

Le crepe nella cupola

È evidente, dai rilievi eseguiti dall'ing. Garro e dalle fotografie che io stesso ho scattato, che la cupola è spaccata all'incirca in corrispondenza degli otto finestroni, con fessurazioni che si estendono, con andamento meno regolare, a tutto il tamburo, e anche alla zona di imposta degli otto arconi inseriti nel basamento vitozziano.

Alcune di queste lesioni raggiungono, alla base della cupola, gli 8-9 cm. di larghezza, e sono — fatto di particolare gravità — tutte *passanti*, cioè interessano l'intero spessore della muratura anche oltre gli otto finestroni ad occhio verso il cupolino. Queste ultime lesioni provano che il comportamento della cupola è decisamente *anormale*. L'esistenza delle lesioni rende impossibile ammettere quelle sollecitazioni di compressione che sono invece caratteristiche oltre i 45° di inclinazione delle cupole in muratura.

La cupola, ancora tale quanto alla forma, non lo è più quanto a funzione statica: è una struttura ridotta ad otto arconi irregolari a spicchio che, dipartendosi dai corrispondenti pilastri del basamento vitozziano si riuniscono in sommità e si sorreggono per mutuo contrasto.

Il grado o margine di sicurezza che si impone ad ogni struttura e che ogni struttura deve indiscutibilmente presentare, è qui ridotto a valori insignificanti non solo per il fenomeno di lesionamento, che è effetto di altre cause, ma anche per altre situazioni che, complessivamente, non escludono la possibilità di una *fase di collasso, speriamo non imminente*, dell'intero complesso.

La situazione della cupola è simile a quella di una di quelle pentole in terracotta che, quando si fessuravano, le massie rabberciavano con una cerchiatura di fil di ferro e continuavano ad usare finché per cause diverse, si spaccavano senza alcun speciale intervento esterno. Nel caso della nostra cupola, quelle evenienze esterne che usiamo definire « di forza maggiore » per giustificare nostre deficienze di previsione, e che possono andare dalla scossa sismica all'evento ciclonico, ed anche a prolungato periodo di siccità o di precipitazioni, potrebbero determinare una situazione preoccupante.

COME RIMEDIARVI?

L'accertamento della situazione di grave lesionamento della cupola e del suo tamburo porta a tre distinte domande:

- 1) *Quando si sono formate tali lesioni?*
- 2) *Quali cause hanno determinato movimenti e lesioni?*
- 3) *Quali sono i possibili provvedimenti di restauro per ripristinare l'integrità statica e la sicurezza della costruzione?*

Domande ovvie, a cui, con lo scarso materiale di informazioni disponibile e sicuro è difficile dare una esauriente risposta.

(...) La lunga meditazione del Gallo per analizzare e concepire il comportamento statico della cupola, da erigersi sul basamento vitozziano già in precarie condi-

zioni di stabilità e in una situazione di eterogeneo assetamento, dagli studiosi specializzati del settore non è mai stata considerata: eppure avrebbe potuto fornire un valido contributo alla conservazione del monumento ed anche ad altre realizzazioni, trattandosi di una struttura il cui valore essenziale risiede nel suo *esasperato razionalismo*, dove ogni componente, sempre interpretata con notevole abilità artistica, ha una precisa esigenza e funzione statica.

DEFICIENZE ALLA BASE

Il basamento su cui il Gallo eresse l'opera presentava e presenta una deficienza di fondazioni. Il sottosuolo su cui sorge il Santuario è costituito da un potente banco di marne argillose molto compatte, coperte però superficialmente da uno spesso strato di argille, derivanti dall'alterazione per dilavamento delle marne stesse. Allorché si eseguirono lo scavo di sbancamento e le fondazioni, l'argilla superficiale non venne asportata totalmente (...).

Una parte delle fondazioni (pilastri N., S. e Ovest), spinte ad una profondità di soli tre metri, non appoggia su marna compatta, ma su argilla che si imbeve facilmente d'acqua, trasformandosi in un materiale plastico e cedevole, scarsamente adatto a sorreggere carichi anche di entità inferiore.

NOVE KG. PER cmq.

I carichi massimi sul terreno, al piano delle fondazioni, presentano in situazioni non eccezionali, il valore di 8-9 kg./cmq. contro gli 0,5-1,5 concessi dai manuali.

