

POLITECNICO DI TORINO  
FACOLTA' DI ARCHITETTURA  
Corso di Laurea in Architettura  
*Tesi meritevoli di pubblicazione*

---

**Analisi strutturale agli elementi finiti della cupola di San Lorenzo**

di Fabrizio Ferraris

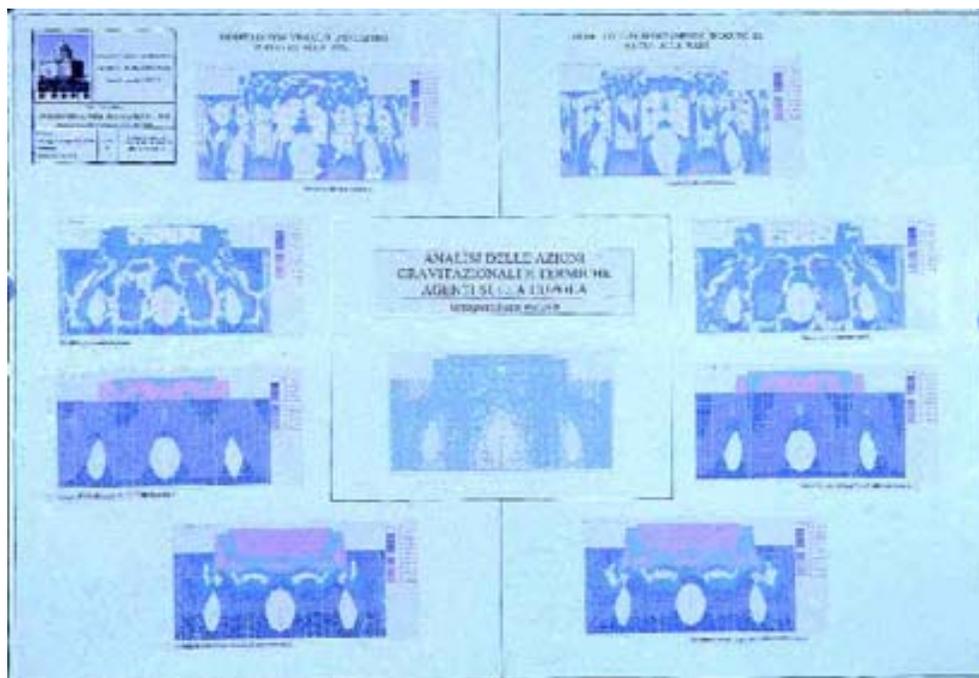
Relatore: Giuseppe Pistone

Argomento della tesi è l'analisi strutturale della cupola della Chiesa di San Lorenzo di G. Guarini, impianto iniziato su suoi disegni nel 1668 ed aperto per la prima volta nel 1680.

In questo lavoro si è cercato di porre in evidenza la relazione che intercorre tra la particolare tipologia della cupola e la sua struttura resistente. In pratica si è cercato di verificare se la scelta di realizzare la cupola con un sistema di archi intrecciati sia stata dettata solo da influenze di carattere simbolico-espressive, oppure sia da imputarsi a scelte di carattere puramente statico-strutturali.

A questo obiettivo si è giunti attraverso un'attenta lettura della formazione culturale di Guarini, un'accurata descrizione della Chiesa, lo studio dell'intricata - e spesso celata - struttura della cupola, alcune considerazioni di carattere storico-strutturale ed infine lo studio dei risultati ottenuti eseguendo l'analisi lineare.

