



LA STEREOTOMIA IN SICILIA E NEL MEDITERRANEO

GUIDA AL MUSEO DI PALAZZO LA ROCCA A RAGUSA IBLA

a cura di

Marco Rosario Nobile



Edizioni Caracol

Il volume è stato realizzato nell'ambito del progetto Lithos, co-finanziato dall'Unione Europea, Fondo Europeo di Sviluppo Regionale. Copia gratuita.

Il contenuto della presente pubblicazione è di esclusiva responsabilità del curatore e degli autori e può non rispecchiare le posizioni ufficiali dell'Unione Europea.



Tracciati. Storia e costruzione nel Mediterraneo. Collana diretta da Marco Rosario Nobile

Comitato scientifico:

Dirk De Meyer (Ghent University)

Alexandre Gady (Université de Paris IV - Sorbonne)

Javier Ibáñez Fernández (Universidad de Zaragoza)

Arturo Zaragoza Catalán (Generalitat Valenciana, Real Academia de Bellas Artes San Carlos de Valencia)

In copertina: Scicli. Cappella di Sant'Antonio, cupola (foto di M. Craparo).

Dove non diversamente indicato, le foto e i disegni sono a cura degli autori.

© 2013 Caracol, Palermo
ISBN 978-88-98546-02-2

Edizioni Caracol s.n.c.
via Mariano Stabile, 110, 90139 Palermo
e-mail: info@edizionicaracol.it
www.edizionicaracol.it

Vietata la riproduzione o duplicazione con qualsiasi mezzo.

INDICE

- 7 VOLTE IN PIETRA.
ALCUNE RIFLESSIONI SULLA STEREOTOMIA TRA ITALIA MERIDIONALE E MEDITERRANEO IN ETÀ MODERNA
Marco Rosario Nobile

SCHEDA

- CASTELLAMMARE DEL GOLFO
59 La scala a chiocciola e il portale obliquo nel castello • *Giuseppe Antista*
- COMISO
62 La cappella Naselli nella chiesa di San Francesco • *Annalisa Cappello*
- MAZARA DEL VALLO
65 La cupola della chiesa di Sant'Egidio • *Federica Scibilia*
- MILAZZO
68 Le scale a chiocciola nel duomo • *Giuseppe Antista*
- MILITELLO IN VAL DI CATANIA
72 La cappella maggiore della chiesa di Sant'Antonio • *Annalisa Cappello*
- MODICA
75 La cappella dei Confrati in Santa Maria di Betlem • *Sabina Montana*
78 La volta della cappella dell'Immacolata nella chiesa di San Pietro • *Antonella Armetta*
- NOTO
80 Il portale di palazzo Bongiorno • *Maria Mercedes Bares*
82 I portali carenati di villa Nicolaci (Eleonora) • *Maria Mercedes Bares*
84 La volta a botte in curva nel palazzo senatorio • *Maria Mercedes Bares*
- PALERMO
87 Il portale obliquo nel palazzo Abatellis • *Emanuela Garofalo*
90 La scala a chiocciola nella chiesa di Santa Maria dei Miracoli • *Mirco Cannella*
92 La scala del palazzetto Agnello • *Mirco Cannella*
- RAGUSA
94 La chiesa dell'Addolorata • *Antonella Armetta*
- SCICLI
96 La cappella di Sant'Antonio • *Sabina Montana*

99 Il portale della chiesa di San Michele Arcangelo • *Antonella Armetta*

SIRACUSA

101 Il portale obliquo della cappella di Santa Lucia nel duomo • *Emanuela Garofalo*

104 Le volte dell'atrio del palazzo senatorio • *Antonella Armetta*

TRAPANI

106 La cappella dei Marinai nel santuario dell'Annunziata • *Federica Scibilia*

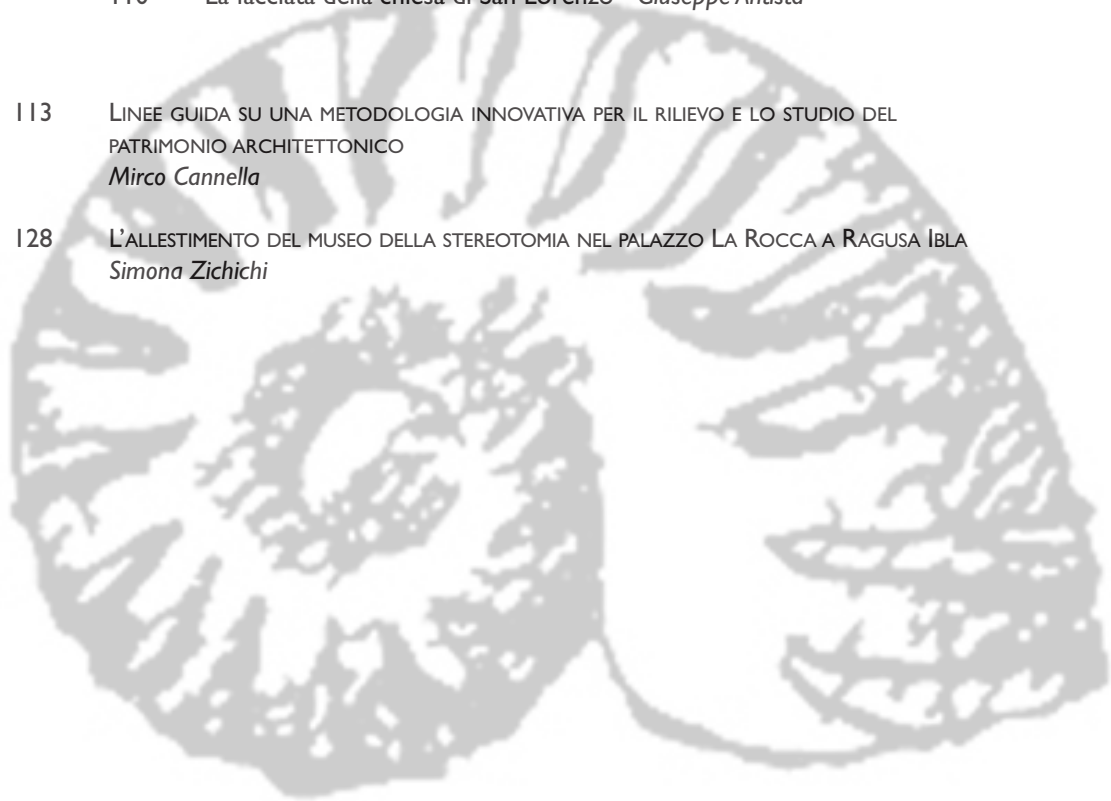
110 La facciata della chiesa di San Lorenzo • *Giuseppe Antista*


