

IL COCKTAIL PARTY EFFECT NELLE SALE DI RISTORAZIONE

THE COCKTAIL PARTY EFFECT IN RESTAURANT DINING ROOMS

Sebastiano Andrea Boemi *, Francesco Leccese, Michele Rocca, Giacomo Salvadori

Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni (DESTeC), Università di Pisa

* Indirizzo dell'autore di riferimento - Corresponding author's address:

Largo Lucio Lazzarino, 1 - 56122, Pisa, Italia

e-mail: sebastianoboemi@hotmail.com

(Ricevuto il 18/03/2019, accettato il 03/08/2019)

RIASSUNTO

Nella società contemporanea le sale di ristorazione diventano luoghi di convivialità e comunicazione. In tale ambito risulta di significativo interesse lo studio del fenomeno acustico denominato cocktail party effect. Nel presente lavoro sono stati valutati l'indice di trasmissione del parlato e la differenza di livello sonoro con metodi analitici e simulazioni software al fine di ricercare, nelle sale di ristorazione, correlazioni tra tali indicatori acustici e il cocktail party effect.

ABSTRACT

In contemporary society restaurant dining rooms become places of conviviality and communication. In this context the study of the acoustical phenomenon called cocktail party effect is a major issue. In the present work the speech transmission index and the sound level difference have been assessed through analytical methods and software simulations in order to find, in restaurants, correlations between these acoustic indicators and the cocktail party effect.

Parole chiave: Cocktail party effect; Sale di ristorazione; Intelligibilità del parlato.

Keywords: Cocktail party effect; Restaurant dining rooms; Speech intelligibility.

1. Introduzione

Nella società contemporanea le persone dipendono le une dalle altre sotto molti aspetti, la vita quotidiana è diventata frenetica, ricca di impegni, e di conseguenza sono pochi i momenti di convivialità. Assume quindi notevole rilievo la capacità di esprimersi e comunicare in modo efficace. In questo contesto le sale di ristorazione assumono un significato diverso, oltre a quello di semplici luoghi in cui mangiare, diventano luoghi per una comunicazione emotiva, per riunioni familiari e per trattative di lavoro.

In un ristorante spesso capita di faticare a mantenere una conversazione con le persone al proprio tavolo a causa del rumore di fondo. In tale ambito risulta di significativo interesse lo studio di un particolare ed importante fenomeno acustico conosciuto come cocktail party effect. Tale effetto riguarda la capacità del cervello di focalizzare l'attenzione uditiva su uno stimolo, ad esempio il messaggio vocale dell'oratore di interesse, filtrando una serie di altri stimoli, ad esempio le conversazioni delle altre persone presenti. Il cocktail party effect è molto dibattuto nell'attuale contesto scientifico internazionale: oltre che nell'acustica architettonica si trovano sviluppi in relazione a questo particolare fenomeno uditivo anche nella neurologia, nella psicologia e nello studio del comportamento animale. In particolare, nell'acustica architettonica viene introdotto il concetto di intelligibilità del parlato ovvero la capacità di comprendere interamente una conversazione in un ambiente in cui è presente il rumore di fondo. L'individuazione e l'uso di adeguati metodi di valutazione del cocktail party effect risultano un passaggio fondamentale per ottenere un adeguato comfort acustico negli ambienti chiusi. Dal contesto scientifico internazionale si deduce che tale valutazione può essere effettuata con misure in opera, con metodi di tipo soggettivo, con simulazioni software o con metodi analitici.

Uno degli obiettivi del presente lavoro è stato quello di utilizzare le simulazioni software e i metodi analitici per studiare l'intelligibilità nelle sale di ristorazione. Le simulazioni software generalmente portano alla determinazione di vari indici acustici tra cui l'indice di trasmissione del parlato STI (speech transmission index). Inoltre, la differenza di livello tra suono di interesse e suono disturbante ΔL (sound level difference), caratteristica dei metodi analitici, risulta un fattore determinante per la valutazione dell'intelligibilità del parlato. Attraverso il software Enhanced Acoustic Simulator for Engineers (EASE) sono state analizzate sale di ristorazione tipo, con dimensioni differenti e caratteristiche di assorbimento variate in modo opportuno, al fine di ottenere un quadro completo riguardo le eventuali problematiche di tipo acustico. Durante lo svolgimento dello studio parametrico sono stati confrontati sistematicamente l'indice STI e la differenza di livello sonoro ΔL con l'obiettivo di ricercare relazioni che legassero i suddetti indicatori acustici. A conclusione di tale lavoro sono stati comparati i risultati della differenza di livello sonoro (ΔL) ottenuti con lo studio parametrico (simulazioni software) e quelli derivanti da un metodo analitico appositamente scelto.

2. Il cocktail party effect nella letteratura scientifica

Il cocktail party è oggetto di un considerevole numero di studi [1]; uno degli obiettivi del presente lavoro è fornire una panoramica di tali ricerche.

In ambito neurologico l'attenzione uditiva è dovuta principalmente al lavoro dell'emisfero sinistro del cervello. In un ambiente con più oratori la capacità dell'ascoltatore di concentrare la propria attenzione sui suoni emessi da un singolo oratore diminuisce notevolmente quando si passa dall'ascolto binaurale a quello monoaurale; l'incidenza di questo fenomeno dipende dalle caratteristiche del parlato e dai gesti degli oratori [2]. L'aspetto binaurale del cocktail party effect è legato anche alla localizzazione

delle sorgenti sonore: il sistema uditivo è in grado di localizzare almeno due sorgenti ed assegnare le caratteristiche corrette ad ognuna simultaneamente. Non appena il sistema uditivo localizza una sorgente sonora, può estrarne i segnali da un insieme di altri interferenti; questi ultimi si traducono in rumore di fondo [3].

Il cocktail party effect è stato inizialmente definito e presentato nel 1953 da Cherry [4] che ha introdotto questo nuovo concetto a dimostrazione dei suoi studi sul sistema uditivo umano, prendendo in considerazione il rapporto tra attenzione selettiva ed attenzione automatica. Cherry ha condotto esperimenti in cui i partecipanti dovevano ripetere a voce alta il messaggio ascoltato in un orecchio specifico, definito canale rilevante, ed ignorare il messaggio presentato all'altro orecchio, il canale non rilevante, osservando che i soggetti eseguivano molto rapidamente il cosiddetto shadowing, ovvero compito di filtraggio. Nel 1959 MacLean [5] ha suggerito una relazione per valutare il numero massimo di persone ospitabili contemporaneamente in un ambiente chiuso per garantire un'adeguata comprensione delle conversazioni. Successivamente Moray [6] ha concluso che quasi nessuno dei messaggi non rilevanti era in grado di distrarre i partecipanti ai suoi esperimenti a differenza di quelli soggettivi importanti, come ad esempio l'ascolto del proprio nome.

