

Andrea Sichi, Scuola di Architettura, Università di Firenze  
Carolina Rosini, Scuola di Architettura, Università di Firenze

and\_s@tiscali.it  
carolina.rosini@gmail.com

**Abstract.** La ricerca ha il fine di completare il bagaglio conoscitivo su un monumento di quasi mille anni attraverso lo studio e l'interpretazione dei dispositivi tecnologici antichi che hanno generato caratteri formali unici. Le analisi effettuate sulla chiesa del Castello della Magione a Poggibonsi, complesso monumentale sviluppatosi in prossimità del tracciato della Via Francigena, ne affrontano la storia evolutiva nel tentativo di colmare le lacune documentali.

L'osservazione critica del monumento, il rilievo diretto dei dispositivi tecnologico-strutturali, le puntuali misurazioni mirate alla verifica delle ipotesi, la ricostruzione svolta sul campo e la rielaborazione di dati in fase di post-produzione sono stati i caratteri distintivi del metodo di ricerca adottato.

In particolare, si sono ottenuti i seguenti risultati: ipotesi di autoportanza, in fase di costruzione, di una volta laterizia non coeva alla chiesa; interpretazione formale della singolare monofora dentata posta sul fronte principale della chiesa, apertura che ha finora lasciato insoddisfatta la curiosità degli studiosi; individuazione del metodo di tracciamento del monumento e dei rapporti proporzionali usati per la sua collocazione in relazione al contesto; spiegazione della particolare e anomala orientazione della chiesa; ipotesi di datazione, finora incerta per la mancanza di documenti; in generale, la completa conoscenza del monumento mirata a fornire strumenti utili per la valorizzazione e per un corretto approccio in caso di eventuali interventi di restauro.

**Parole chiave:** Conservazione e Valorizzazione del Patrimonio, Tecnologie costruttive antiche, Simbolismo dei Templari, Simulazioni virtuali

## Introduzione

La ricerca parte dalla necessità di colmare i vuoti conoscitivi sulla chiesa di S. Johannes in Jerusalem, sita nel Castello della Magione, a Poggibonsi, Siena, complesso monumentale sorto in prossimità di un tracciato pedecollinare valdelsano della Via Francigena, sulle sponde del torrente Staggia (Fig. 1). La chiesa, un gioiello di architettura romanica, caratterizzata da elementi che la rendono unica ed estremamente ricca di fascino, è un esempio di sinergie tra modelli costruttivi di varia provenienza: il campanile a vela, al centro del fronte d'ingresso, e le monofore

## S. Johannes in Jerusalem Church: enhancement through technological analysis

**Abstract.** The research aims to exhaust the store of knowledge on a nearly one thousand years monument through the study and the interpretation of ancient technological devices that have generated unique formal characteristics. The analysis on the church of the Castello della Magione in Poggibonsi, monumental complex near the ancient Via Francigena, face the evolutionary history in an attempt to fill the lack of documentation.

Critical observation of the monument, direct survey of technological and structural devices, punctual measurements aimed at verifying the hypothesis, reconstruction carried out in the field and reworking of data in post-production are the distinctive characteristics of the search method.

In particular, we have achieved the following results: hypothesis of self-supporting during construction of a brick

con architrave lunettato monolitico sono elementi del linguaggio pisano (De Filla et al., 1986), mentre l'abside, coronata da mensole decorate su cui si impostano archetti a tutto sesto, è di origine lombarda (Frati, 1996).

Elemento che caratterizza la chiesa è la curiosa monofora dentata del fronte d'ingresso, unica nel suo genere, sulla cui forma e funzione finora non è stata data spiegazione (Fig. 2).

Dalla fondazione fino ad oggi, la chiesa, così come tutto il complesso, ha subito una serie di vicissitudini che l'hanno condotta ad un progressivo processo di oblio, interrotto solo con un recente restauro, ultimato nel 1993, che ha restituito dignità all'intero complesso, nonostante modifiche non sempre compatibili<sup>1</sup>. Avendo come finalità la valorizzazione del monumento, la ricerca ambisce alla comprensione della totalità dei dispositivi tecnologici come mezzo per colmare le lacune documentali: la lettura della tecnologia costruttiva diventa uno strumento con cui dare una nuova interpretazione alla storia, alla formazione e alla genesi progettuale della chiesa.

Inoltre, l'indagine tecnologica sul metodo costruttivo, sui materiali e sulle strutture è basilare in ottica del restauro, disciplina fondamentale per la tutela e la conservazione del patrimonio architettonico. Essa crea le basi culturali affinché possano essere avviate opere di risanamento sul monumento, vincolato dal 1975<sup>2</sup>, come, ad esempio, il ripristino della struttura lignea di copertura<sup>3</sup>.

## Breve descrizione del monumento

Le vicende storiche della chiesa si intrecciano con l'ordine dei Cavalieri Templari, in particolare con quello degli Ospitalieri di Pisa, uno degli ordini gero-

## Introduction

This research starts from the necessity to complete the knowledge around the S. Johannes in Jerusalem church, in the monumental complex Castello della Magione in Poggibonsi, Siena, developed near a foothills route in Valdelsa of Via Francigena, on the banks of the river Staggia (Fig. 1).

The church, a jewel of Romanic architecture, characterized by unique and extremely fascinating elements, is an example of the cooperation between constructive models of different origin: the bell gable in the center of the main front and the single-lancet windows with their lunettes on the lintels are typical elements of Pisan Romanesque style of architecture (De Filla et al., 1986), while the apse, crowned with decorated brackets on which round arches are set, has a Lombard origin (Frati, 1996).

solimitani<sup>4</sup>. Entrati in possesso del complesso vi instaurarono una struttura di accoglienza per i pellegrini in viaggio sulla via Francigena. Furono, probabilmente, proprio i Cavalieri Templari ad edificare la chiesa, modificando l'assetto del complesso<sup>5</sup>. La data di costruzione non è però nota: nel primo documento conosciuto riferito al complesso, risalente al 1140<sup>6</sup>, non viene fatto alcun riferimento alla chiesa di cui, invece, si fa menzione solo in un documento del 1228<sup>7</sup>.

Dopo la soppressione dell'ordine dei Templari (1312), il complesso continuò a svolgere la funzione di pellegrinaio, subendo vari passaggi di proprietà.

Gli interventi sulla chiesa, durante gli anni, sono stati minimi, se si esclude la costruzione di una volta a tre crociere in mattoni, descritta, per la prima volta, in un documento del 1720<sup>8</sup>; il motivo della messa in opera della struttura non è stato mai spiegato. L'evoluzione del complesso è stata fortemente influenzata dal torrente Staggia sulle cui sponde, in epoca longobarda, in prossimità di un guado, fu edificata una torre, primo nucleo della Magione (Mantelli, 1990); la vicinanza al torrente ha esposto il complesso a molteplici inondazioni che hanno contribuito ad alterarne la fisionomia originale.

Agli inizi del '900, la Magione era un rudere: più volte alluvionato e parzialmente sommerso dai detriti delle piene divenne un annesso agricolo; la chiesa, sconsacrata, fu addirittura adibita a tinaia (Mantelli, 1990).

Richiedendo interventi di manutenzione troppo onerosi, il complesso venne infine abbandonato. Acquisito alla fine degli anni '70 del '900, è stato, come detto, restaurato e, attualmente, è sede dell'Associazione Milizia del Tempio, Ordine dei poveri cavalieri di Cristo.

Element that characterize the church is the curious single-lancet window that adorns the entrance facade; unique in its kind, its shape and function have never been explained (Fig. 2).

