

MISURE DI TEMPI DI RIVERBERAZIONE DI UN SALONE MULTIFUNZIONALE IN UN ORATORIO PAVESE. RISULTATI DI MISURE E STIME A CONFRONTO, TEMPI OTTIMALI INDICATI DALLE NORME, IDEE DI SOLUZIONI.

Paolo Affini (1), Laura Lupica Spagnolo (2), Silvia Quatrini (3)

- 1) Tecnico competente in acustica ambientale, Pavia (PV), info@acustica-applicata.it
- 2) Tecnico competente in acustica ambientale, Belgioioso (PV), lupicaspagnolo@virgilio.it
- 3) Tecnico Competente in acustica ambientale, Alter Eco sas, Pavia (PV), altereco@alterecosas.it

Sono state effettuate misure di tempi di riverberazione in un grande ambiente multifunzionale, realizzato al piano terra di un edificio destinato ad oratorio situato nel Comune di Pavia.

L'ambiente in esame presenta una pessima qualità acustica, dovuta sia alle caratteristiche geometriche che a quelle costruttive: grande superficie in pianta, altezza contenuta, superfici riflettenti, ampie superfici vetrate e un'evidente simmetria (si può immaginare di dividere il volume in quattro parti uguali, seguendo l'andamento di travi e pilastri).

Il disagio acustico risulta evidente a chiunque usufruisca di questo ambiente, sia per la difficoltà nell'intelligibilità del parlato sia per la significativa rumorosità generata durante le normali attività ricreative (l'ambiente è utilizzato soprattutto dai bambini della scuola primaria, con gioco vivace).

Il pavimento è in ceramica, il soffitto in laterocemento intonacato e le pareti verticali in muratura piena intonacata; l'ambiente ha pochi arredi (otto panche e quattro tavoli in legno, un tavolo da ping-pong e un "calciobalilla") e non sono presenti tendaggi.

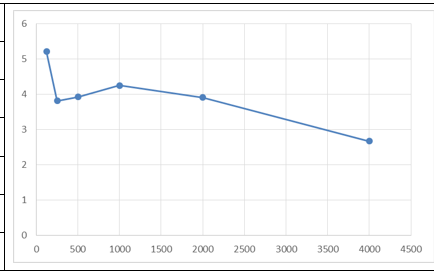
Tabella 1 – Caratteristiche geometriche della sala.

Lunghezza	16,1	m	Superficie pavimento	178,7	m ²
Larghezza	11,1	m	Superficie soffitto	178,7	m ²
Altezza	3,6	m	Superficie pareti	195,8	m ²
Volume lordo	643,4	mc	Superficie parti vetrate	27,4	m ²
Volumi pieni	9,1	mc	Superficie parti opache	168,5	m ²
Volume netto	634,2	mc			

Per la misurazione del tempo di riverberazione è stato applicato il metodo della risposta integrata all'impulso, utilizzando due diverse sorgenti sonore: un palloncino di dimensioni opportune e il clappatore. Inoltre, le misure sono state effettuate utilizzando contemporaneamente due fonometri di marca diversa (Svantek 949 e Larson Davis 831).

Tabella 2 – TR misurati con Larson Davis 831 - sorgente impulsiva: palloncini

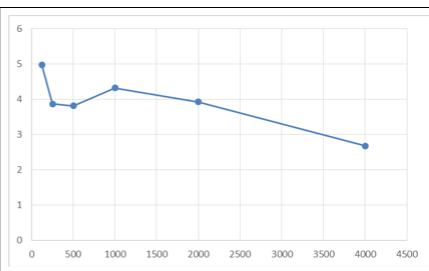
Hz	s
125	5,21
250	3,81
500	3,92
1000	4,25
2000	3,91
4000	2,67



Media su tutte le frequenze = 3,96 s
Media tra 500 Hz e 1000 Hz = 4,08 s

Tabella 3 – TR misurati con Larson Davis 831 - sorgente impulsiva: clappatore

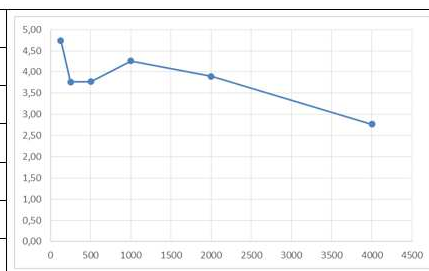
Hz	s
125	4,98
250	3,87
500	3,81
1000	4,32
2000	3,92
4000	2,68