In seguito alla sua definizione, il cocktail party effect è stato valutato principalmente dai punti di vista psicologico e fisiologico, attraverso studi sull'attenzione e sulla memoria, e dal punto di vista dell'ascoltatore, riferendosi all'intelligibilità di una conversazione in presenza di rumore di fondo.

L'attenzione è l'insieme dei meccanismi che consentono di selezionare gli stimoli di interesse e di filtrare, quindi ignorare, tutti gli altri che pure sono presenti nell'ambiente. La necessità di "quali stimoli selezionare" si è sviluppata nella controversia tra selezione iniziale e tardiva. Nel 1954 Broadbent [7] ha proposto il "modello del filtro precoce" secondo il quale quando due stimoli vengono presentati contemporaneamente, solo uno dei due può superare il filtro ed arrivare al sistema percettivo. Tuttavia, non è riuscito a spiegare come parole di importanza semantica possano essere immediatamente considerate nonostante siano state inserite in un canale non rilevante. Negli anni sessanta Treisman [8] ha sviluppato la "teoria del filtro attenuato" secondo la quale le informazioni del canale non rilevante, a seconda dell'importanza semantica, non sono completamente bloccate. Nel 1963 Deutsch e Deutsch [9], attraverso il "modello del filtro tardivo", hanno affermato che l'intera elaborazione dello stimolo avviene in modo automatico ed indipendente dall'attenzione, collocando il filtro dopo l'analisi sensoriale.

Una domanda basilare nella ricerca sull'attenzione selettiva è in che misura le informazioni non rilevanti siano elaborate e memorizzate dal nostro cervello [10]. Nel 1995 Wood e Cowan [11] hanno esaminato la relazione tra i cambiamenti di attenzione e la memoria dimostrando che alcuni partecipanti alle loro indagini riferivano di aver sentito il proprio nome nel canale non rilevante. Nel 2001 Conway et al. [12] hanno dimostrato che i partecipanti che individuavano il loro nome in un messaggio non rilevante avevano basse capacità della cosiddetta memoria di lavoro, suggerendo quindi di bloccare con difficoltà le informazioni distraenti. La memoria di lavoro, o working-memory, è un modello che serve a descrivere le dinamiche della memoria a breve termine. L'attenzione selettiva caratterizza l'intera vita di un individuo. Alcuni esempi di messaggi che catturano l'attenzione delle persone includono nomi personali e parole tabù. La capacità di selezionare il proprio nome è stata riscontrata nei bambini di cinque mesi e sembra svilupparsi completamente entro i tredici mesi [13]. Un altro stimolo che raggiunge un certo livello di elaborazione semantica da parte di un soggetto concentrato su altri è costituito dalle parole tabù [14]. Si tratta di un riconoscimento tipico dell'età

adulta poiché tali parole non influenzano l'attenzione selettiva dei bambini finché questi non sviluppano un'adeguata comprensione della lingua. L'attenzione selettiva diminuisce con la vecchiaia poiché l'abilità cognitiva inizia a decadere con l'avanzare degli anni.

Con intelligibilità del parlato si intende la percentuale di parole o frasi correttamente comprese da un ascoltatore rispetto alla totalità di quelle pronunciate da un oratore [15]. La voce umana e le caratteristiche acustiche di un ambiente, in particolar modo l'eccesso di riverberazione e la presenza di rumore di fondo, possono condizionare la qualità della conversazione. Il cocktail party effect assume un ruolo fondamentale in ambienti caratterizzati dalla presenza di diversi gruppi di oratori, come ad esempio le sale di ristorazione. Il rumore derivante da altri gruppi di conversazione presenti nella stessa sala è spesso fastidioso perché può essere molto alto. A causa di ciò e delle difficoltà associate ad una conversazione, le persone possono lasciare il luogo con una sensazione di stanchezza o mal di testa. La scelta di un ristorante rispetto ad un altro non si limita più alla considerazione dei soli fattori alimentari: l'ambiente sonoro influisce sul comfort acustico e sull'intera esperienza culinaria [16]. Questa condizione di benessere in una sala di ristorazione si lega perfettamente al concetto di intelligibilità del parlato e di qualità della comunicazione tra commensali.

Infine, tra gli studi di rilevante interesse sono da citare quelli relativi alle colonie dei pinguini reali che costituiscono un buon modello per l'approfondimento del cocktail party effect. Molte specie di uccelli marini vivono in colonie dove ciascun individuo deve poter identificare i propri partner e pulcino in un ambiente particolarmente rumoroso con spunti vocali ma non visivi o olfattivi [17]. Nelle colonie del pinguino reale la difficoltà aumenta poiché la riproduzione avviene senza il nido. In tale contesto questi animali hanno pochi punti di riferimento e sfruttano quindi il riconoscimento vocale [18].

3. Metodi di valutazione del cocktail party effect

Le ricerche ed i vari metodi proposti per la valutazione dell'intelligibilità del parlato hanno lo scopo di fornire ai progettisti un mezzo attendibile di previsione delle caratteristiche acustiche della sala da realizzare [19]. In generale la valutazione dell'intelligibilità può essere effettuata con misure in opera, con metodi di tipo soggettivo, con simulazioni software oppure con metodi analitici.

Le misure in opera sono il primo passo per la conoscenza di un ambiente e forniscono una valutazione della sala in funzione di dati geometrici, di occupazione dei commensali e di informazioni sull'arredamento presente. A tal proposito Carotenuto [20] ha mostrato i risultati di una serie di misure in opera effettuate presso un ristorante in Toscana appositamente scelto. La metodologia del procedimento presentato può essere considerata una linea guida generale per l'acquisizione dei dati.

I metodi di valutazione soggettiva prevedono la somministrazione di un questionario al fine di raccogliere informazioni in modo standardizzato e su campioni più o meno estesi. Meng et al. [21] hanno valutato gli effetti dei tipici stili di ristorazione sullo svolgimento della conversazione e sulla percezione acustica nei ristoranti in Cina sulla base di questionari.

Per simulazione si intende un modello della realtà che consente di valutare e prevedere una serie di eventi susseguenti all'imposizione di certe condizioni iniziali. Kang [22] per studiare l'intelligibilità del parlato nelle sale da pranzo e investigare sull'efficacia dei trattamenti acustici sul miglioramento della comprensione verbale, ha sviluppato un modello di simulazione ed ha condotto uno studio parametrico per testare tale modello.

