



UNIVERSITÀ  
DI PISA



ATTIVITA' DI COLLABORAZIONE tra  
LABORATORIO INTEGRATO DI FISICA TECNICA AMBIENTALE  
DELL'UNIVERSITA' DI PISA

E DECORUS ITALIA

inerente la caratterizzazione sperimentale delle proprietà di assorbimento acustico di  
prodotti di finitura per pareti opache di involucro edilizio

**RESOCONTO DELLE PROVE EFFETTUATE E DEI RISULTATI  
OTTENUTI**

---

**REPORT TECNICO**

**N. 01 DEL 20/01/2025**

---

**Gruppo di lavoro dell'Università di Pisa:**

Prof. G. Salvadori (responsabile scientifico)

Dott. F. Roccia (collaboratore scientifico)

**Struttura del Report Tecnico**

Il presente report tecnico è strutturato nelle seguenti sezioni.

- Premessa.
- Descrizione della Strumentazione di Misura.
- Descrizione dei Campioni sottoposti a prova.
- Procedura di prova.
- Risultati ottenuti dalle prove.
- Commenti ai risultati ottenuti.
- Riferimenti bibliografici.
- Appendice A

## **RESOCONTO DELLE PROVE EFFETTUATE E DEI RISULTATI OTTENUTI**

### **Premessa**

Con l'attuale crescente attenzione alle problematiche di controllo del rumore e l'emergere della qualità dell'ambiente sonoro come fattore rilevante nella percezione del comfort globale da parte degli utenti degli spazi costruiti, la conoscenza delle proprietà acustiche dei materiali diventa sempre più rilevante per ingegneri, progettisti e produttori di un'ampia gamma di settori. Ad esempio, è fondamentale prevedere l'impatto dell'utilizzo di materiali specifici per il controllo del rumore già dalle prime fasi della progettazione.

I test sui materiali acustici sono il processo mediante il quale le caratteristiche acustiche dei materiali vengono determinate prevalentemente in termini di assorbimento, riflessione, trasmissione. Possono essere utilizzati molti metodi diversi per determinare le proprietà acustiche dei materiali. Questi metodi comportano principalmente l'esposizione a campi sonori noti e la misurazione dell'effetto della presenza del materiale sul campo sonoro e, al fine di garantire accuratezza e ripetibilità, esiste una serie di norme tecniche che coprono i test sui materiali che prescrivono condizioni acustiche ben definite e strumentazione speciale.

Il presente report tecnico è realizzato nell'ambito dell'attività di collaborazione scientifica tra il Laboratorio Integrato di Fisica Tecnica Ambientale (Dipartimento DESTEC) dell'Università di Pisa e Decorus Italia, inerente la caratterizzazione sperimentale delle proprietà di assorbimento acustico di prodotti di finitura per pareti opache di involucro edilizio. L'attività è stata condotta da un gruppo di lavoro dell'Università di Pisa, sotto la responsabilità scientifica del prof. Giacomo Salvadori.

Il report tecnico è finalizzato alla descrizione delle attività svolte dal gruppo di lavoro e dei risultati ottenuti.

### **Descrizione della Strumentazione di Misura**

La caratterizzazione sperimentale delle proprietà di assorbimento acustico di prodotti di finitura per pareti opache di involucro edilizio è stata effettuata mediante tubo di impedenza (detto anche tubo di Kundt). Il principio operativo del tubo di impedenza è di seguito riportato.

