

# **Il comfort acustico: l'ingrediente segreto per un ristorante di successo**

**Correzione acustica del Ristorante stellato Oasis Sapori Antichi  
Via Provinciale 8 - Vallesaccarda (AV)**

**Autore: Ing. Domenico Russo  
Dottore di Ricerca in Ingegneria Industriale  
Socio Fondatore di Acousticlub – Start Up Innovativa  
Spin Off Accademico dell'Università degli Studi di Salerno**

# Sommario

<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>2. QUALITÀ ACUSTICA DI UN AMBIENTE CHIUSO .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 LIVELLO SONORO E SUA DISTRIBUZIONE NELL'AMBIENTE .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 DIFETTI ACUSTICI .....</b>	<b>3</b>
<b>2.3 PRINCIPALI DESCRITTORI ACUSTICI .....</b>	<b>4</b>
<b>2.3.1 TEMPO DI RIVERBERO .....</b>	<b>4</b>
<b>2.3.2 INDICE DI CHIAREZZA .....</b>	<b>5</b>
<b>2.3.3 INDICE DI TRASMISSIONE DEL PARLATO .....</b>	<b>6</b>
<b>3. CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA DEGLI AMBIENTI .....</b>	<b>6</b>
<b>3.1 RISULTATI DELLE MISURAZIONI FONOMETRICHE ANTE OPERAM .....</b>	<b>6</b>
<b>4. PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI .....</b>	<b>11</b>
<b>5. RISULTATI DELLE MISURAZIONI FONOMETRICHE POST OPERAM .....</b>	<b>13</b>
<b>6. CONCLUSIONI .....</b>	<b>21</b>
<b>7. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>22</b>

## 1. Introduzione

Il comfort acustico che si percepisce in un ristorante influisce notevolmente sulla qualità del locale nel suo complesso ed ha un impatto diretto sull'esperienza dei clienti.

La facilità di comunicazione vocale tra i commensali, infatti, è di fondamentale importanza durante un pasto conviviale: le conversazioni ai tavoli, spesso, non sono piacevoli a causa degli elevati livelli di rumore in sala, determinati essenzialmente dalla voce dei clienti presenti in un contesto di discorsi contrapposti ("problema del cocktail party" [1]) e dalla tendenza involontaria dei parlanti ad incrementare l'intensità della loro voce, in relazione al rumore di fondo che interferisce con la comprensione delle parole ("effetto Lombard" [2]).

Il disagio che i commensali avvertono a causa di un persistente e fastidioso brusio a volte distoglie la loro attenzione dalla cura nella preparazione e dalla bontà del cibo; un'atmosfera confortevole dal punto di vista acustico, quindi rilassante, comunica, invece, attenzione al dettaglio e interesse nei confronti dei clienti.

Un'acustica ben studiata in una sala di ristorazione favorisce anche le attività del personale, riducendo lo sforzo nella comunicazione e facilitando la concentrazione.

In questo articolo sono sintetizzati i risultati delle attività di correzione acustica, eseguite da Acousticlab – Startup Innovativa, Spin Off Accademico dell'Università degli Studi di Salerno, del ristorante stellato Oasis Saperi Antichi, sito in Via Provinciale 8 a Vallesaccarda (AV), di proprietà della famiglia Fischetti.

## 2. Qualità acustica di un ambiente chiuso

Prima entrare nel dettaglio, è opportuno riportare alcuni richiami concettuali di base circa l'ottimizzazione acustica di ambienti chiusi.

### 2.1 Livello sonoro e sua distribuzione nell'ambiente

Affinché un ambiente chiuso possa essere adeguato, dal punto di vista acustico, alla propria destinazione d'uso, è fondamentale realizzare condizioni di benessere acustico. Per fare ciò, in prima battuta è necessario analizzare il campo sonoro, ossia la porzione di spazio in cui si propagano le onde sonore. In un ambiente chiuso esistono diversi elementi che ostacolano la propagazione diretta delle onde dalla sorgente al ricettore (ascoltatore), pertanto il campo sonoro risulta essere la sovrapposizione di onde dirette e di onde riflesse. Per questo motivo ogni ascoltatore percepisce un livello acustico maggiore rispetto al caso di campo sonoro in assenza di onde riflesse (campo libero), perché in ogni punto del locale giunge sia il suono diretto sia il suono riflesso dagli ostacoli, anche se con un certo ritardo temporale. Quando al cessare dell'emissione sonora l'energia acustica non si riduce istantaneamente a zero (presenza della coda sonora), l'ambiente viene definito riverberante. Affinché si creino le condizioni per un'ottimale trasmissione dei messaggi sonori, è necessario che all'interno del locale il livello di pressione acustica sia uniforme, in modo che ogni ricettore possa percepire i suoni in maniera adeguata.

### 2.2 Difetti acustici

Per poter individuare possibili echi e concentrazioni sonore, che sono considerati difetti gravi di un locale, è opportuno effettuare un esame geometrico della sala e un esame tecnologico dei materiali presenti. Riflessioni

che giungono all'orecchio con ritardi maggiori di 0,1 s sono percepite come suoni distinti (eco) e, pertanto, devono essere accuratamente evitate. Devono essere controllati anche i fenomeni di near-eco (indesiderato prolungamento del suono diretto), che corrispondono a riflessioni con ritardi compresi tra 0,05 s e 0,10 s.

## 2.3 Principali descrittori acustici

Generalmente la valutazione oggettiva della qualità acustica di un ambiente chiuso si basa su alcuni indicatori riportati nelle normative (nazionali ed internazionali) tecniche di riferimento (descrittori acustici). Nel presente lavoro, per la stima del comportamento acustico del Ristorante in esame, l'attenzione viene focalizzata principalmente sul tempo di riverbero, sull'indice di chiarezza e sull'indice di trasmissione del parlato.

### 2.3.1 Tempo di riverbero

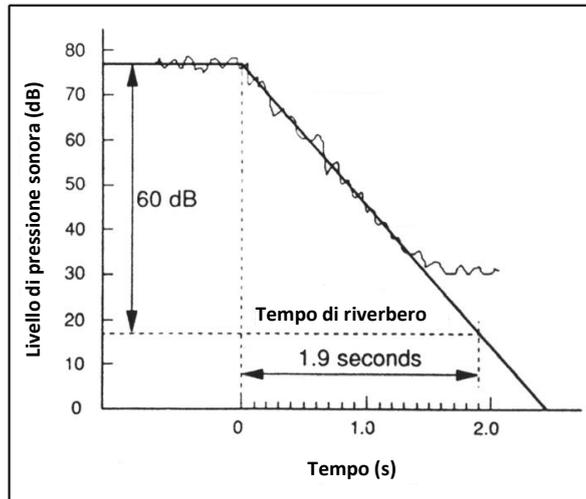
Il "tempo di riverbero" (RT) quantifica l'effetto della riverberazione del suono in un ambiente, fornendo un'indicazione importante sulla qualità acustica di un locale.

La riverberazione è una condizione naturale della fruizione acustica di un ambiente chiuso, ma deve essere opportunamente "dosata" per evitare effetti indesiderati.

Per definizione, il termine riverbero indica la persistenza del suono in un ambiente chiuso dopo che la sorgente sonora ha cessato di irradiare, a causa della riflessione continuata dell'onda sonora sulle pareti.

Quando un suono colpisce un oggetto si genera una riflessione, che inizia un suo percorso all'interno del locale, dando vita a sua volta ad altre riflessioni. Poiché il suono si propaga nell'aria ad una velocità convenzionale di circa 340 m/s e gli ambienti in esame hanno dimensioni ridotte, si può capire come in pochi centesimi di secondo dall'uscita del suono dalla sorgente sonora nel locale siano presenti riflessioni che vanno a perturbare il suono originario diretto. L'insieme delle riflessioni prende il nome di riverbero. Valori di RT eccessivamente inferiori al valore ottimale sono tipici di un locale "sordo", ovvero di una stanza in cui i singoli suoni vengono percepiti in modo staccato e in cui, essendo limitato l'apporto del campo riverberante, il livello di pressione sonora non è uniforme nei diversi punti. Valori eccessivamente elevati determinano, invece, condizioni di ascolto poco "nitide": il nostro sistema nervoso riconduce ad un medesimo evento emissivo (e quindi ad uno stesso "significato") due segnali acustici percepiti in tempi diversi se il ritardo presente tra loro non è maggiore di alcune decine di millisecondi.

Nel 1898 W.C. Sabine, fisico statunitense precursore degli studi sull'acustica architettonica, introdusse i requisiti per garantire un'efficiente qualità acustica di una sala, in particolare affermò che il suono deve essere sufficientemente intenso in tutti i punti di ascolto dell'ambiente e che i suoni che si succedono con rapida emissione devono arrivare all'ascoltatore chiari e distinti, mantenendo la loro individualità. Egli formulò una teoria della propagazione del suono in ambienti chiusi, in base alla quale le caratteristiche acustiche di ogni ambiente possono essere descritte dal "tempo di riverbero", definito come il tempo necessario affinché, interrompendo improvvisamente l'emissione di energia sonora in un ambiente, il livello di pressione sonora diminuisce di 60 dB rispetto al valore che aveva prima dello spegnimento della sorgente. (Fig. 1).