Un metodo analitico si definisce come un'analisi scientifica che consiste nell'arrivare alla soluzione di un problema mediante un procedimento ben definito e di calcolo

matematico. Rindel [23] ha proposto l'uso di un modello analitico per risolvere il problema di una cattiva comunicazione in ambiente rumoroso. In precedenza, Leccese et al. [24] hanno proposto l'uso di un modello analitico per valutare il numero massimo di oratori presenti in una sala di ristorazione al fine di garantire la comprensione delle conversazioni che si svolgono in ogni tavolo in presenza di rumore di fondo.

Utilizzando in particolare il modello di Leccese et al. [24], è possibile dimostrare che l'aumento della potenza di fonazione emessa dal singolo oratore non influenza la differenza di livello tra suono di interesse e suono disturbante (ΔL), ma causa solamente un aumento del rumore di fondo della sala riducendo così l'intelligibilità delle conversazioni. Per aumentare ΔL è necessario diminuire la distanza tra oratore e ascoltatore allo stesso tavolo, ridurre il numero complessivo degli oratori e infine aumentare il potere fonoassorbente della sala.

La differenza di livello sonoro (ΔL) può essere calcolata come [24-26]:

$$(1) \quad \Delta L = 10 \cdot \text{Log} (D_u/D_n) = L_{D_u} - L_{D_n} \quad [\text{dB}]$$

dove:

D_u è la densità di energia acustica del suono utile [J/m³];

D_n è la densità di energia acustica del suono disturbante [J/m³];

L_{D_u} è il livello di densità del suono utile [dB];

L_{D_n} è livello di densità del suono disturbante [dB].

È utile osservare che la densità del suono utile D_u è in funzione della distanza oratore/ascoltatore e del potere fonoassorbente della sala e che la densità del suono disturbante D_n è anche in funzione del numero complessivo di oratori presenti in sala.

4. Analisi del cocktail party effect attraverso simulazioni acustiche

È stato effettuato uno studio parametrico con l'obiettivo di valutare le caratteristiche riguardanti la qualità delle conversazioni tenute dai commensali in sale di ristorazione tipo. Durante lo svolgimento di tale analisi sono stati confrontati sistematicamente l'indice STI e la differenza di livello sonoro ΔL . Per la simulazione acustica è stato utilizzato il software Enhanced Acoustic Simulator for Engineers, EASE versione 4.4 [27]. Il software utilizzato basa le sue analisi sull'acustica geometrica e su metodi statistici; inoltre gli algoritmi di calcolo utilizzati combinano i metodi image-source con le tecniche di ray tracing. EASE applica un metodo di calcolo ibrido e fornisce diversi tipi di simulazioni e di analisi acustiche, avvalendosi di diverse tecniche per valutare le proprietà acustiche ed elettro-acustiche di un ambiente.

4.1 Studio parametrico

I parametri studiati comprendono l'assorbimento delle superfici, le dimensioni in pianta, l'altezza del soffitto ed il rapporto lunghezza/larghezza della sala. In particolare, per quanto riguarda l'assorbimento delle superfici, nel calcolo sono stati considerati quattro diversi coefficienti di assorbimento (0.05, 0.5, 0.8 e 0.95) che possono rappresentare i casi di: superficie poco assorbente, comuni superfici mediamente assorbenti e superficie molto assorbente. Le caratteristiche dell'aria nella sala, inserite nel software, sono: umidità relativa pari a 60%, temperatura interna di 20°C e pressione pari a 1013 hPa.

Tenendo conto di tali assunti, sono stati individuati sei diversi casi di assorbimento per la frequenza di riferimento di 500 Hz:

- caso A– è stato utilizzato un coefficiente di assorbimento per il pavimento pari a 0.01, per le pareti laterali e per il soffitto pari a 0.05;
- caso B– pavimento 0.01, pareti laterali 0.05, soffitto 0.5;
- caso C– pavimento 0.01, pareti laterali e soffitto 0.5;
- caso D– pavimento 0.01, pareti laterali 0.5, soffitto 0.8;
- caso E– pavimento 0.01, pareti laterali e soffitto 0.8;
- caso F– pavimento 0.01, pareti laterali e soffitto 0.95.

Il caso A rappresenta la tipica situazione di sala scarsamente assorbente (priva di trattamento acustico), il caso B rappresenta una sala con trattamento acustico applicato al soffitto, i casi C, D ed E rappresentano sale con trattamenti acustici su tutte le superfici (escluso il pavimento) ed infine il caso F rappresenta quella che in letteratura viene definita outdoor situation, ovvero una sala completamente assorbente.

Le sale utilizzate, le cui caratteristiche dimensionali sono riportate in tabella 1, sono sei, ognuna rappresentativa dei parametri precedentemente citati (assorbimento delle superfici, dimensioni in pianta, altezza del soffitto e rapporto lunghezza/larghezza).

Tabella 1 - Caratteristiche dimensionali delle sale analizzate - Dimensional characteristics of the analysed rooms.

<i>Sala</i>	<i>Dim. pianta (m)</i>	<i>Superficie (m²)</i>	<i>Altezza (m)</i>	<i>Volume (m³)</i>
1	10 x 10	100	3.5	350
2	20 x 20	400	3.5	1400
3	10 x 10	100	7	700
4	20 x 20	400	7	2800
5	5 x 20	100	3.5	350
6	10 x 40	400	3.5	1400

Per ciascuna sala sono stati studiati tutti i casi di assorbimento, ottenendo complessivamente 36 simulazioni acustiche. La combinazione tra la sala oggetto di analisi ed il relativo caso di assorbimento è stata indicata con una sigla data rispettivamente da un numero ed una lettera; ad esempio “1.A” corrisponde alla combinazione tra la sala 1 ed il caso di assorbimento A.

Per le simulazioni sono state considerate due diverse configurazioni di conversazione dovute ad uno o due oratori attivi per ciascun tavolo. Inoltre, sono state considerate due distanze tra l’oratore e l’ascoltatore, 0.6 e 0.8 m, rispettivamente per un ascoltatore seduto di lato e di fronte all’oratore di interesse, sfruttando le peculiarità del software per adeguare caso per caso la direttività delle sorgenti. Con le varianti descritte è stato raggiunto un numero di 144 simulazioni. Per tutte le sale sono stati assunti 100 posti a sedere e 25 tavoli disposti in griglie regolari in pianta. Al fine della simulazione il piano di ascolto è stato supposto ad un’altezza pari a 1.2 m.

Data la simmetria delle sale e la distribuzione regolare dell’arredo, sono stati scelti specifici tavoli per le analisi, come mostrato in figura 1. Per le sale di forma in pianta quadrata sono stati considerati i tavoli 2, 6, 8 e 12, per le sale di forma in pianta rettangolare sono stati considerati i tavoli 2, 4, 8, 10 e 14. La presenza in figura 1b di tavoli con soli due posti a sedere non deve trarre in inganno in quanto il numero totale di posti a sedere rimane inalterato rispetto alla sala di forma quadrata.