113 LINEE GUIDA SU UNA METODOLOGIA INNOVATIVA PER IL RILIEVO E LO STUDIO DEL
PATRIMONIO ARCHITETTONICO

Mirco Cannella

128 L'ALLESTIMENTO DEL MUSEO DELLA STEREOTOMIA NEL PALAZZO LA ROCCA A RAGUSA IBLA

Simona Zichichi





Questo libro raccoglie le riflessioni di due anni di ricerche sul tema della stereotomia. Il progetto Lithos, legato a un ambito geografico concentrato (Malta e la Sicilia sud orientale di età moderna), ha costituito una straordinaria occasione per sondare un campo apparentemente laterale a quello degli studi storico-architettonici. Forse anche per questo motivo, quanto emerge in queste pagine costituisce un punto di vista relativamente eccentrico, sicuramente suscettibile di verifiche e approfondimenti. La pubblicazione completa idealmente il percorso avviato con il testo a cura di Giuseppe Antista e Maria Mercedes Bares dedicato al tema delle scale in pietra a vista e in qualche modo inaugura l'avvio di un Centro Studi (Ragusa, palazzo La Rocca) che intende continuare le attività di ricerca intraprese, proiettandole in un contesto mediterraneo.

Marco Rosario Nobile

Professore ordinario, Università degli Studi di Palermo
Referente scientifico del progetto Lithos



Ho fatto confronti. Le somme ho tirato.
Qohélet (versione di G. Ceronetti)

Sto lavorando duro per preparare il mio prossimo errore.
B. Brecht, Geschichten vom Herrn Keuner

VOLTE IN PIETRA. ALCUNE RIFLESSIONI SULLA STEREOTOMIA TRA ITALIA MERIDIONALE E MEDITERRANEO IN ETÀ MODERNA

Marco Rosario Nobile

Per chi fa storia, la stereotomia non costituisce un fenomeno da studiare solo nei meccanismi della rappresentazione, del funzionamento meccanico delle strutture o nei risvolti geometrici e tecnologici; per chi fa questo mestiere nel meridione d'Italia questa pratica individua una chiave per reinterpretare i molteplici nessi che legano nei secoli architettura e scienza e in definitiva costituisce uno strumento adatto a restituire con maggior nitidezza il ritratto complesso di una civiltà costruttiva.

Nel 1982 Jean-Marie Pérouse de Montclos pubblicava un celebre libro che esponeva e analizzava i prevalenti caratteri nazionali dell'architettura francese¹; come è noto, una parte preponderante del testo veniva occupata dallo studio della stereotomia. Il confronto con altre realtà nazionali risultava funzionale a definire i rispettivi perimetri, le eventuali tangenze o ingerenze e soprattutto a evidenziare la supremazia di interessi, di studi teorici, di varietà di applicazioni che la civiltà costruttiva francese ha elaborato in questo campo.

Nel breve paragrafo riferito all'Italia, lo scarto è lampante. Nella penisola non esisterebbe stereotomia moderna e il poco che teoricamente è stato assorbito (si pensi a Guarino Guarini) sarebbe dovuto all'influenza francese.

Questo ritratto è sostanzialmente veritiero, ma si fonda sull'ipotesi di una ordinata sovrapposizione tra il variegato assemblaggio di pratiche e di teorie, che per convenzione viene identificato come "italiano" e l'ambito geografico, la penisola e le isole nella loro interezza. Le innumerevoli eccezioni che contraddicono una visione cristallizzata della civiltà nazionale sono in buona parte concentrate nel meridione, la cosiddetta «Italia in-comoda», secondo la definizione di Eduard Mira², e sono destinate a continuare a porre problemi storiografici. Chi si accinga a studiare l'architettura di età moderna nel meridione ha spesso l'impressione di trovarsi davanti a modalità di comportamento inerziali e a improvvisi sviluppi di seconda mano, ma non sempre si riesce a giungere alle solide ragioni che stanno dietro la mutazione o la persistenza delle forme.

Le radici di molti giudizi sono note, coinvolgono argomenti più ampi di quelli trattati in queste pagine, ma non è nostra intenzione adottare giustificazioni e formule di indulgenza o di rivendicazione. L'idea di una distanza appartiene già a molti intellettuali dei secoli passati, si tratta di personalità in stretto rapporto con istituzioni e colleghi del centro nord Italia. Forse è proprio il bisogno di stabilire una relazione con la cultura "italiana" a dettare – anche all'interno di un eventuale

apprezzamento – distinguo e interpolazioni che fanno riferimento all'altro, a un *coté* inspiegabile se non attraverso l'intervento esterno. La celebre definizione di Pietro Summonte (1524) della sala dei Baroni di Castelnuovo di Napoli come «cosa catalana»³ ne è un esempio, ma altre similari affermazioni non sono rare. Nel 1613 l'accademico dei Lincei Vincenzo Mirabella descriveva in questo modo una singolare fabbrica collocata presso il tempio di Diana a Siracusa: «Su questo Tempio in tempo delli Francesi, vi fu fabricata una casa, la quale ancor oggi è rovinata, e si conosce per alcune volte, che ancora si veggono alla maniera Francese, con si raro artificio, che conosciuto avervi posto mente, con molta meraviglia s'han voluto prendere modello dell'intaglio delle pietre, come fra loro si vanno connettendo, già che ogn'un di loro è intagliata in dieci faccie»⁴. Purtroppo non sappiamo a che cosa si riferisse Mirabella, se a una costruzione federiciana o a qualcosa di più recente, forse appartenente al XV secolo; il «tempo delli Francesi» e la «maniera fran-

cese» delimitano comunque un ambito in cui relegare (e insieme legittimare) una bizzarria.