**Fig. 1 Esempio di tempo impiegato dal livello di pressione sonora per ridursi di 60 dB dopo che è cessata l'emissione da parte della sorgente sonora**

### 2.3.2 Indice di Chiarezza

L'indice di chiarezza prende in esame l'intervallo di tempo che intercorre tra l'emissione del suono diretto e la comparsa delle prime riflessioni, che hanno la caratteristica di rinforzare l'intensità del suono, al contrario delle riflessioni successive che possono essere percepite come fastidiose.

Tale indice viene calcolato attraverso un bilancio energetico, confrontando l'energia sonora iniziale con quella successiva ad una soglia temporale definita in base al fine della misurazione. Nel caso di chiarezza del parlato, l'intervallo temporale considerato è di 50 millisecondi e l'espressione utilizzata per il suo calcolo è la seguente:

$$C_{50} = \frac{\int_0^{50 \text{ ms}} p^2(t) dt}{\int_{50 \text{ ms}}^{\infty} p^2(t) dt}$$

dove  $p(t)$  è la pressione acustica istantanea nel punto di ascolto.

Con  $t = 0$  si intende l'istante in cui il segnale diretto raggiunge il ricevitore.

La "chiarezza della parola" ( $C_{50}$ ) caratterizza la qualità della comunicazione tra due persone e la nitidezza del trasferimento di un discorso da un emittente a un ricevente.

Nel rapporto vi è a numeratore l'energia "precoce" (si considera tale, in questo caso, il suono da 0 a 50 ms) e a denominatore l'energia "tardiva" che perviene negli istanti successivi (il suono da 50 ms all'infinito).

In sintesi il  $C_{50}$  è funzione del rapporto tra l'energia sonora che arriva nei primi 50 ms e l'energia che arriva successivamente: tanto maggiore è il suo valore tanto maggiore è il contributo delle riflessioni utili al rafforzamento del segnale.

Tali frazioni energetiche sono fondate sull'ipotesi che la percezione soggettiva di un suono sia dovuta alla parte iniziale di energia considerata utile (early arriving Energy) per la chiarezza e la nitidezza del segnale ricevuto e che la rimanente parte (later arriving Energy) sia dannosa e contribuisca negativamente.

### 2.3.3 Indice di trasmissione del parlato

Lo Speech Transmission Index (STI) o “indice di trasmissione del parlato” è nato in Olanda nei primi anni ‘70 ed è stato approfondito successivamente per essere utilizzato in varie applicazioni. Tale parametro quantifica l’effetto combinato dell’interferenza del rumore di fondo e della riverberazione sull’intelligibilità del parlato, ossia rappresenta l’effetto del sistema di trasmissione, in questo caso l’ambiente, sull’intelligibilità del parlato. Lo STI si calcola come valore medio del rapporto segnale/disturbo apparente (S/N) in un campo di frequenze che sono ritenute importanti per la modulazione di inviluppo del segnale vocale.

## 3. Caratterizzazione acustica degli ambienti

Per valutare le caratteristiche acustiche del locale oggetto di indagine, è stata eseguita una campagna di misure fonometriche, in ottemperanza alle normative tecniche vigenti, volta alla determinazione dei principali descrittori acustici (tempo di riverbero, indice di chiarezza, indice di trasmissione del parlato), facendo riferimento al “metodo della risposta integrata all’impulso” (UNI EN ISO 3382-2:2008), considerando come sorgente sonora impulsiva a larga banda lo sparo di una pistola a salve.

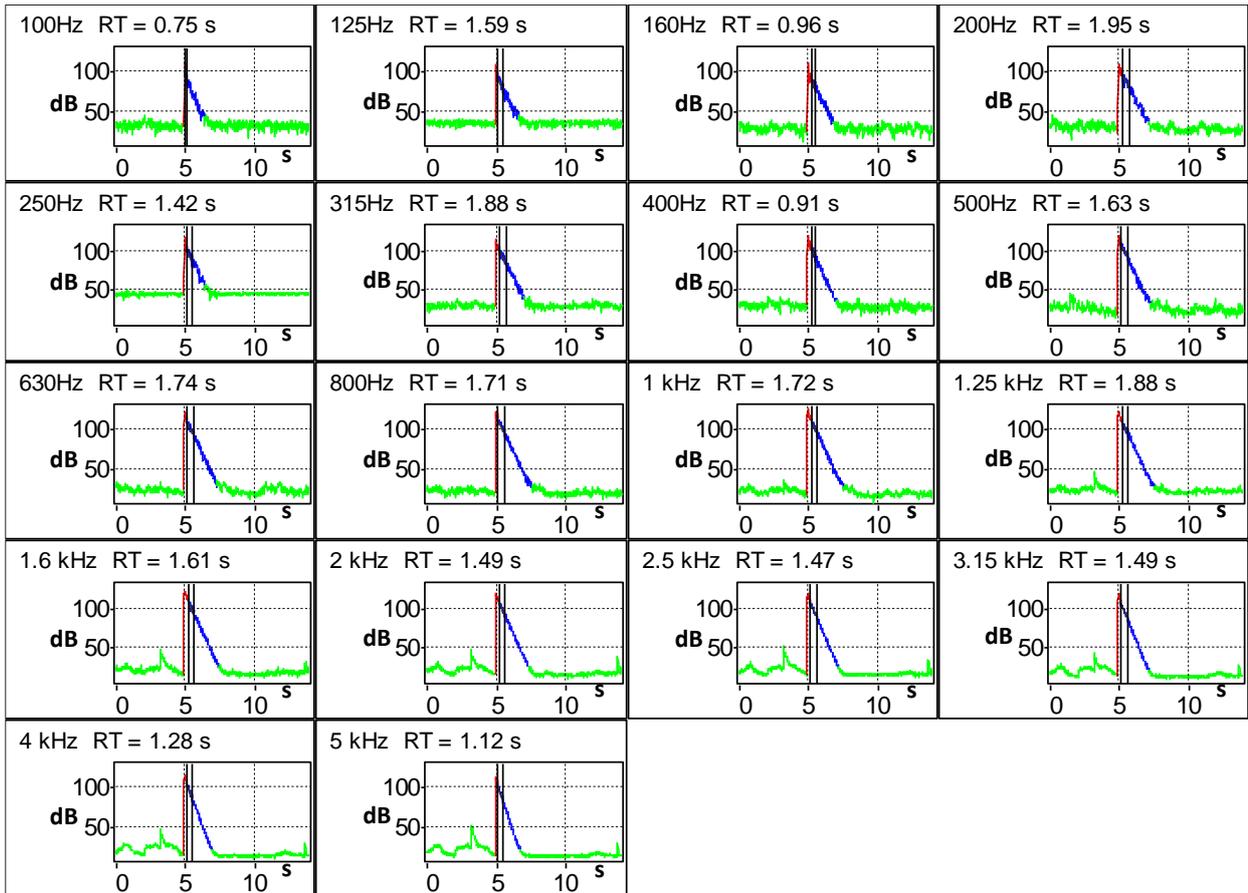
Per le misurazioni sono state individuate diverse posizioni di misura, uniformemente distribuite sull’intera area in esame, poste poco più di 2 m l’una dall’altra e non troppo vicine alla sorgente, per evitare un’influenza eccessiva da parte del suono diretto.

Il microfono è stato posizionato ad una distanza minima di circa 1 m dalle pareti e ad 1,20 m dal pavimento. Inoltre, sono state eseguite 3 acquisizioni per ogni posizione, al fine di garantire una ripetibilità accettabile. I risultati sono stati ottenuti in fase di post-elaborazione mediando tutti i valori acquisiti. Il fonometro di classe 1 impiegato per eseguire le misurazioni è stato un Fusion™ (IEC 61672 Class 1 sound level meter/analyser). La caratterizzazione acustica degli ambienti è stata effettuata a locali vuoti ed arredati, secondo le specifiche ISO 3382, e i dati acquisiti durante la campagna di misure *ante operam* sono stati mediati in fase di post-elaborazione.

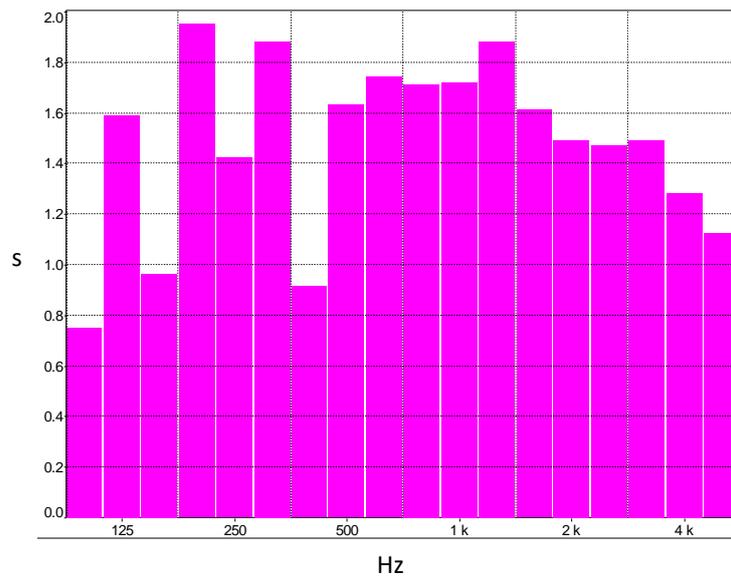
### 3.1 Risultati delle misurazioni fonometriche *ante operam*

In riferimento alla campagna di misure fonometriche *ante operam* eseguita nella sala ristorante, il tempo medio di riverbero (RT), l’indice medio di chiarezza ( $C_{50}$ ) e l’indice medio di trasmissione del parlato (STI) sono risultati rispettivamente pari a 1,6 s; - 1,8 dB e 0,53.

