in una struttura all'avanguardia pronta ad ospitare diverse aziende dedite alla ricerca ed allo sviluppo tecnologico.

Il rinnovo del Capannone 18 – originariamente dedicato a “caldareria” – consente di ridare vita ad una parte di città abbandonata da tempo e dall'inestimabile valore storico per Reggio Emilia e segue l'intervento di ristrutturazione già realizzato nell'attiguo Capannone 19, che attualmente ospita il Tecnopolo Reggiano.

Gli uffici e i laboratori ad alta tecnologia dedicati alle aziende, sono realizzati mediante la costruzione e l'intreccio di nuovi volumi in legno con **pareti e controsoffitti a secco Saint-Gobain Italia**. Tali volumi donano un'estrema flessibilità e reversibilità agli spazi e sono inseriti all'interno dello scheletro portante dell'edificio esistente, conservato come “memoria storica” insieme ad un macchinario dell'epoca

esposto all'ingresso come una vera e propria opera d'arte, espressione della fatica del lavoro e del legame con il passato.

“Siamo molto soddisfatti del risultato ottenuto” – ha spiegato durante l'inaugurazione Luca Torri di STU Reggiane S.p.A., società che gestisce la riqualificazione del complesso, realizzato dall'azienda Allodi S.r.l. di Parma – “anche considerando le diverse difficoltà che abbiamo avuto nel ripristinare immobili lasciati a se stessi per diversi motivi. Ma per superarle abbiamo scelto, anche se non era facile, di mantenere la barra dritta sulla qualità ed oggi per la vendita degli spazi del Parco Innovazione riceviamo sempre più richieste, anche da importanti soggetti internazionali.”



Visita l'intervento
in dettaglio su
Gallerylive.it



Richiesta progettuale

Pareti esterne, contropareti, controsoffitti e rivestimenti delle strutture portanti per garantire ai nuovi volumi prestazioni termo-acustiche e resistenza al fuoco.

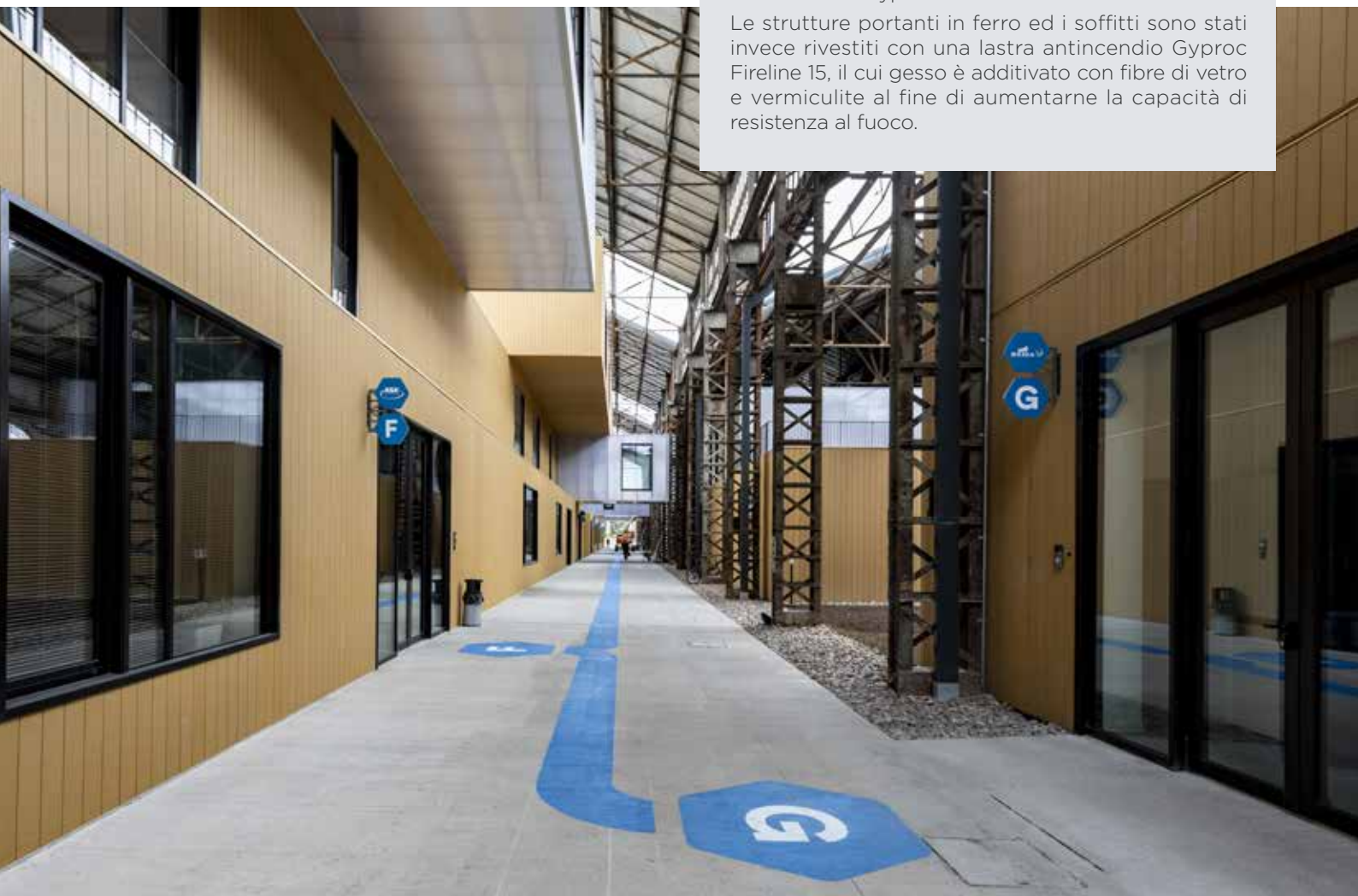


Soluzione Saint-Gobain Italia

Soluzioni a secco Saint-Gobain Italia progettate per rivestire completamente i nuovi volumi in legno costruiti all'interno del capannone storico. Le pareti esterne in XLAM sono foderate all'esterno con una lastra Gyproc DuraGyp Activ'Air® - previa applicazione di adeguato telo TYVEK come barriera al vapore - e all'interno con una lastra antincendio Gyproc Fireline 15 o Gyproc Lisaflam 15, a seconda del comportamento di reazione al fuoco richiesto.

Per garantire una maggiore attrezzabilità dei tramezzi e facilitare il passaggio delle numerose parti impiantistiche, spesso è stata aggiunta una controparete tecnica costituita da una struttura Gyproc Gyprofile da 100 mm, un pannello isolante in lana di vetro Isover PAR 4+, una lastra Gyproc Vapor ed una lastra Gyproc Wallboard.

Le strutture portanti in ferro ed i soffitti sono stati invece rivestiti con una lastra antincendio Gyproc Fireline 15, il cui gesso è additivato con fibre di vetro e vermiculite al fine di aumentarne la capacità di resistenza al fuoco.



Stazione Appaltante:

STU Reggiane S.p.A., Reggio Emilia

Responsabile Unico del Procedimento:

Arch. Massimo Magnani (Comune di Reggio Emilia)

Progetto architettonico, coordinamento generale e

Direzione Lavori:

Andrea Oliva Architetto, Reggio Emilia

Impresa esecutrice:

Allodi S.r.l., Parma

Applicatore sistemi a secco Saint-Gobain Italia (nella palazzina "Ask Spa" e in alcune zone comuni dell'intervento):

A.M.S. S.r.l.s., Lugo (RA)

Nuovo edificio dell'Università IULM - Milano

L'ultimo edificio costruito all'interno del Campus IULM è un innovativo mosaico di spazi tecnologici nato per arricchire l'offerta didattica – laboratoriale e culturale della Libera Università di Lingue e Comunicazione – IULM fondata a Milano nel 1968.

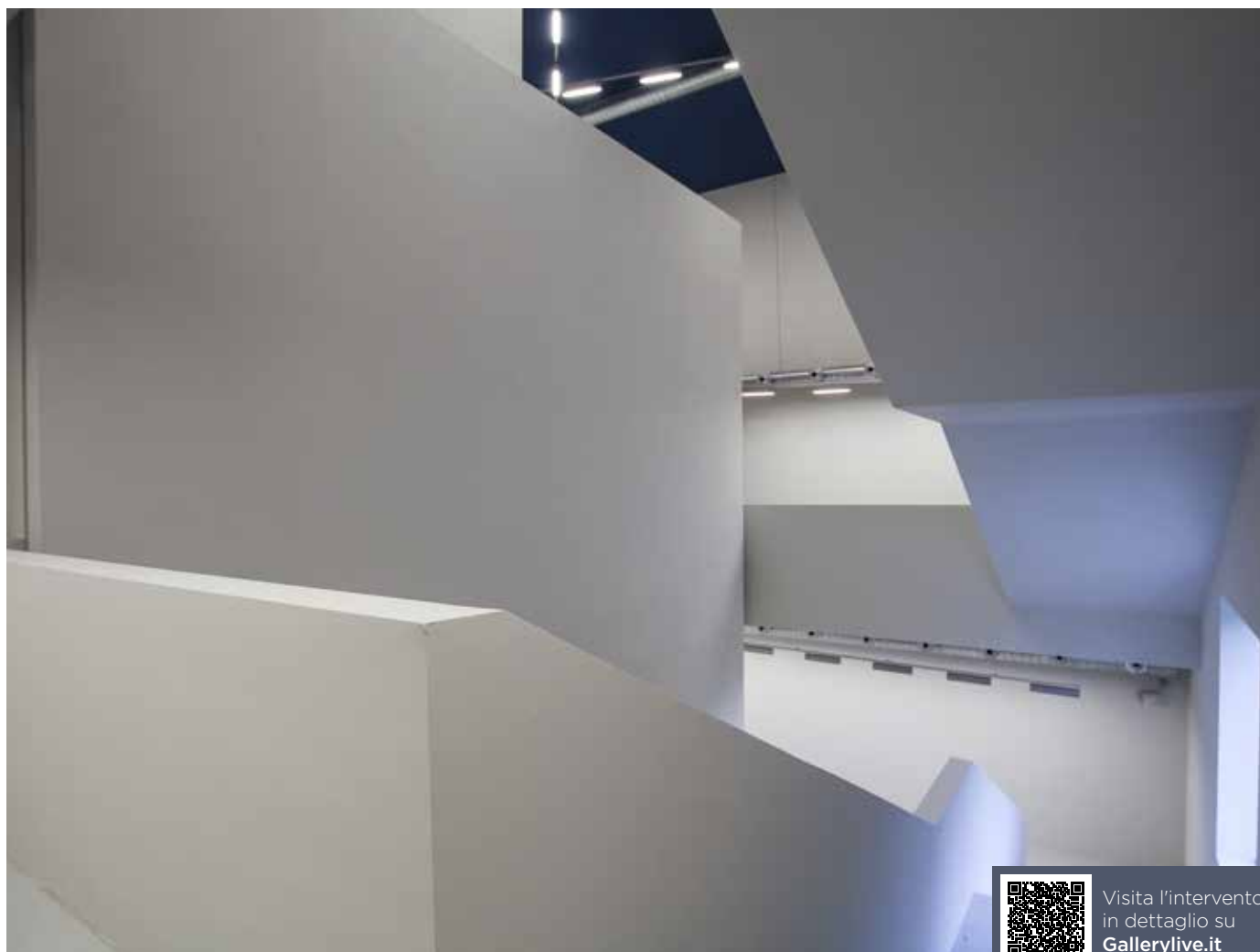
Il complesso è pensato per incentivare il rapporto tra università e imprese e per favorire lo scambio di culture e saperi con la città. Un luogo di dialogo e di comunicazione essenziale in un ateneo contemporaneo, un'osmosi che supera il tradizionale legame tra sapere e produzione, un'occasione importante di crescita e di specializzazione in collaborazione con le istituzioni pubbliche e il mondo delle imprese, un vero e proprio centro culturale polivalente dove nessun confine separa la nuova struttura dal tessuto urbano circostante.