Non sarà sfuggito che le due testimonianze proposte siano legate a prodotti in pietra, a fabbriche di stereotomia e che l'assenza stessa del termine sveli persino una difficoltà nel comprenderne la portata. In realtà negli ultimi tempi gli studi in questo campo si sono incrementati, il lavoro di analisi e di conoscenza ha fatto grandi passi in avanti, ma il prevalente interesse operativo (finalizzato cioè a studi sui materiali, sulla riappropriazione di tecniche costruttive, sul restauro) ha lasciato molti quesiti inevasi. Nel Sud ci sono molteplici prove di un'operatività che contempla anche la perizia nel taglio della pietra, ma le ragioni storiche di queste consuetudini sono quasi sempre affidate a determinismi generici (la sapienza artigianale) e all'unico fattore che dovrebbe sempre spiegare tutto: la tradizione.

Proverò in queste pagine a offrire qualche ipotesi per superare la circolarità del discorso e uscire dal labirinto di vicoli ciechi prodotto dai cliché.

Punti di partenza

Nel meridione d'Italia e nelle isole, le radici di una prassi specialistica come quella imposta dal taglio della pietra per la realizzazione di strutture complesse (archi, scale e volte) sono remote. In età normanna e federiciana si realizzarono opere straordinarie e complesse la cui attualità operativa continuò a esercitare influenza per secoli. Con questa premessa, l'individuazione di un significativo momento di innesco da cui fare partire un racconto non è una operazione semplice, né appare efficace ripercorrere succintamente una storia secolare che intreccia elementi di survival a "rinascimenti" e in-camera incessantemente innesti esterni.

Per mie specifiche competenze, e per entrare in maggior misura nel nucleo della questione, limiterò lo sguardo ai secoli che, a giudicare dalla storiografia corrente, designano una deviazione, il momento in cui si materializza una questione meridionale, perfettamente esemplificata attraverso il termine con cui si accompagnano le mutazioni stilistiche: "ritardo".

Non si tratta quindi di una scelta neutrale; il XV e il XVI secolo segnano un discrimine, costituiscono, per convenzione, l'inizio di una nuova era, quella della modernità, e nello stesso tempo il momento in cui la storia architettonica di una parte d'Italia sembra separarsi dal coro, assumere i connotati della periferia, dei luoghi destinati alla semplice ricezione e al consumo, caratterizzarsi, insomma, per i parametri che designano sudditanza culturale. Quanto una tale percezione sia

reale e quanto effetto di una distorsione storiografica non è facile tratteggiare, anche per questo motivo sarà bene partire dalla città meno coinvolta in questo destino: Napoli.

Le difficoltà a concentrare l'attenzione (anche da parte degli esclusivi storici dell'architettura architetti, vanto della scuola italiana) sugli aspetti della *firmitas* è evidente nel caso del Castelnuovo. Gli interessi prevalenti rivolti all'apparato scultoreo del celebre arco di Alfonso hanno messo (e continuano a mettere) in secondo piano l'impresa più impegnativa e azzardata del tempo: la costruzione della Sala dei Baroni [fig. 1]. Certamente la struttura è stata oggetto di studi specifici, ma quasi esclusivamente da esperti di area spagnola, come se la percezione di estraneità, fatta propria dal Summonte, fosse, per gli italiani, ancora attuale⁵. La civiltà architettonica nazionale si è consolidata per secoli anche attraverso apporti forestieri, ma forse i termini stessi andrebbero contestualizzati. Siamo veramente sicuri che nella Napoli del Quattrocento i maestri maiorchini o catalani venissero considerati "stranieri" più dei veneti o dei lombardi?

Il cantiere di Castelnuovo dovette comunque rinviare la pratica stereotomica. La nascita (o la ripresa) di un'estetica dell'intaglio lapideo era in ogni caso condizionata dai materiali da costruzione a disposizione. Se già a Napoli, Guillem Sagrera aveva preteso forniture di pietra da Maiorca, gli esiti più immediati si registrano

e si concentrano in luoghi dove i materiali lapidei lo permettevano. Lo scarto che l'operatività dei maestri attivi a Napoli finiva per implicare può avvertirsi nello straordinario coro della chiesa di Santa Caterina a Galatina [figg. 2-3]. Il committente Giovanni Antonio del

Balzo Orsini aveva pensato a un sacello funebre, collocato dietro l'altare, alto, luminoso, in pietra da taglio e perfettamente distinguibile dal resto della fabbrica; a questo scopo si prescelse una struttura ottagonale che nel 1459 era in via di completamento⁶. Il modello della