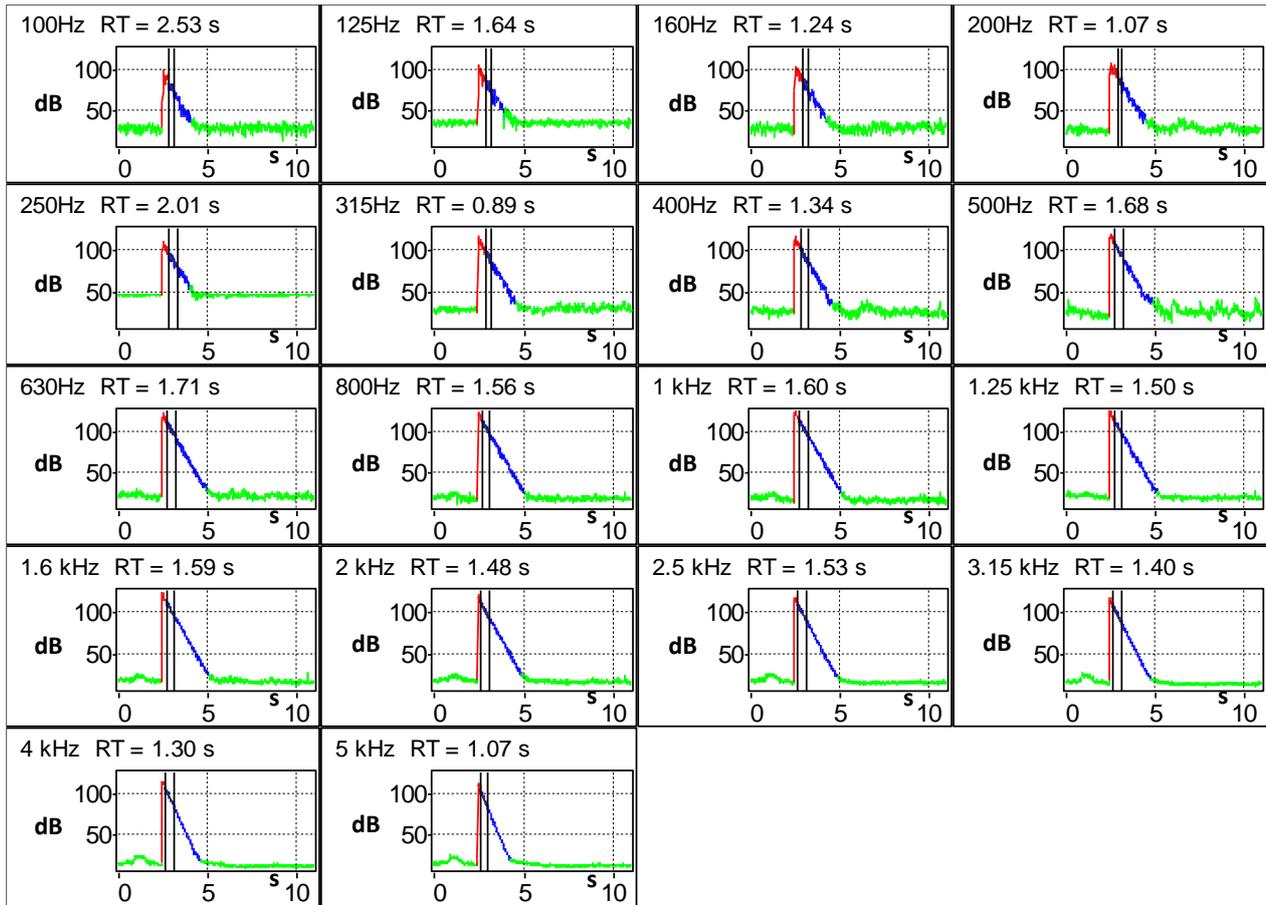
Nelle Figure 2 ÷ 10 sono riportati i diagrammi del tempo di riverbero rilevati alle varie frequenze in corrispondenza delle quattro postazioni di misura individuate e dell’indice medio di chiarezza del locale oggetto di indagine.



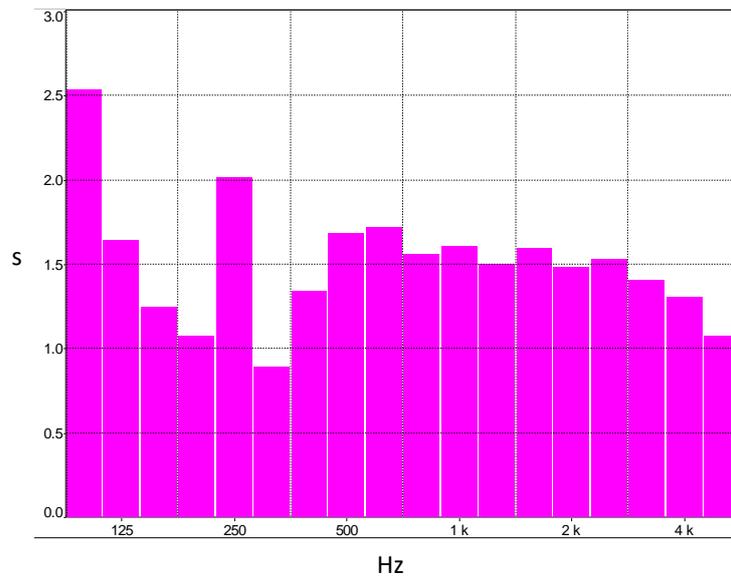
**Fig. 2** Diagrammi del tempo di riverbero alle varie frequenze misurato *ante operam* nella Sala Ristorante (Postazione di misura 1)



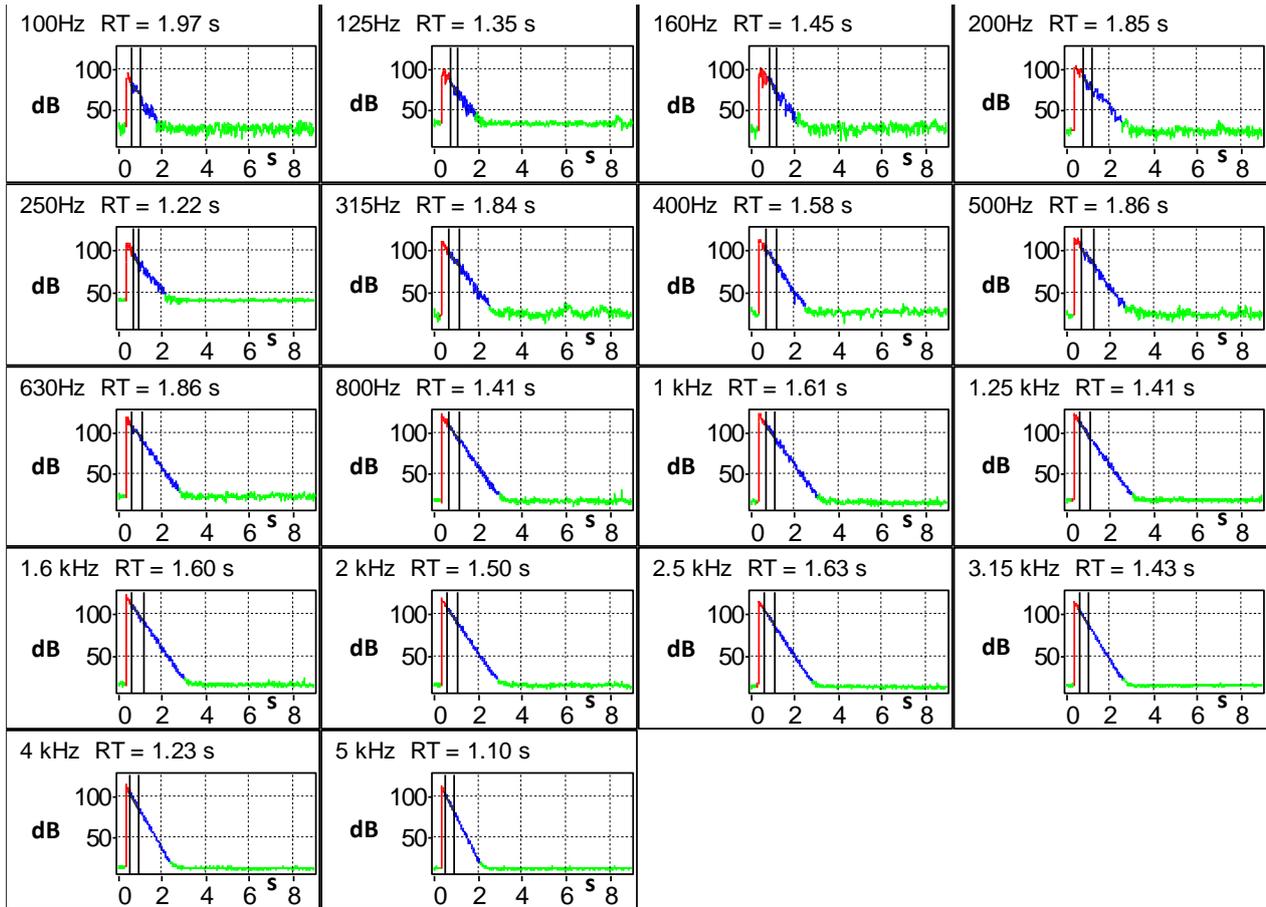
**Fig. 3** Andamento in frequenza del tempo di riverbero misurato *ante operam* nella Sala Ristorante (Postazione di misura 1)