From its foundation until today, the church itself and the entire complex have suffered from a series of events led them to a progressive state of oblivion, stopped only by a recent restoration, completed in 1993, that has revived the entire complex, even though it resulted in an invasive intervention<sup>1</sup>.

For the purpose of enhancement of the monument, the research aims to understand the totality of technological devices in an attempt to fill the lack of documentation: the analysis on the constructive technology becomes a tool to give a new interpretation to history, formation and project genesis of the Church.

Moreover, technological investigation of the construction technology, of materials used and structures, is essential for restoration, which represents the fundamental discipline for protection and preservation of the architectural heritage. It creates the cultural basis for any future renovating effort of the monument, hedged-in since 1975<sup>2</sup>, such as the restoring of the roof's wooden structure<sup>3</sup>.

#### Brief description of the monument

The church's history is closely related to order of the Templar Knights, in particular with the Hospitaller, of Pisa, one of the Jerusalem's Knights orders<sup>4</sup>. When they took possession of the complex, they established an hospitality structure for pilgrims who could find reception during their walk along the nearby Via Francigena.

Templars Knights, probably, built the



church, changing the setting of the building's complex<sup>5</sup>. The foundation date is unknown: the first document on the complex is dated 1140<sup>6</sup>, but there is no reference to the church, which appears for the first time in a document dated 1228<sup>7</sup>.

After the suppression of the order of Templar Knights (1312), the complex continued to function as an hospitality structure for pilgrims, changing several owners. Through the years, minimal interventions have been carried out on the church; the most important is a three groined brick vault, mentioned for the first time in a document dated 1720<sup>8</sup>; it's not clear the reason of the construction of the vault.

The evolution of the complex was strongly influenced by the river Staggia; on its banks, near a river's crossings, was built a tower, the first nucleus of the complex, in Lombard

times (Mantelli, 1990); the proximity of the buildings to the river subjected the complex to several floods that have contributed to alter the original configuration.

In the first years of the 20th century, the Magione is practically in ruins: after being flooded several times and submerged by debris, it became an agricultural annex, while the deconsecrated church was even used as a cellar (Mantelli, 1990).

As it required extensive and expensive restoration, the complex was gradually abandoned. It was finally acquired at the end of the 1970s and restored; it's now the headquarters of the Militia Templi, Poor Knights of Christ's Order Association.

#### Search Methods

The research was set on three levels of analysis: documental and historio-

## Aspetti metodologici della ricerca

sul monumento; interpretazione dei dati.

Con la prima, si è cercato di chiarire gli avvenimenti storici relativi al complesso, attraverso la consultazione delle fonti di archivio e della letteratura esistente. È risultato subito evidente che la maggior parte degli aspetti formali che caratterizzano la chiesa non trovavano spiegazione; si è resa quindi necessaria una fase di analisi diretta sul monumento, mirata alla lettura dei dispositivi tecnologici. A tal fine, sono state effettuate campagne di rilievo generale e di dettaglio, alle quali è seguito un rilievo tecnologico-strutturale per l'analisi dei materiali, delle tecniche costruttive e di tutte le particolarità tecnologiche.

Questo secondo tipo di analisi, basato sul contatto diretto col monumento, è l'unico che possa garantire un'accuratezza nel reperimento di dati che altre metodologie, come quelle basate su rilievi indiretti eseguiti con strumentazioni laser, non permettono di ottenere. Infatti, la conoscenza del monumento deve avvenire innanzitutto attraverso indagini continue e mirate che conducano alla graduale scoperta, allo studio e all'interpretazione dei dettagli. Questo aspetto risulta fondamentale per comprendere la ricerca e per impostare lavori simili su altri monumenti. I dati ottenuti sono stati interpretati attraverso un processo di comparazione formale e tecnologica, in riferimento rispettivamente a esempi simili e alla letteratura tecnica; infine, le ipotesi formulate sono state verificate in situ e con elaborazioni di simulazione tridimensionale.

La ricerca si è articolata nelle seguenti fasi: analisi documentale e storiografica; indagine diretta

## Risultati della ricerca

L'analisi tecnologica è stata eseguita su tutti i dispositivi, ottenendo risultati del tutto originali. Si riportano i due casi studio di maggior rilevanza: la volta e la monofora dentata<sup>9</sup>.

La volta a tre crociere non costolonate si compone di una botte longitudinale e di lunette a sesto acuto dal profilo rampante (Fig. 3); è costruita in mattoni (29x15x6 cm) apparecchiati di costa.

Lo spessore ad una testa<sup>10</sup> suggerisce un primo spunto di analisi: mattoni apparecchiati di piatto<sup>11</sup> avrebbero generato una struttura molto leggera, condizione ottimale per un dispositivo di controsoffittatura non praticabile; fu invece scelta la soluzione, più massiva, ad una testa. L'originale struttura a capriate (due, secondo la ricostruzione analitica svolta), oltre ad essere esposta agli incendi, richiedeva evidentemente operazioni di manutenzione non sostenibili. Si optò, molto probabilmente, per una copertura alla piemontese; la luce da coprire, pari a circa 12 m, avrebbe però causato un'eccessiva inflessione della trave di colmo. La volta, dunque, tramite puntelli lignei fissati sull'estradosso, avrebbe consentito di ridurre la luce e fornito un appoggio per la nuova copertura; contestualmente, la struttura avrebbe svolto una funzione di protezione dagli incendi e avrebbe impedito cadute di materiale all'interno della chiesa<sup>12</sup>.

La volta non presenta una geometria perfetta. Gli archi acuti direttori delle lunette hanno profili completamente diversi gli uni dagli altri (centri di quinto, quarto e terzo acuto) e, pertanto, risultano diverse le geometrie delle campate; i filari non sono paralleli né alle generatrici né alle direttrici; sono inoltre presenti variazioni di assetto nei filari e anomalie di posa dei mattoni. Fattori attribuibili, a prima vista, ad una posa eseguita in modo approssimativo e frettoloso, hanno invece stimolato la ricerca.

03 |



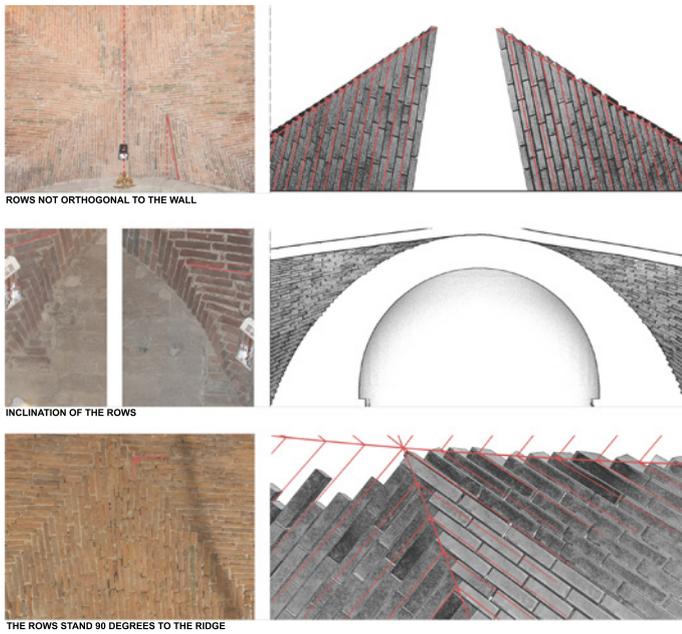
03 | Volta a tre crociere della chiesa, foto di A. Sichi e C. Rosini  
*Three groined vault of the church, photo di A. Sichi and C. Rosini*

graphical analysis; direct survey of the monument; data's interpretation.