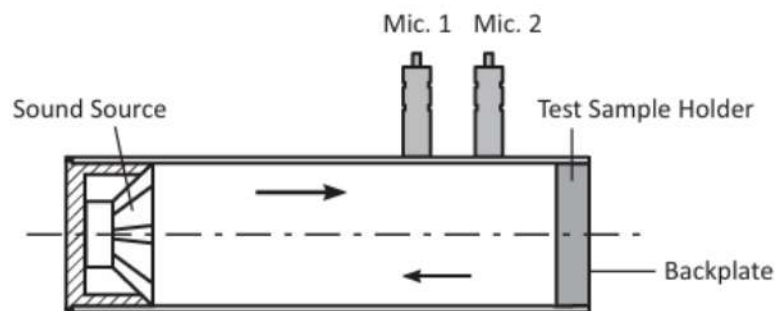
Una sorgente sonora (altoparlante) è montata a un'estremità del tubo di impedenza e un provino del materiale sottoposto a prova è posizionato all'altra estremità (come indicato in Figura 1). L'altoparlante genera onde sonore piane stazionarie che si propagano nel tubo fino ad impattare nella superficie del provino, venendo in parte riflesse. La propagazione e la riflessione danno luogo a fenomeni di interferenza tra onde stazionarie dovuti alla sovrapposizione di onde che viaggiano nelle due direzioni opposte all'interno del tubo. Misurando la pressione sonora in due posizioni fisse e calcolando la funzione di trasferimento complessa, utilizzando un analizzatore di frequenza digitale a due canali, è possibile determinare il coefficiente di assorbimento acustico del materiale per incidenza normale. La gamma di frequenza utilizzabile dipende dal diametro del tubo e dalla spaziatura tra le posizioni del microfono. La metodologia di misura e le caratteristiche della strumentazione da utilizzare per questo tipo di prove sono indicate nella normativa tecnica, in particolare nella UNI EN ISO 10534-2 [1].

Nello specifico, il tubo di impedenza in dotazione al Laboratorio Integrato di Fisica Tecnica Ambientale dell'Università di Pisa, ed utilizzato per l'attività descritta in questo report, è prodotto

dall'azienda Materiacustica (società spin-off dell'Università di Ferrara) [2], è conforme agli standard richiesti dalla UNI EN ISO 10534-2 ed è composto da (si veda anche Figura 2):

- tubo metallico di diametro 100 mm;
- 2 Microfoni PCB Piezotronics 378C10;
- Scheda di acquisizione NI USB 4431;
- Amplificatore di potenza;
- Software di acquisizione ed elaborazione sviluppato in Labview®.

Date le caratteristiche della strumentazione utilizzata, in particolare il diametro del tubo, il set-up sperimentale consente caratterizzazione del coefficiente di assorbimento acustico per incidenza normale dei materiali sottoposti a prova nell'intervallo di frequenze 50-1600 Hz.



*Figura 1 – Rappresentazione schematica del set-up di misura utilizzato nel tubo di impedenza.*

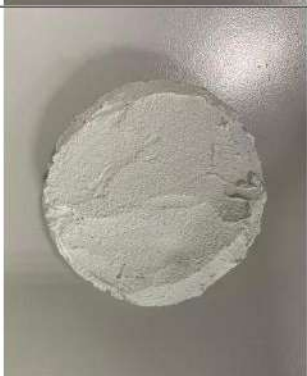


*Figura 2 – Immagine del set-up sperimentale.*

### **Descrizione dei Campioni sottoposti a prova**

Durante l'attività descritta in questo report, sono stati sottoposti a prova n° 3 campioni, con le caratteristiche descritte in Tabella 1. Ulteriori specifiche, inerenti le composizioni e le caratteristiche dei prodotti commerciali utilizzati nelle stratigrafie, sono riportate in Appendice A.

*Tabella 1 – Caratteristiche dei campioni sottoposti a prova.*

| <b>ID</b> | <b>Immagine</b>                                                                     | <b>Stratigrafia</b>                                                |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 1         |    | a) Lastra in cartongesso di tipo tradizionale<br>b) Bronya light   |
| 2         |   | a) Lastra in cartongesso di tipo tradizionale<br>b) Bronya Classic |
| 3         |  | a) Lastra in cartongesso di tipo tradizionale<br>b) Bronya Facade  |

### **Procedura di prova**

La procedura di prova avviene in conformità alla norma tecnica UNI EN ISO 10534-2 [1] e si compone delle fasi di seguito descritte.