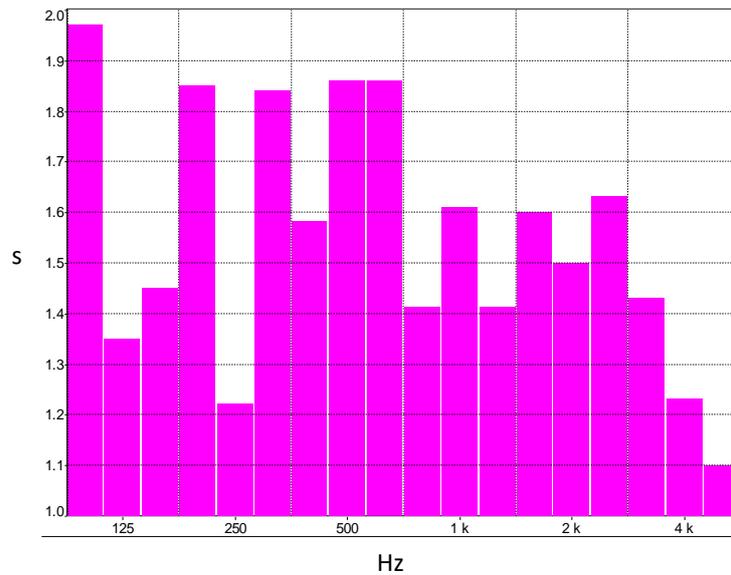
**Fig. 4** Diagrammi del tempo di riverbero alle varie frequenze misurato *ante operam* nella Sala Ristorante (Postazione di misura 2)



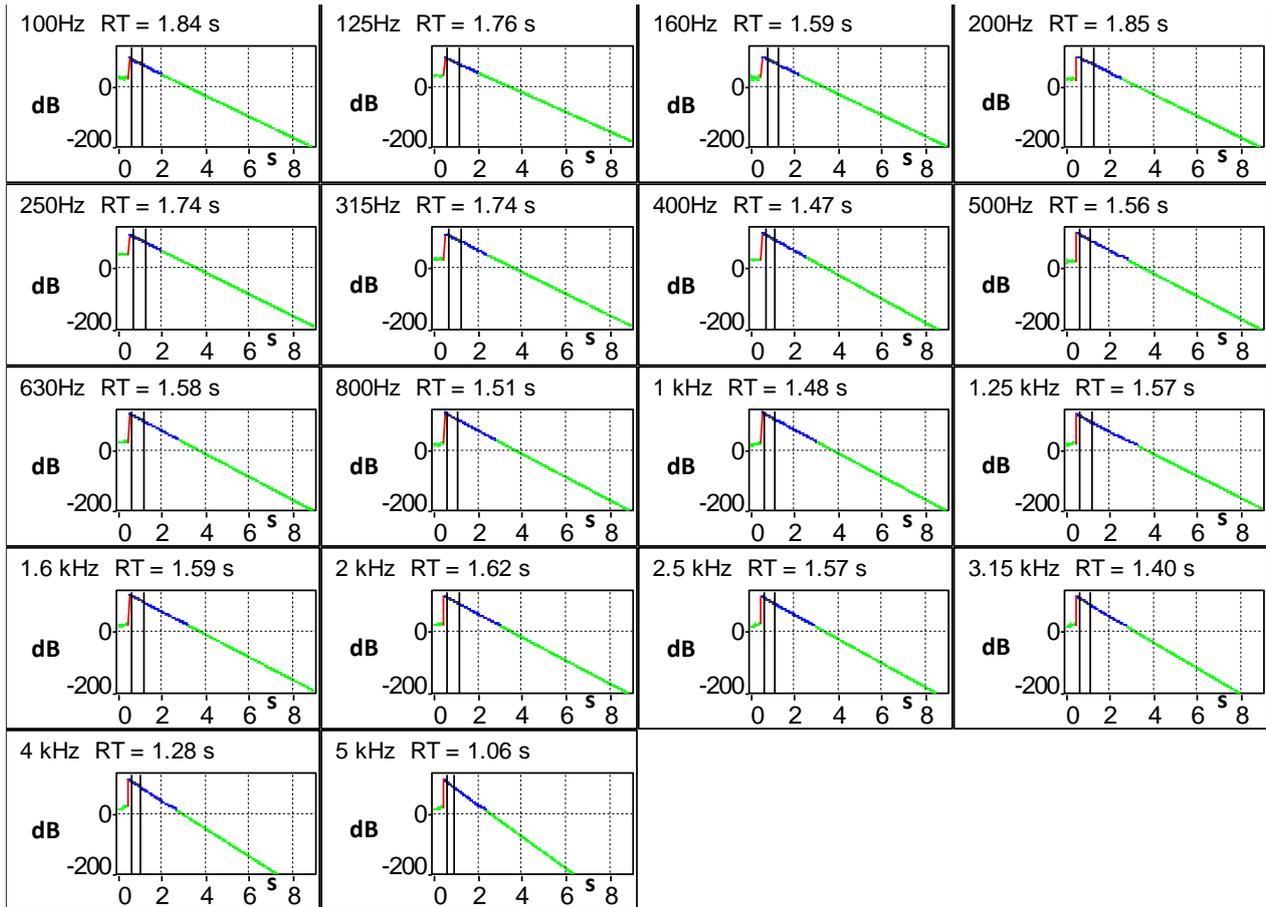
**Fig. 5** Andamento in frequenza del tempo di riverbero misurato *ante operam* nella Sala Ristorante (Postazione di misura 2)



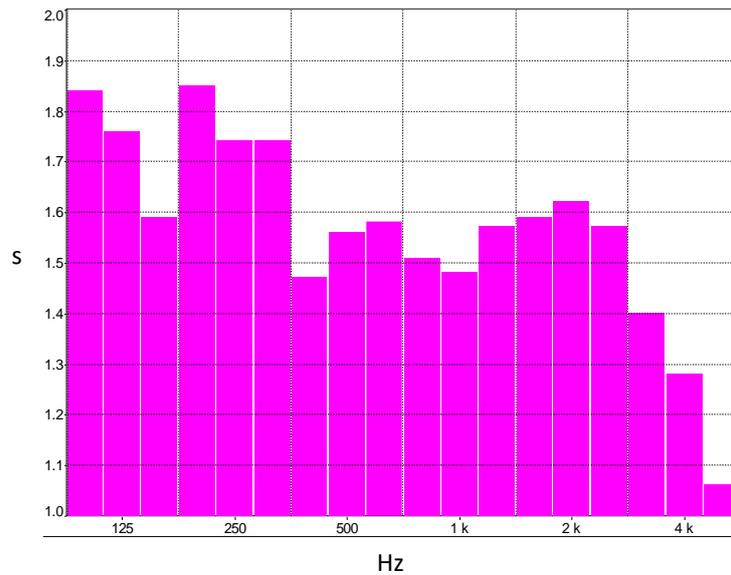
**Fig. 6** Diagrammi del tempo di riverbero alle varie frequenze misurato *ante operam* nella Sala Ristorante (Postazione di misura 3)



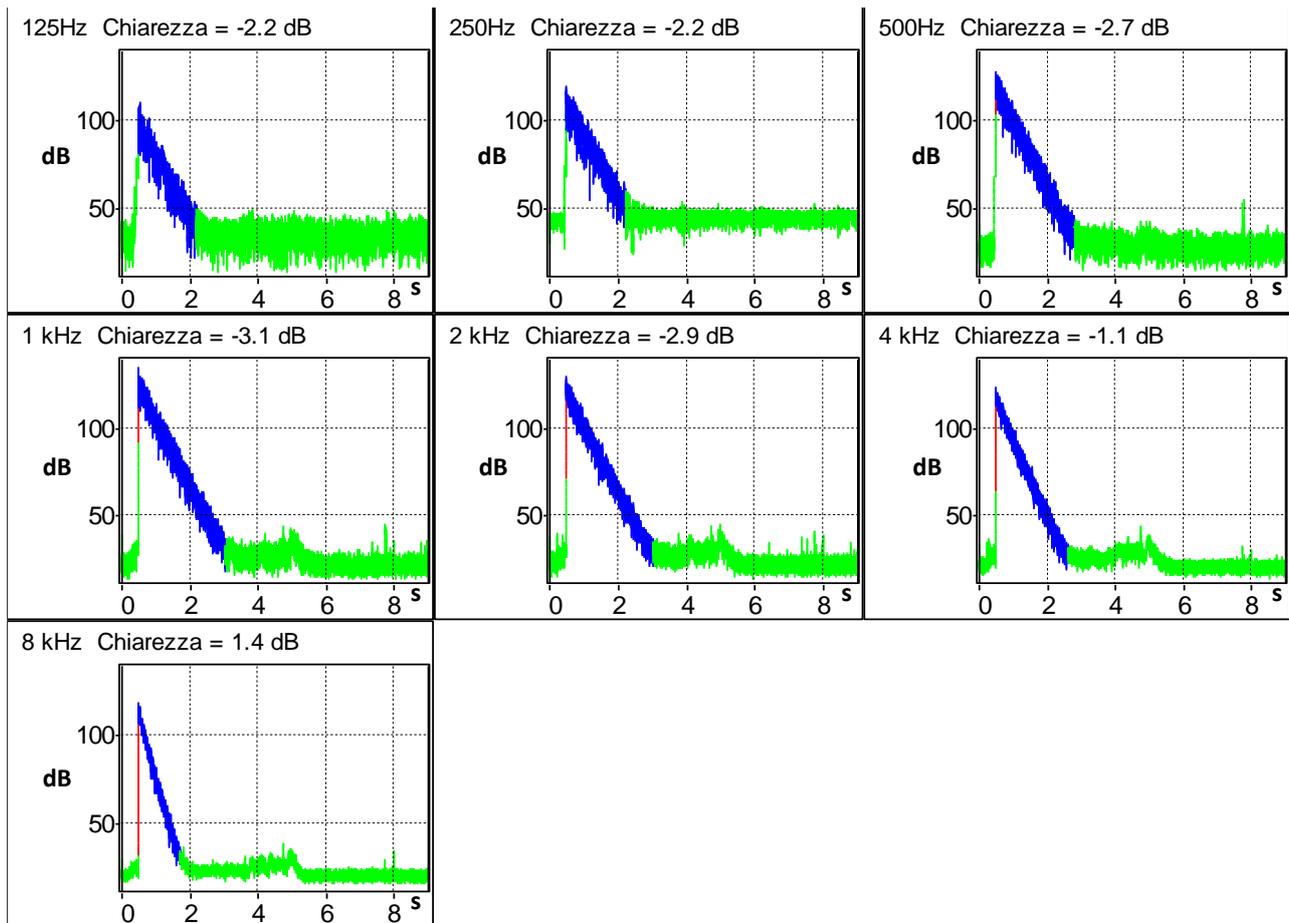
**Fig. 7** Andamento in frequenza del tempo di riverbero misurato *ante operam* nella Sala Ristorante (Postazione di misura 3)