La nuova struttura è composta da una serie di edifici differenti per forma e per funzione: la torre, vero fulcro architettonico del complesso, contrasta fortemente con le costruzioni più basse che ospitano un grande auditorium, una sala polivalente con 146 posti a sedere, uno spazio espositivo, una mensa e numerosi laboratori.

Diverse tipologie di pareti e contropareti tecniche Saint-Gobain Italia – assemblate con differenti lastre di gesso rivestito e supportate dai prestazionali isolanti in lana di vetro Isover PAR 4+ forniti da Isover Saint-Gobain – rappresentano la risposta ideale alle richieste progettuali

di razionalità costruttiva, flessibilità, eleganza, isolamento termo-acustico e, dove necessario, compartimentazione al fuoco.

Gli speciali sistemi a quattro lastre Gyproc SA 150/100 L e SA 100/50 L per i separativi d'ambiente, le varie contropareti accostate ai muri perimetrali e costituite da lastre standard abbinate a lastre Gyproc Vapor 13, le pareti antincendio costruite con le speciali lastre Gyproc Fireline 13 sono tutti esempi tangibili delle **potenzialità tecniche ed estetiche offerte dalle più avanzate soluzioni Saint-Gobain Italia**.

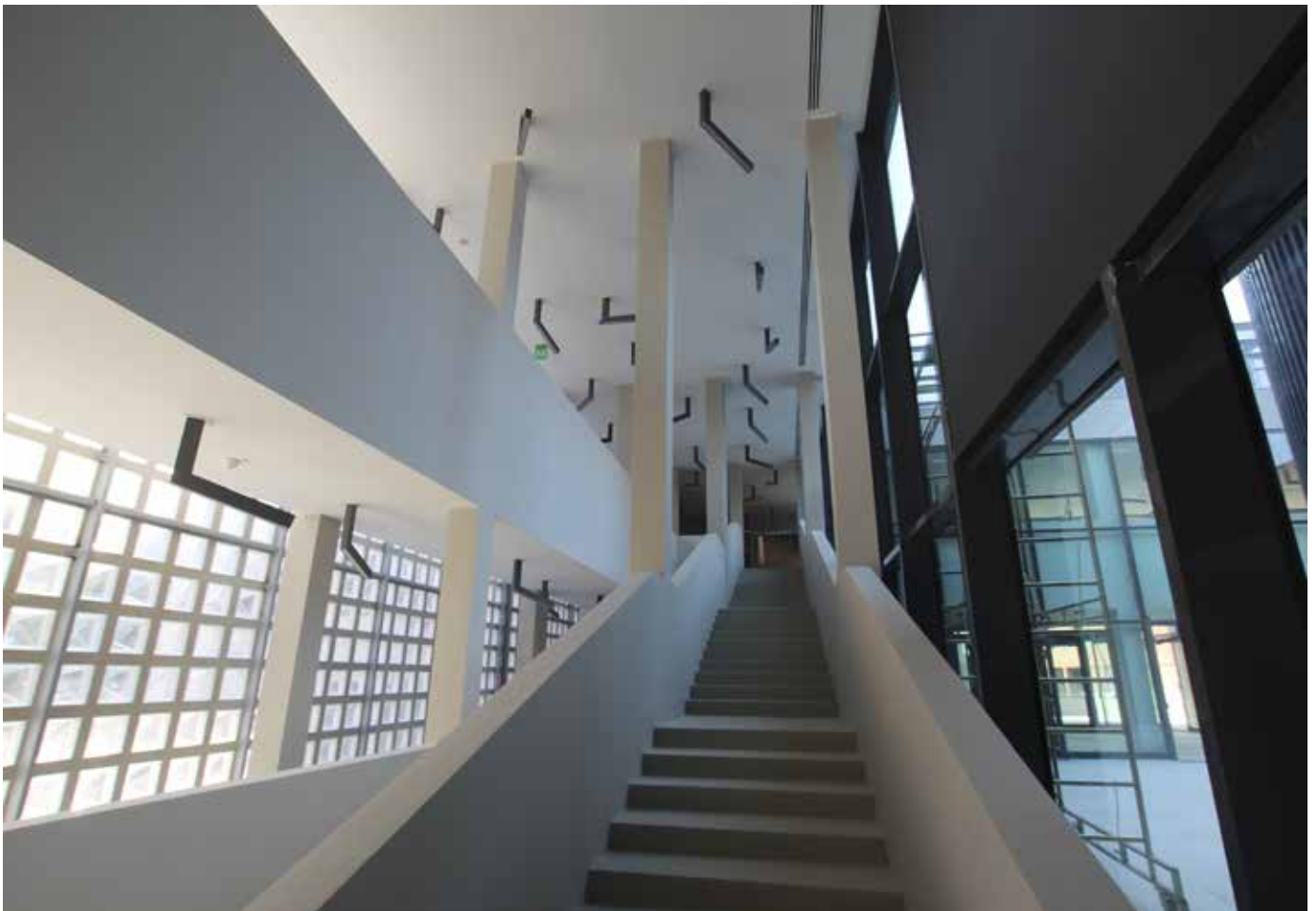


Visita l'intervento
in dettaglio su
Gallerylive.it

Nello spazio espositivo, inoltre, una spettacolare parete a tutta altezza realizzata completamente a secco – con struttura metallica da 100 e lastre Gyproc Wallboard 13 – si accosta, senza unirsi, ai muri in cemento armato del blocco ascensore, lasciando libera una suggestiva “feritoia” verticale continua dalla quale si distribuisce l’aria primaria dell’impianto di riscaldamento e di condizionamento.

Grande importanza è data anche all’utilizzo dei vari controsoffitti che diventano spesso l’elemento più caratteristico e significativo dal punto di vista visivo ed architettonico: la

piccola sala polivalente è foderata da un elegante controsoffitto tecnico che nasconde le numerose parti impiantistiche, la grande copertura a botte dello spazio espositivo è rivestita all’interno da una lastra Gyproc Wallboard 13 che ne segue perfettamente la forma curvilinea, nella mensa, infine, l’utilizzo di diverse colorazioni e l’alternarsi di superfici forate del sistema Gyproc Rigitone 8/18 Activ’Air® e di lastre standard Gyproc Wallboard 13 consentono di personalizzare l’ambiente e di assicurare il massimo delle prestazioni acustiche.



Committente::

Itala 1953 srl, Milano

Progettazione architettonica, paesaggistica, urbanistica e coordinamento:

5+1AA Alfonso Femia Gianluca Peluffo srl, Genova Parigi Milano

Direzione Lavori:

Arch. Gianluca Peluffo (5+1AA)

Impresa esecutrice:

Italiana Costruzioni spa, Milano Roma

Applicatore sistemi a secco Saint-Gobain Italia:

impreMAC srl, Roma

Complesso residenziale a Santarcangelo di Romagna

A Santarcangelo di Romagna è nato un nuovo complesso di ville indipendenti ed edifici plurifamiliari, che si differenziano per grandezza e stile architettonico, ma accumulati dall'utilizzo di tecniche innovative finalizzate alla ricerca del massimo comfort abitativo.

In tutti gli edifici del complesso, la scelta delle lastre pre-stazionali Gyproc Habito® Forte per la realizzazione di contropareti tecniche e divisori interni ha permesso di creare soluzioni ad alto contenuto tecnologico in grado di isolare perfettamente gli spazi interni dal punto di vista termo-acustico.

Le speciali lastre Gyproc Habito® Forte - appositamente studiate per rispondere alle nuove esigenze dell'edilizia residenziale - assicurano prestazioni eccezionali in termini di proprietà meccaniche ed estetiche, con un'imbattibile capacità di carico, una maggiore resistenza agli urti, un incremento dell'isolamento acustico ed una riduzione dei tempi di posa.

Lastre Gyproc Habito® Forte: le principali caratteristiche

- Resistenza ai carichi
- Elevata durezza superficiale
- Resistenza all'effrazione
- Riduzione tempi di posa
- Facilità di posa
- Resistenza al fuoco
- Elevato isolamento acustico
- Elevata finitura estetica
- Sostenibilità



Visita l'intervento
in dettaglio su
Gallerylive.it



Richiesta progettuale

Rivestimento tramite controfodere a secco di tutti i tamponamenti perimetrali degli edifici per migliorare le prestazioni termo-acustiche e facilitare il passaggio degli impianti.



