



AUDIO PROCESSING

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CATANIA
DIPARTIMENTO DI MATEMATICA E INFORMATICA
LAUREA TRIENNALE IN INFORMATICA
A.A. 2021/22
Prof. Filippo L.M. Milotta

ID PROGETTO: 05

TITOLO PROGETTO: Insonorizza che è meglio

AUTORE: Lecci Giulio

Indice

1. Obiettivi del progetto	2
2. Metodo Proposto.....	4
3. Risultati Ottenuti / Argomenti Teorici Trattati	9

1. Obiettivi del progetto

Il progetto si pone come fine il raggiungimento di un livello acustico ottimale all'interno dell'aula magna dell'ITIS G Marconi di Catania. Esso differisce dai progetti puramente teorici in quanto è stato effettivamente messo in pratica, difatti i rilievi descritti sono stati realmente presi all'interno del suddetto auditorium del Marconi e ,successivamente ad uno studio dei fenomeni acustici di riflessione e rifrazione e dopo aver appreso come limitare ed usare tali fenomeni a nostro vantaggio, le procedure operative descritte dal progetto hanno effettivamente visto la luce (recarsi sul luogo per toccare con mano, o meglio, sentire con orecchio!!).

Al contrario di quanto si possa pensare però, insonorizzare (o meglio: effettuare un trattamento acustico) è tutto tranne che banale, non basta spargere qui e lì qualche pannello e sperare che il tutto basti a poter ospitare meeting e conferenze. Bisogna sapere cosa comprare e dove collocarlo, in quanto non tutti i **pannelli fonoassorbenti** svolgono lo stesso ruolo e perciò bisogna piazzarli in punti strategici.

Per quanto riguarda l'aspetto economico inoltre, come tutte le volte in cui ci sono di mezzo grossi interventi, bisogna stare attenti agli sprechi e ottimizzare ogni decisione. Si potrebbe ottenere un'acustica talmente buona da fare invidia alle sale di registrazione dei cantanti... ma a che costo? Bisogna sempre fare i conti col portafogli e ricordarsi che l'obiettivo finale non è la perfezione, ma il giusto compromesso tra costo e beneficio.

(In parole povere: non serviva farci invidiare dalle sale di registrazione, bastava farsi invidiare dalle altre scuole).

Ma come abbiamo preso i rilievi?



Cassa "Studio monitor 6" di RedSound utilizzata come sorgente.



Sensibilissimo microfono da rilievo, usato come ricevitore durante i rilievi acustici effettuati a varie frequenze.

2. Metodo Proposto

Essendo il progetto sperimentale, esso si è svolto in più fasi, la prima (già ampiamente citata) è stata quella dove (armato di scale, metro laser e tanta buona volontà) ho effettuato dei rilievi prima a livello di dimensioni dell'auditorium e poi a livello di qualità acustica.

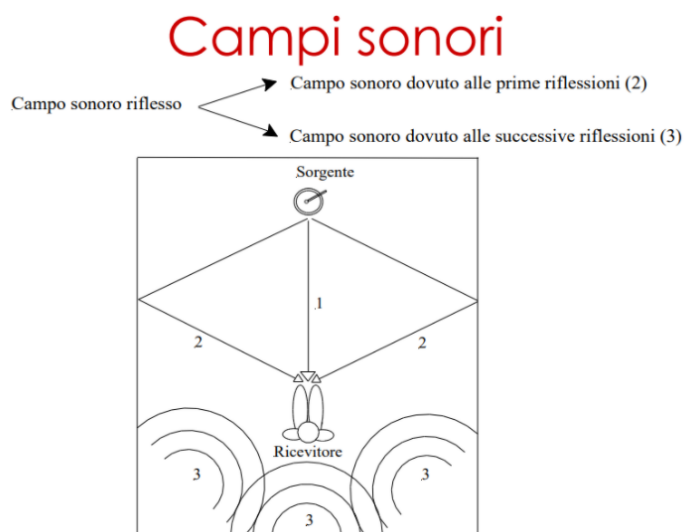
Bisogna tenere in mente che, per chi non ci sia mai stato, l'aula magna del Marconi presenta al suo interno due grossi blocchi di sedie (che da ora in poi chiamerò navate) poste al centro dell'aula a mo' di matrice, dove ogni colonna vede le sue sedie via via più basse man mano che si scende e ci si avvicina al grande tavolo e ai leggii dove sta chi, durante le conferenze, espone qualcosa.