**Fig. 8** Diagrammi del tempo di riverbero alle varie frequenze misurato *ante operam* nella Sala Ristorante (Postazione di misura 4)



**Fig. 9** Andamento in frequenza del tempo di riverbero misurato *ante operam* nella Sala Ristorante (Postazione di misura 4)



**Fig. 10** Diagrammi dell'indice medio di chiarezza alle varie frequenze misurato *ante operam* nella Sala Ristorante

## 4. Progettazione degli interventi

Per la determinazione dei valori ottimali dei descrittori acustici, sono stati tenuti in considerazione sia le normative nazionali ed internazionali vigenti che stabiliscono gli intervalli ottimali dei principali descrittori acustici in riferimento alla destinazione d'uso del locale, sia il programma di ricerca "Aree tranquille nei ristoranti" [3], per una buona comunicazione vocale, soprattutto per le persone con problemi di udito, in cui è riportato il tempo di riverberazione medio massimo per l'intervallo di frequenza compreso tra 500 Hz e 2000 Hz, in assenza di clienti.

Nella Tabella 1 sono riassunti i valori misurati nella fase *ante operam* dei descrittori acustici considerati e quelli che hanno rappresentato il target di riferimento delle attività di progettazione.

Tabella 1 – Descrittori acustici: valori misurati nella fase *ante operam* e ottimali

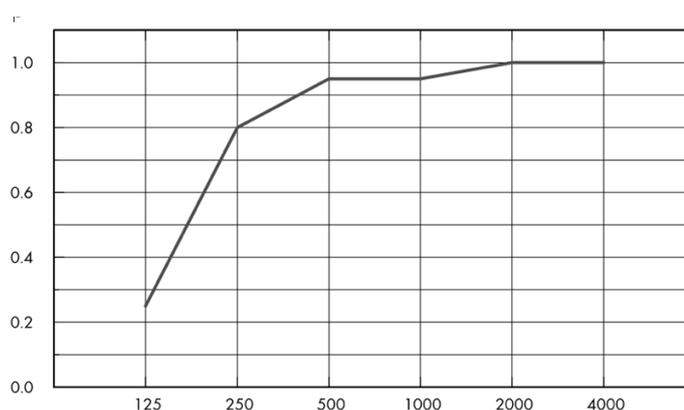
Ambiente	Descrittori acustici	Valori misurati <i>ante operam</i>	Valori ottimali
Sala ristorante	$RT$	1,6 s	$\leq 0,6$ s
	$C_{50}$	- 1,8 dB	$\geq 2$ dB
	$STI$	0,53	$\geq 0,60$

Dal confronto dei valori dei descrittori acustici misurati con quelli ottimali si può asserire che il locale di ristorazione in esame necessitava di un trattamento di correzione acustica, per poter garantire un benessere acustico ai commensali.

In ragione della geometria degli ambienti, si è giunti alla conclusione che, per creare un clima acustico piacevole, un trattamento di correzione acustica particolarmente adatto al caso in esame consisteva nell'installare a soffitto, in maniera uniformemente distribuita, un numero ben definito di pannelli fonoassorbenti, tale da garantire un'adeguata area equivalente di assorbimento acustico, determinata in simulazione grazie ad un software previsionale.

Per la bisogna, sono stati scelti i pannelli fonoassorbenti Ecophon Master™ SQ di Saint Gobain, di dimensioni 1200 mm x 600 mm con spessore di 40 mm.

Questi elementi sono composti da materiale fonoassorbente in lana di vetro, con rifinitura in pittura bianca, e sono caratterizzati da un andamento in frequenza del coefficiente di assorbimento acustico (Fig. 11) perfettamente compatibile con i requisiti tecnici previsti in fase progettuale.



**Fig. 11 Andamento nel dominio della frequenza del coefficiente di assorbimento acustico dei pannelli fonoassorbenti Ecophon Master™ SQ di Saint Gobain**

## 5. Risultati delle misurazioni fonometriche *post operam*

In riferimento alla campagna di misure fonometriche *post operam* eseguita nella sala ristorante (fig. 12), il tempo medio di riverbero (RT), l'indice medio di chiarezza ( $C_{50}$ ) e l'indice medio di trasmissione del parlato (STI) sono risultati rispettivamente pari a 0,8 s; 2,7 dB e 0,64.



**Fig. 12** Campagna di misure acustiche *post operam*

Nelle Figure 13 ÷ 21 sono riportati i diagrammi del tempo di riverbero rilevati alle varie frequenze in corrispondenza delle quattro postazioni di misura individuate e dell'indice medio di chiarezza del locale oggetto di indagine.

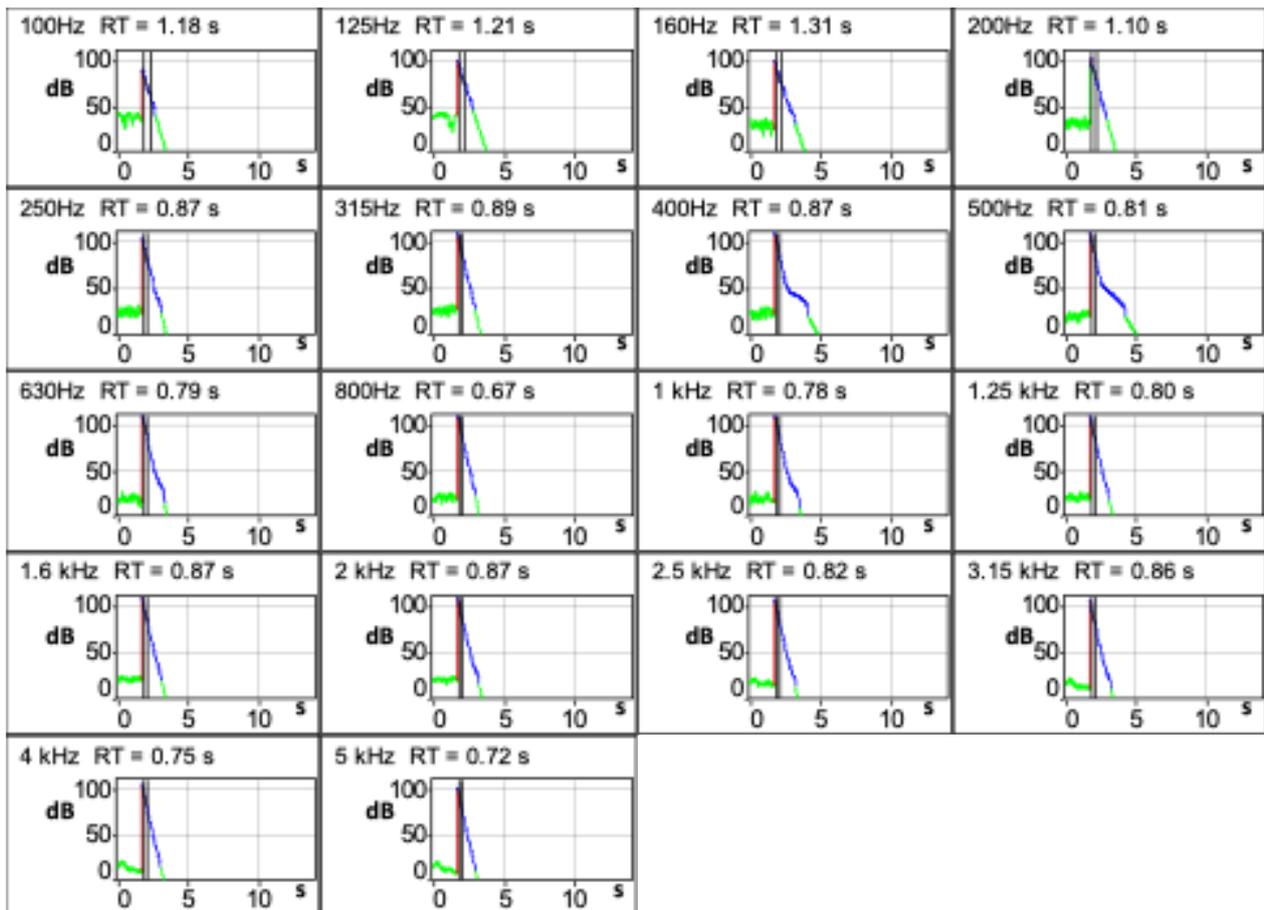


Fig. 13 Diagrammi del tempo di riverbero alle varie frequenze misurato *post operam* nella Sala Ristorante (Postazione di misura 1)