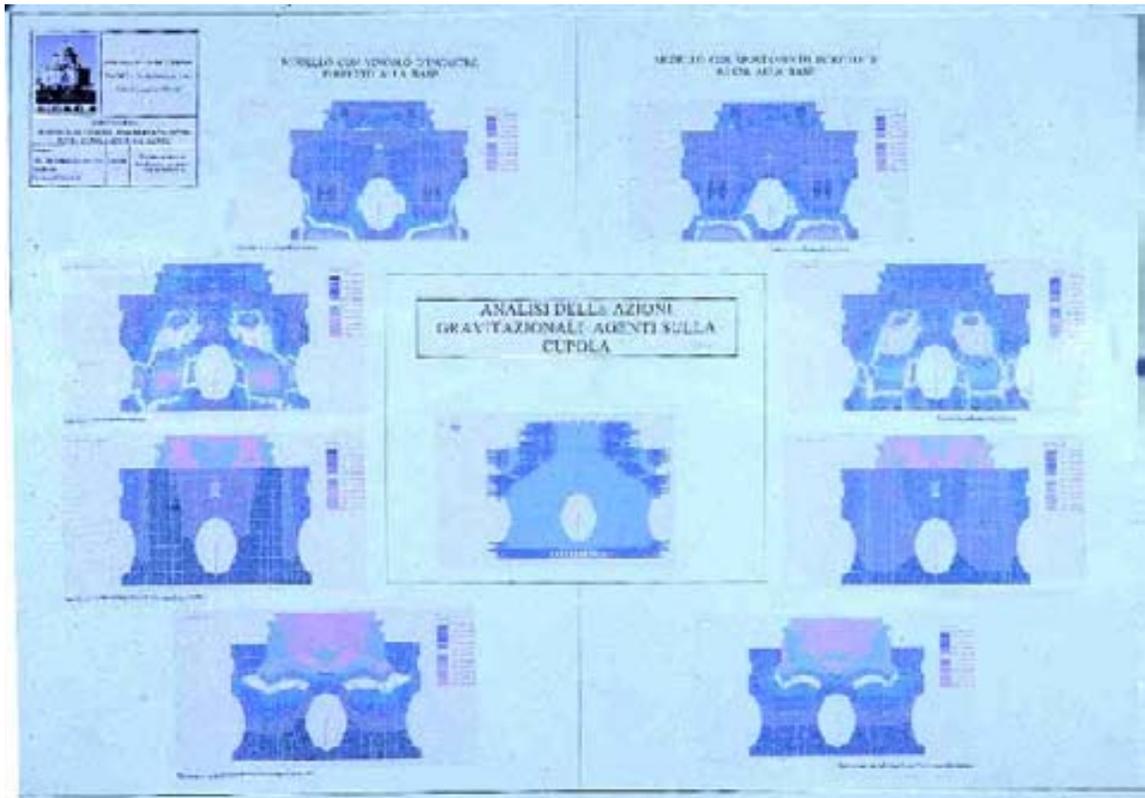
Il San Lorenzo propone al suo interno un'ambiente ondulato che percettivamente sembra gravato da forze, le quali trovano unico e forzato sfogo verso l'alto, in cui il Guarini colloca la maestosa cupola.



Lo studio del trattato "*Architettura Civile*" ha prodotto utili indicazioni che hanno permesso di comprendere fonti e influenze stilistiche, rappresentate principalmente dalle opere della civiltà islamica e dai temi propri dell' " Ordine Gotico " .

Dopo questi studi introduttivi si è proseguito con l'approfondimento dell'analisi della struttura della cupola, indagata nel suo regime statico, tensionale e deformativo, mediante il metodo degli elementi finiti.

L'ultima parte si basa sulla costruzione del modello numerico della cupola e costituisce il principale elemento di novità del lavoro svolto. Infatti la costruzione del modello è contraddistinta da un'attenta e autentica ricostruzione della cupola basata sull'esatta geometria della fabbrica, resa possibile grazie all'ausilio del rilievo eseguito dal prof. arch. Franco Rosso.



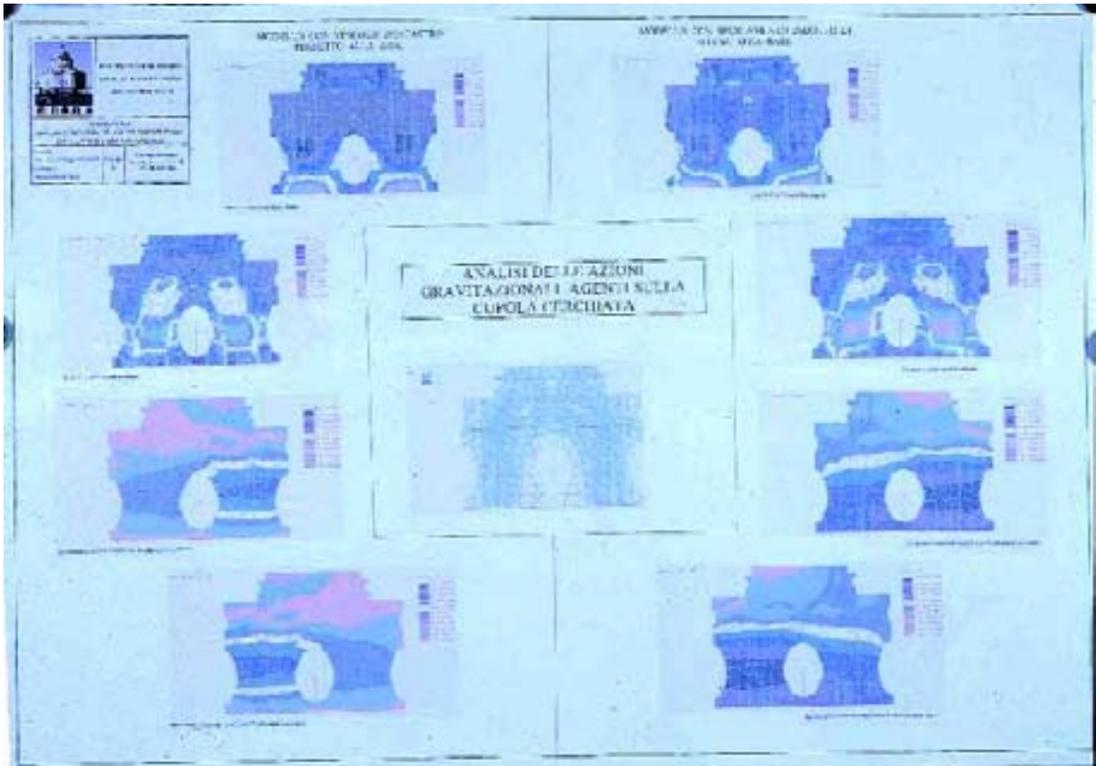
Generata la geometria complessiva della cupola si è proseguito con la fase di discretizzazione del modello (costituito da un quarto della cupola) utilizzando elementi TETRA10 e BEAM3D. Infine sono state definite le condizioni al contorno.