Per intenderci le due navate sono come le poltrone del cinema, via via a scendere ad ogni riga.

Nei rilievi sono stati considerati anche gli infissi e i muri oltre che il gabbiotto presente nei pressi del tavolo (Una piccola struttura in legno con delle "finestre" in vetro, al cui interno sta tutta la parte di regia inerente a luci microfoni e proiettori della sala). Insomma tutti i posti dove il suono poteva essere rifratto sono stati misurati e si è ovviamente tenuto conto dei materiali presenti, essendo fondamentali quando si va a parlare di riflessione/rifrazione del suono.

Ma cosa sono riflessione e rifrazione del suono?

Durante il corso di audio processing abbiamo parlato di questi fenomeni, quindi eviterò di ripetermi con nozioni che noi tutti abbiamo studiato (si spera). Aggiungerò però qualcosa!



Come si evince anche dall'immagine, è evidente che certi fenomeni possano interferire col corretto assorbimento delle informazioni che la sorgente sta cercando di trasmetterci. Basti immaginare tutto quel "rimbombo" che si sente quando ci si trova all'interno di una grande aula e qualcuno osa parlare... Se poi aggiungiamo a ciò il brusio del pubblico (che per definizione, non sa far silenzio) e consideriamo pure la distorsione introdotta da casse e microfoni, è facile arrivare alla conclusione che alla fine del meeting avremo capito ben poco di ciò che ci è stato detto.

Questo è un problema abbastanza comune e si è soliti risolverlo con dei **trattamenti acustici**, ovvero usando specifici pannelli (ma non solo...) in grado di **assorbire** il suono e non **rifletterlo** in alcun modo.

Ma quindi **insonorizzare** e **trattare acusticamente** un ambiente è la stessa cosa? Assolutamente **NO!** (Ma non potevo mica chiamare il progetto “tratta acusticamente che è meglio”).

L'**isolamento acustico** consiste nell'isolare a livello sonoro un ambiente dagli altri. Ciò può avvenire in maniera uni o multidirezionale, potremmo far sì che nostra madre non ci senta provare con la batteria mentre lei tenta di dormire, ma allo stesso tempo noi la sentiremo chiamarci quando sarà pronta la cena. Oppure isolarci totalmente e non sentire alcun suono dall'esterno della stanza (però la fame all'ora di cena la sentiremo lo stesso).

Con **trattamento acustico** si intende invece un trattamento volto a migliorare l'acustica all'interno di un ambiente, esso si realizza per lo più con tecniche meno invasive rispetto all'insonorizzazione (non ci sarà bisogno di rifare le pareti per riempirle di schiuma o lana di vetro). Solitamente si interviene usando i **pannelli acustici**.

Esistono 3 principali tipologie di pannelli:

Correzione acustica Sistemi fonoassorbenti

MATERIALI POROSI

Dissipazione di energia acustica per attrito tra l'aria e le cavità del materiale

PANNELLI VIBRANTI

Dissipazione di energia acustica per effetto delle vibrazioni flessionali

RISUONATORI

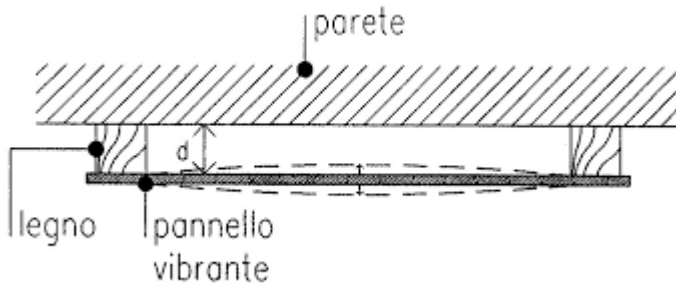
Dissipazione di energia acustica per effetto del sistema molla - massa

In parole povere:

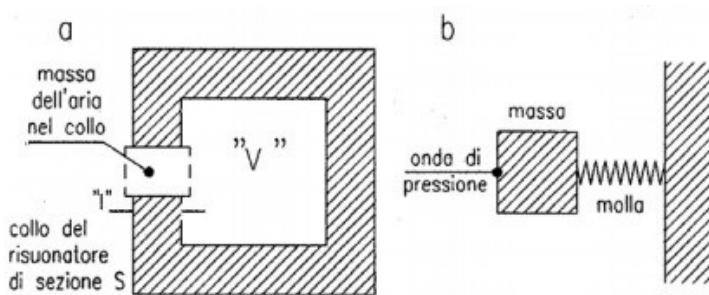
1) **Materiali porosi** sono dei pannelli realizzati con tanti piccoli “fori” sulla loro superficie (tipo una spugna). Il suono che entra in questi fori, lì resta intrappolato, come se entrasse in un labirinto dal quale non riesce più ad uscire poiché sappiamo che esso non ha energia costante ma diminuisce sin dall'istante successivo alla sua emissione.



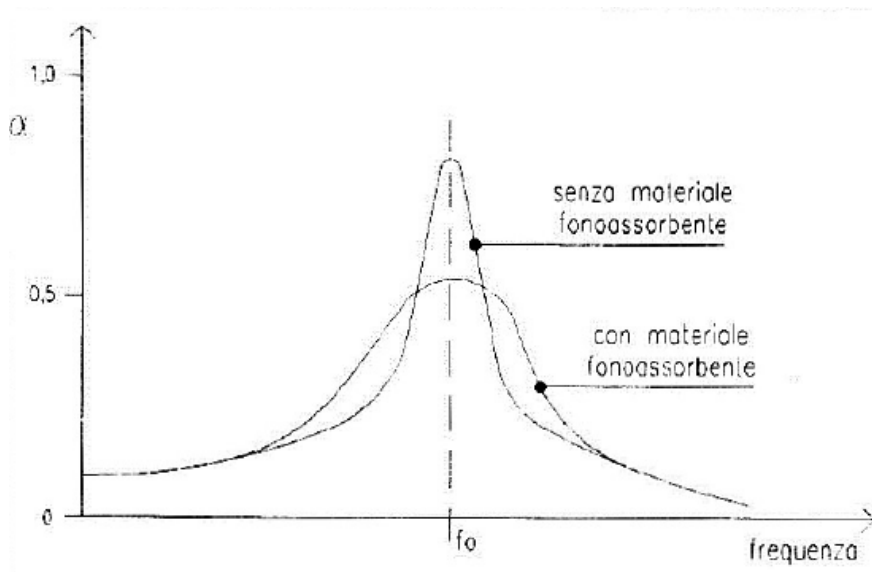
2) **Pannelli vibranti**: pannelli in grado di vibrare (l'avreste mai detto?) per “assecondare” le vibrazioni dovute alle onde sonore che si muovono per tutta la stanza. Vibrando con esse, questi pannelli riducono enormemente la riflessione del suono sulle superfici che schermano.



3) **Risuonatori**: Hanno lo stesso fine dei loro cugini vibranti, ovvero assecondare le onde sonore per evitare di rifletterle, tuttavia sfruttano un meccanismo molto simile alle molle che abbiamo conosciuto in fisica (quelle della legge di Hooke, per intenderci).



NB: non esistono dei pannelli acustici “universali”. Indipendentemente dal tipo scelto essi sono realizzati per delle particolari frequenze, e non funzionano allo stesso modo su tutte le altre (un po’ come fossero dei filtri). Per esempio per le basse frequenze sono indicati dei pannelli dal nome di **bass-trap**.



Come sappiamo però **quanto** insonorizzare? Esiste uno standard? Come si misura effettivamente la qualità acustica all'interno di un ambiente?

In nostro soccorso arriva Wallace Clement Sabine, fisico statunitense che definì il T60 (o TR-> Tempo di riverbero) ovvero il tempo in cui prima del transitorio di estinzione la densità di energia sonora diminuisce di 60 dB rispetto al massimo valore raggiunto. Questo parametro consente di valutare in quanto tempo un suono si estingue in un ambiente chiuso.

Ecco quindi spiegato, in parole tutt'altro che semplici, perché durante la succitata conferenza noi non capiamo nulla: se il **tempo di riverbero T60** è troppo alto, può succedere che avendo due segnali in rapida successione il transitorio di estinzione del primo segnale potrebbe interferire con il transitorio iniziale del suono seguente causando problemi nella percezione acustica.

L'obiettivo finale del nostro trattamento acustico è quindi ottenere un TR abbastanza basso da permettere ai due segnali presi prima come esempio, di agire indisturbati.