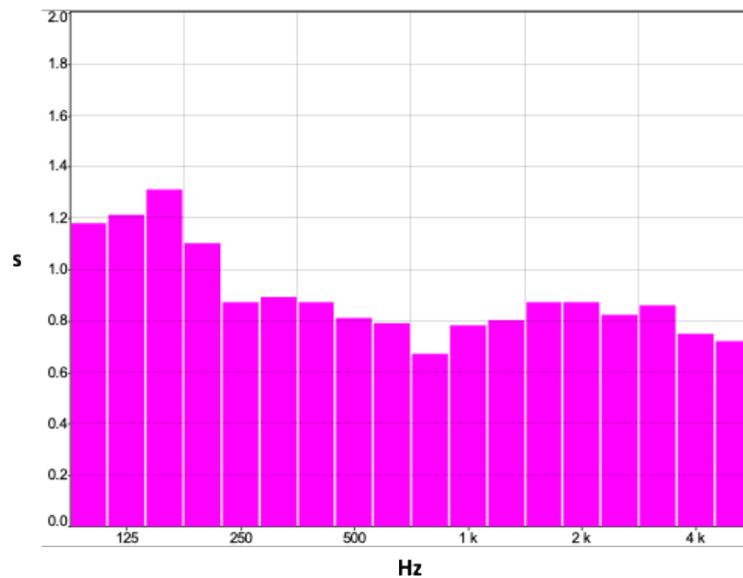


Fig. 14 Andamento in frequenza del tempo di riverbero misurato *post operam* nella Sala Ristorante (Postazione di misura 1)

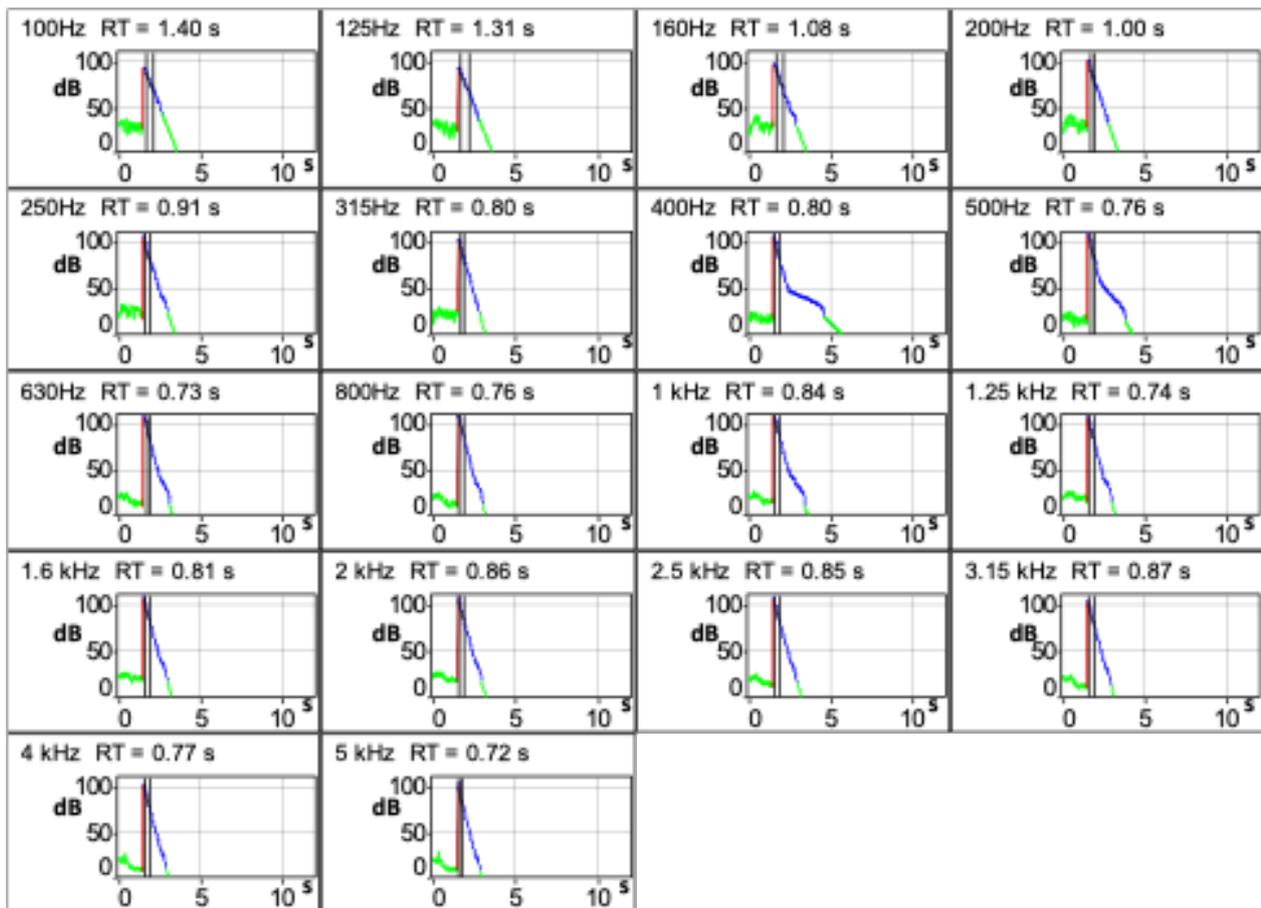


Fig. 15 Diagrammi del tempo di riverbero alle varie frequenze misurato *post operam* nella Sala Ristorante (Postazione di misura 2)

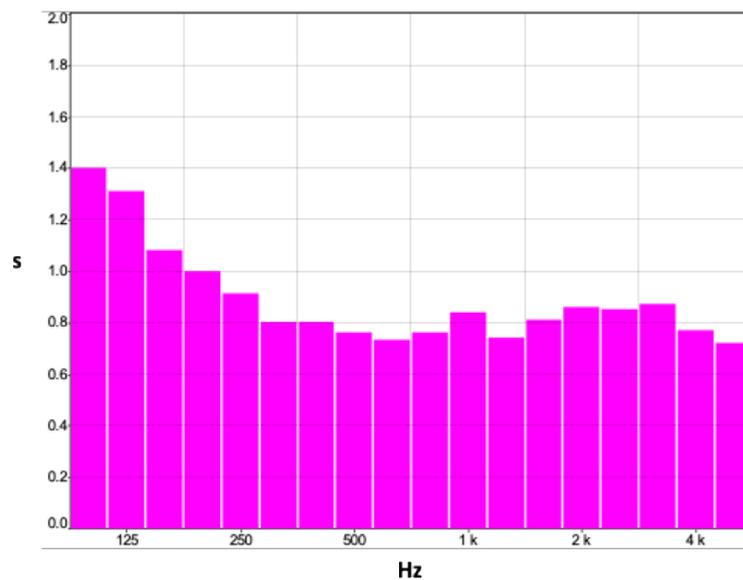


Fig. 16 Andamento in frequenza del tempo di riverbero misurato *post operam* nella Sala Ristorante (Postazione di misura 2)