Il cocktail party effect nelle sale di ristorazione
The cocktail party effect in restaurant dining rooms

Per semplificare lo svolgimento della simulazione il calcolo è stato effettuato alla frequenza di riferimento di 500 Hz. Ovviamente tale analisi può essere facilmente estesa alle frequenze di interesse sostituendo alla scelta preliminare, compiuta nel presente lavoro, la selezione di materiale di rivestimento e finitura con caratteristiche reali.

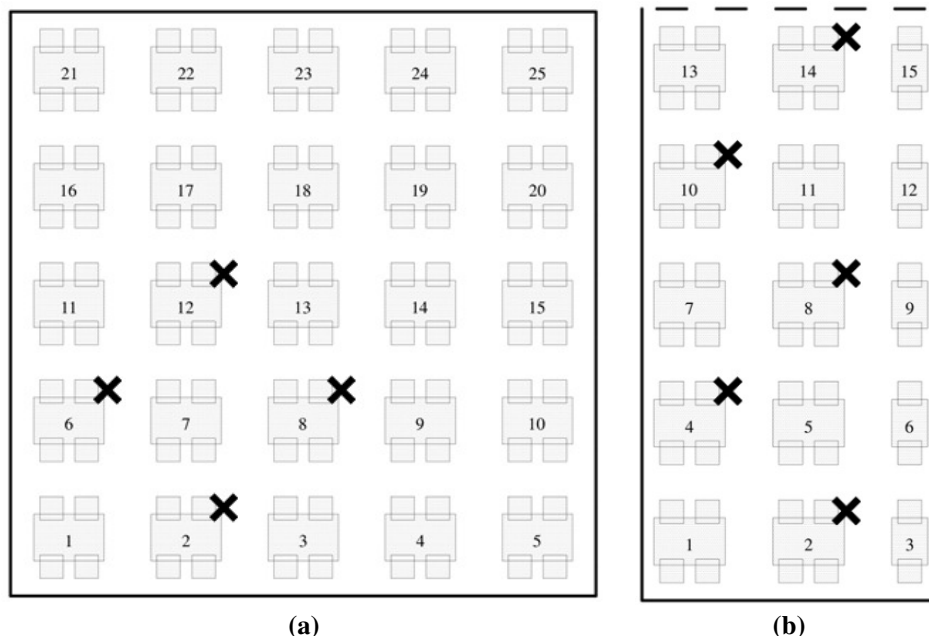


Figura 1 - Disposizione planimetrica dei tavoli per le sale di forma quadrata (a) e rettangolare (b), la linea tratteggiata rappresenta l'asse di simmetria - Planimetric arrangement of the tables for the square (a) and rectangular (b) rooms, the dotted line represents the axis of symmetry.

Tabella 2 - Sala 1: indici acustici nei vari casi di assorbimento (A-F) per il tavolo 2 ed un oratore/tavolo - Room 1: acoustic indices in the different cases of absorption (A-F) for table 2 and one speaker/table.

Indici	Casi	A	B	C	D	E	F
ΔL (dB), 1 oratore/tavolo, dist. 0.6 m		-6.33	-3.95	-1.49	-0.78	0.46	1.37
ΔL (dB), 1 oratore/tavolo, dist. 0.8 m		-7.86	-5.77	-3.52	-2.70	-1.72	-0.99
STI, 1 oratore/tavolo, dist. 0.6 m		0.361	0.461	0.543	0.581	0.617	0.646
STI, 1 oratore/tavolo, dist. 0.8 m		0.307	0.395	0.483	0.511	0.544	0.564

Dalla simulazione sono stati ottenuti i valori della differenza di livello sonoro (ΔL) e dell'indice di trasmissione del parlato (STI) per ciascun tavolo, per tutti i casi di assorbimento, per ogni sala. A titolo di esempio si riportano in tabella 2 i risultati della sala 1 riferiti al tavolo 2. Dall'andamento crescente dei valori risulta evidente l'effetto del miglioramento dovuto al trattamento acustico applicato nella sala 1 nei vari casi analizzati. Allo stesso modo sono stati analizzati gli altri tavoli appositamente scelti (Fig. 1) ed i risultati complessivi sono mostrati in figura 2. In particolare, nella figura 2 sono rappresentati i grafici che mostrano i valori di ΔL e STI per la combinazione 1.A nei quattro tavoli analizzati. Si può osservare che per un oratore/tavolo la sala nella

combinazione 1.A è caratterizzata da una qualità acustica insufficiente: i valori negativi di ΔL stanno a significare che il suono disturbante (dovuto alle conversazioni degli oratori agli altri tavoli) prevale sul suono di interesse (dovuto alla conversazione dell'oratore allo stesso tavolo). A conferma di ciò, i valori bassi dello STI descrivono un'intelligibilità scarsa o pessima per entrambe le distanze oratore-ascoltatore secondo la classificazione della norma UNI 11532-1 [28], cfr. tabella 6.

Dal precedente confronto sono stati ottenuti i valori medi di ΔL e STI per ciascuna sala, per uno e due oratori/tavolo e per le due distanze esaminate, v. tabella 3.

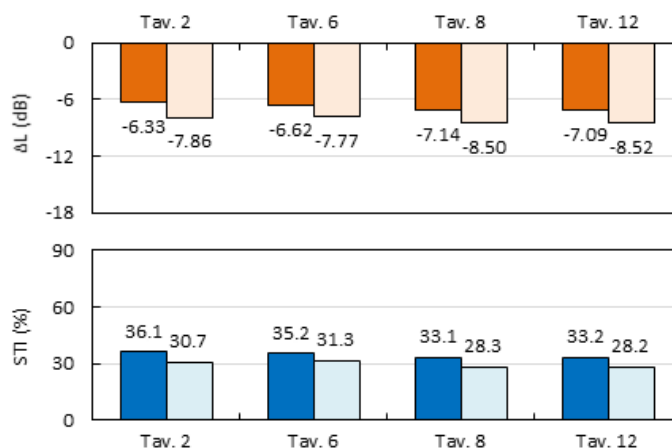


Figura 2 - Combinazione 1.A: valori di ΔL (dB) e STI (%) per i tavoli 2, 6, 8 e 12, alle distanze oratore-ascoltatore 0.6 (colore scuro) e 0.8 m (colore chiaro), per un oratore/tavolo - Combination 1.A: values of ΔL (dB) and STI (%) for tables 2, 6, 8 and 12, at the speaker-listener distances 0.6 (dark colour) and 0.8 m (light colour), for one speaker/table.