Oltre a definire il T60, Sabine, ci ha fornito anche la formula per calcolarlo, essa si basa però su dei punti fondamentali (che tra l'altro abbiamo anche trattato durante il corso di Audio Processing).

- 1) L'orecchio umano non è in grado di distinguere due suoni se prodotti reciprocamente a meno di 0.1s di distanza.
- 2) Il suono raggiunge una velocità di circa 340 m/s nell'aria a circa 20 °C.

Detto ciò, la formula per ottenere il T60 è:

$$T_{60} = 0.16 \times \frac{V}{a_1S_1 + a_2S_2 + \dots + a_nS_n}$$

Dove con $a_1..a_n$ si intendono i coefficienti di assorbimento acustico (cioè la frazione di energia sonora assorbita rispetto all'energia incidente) dei materiali presenti nella stanza e con $S_1..S_n$ le superfici degli appena citati materiali. È perciò evidente come tutto sia influenzato sia da cosa abbiamo all'interno dell'ambiente in analisi, sia dalle dimensioni dell'ambiente stesso (ricorda che le pareti contano, eccome se contano) e di quello che ci sta dentro.

Vien da sé quindi che i pannelli fonoassorbenti godono di coefficienti di assorbimento acustico molto elevati, che sono per altro riportati e garantiti dal fornitore. Ma per gli altri materiali?

Sono disponibili sul web varie tabelle dove sono riportati i coefficienti dei materiali più diffusi (non preoccupatevi, nell'allegato ho tabellato tutto io confrontando varie fonti). Persino le persone danno il loro contributo nell'assorbimento del suono, è per questo che le analisi tabellate sono state ripetute con la capienza dell'aula magna al 25, 50, 75 e 100% oltre che ad aula vuota.

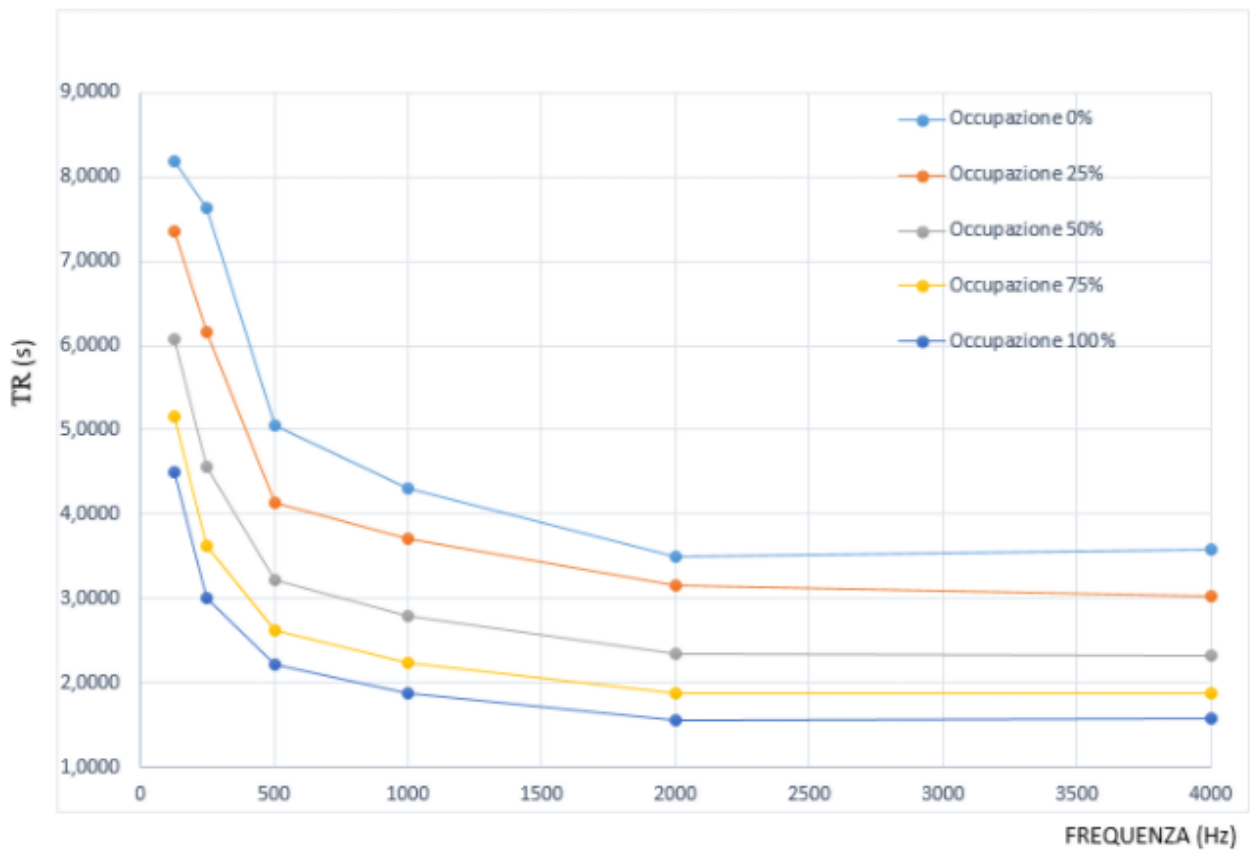
Abbiamo risposto quindi alla domanda sul come testare la qualità acustica di un ambiente, ma quando possiamo considerarla buona?