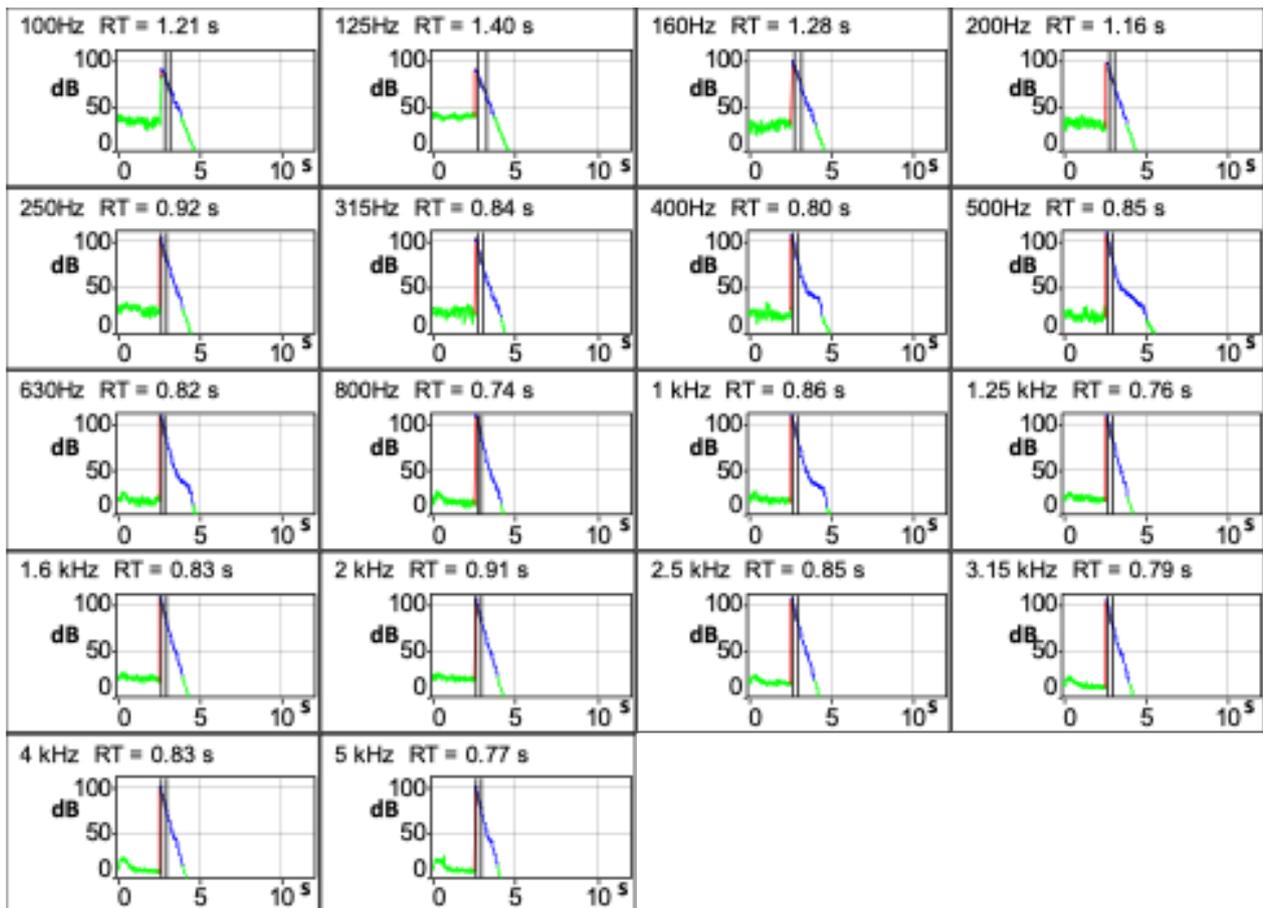


Fig. 17 Diagrammi del tempo di riverbero alle varie frequenze misurato *post operam* nella Sala Ristorante (Postazione di misura 3)

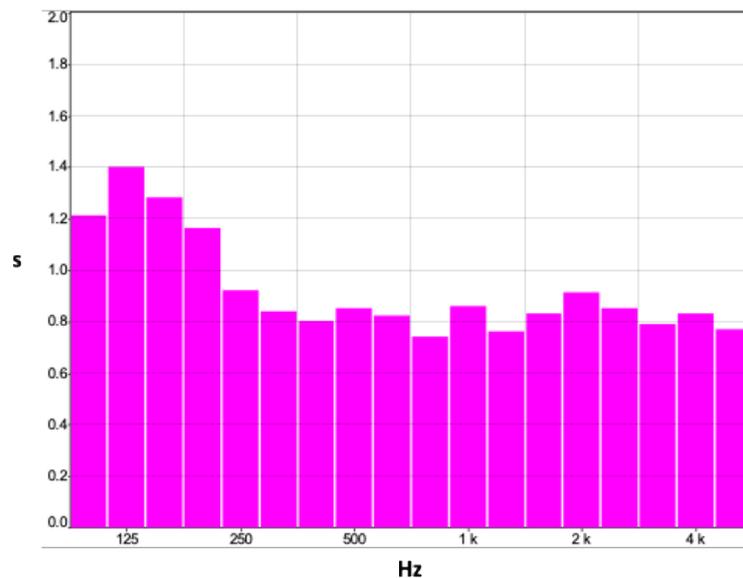


Fig. 18 Andamento in frequenza del tempo di riverbero misurato *post operam* nella Sala Ristorante (Postazione di misura 3)

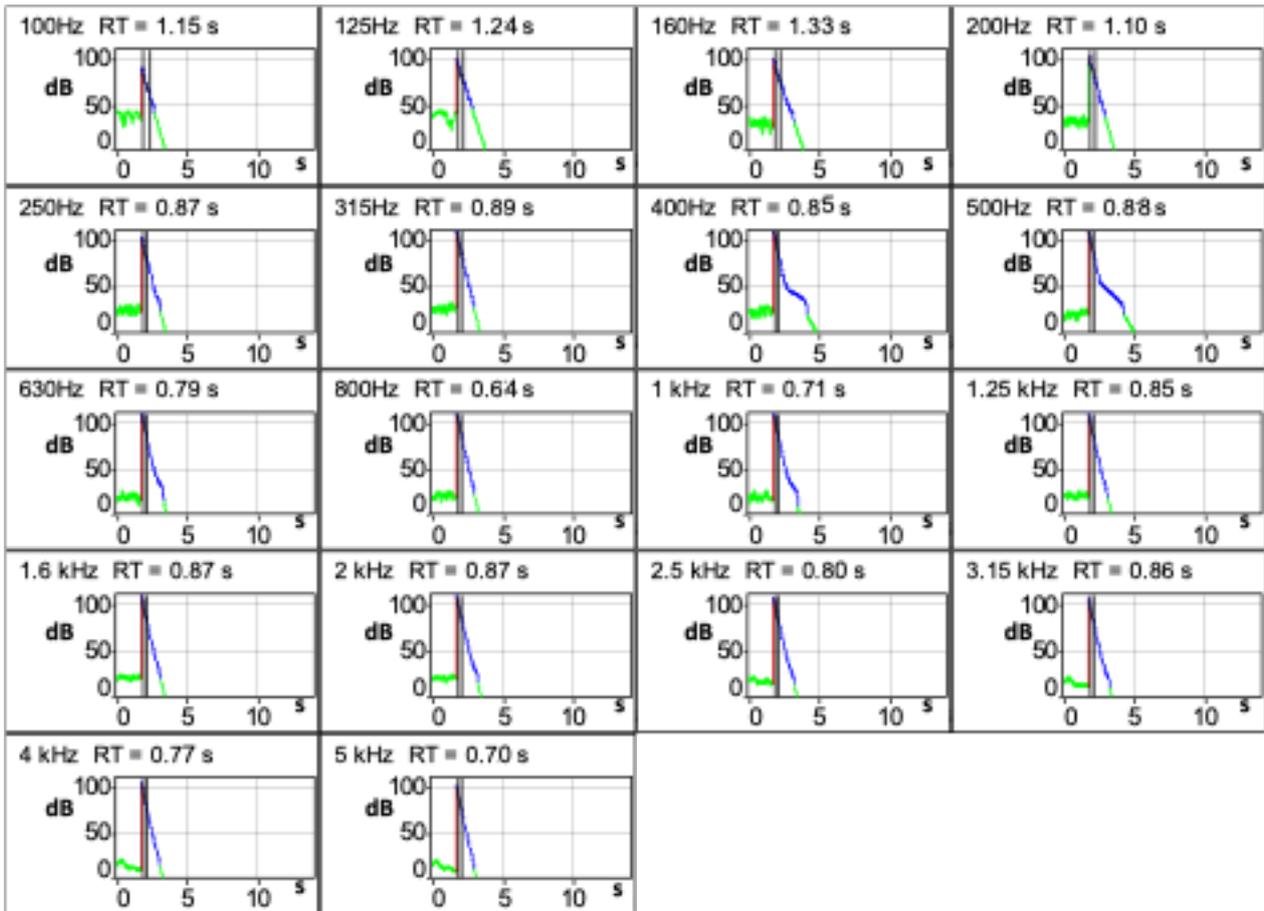


Fig. 19 Diagrammi del tempo di riverbero alle varie frequenze misurato *post operam* nella Sala Ristorante (Postazione di misura 4)