By the first, we've clarified the historical events related to the complex, by consulting the archival sources and existing literature. It was clear that most of the formal properties of the church were not explained through a purely documentary survey; it became necessary a direct analysis phase, aimed to interpreting technological devices.

General and detail measurement campaigns were carried out; then a technological and structural survey on materials, construction techniques and all technological devices.

This second type of analysis, based on the direct contact with the monument, is the only that can guarantee the accuracy of all the data: other methodologies, such as indirect surveys with laser devices, won't allow to obtain



ROWS NOT ORTHOGONAL TO THE WALL

INCLINATION OF THE ROWS

THE ROWS STAND 90 DEGREES TO THE RIDGE

Riferendosi a sistemi voltati noti, si è proceduto col metodo comparativo che ha permesso di accreditare le anomalie dell'apparecchiatura. La trattatistica offre numerosi esempi, ma le unghie delle volte a crociera sono comunemente apparecchiate con filari orizzontali paralleli alle generatrici, o con filari arcuati paralleli alle direttrici oppure a spinapesce (Capomolla, 1995). I peducci, inoltre, assumono fin da subito un'importante inclinazione che si mantiene per tutto lo sviluppo della volta.

Filari inclinati, continue correzioni, perfetta stilatura dei giunti all'intradosso, piccoli fori tamponati sulle pareti della chiesa<sup>13</sup>, leggera curvatura dei filari longitudinali della botte, geometrie diverse per ciascuna campata sono elementi che hanno portato a ipotizzare una tecnica costruttiva che non prevede l'uso di armature e centine, classiche strutture provvisorie di sostegno e di definizione geometrica (Figg. 4-5). Il funzionamento autoportante ipotizzato avrebbe consentito una riduzione dei tempi di costruzione nonché un considerevole risparmio economico:

the same precision. The knowledge on the monument can be only obtained through targeted and continuous measurements, that guide us in the gradual discovery, in the study and in the interpretation of the devices of the monument. This aspect remains fundamental to understand the research and to set up similar projects for other monuments.

The data collected were analyzed through a formal and technological comparison with similar examples in the area and in the technical literature; at the end, our hypothesis were verified on site and with three-dimensional simulations.

#### Search Results

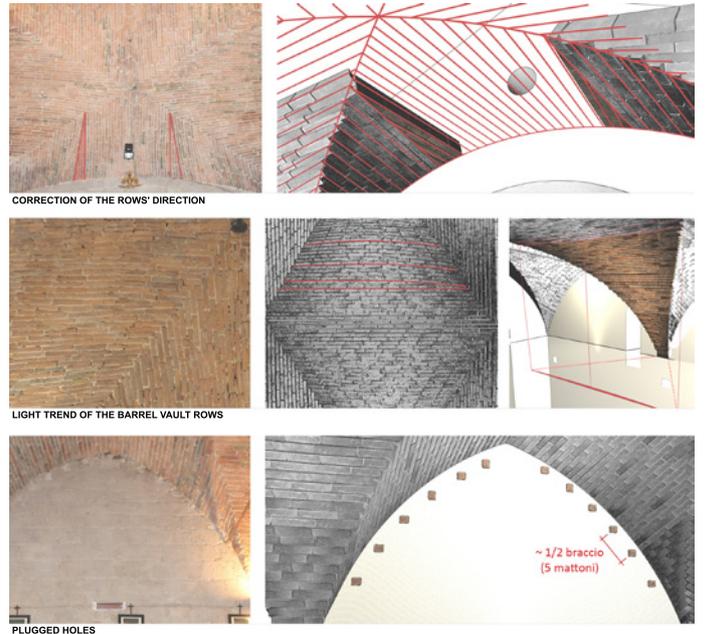
The technological analysis was performed on all devices; the results are entirely original. Here are the two most significant study cases: the vault

and the denticular single-lancet window<sup>9</sup>.

The three groined not ribbed brick vault consists of a longitudinal barrel intersected by rampant profile nails (Fig. 3); the bricks (29x15x6 cm) are laid on a side.

The thickness<sup>10</sup> enables a starting point for analysis: bricks laid face-up<sup>11</sup> would have generated a very light structure, an optimal requirement for a not accessible countertop device; instead, was chosen the brick laid on a side solution.

Evidently, the original truss structure (two trusses, according to the analytical reconstruction) was exposed to fire and required too cumbersome maintenance tasks. It was decided, most likely, to use a Piedmont roofing; however, the 12 m distance between the walls would have caused an excessive inflection of the ridge



CORRECTION OF THE ROWS' DIRECTION

LIGHT TREND OF THE BARREL VAULT ROWS

PLUGGED HOLES

le armature avrebbero dovuto essere molto possenti per sostenere il notevole peso della volta; inoltre, la diversa geometria delle tre campate avrebbe comportato la necessità di usare tre diverse centine. D'altro canto, senza armature e centine, oltre a risolvere il problema del sostegno della volta durante la costruzione, i muratori avrebbero dovuto operare senza alcun riferimento visivo. Analizzando i dati, si è messa a punto una possibile tecnica costruttiva, prima con una simulazione tridimensionale, poi attraverso un modello in scala 1:10.

Tracciata la geometria delle direttrici della botte e delle unghie sulle pareti, venivano allestite sagome arcuate (archi di circonferenza, unica curva tracciabile all'epoca della costruzione) per definire la geometria delle creste nello spazio; tali sagome dovevano essere strutture leggere, formate, ad esempio, da semplici canne di fiume, incurvate e legate. Materializzate le creste nello spazio, le restanti porzioni potevano essere definite ricorrendo ad un analogo sistema di canne che, inserite nei fori descritti in

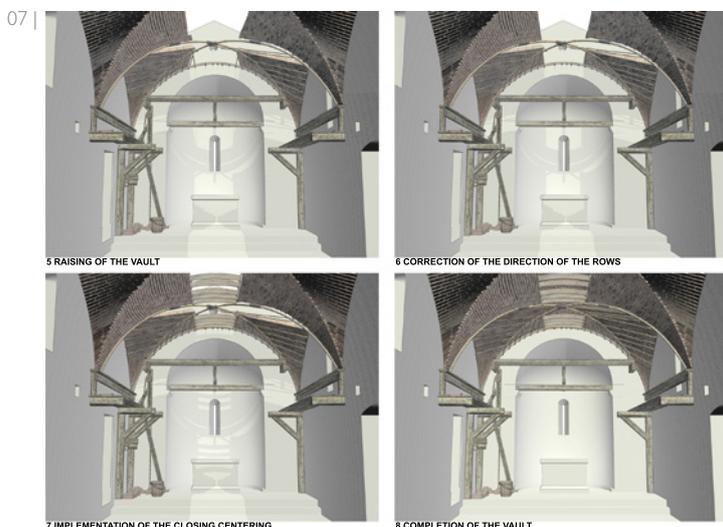
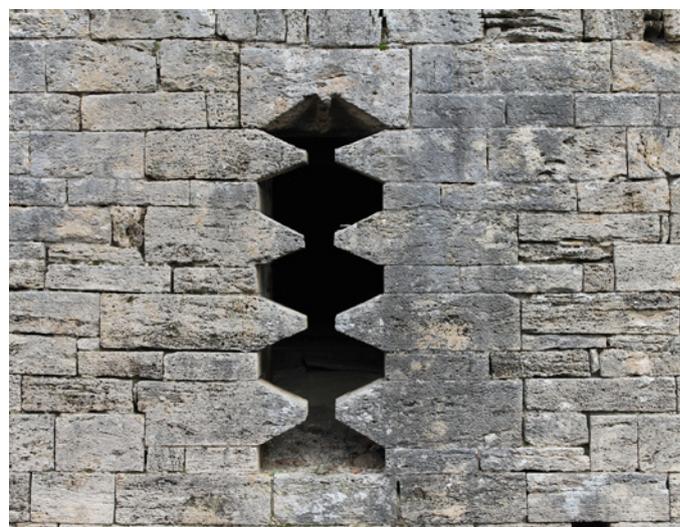
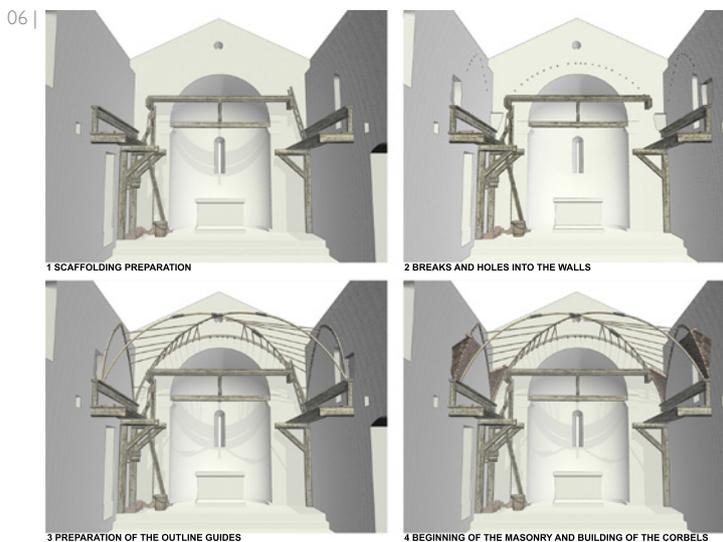
beam. Therefore, the vault would have reduced the span and provided a base for the new roof, by wooden supports fixed on the extrados; same time, the structure would have acted as a fire protection and would have prevented the material falls within the church<sup>12</sup>.