È stato studiato e dimostrato che per aule magne, auditorium e ambienti meeting di una certa dimensione, un TR ottimale ammonta a circa 0.9s. All'inizio ho detto di aver preso dei rilievi acustici sull'aula magna **prima** di eseguire ogni tipo di trattamento, ora posso rivelarvi che il TR iniziale ammontava a circa 4.1s, capite benissimo da soli quanto la situazione fosse disastrosa... Tuttavia voglio informarvi che spesso, a causa della forma stessa degli auditorium e delle loro dimensioni, i valori si aggirano attorno ai 4 secondi, sono quindi consigliati i trattamenti acustici.

Naturalmente i TR appena nominati sono frutto di medie, poiché esso varia per ogni frequenza. In particolare le analisi negli allegati sono state svolte alle frequenze di 125, 250, 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, per altro si può notare come il tutto sia stato ripetuto, oltre che per i diversi gradi di riempimento dell'aula (pubblico al 25%, 50% eccetera...) anche una volta tenendo conto delle basse frequenze (125 e 250 Hz) e una volta tralasciandole. Questo perché in un'aula magna si tengono per lo più conferenze, e quindi le frequenze da ottimizzare sono quelle relative alla voce umana. Una volta svolti i conti teorici (si trova tutto nell'allegato) si è passati alla parte pratica... Vediamone i risultati!!

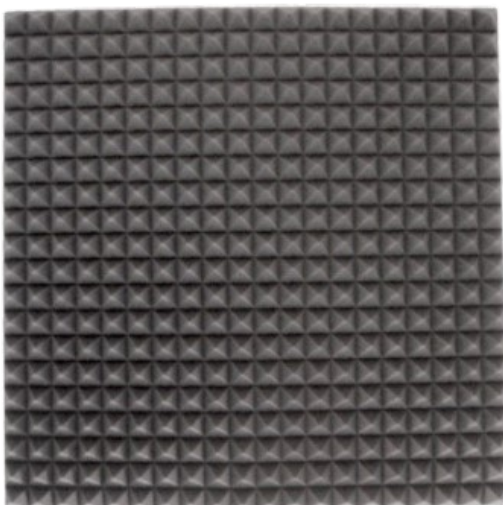
3. Risultati Ottenuti / Argomenti Teorici Trattati

Poiché penso che non ci sia niente di più esplicativo di un grafico, ecco illustrata la situazione PRE lavori, che vedeva un TR elevatissimo con media sopra i 4 secondi.

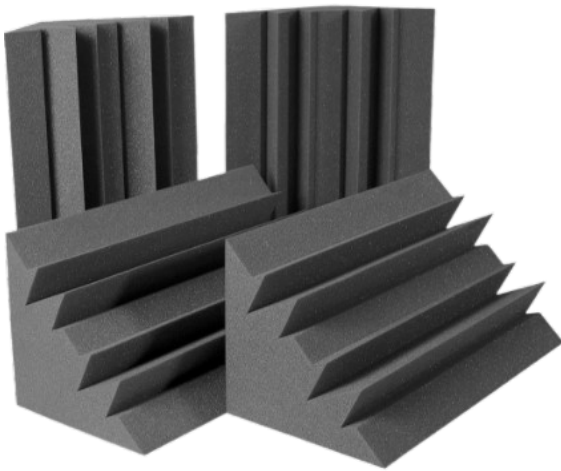


Non viene da piangere anche a voi? Fortunatamente non è più così.