Soluzione Saint-Gobain Italia

Controparete tecnica Saint-Gobain Italia accostata alle murature perimetrali e costituita da una struttura metallica Gyproc Gyprofile, un pannello isolante in lana di vetro Isover PAR 4+ ed una lastra speciale Gyproc Habito® Forte.

Tale soluzione consente di aumentare notevolmente le prestazioni termiche ed acustiche e di contenere le numerose parti impiantistiche, senza rinunciare ad un'elevata capacità di carico e resistenza meccanica.

Richiesta progettuale

Pareti divisorie interne agli alloggi in grado di assicurare solidità e comfort abitativo.



Soluzione Saint-Gobain Italia

Parete divisoria Gyproc SA 125/75 L HF dello spessore totale di 125 mm, costituita da una struttura metallica Gyproc Gyprofile, un pannello isolante in lana di vetro Isover PAR 4+ e una doppia lastra per lato Gyproc Habito® Forte.

Caratteristiche prestazionali della parete:

- Sostenibilità: Classe A+ - Gyproc Habito® Forte non contiene formaldeide e altre sostanze dannose per la salute, perché adotta i più alti standard europei nella regolamentazione del livello di emissione di composti organici volatili (EN ISO 16000-9:2006) - Rapporto di prova del laboratorio LAPi n. 1851.2ISO331/15.
- Potere fonoisolante: $R_w = 63$ dB - Valutazione analitica con riferimento al rapporto di prova dell'Istituto Giordano n. 327557.
- Resistenza al fuoco: EI 120 ($H_{max} = 5$ m) - Rapporto di prova dell'Istituto Giordano n. 327545/3738 FR.
- Resistenza all'azione sismica: Test report Politecnico di Milano: assenza di collasso fragile ed espulsione di materiale, per il rispetto dello stato limite di salvaguardia della vita; sistemi in grado di assorbire eventuali spostamenti di interpiano senza danneggiarsi; vincoli delle pareti alle strutture portanti in grado di resistere.
- Trasmissione termica: $U = 0,433$ W/m²K - Valutazione analitica

Committenti:

Cucù Italia S.r.l., Riccione (RN) - Immobiliare Ceccarelli & Buda, Santarcangelo di Romagna

Progetto architettonico:

Arch. Gabriele Fornari - Arch. Camilla Nanni, Santarcangelo di Romagna

Impresa esecutrice/applicatore sistemi a secco Saint-Gobain Italia:

Idrotermica D.I.C.A. S.r.l., Rimini

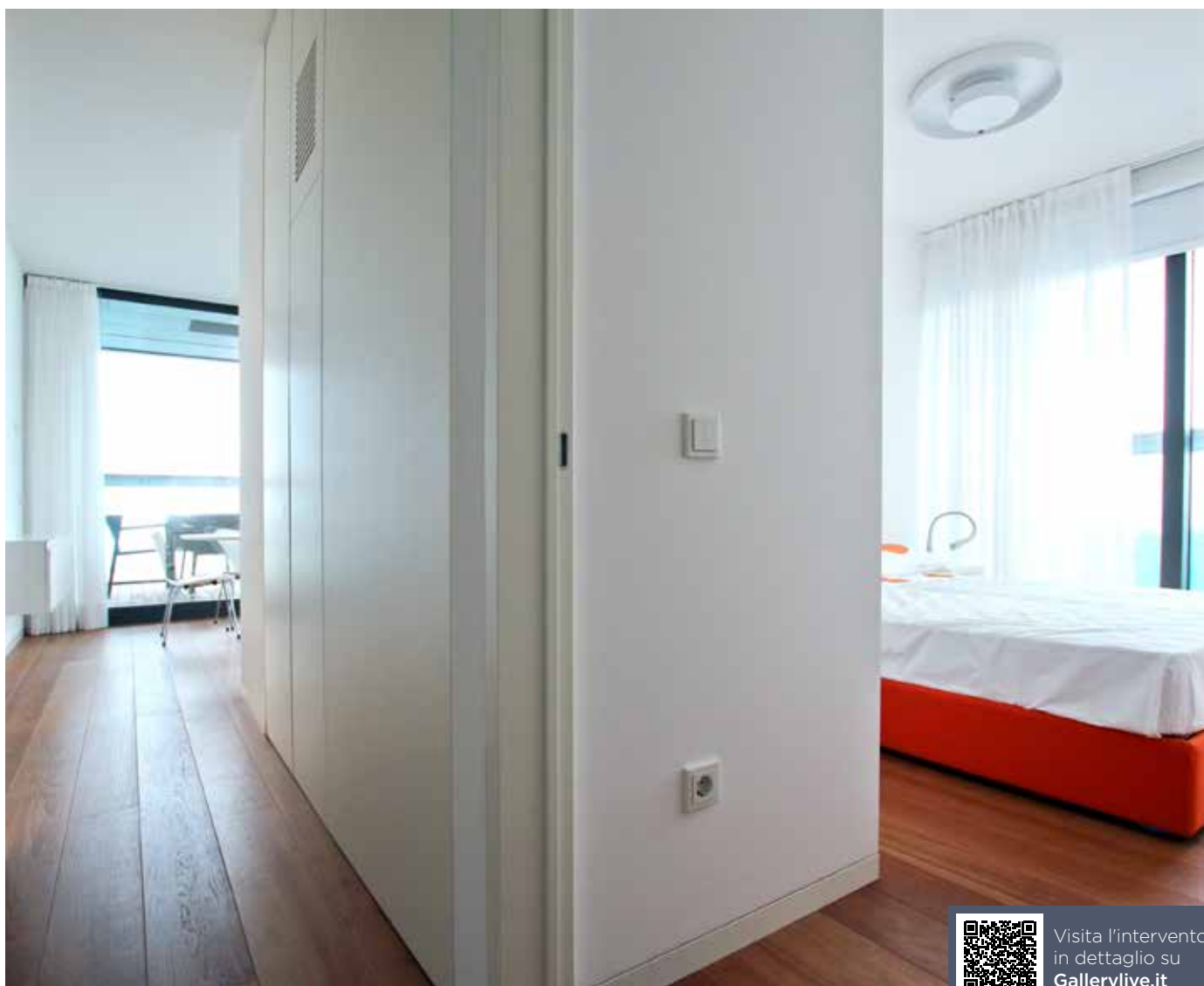
Merville Casa nel Parco - Jesolo (VE)

Merville è uno spettacolare intervento di riqualificazione inserito in una suggestiva pineta di 50.000 metri quadrati divisa in due da Viale Oriente: l'area fronte mare è riservata agli edifici e al verde privato, l'altra parte è adibita a parco pubblico. Il progetto dell'intero complesso è stato affidato a due architetti portoghesi, Gonçalo Byrne e Joao Ferreira Nunes, che hanno integrato perfettamente le costruzioni con il luogo in cui sono inserite attraverso una progettazione attenta e razionale, in grado di esaltare il forte legame tra natura e architettura. L'intervento comprende una torre di 25 piani che ospita 83 unità residenziali e 3 edifici di 4 piani, per complessivi 60 appartamenti, un'area commerciale lungo Viale Oriente, 225 posti auto interrati, 3 piscine di cui una riscaldata, saune, spogliatoi e una palestra condominiale.

Merville utilizza tre fonti energetiche alternative: geotermia, fotovoltaico e recupero di calore, che forniscono energia elettrica alle parti comuni del complesso e, abbinate ai pannelli radianti posti a soffitto, permettono di riscaldare e rinfrescare gli ambienti con un notevole risparmio sulle spese di gestione. In particolare la tecnologia dell'architettura radiante a soffitto fornita dalla Messana air | ray condi-

tioning, in collaborazione con Saint-Gobain Italia, offre un nuovo concetto di climatizzazione capace di raggiungere un perfetto punto di equilibrio tra l'uomo ed il suo ambiente, con una serie di benefit economici derivanti dalla specificità della tecnica costruttiva.

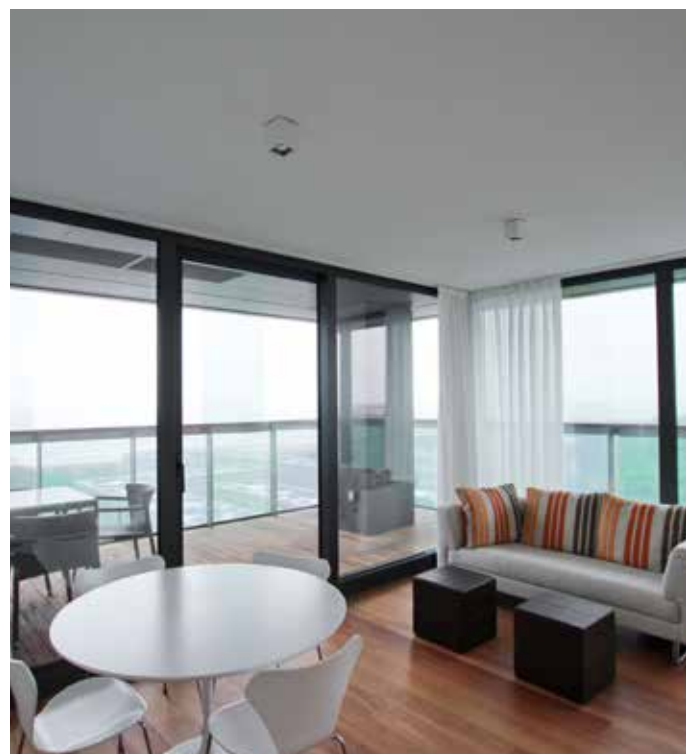
Il comfort abitativo di tutti gli appartamenti è garantito anche da un eccezionale isolamento termico ed acustico



Visita l'intervento
in dettaglio su
Gallerylive.it

offerto dai più sofisticati sistemi a secco Saint-Gobain Italia per i tramezzi interni, le pareti divisorie, le contropareti perimetrali e i controsoffitti. La struttura portante degli edifici è stata completamente foderata da una “scatola” interna – estremamente sicura, solida e performante – costituita da strutture metalliche, materiali isolanti e lastre Gyproc Habito Activ’Air® di ultima generazione.