Tabella 3 - Sala 1: valori medi di ΔL (dB) e STI (%) nei vari casi di assorbimento (A-F)
 - Room 1: average values of ΔL (dB) and STI (%) in the different cases of absorption (A-F).

Indici	Casi	A	B	C	D	E	F
ΔL (dB), 1 oratore/tavolo, dist. 0.6 m		-6.80	-4.44	-2.08	-1.25	-0.15	0.57
ΔL (dB), 1 oratore/tavolo, dist. 0.8 m		-8.16	-6.00	-3.79	-3.10	-2.06	-1.33
ΔL (dB), 2 oratore/tavolo, dist. 0.6 m		-10.07	-7.93	-5.79	-5.04	-4.26	-3.61
ΔL (dB), 2 oratore/tavolo, dist. 0.8 m		-11.50	-9.59	-7.71	-7.20	-6.44	-6.01
STI (%), 1 oratore/tavolo, dist. 0.6 m		34.4	44.4	52.7	56.2	59.8	62.3
STI (%), 1 oratore/tavolo, dist. 0.8 m		29.6	38.8	47.3	50.1	53.7	56.0
STI (%), 2 oratori/tavolo, dist. 0.6 m		24.3	33.3	41.0	43.7	46.5	48.6
STI (%), 2 oratori/tavolo, dist. 0.8 m		19.2	27.3	34.4	36.9	39.2	40.8

Legenda (secondo classificazione norma UNI 11532-1 [28])

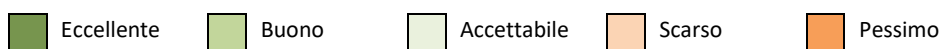


Tabella 4 - Sale 2-6: valori medi di ΔL (dB) e STI (%) nei vari casi di assorbimento (A-F) - Rooms 2-6: average values of ΔL (dB) and STI (%) in the different cases of absorption (A-F).

Indici	Casi	A	B	C	D	E	F
<i>Sala 2: dimensioni in pianta 20 x 20 m; altezza utile del soffitto 3.5 m</i>							
STI (%), 1 oratore/tavolo, dist. 0.6 m		42.0	59.1	67.2	72.2	75.6	78.8
STI (%), 1 oratore/tavolo, dist. 0.8 m		36.4	53.5	61.5	66.6	70.2	73.4
STI (%), 2 oratori/tavolo, dist. 0.6 m		31.3	46.0	51.9	55.2	57.1	58.9
STI (%), 2 oratori/tavolo, dist. 0.8 m		25.2	38.7	43.7	46.5	48.0	49.4
<i>Sala 3: dimensioni in pianta 10 x 10 m; altezza utile del soffitto 7 m</i>							
STI (%), 1 oratore/tavolo, dist. 0.6 m		35.9	44.3	55.4	57.3	60.6	62.7
STI (%), 1 oratore/tavolo, dist. 0.8 m		30.3	38.8	49.5	51.1	54.4	56.4
STI (%), 2 oratori/tavolo, dist. 0.6 m		26.0	33.7	43.1	44.5	47.3	48.8
STI (%), 2 oratori/tavolo, dist. 0.8 m		20.3	27.6	36.0	37.3	39.5	40.8
<i>Sala 4: dimensioni in pianta 20 x 20 m; altezza utile del soffitto 7 m</i>							
STI (%), 1 oratore/tavolo, dist. 0.6 m		45.0	59.6	70.0	73.4	76.5	79.3
STI (%), 1 oratore/tavolo, dist. 0.8 m		39.3	53.8	64.3	67.7	71.3	73.7
STI (%), 2 oratori/tavolo, dist. 0.6 m		34.1	46.4	53.6	55.7	57.8	59.2
STI (%), 2 oratori/tavolo, dist. 0.8 m		27.5	38.2	45.2	46.8	48.3	49.4
<i>Sala 5: dimensioni in pianta 5 x 20 m; altezza utile del soffitto 3.5 m</i>							
STI (%), 1 oratore/tavolo, dist. 0.6 m		36.2	45.6	55.7	58.2	62.3	65.6
STI (%), 1 oratore/tavolo, dist. 0.8 m		31.8	40.8	50.4	52.4	56.8	59.0
STI (%), 2 oratori/tavolo, dist. 0.6 m		26.1	34.8	43.3	45.6	48.8	50.9
STI (%), 2 oratori/tavolo, dist. 0.8 m		21.3	29.4	36.7	38.9	41.2	42.3
<i>Sala 6: dimensioni in pianta 10 x 40 m; altezza utile del soffitto 3.5 m</i>							
STI (%), 1 oratore/tavolo, dist. 0.6 m		42.9	60.0	69.4	74.3	78.3	81.9
STI (%), 1 oratore/tavolo, dist. 0.8 m		37.9	54.3	63.8	68.7	73.2	76.7
STI (%), 2 oratori/tavolo, dist. 0.6 m		32.3	46.6	53.3	56.3	58.6	60.3
STI (%), 2 oratori/tavolo, dist. 0.8 m		26.7	39.5	45.0	47.3	49.0	50.3

Legenda (secondo classificazione norma UNI 11532-1 [28])

Eccellente
 Buono
 Accettabile
 Scarso
 Pessimo

Dai risultati mostrati in tabella 3, si può osservare che per la sala 1, ad esempio per un oratore/tavolo alla distanza 0.6 m, all'aumentare dell'assorbimento medio (passando dal caso A al caso F), aumenta il valore dell'indice STI dal 34 al 62%. Tale risultato non deve trarre in inganno poiché la situazione della sala 1 rimane mediamente negativa: per quanto riguarda lo STI solo nel caso F per un oratore/tavolo alla distanza 0.6 m si ha un giudizio buono (STI pari circa al 62%), cfr. tabella 6. Nel caso peggiore, per la sala 1, per due oratori/tavolo alla distanza 0.8 m, l'indice STI si riduce a circa il 19% (qualità del parlato pessimo, cfr. tabella 6). Risulta quindi evidente come nella sala 1 l'intelligibilità del parlato sia ridotta dalle contemporanee conversazioni dei commensali presenti, ciò è confermato anche dai bassi valori della differenza di livello sonoro (ΔL).

