



**POLITECNICO
DI TORINO**

Tesi meritoria

**CORSO DI LAUREA IN ARCHITETTURA COSTRUZIONE
CITTA'**

Abstract

**Progettazione di una conchiglia acustica per il Teatro
Pier Maria Cantoreggi di Carignano (TO)**

Relatori

Arianna Astolfi
Giuseppe Ferro

Candidato

Eleonora Arpellino

Dicembre 2014

Il Teatro Pier Maria Cantoregi è una sala multifunzionale di 4700 m³, con 340 posti a sedere, un palcoscenico di 130 m² e una torre scenica alta 10 m. Lo spazio è ora utilizzato dalla Corale Carignanese, un coro di 30 voci maschili.

La sala presenta un progetto di base incorretto per l'esecuzione e la percezione della musica e del canto: le pareti laterali e il soffitto sono rivestiti di pannelli fonoassorbenti che rendono la sala "asciutta" e "sorda"; il risultato è un breve tempo di riverberazione, con la conseguenza che solo il linguaggio è chiaro e intelligibile; la voce, inoltre, viene discesa nella torre scenica e la galleria superiore, molto aggettante al fondo della sala, crea una zona d'ombra sonora che impedisce alle onde riflesse sul soffitto di raggiungere l'ascoltatore, con il risultato di una minore percezione d'intensità sonora.

Obiettivo del progetto è risolvere i problemi acustici interni alla sala tramite l'inserimento di una conchiglia acustica sul palcoscenico, una struttura che partendo da un'analisi specifica dello spazio permette al suono prodotto di non essere disperso, bensì riflesso verso la platea: la conchiglia contribuisce al benessere acustico di cantanti e musicisti sul palcoscenico e alla migliore percezione del pubblico grazie alle riflessioni sonore direzionate verso la platea. In particolare, la conchiglia aumenta le prime riflessioni sonore sul palcoscenico, molto importanti per i cantanti al fine del mantenimento del ritmo e dell'intonazione.

Per determinare la caratterizzazione acustica del teatro è stato effettuato un rilievo sperimentale dello stato di fatto, seguendo le prescrizioni della *International Standard ISO 3382-1:2009 (E) Acoustics – Measurement of room acoustic parameters*, con il metodo della risposta all'impulso. Il parametro acustico di riferimento utilizzato per caratterizzare l'ambiente e per la taratura del modello con il software *Odeon*® versione 12 è il Tempo di riverberazione: i risultati hanno mostrato come il parametro dedotto si attesti sui valori tipici del parlato.

Sono state elaborate quattro ipotesi progettuali, diverse per materiale e forma. Caratteristica comune è la modularità: la struttura è formata da singoli moduli accostati, costituiti da un pannello verticale (0,8x3,50x0,018 m) e un pannello superiore inclinato di 20° (0,8x0,8x0,018 m); le prime tre ipotesi (curva, a ventaglio, rettangolare) sono costituite da pannelli in MDF, mentre la quarta da moduli convessi in plexiglas (0,8x3,50x0,018 m), senza pannelli superiori. Per ogni configurazione sono state analizzate le proprietà di riflessione del suono (Fig. 1).