La plasmabilità tipica della tecnologia Saint-Gobain Italia ha inoltre permesso **una grande flessibilità nella distribuzione interna degli spazi e la creazione di alcune soluzioni di grande efficacia estetica e architettonica**, come ad esempio le porte a tutta altezza e i battiscopa di tutte le unità che – completamente incassati nelle pareti – dilatano lo spazio e trasmettono eleganza e pulizia a tutti gli ambienti interni.



Committente::
COGETREV SpA, Treviso

Progetto:
Gonçalo Byrne Architetto – Joao Ferreira Nunes Architetto
Paesaggista

Impresa esecutrice:
Setten Genesio SpA, Oderzo (TV)

Soluzioni per i sistemi radianti a soffitto:
Messana air | ray conditioning

Applicatori sistemi a secco Saint-Gobain Italia:
Dras snc di Da Ros Antonio & Stefano, Sacile (PN)

Trilogia Navile - Bologna

L'intervento denominato "Trilogia Navile" si inserisce nell'ambito del macroprogetto di recupero dell'ex mercato ortofrutticolo di Bologna: una delle più importanti aree di riqualificazione urbanistica sviluppate in Italia negli ultimi anni.

Situato in posizione particolarmente strategica – a ridosso del centro storico e adiacente sia alla stazione dell'Alta Velocità che alla nuova sede centrale del Comune – Trilogia Navile è un sistema coordinato di tre grandi e prestigiosi complessi architettonici con residenze, negozi ed uffici all'interno di un enorme polmone verde di 100.000 metri quadrati, progettato dall'architetto paesaggista Andreas Kipar e costituito da due grandi parchi con piante di diverse varietà, piste ciclabili e percorsi pedonali.

Lo studio Cino Zucchi Architects, incaricato dell'ideazione degli edifici destinati all'uso residenziale, ha proposto un progetto originale che si confronta e si integra con la tradizione bolognese e che si caratterizza per la funzionalità degli spazi interni e per gli inediti rivestimenti esterni delle facciate.

I nuovi edifici sono tutti certificati in classe energetica A e sono il risultato di una progettazione attenta ed equilibrata che si avvale di dotazioni impiantistiche all'avanguar-

dia che sfruttano sistemi di ultima generazione come, ad esempio, una sofisticata centrale di trigenerazione ad alta efficienza per il riscaldamento ed il raffrescamento degli appartamenti.

L'innovativo "Sistema Casa Ambiente" proposto da Valdige Costruzioni consente inoltre di progettare soluzioni costruttive in armonia con l'ambiente e mirate alla qualità e al benessere, con caratteristiche prestazionali uniche ed un eccezionale comfort abitativo.



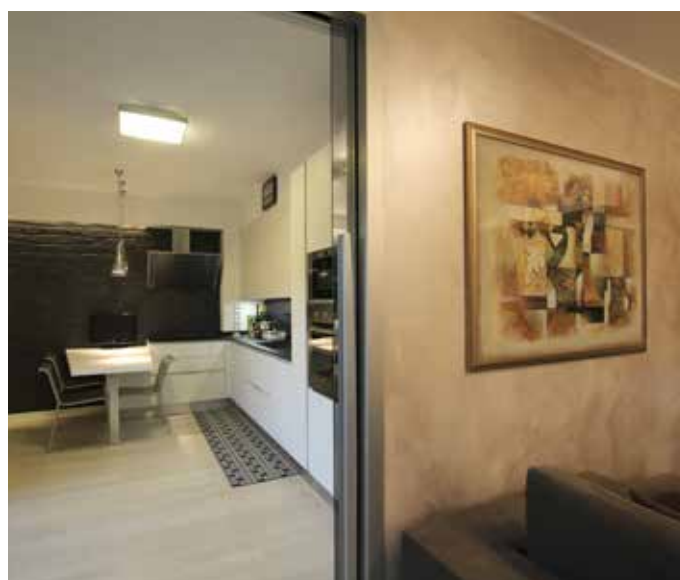
Visita l'intervento
in dettaglio su
Gallerylive.it

Per l'ottenimento del massimo isolamento termo-acustico degli appartamenti e degli spazi comuni, le murature e le strutture portanti del complesso sono rivestite da uno speciale "guscio" interno – estremamente prestazionale e di veloce applicazione – realizzato con i collaudati sistemi a secco Saint-Gobain Italia.

L'abbinamento di lastre standard Gyproc Wallboard 13, lastre in gesso rivestito fibrato Gyproc Habito® Forte e pannelli in isolante in lana di vetro Isover PAR 4+ per tutti i tavolati interni, i controsoffitti e le contropareti – quest'ultime accostate sia ai tamponamenti perimetrali che ai divisori tra unità immobiliari – assicura contemporaneamente un ottimo risultato estetico ed un'alta resistenza meccanica, con estrema razionalità costruttiva e massima pulizia di cantiere.

Gli edifici così concepiti diventano una compenetrazione di due strutture tra loro indipendenti: un box esterno di tipo tradizionale ed un altro interno, altamente tecnologico, pensato e costruito con le più avanzate tecniche a secco Saint-Gobain Italia, in grado di creare l'isolamento acustico e termico ideale in un'abitazione contemporanea.

In alcune zone comuni del complesso, come ad esempio nelle vie di fuga e nei corpi scala delle parti più alte degli edifici, le contropareti ed i controsoffitti sono realizzati con lastre speciali Gyproc Lisapla, rivestite su entrambe le facce con carta a bassissimo potere calorifico superiore così da assicurare un comportamento di reazione al fuoco in classe A1.



Committente:

Valdadige Sistemi Urbani srl – società del Gruppo Valdadige spa, Verona

Progetto architettonico:

Cino Zucchi Architects, Milano – JSWD Architekten, Colonia

Impresa esecutrice:

Astro Costruzioni srl, Treviso

Applicatore sistemi a secco Saint-Gobain Italia:

SEA srl, Caprino Bergamasco (BG)

Scuola secondaria di primo grado “G. Carducci” - Foligno (PG)

Un nuovo complesso architettonico funzionale, sicuro ed ecosostenibile, ospita gli studenti della scuola secondaria di primo grado “Giosuè Carducci” di Foligno, nata in sostituzione del vecchio edificio reso inagibile dal terremoto che sconvolse le regioni del centro Italia nel 2016.

Il nuovo plesso scolastico si trova nel centro storico della città, si sviluppa su due livelli ed è circondato da un'ampia area a verde. Pensato per ospitare fino a 500 studenti, l'edificio è composto da 22 aule, tre laboratori, la sala professori, una biblioteca, l'archivio ed i servizi igienici.

“Siamo molto soddisfatti dei nuovi spazi” – ci spiega il Dirigente Scolastico Morena Castellani – “perché si adattano perfettamente al modello di apprendimento denominato DADA, che prevede la rotazione dei ragazzi nelle diverse aule, strutturate in maniera diversa a seconda del tipo di lezione. In questo modo gli studenti partecipano maggiormente alla comunità e vivono la scuola nella sua interezza, con grandi benefici in termini di attenzione. La presenza

di ampi spazi liberi e l'assenza di interferenze acustiche giocano un ruolo fondamentale in questo tipo di percorso formativo”.

Oltre ad essere **progettato nel pieno rispetto delle normative antisismiche**, il fabbricato può contare su impianti ad alta efficienza energetica e su partizioni verticali a secco Saint-Gobain Italia di ultima generazione. **L'innovativo sistema Gyproc Glasroc® X utilizzato per la realizzazione delle pareti perimetrali** garantisce, in particolare, prestazioni antisismiche, resistenza all'umidità, leggerezza ed un eccezionale isolamento termo-acustico.

“Il terremoto che ha sconvolto la vostra vita” – ha dichiarato ai ragazzi Piero Farabollini, commissario alla ricostruzione



Visita l'intervento
in dettaglio su
Gallerylive.it

post-sisma del centro Italia – “ora ve ne offre una scolastica nuova di zecca, ricca di servizi e di opportunità. Cercate di sfruttarla al meglio per realizzare i vostri sogni, così come noi abbiamo cercato di fare del nostro meglio per dare la possibilità di ricominciare con entusiasmo ed energia. Ora avete una scuola forte e sicura.”



Stazione Appaltante/committente:

Presidenza del Consiglio dei Ministri – Commissario Straordinario Ricostruzione Sisma 2016 Responsabile Progetto

Scuole e Progetti Speciali:

Geom. Benedetto Renzetti – Presidenza del Consiglio dei Ministri

Responsabile Unico del Procedimento:

Ing. Fabio Strinati – Presidenza del Consiglio dei Ministri – Ufficio Speciale Ricostruzione Umbria

Progetto architettonico, progetto strutture e progetto impianti:

GRUPPO MARCHE – Arch. Alessandro Castelli – Ing. Fabrizio Cioppettini

Richiesta progettuale

Pareti perimetrali leggere, antisismiche e prestazionali in termini di isolamento termo-acustico e resistenza agli agenti atmosferici.



Soluzione Saint-Gobain Italia

Sistema per tamponamenti esterni Gyproc Glasroc® X, composto da una parete esterna e da una controparete interna, tra loro affiancate e realizzate completamente a secco. La parete esterna è composta da una struttura metallica, da una lastra Gyproc Vapor e da una lastra Gyproc DuraGyp Activ'Air®. In alcuni punti, per assicurare una prestazione EI 60, le due lastre sono state sostituite da due Gyproc Fireline specifiche per l'antincendio. La parete esterna è invece formata da una struttura metallica, da una lastra interna Gyproc Wallboard e da una lastra in gesso fibrorinforzato Gyproc Glasroc® X, posta verso l'esterno e rasata con idoneo ciclo di finitura.