In tabella 4 sono riportati i valori dell'indice STI ottenuti con le simulazioni acustiche relative alle sale dalla 2 alla 6, nei vari casi di assorbimento, per uno e due oratori/tavolo e per le due distanze esaminate. Ovviamente si osservano andamenti dei valori dell'indice STI analoghi a quelli ottenuti per la sala 1 (cfr. tabella 3). In particolare, per sale completamente assorbenti (caso F), con un oratore/tavolo alla distanza 0.6 m, si ottengono sempre i valori più elevati dell'indice STI, compresi tra circa il 63% (sala 3) e circa il 82% (sala 6). Al contrario, per sale scarsamente assorbenti (caso A), con due oratori/tavolo alla distanza 0.8 m, si ottengono sempre i valori più bassi dell'indice STI, compresi tra circa il 20% (sala 3) e circa il 28% (sala 4). In generale le sale con una superficie per persona pari a 4 m² (sale 2, 4 e 6) risultano avere una più elevata qualità acustica, evidenziata in tabella 4 da un maggior numero di caselle colorate di verde che rappresentano un giudizio accettabile, buono ed eccellente, secondo la classificazione della qualità di comprensione del parlato in base alla norma UNI 11532-1 [28] (cfr. tabella 6).

4.2 Correlazioni tra gli indicatori acustici STI e ΔL

È stata quindi ricercata la relazione esistente fra i valori medi dei due indici acustici esaminati, utilizzando per questo grafici a dispersione che descrivono l'andamento dei punti di coordinate ΔL e STI per le sale analizzate, in ciascun caso di assorbimento. In figura 3 si riportano a titolo di esempio i casi A, B ed F.

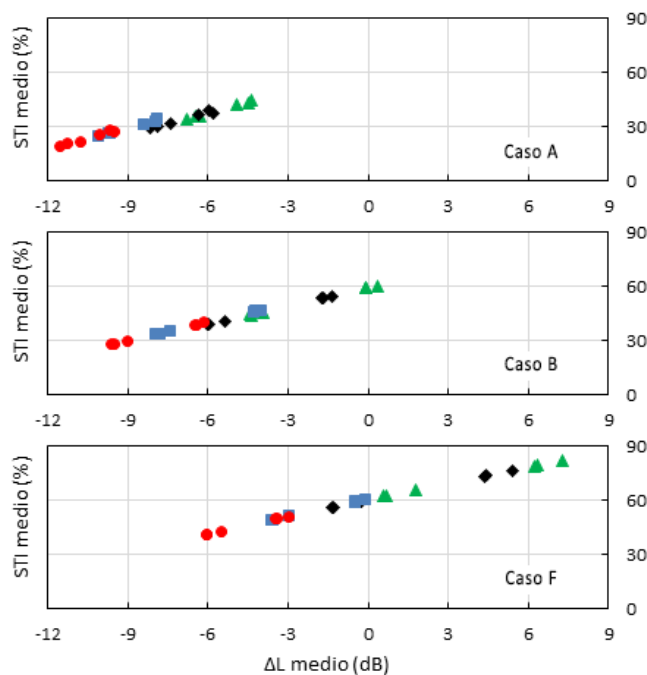


Figura. 3 - Sale 1-6: grafici a dispersione per i casi di assorbimento A, B ed F. - Rooms 1-6: scatterplots for the cases of absorption A, B and F. Legenda: distanza oratore-ascoltatore 0.6 m, per un oratore/tavolo (“▲”, verde); 0.8 m, un oratore/tavolo (“◆”, nero); 0.6 m, due oratori/tavolo (“■”, blu) e 0.8 m, due oratori/tavolo (“●”, rosso) - Legend: For speaker-listener distance 0.6 m, for one speaker/table (“▲”, green); 0.8 m, one speaker/table (“◆”, black); 0.6 m, two speakers/table (“■”, blue) and 0.8 m, two speakers/table (“●”, red).






Dalla figura 3 si osserva che il miglioramento della condizione acustica delle sale è dovuto: al passaggio da un caso di assorbimento all'altro, alla variazione dei parametri dimensionali, alle diverse configurazioni (distanza oratore/ascoltatore e numero oratori/tavolo). Inoltre, i grafici evidenziano l'esistenza di una relazione lineare; in particolare le forme allungate delle nuvole di punti implicano una correlazione positiva in accordo con le pendenze di ciascuna di esse. A tal proposito, in tabella 5 sono riportate le equazioni delle rette di regressione ed il corrispondente coefficiente di determinazione (R^2) per i casi di assorbimento A, B ed F esaminati. Si noti come il coefficiente angolare nel passaggio dal caso A al caso F si riduca di circa il 7% e l'ordinata del punto di intersezione tra la retta e l'asse delle ordinate aumenti di circa il 3%; a conferma delle buone correlazioni trovate, si noti il valore assai elevato di R^2 .

Utilizzando le correlazioni trovate, in tabella 6 sono proposti opportuni intervalli di valori di ΔL , in funzione di quelli dell'indice STI, per integrare la classificazione della qualità di comprensione del parlato già introdotta con la norma UNI 11532-1 [28].

Tabella 5 - Equazioni delle rette di regressione e coefficiente di determinazione (R^2) per i casi di assorbimento A, B ed F - Equations of regression lines and coefficient of determination (R^2) for the cases of absorption A, B and F.

<i>Casi di assorbimento</i>	<i>Equazione della retta di regressione</i>	<i>Coefficiente di determinazione (R^2)</i>
Caso A	$STI = 3.35 \cdot \Delta L + 58.14$	0.979
Caso B	$STI = 3.32 \cdot \Delta L + 59.30$	0.997
Caso F	$STI = 3.11 \cdot \Delta L + 59.92$	0.999

Tabella 6 - Relazione tra ΔL (dB), STI (%) e qualità di comprensione del parlato [28] - Relationship between ΔL (dB), STI (%) and quality of speech intelligibility [28].

<i>Valori di ΔL (dB)</i>	<i>Valori di STI (%)</i>	<i>Qualità del parlato</i>	
$\Delta L \leq -9$	$0 < STI \leq 30$	Pessimo	
$-9 < \Delta L \leq -4.5$	$30 < STI \leq 45$	Scarso	
$-4.5 < \Delta L \leq 0$	$45 < STI \leq 60$	Accettabile	
$0 < \Delta L \leq 4.5$	$60 < STI \leq 75$	Buono	
$\Delta L > 4.5$	$75 < STI \leq 100$	Eccellente	

4.3 Confronto tra risultati ottenuti con simulazioni software e metodo analitico

A conclusione del presente lavoro sono stati confrontati i risultati della differenza di livello sonoro ΔL ottenuti attraverso le simulazioni acustiche con software EASE e quelli ottenuti con il metodo analitico di Leccese et al. [24]. A titolo di esempio si riporta in figura 4 la media delle differenze di tali valori per un oratore/tavolo, indicata con il termine " $\Delta(\Delta L)$ Media".

Dalla figura 4, per entrambe le distanze oratore/ascoltatore esaminate, per un oratore/tavolo, per sale scarsamente e mediamente assorbenti (casi A, B, C e D), i valori di " $\Delta(\Delta L)$ Media" sono inferiori ad 1 dB, evidenziando così un buon accordo tra i due metodi. Al contrario, per un oratore/tavolo, per sale molto assorbenti (casi E ed F) le differenze non sono trascurabili, per esempio nel caso F raggiungono valori intorno a 3 dB.