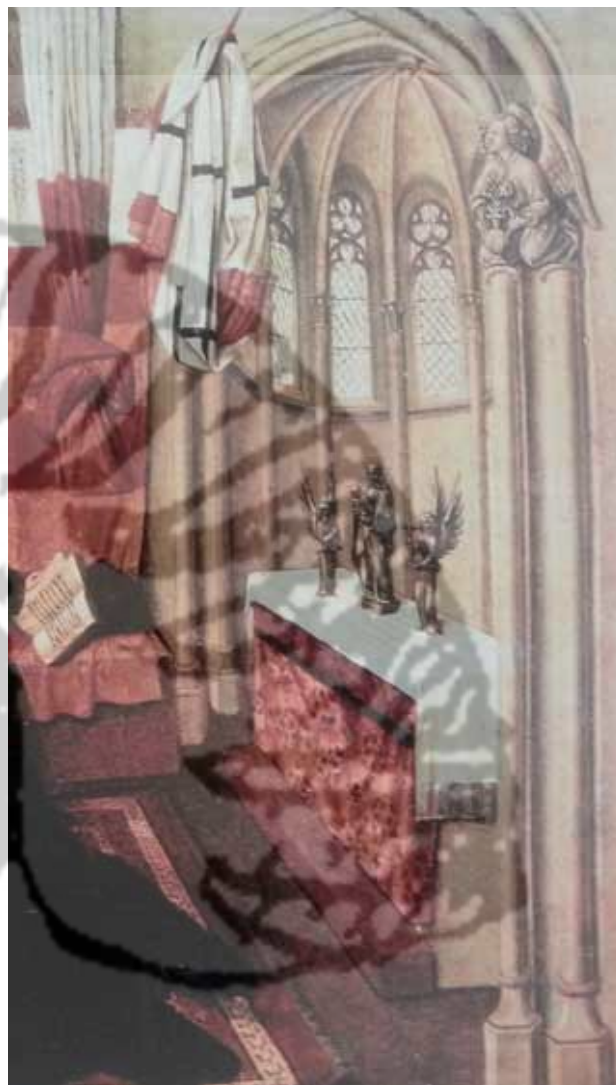
10



I. Napoli. Castelnuovo, Sala dei Baroni.



2-3. Galatina. Basilica di Santa Caterina d'Alessandria, cappella Orsini, dettaglio dei raccordi angolari.



4. Colantonio, particolare dell'ancona di San Vincenzo Ferreri con Giovanni Antonio del Balzo, Isabella di Chiaromonte, Alfonso ed Eleonora d'Aragona (Napoli, Museo Nazionale di Capodimonte).

cappella Caracciolo del Sole in San Giovanni a Napoli, più volte evocato⁷, non riguarda la copertura, che ha una strutturazione molto diversa, a ombrello, secondo formule (costoloni con chiave centrale, rampante, cioè profilo di colmo delle volte, rettilineo) che probabilmente potevano essere prese a prestito da coperture di spazi centrici di età federiciana o dalle absidi del gotico di età angioina [fig. 4]. I limiti dell'ambiziosa impresa si possono cogliere nei raccordi tra l'ottagono e l'arco di collegamento con la chiesa. La diversa giacitura dei piani obbligò all'inserimento di rustiche mensole a struttura triangolare e a sfalsature tra le superfici murarie e le aperture delle finestre. Non sono presenti quindi i raccordi triangolari nervati della Sala dei Baroni, che erano già stati utilizzati (in una situazione del tutto simile a quella di Galatina) nella trecentesca cappella di Sant'Ildefonso nella cattedrale di Toledo⁸. I maestri al servizio di Giovanni Antonio del Balzo Orsini erano certamente dotati di buone capacità strutturali e anche la scultura era di notevole livello, ma stavano adattando un modello internazionale di grande effetto con accorgimenti sbrigativi.

Eppure le tracce che l'operatività impressa nel cantiere napoletano di re Alfonso finiscono per affiorare e la documentazione emersa per la Sicilia del Quattrocento è determinante. Nel 1468 il maestro Perusino de Jordano da Cava dei Tirreni si impegnava nella costruzione della torre di Pietro Speciale a Ficarazzi (Palermo) e il capitolo relativo alla scala appare eloquente: «si farrà uno giragiru per sagliri a la ditta turri ... e serrà apertu in burduni comu quillu di la sala grandi di lu castellu novu

di Napoli ... in pietra di taglu di fori di intra in cantunerix»⁹. I contratti per analogia aiutano a comprendere il processo di diffusione ed è palese che in tempi limitati gli esempi si moltiplicano. Quelli conservati in Sicilia sono ancora numerosi, ma probabilmente è andata perduta l'opera più grandiosa e interessante: una testimonianza ottocentesca indica che nel palazzo Abatellis di Palermo si trovasse «una scala a chiocciola di cento undici gradini stupendamente scolpita in guisa da sembrare sospesa in aria»¹⁰.

In altra circostanza abbiamo ipotizzato una formazione del maestro Matteo Carnilivari (il progettista di palazzo Abatellis) nel grande cantiere napoletano della metà del secolo¹¹. Un'esperienza come questa spiegherebbe le riconosciute competenze nelle costruzioni delle volte e nell'intaglio lapideo. Nel 1487 il maestro Marco Florentinus si impegna a lavorare con Carnilivari per un anno e il contratto prevedeva che quest'ultimo si obbligasse «docere ad squarrandam lapides, ad laborandum et faciendum de lapide masta portam unam planam»¹². Una competenza riconosciuta nel campo della lavorazione della pietra e, in questo caso, nella realizzazione di piattabande accompagnava il maestro. Nel dicembre 1489, il viceré Fernando de Acuña richiedeva a Matteo Carnilivari una consulenza per la costruzione di volte per il palazzo Reale (Steri o "Regia Cancelleria")¹³. La relazione *in scriptis* è andata perduta, ma i termini usati nell'incarico sono eloquenti: Carnilivari è «maestro in tali dammusi [volte] et arti multo esperto». Nell'aprile 1490 il Consiglio della Fabbrica del duomo di Milano atte-

stava di avere cercato anche in Sicilia professionisti in grado di voltare il tiburio¹⁴. Crediamo che questa richiesta (priva di esiti, per quanto ne sappiamo) fosse dettata dall'aspirazione di rintracciare un degno allievo di Sagrera e l'ipotesi che l'obiettivo fosse proprio Matteo Carnilivari appare affascinante.

Il 4 aprile 1499 Matteo Carnilivari assunse l'impegno di costruire crociere costolonate in un'ala della cattedrale di Cefalù¹⁵, un incarico difficile anche a causa della preesistenza dei sostegni, antiche colonne di spoglio riposizionate in loco da oltre tre secoli. Quattro giorni dopo il contratto, il mastro Lorenzo Tummineri da Palermo si impegnò a fornire i materiali da costruzioni (seicento cantoni, cento balate, sette chiavi), che sarebbero stati esaminati preventivamente da Antonio Belguardo¹⁶. Sebbene si trattasse di blocchi seriali e che sembra fosse previsto che le chiavi venissero scolpite e rifinite in sito, è chiaro che Carnilivari avesse predisposto un disegno per conteggiare i blocchi necessari

per l'operazione. A questo punto, l'accelerazione in cantiere che comportava la pratica stereotomica è innegabile. C'è da chiedersi pertanto se ignorare parametri di questo tipo e fermare la storia dell'architettura a una successione, possibilmente ordinata, di mode e di stili, non sia penalizzante per una vasta serie di manufatti difficilmente classificabili con le etichette a disposizione.