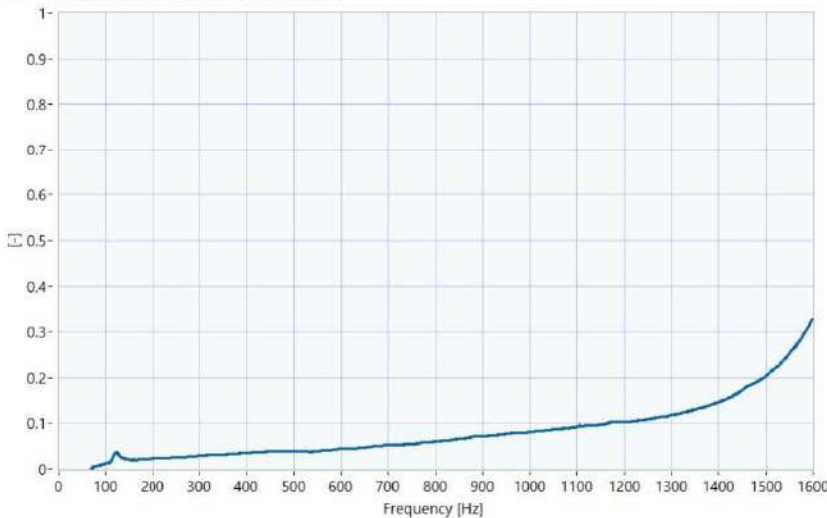
- Il provino da provare viene preparato, levigando il più possibile i bordi laterali, per garantirne la massima aderenza con le pareti del tubo di impedenza.
- Il provino da provare viene lasciato per i 3 giorni precedenti alla prova in un ambiente con temperatura dell'aria compresa tra 18 e 22 °C ed umidità relativa dell'aria compresa tra 55 e 65 %.