The vault has not a perfect geometry: the flying buttresses, directrices of the groins, show completely different profiles from each other; the spans have different geometries and the rows are arranged in an unusual way, as neither parallel to the directrices nor to the generatrices.

Moreover, it shows changes in the alignment of the bricks and frequent laying errors. These are exactly the reasons that lead people to describe it as a device built in a hurry and by inexperienced bricklayers; on the contrary, these incongruities stimulated our research.

04 | Particolarità della volta, parte prima, elaborazione di A. Sichi e C. Rosini  
Vault detail, first part, processing by A. Sichi and C. Rosini

05 | Particolarità della volta, parte seconda, elaborazione di A. Sichi e C. Rosini  
Vault detail, second part, processing by A. Sichi and C. Rosini



precedenza, si sarebbero attestate a quelle delle creste. In questo modo si realizzava un dispositivo “a filo di ferro” che costituiva il riferimento con cui i muratori potevano individuare la direzione (l’assetto) da assegnare ai mattoni. Questo sistema non avrebbe però risolto il problema dell’autoportanza; era necessario ricorrere ad un ulteriore espediente: l’inclinazione dei filari. Due filari omologhi, appartenenti rispettivamente alla botte e all’unglia, inclinati e attestati ad angolo retto in cresta, innescano una spinta che, scaricandosi sulle pareti della chiesa, contrasta la forza peso che tenderebbe a far collassare la struttura. Per ottenere la giusta inclinazione, i filari dovevano attestarsi in cresta a una quota più alta rispetto a quella di partenza. L’ammorsatura a 90 gradi di questi filari avrebbe infine facilitato la posa, diminuendo le fasi di taglio dei mattoni (Figg. 6-7). In definitiva, si tratta di un procedimento artigianale derivante dall’esperienza costruttiva di maestranze locali, adottato per risolvere questo specifico caso, ma riproducibile, eventualmente con alcune varianti, per la costruzione di strutture analoghe. La monofora, dal profilo a denti di sega, è unica nel suo genere; non esistono altri esempi simili noti (Fig. 8). L’analisi effettuata ha condotto a esiti del tutto originali.

06 | Schema delle fasi dell’ipotesi costruttiva della volta, parte prima, elaborazione di A. Sichi e C. Rosini  
Phase framework of the construction hypothesis, first part, processing by A. Sichi and C. Rosini

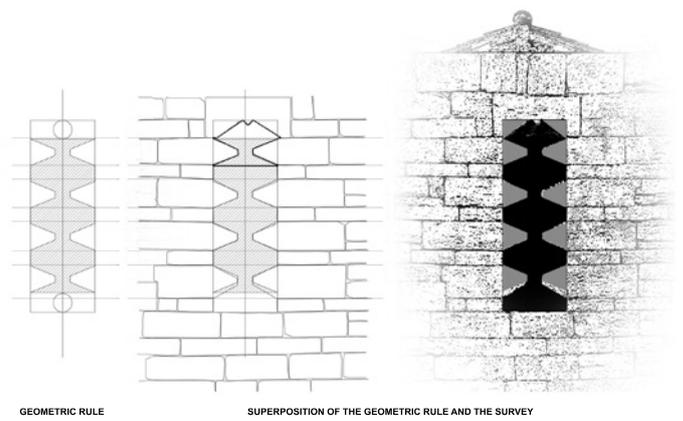
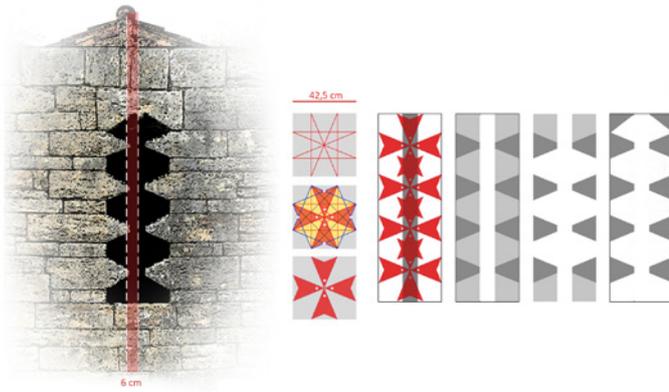
07 | Schema delle fasi dell’ipotesi costruttiva della volta, parte seconda, elaborazione di A. Sichi e C. Rosini  
Phase framework of the construction hypothesis, second part, processing by A. Sichi and C. Rosini

08 | Dettaglio della finestra dentata, foto di A. Sichi e C. Rosini  
Detail of the single-lancet window, photo by A. Sichi and C. Rosini

We proceeded with the comparative method, referring to the vaulted systems known; this has permitted us to confirm the strangeness of the apparatus. There are many examples of brick laying in the manuals, but the nails of the groined vaults are commonly laid in horizontal rows parallel to the generatrices of the curves, or in curved rows parallel to the directrices, or herringbone (Capomolla, 1995). The corbels show from the outset an important angle that holds till the end of the setting. The inclined rows, the continuous corrections, the perfect joints at the intrados, the small closed holes on the church walls<sup>13</sup>, the slight curvature of longitudinal rows of the barrel by a top view, different geometries for each span, all this has led us to hypothesize a building technique that does not require scaffoldings and ribs, provi-

sional structures for support and geometrical definition (Figs. 4-5). The hypothesized self supporting functioning would have enabled a reduction of construction time as well as significant cost savings. Scaffoldings should have been very massive to support the considerable weight of the vault; furthermore, the different geometry of the three spans would have resulted in the need to use three different ribs. On the other hand, without scaffoldings and ribs, in addition to solving the problem of supporting the vault during construction, the bricklayers would have to work without any visual reference. Analyzing the data, we developed the technique that would have granted this solution: first through a 3D simulation, afterward through a 1:10 scale model. Drawn the arc profile geometry of the

groins and barrel on the walls, they built arc profiles (arches of circumference, the only traceable curve at that time) to define the ridges. Needing only to define the geometry, they were lightweight structures built, for example, with simple curved river reeds. Materialized the ridges in space, the remaining portions of the vault could be defined by using a system formed by reeds which inserted into the holes described earlier, would settle on the curved reeds of the ridges. This created a “wireframe” device that was used to define the geometry of the vault to be built, a reference to allow masons to visualize the direction (the set-up) to give to the bricks. This would not solve the problem of the self supporting; an additional device was necessary: the inclination of the brick rows. Two corresponding rows, belonging respectively to the