Dai risultati di calcolo per due oratori/tavolo l'accordo tra i due metodi è ancora ottenuto per sale scarsamente assorbenti (valori di " $\Delta(\Delta L)_{Media}$ " inferiori ad 1 dB) mentre per sale mediamente e molto assorbenti le differenze non sono trascurabili (raggiungendo valori intorno 6 dB).

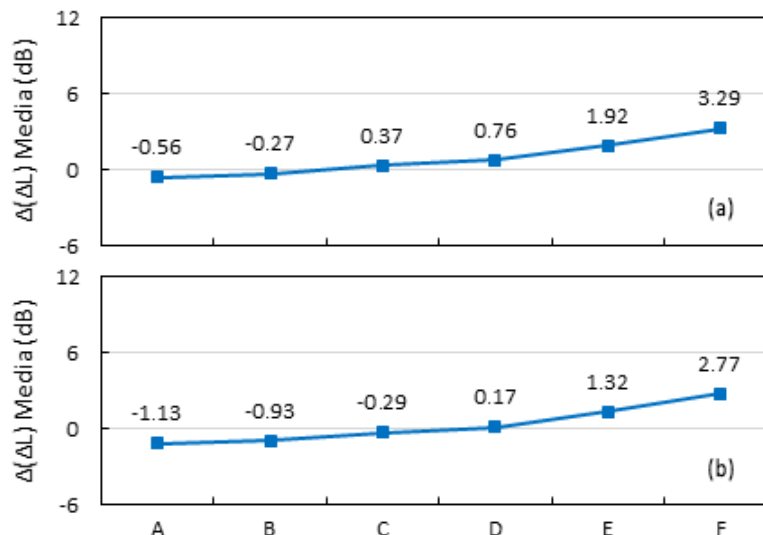


Figura 4 - Valori di " $\Delta(\Delta L)_{Media}$ " (dB) per i vari casi di assorbimento (A-F), distanza oratore-ascoltatore 0.6 m (a) e 0.8 m (b), per un oratore/tavolo - Values of " $\Delta(\Delta L)_{Average}$ " (dB) for the different cases of absorption (A-F), of the speaker-listener 0.6 m (a) and 0.8 m (b), for one speaker/table.

Conclusioni

Il fenomeno acustico che influisce maggiormente sull'intelligibilità di una conversazione in un ambiente chiuso, come ad esempio una sala di ristorazione, è il cocktail party effect, largamente dibattuto nel contesto scientifico internazionale. I principali metodi di valutazione di tale fenomeno sono: le misure in opera, i metodi di tipo soggettivo attraverso questionari, le simulazioni software ed i metodi analitici.

Per valutare il comportamento di una sala di ristorazione soggetta a sollecitazioni acustiche è stato effettuato uno studio parametrico attraverso il software di simulazione EASE. Sono state studiate sei sale differenti tra loro in relazione ai seguenti parametri: assorbimento delle superfici, dimensioni planimetriche, altezza del soffitto e rapporto lunghezza/larghezza. Per la simulazione sono state considerate le distanze di un ascoltatore seduto di lato e di fronte rispetto all'oratore di interesse e per ciascuna di esse si è tenuto conto del suono disturbante proveniente dalle conversazioni negli altri tavoli, sempre nei casi di uno o due oratori per tavolo. Tra gli indici acustici valutati, quelli di maggiore interesse sono stati la differenza di livello sonoro ΔL e l'indice di trasmissione del parlato STI. I risultati più significativi hanno riguardato l'aumento dell'assorbimento medio della sala e quello delle dimensioni planimetriche: il passaggio, da una sala scarsamente assorbente ad una completamente assorbente, ha portato ad un aumento medio dello STI pari a circa il 15%. Incrementando la distanza fra posti a sedere (passando dalla sala 1 alla sala 2) l'aumento medio dello STI è pari a circa il 28%. Il miglioramento ottenuto aumentando l'altezza del soffitto (passando dalla sala 1 alla sala 3) ed il rapporto lunghezza/larghezza (per esempio passando dalla sala 1 alla sala 5, oppure dalla sala 2 alla sala 6) è lieve, con aumento dello STI inferiore al 5%. Tuttavia, nel caso di una sala dalle dimensioni in pianta ed in altezza aumentate (passando dalla

sala 1 alla sala 4), si è ottenuto un miglioramento medio significativo dello STI pari a circa il 30%.

Il miglioramento dell'indice di intelligibilità comporta un risultato coerente con quello della differenza di livello sonoro: se il rumore dovuto alle conversazioni dei commensali degli altri tavoli si riduce in modo significativo, la conversazione dell'oratore di interesse è ben comprensibile, ottenendo quindi un ΔL positivo e di conseguenza un valore elevato dell'indice STI. Il legame tra i due indici acustici è stato espresso attraverso una rappresentazione grafica a nuvola di punti, in cui sono riportati i valori medi della differenza di livello sonoro e dei rispettivi indici di trasmissione del parlato, per ciascuna sala e caso di assorbimento. Sono state quindi ottenute delle rette di regressione lineare per ciascun caso le cui equazioni descrivono il legame tra ΔL e STI e consentono una rapida stima dell'indice STI durante la progettazione acustica di una sala.

Infine, il confronto e la discussione dei risultati conseguiti con le simulazioni software e l'applicazione di un metodo analitico, opportunamente scelto, hanno confermato un buon accordo tra i due metodi seguiti nel caso di sale scarsamente e mediamente assorbenti, con uno o due oratori/tavolo, ad entrambe le distanze oratore-ascoltatore.

Alla luce di quanto è emerso, l'approfondimento dello studio del cocktail party effect inerente alle sale di ristorazione esaminate permette di fornire al progettista indicazioni più dettagliate riguardo i parametri da utilizzare in fase di progettazione (o riqualificazione), sottolineando l'importanza di definire strumenti di immediato utilizzo, per esempio semplici correlazioni tra ΔL e STI, che possano essere impiegate nelle fasi preliminari di progetto.

Conclusions

The cocktail party effect is the acoustic phenomenon that most influences the intelligibility of a conversation in a closed environment, such as a restaurant dining rooms. This phenomenon is widely debated in the international scientific context, and the related main evaluation methods: the in-situ measurements, the subjective methods through questionnaires, the software simulations and the analytical methods.