Chi temesse di ridurre l'architettura alla mera pratica, l'arte alla tecnica, e individuasse in questa operatività solo una banale risposta a esigenze funzionali e utilitaristiche può essere facilmente contraddetto. Dietro le scelte costruttive di alcune scale e di molte volte in pietra c'è probabilmente altrettanta retorica e autorappresentazione di quanto se ne possa trovare in un capitello ionico o in una base vitruviana, il problema è naturalmente possedere i codici per interpretare, e da questo punto di vista la storia dell'architettura nel sud Italia sembra ancora agli inizi.

Ad claves quinque, una copertura per atri, cappelle, tiburi

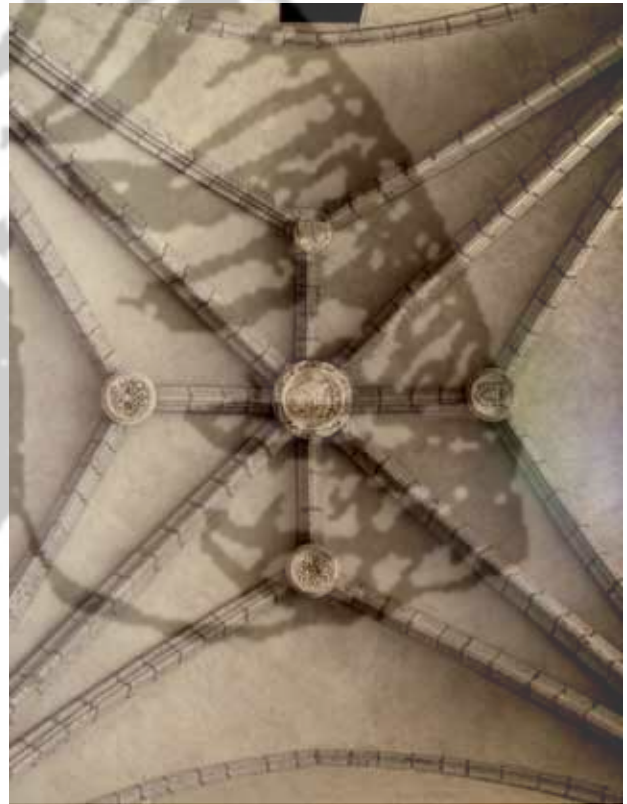
Carnilivari poteva contare anche sulla collaborazione di maestri come il maiorchino Juan de Casada, la cui prima formazione era avvenuta in una delle capitali europee della stereotomia e a contatto con i maggiori protagonisti del tempo. Il suo nome compare per la prima volta

(1455) negli elenchi dei maestri attivi, sotto la direzione di Francesc Baldomar, nel cantiere della cappella reale di San Domenico a Valencia, mentre, nel corso della sua carriera successiva, sembra avere mantenuto rapporti e contatti con colleghi attivi nel regno d'Aragona, tali da

14



5. Palermo. Palazzo Fimia, volta a cinque chiavi sull'atrio.



6. Napoli. Castelnuovo, volta a cinque chiavi sull'atrio (foto di M. M. Bares).

permettergli ulteriori aggiornamenti¹⁷. Nel 1494, Casada è chiamato a realizzare nuove finestre e la volta dell'atrio del palazzo Vescovile di Palermo. Il documento in questione¹⁸ rivela interessanti dettagli. Il maestro avrebbe dovuto realizzare la volta in pietra («damusu di cantoni novi ad claves quinqe») come quello della cappella «S. Collegi Sancti Jacobi de Massara huius urbis», (un'opera già realizzata dallo stesso Casada?), ma un'ulteriore condizione è significativa poiché il maestro «sia tenuto et promicti fari pluì in planu in lu dictu damusu chi non è lu damusu di ditte Cappella». In altri termini il modello prescritto andava rispettato in pianta, ma non nella sezione (per evitare di interferire con il solaio soprastante). Una clausola di questo tipo comportava una giacitura differente delle nervature (e delle centine), un taglio diverso dei conci della calotta, e l'adattamento al sito e alle preesistenze implicava l'ausilio di un disegno complessivo e un tracciamento diretto, scala 1:1 in sito. La volta del palazzo Vescovile di Palermo non è più visibile (forse celata dall'attuale volta seicentesca), ma un altro esempio di atrio coperto con crociera a cinque chiavi (a pianta rettangolare) si può osservare a Palermo nel palazzo Fimia (fine XV secolo?)¹⁹ [fig. 5].

Negli esempi palermitani sembra evidente il riferimento all'atrio del Castelnuovo realizzato mezzo secolo prima da due maestri maiorchini (Bartomeu Prats e Bartomeu Vilasclar) [fig. 6], mentre nel palazzo Vescovile di Maiorca Cristòfol Vilasclar ne aveva realizzata, nel 1470, una simile²⁰. Forse anche Casada era reduce da una esperienza a Napoli, ma a questo punto non può sfuggire il carattere retorico e di investimento simbolico che un



7. Assoro. Chiesa madre, cappella.



8. Erice. Chiesa madre, cappella del Crocifisso.

atrio con una “moderna” volta a cinque chiavi, ispirata al palazzo Reale di Napoli, sembra assumere nel contesto dell’architettura civile del tempo¹.

La volta a cinque chiavi venne usata anche come copertura in cappelle private dei primi decenni del XVI secolo nelle chiese madri di Assoro [fig. 7] e di Erice [fig. 8]. I dettagli di rifinitura dei costoloni e delle chiavi costituiscono un selettivo criterio per individuare la provenienza delle squadre di maestri attive in queste

fabbriche, probabilmente nel caso di Erice si tratta ancora di maestranze maiorchine o valenciane.

