

## LA PROGETTAZIONE ACUSTICO-ARCHITETTONICA NELLE CHIESE CONTEMPORANEE ATTRAVERSO UN CASO STUDIO: LA CHIESA MASSIMILIANO KOLBE DI BERGAMO

Maria Cairoli (1), Livio Mazzarella (2)

1) Politecnico di Milano, Milano, maria.cairoli@polimi.it

2) Politecnico di Milano, Milano, livio.mazzarella@polimi.it

### SOMMARIO

Attraverso il caso studio della chiesa di Massimiliano Kolbe a Bergamo si individuano alcune indicazioni per la progettazione acustico-architettonica di nuove chiese, mostrando procedure e risultati.

Al contrario di quanto accadeva in passato, in cui si privilegiavano spazi molto riverberanti [1], al giorno d'oggi, per gli spazi di culto, si preferiscono luoghi in cui prevale la concentrazione e l'intimità. Il tempo di riverberazione si riduce, aumenta l'intelligibilità del parlato e diminuisce l'ascolto musicale, sebbene permanga la necessità di eseguire musiche e canti.

Il progetto proposto mostra un iter in cui la risposta acustica soddisfa l'ascolto sia del parlato sia della musica.

### 1. Introduzione

Le chiese del passato sono caratterizzate da lunghi tempi di riverberazione, in grado di incoraggiare il canto corale e di creare quel coinvolgimento emotivo che, per lungo tempo, è stata l'unica forma possibile di partecipazione per la maggior parte dei fedeli, che non conoscevano il latino. Nel corso dei secoli, tuttavia, la necessità di migliorare l'intelligibilità del parlato, in particolare nell'omelia, inizia a crescere pur mantenendo la necessità di non penalizzare gli aspetti più "emotivi" della partecipazione alla funzione religiosa.

In particolare nel XX secolo, con l'introduzione delle lingue nazionali nelle chiese cattoliche, il Concilio Vaticano II sancisce l'importanza della partecipazione attiva dei fedeli alla liturgia, della comprensione della parola del sacerdote e del valore formativo delle omelie. Si crea così una nuova esigenza acustica diversa da quella che era richiesta nelle chiese del passato.

### 2. Acustica delle chiese contemporanee

Nelle chiese contemporanee occorre badare a quegli aspetti architettonici del progetto che possono influenzare maggiormente la risposta acustica del luogo, in particolare il dimensionamento dello spazio ed i materiali di rivestimento [2].

A questi spesso si aggiunge il design del sistema di amplificazione, un complemento per supportare la comprensione del parlato [3].

Il tempo di riverbero non deve essere troppo lungo, al fine di garantire una buona intelligibilità del parlato, legata soprattutto ai valori dei parametri acustici Definizione ( $D_{50}$ ) e Intelligibilità (STI), ma anche non troppo breve per garantire le condizioni acustiche necessarie per la celebrazione di messe solenni con accompagnamenti musicali, controllando anche il parametro Clarity ( $C_{80}$ ). In alcuni casi le chiese contemporanee devono ospitare l'organo ed il canto corale. Di conseguenza, diverse attività, con requisiti acustici differenti, tra cui la predicazione e l'esecuzione musicale, possono coesistere durante la stessa cerimonia. Pertanto, i requisiti necessari per ottenere condizioni acustiche adeguate possono variare a seconda del tipo di celebrazione.

In molte chiese contemporanee si nota la sostanziale assenza di materiali acusticamente assorbenti, come tappeti pesanti, panche imbottite, tende e decorazioni, con conseguenti

criticità dovute all'aumento del tempo di riverbero. Questo è il motivo per cui nella maggior parte dei casi una significativa variazione delle condizioni acustiche è dipendente solo dal numero di fedeli (che presentano proprietà fonoassorbenti). Le chiese con caratteristiche acustiche scarse quando poco affollate, possono raggiungere livelli accettabili quando molto frequentate. La dipendenza della risposta acustica dalla presenza delle persone, tuttavia, rappresenta un problema dal punto di vista progettuale poiché introduce una variabile difficilmente controllabile al fine di ottimizzare la qualità sonora.

### 3. La chiesa di Massimiliano Kolbe

Un cerchio inscritto in un quadrato. Una pianta quadrata con gli angoli rovesci all'interno, un'estensione di 750 m<sup>2</sup>.