All'interno di entrambe le strutture metalliche, è stato inserito un pannello in lana minerale Isover Arena34, in grado di garantire un elevatissimo isolamento termo-acustico.

Richiesta progettuale

Pareti interne di separazione tra aule e controsoffitti continui in lastre, per assicurare contemporaneamente prestazioni antisismiche, isolamento acustico e qualità dell'aria.



Soluzione Saint-Gobain Italia

Sistemi a secco Saint-Gobain Italia leggeri ed antisismici, specifici per l'edilizia scolastica ed in grado di assicurare elevatissimi livelli di isolamento acustico.

Le pareti sono composte da strutture metalliche di sostegno, pannelli di lana minerale ad elevate prestazioni Isover Arena34 e da due lastre per lato, una di tipo standard Gyproc Wallboard ed una ad alta resistenza Gyproc DuraGyp Activ'Air®. Quest'ultima, nei corridoi, è stata sostituita da una lastra in classe di reazione al fuoco A1 Gyproc DuraGyp A1 Activ'Air®.

Per i controsoffitti continui si è optato per una lastra Gyproc Wallboard ancorata al sistema Gyproc GySeismic Top, capace di resistere alle sollecitazioni sismiche sia orizzontali che verticali.

Direzione Lavori:

Ing. Francesco M. Castellani – Comune di Foligno

Impresa Mandataria:

Saitec Company S.r.l., Ascoli Piceno

Imprese Mandanti:

Sardellini Costruzioni S.r.l., Macerata – Enzo Reschini S.r.l., Macerata

Applicatore sistemi a secco Saint-Gobain Italia:

Catena Services S.r.l., Osimo (AN)

Nuova sede FANUC Italia - Lainate (MI)

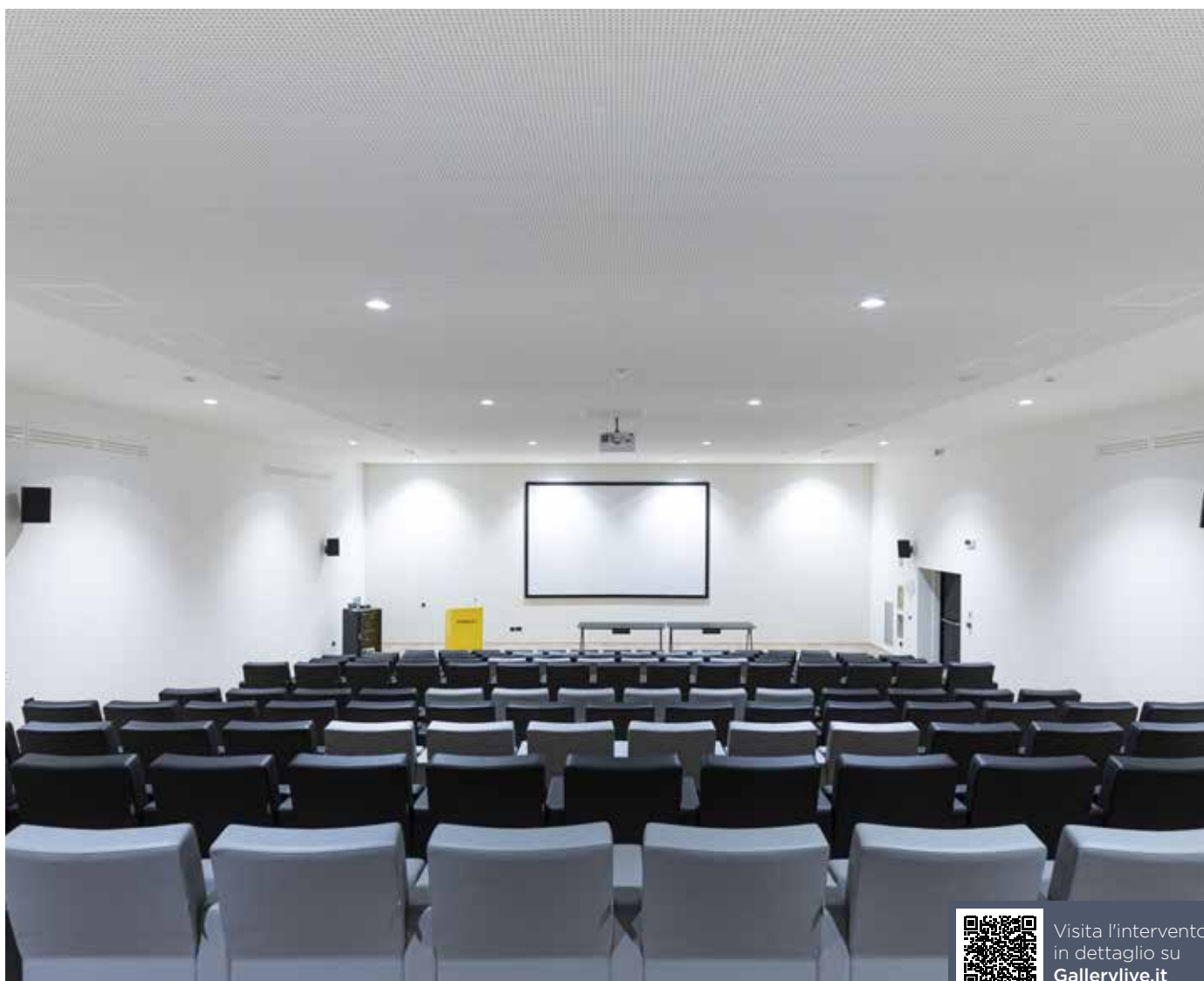
A seguito della continua crescita in Italia e grazie allo sviluppo di nuove soluzioni e competenze per l'Industry 4.0, la multinazionale FANUC – leader mondiale nel campo della robotica, del controllo numerico e dell'automazione industriale – ha inaugurato il proprio nuovo Headquarter in un complesso innovativo situato alle porte di Milano che ha ottenuto la prestigiosa certificazione LEED GOLD, secondo il sistema di classificazione degli edifici sostenibili più utilizzato al mondo.

“Questo è un giorno importante per FANUC Italia e per l'intero nostro Gruppo” – ha sottolineato durante l'inaugurazione Shinichi Tanzawa, President and CEO FANUC Europe Corporation – “e siamo certi che questo nuovo polo contribuirà a consolidare il trend di crescita e la leadership della nostra azienda nel mercato italiano. L'importante investimento che abbiamo deciso di realizzare trova oggi il suo definitivo compimento in un insediamento all'avanguardia dal punto di vista tecnologico, che ben riflette l'eccellenza che da sempre contraddistingue FANUC. Un'eccellenza che si sposa perfettamente con l'alta qualità dell'industria manifatturiera italiana, le cui esigenze stimolano e indirizzano la nostra ricerca e lo sviluppo di prodotti innovativi.”

Tutti gli spazi sono concepiti all'insegna della tecnologia, della qualità e del comfort, con superfici trasparenti che aumentano la luce naturale, una grande terrazza all'aperto ed una molteplicità di spazi verdi, senza dimenticare i colori identificativi dell'azienda.

All'interno della struttura che si estende per circa 12.000 metri quadrati, trovano posto gli uffici direzionali ed una serie di eleganti ambienti che identificano l'azienda: dalla Reception alle Meeting Rooms, dall'Hanami Canteen alla FANUC Hall, un auditorium da 155 posti per eventi, workshop e convegni, dove poter condividere nuove idee ed opportunità.

Ma il cuore pulsante della nuova sede è sicuramente la



Visita l'intervento
in dettaglio su
Gallerylive.it

FANUC Experience: un'esposizione permanente composta da uno Showroom, da un Training Center e da una Technical Area, con test applicativi su casi reali e percorsi formativi costruiti intorno alle esigenze dei clienti.



Richiesta progettuale

Pareti interne a struttura singola e doppia, contropareti tecniche, controsoffitti in lastre, cavedi tecnici, compartimentazioni al fuoco e rivestimenti di elementi in cemento armato.



Soluzione Saint-Gobain Italia

Sistemi a secco Saint-Gobain Italia specifici per il settore terziario e progettati per assicurare prestazioni superiori in termini di resistenza meccanica ed isolamento acustico, per ridurre notevolmente i tempi di realizzazione, migliorare la qualità dell'aria interna e garantire funzionalità nell'integrazione con i complessi apparati impiantistici previsti in progetto.

Le numerose stratigrafie utilizzate rispecchiano le richieste progettuali a seconda delle diverse destinazioni d'uso degli spazi del complesso e sono costituite dai seguenti elementi: strutture metalliche Gyproc Gyprofile, pannelli isolanti Isover PAR 4+ e Isover Arena 34 e svariate tipologie di lastre – Gyproc Wallboard, Gyproc Fireline, Gyproc Duragyp Activ'Air® e Gyproc Hydro – scelte secondo le esigenze e le caratteristiche dei vari ambienti.

Richiesta progettuale

Controsoffitti continui in lastre o ispezionabili a pannelli per garantire funzionalità, resa estetica e prestazioni acustiche.



Soluzione Saint-Gobain Italia

Sistemi Saint-Gobain Italia per controsoffitti continui in lastre e per controsoffitti ispezionabili a pannelli modulari, in grado di dare le giuste risposte in termini di trattamento acustico ed impatto architettonico agli spazi destinati agli uffici ed in generale al settore terziario.

Nel ristorante Hanami Canteen è stato scelto il sistema in lastre Gyproc Rigitone 8-15-20 Activ'Air® con forature irregolari rotonde, nella FANUC Hall si è optato per il controsoffitto acustico Gyproc Rigitone 8/18 Q Activ'Air® con foratura continua quadrata (applicato anche sulla parete di fondo della sala), mentre nella cucine e in alcuni spazi comuni del complesso i controsoffitti modulari a pannelli Eurocoustic Tonga® Ultra Clean HP A 22 e Eurocoustic Minerval® A 12 garantiscono massima praticità, igiene e luminosità.