A Palermo, la volta a cinque chiavi venne ripresa pressoché esclusivamente per occasioni specifiche²² e nel corso del XVI secolo alcuni tiburi chiesastici vennero completati in questo modo.

La crociera realizzata sul santuario della chiesa della Catena [fig. 9] sembra costituire il primo caso²³ e mette in moto ulteriori relazioni. Forse non è un caso che nel



9. Palermo. Chiesa della Catena, crociera della tribuna (foto di M. Craparo).

disegno quattrocentesco della cattedrale di Siviglia, recentemente ritrovato, il tiburio (*simbor*) abbia una definizione simile²⁴. La città andalusa è certamente un luogo lontano dalla Sicilia, ma le riflessioni più aggiornate inducono ormai a ritenere che l'area catalano-aragonese della prima metà del XV secolo abbia costituito un fuoco di irradiazione straordinario per tanti cantieri dell'Europa sud-occidentale.

La soluzione utilizzata nella chiesa della Catena dovette servire da modello per evidenziare lo spazio centrale, immediatamente prospiciente l'altare maggiore. Forse anche la chiesa dello Spasimo, rimasta incompleta, doveva possedere un basso tiburio coperto in questo modo. A Palermo esistono comunque altri due casi certi (le chiese di Santa Maria di Portosalvo²⁵ e di San Marco) e uno più problematico (la chiesa di San Sebastiano, poi modificata nel secondo Cinquecento) che adottarono questa soluzione. Ognuna delle costruzioni citate non può essere distaccata dal contesto e per spiegare i motivi che spinsero nel 1574 il costruttore della chiesa di San Marco [fig. 10], il maestro Bernardino Scotto, a realizzare una copertura di questo tipo²⁶, non si può ignorare il contemporaneo e drammatico dibattito cittadino che interessava la nuova cupola della chiesa dei Gesuiti.



10. Palermo. Chiesa di San Marco, tribuna.

Volte in pietra nella fortezza del Mediterraneo: Malta nel XVI secolo

L'arrivo dei Cavalieri di San Giovanni a Malta nel 1530 segna una sorta di punto zero, una sconvolgente variazione di orizzonti per una piccola isola periferica che si avviava a diventare il caposaldo politico e militare dell'Occidente europeo nel Mediterraneo. Sino a quel momento l'ambiente architettonico locale rifletteva una stretta interdipendenza con l'ambiente siciliano (in particolare con l'area siracusana). Le conoscenze sulle premesse locali sono comunque circoscritte: sono documentati alcuni interventi attuati nella cattedrale di Mdina tra fine XV e primo XVI secolo⁹²; è comprovata inoltre la continua presenza di artisti e artigiani di provenienza siciliana, ma quanto ancora si conserva mostra pretenziosità contenute⁹³. Forse questa impressione è anche prodotta dall'esigua documentazione in nostro possesso e l'ipotesi che i maestri maltesi fossero portatori di tecnologie antiche e che nessuna crociera fosse mai stata costruita prima del 1530 appare poco credibile⁹⁴. Nel febbraio 1531 (6 febbraio III ind. 1530) i maestri maltesi Giuliano de Attardo e Giuliano Mecca (*architectores*) si impegnavano *in solidum* nella chiesa madre di Caltabellotta (Agrigento) a «construere arcum unum cum suis arcectis de lapidibus incisis qualitatis et bonitatis alius arci constructi alias per dictum magistrum Julianum Actardu cum suis arcectis intus eandem ecclesiam»⁹⁵. Il sistema costruttivo prevedeva una gabbia muraria nella quale da ogni sostegno (pseudo colonne cilindriche con capitelli sintetici) si di-

partono un arco maggiore (sulla navata) e tre archi minori (collegati agli altri sostegni e al perimetro murario). Il risultato determinava in alzato una chiesa leggermente gradonata, che in previsione doveva essere completata con crociere reali su tutti i comparti (operazione compiuta solo in alcune cappelle e campate laterali). Il criterio previsto consentiva pertanto di rinviare a un momento successivo (talora anche molto lontano), la costruzione delle crociere. Quello descritto è il medesimo sistema usato contemporaneamente nella chiesa di Santa Maria di Portosalvo a Palermo⁹⁶, e mostra che i fabricatores maltesi erano perfettamente integrati nel cantiere siciliano del tempo.

Non è però sulle volte a crociera che vorremmo porre l'attenzione, ma su un ulteriore criterio che costituisce un'indiscutibile novità per l'ambiente locale. Ancora una volta sono le cronologie e le modalità di innesco a determinare il nodo della questione. Il primo esempio di volta a botte cassettonata sembra comparire nel padiglione noto come il Ninfeo di Forte Sant'Angelo a Birgu [fig. 35]. La datazione inserita nei tondi esterni (1530-31) è certamente apocrifa, la porta sul fondale pare ispirata a modelli di Sebastiano Serlio e pertanto l'opera andrebbe spostata in avanti almeno di un decennio. Si aggiunga che i restauri hanno uniformato troppo artificialmente la struttura e reso più complicata l'interpretazione dell'insieme.

Le matrici che stanno alla base della volta a cassettoni

potrebbero apparire di immediata interpretazione, ma non è esattamente così⁹⁷. Il modello “francese”, sfruttato in Andalusia o Aragona⁹⁸, usa, per esempio, la separazione strutturale tra il reticolo delle coste (trattate come nervature gotiche) e la calotta superiore; negli esempi italiani (almeno quelli che usano materiali lapidei) si tratta di semplici volte a botte composte da conci con intradosso intagliato a cassettoni. In assenza di analisi specifiche non è affatto semplice capire a quale criterio attinge la generalità dei casi maltesi; probabilmente si usarono entrambi i sistemi, e se nella generalità dei casi il modello è quello italiano, per altri esempi non ci sono dubbi: anche il modello francese venne applicato⁹⁹ [fig. 36]. Sollevato il problema di base ci limiteremo pertanto solo a un breve excursus storico per evidenziare l'importanza che questo tipo di rifinitura delle coperture assunse in ambito maltese.