09 | Analisi formale della finestra: regola geometrica, elaborazione di A. Sichi e C. Rosini  
 Analysis of the shape of the window: geometric rule, processing by A. Sichi and C. Rosini

10 | Finestra: sovrapposizione fra regola geometrica e rilievo, elaborazione di A. Sichi e C. Rosini  
 Window: overlap between geometric rule and survey, processing by A. Sichi and C. Rosini

11 | Sezione longitudinale della chiesa, elaborazione di A. Sichi e C. Rosini  
 Longitudinal section of the church, processing by A. Sichi and C. Rosini

Innanzitutto, lo studio dell'apparecchiatura muraria attesta che la finestra fu progettata, secondo un intento ben preciso, contestualmente al resto della chiesa: perfette ammorsature fra le bozze, nessuna soluzione di continuità, tagli e lavorazioni identici rispetto alle bozze contigue consentono di affermare che non si tratta di un intervento successivo.

Ci siamo chiesti se, in qualche modo, l'origine della forma fosse connessa al simbolismo dell'ordine cui i costruttori appartenevano. Il simbolo degli ordini Ospitalieri è la Croce delle Beatitudini, croce a otto punte.

barrel and the groin, tilted and settled at a right angle on the ridge, trigger a push force that contrasts the sinking strain by driving it on the walls. To get the right inclination, the rows (the visual reference) had to be settled into a higher section on the crest than that of the start. The 90 degrees arrangement of these rows would have facilitated the laying of the bricks, decreasing the cutting phases (Figs. 6-7).

Ultimately, it's an artisan procedure, coming from the constructive experience of local bricklayers, adopted to solve this specific case, but easily reproducible, possibly with some variant, in similar buildings.

The denticular single-lancet window is unique, there are no other examples known (Fig. 8). The analysis has led to original outcomes.

First, by the study of masonry follows that the window was designed as a

clear intent, together with the rest of the church: perfect toothing between the ashlar, no solution of continuity, identical cuts and processes in relation to the adjacent stones allow us to affirm that it is not a later work.

We wondered if, in some way, the origin of the shape was linked to the symbolism of the order which the builders belonged to. The symbol of the Hosting Order is the Cross of the Beatitudes, an octagonal cross: the overlapping of four crosses, through some simple steps of simplification (Fig. 9), matches perfectly with the profile of the window (Fig. 10).

We proceeded simply considering the proper function of any window: enable the passage of light.

It should be noted that the window is set immediately above the extrados of the vault which obstructs the passage of light (Fig. 11).

La sovrapposizione di quattro croci, attraverso semplici passaggi (Fig. 9), trova una corrispondenza pressoché perfetta col profilo seghettato (Fig. 10).

Si è proceduto considerando la funzione cui qualsiasi apertura deve assolvere: permettere il passaggio della luce.

È da precisare che la monofora si imposta sopra l'estradosso della volta la quale, quindi, non consente il passaggio della luce all'interno della chiesa (Fig. 11).

It became necessary to use a 3D simulation, based on data derived from solar geometry formulas (Ricci, 2003). The light, passing through the single-lancet window, projects on the floor of the church a random shape which becomes well defined, at around 2 pm: a rectangle, which length and position along the longitudinal axis of the church change depending on the day. An attempt was made to identify which day this projection might have a particular meaning.

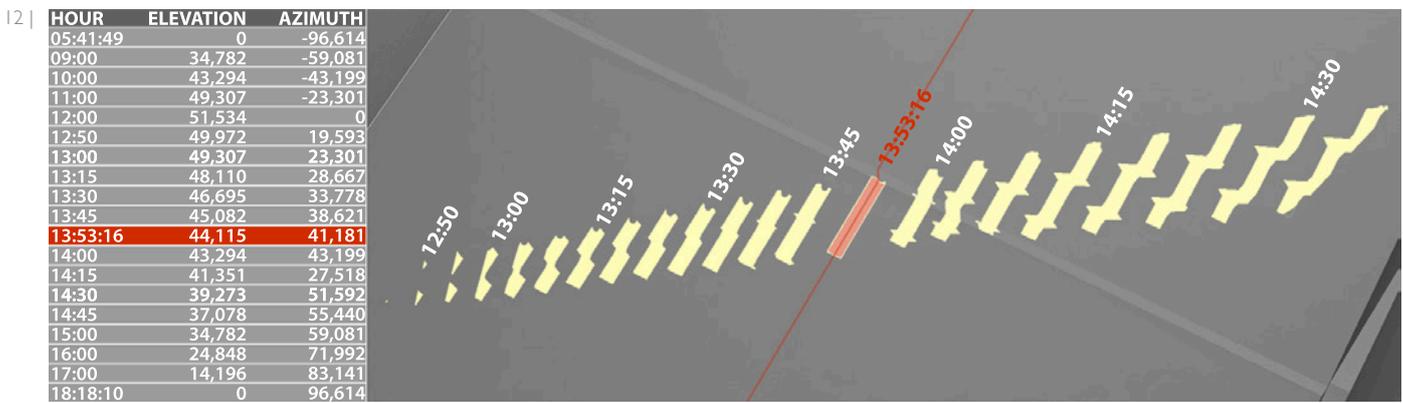
We found that the day is the 93rd, April 3, or 2 if it is a leap year (Fig. 12). On this day, at approximately 2 pm, the projection's length is one arm (0,58 m) and a precise point is detected: the intersection between the longitudinal axis and the step, normal to it, that separates the presbytery from assembly (Fig. 13). The point is simply the gnomonic projection generated by

the appendage, located on the lintel of the window, to which no one had assigned a particular function so far. The architect not only wanted to find an area, but also a length and a point, on a precise day of the year<sup>14</sup>.

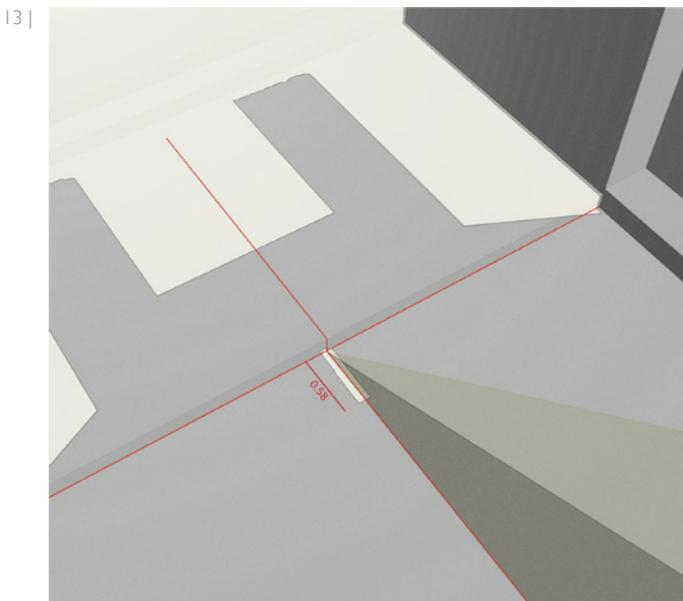
Discovered the function of the window, the study had to continue. We had to explain the meaning of that point, the reason of the length of the projection (0,58 m, one arm) and the reason of the day 93.