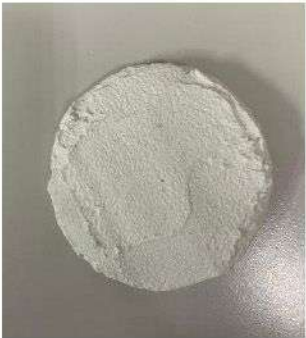
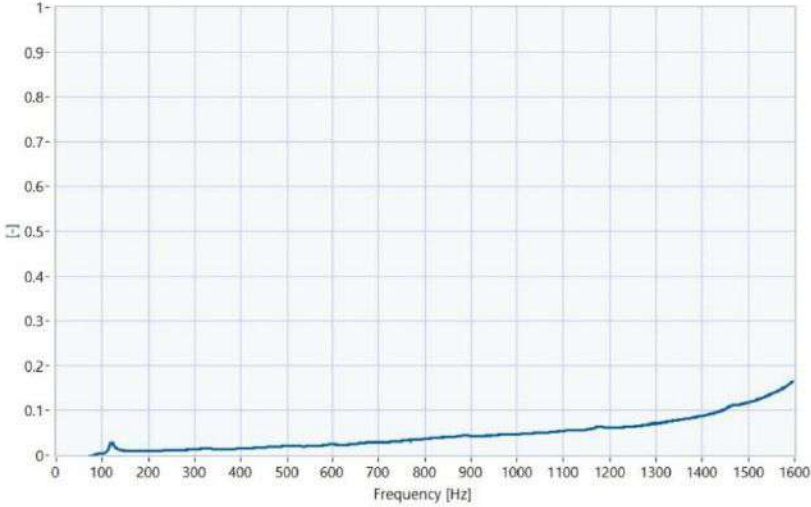
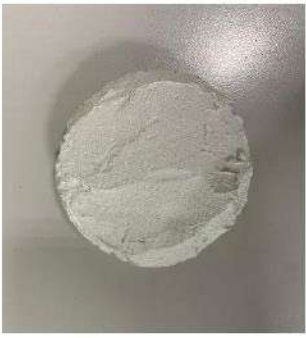
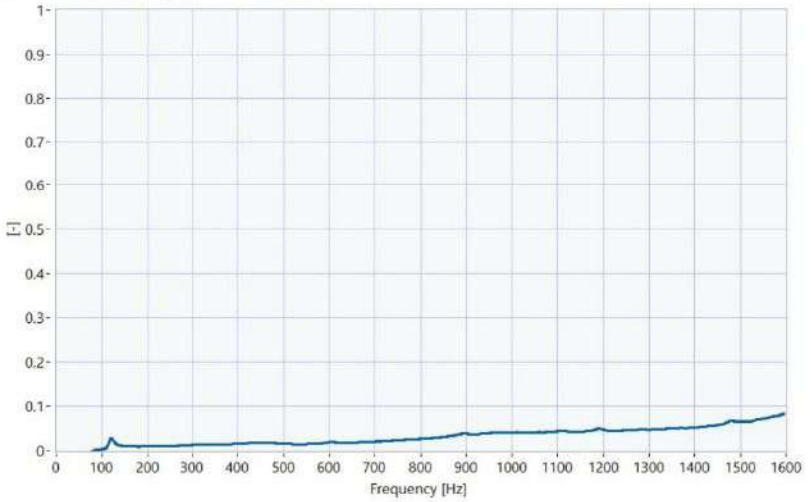
- Prima di ogni prova, si procede alla calibrazione della strumentazione di misura con procedura standardizzata, prevista dal produttore della strumentazione in accordo alla normativa tecnica [1].
- Il provino da provare viene inserito nella strumentazione, con la faccia, di cui dovranno essere caratterizzate le proprietà di assorbimento acustico, rivolta verso l'estremità del tubo dove è presente la sorgente sonora. Nell'inserimento si ha cura di garantire una adeguata tenuta tra bordo laterale del provino e superficie interna del tubo di impedenza, utilizzando anche opportuno materiale sigillante.
- Si attiva l'emissione sonora con la sorgente presente nella strumentazione di misura e si acquisiscono le risposte in frequenza alla sollecitazione acustica sulla superficie del provino sottoposta a prova.
- Attraverso software dedicato, vengono elaborate le risposte in frequenza alla sollecitazione acustica sulla superficie del provino sottoposta a prova e ricavato l'andamento del coefficiente di assorbimento acustico in funzione della frequenza.
- Per ciascun provino sono state ripetute varie prove, fino a quando non sono state raggiunte tre prove consecutive con scostamenti trascurabili tra gli andamenti dell'assorbimento acustico.

### **Risultati ottenuti dalle prove**

In Tabella 2 sono riportati, in forma grafica, i risultati ottenuti dalle prove effettuate sui campioni. Il singolo grafico, riferito ad uno specifico provino, rappresenta l'andamento del coefficiente di assorbimento acustico del provino (riportato sull'asse delle ordinate, come grandezza adimensionale) in funzione della frequenza del suono incidente (riportata sull'asse delle ascisse, in Hz).

*Tabella 2– Rappresentazione grafica dei risultati ottenuti dalle prove.*

| ID             | Immagine                                                                            | Assorbimento Acustico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                |                                         |     |      |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1              |  | <p><math>\alpha_n</math> - Sound absorption coefficient</p>  <table><caption>Approximate data points from the graph for Sample 1</caption><thead><tr><th>Frequency [Hz]</th><th>Sound absorption coefficient <math>\alpha_n</math></th></tr></thead><tbody><tr><td>100</td><td>0.02</td></tr><tr><td>200</td><td>0.03</td></tr><tr><td>400</td><td>0.04</td></tr><tr><td>600</td><td>0.05</td></tr><tr><td>800</td><td>0.06</td></tr><tr><td>1000</td><td>0.08</td></tr><tr><td>1200</td><td>0.10</td></tr><tr><td>1400</td><td>0.15</td></tr><tr><td>1600</td><td>0.35</td></tr></tbody></table> | Frequency [Hz] | Sound absorption coefficient $\alpha_n$ | 100 | 0.02 | 200 | 0.03 | 400 | 0.04 | 600 | 0.05 | 800 | 0.06 | 1000 | 0.08 | 1200 | 0.10 | 1400 | 0.15 | 1600 | 0.35 |
| Frequency [Hz] | Sound absorption coefficient $\alpha_n$                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                |                                         |     |      |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 100            | 0.02                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                |                                         |     |      |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 200            | 0.03                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                |                                         |     |      |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 400            | 0.04                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                |                                         |     |      |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 600            | 0.05                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                |                                         |     |      |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 800            | 0.06                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                |                                         |     |      |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1000           | 0.08                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                |                                         |     |      |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1200           | 0.10                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                |                                         |     |      |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1400           | 0.15                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                |                                         |     |      |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1600           | 0.35                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                |                                         |     |      |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