Media su tutte le frequenze = 3,93 s
Media tra 500 Hz e 1000 Hz = 4,06 s

Tabella 4 – TR medi (clappatore e palloncini) misurati con Svantek 949

Hz	s
125	4,74
250	3,76
500	3,77
1000	4,26
2000	3,89
4000	2,77



Media su tutte le frequenze = 3,86 s
Media tra 500 Hz e 1000 Hz = 4,01 s

La stima dei tempi di riverberazione è eseguita sia ricorrendo alla formula di Sabine sia utilizzando il calcolatore presente sul portale PAF (Portale Agenti Fisici), che applica il metodo di Eyring-Norris – entrambi i metodi analitici si basano sui coefficienti di fonoassorbimento dei materiali che compongono la sala, ricavati da dati di letteratura, sull'estensione superficiale di tali rivestimenti e sul volume dell'ambiente in esame.

Tabella 5 – risultati dei TR stimati e misurati

Hz	Valore stimato (formula Sabine)	Valore stimato (PAF)	Valore misurato (medio)
125	0,86 s	1,72 s	4,98 s
250	1,90 s	2,59 s	3,81 s
500	2,72 s	4,55 s	3,83 s
1000	3,42 s	4,61 s	4,28 s
2000	3,57 s	4,98 s	3,91 s
4000	4,15 s	4,74 s	2,71 s

Dal confronto tra i valori di TR misurati e stimati risultano differenze anche molto significative; le divergenze tra i calcolatori teorici possono essere ricondotte a differenze tra i valori dei coefficienti di assorbimento utilizzati dai *data base*; per quanto riguarda la differenza tra i valori teorici e quelli misurati, si può supporre che le caratteristiche geometriche dell'ambiente non siano sufficientemente *sabiniane* (l'ambiente considerato è troppo basso rispetto alla superficie in pianta).

Tabella 6 – media di risultati di TR stimati e misurati

Medie	Valore stimato (formula Sabine)	Valore stimato (PAF)	Valore misurato (medio)
Tutte le frequenze	2,77 s	3,86 s	3,92 s
Tra 500 e 1000 Hz	3,07 s	4,58 s	4,05 s

I risultati delle misurazioni sono stati confrontati con i valori ottimali indicati dalla norma UNI 11367:2010. Tale norma fornisce l'espressione matematica per calcolare il valore di TR ottimale medio tra 500 Hz e 1000 Hz (per gli ambienti adibiti al parlato: $T_{ott} = 0,32 \lg(V) + 0,03$ s. La norma suggerisce anche valori ottimali di TR inferiori o uguali a $1,2 \times T_{ott}$, per tutte le bande di ottava comprese fra 250 Hz e 4000 Hz: $T_{lim\ sup} \leq 1,2 T_{ott}$).

Tabella 7 – Confronto con la norma UNI 11367:2010

Valutazione sulla media tra 500 Hz e 1000 Hz			Valutazione sulle singole bande d'ottava da 250 a 4000 Hz	
TR misurato	T_{ott}	Confronto	$T_{lim\ sup}$	Confronto
4,05	0,90	TR > T_{ott}	1,08	TR da 250 a 4000 Hz > $T_{lim\ sup}$

Dall'indagine si è potuto quantificare quanto la sala necessita di intervento di bonifica acustica.

Non emergono differenze tra i valori dei TR ottenuti con le due differenti modalità di elaborazione dei dati e con le due diverse sorgenti di rumore; risultano invece differenze significative dal confronto tra i valori dei tempi di riverberazione misurati e stimati.

Occorrerà applicare a soffitto e/o su porzioni di pareti verticali e di pilastri materiale con spiccate caratteristiche fonoassorbenti, dopo averne determinato superficie e valore di coefficiente di assorbimento acustico; in alternativa, è ipotizzabile l'utilizzo di un sistema tipo *baffles* da abbinare ad un rivestimento fonoassorbente delle travi in c.a. nude.