Committente:
FANUC Italia S.r.l., Lainate

Impresa esecutrice:
Edilteco Restauri S.r.l., Opera (MI)

Applicatore sistemi a secco Saint-Gobain Italia:
RI.PA S.p.A., Roè Volciano (BS)

Sede ITAS Assicurazioni - Milano

Realizzato tra la fine degli anni '20 e l'inizio degli anni '30 su progetto degli architetti Gio Ponti ed Emilio Lancia, l'edificio situato in Via Santa Maria Segreta 5, tra piazza Cordusio e Piazza Affari, è stato oggetto di un globale intervento di recupero e di rifunzionalizzazione volto a conservare gli elementi storico-architettonici più rilevanti e a rendere più luminosi ed aperti verso l'esterno gli spazi interni, che oggi ospitano gli uffici della compagnia assicurativa Itas.

"Il progetto ha cercato di generare un delicato squilibrio utile ad accogliere le nuove dinamiche lavorative del Gruppo Itas" – si legge nella relazione di progetto redatta dalla società di progettazione Il Prisma di Milano – "scardinando in parte l'austerità con l'uso consapevole di materiali contemporanei e scelte tipologiche che creano una rottura con lo stile passato, ma allo stesso tempo si pongono in continuità con linee e forme preesistenti. Grandi campiture vetrate e finiture in lamiera metallica, sagomata e forata a campione, sono gli elementi che matericamente definiscono l'intervento. Dal punto di vista dei benefit energetici e funzionali, gli efficientamenti impiantistici e formali hanno generato vantaggi che portano l'immobile alla massima capacità performativa."

L'edificio è costituito da un unico corpo di fabbrica sviluppato su cinque piani fuori terra, le cui facciate sono composte da un basamento rivestito in pietra su tre livelli, da un corpo

centrale intonacato e da un coronamento arretrato. I cornicioni orizzontali e le aperture con le relative decorazioni creano un effetto di luci ed ombre che contribuisce a dare maggiore solidità al volume.

"Il progetto di ristrutturazione" – si legge ancora nella relazione di progetto – "ha avuto come obiettivo quello di rendere più trasparente e aperto l'immobile. Austerità, classicità, controllo degli accessi erano perfetti per banche e assicurazioni nella fase di concezione del progetto originale. Oggi, invece, l'apertura, le relazioni, la disponibilità a farsi attraversare sono indispensabili nell'avviare processi in positivo nei luoghi del risparmio ed investimento. Con un lavoro attento e puntuale, Il Prisma ha reso più trasparente e luminoso l'immobile. Per questo le aperture del piano terra sono diventate vetrine, le coperture non calpestabili si sono fatte terrazze e punti di vista sulla città."



Visita l'intervento
in dettaglio su
Gallerylive.it



Committente:
Gruppo ITAS Assicurazioni, Trento

Progetto e Direzione Lavori:
Il Prisma Architettura S.r.l., Milano

Impresa esecutrice:
Borio Mangiarotti S.p.A., Milano

Applicatore sistemi a secco Saint-Gobain Italia:
Mattarozzi S.r.l., Novate Milanese (MI)

Richiesta progettuale

Divisori interni, contropareti e controsoffitti in lastre specifici per il recupero del patrimonio edilizio esistente ed in grado di migliorare notevolmente le prestazioni termo-acustiche degli spazi interni.



Soluzione Saint-Gobain Italia

Sistemi a secco Saint-Gobain Italia ideali per la ristrutturazione e la riqualificazione di edifici di grande valore storico-architettonico e basati sull'assemblaggio di diverse tipologie di lastre - Gyproc Wallboard, Gyproc Hydro, Gyproc Fireline, Gyproc DuraGyp Activ'Air®, Gyproc Habito Activ'Air® - che garantiscono prestazioni termo-acustiche e grande flessibilità di utilizzo, senza gravare staticamente sulle strutture portanti esistenti.

Per la realizzazione di alcune contropareti al piano interrato - rivestite con pesanti lastre di marmo - è stato scelto il sistema Gyproc Habito® Forte, perfetto da utilizzare nei casi in cui sia richiesta un'elevata resistenza meccanica e portata ai carichi.

Richiesta progettuale

Controsoffitti acustici ed estetici da applicare in alcune aree comuni e sale riunioni del complesso.



Soluzione Saint-Gobain Italia

Controsoffitti continui in lastre Gyproc Gyptone BIG Quattro 41 Activ'Air®, un sistema ineguagliabile in termini di resa estetica e prestazioni acustiche, ideale da applicare per ottenere interni di prestigio, grazie alla presenza di eleganti decori costituiti da una foratura regolare quadrata.

L'esclusiva tecnologia Activ'Air® assicura un miglioramento della qualità dell'aria grazie all'assorbimento e alla neutralizzazione della formaldeide presente negli ambienti interni.

Scuola primaria “Cocconi” - Parma

Un importante intervento di riqualificazione ha completamente rinnovato alcuni spazi della scuola primaria “Cocconi” e permesso l'adeguamento della struttura alle vigenti normative in tema di antincendio, impiantistica e miglioramento sismico.

I lavori di ristrutturazione hanno coinvolto principalmente la palestra, la mensa e l'auditorium della scuola e si sono svolti all'interno del programma di riqualificazione messo in opera dal Comune di Parma nel “Piano straordinario per l'edilizia scolastica”. La palestra ha subito un intervento radicale ed è stata trasformata rendendola più accogliente e sicura con il rifacimento del pavimento, delle pareti e del controsoffitto, l'auditorium è stato interessato da misure antincendio, da un nuovo impianto audio e dal miglioramento delle condizioni acustiche, nella mensa sono stati rifatti i controsoffitti e migliorata l'illuminazione. In tutti gli ambienti coinvolti

dal progetto, **Saint-Gobain Italia ha fornito i propri sistemi per controsoffitti ispezionabili e continui, contraddistinti da elevate performance acustiche ed idonee prestazioni antincendio** richieste dalle attuali normative. I controsoffitti utilizzati, grazie anche alla scelta di colorazioni vivaci con alta resa estetica, personalizzano e connotano fortemente i diversi spazi del complesso. Il sistema Gyproc Rigitone Activ'Air®, applicato come rivestimento fonoassorbente sulle pareti dell'auditorium, assicura inoltre un miglioramento della qualità dell'aria grazie all'assorbimento ed alla neutralizzazione della formaldeide presente negli ambienti interni.



Visita l'intervento
in dettaglio su
Gallerylive.it



Richiesta progettuale

Controsoffitti ispezionabili e rivestimenti a parete dell'auditorium per assicurare prestazioni acustiche ed un'elevata resa estetica.



Soluzione Saint-Gobain Italia

Sistema per controsoffitti ispezionabili interni Eurocoustic Tonga® A di colore rosso, costituito da pannelli rigidi autoportanti in lana di roccia, resistenti agli urti e all'umidità, facili da montare e con un piacevole impatto estetico. Applicate su alcune porzioni di pareti dell'auditorium, le lastre Gyproc Rigitone 8-15-20 Super Activ'Air® - con decoro costituito da forature continue irregolari rotonde - contribuiscono ad aumentare le prestazioni acustiche della sala.



Richiesta progettuale

Controsoffitti e rivestimenti a parete della palestra contraddistinti da un'elevata resistenza agli urti.



Soluzione Saint-Gobain Italia

Sistema per controsoffitti Eurocoustic Acoustichoc® che, grazie al velo rinforzato dei pannelli in lana di roccia di cui è costituito, è particolarmente indicato negli ambienti sottoposti ad urti ripetuti. Per i controsoffitti sono stati scelti i pannelli rettangolari 60x120 cm di colore verde, mentre per i rivestimenti a parete si è optato per il colore grigio.



Richiesta progettuale

Controsoffitti ispezionabili nella mensa ed in alcuni locali di servizio della scuola, per nascondere il passaggio degli impianti ed assicurare prestazioni acustiche ed un'elevata resa estetica.



Soluzione Saint-Gobain Italia

Sistema per controsoffitti ispezionabili interni Eurocoustic Tonga® E, costituito da pannelli rigidi autoportanti in lana di roccia, facili da montare e con un altissimo coefficiente di riflessione luminosa.

Caratteristiche prestazionali del controsoffitto:

- Assorbimento acustico - 20 mm: $\alpha_w = 0,95$
- Reazione al fuoco: Euroclasse A1
- Tenuta all'umidità: 100% resistente, qualunque sia il livello di umidità relativo dell'aria.

Ente Appaltante:

Parma Infrastrutture SpA, Parma

Responsabile Unico del Procedimento:

Geom. Marco Ferrari, Parma

Progetto esecutivo:

Ing. Angelo Porzani, Noceto (PR)

Direzione Lavori:

Ing. Fulvio Vignola, Parma

Impresa esecutrice:

Zambelli s.r.l., Galeata (FC)

Applicatore sistemi a secco Saint-Gobain Italia:

Zambelli s.r.l., Galeata (FC) in collaborazione con Fratelli Anelli s.n.c., S. Ermete di Santarcangelo (RN)

Ristrutturazione cascina - Castellar (CN)

Intervento di ristrutturazione su una cascina con il rifacimento dell'isolamento del tetto e murature perimetrali.

Per l'isolamento dei muri perimetrali è stato scelto il top della gamma verticale Saint-Gobain Isover: Isover Extrawall 4+, con spessore di 80 mm.

Nel primo solaio controterra, sopra il massetto, è stato applicato l'isolante Isover Superbac Roofine® G3 nello spessore di 80 mm, al di sopra del quale è stato realizzato un massetto di carico con rete elettrosaldata.

Il tetto a falda è stato isolato interponendo tra i listelli, posati su un tavolato da 20 mm, il pannello Isover Climabac G3 nello spessore in monostrato da 160 mm.

Il pacchetto tetto è stato poi chiuso con un ulteriore tavolato sul quale sono stati applicati i listelli di ventilazione ed i listelli per i coppi. Sulla parte più alta del tetto è stato poi installato un impianto fotovoltaico.



Visita l'intervento
in dettaglio su
[Isover.it](https://www.iso-ver.it)



Tipo di intervento/applicazione

Intercapedine muri perimetrali, solaio contro terra e tetto a falda



Soluzione Saint-Gobain Italia

Nei muri perimetrali, a tradizionale cassa vuota isolata, abbiamo scelto il top della gamma verticale Saint-Gobain Isover Italia: Isover Extrawall 4+ con spessore di 80 mm.