|   |                                                                                     |                                                                                                                                                 |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 |    | <p><math>\alpha_n</math> - Sound absorption coefficient</p>   |
| 3 |  | <p><math>\alpha_n</math> - Sound absorption coefficient</p>  |

### **Commenti ai risultati ottenuti**

Dall'analisi dei risultati ottenuti è possibile evidenziare come i provini manifestino lo stesso andamento qualitativo del coefficiente di assorbimento acustico al crescere della frequenza, seppur con differenze apprezzabili dal punto di vista quantitativo.

I risultati ottenuti dai provini, possono essere utilmente confrontati con i valori dei coefficienti di assorbimento acustico di materiali tradizionali (si veda Tabella 3), tipicamente utilizzati per la finitura di superfici opache di involucro edilizio.

Dal confronto dei grafici riportati in Tabella 2 e dei valori riportati in Tabella 3 possono essere effettuati i seguenti commenti riepilogativi.

- Il provino ID 3 (costituito da una lastra di cartongesso tradizionale accoppiata con Bronya Facade), evidenzia prestazioni di assorbimento acustico comparabili a quelle dei materiali tradizionali. In

particolare, il coefficiente di assorbimento rilevato sperimentalmente cresce con l'aumentare della frequenza, con crescita lenta ma piuttosto regolare, mantenendo valori comunque inferiori allo 0.1.

- Il provino ID 2 (costituito da una lastra di cartongesso tradizionale accoppiata con Bronya Classic), evidenzia prestazioni di assorbimento acustico migliori del provino ID 3 e leggermente superiori alle prestazioni di assorbimento acustico dei materiali tradizionali, almeno alle frequenze maggiori di 1200 Hz. In particolare, il coefficiente di assorbimento rilevato sperimentalmente cresce con l'aumentare della frequenza, la crescita è regolare fino a circa 1200 Hz e poi diviene più marcata, raggiungendo un valore di poco inferiore a 0.2 per 1600 Hz.

- Il provino ID 1 (costituito da una lastra di cartongesso tradizionale accoppiata con Bronya Light), evidenzia prestazioni di assorbimento acustico analoghe a quelle del provino ID 2 ma ancora superiori, almeno alle frequenze maggiori di 1100 Hz. In particolare, il coefficiente di assorbimento rilevato sperimentalmente cresce con l'aumentare della frequenza, la crescita è regolare fino a circa 1100 Hz (frequenza per la quale l'assorbimento acustico raggiunge il valore di circa 0.1) e poi diviene più marcata, raggiungendo un valore di poco superiore a 0.3 per 1600 Hz.

*Tabella 3– Coefficiente di assorbimento acustico di vari materiali da costruzione in funzione della frequenza, nel campo di interesse della presente attività [3,4].*

| Materiale                                   | Frequenza (Hz) |      |      |      |      |
|---------------------------------------------|----------------|------|------|------|------|
|                                             | 125            | 250  | 500  | 1000 | 2000 |
| Blocco in calcestruzzo verniciato           | 0.1            | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.09 |
| Intonaco (gesso o calce, su muratura)       | 0.01           | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.04 |
| Cartongesso (pannelli da 12 mm su montanti) | 0.29           | 0.1  | 0.06 | 0.05 | 0.04 |

### **Possibili vantaggi applicativi dell'utilizzo del provino ID1 rispetto a intonaci tradizionali**

Seppur circoscritte a ridotti intervalli di frequenze, le caratteristiche appena descritte dei campioni testati, in particolare ID1, potrebbero essere utili per la finitura delle pareti interne ed esterne degli edifici.