Looking at the plan of the complex, we can note that the distance of that point from the complex is 13.25 m; this measure coincides with the length of the long side of the church. Furthermore, that distance is exactly half of the complex (Fig. 14). We can explain the meaning of all this: the architects wanted to show how the church relates to the existing complex.

Starting from this point, considering



12 | Giorno 3 Aprile: variazione della forma della proiezione di luce al variare dell'orario, elaborazione di A. Sichi e C. Rosini  
*April 3rd: shape of the light's projection at different time during the day, processing by A. Sichi and C. Rosini*

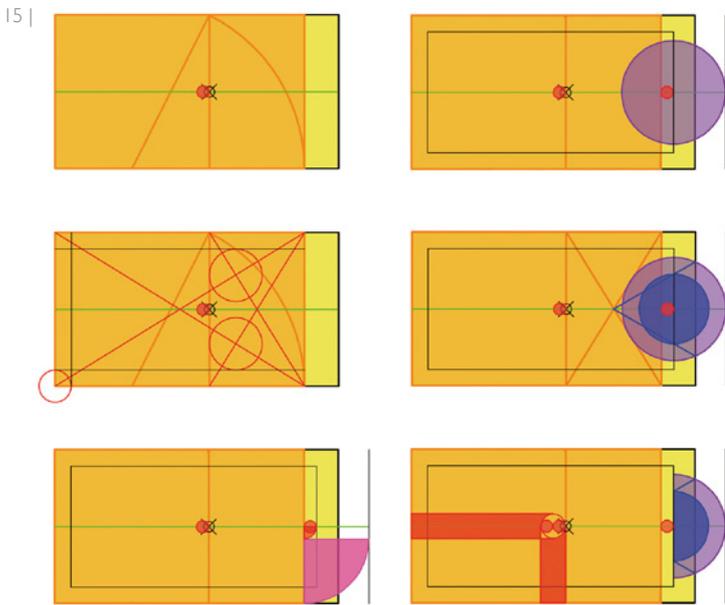


13 | Individuazione del punto proiettato dalla finestra sul pavimento, elaborazione di A. Sichi e C. Rosini  
*Location of the point projected on the floor by the window, processing by Andre Sichi and C. Rosini*

14 | Relazioni proporzionali della chiesa con il complesso esistente in relazione al punto individuato dalla proiezione di luce, elaborazione di A. Sichi e C. Rosini  
*Proportional relations of the church with the existing complex related to the location of the projected light, processing by A. Sichi and C. Rosini*

È stato pertanto necessario, sulla base di dati ricavati da formule di geometria solare (Ricci, 2003), ricorrere ad una simulazione tridimensionale. La luce, attraversando la finestra, assume, sul pavimento, una forma casuale che, intorno alle ore 14:00, diventa ben definita: un rettangolo, la cui lunghezza e posizione lungo l'asse longitudinale della chiesa variano in base al giorno. Si è cercato di individuare in quale giorno tale proiezione abbia un determinato significato. Il giorno in questione è il 93° dell'anno, il 3 Aprile, o il 2 se l'anno è bisestile (Fig. 12): approssimativamente alle ore 14:00, la proiezione rettangolare ha una lunghezza pari a un braccio (0,58 m) e individua un punto ben preciso, ovvero l'intersezione fra il suddetto asse longitudinale e il gradino, ad esso normale, che separa il presbiterio dall'assemblea (Fig. 13). Il punto non è altro che la proiezione gnomonica generata dall'appendice dell'architrave della finestra, a cui finora nessuno ha attribuito una particolare funzione. L'architetto non solo ha voluto individuare un'area, ma anche una lunghezza ed un punto, in un giorno ben preciso dell'anno<sup>14</sup>. Individuata la funzione del profilo dentato, lo studio è proseguito, cercando di spiegare cosa rappresentasse quel punto, perché la proiezione fosse lunga un braccio esatto e quale significato potesse avere il giorno 93. Osservando la planimetria, si nota che quel punto dista dal complesso 13,25 m, misura coincidente con la lunghezza del lato lungo della chiesa e con la metà esatta del fronte del complesso (Fig. 14).

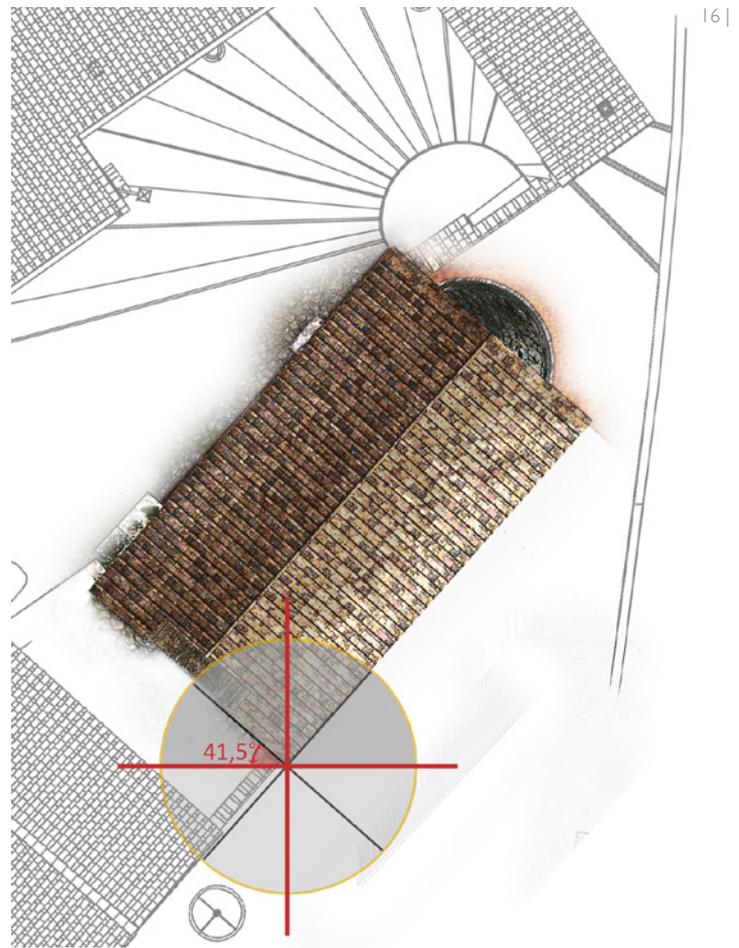




15 | Ricostruzione delle planimetria della chiesa, elaborazione di A. Sichi e C. Rosini  
*Reconstruction of the planimetry of the church, processing by A. Sichi and C. Rosini*

16 | Orientazione della chiesa, elaborazione di A. Sichi e C. Rosini  
*Church orientation, processing by A. Sichi and C. Rosini*

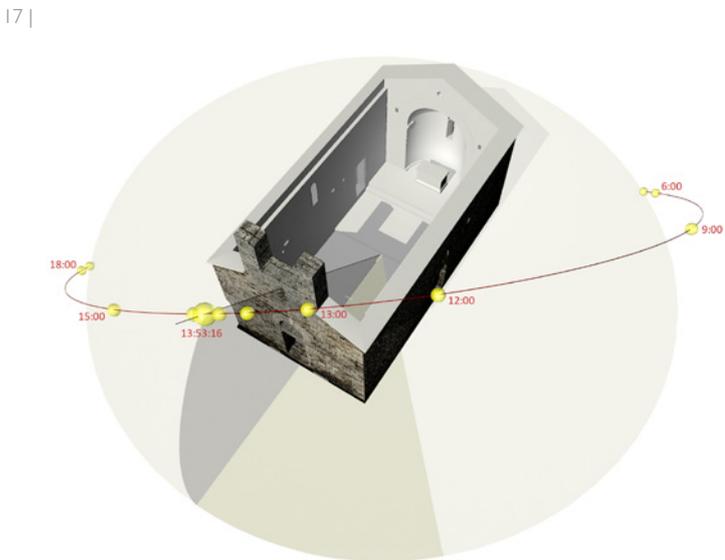
17 | Rappresentazione tridimensionale della posizione del sole in relazione alla chiesa, elaborazione di A. Sichi e C. Rosini  
*Tridimensional representation of the position of the sun in relation to the church, processing by A. Sichi e C. Rosini*