All'interno si erge anche una grande cupola rovesciata verso il basso, in cartongesso rifinito con intonaco fonoassorbente.

Un grande tronco di cono, anch'esso in cartongesso attraverso internamente la cupola, convogliando direttamente sul presbiterio la luce che vi penetra, in un gioco di simbologie religiose ed efficacia pratica.



Figura 1 - Interno della chiesa di Massimiliano Kolbe, Bergamo

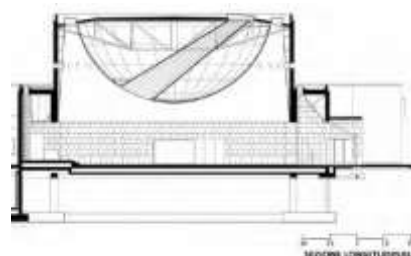


Figura 2 - Sezione della chiesa di Massimiliano Kolbe, Bergamo

I rivestimenti delle pareti verticali sono progettati in cartongesso forato, fonoassorbente, nella parte alta (da 5 a 15 m), in lastre di pietra bucciardata di forma rettangolare, fonoriflettenti, nella parte bassa (da 0 a 5 m), distanziate tra loro mediante fughe di spessore variabile dell'ordine di pochi centimetri. Il materiale fonoassorbente posto dietro le pietre introduce anche in quest'area proprietà fonoassorbenti alle frequenze medio-alte. Il pavimento è in pietra, fonoriflettente, i banchi dei fedeli sono in legno, fonoriflettenti (non è stata accettata la proposta di renderli fonoassorbenti). Si veda la tabella 1.

Tabella 1 – coefficienti di fonoassorbimento

Superficie	materiale	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
cupola	intonaco fonoassorbente	0,12	0,25	0,68	0,94	0,94	0,94
Controsoffitto "alto"	cartongesso	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06	0,05
Controsoffitto "basso"	intonaco fonoassorbente	0,12	0,25	0,68	0,94	0,94	0,94
pavimentazione	pietra	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
Parete "zona alta"	Cartongesso forato	0,10	0,21	0,32	0,47	0,52	0,62
Parete "zona bassa"	Pietra bucciardata	0,06	0,07	0,25	0,32	0,45	0,45
sedute	Persone (affollamento 70%)	0,51	0,64	0,75	0,80	0,82	0,83

#### 4. Simulazioni

Per l'analisi acustica predittiva è stato utilizzato il software CATT Acoustic [4] simulando una sorgente sonora omnidirezionale vicino all'asse longitudinale della sala in prossimità dell'altare.

Il metodo di valutazione acustica e i parametri considerati sono quelli presentati nella ISO 3382-1. In particolare per l'intelligibilità del parlato e la qualità musicale della chiesa si analizzano i valori forniti dai parametri Definition ( $D_{50}$ ), STI e Clarity ( $C_{80}$ ). Infine si valuta il tempo baricentrico ( $T_s$ ). Per il decadimento temporale del suono si analizzano il Tempo di Riverbero ( $T_{30}$ ) e l'Early Decay Time (EDT).

I risultati delle simulazioni indicano che il  $D_{50}$  è superiore al 50%, come richiesto per una buona intelligibilità, considerando che  $D_{50} > 45\%$  garantisce più del 90% delle sillabe comprensibili [5] (come richiesto nei centri congressi), secondo lo standard ISO 33382-1, e i valori previsti per lo STI sono compresi tra il 60% e l'80% in ogni ordine di posti, un intervallo di valori classificato come un buon risultato in base alla qualità della scala IEC 60268-16.

I valori dello STI sono conformi all'intervallo richiesto per i centri congressi, mentre quelli del tempo di riverberazione previsto nella chiesa sono superiori. Nella chiesa il  $T_{30}$  è pari a 1,2 sec. a 1kHz mentre nei centri congressi è consigliato non superare il valore di 1,1 sec. anche quando il volume dello spazio è molto grande. L'aumento del tempo di riverbero nella Chiesa è utile per raggiungere il range di Clarity  $-3 < C_{80} < 3$ , necessario per rispettare i valori ottimali per la musica [6].