#### *Vantaggi applicativi in ambienti interni*

A supporto di quanto indicato, si consideri a titolo di esempio un'aula scolastica di superficie in pianta di forma quadrata con area netta variabile da 100 a 300 m<sup>2</sup> e con altezza netta pari a 3 m. Si consideri il solaio di calpestio finito internamente con pavimentazione tradizionale (piastrelle) ed il soffitto finito internamente con materiale caratterizzato da buone proprietà di assorbimento acustico (pannelli con coefficiente di assorbimento acustico a 1000 Hz pari a 0.5). Le pareti si considerino finite alternativamente con intonaco tradizionale e con provino ID1. In Figura 3 sono riportati i risultati della valutazione del tempo di riverberazione (a 1000 Hz) ottenuto per l'aula descritta, con le pareti aventi differente finitura (triangoli in arancio= intonaco tradizionale, cerchi in celeste= provino ID1), in funzione del volume dell'aula stessa. Come è possibile notare, l'utilizzo del provino ID1 consente il raggiungimento di tempi di riverberazione nell'aula assolutamente in linea con quelli del tempo di riverberazione ottimale (linea blu), precisato dalla normativa tecnica [5]. Al contrario, se fosse utilizzato un intonaco tradizionale, sarebbe necessaria una correzione acustica della sala con l'aggiunta di specifici materiali fono-assorbenti, per riportare i valori (indicati dai triangoli rossi) in prossimità della linea del tempo di riverberazione ottimale. **L'utilizzo del provino ID1 evita, nell'esempio considerato, l'applicazione di specifici materiali fono-assorbenti.**

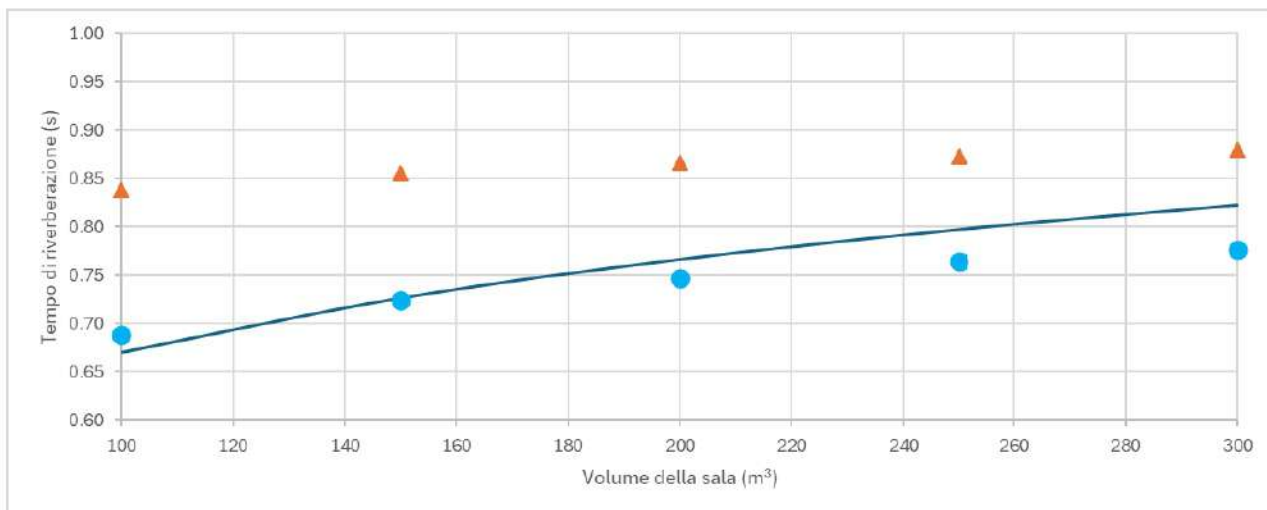


Figura 3 – Esempio di utilità delle prestazioni acustiche del provino ID1 (triangoli in arancio=intonaco tradizionale, cerchi in celeste= provino ID1, linea blu= tempo di riverberazione ottimale in accordo alla normativa tecnica).