Si spiega così il significato del punto: il progettista ha voluto rendere noto in che modo si è relazionato al complesso esistente. Partendo da quel punto, considerando la metà di 13,25 m e aggiungendo a questa misura la lunghezza della proiezione di luce (0,58 m), si ottiene una misura pari a 7,20 m, esattamente la misura del lato corto della chiesa: 13,25 m e 7,20 m sono quindi le misure dei lati del rettangolo che definisce il perimetro esterno della chiesa. Mediante semplici regole geometriche, basate sul

rettangolo aureo, si è quindi sviluppata la planimetria della chiesa, ottenendo un disegno perfettamente sovrapponibile al rilievo (Fig. 15).

Lo studio consente di capire il motivo dell'anomala orientazione della chiesa, non allineata al consueto asse Est-Ovest, bensì ruotata di  $41,5^\circ$  (Fig. 16). Solo con quell'orientazione l'angolo azimutale del sole è tale per cui i raggi sono perpendicolari alla facciata (Fig. 17).



half of 13.25 m and adding to this the projection length, 0.58 m, we get a measure equal to 7.20 m, exactly the size of the short exterior side of the church.

Using simple geometric rules related to the golden rectangle we developed the plan of the church, perfectly comparable to the survey (Fig. 15). Now we can understand the meaning of the peculiar orientation of the church that is not aligned to the traditional East-West axis, but rotated  $41.5^\circ$  (Fig. 16).

Thanks to this orientation, the azimuthal angle of the sun is such that the rays become perpendicular to the facade (Fig. 17).

Moreover, only with the slight eccentricity of the single-lancet window (6 cm off-axis, compared to the facade), at the expense of a imperfect composition of the facade, at first glance an er-

ror of laying, that particular projection on that specific day really happens.

We also can understand the reason of the level at which the window is set and its high the height of the window (the 4 superimposed crosses), the thickness of the drafts that define the teeth of the window (0,22 m) and the slight reduction in the thickness of the masonry<sup>15</sup>.

It remains unclear the reason of day 93.

We converted on the day of the Gregorian calendar to the Julian (effective at the time of construction): March 27, 26 if it is a leap year. This day is very close to the spring equinox, the day used to determine Easter day<sup>16</sup>. We proceeded looking for the years in which Easter fell on the 27 (or 26) April, the same period in which historians date the foundation of the church: it happened in year 1144 and

Inoltre, solo con la leggera eccentricità della monofora (6 cm fuori asse rispetto alla facciata), che determina un'imperfezione compositiva del prospetto, a prima vista un errore di posa, si verifica quella particolare proiezione, in quel particolare giorno. Si capisce anche il motivo della quota di imposta e dell'altezza della monofora (le 4 croci sovrapposte), dello spessore delle bozze che ne definiscono il profilo dentato (0,22 m) e della leggera riduzione dello spessore della muratura<sup>15</sup>; resta da chiarire il motivo del giorno 93. Si è innanzitutto considerato che, all'epoca della costruzione della chiesa, era in vigore il calendario giuliano; il giorno 93, il 3 Aprile, del calendario gregoriano corrisponde al 27 Marzo del calendario giuliano (il 26 se l'anno è bisestile). Non essendo un giorno associabile a qualche particolare evento noto connesso alla storia del complesso, si è proceduto tenendo conto della prossimità di tale giorno all'Equinozio di primavera, riferimento per la determinazione del giorno di Pasqua<sup>16</sup>. Nel periodo di tempo entro cui i documenti consentono di datare la chiesa (poco meno di un secolo), si sono cercati gli anni in cui il 27 (o il 26) Marzo fosse il giorno di Pasqua: ne esistono solo due, il 1144 e il 1155. Secondo questa analisi si potrebbe riuscire a ridurre l'arco temporale di datazione della chiesa a soli undici anni. Si può infatti supporre che i costruttori abbiano voluto far coincidere il giorno di Pasqua con la consacrazione della chiesa, con la fine o con l'inizio dei lavori.

Lo studio però deve arrestarsi a questo punto, in quanto i dati in possesso non consentono di proseguire; potrebbero essere avanzate ulteriori suggestive ipotesi non conformi, però, al carattere della ricerca. È evidente altresì che lo studio effettuato costituisce una base per un successivo approfondimento e per ulteriori contributi.

1155. In this way it is possible to reduce the time span of the church dating, from about a hundred years to just eleven.

It can be assumed that the architects wanted to combine Easter day with the consecration of the church, and with the end or the beginning of the building; but the study ends at this point, since the data in our possession do not let us to move on.

More 'suggestive' implications could be advanced, but they would be inconsistent with the nature of the research. However, the study provides a basis for a subsequent study and for further contributions.

### Conclusions

The research aims to understand any technological and constructive device of the church trying to explain some aspects that have not been analyzed so

far. The interpretation of each device becomes the key to a full understanding of the monument: an operation focused on the enhancement of this architecture and its uniqueness.

With this purpose, within the complex, there will be an exhibition on the research, during the 'open courtyards and gardens event' in 2015, promoted by the 'Italian Historical Building' Association.

The research, based on the explanation of the construction technology, provides useful tools for future restoration<sup>17</sup>: not just a survey, not a simple three-dimensional reconstruction, but a user manual which allows people to work on the monument in a technically correct, respectful and conscious way. The work stands as a starting point for further contributions and becomes a method to be applied to the study of other monuments.

### Conclusions

L'originalità della ricerca consiste nell'aver analizzato ogni particolare tecnologico-costruttivo della chiesa cercando di spiegarne alcuni aspetti finora non analizzati. L'interpretazione di ogni dispositivo diventa la chiave di lettura per la piena comprensione del monumento: un'operazione finalizzata alla valorizzazione di quest'opera architettonica e della sua unicità.

Con tale obiettivo, all'interno del complesso, si svolgerà una mostra sulla ricerca, contestualmente all'evento "Cortili e giardini aperti" del 2015, promossa dall'Associazione "Dimore Storiche Italiane". La ricerca, concentrandosi sulla spiegazione della tecnologia costruttiva, fornisce strumenti utili per eventuali futuri interventi di restauro<sup>17</sup>: non un semplice rilievo, non una semplice ricostruzione tridimensionale, ma un manuale d'uso con cui poter intervenire in modo tecnicamente corretto, rispettoso e consapevole. Il lavoro si pone come punto di partenza per ulteriori contributi e diventa un metodo da applicare per lo studio di altri monumenti.

### NOTE

<sup>1</sup> Sostituzione della struttura lignea del tetto della chiesa con una in calcestruzzo armato.

<sup>2</sup> Provvedimento di vincolo architettonico monumentale emesso dalla Soprintendenza per i beni architettonici e ambientali di Siena con D.M. 21/04/1975.

<sup>3</sup> Attualmente la struttura è in calcestruzzo armato: trave di colmo gettata in opera su cui si innesta la struttura secondaria in travetti prefabbricati che costituiscono l'appoggio per lo scempiato in tavelle. La presenza della monofora dentata del fronte d'ingresso e dell'oculo sul fronte absidale ha reso impossibile costruire un cordolo continuo perimetrale: sono presenti solo

### NOTES

<sup>1</sup> Replacement of wooden structure of the roof of the church with a new reinforced concrete structure.