#### 5. Conclusioni

Nella chiesa di Massimiliano Kolbe il tempo di riverbero ottimale è leggermente superiore a quello richiesto per i centri congressi. Questa caratteristica è estendibile in generale alle nuove chiese in cui è necessario ottimizzare sia l'ascolto del parlato sia quello musicale.

Si definisce così una tendenza del parametro RT per le nuove chiese contemporanee esposta nella figura che segue, ma sarebbe necessario prendere in considerazione più casi studio per definire meglio i limiti superiori, in base al volume dello spazio in esame. La possibilità di rendere indipendente il tempo di riverbero dal numero di fedeli presenti, suggerisce di introdurre una soluzione già utilizzata per le sale da concerto, in cui le sedute sono caratterizzate da coefficienti di fonoassorbimento simili a quelli delle perone; come accade nelle sale da concerto nasce anche la necessità di rispettare la curva  $NC_{25}$  per ridurre il rumore prodotto dai diversi sistemi e impianti (climatizzazione, ventilazione, ecc.) e da altre apparecchiature, per ascoltare il silenzio e permettere il raccoglimento dei fedeli.

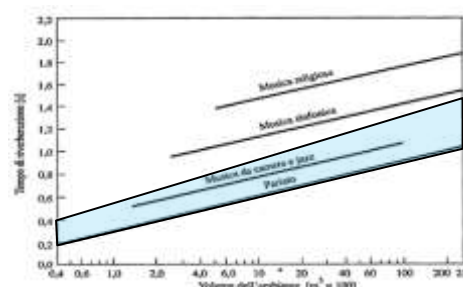


Figura 3 – area azzurra: range ottimale del tempo di riverbero relativo alle chiese contemporanee

Infine le differenti celebrazioni possibili possono richiedere un'acustica modulabile come negli auditoria polifunzionali, soprattutto se si vuole eseguire musica d'organo.

Alcune indicazioni principali per la progettazione acustica delle chiese contemporanee considerano, dunque, l'influenza dei recenti studi di acustica degli ambienti confinati per altre tipologie di edifici come i centri congressi, le sale da concerto, gli auditoria multiuso [7], creando una contaminazione, una secolarizzazione negli spazi di culto.

I valori di STI nella chiesa di Massimiliano Kolbe sono considerati buoni,  $D_{50} > 60\%$  (paragonabile ai valori richiesti per i Centri Congressi), mentre il tempo di riverbero leggermente più alto. Il range del parametro Clarity risulta invece simile a quello caratterizzante i teatri italiani a ferro di cavallo,  $0 < C_{80} < 4$  [8]. Nella chiesa di Bergamo l'organo non è presente. Tuttavia, se ci fosse stata una richiesta in tal senso, sarebbe stato necessario considerare l'acustica variabile, estendendo il tempo di riverbero ad un valore simile a quello di una Chiesa storica.

#### 6. Bibliografia

- [1] Sara Giron; Lidia Alvarez-Morales; Teofilo Zamarreno. Church acoustics: A state-of-the-art review after several decades of research. J. Sound Vib 2017; Volume 411, Pages 378-408
- [2] Sergio Cingolani; Renato Spagnolo. Acustica musicale e architettonica; Utet: Torino, Italy, 2005 pp. 827-857; ISBN 88-7750-941-4
- [3] Christian Gade. Acoustics in Hall for Speech and Music. In Handbook of Acoustics; Editor 1, Thomas D. Rossing; Springer: LLC New York, USA, 2007; pp. 311, ISBN 978-0-387.
- [4] Michael Vorlander. Auralization: Fundamentals of acoustics, Modelling, Simulation, Algorithms and Acoustic Virtual Reality; Springer: Berlin, Germany, 2008
- [5] Ettore Cirillo. Acustica applicata; McGraw-Hill 1997 pp. 86-87
- [6] Leo Beranek. Concert halls and Opera Houses. Springer Verlag: Berlin, Germany, pp. 525, 578
- [7] Maria Cairolì. Architectural customized design for variable acoustics in a Multipurpose Auditorium. Applied acoustics 140 (2018) Pages 167-177
- [8] Maria Cairolì; Livio Mazzarella. Petrarca Theatre: a case study to identify the acoustic parameters trends and their sensitivity in a horseshoe shape opera House. Applied Acoustics 136 (2018) pp.61-75