In queste condizioni le fondazioni hanno avuto cedimenti fin dall'inizio della costruzione vittozziana, rilevanti specie nella zona Ovest (oltre 30 cm.), e praticamente nulli a Nord, dove la struttura insiste sul-

la più compatta marna. Gli otto pilastri portanti la cupola hanno seguito questo abbassamento non uniforme forse anche inclinandosi verso l'esterno.

Le lesioni sono state, dai rari tecnici che si sono ad esse interessati, imputate unicamente alla presenza di argille plastiche sotto una parte delle fondazioni, plasticità che è conseguente alla presenza d'acqua nelle argille stesse ed è in funzione anche del grado di umidità del materiale.

L'ing. Bordino nel 1830 propose e realizzò un discutibile e contorto cunicolo di drenaggio lungo tutto il perimetro della basilica per raccogliere le acque esterne ed evitare che pervenissero alle argille sottostanti alle fondazioni.

Ma il suo intervento, sia per deficienza di concezione, sia per mancata successiva manutenzione, non ebbe esito positivo. Una semplice fognatura di raccolta delle acque esterne è un elemento accessorio, e non sufficiente a risolvere una situazione statica complessa come quella che si presentava già parzialmente a quei tempi.

Dobbiamo però riconoscere che il drenaggio del Bordino, anche se frutto di banale empirismo, è stato l'unico intervento, eseguito per variare una situazione statica già allora compromessa.

I lavori successivamente eseguiti, tutti necessari e anche di notevole entità, sono caratteristici piuttosto di una ordinaria manutenzione.

Al Santuario è mancato finora l'interesse degli studiosi delle scienze delle strutture; nessuno si è mai cimentato nell'analisi del pensiero scientifico del Gallo (...). Non si è mai verificata, ad es., sulla base dei principi della teoria dell'elasticità, la cupola del Gallo, operazione ora relativamente facile utilizzando numerosi programmi di calcolo ad elementi finiti, impiegati negli elaboratori e messi a punto per la verifica di strutture più complesse quali, ad es., i contenitori a cupola dei reattori nucleari.

I risultati di tale calcolo possono essere validi, tenendo in esatto conto le diver-

sità di compattezza, elasticità e natura dei componenti, anche per situazioni non ortodosse quali potrebbero presentarsi per la cupola del Gallo.

Una eccezione al disinteresse dei tecnici si è però verificata: l'ing. *Martino Garro* dedicò almeno 30 anni, dal 1930 al '60 con una vasta esperienza professionale sorretta da adeguati mezzi intellettuali e soprattutto da una profonda passione, ad eseguire indagini, specie sulle fondazioni, raccogliendo un prezioso materiale, unica documentazione tecnica esistente (...). Tali indagini, anche se condotte con assoluta scarsità di mezzi, costituiscono un contributo valido per ogni futuro intervento.

Un incarico di verifica della situazione rilevata dal Garro fu affidato al *prof. Danusso*, che si limitò per ragioni di salute, ad alcune direttive d'indagine.

È evidente che un intervento di restauro statico del Santuario è ormai inderogabile: nonostante la complessità della struttura le moderne tecnologie costruttive consentono di affrontarlo con sicurezza di favorevole esito. Ma per definirne concre-

tamente le modalità, è indispensabile una serie di *rilievi, indagini, ricerche, sperimentazioni*.

Occorre, con umiltà, iniziare con un *rilevamento delle strutture* per forma, dimensioni e composizione, procedere ad una *prospezione idrogeotecnica del sottosuolo*, con mezzi ed apparecchiature adeguate, estesa ad un'area più vasta di quella occupata dal Santuario; *verificare analiticamente il comportamento statico delle strutture* come concepite dal Gallo, ripetere probabilmente i fenomeni di movimento e lesionamento facendo ricorso a similitudini meccaniche mediante modelli.

È un lavoro indubbiamente cospicuo, per cui sono indispensabili competenze diverse operanti con grande impegno a full time, sostenute da disponibilità finanziarie adeguate che, data l'entità dell'indagine sono prevedibili di importo non indifferente. Solo dopo questi studi sarà possibile procedere a proposte per un progetto di restauro statico e alla sua realizzazione.

Ing. GIORGIO DARDANELLI