#### Vantaggi applicativi in ambienti interni

Il campione ID1 presenta un significativo incremento delle prestazioni di assorbimento acustico alle medio-alte frequenze, in particolare tra 1000 e 1600 Hz, rispetto ai materiali tradizionali. Come si vede dal relativo andamento riportato in Tabella 2, il valore massimo del coefficiente di assorbimento acustico per tale intervallo raggiunge 0.32.

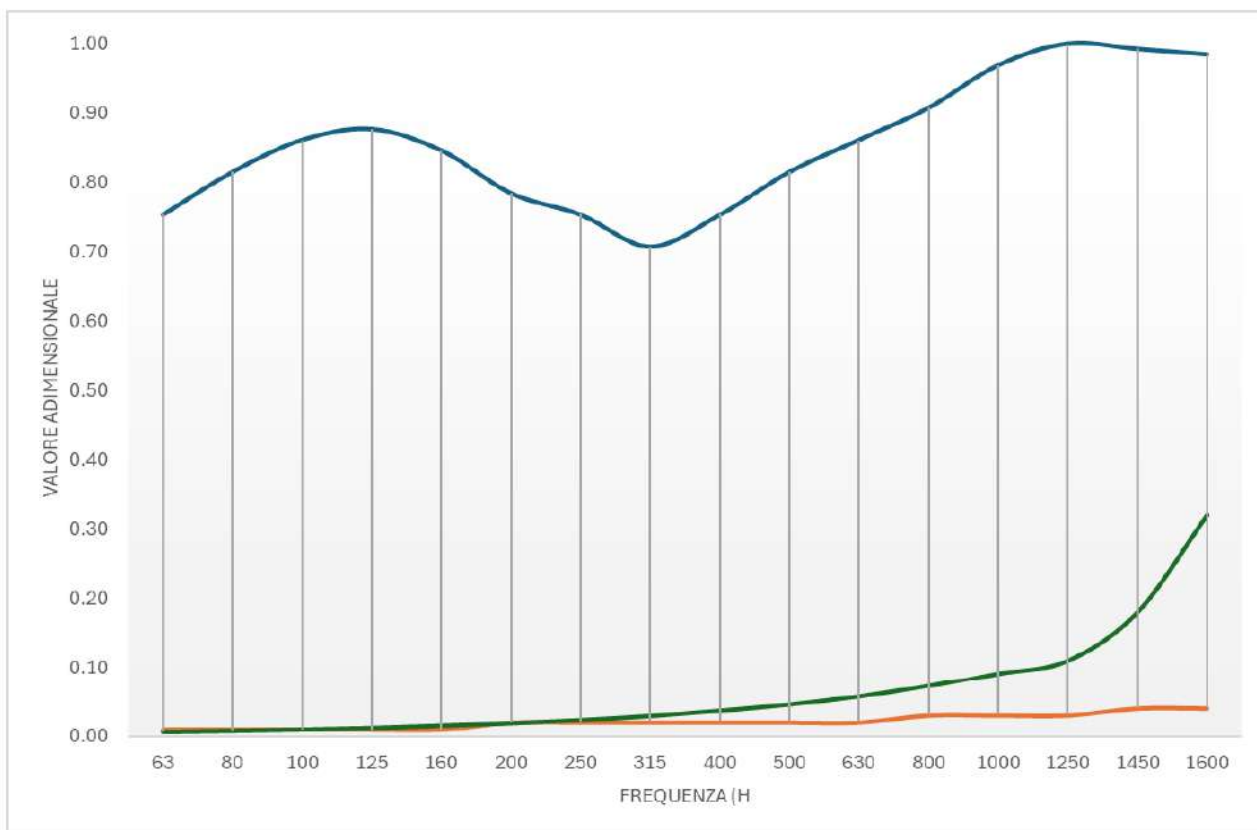


Figura 4 – Esempio di utilità delle prestazioni acustiche del campione ID1.