38



35. Birgu (Malta). Forte Sant'Angelo, ninfeo, 1540 ca. (foto di E. Garofalo).

Altrettanto sfuggente del ninfeo di Birgu è il caso della cappella del Castello Sant'Elmo a La Valletta [fig. 37]. L'ipotesi di una costruzione realizzata alla metà del XVI secolo, magari sotto la direzione di Pedro Prado (già reduce del progetto della cappella nel Castello Sant'Elmo a Napoli¹⁰⁰) non si può scartare, ma è altamente probabile che gli interventi di ricostruzione dopo il Grande Assedio abbiano interessato questa struttura¹⁰¹. Dagli anni Sessanta il modello si diffonde grazie ai molteplici cantieri avviati dall'Ordine, ed è a questo punto che si inserisce l'attività di uno dei maggiori architetti del Cinquecento maltese: Girolamo Cassar. Come ribadito in più occasioni, la formazione di Cassar a contatto con ingegneri militari di provenienza diversa deve essere stata cruciale per molte tra le scelte adottate. Per il caso specifico delle volte a cassettonato lapideo ricorderemo come il motivo trovi anche applicazione in fabbriche di Cagliari proprio grazie al contributo di ingegneri militari¹⁰².

Cassar usò la volta cassettonata in vari contesti, ma l'opera più impegnativa è probabilmente la Sacra Infermeria de la Valletta (dal 1574): lunghi corridoi, coperture a botte su scale, pianerottoli con volte a crociera sono definiti con una indistinta decorazione a cassettoni in pietra [figg. 38-39]. La complessità nell'adattare il sistema a volte di differente geometria (volte a botte, a botte inclinata, crociera) mostra una volontà sperimentale che ha paralleli in altre realizzazioni dell'architetto e rimette in discussione la sua formazione¹⁰³.

Cassar sfruttò questo tipo di struttura decorativa anche in interni chiesastici come la volta della chiesa

degli agostiniani di Rabat (dal 1571) [fig. 40], che offre un ulteriore saggio delle straordinarie potenzialità del sistema¹⁰⁴. Un tratto di volta a cassettoni si può osservare anche nella chiesa di San Gregorio a Zejtun [fig. 41], il cui transetto dovette essere realizzato nell'ultimo decennio del XVI secolo (le chiavi delle crociere del transetto portano le date del 1593 e del 1603)¹⁰⁵. La compresenza delle possibili soluzioni che i sistemi voltati in pietra offrivano a Malta (crociere, cupole, volte a



36. Cittadella di Gozo (Malta). Cappella di San Giuseppe (primi anni del XVII secolo?). Si noti l'indipendenza tra la calotta e le creste.

botte), fa di questa chiesa un esempio rivelatore, un'opera di confine dove l'architetto intende dispiegare le possibili alternative a disposizione e indirettamente manifestare un complessivo dominio sulla costruzione; l'eventualità che, anche in questo caso, il progetto vada ascritto a Girolamo Cassar sembra alta¹⁰⁶.

L'opera che sfrutta in maggior misura la potenza retorica del cassettonato è la chiesa di Santa Maria Assunta ad Attard¹⁰⁷ [figg. 42-43]. Il progetto (dal 1613?) è stato



37. Valletta. Forte Sant'Elmo (1552?), dettaglio della volta (foto di C. Thake).

attribuito a differenti personalità ma senza certezze; nel cantiere lavorarono dal 1615 gli scapellini Giovanni Attard e il giovane Tumas Dingli a cui talora si attribuisce il progetto. La struttura venne conclusa nel 1624 (data incisa nel tamburo della cupola). Se la navata dipende dal modello della chiesa degli Agostiniani di Rabat, il transetto riprende la tripartizione della chiesa di San

Gregorio a Zejtun, ma il sistema delle coperture varia sensibilmente. La soluzione adottata sostituisce la calotta centrale con una cupola su tamburo e le crociere con due volte a vela, e l'insieme richiama una tavola del V libro di Serlio. Su questo sistema di coperture venne steso un complessivo reticolato di cassettoni in pietra, che va dai pennacchi alle volte delle vele e all'intradosso

40



38. Valletta. Sacra infermeria (1574), volta a crociera cassettonata con costoloni (fototeca del Dipartimento di Architettura, Palermo).



39. Valletta. Sacra infermeria, volta a botte inclinata con cassettoni (fototeca del Dipartimento di Architettura, Palermo).

della cupola. Una fabbrica come quella di Attard meriterebbe uno studio molto più approfondito per comprendere le prassi di lavoro, le modalità di controllo del disegno complessivo, le regole del rapporto tra la decorazione e l'intaglio dei singoli conci, ma anche a un semplice sguardo di insieme emerge la singolare padronanza mostrata dal cantiere in questa circostanza, forse



40. Rabat (Malta). Chiesa degli Agostiniani (post 1570), navata (foto di M. M. Bares).

l'indizio della attività di maestranze con alle spalle una solida tradizione.

Il contrasto tra la sobrietà dell'esterno e la magnificenza dell'interno non poteva essere più eloquente; nell'arco di solo due generazioni un modello adottato inizialmente in piccole strutture aveva dispiegato le sue enormi potenzialità.



41. Zejtun (Malta). Chiesa di San Gregorio (fine XVI secolo), transetto. Dietro l'altare si trova un tratto di volta a botte cassettonata.

LINEE GUIDA SU UNA METODOLOGIA INNOVATIVA PER IL RILIEVO E LO STUDIO DEL PATRIMONIO ARCHITETTONICO

Mirco Cannella

L'approccio multidisciplinare allo studio del patrimonio architettonico è ormai una realtà consolidata. Il solo connubio tra “saperi” differenti fornisce gli strumenti necessari per conoscere, salvaguardare e valorizzare i beni architettonici. Gli studi storici e socio-culturali, la diagnostica delle costruzioni, l'analisi strutturale e petrografica delle murature, i rilievi e la rappresentazione architettonica sono attività di indagine afferenti a discipline diverse ma con l'obiettivo comune di fornire una lettura critica e coerente di manufatti architettonici.