Nel primo solaio contro terra, sopra il massetto, è stato applicato l'isolante Isover Superbac Roofine® G3 nello spessore di 80 mm e sopra esso è stato fatto un massetto di carico con rete elettrosaldata.

Il tetto a falda è stato isolato interponendo tra i listelli, posati su un tavolato da 20 mm, il pannello Isover Climabac G3 in monostrato, nello spessore da 160 mm. Il pacchetto tetto è stato poi chiuso con un ulteriore tavolato sul quale sono stati applicati i listelli di ventilazione ed i listelli per i coppi. Sulla parte più alta del tetto verrà fatto l'impianto per il fotovoltaico.



Progettista:

Arch. Alberto Aimale, Cuneo

Impresa:

Fabrizio Grillo – Saluzzo (CN)

Distributore/partner Isover/Bituver:

SIRE di Arneodo, San Dalmazzo (CN)

MEIS – Museo Nazionale dell'Ebraismo Italiano e della Shoah - Ferrara

Il museo nasce dalla riconversione dell'ex carcere cittadino: un complesso di tre piani completamente riqualificato, che si articola su quasi 1.300 metri quadrati e che ospita anche una biblioteca ed un centro di documentazione.

Attraverso un cambio d'uso radicale, il preesistente penitenziario è stato adattato ad una nuova funzione e identità: il carcere, luogo per definizione di chiusura e di segregazione, si trasforma in uno spazio rivolto all'incontro e all'integrazione, all'elaborazione e alla divulgazione della conoscenza.

La logica di reclusione totale viene sostituita da una maggiore flessibilità planimetrica e dalla massima disponibilità verso il visitatore, con un impatto anche sulla distribuzione degli spazi: le celle originarie, ad esempio, sono state unite per gruppi in modo da ricavare ambienti adeguati alle esposizioni e ad un impiego museale pubblico.

"Aver applicato in un intervento di restauro e risanamento conservativo i principi di sostenibilità ambientale contenuti nel protocollo di certificazione GBC Historic Building ispirato al rating system LEED" – afferma l'architetto Andrea Valentini, consulente LEED AP/GBC HB AP – "rappresenta una



Visita l'intervento
in dettaglio su
Gallerylive.it

novità assoluta e l'inizio di un percorso che possa portare a un recupero intelligente dell'enorme patrimonio edilizio storico italiano".

Oltre alla fornitura di prodotti e sistemi naturali ed ecosostenibili, Saint-Gobain ha collaborato in fase di cantiere anche con il progetto Gy.eco, che da qualche anno sviluppa un sistema di gestione e recupero degli scarti provenienti dalle

attività di posa e post-vendita di aziende che operano nel mondo della tecnica a secco.

Il progetto Gy.eco propone una soluzione alternativa allo smaltimento in discarica, offrendo un servizio di gestione e di recupero degli scarti a base gesso e contribuendo così alla riduzione dell'impatto ambientale provocato dalle discariche per rifiuti da costruzione.



Stazione Appaltante:

Segretariato Regionale del Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo per l'Emilia Romagna, Bologna

Responsabile Unico del Procedimento:

Arch. Carla Di Francesco (Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo)

Progettisti:

Studio ARCO, Bologna - Studio SCAPE, Roma

Direzione Lavori:

Ing. Alberto Lionello - Ing. Angela Ugatti - Geom. Andrea Frabetti

Consulenza LEED /GBC HB:

Arch. Andrea Valentini LEED AP BD+C, Porto San Giorgio (FM)

Impresa esecutrice/applicatore dei sistemi Saint-Gobain Italia:

Ferrara SCARL, L'Aquila

Scuola primaria di Giano dell'Umbria - Giano dell'Umbria (PG)

Dopo la violenta scossa di terremoto che il 24 agosto 2016 ha colpito il Centro Italia, la scuola primaria di Giano dell'Umbria, nella frazione di "Bastardo", è stata demolita e ricostruita con criteri antisismici e tecnologia costruttiva a secco, per una capienza massima di 300 bambini.

L'edificio si articola su di un unico piano e il suo assetto planimetrico riprende il classico schema delle domus romane: una grande corte interna centrale lungo la quale corre un corridoio comune che consente l'accesso ai vari ambienti scolastici posti sul perimetro. Oltre a 10 aule, sono presenti due laboratori, due blocchi di servizi igienici, lo spazio dell'ingresso ed una sala professori. Il tutto progettato con ampie aree esterne di pertinenza e con un'attenzione particolare all'eliminazione di qualsiasi barriera architettonica e allo studio di speciali percorsi per ipovedenti.

Il nuovo complesso è costruito con plinti in cemento armato, strutture portanti in acciaio protette con l'intonaco antincendio Gyproc Igniver, coperture in pannelli coibentati, serramenti in PVC, tamponature esterne e divisori interni a secco con lastre ed isolamenti in lana di vetro Saint-Gobain Italia.



Visita l'intervento
in dettaglio su
[Gallerylive.it](https://www.gallerylive.it)

Gli impianti sono di ultima generazione e prevedono un sistema di riscaldamento radiante a pavimento, caldaia a pellet, pannelli fotovoltaici, impianto dati digitalizzato, controllo di gestione automatizzato, sistemi di distribuzione e ricambio d'aria con condotti autoportanti e preisolati Isover CLIMAVER®.

“Grazie all'utilizzo della tecnologia stratificata a secco e alla cura nello studio dei dettagli costruttivi” – ci spiega l'ingegnere

Andrea Moretti, direttore dei lavori della Provincia di Perugia – “siamo riusciti a coniugare ottimi livelli di comfort e isolamento acustico con un risultato architettonico gradevole, anche grazie all'ampio spazio che è stato dedicato alle pertinenze. L'insieme di strutture portanti in acciaio, pannelli coibentati e partizioni a secco garantiscono sicurezza nei confronti delle azioni sismiche di progetto, ben più severe delle azioni ordinariamente richieste dalle vigenti normative”.



Committente:

Presidenza del Consiglio dei Ministri

Responsabile Unico del Procedimento:

Ing. Paolo Felici – Regione Umbria

Progettazione architettonica esecutiva:

Arch. Giuseppe Luciano – Sigeco Engineering S.r.l., Cosenza

Direzione Lavori:

Ing. Andrea Moretti – Provincia di Perugia

Impresa esecutrice opere edili/applicatore sistemi a secco e intonaci Saint-Gobain Italia:

F. & S. COSTRUIRE S.r.l., Siderno Marina (RC)

Responsabile di cantiere:

Geom. Francesco Muià

Impresa esecutrice delle opere impiantistiche:

Termoma per Codispoti Gennaro S.r.l.

Teatro Caboto - Milano

L'intervento interessa la ristrutturazione della sala polifunzionale-teatro Caboto della Parrocchia San Giovanni Bosco di Milano

Teatri, cinema, sale concerti e locali di pubblico spettacolo in genere richiedono l'utilizzo di soluzioni che possano garantire alto comfort interno in termini di acustica, estetica, qualità dell'aria e sicurezza.

La ristrutturazione del Teatro Caboto prevede il rifacimento dell'impianto di ventilazione e distribuzione aria. Il controllo del rumore, qualità dell'aria e sicurezza costituiscono i temi centrali della progettazione e il sistema Isover CLIMAVER® risponde perfettamente a queste esigenze.

La rete di distribuzione aria nasce dall'UTA esterna posizionata nel cortile adiacente l'edificio e la Chiesa. Qui i canali sono stati realizzati con Isover CLIMAVER® STAR, il canale

adatto ad applicazioni esterne per resistere agli agenti atmosferici e agli urti accidentali. Con questa soluzione il rumore viene smorzato dalla fonte.

I canali aria all'interno dell'edificio a servizio della sala polifunzionale sono realizzati con Isover CLIMAVER® A2 neto, il canale che rende l'impianto silenzioso e funzionale. In più, questo prodotto vanta l'ambita certificazione Eurofins Indoor Air Comfort Gold. Il livello GOLD è il livello massimo ottenibile e certifica la conformità ai più severi requisiti all'interno dei sistemi di certificazione ambientale e, laddove presenti, di normative nazionali nella valutazione della qualità dell'aria interna e del comfort abitativo.



I vantaggi sono moltissimi:

- risparmio di tempo nell'esecuzione che è avvenuta direttamente in loco
- installazione completamente senza silenzianti e antivibranti che si traduce in un ulteriore risparmio di tempo e costi
- impianto silenzioso sia per gli spettatori della sala sia per chi vive gli spazi esterni del giardino dove si trova l'UTA
- impianto sicuro in quanto sottoposto e approvato dai Vigili del Fuoco



Visita l'intervento
in dettaglio su
Isover.it

Committente:

Don Davide Baschirotto

Progettista strutturale:

Ing. Giuseppe Cusmano

Progettista meccanico:

Perito industriale Antonino Vespertino

Progettista architettonico:

Arch. Salvatore Urso

Impresa esecutrice:

Albiero S.r.l. - installatore Michele Baldelli

Palazzina uffici - Genova

L'intervento interessa una palazzina di uffici di recente costruzione a Genova

CLIMAVER® A2 Plus si distingue per le sue caratteristiche tecniche e la garanzia di sicurezza in caso di incendio data dall'Euroclasse A2-s1,d0 di reazione al fuoco. Inoltre, con CLIMAVER® A2 Plus è possibile realizzare un impianto facilmente ispezionabile e completamente pulibile.

Il team specializzato Isover ha supportato l'azienda installatrice offrendo un training tecnico-pratico propedeutico alla costruzione dell'impianto di Genova. La leggerezza dei pannelli, la praticità di taglio e la velocità di installazione sono stati subito riconosciuti come plus esclusivi di questo sistema.