Tale valore (0.32) si avvicina ai valori di riferimento per materiali progettati ed installati con specifiche funzioni di assorbimento acustico, e risulta significativamente superiore a quello dei materiali tradizionali (p.e. oltre tre volte superiore a quello del blocco in calcestruzzo verniciato e otto volte superiore a quello dell'intonaco tradizionale alla frequenza di 2000 Hz).

Seppur circoscritta ad un ridotto intervallo di frequenze, questa caratteristica potrebbe essere utile per la finitura delle pareti esterne, in particolare per potenziare l'assorbimento di rumori antropici presenti in ambiente urbano, come quelli da traffico stradale. A supporto di quanto indicato, si consideri a titolo di esempio la Figura 4, nella quale è riportato l'andamento dell'assorbimento acustico in funzione della frequenza per il campione ID1 (linea verde) confrontato con quello di un intonaco tradizionale (linea arancio). Nella figura è riportato anche l'andamento del parametro R definito come lo spettro normalizzato di emissione sonora del traffico veicolare leggero [6]. Come si vede dalla figura, l'incremento di assorbimento acustico del campione ID1 si verifica in corrispondenza di un intervallo di frequenze nel quale l'emissione rumorosa del traffico veicolare leggero è la più elevata su tutto lo spettro. **Trattare le pareti esterne con il provino ID1 potrebbe essere particolarmente utile per ridurre l'inquinamento acustico, che si genera nell'immediata vicinanza di edifici esposti al rumore dovuto al traffico stradale.**

### **Riferimenti Bibliografici**

[1] UNI EN ISO 10534-2:2024 Acustica - Determinazione delle proprietà acustiche nei tubi di impedenza - Parte 2: Tecnica a due microfoni per coefficiente di assorbimento acustico normale e impedenza della superficie normale

[2] [http://www.materiacustica.it/mat\\_Prodotti\\_3Mics.html](http://www.materiacustica.it/mat_Prodotti_3Mics.html)

[3] D.R. Raichel, The Science and Application of Acoustics, ISBN-10: 0-387-26062-5, Springer Science+Business Media, Inc, 2006.

[4] <https://www.acoustic-supplies.com/absorption-coefficient-chart/>

[5] UNI 11367:2023 Acustica in edilizia - Classificazione acustica delle unità immobiliari - Procedura di valutazione e verifica in opera

[6] R. Pompoli, Metodi numerici di previsione del rumore da traffico, Atti dell'omonimo seminario dell'Associazione Italiana di Acustica, Parma 1989

**APPENDICE A** – ULTERIORI SPECIFICHE dei MATERIALI COMMERCIALI utilizzati nelle stratigrafie dei campioni sottoposti a prova (in particolare Bronya Light)

**BRONYA LIGHT**

Rivestimento isolante ultrasottile che può essere applicato in strati di spessore da 3 mm alla volta. Bronya Light NF è un composto ad alta densità resistente agli agenti atmosferici, a base di aerogel. Il rivestimento applicato alla parete, all'interno o all'esterno, forma un'unica superficie con soluzione di continuità, riducendo la dispersione di energia termica con effetti positivi sul clima confortevole interno. Bronya Light NF può riflettere lo spettro visibile della radiazione solare e infrarossa, garantendo un significativo raffrescamento dell'abitazione nel periodo estivo, riducendo i costi del condizionamento dell'aria. Bronya Light NF può essere trattato con varie tipologie di finiture (Vedi - Condizioni di applicazione). Viene utilizzato per l'isolamento termico di intonaco, calcestruzzo, muratura di laterizi ed altre superfici in legno dell'edificio. Bronya Light NF non è tossico, non contiene composti volatili nocivi ed è sicuro per le persone.