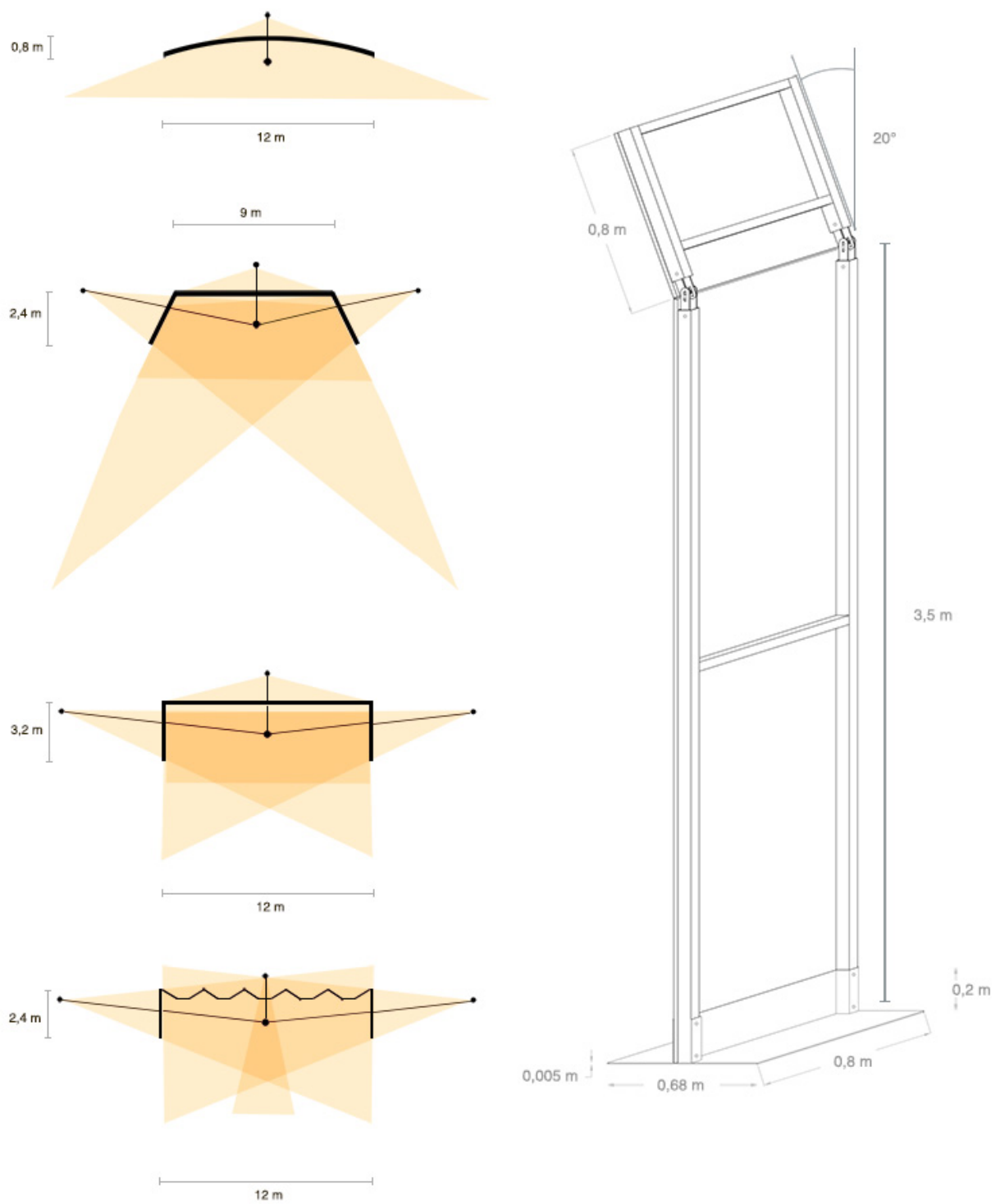


Fig. 1: Le quattro ipotesi progettuali: curva, a ventaglio, rettangolare, a moduli convessi; a destra, vista assonometrica del singolo modulo.

Per valutare la migliore configurazione, il disegno 3D delle quattro ipotesi è stato importato nel modello precedentemente tarato ed è stato avviato il calcolo con *Odeon* in riferimento al punto più sfavorevole, a fondo sala (Fig. 2).

Receiver M10	Condition of things	Curve Acoustic Shell	Fan Acoustic Shell	Plexiglas Acoustic Shell	Rectangular Acoustic Shell	Typical range (ISO 3382-1)	JND (ISO 3382-1)
EDT _{500-1000 Hz} [s]	1,0	0,62	0,63	0,69	0,64	1,2 s; 3,0 s	rel. 5%
D _{50 500-1000 Hz} [-]	0,71	0,8	0,76	0,76	0,75	0,3; 0,7	0,05
C _{80 500-1000 Hz} [dB]	6,3	8,6	7,8	7,6	7,9	- 5 dB; + 5 dB	1 dB
LF _{80 125-1000 Hz} [-]	0,117	0,108	0,132	0,135	0,136	0,05; 0,35	0,05
G _{500-1000 Hz} [dB]	-2,9	0,1	-0,2	-1,6	0,0	- 2 dB; + 10 dB	1 dB

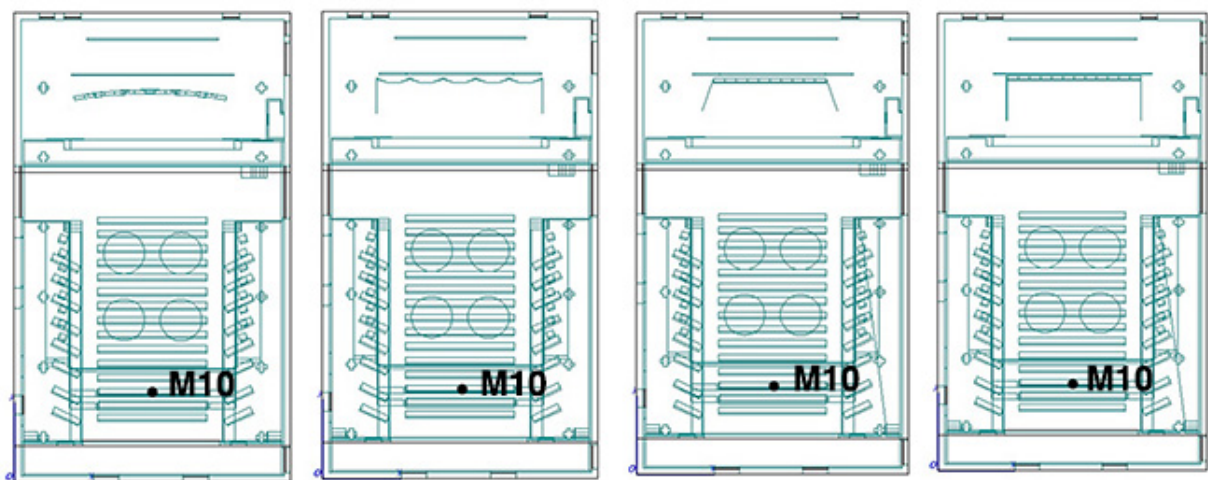


Fig. 2: Risultati della simulazione delle quattro ipotesi progettuali.