Impresa esecutrice:
TECNOGAMMA snc



Visita l'intervento
in dettaglio su
Isover.it

B&B Hotel Roma Fiumicino – Parco Leonardo

Roma

B&B Hotel Roma Fiumicino rappresenta la 34esima struttura italiana del gruppo francese B&B Hotels Group – che ad oggi conta 38 hotel sul territorio – ed è situato all'interno di Parco Leonardo, l'importante progetto urbanistico ed edilizio integrato promosso dal Gruppo Leonardo Caltagirone sulla direttrice Roma – Fiumicino.

A soli 7 minuti dall'aeroporto Leonardo da Vinci e a 30 minuti dalla stazione ferroviaria di Roma Termini, il nuovo albergo offre spazi confortevoli ed accoglienti che rispettano gli standard internazionali della catena e si distingue per l'attenzione particolare riservata all'ambiente: il risultato della collaborazione tra B&B Hotels, Gruppo Leonardo Caltagirone e tutti i partner impegnati nella sua realizzazione – tra cui Saint-Gobain Glass – si traduce in un **edificio 100% green che ha conseguito la certificazione LEED come struttura sostenibile**, in grado di garantire un risparmio nei consumi di energia e risorse, l'utilizzo di

materiali basso emissivi e la promozione di comportamenti sostenibili in termini di rifiuti e mobilità.

“Siamo molto orgogliosi di essere atterrati a Fiumicino con il nuovo B&B Hotel Roma Fiumicino Parco Leonardo” – ha dichiarato Jean Claude Ghiotti, Presidente di B&B Hotels Italia – “perché per noi rappresenta molto più di una semplice nuova apertura. Questa struttura è, infatti, il simbolo concreto della nostra filosofia e strategia di sviluppo con un impegno tangibile verso un turismo sostenibile, consapevoli dell'impatto che ognuno di noi ha sull'ambiente. Confidiamo che il nuovo hotel possa diventare un punto



Visita l'intervento
in dettaglio su
[Gallerylive.it](https://www.gallerylive.it)

di riferimento per i viaggiatori che tutto l'anno transitano per Fiumicino, per lavoro o per piacere e per chi, in stop over, sceglie di godere del patrimonio artistico, culturale e storico della città di Roma".

Vista la destinazione d'uso e la posizione dell'albergo vici-

no all'aeroporto e alla ferrovia, **tutte le finestre delle camere assicurano eccezionali livelli di abbattimento acustico, grazie alla posa di vetrate performanti costituite dall'accostamento di vetri COOL-LITE® SKN con vetri STADIP SILENCE® ad elevate prestazioni.**



Fornitura vetri Saint-Gobain Glass:

Laurenti Vetro S.r.l., Gualdo Cattaneo (PG)

Fornitura e posa serramenti:

IMA S.r.l., Pantalla di Todi (PG)

Chalet FIAT - Madonna di Campiglio (TN)

Il vecchio albergo – ristorante Dosson, costruito a 2100 metri sul livello del mare tra il 1965 e il 1968, è stato demolito e ricostruito per adeguare l'edificio ad un modello turistico che, negli ultimi anni, è diventato sempre più complesso, con un costante aumento degli appassionati dello sci e della montagna.

Oltre al bar e al ristorante, il nuovo “Chalet Fiat” offre sette suggestive suite, arredate con uno stile contemporaneo e raffinato, una sala lettura ed una piccola SPA con sauna vista Dolomiti, zona tisaneria ed area relax.

Per definire la forma e la struttura del nuovo edificio, gli architetti Giovanni Berti e Monica Fondriest hanno sfruttato l'eccezionale posizione panoramica per trasformare la costruzione esistente in un osservatorio privilegiato del Grostè, del Crozzon di Brenta, del Gruppo dell'Adamello e della Presanella.

Il complesso appare in perfetto equilibrio con l'ambiente circostante e si lega alla montagna soprattutto per l'utilizzo di materiali naturali – il legno e la pietra di dolomia – e per le

ampie vetrate a controllo solare Saint-Gobain Glass che, rivolte verso le Dolomiti, regalano agli ospiti una vista mozzafiato da ogni prospettiva.

“Il movimento, la torsione dei volumi e i tagli non sono capricci di architetti” – ci spiegano Giovanni Berti e Monica Fondriest, progettisti dell'opera – “ma sono ispirati dalla geografia del luogo. Abbiamo analizzato sia il contesto fisico sia quello culturale ed emozionale, il rapporto tra costruzione e paesaggio, tra architettura e contesto, capendo che il progetto deve essere un nuovo spazio di vita e benessere”.

Il linguaggio contemporaneo dell'edificio dialoga con il contesto ed è conseguenza diretta dell'evoluzione delle tecniche costruttive che, nell'ottica della sostenibilità e del rispetto



Visita l'intervento
in dettaglio su
Gallerylive.it

dell'ambiente, assicurano elevate prestazioni e bassi consumi energetici, utilizzando energia pulita e recuperando le acque piovane per contenere i consumi. Chalet Fiat ha ottenuto il livello Platinum della certificazione

ARCA, nata per garantire la sicurezza, l'efficienza energetica, il comfort e la sostenibilità degli edifici in legno.

Prodotti Saint-Gobain Glass utilizzati:
STADIP® PROTECT - PLANITHERM® 4S+



Committente:

Comunità delle Regole di Spinale e Manez, Ragoli (TN)

Progetto architettonico:

Artistudio di Arch.tti Giovanni Berti e Monica Fondriest, Fondo (TN)

Direzione Lavori generale:

Arch. Giovanni Berti, Fondo (TN)

Direzione Lavori parte edile e assistenza giornaliera:

Geom. Silvio Paoli, Ragoli (TN)

Progettazione e Direzione Lavori degli arredi:

Artistudio di Arch.tti Giovanni Berti e Monica Fondriest, Fondo (TN)

Impresa esecutrice:

Pretti & Scalfi S.p.A. Impresa di Costruzioni, Tione di Trento (TN)

Fornitura vetri Saint-Gobain Glass:

Europac Glass S.r.l., Storo (TN)

Posa serramenti e vetri Saint-Gobain Glass:

F.A.B. Di Mazzacchi Z. & Bugna A. & C. S.n.c, Bersone (TN)

Dipartimento Emergenza Urgenza (DEU) - Ospedali Riuniti di Foggia - Foggia

All'interno della cittadella ospedaliera degli Ospedali Riuniti di Foggia è nato il nuovo Dipartimento Emergenza Urgenza (DEU), un elegante e colorato complesso che si inserisce nell'ampia riqualificazione della zona ospedaliera finalizzata a modernizzare e migliorare l'offerta della sanità pubblica cittadina.

Il grande edificio si contraddistingue per diverse ed affascinanti colorazioni che trasmettono vivacità e dinamismo sia alle facciate esterne che agli spazi interni.

I diversi piani sono pensati con tonalità diverse a seconda della funzione degli ambienti mentre i prospetti principali sono costituiti dall'alternanza di vetrate traslucide e pannelli opachi grigi, bianchi e blu che rimandano all'arte del '900 - da Mondrian ad Escher - e che assumono colori e trasparenze differenti a seconda dell'intensità della luce solare.

Il corpo-scale al centro della facciata principale, con le sue

vetrate continue protette da una struttura metallica frangisole, rappresenta un forte "segno" architettonico e contribuisce ad incrementare il forte rapporto visivo che lega il nuovo edificio all'esterno e al paesaggio circostante.

L'utilizzo di vetrate stratificate CLIMAPLUS® SECURIT® COMFORT, fornite da due vetrerie Climalit Partner di Saint-Gobain, rappresenta la soluzione ideale per garantire **alte prestazioni in termini di trasmissione luminosa e comfort abitativo a tutti gli spazi interni**.



Visita l'intervento
in dettaglio su
Gallerylive.it

**Committente:**

Regione Puglia – Azienda Ospedaliero-Universitaria
“Ospedali Riuniti”, Foggia

Responsabile Unico del Procedimento:

Ing. Luigi Borrelli

Progettazione e Direzione Lavori:

RTP – RPA S.r.l., Perugia – Studio Altieri S.p.A., Thiene (VI) – SVEI
S.p.A., Roma – Studio di Ingegneria Cavaliere e Associati, Foggia
– BTC S.r.l., Bolzano

Impresa esecutrice:

Debar Costruzioni S.p.A., Bari

Responsabile cantiere:

Rino Porcelli

Fornitura vetri Saint-Gobain Glass:

Vetzeria Calasso Luigi S.r.l., Copertino (LE) – La Tecnica Nel Vetro
S.p.A., Scafati (SA)

Le informazioni contenute nel presente Documento Tecnico sono indicative, hanno carattere generale, e in alcuni casi si riferiscono a prove eseguite in laboratorio in presenza di particolari condizioni. La responsabilità del calcolo e di ogni altra scelta di carattere progettuale resta del Progettista incaricato, come regolamentato dalla normativa vigente in materia. I dati riferiti ai prodotti si riferiscono alla data di pubblicazione del presente Documento Tecnico. Saint-Gobain Italia S.p.A. si riserva il diritto di apportare in ogni momento, e senza preavviso, modifiche di qualsivoglia natura a uno o più prodotti, nonché di cessarne la produzione e declina qualsivoglia responsabilità qualora l'utilizzazione e la posa in opera dei prodotti Saint-Gobain Italia S.p.A. non abbia luogo secondo quanto riportato nella specifica documentazione degli stessi. Resta pertanto esclusiva responsabilità dell'utilizzatore confrontare questa pubblicazione e la specifica documentazione dei singoli prodotti. I valori dei dati tecnici riportati in questo documento sono indicativi e relativi a valori medi di produzione. Per tutte le applicazioni e le modalità di posa in opera non descritte in questo Documento Tecnico si consiglia di consultare il nostro Ufficio Tecnico. L'aggiornamento di tutte le informazioni, ed in particolare di quelle relative ai dati sulla sicurezza dei prodotti, è sempre e direttamente consultabile sui siti internet aziendali www.gyproc.it, www.isovert.it, www.it.weber e www.saint-gobain-glass.it.



Saint-Gobain Italia S.p.A.

Via E. Romagnoli, 6 - 20146 Milano

www.saint-gobain.it

sg-italia@saint-gobain.com