To evaluate the behaviour of a restaurant dining room subject to acoustic solicitations, a parametric study has been carried out using the simulation software EASE. Six different rooms have been studied according to the following parameters: surface absorption, planimetric dimensions, ceiling height and length/width ratio. For the simulation the distances of a listener sitting to the side and in front of the speaker of interest have been considered. For each of them, in the cases of one or two speakers for table, the disturbing sound coming from conversations in the other tables has been taken into account. Among the evaluated acoustic indices, those of greatest interest have been the sound level difference ΔL and the speech transmission index STI. The most significant results concerned the increase of the room average absorption and of the planimetric dimensions: the shift, from a poorly absorbent room to a completely absorbent one, leads to an average increase of the STI around 15%. Increasing the distance between seats (passing from room 1 to room 2) the average increase of the STI is around 28%. The improvement obtained by increasing the ceiling height (passing from room 1 to room 3) and the length/width ratio (for example passing from room 1 to room 5, or from room 2 to room 6) is slight, with an increase of the STI below 5%. However, in the case of a room with increased plan and height dimensions (passing from room 1 to room 4), a significant average improvement of the STI of approximately 30% has been obtained.

The improvement of the intelligibility index leads to a result consistent with the sound level difference: if the noise due to the diners conversations at the other tables is significantly

reduced, the conversation of the speaker of interest is clearly understandable, thus obtaining a positive ΔL and, consequently, a high value of the STI index. The link between the two acoustic indices has been expressed through a cloud of points in a graphic representation, in which, for each room and case of absorption, the average values of the sound level difference and the respective speech transmission indexes are re-ported. For each case, linear regression equations have been obtained, they describe the relation between ΔL and STI and allow to quickly estimate STI during the acoustic de-sign stage of a room.

Finally, the comparison and discussion between the results obtained with software simulations and those obtained with, an appropriately chosen, analytical method, confirmed a good agreement in the case of poorly and moderately absorbing rooms, with one or two speakers/table, at both distances speaker-listener.

The present study of the cocktail party effect in the restaurant dining rooms allows to provide the designer more detailed indications regarding the parameters to be used in the design phase (or refurbishment), it highlights the importance of defining tools of immediate use, as for example simple correlations between ΔL and STI, which can be used in the design preliminary stages.

Bibliografia

- [1] Bronkhorst A.W. (2000). The cocktail party phenomenon: a review of research on speech intelligibility in multiple-talker conditions. *Acta Acustica*, 86, pp.117-128.
- [2] Girolami M. (1998). A nonlinear model of binaural cocktail party effect. *Neurocomputing*, 22, pp.201-215.
- [3] Fritz J.B., Elhilali M., David S.V., Shamma S.A. (2007). Auditory attention-focusing the searchlight on sound. *Current Opinion in Neurobiology*, 17, pp.437-455.
- [4] Cherry E.C. (1953). Some experiments on the recognition of speech, with one and with two ears. *Journal of the Acoustical Society of America*, 25, pp.975-979.
- [5] MacLean W.R. (1959). On the acoustics of cocktail party. *Journal of the Acoustical Society of America*, 31, pp.79-80.
- [6] Moray N. (1959). Attention in dichotic listening: affective cues and the influence of instructions. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 11, pp.56-60.
- [7] Broadbent D.E. (1954). The role of auditory localization in attention and memory span. *Journal of Experimental Psychology*, 47, pp.191-196.
- [8] Treisman A.M. (1969). Strategies and models of selective attention. *Psychological Review*, 76, pp.282-299.
- [9] Deutsch J.A., Deutsch D. (1963). Attention: some theoretical considerations. *Psychological Review*, 70, pp.80-90.
- [10] Wood N., Cowan N. (1995). The cocktail party phenomenon revisited: attention and memory in the classic selective listening procedure of Cherry. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124, pp.243-262.
- [11] Wood N., Cowan N. (1995). The cocktail party phenomenon revisited: how frequent are attention shifts to one's name in an irrelevant auditory channel? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 21, pp.255-260.
- [12] Conway A.R.A., Cowan N., Bunting M.F. (2001). The cocktail party phenomenon revisited: the importance of working memory capacity. *Psychonomic Bulletin & Review* 8, pp.331-335.
- [13] Newman R.S. (2005). The cocktail party effect in infants revisited: listening to one's name in noise. *Developmental Psychology*, 41, pp.352-362.

- [14] Straube E.R., Germer C.K. (1979). Dichotic shadowing and selective attention to word meanings in schizophrenia. *Journal of Abnormal Psychology*, 88, pp.346-353.
- [15] Spagnolo R. (2004). *Manuale di Acustica Applicata*. Utet, Torino.
- [16] Heung V.C.S., Gu T. (2012). Influence of restaurant atmospherics on patron satisfaction and behavioral intentions. *International Journal of Hospitality Management*, 31, pp.1167-1177.
- [17] Jouventin P. (1982). *Visual and vocal signals in penguins, their evolution and adaptive characters*. Paul Parey, Berlin.
- [18] Aubin T., Jouventin P. (1998). Cocktail party effect in king penguin colonies. In: *Atti del Royal Society, Londra*, pp.1665-1673.
- [19] Cocchi A., Farina A., Vezzali R. (1988). Valutazione dell'intelligibilità della parola: metodi a confronto. In: *Atti del Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Acustica AIA, Milano*, pp.2-3.
- [20] Carotenuto L. (2011). *Il comfort acustico nelle sale per la ristorazione: riverberazione, cocktail party effect e caso di studio*. Tesi di Laurea, Università di Pisa, A.A. 2011-12.
- [21] Meng Q., Zhang S., Kang J. (2017). Effects of typical dining styles on conversation behaviours and acoustic perception in restaurants in China. *Building and Environment*, 121, pp.148-157.
- [22] Kang J. (2002). Numerical modelling of the speech intelligibility in dining spaces. *Applied Acoustics*, 63, pp.1315-1333.
- [23] Rindel J.H. (2017). *Restaurant acoustics - the science behind verbal communication in eating establishments*. Preprints, pp.1-17.
- [24] Leccese F., Tuoni G., Salvadori G., Rocca M. (2015). An analytical model to evaluate the cocktail party effect in restaurant dining rooms: a case study. *Applied Acoustics*, 100, pp. 87-94.
- [25] Fantozzi F., Leccese F., Salvadori G. (2017). Valutazione numerica del cocktail party effect nell'acustica degli ambienti chiusi. In: *Atti del Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Acustica AIA, Pavia*, pp.1-2.
- [26] Leccese F., Tuoni G., Silipo M. (2007). Il "cocktail party effect" e l'acustica dei ristoranti. Un caso di studio. In: *Atti del Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Acustica AIA, Firenze*, pp.1-9.
- [27] <https://ease.afmg.eu> (ultimo accesso: 14 luglio 2018).
- [28] UNI (2018). UNI 11532-1:2018, Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati – Metodi di progettazione e tecniche di valutazione – Parte 1: Requisiti generali.