Dall'analisi è emerso che la conchiglia curva presenta un miglioramento più netto rispetto alle altre camere ed è stata scelta come progetto definitivo, indagata sia a livello acustico che strutturale. Infine è stato effettuato un ulteriore calcolo del progetto su *Odeon*: i parametri acustici oggetto di analisi presentano una variazione superiore alla *Just Noticeable Difference* indicata nella *ISO 3382-1*, per cui la variazione acustica è percepibile (Fig. 3).

Simulated Parameters	Spatial average values	Dev. St. of S1 - S2 mean value	Typical range (ISO 3382-1)	JND (ISO 3382-1)
EDT _(500-1000 Hz) [s] condition of things	0,7	0,04	1,0 s; 3,0 s	5 %
EDT _(500-1000 Hz) [s] with acoustic shell	0,56	0,02		
D₅₀ _(500-1000 Hz) [-] condition of things	0,77	0,01	0,3; 0,7	0,05 [-]
D₅₀ _(500-1000 Hz) [-] with acoustic shell	0,81	0,001		
C₈₀ _(500-1000 Hz) [dB] condition of things	8,2	0,13	-5 dB; +5 dB	1 dB
C₈₀ _(500-1000 Hz) [dB] with acoustic shell	9,4	0,22		
LF₈₀ _(125-1000 Hz) [-] condition of things	0,146	0,02	0,05; 0,35	0,05 [-]
LF₈₀ _(125-1000 Hz) [-] with acoustic shell	0,153	0,01		
G _(500-1000 Hz) [dB] condition of things	1,2	0,4	-2 dB; +10 dB	1 dB
G _(500-1000 Hz) [dB] with acoustic shell	4,2	0,3		

Fig. 3: Risultati della simulazione della conchiglia curva. I risultati fanno riferimento ai valori della media spaziale di tutti i ricevitori e delle due sorgenti sonore usate nella simulazione, al fine di avere una valutazione globale delle condizioni della sala.

La conchiglia è composta da 15 moduli componibili, al fine di rendere la struttura completamente indipendente. Due telai in acciaio cavo tubolare impediscono la deformazione dei pannelli in MDF e due cerniere a libro permettono di regolare l'inclinazione del pannello superiore. Il pannello è poi inserito in una piastra in acciaio inox a terra; anche questo elemento è stato concepito come indipendente: ogni modulo viene incastrato e imbullonato in una singola piastra, che nella sua parte anteriore presenta i due lati smussati, permettendo di seguire il raggio di curvatura studiato, evitando focalizzazioni sonore interne all'ambiente.

La conchiglia non è stata ancora realizzata e non ne è stato possibile effettuare il collaudo acustico; per questo sono stati condotti dei test di ascolto soggettivi, con l'obiettivo di determinare la migliore configurazione del palcoscenico. Lo strumento utilizzato in questa fase è il metodo dell'auralizzazione, tecnica che consiste nella cattura e modellamento della risposta spaziale all'impulso di un segnale anecoico. Sono stati scelti tre stimoli sonori: *canto*, *parlato* ed *ensemble strumentale*. Le tracce sono state registrate in camera anecoica e auralizzate con *Odeon*, con una durata di 6 sec ciascuna.

Per ogni segnale sono stati testati due punti, uno al centro della platea e uno al fondo della sala. Le tre sorgenti sonore sono state collocate al centro del palco.

La metodologia usata per questo test prevede una doppia comparazione a scelta forzata rispetto a una scala di gradimento a 5 punti. I soggetti testati sono stati in totale 26: 13 soggetti del Politecnico di Torino e 13 Professori dell'*Orchestra Sinfonica Nazionale della Rai* di Torino.

I risultati sono stati in seguito analizzati attraverso un'analisi statistica: dall'osservazione è stato dedotto che la conchiglia risulta adatta a supportare due dei diversi usi ipotizzati (canto e ensemble), mentre per la parola la condizione allo stato di fatto si presenta già ottimale, in quanto l'elevato riverbero prodotto dall'inserimento della struttura diminuisce l'intelligibilità del parlato.

Per ulteriori informazioni contattare:

Eleonora Arpellino

eleonoraarpellino@gmail.com