Oltre all'analisi effettuata considerando le azioni gravitazionali, in una seconda fase dello studio sono state introdotte le azioni termiche tradotte in temperature applicate alle superfici, sia nell'ipotesi di stagione estiva che di invernale.

Infine si è proceduto con la fase di analisi automatica. Sono stati compiuti i seguenti tipi di analisi: azioni gravitazionali agenti sul modello con vincolo d'incastro perfetto alla base e con spostamenti indotti, sulla cupola cerchiata con vincolo di incastro perfetto alla base e con spostamenti indotti; azioni gravitazionali e termiche (in

inverno ed in estate) agenti sul modello con vincolo di incastro perfetto alla base e con spostamenti indotti, sulla cupola cerchiata con vincolo di incastro perfetto alla base e con spostamenti indotti.

In linea generale in tutti gli studi effettuati si è rilevato che il peso della lanterna provoca un effetto di schiacciamento sulla sottostante cupola, determinando un abbassamento verticale che raggiunge il suo massimo valore in sommità. L'analisi numerica ha confermato pienamente le intuizioni che determinarono gli interventi di consolidamento sulla cupola: la deformata presenta una curvatura verso l'esterno, che raggiunge la sua punta massima a metà circa delle finestre, non molto al di sotto del livello in cui è inserita la cerchiatura metallica.



In linea generale ogni singolo arco presenta una situazione di pressoflessione in coincidenza del concio d'imposta, con tensione di trazione all'intradosso e di compressione all'estradosso. Viceversa in coincidenza delle reni si ha una situazione capovolta, caratterizzata da sollecitazioni di trazione verso l'esterno e di compressione verso l'interno.

In definitiva la cupola si è confermata essere una struttura altamente stabile: l'intuizione del Guarini di concepire un profilo ellittico, concretizzato nelle nervature a cui viene affidato il compito di resistere e che sono molto rinforzate nella zona in cui la sicurezza è maggiormente precaria, si dimostra pienamente riuscita. L'assenza di lesioni e dissesti è la conferma sperimentale del successo delle intuizioni statiche compiute facendo lavorare al meglio i materiali e l'ossatura.

In conclusione si può affermare che l'innovazione apportata dal Guarini è insita principalmente nello sforzo di riportare la tecnica alla scienza: egli tra i primi intuisce come occorre dare più peso alla scienza che alla pratica del costruire. Questo spiega il privilegio dato dal Guarini alla forma geometrica delle strutture.

Come già detto la scelta di Guarini è stata di affidare la responsabilità statica ad un ellissoide, materializzato nelle nervature che si intersecano, che circoscrive idealmente la cupola e risponde al meglio ai requisiti di stabilità. La scelta della forma ellittica per la cupola del San Lorenzo venne compiuta primariamente per l'abilità della forma della cupola a catturare e riflettere la luce e per la similitudine con i profili tradizionali delle cupole di tipo emisferico: un siffatto profilo viene incontro infatti per un lato alla necessità statica di definire, per la parte edificata, una cupola con un raggio di curvatura il più possibile elevato, per l'altro risponde all'esigenza preminente in Guarini di privilegiare le sue teorie sul significato teologico della luce.