Grazie all'utilizzo di 112 pannelli fono assorbenti (di tipo materiale poroso).

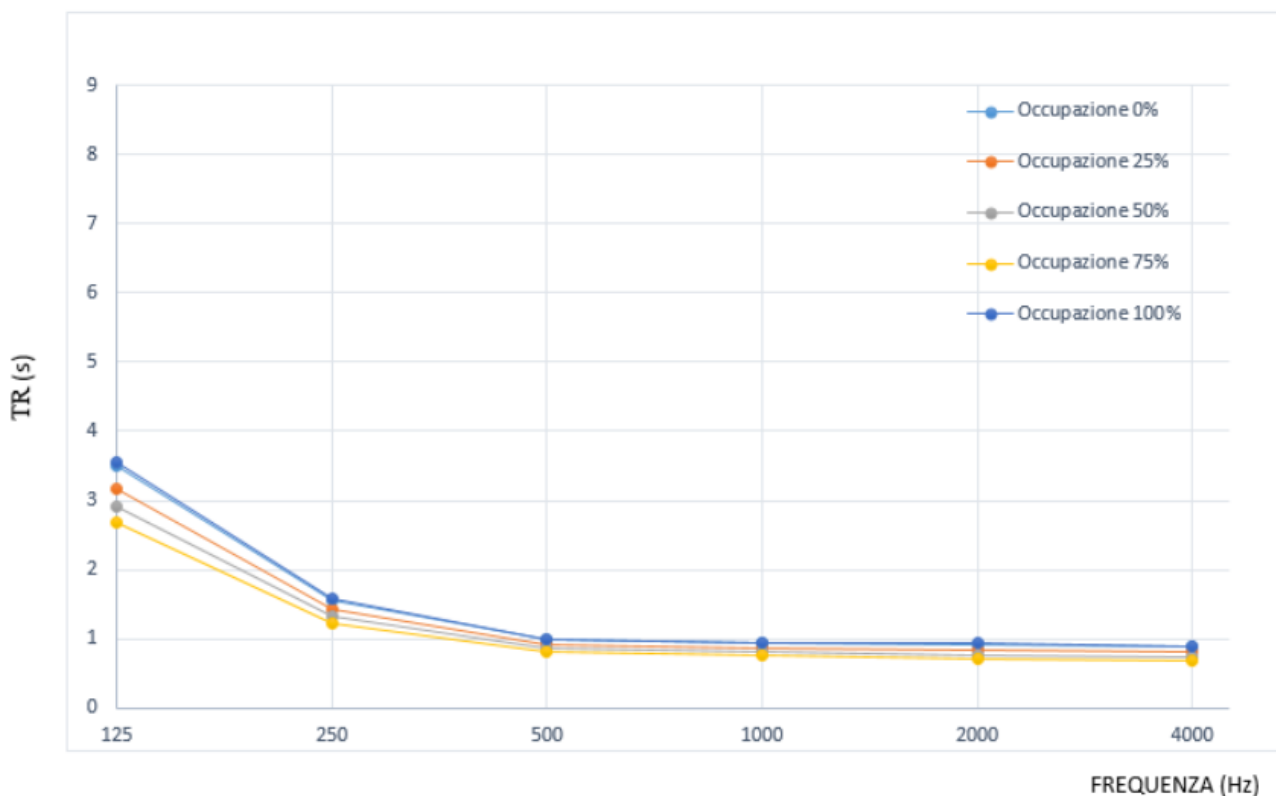


E alla messa in posa di 12 ulteriori Bass-Traps (poste agli angoli critici dell'aula).



Il TR si è sensibilmente abbassato raggiungendo una media di 0.9s alle frequenze medio/alte. Il tutto al costo di 3730€ (listino prezzi RedSound).

Ecco come appare ora l'aula magna:



Molto meglio, vero? Sentire per credere.

Nota: Allego file Excel contenente tutti i rilievi presi sul posto, le misure di ogni singolo elemento, i rispettivi materiali con coefficienti acustici e i conti svolti alle varie frequenze e con le varie capienze. Nel file sono disponibili anche delle fonti per approfondimenti sull'argomento e tabelle di riferimento con coefficienti acustici.