<sup>2</sup> Administrative restrictive architectural monuments measure issued by Soprintendenza per i beni architettonici e ambientali di Siena with D.M. 21/04/1975.

<sup>3</sup> Currently, the structure is in reinforced concrete: concrete ridge beam poured in place and the secondary structure in precast joists for the support of hollow tiles. The denticular single-lancet window on the entrance front and the oculus on the apse's front have prevented the construction of a continuous curb: there are only two curbs on the longitudinal sides, set up on a brick superstructure. The lack of structural continuity and toothing with the masonry and the high concentration of mass

increase the seismic vulnerability of the church.

In addition, from a formal point of view, the intervention has changed the proportion of the ridge altering the appearance of the church.

<sup>4</sup> Knight Orders were established in Jerusalem after its conquest at the end of XI century to protect the Holy Land.

<sup>5</sup> The presence, on the ground, of a trace of a wall, stopping at a corner of the entrance front, suggests that the church was probably built on the original surrounding wall of the complex.

<sup>6</sup> Contract of gift by Gottifredo di Arnolfo and Arnolino di Cristofano, heirs of the founders, to the monks of the Abbey of San Michele in Poggio Marturi.

<sup>7</sup> Papal bull by Gregorio X that confirm to the Abbey of San Michele

due cordoli sui lati longitudinali, messi in opera su una sovrastruttura in mattoni. La mancanza di continuità strutturale e di ammortatura con la muratura e l'elevata concentrazione di massa sono elementi che aumentano la vulnerabilità sismica della chiesa. Inoltre, dal punto di vista formale, l'intervento ha modificato la quota del colmo alterando la fisionomia della chiesa.

<sup>4</sup> Ordini cavallereschi nati a Gerusalemme, a seguito della sua conquista, alla fine dell' XI sec., per la difesa della Terrasanta.

<sup>5</sup> La presenza, a terra, di una traccia muraria, che si interrompe in corrispondenza di un angolo del fronte di ingresso, fa supporre che la chiesa sia stata edificata sull'originario tracciato della cinta muraria del complesso.

<sup>6</sup> Atto di donazione da Gottifredo di Arnolfo e Arnolfinio di Cristofano, eredi dei fondatori, a Rodolfo, abate della Badia di Marturi.

<sup>7</sup> Bolla emessa da Papa Gregorio IX che conferma alla Badia di Marturi i suoi possedimenti tra cui la chiesa.

<sup>8</sup> Cabréo del 16/10/1720 del Gran Priorato di Pisa.

<sup>9</sup> L'analisi ha avuto per oggetto tutte le classi di unità tecnologiche presenti: le fondazioni (valutazione del sistema di fondazione in relazione al tipo di terreno), le murature (analisi dell'apparecchiatura muraria), la copertura (ricostruzione analitica della soluzione originaria a capriate, della soluzione intermedia alla piemontese e studio di quella attuale in calcestruzzo armato); la volta in mattoni; la monofora dentata.

<sup>10</sup> Spessore di 15 cm.

<sup>11</sup> Spessore di 6 cm.

<sup>12</sup> L'assenza di un muro di spina è sofferita da puntelli lignei posti all'estradosso della volta. Tale soluzione, economica e leggera, in relazione, ad esempio, alla costruzione di frenelli, di cui, peraltro, non vi è traccia, avrebbe permesso la messa in opera di una trave di sezione ridotta, riducendo i costi e facilitando le operazioni di manutenzione e sostituzione.

<sup>13</sup> I fori rilevati sui prospetti interni della chiesa, del diametro approssimativamente di 10 cm, sono posti a circa 10 cm dall'intradosso della volta e sono intervallati a distanze regolari di circa mezzo braccio (30 cm).

in Poggio Marturi its properties, of which the Church of Magione is part of.

<sup>8</sup> Cabréo (paper with all the properties) dated 16/10/1720 of Grand Priory of Pisa.

<sup>9</sup> We have analyzed all classes of technological units: the foundations (evaluation of the foundation system in relation to the type of soil), the walls (analysis of masonry's apparatus), the roof (analytical reconstruction of the original truss system, the intermediate Piedmont roofing and the study of the current one in reinforced concrete); the brick vault; the denticular single-lancet window.

<sup>10</sup> Thickness: 15 cm.

<sup>11</sup> Thickness: 6 cm.

<sup>12</sup> The absence of a transverse wall is made up for wooden props placed on the extrados of the vault. These cheap and light devices would have allowed

to reduce the section of the ridge beam, costs and operations of maintenance and replacement.

<sup>13</sup> The holes on the internal sides of the church are interspersed at regular distances of about half arm (30 cm), approximately 10 cm from the intrados of the vault.

<sup>14</sup> There are many other examples of solar projections, which usually occur during the summer solstice or the spring equinox; but the particular shape of the projection that the window determines does not matches with point-like projections of the usual solar devices.

<sup>15</sup> The slight reduction in the thickness of the masonry, as measured at the centerline of the facade, is obtained by an offset of about 2 cm, on the entrance wall, on the row of the lintel of the door. The offset is progressively reduced to zero at the extremes of the

<sup>14</sup> Esistono molti altri esempi di proiezioni solari che, solitamente, si verificano durante il solstizio d'estate o l'equinozio di primavera; ma la particolare forma della proiezione che la monofora determina non trova corrispondenza con quelle puntiformi dei consueti dispositivi solari.

<sup>15</sup> La lieve riduzione dello spessore della muratura, rilevata in corrispondenza della mezzera del prospetto, è ottenuta mediante una risega di circa 2 cm, sul paramento interno, sul filare cui appartiene l'architrave della porta di ingresso. La risega si riduce progressivamente fino ad annullarsi agli estremi della parete e, per questo, passa quasi inosservata o comunque risulta un particolare poco significativo.

<sup>16</sup> Il giorno di Pasqua è la prima domenica successiva al primo plenilunio dopo l'equinozio di primavera.

<sup>17</sup> La tecnica costruttiva risulta fondamentale per l'esecuzione di interventi di restauro, poiché permette di comprendere il significato delle scelte formali, tutt'altro che arbitrarie. Quindi, nel rispetto di tali scelte, la conoscenza comporta interventi consapevoli e rispettosi del monumento, per quanto concerne tecniche e materiali da utilizzare.

## REFERENCES

De Filla, L., Merlini, G., Moretti, I. (1986), *La chiesa di San Giovanni in Jerusalem alla Magione di Poggibonsi*, Ente Provinciale per il turismo di Siena, Siena.

Fрати, M. (1996), *Chiese medievali della Valdelsa, i territori della Via Francigena tra Siena e San Gimignano*, Editori dell'Acero, Empoli.

Mantelli, G. (1990), *La Magione, casa templare sulla via Francigena*, La Magione dei templari edizioni, Poggibonsi.

Capomolla, R., Marnati, S., Vittori, C. (1995), *Solai, coperture e volte*, Edil-stampa, Roma.

Ricci, M. (2003), *Architettura bioclimatica, fondamenti di geometria solare*, Edimond, Città di Castello.

wall and goes almost unnoticed or however doesn't seem significant.

<sup>16</sup> Ester is fixed on the first Sunday after the first full moon, after the Spring Equinox.

<sup>17</sup> The construction technique is essential for the implementation of restoration interventions, since it allows to understand the meaning of the not arbitrary formal choices. In accordance with these choices, knowledge leads to conscious and respectful interventions on the monument.