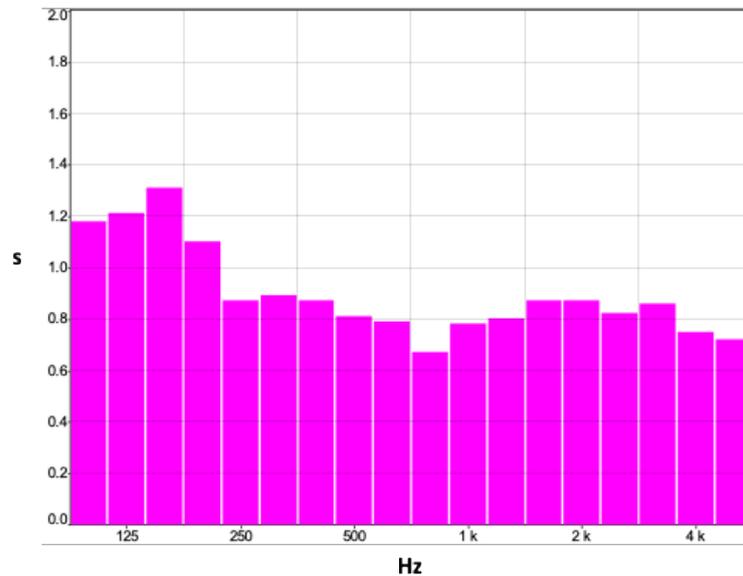
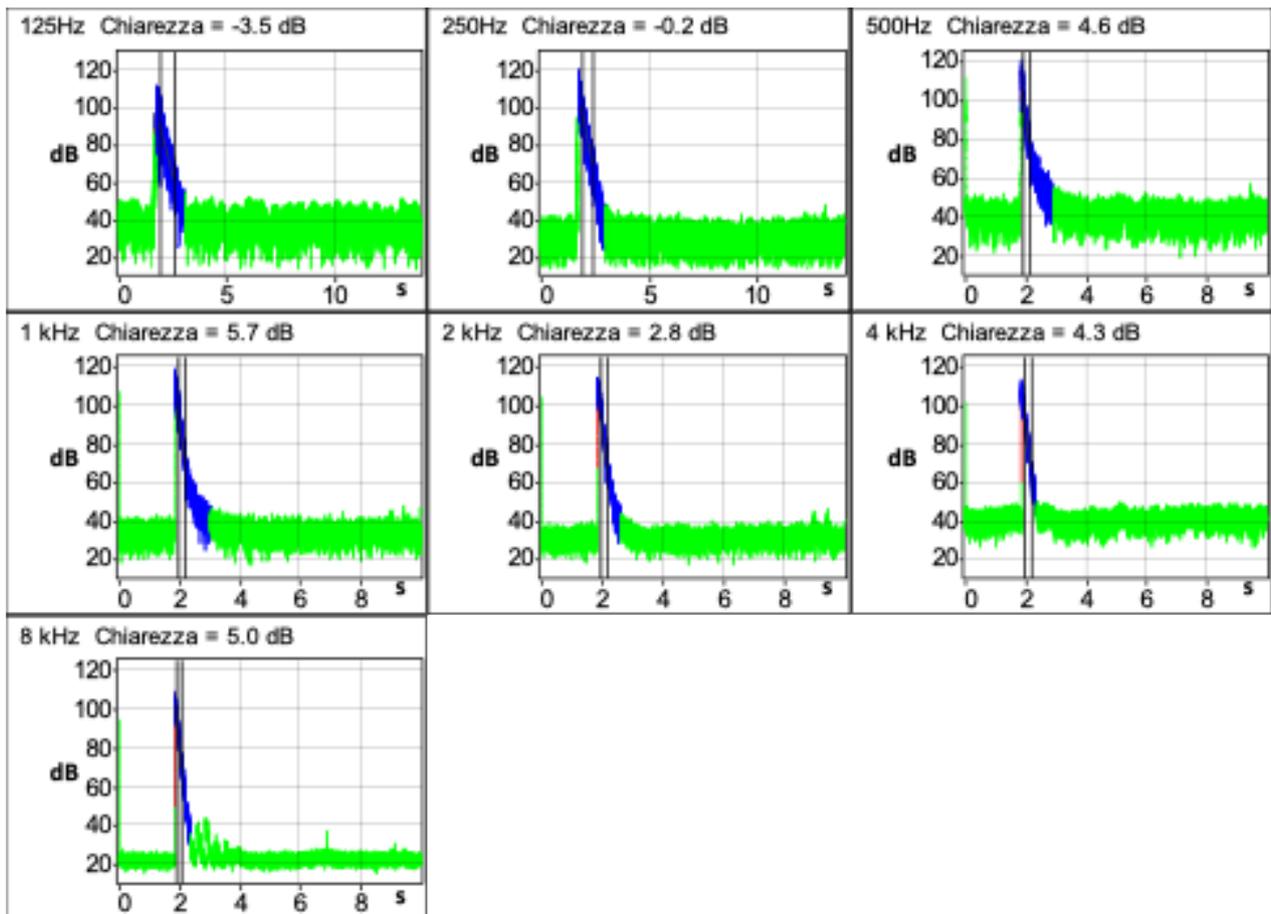


Fig. 20 Andamento in frequenza del tempo di riverbero misurato *post operam* nella Sala Ristorante (Postazione di misura 4)



**Fig. 21** Diagrammi dell'indice medio di chiarezza alle varie frequenze misurato *post operam* nella Sala Ristorante

Nelle Figure 22 ÷ 26 sono riportate alcune fotografie relative agli esiti degli interventi di correzione acustica della sala ristorante, caratterizzati da un'installazione mirata e funzionale a soffitto di pannelli fonoassorbenti Ecophon Master™ SQ di Saint Gobain, che hanno anche reso ancora più gradevole l'aspetto architettonico del locale.



**Fig. 22 Particolare della sala ristorante a valle degli interventi di correzione acustica**



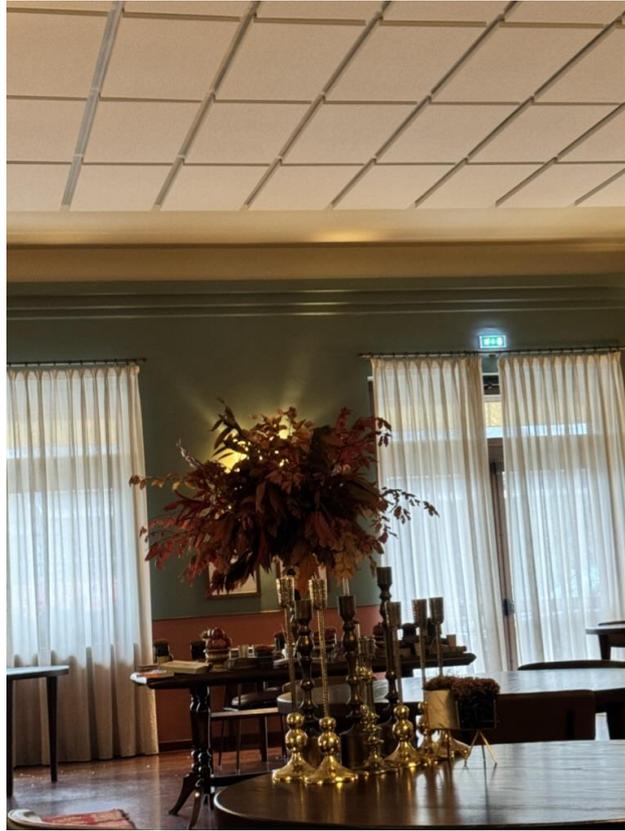
**Fig. 23 Particolare della sala ristorante a valle degli interventi di correzione acustica**



**Fig. 24 Particolare della sala ristorante a valle degli interventi di correzione acustica**



**Fig. 25 Particolare della sala ristorante a valle degli interventi di correzione acustica**



**Fig. 26 Particolare della sala ristorante a valle degli interventi di correzione acustica**

## 6. Conclusioni

Nel presente articolo sono stati descritti gli interventi progettati da Acousticlab – Startup Innovativa, Spin Off Accademico dell’Università degli Studi di Salerno, al fine di ottimizzare le prestazioni acustiche della sala del Ristorante stellato Oasis Sapori Antichi.

Le principali attività svolte possono essere sintetizzate nel seguente modo:

- caratterizzazione dello stato *ante operam* dell’ambiente in esame con una campagna di misure fonometriche, per valutare i principali descrittori acustici (tempo di riverberazione, indice di chiarezza e indice di trasmissione del parlato), in ottemperanza alle vigenti normative ed agli standard nazionali ed internazionali;
- analisi dettagliata delle caratteristiche acustiche dell’ambiente oggetto dell’intervento;
- individuazione dei valori ottimali dei parametri di comfort acustico per il locale in esame;
- individuazione e successiva progettazione degli interventi da realizzare, al fine di ottimizzare le prestazioni acustiche della sala;
- realizzazione modello virtuale della sala di ristorazione, per determinare, in simulazione, gli esiti dell’attività di correzione acustica;
- valutazione strumentale *post operam* dei principali descrittori acustici.

I valori misurati *post operam*, riportati in Tabella 2, evidenziano l'efficacia degli interventi di correzione acustica eseguiti. Infatti, a valle del trattamento effettuato, i tre descrittori acustici considerati (tempo di riverbero, indice di chiarezza della parola e indice di trasmissione del parlato) rientrano negli intervalli ottimali stabiliti dalle normative nazionali ed internazionali vigenti per un locale adibito a sala di ristorazione.

Tabella 2 – Descrittori acustici: valori misurati nella fase *ante operam*, nella fase *post operam* e ottimali

Ambiente	Descrittori acustici	Valori misurati <i>ante operam</i>	Valori misurati <i>post operam</i>	Valori ottimali
Sala ristorante	<i>RT</i>	1,6 s	0,8 s	0,6 s ÷ 1,3 s
	<i>C<sub>50</sub></i>	- 1,8 dB	2,7 dB	≥ 2 dB
	<i>STI</i>	0,53	0,64	≥ 0,60

I risultati conseguiti hanno soddisfatto pienamente la famiglia Fischetti, proprietaria del ristorante stellato, che voleva assolutamente offrire ai propri clienti un benessere a tutto tondo.

Un ristorante con luci soffuse, arredamento curato, profumo invitante proveniente dalla cucina e piatti deliziosi riesce a trasmettere un'esperienza emozionale completa, infatti, solo quando avvolge gli astanti in un'atmosfera acusticamente raffinata.

## 7. Bibliografia

- [1] Bronkhorst, A. W., "The Cocktail Party Phenomenon: A Review of research on Speech Intelligibility in Multiple-Talker Conditions", *ACUSTICA*, Vol. 86 (2000).
- [2] Rindel, J. H., "Verbal communication and noise in eating establishments", *Applied Acoustics*, 71(12), 1156-1161 (2010).
- [3] Astolfi, A., & Filippi, M., "Good acoustical quality in restaurants: a compromise between speech intelligibility and privacy", in *Proc. of ICA*, pp. 1201-1204 (2004, April).