In questa sede vengono indagati il ruolo e i cambiamenti metodologici che hanno interessato il rilievo e la rappresentazione architettonica soprattutto nell'ultimo decennio e sono brevemente descritte le peculiarità e le articolazioni di tali metodi, al fine di evidenziare alcuni nodi concettuali legati al rapporto tra misura, interpretazione e rappresentazione: il costante perfezionamento degli strumenti a scansione laser e la rinascita digitale della fotogrammetria hanno dato vita a una evoluzione metodologica operativa che sotto molti aspetti ha notevolmente facilitato le fasi di acquisizione, specie in termini di tempo impiegato, ma ha generato nuove problematiche che verranno descritte in seguito.

In letteratura è ormai consolidata la distinzione tra “rilevamento” e “rilievo”, intendendo con il primo termine il processo di acquisizione dei dati metrici (e cromatici) dell'opera rilevata, e con il secondo il processo

che, a partire dai dati metrici, conduce a una lettura critica e approfondita dell'opera stessa.

I metodi di rilevamento si distinguono in diretti e indiretti: i primi, che consentono di conoscere in tempo reale il valore dimensionale di una misurazione effettuata, presuppongono la lettura *in situ* delle caratteristiche formali dell'opera attraverso la redazione di eidotipi sui quali sono annotate le misure; gli eidotipi sono spesso prefigurazioni degli elaborati grafici che saranno in seguito redatti, e pertanto la scelta dei piani di sezione e delle misure da eseguire viene effettuata contestualmente all'acquisizione delle misure.

Nei metodi indiretti (topografici, laser scanning e fotogrammetrici) la conoscenza delle proprietà metriche del manufatto è demandata all'elaborazione in laboratorio dei dati acquisiti *in situ*.

Come si è già accennato, i moderni strumenti topografici e laser scanning, oltre a consentire di misurare zone del manufatto difficilmente raggiungibili con i tradizionali metodi diretti, permettono di ridurre drasticamente i tempi di acquisizione: ciò si deve soprattutto all'utilizzo degli scanner laser di ultima generazione che consentono di rilevare in pochi minuti estese superfici con una precisione millimetrica.

Il principio di funzionamento degli scanner laser è simile a quello impiegato dalle stazioni totali dove la misura delle coordinate di un punto è data dalla misura dell'angolo azimutale e zenitale e della distanza del punto dallo strumento. Tuttavia, a differenza della stazione totale, che permette di misurare un punto ben preciso grazie ad una collimazione effettuata tramite un cannocchiale ottico, uno scanner laser può acquisire migliaia di punti al secondo: è sufficiente stabilire il passo di scansione, ovvero la mutua distanza tra i punti acquisiti ad una determinata distanza, e un'area di scansione.

Generalmente gli scanner laser vengono classificati, in base alla tecnologia impiegata per la misura delle distanze, in scanner laser "a tempo di volo" e "a differenza di fase".

Nei primi la distanza di un punto è ricavata dalla misura dell'intervallo di tempo impiegato dal raggio laser per raggiungere la superficie da rilevare e tornare verso lo strumento dopo essere stato riflesso: un orologio stabilizzato al quarzo permette infatti di misurare con precisione questo intervallo e, considerato che l'onda elettromagnetica si sposta alla velocità della luce (300.000 km/s), basta un semplice calcolo per determinare la distanza.

Negli scanner laser "a differenza di fase", la distanza di un punto è calcolata, invece, misurando lo sfasamento tra l'onda elettromagnetica emessa e quella riflessa.

Le differenze tra le due tipologie di scanner risiedono essenzialmente nella "portata" e nella velocità di acquisizione. La portata corrisponde alla distanza massima di acquisizione ed è maggiore negli scanner "a tempo di volo" (da 100 a 2.000 m rispetto ai 180 m di uno "a differenza di fase"). Per quanto riguarda la velocità di acquisizione, uno scanner laser "a differenza di fase" riesce ad acquisire, al secondo, circa 500.000 punti, rispetto ad uno "a tempo di volo", che nello stesso intervallo ne acquisisce, al massimo, 50.000.

Il prodotto digitale di una scansione laser è un insieme definito in genere "nuvola di punti": ad ogni punto, definito nello spazio da una terna di coordinate (xyz), è associata un'informazione cromatica che può essere ricavata da un'immagine fotografica, acquisita da una camera interna o esterna allo scanner (componente cromatica definita dai valori RGB). Un'altra informazione cromatica è data, inoltre, dal valore d'intensità con cui il raggio laser ritorna allo strumento dopo essere stato riflesso dalla superficie rilevata¹.

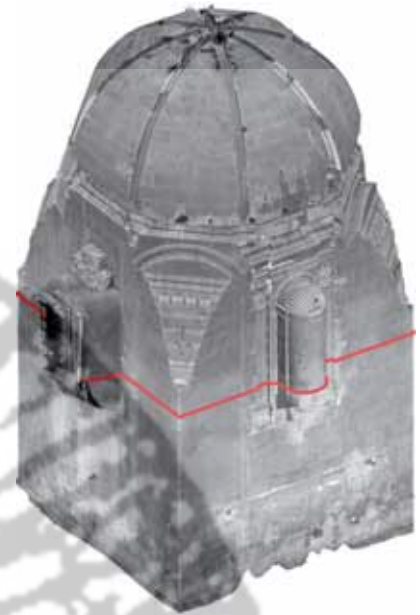
Durante le fasi di scansione di un manufatto architettonico occorre inoltre tenere conto degli elementi che s'interpongono tra lo scanner e la superficie da rilevare: la loro presenza può generare delle zone d'ombra in cui non si avrà nessuna informazione, rendendo pertanto necessario eseguire più scansioni da punti di stazione distinti. Le diverse nuvole di punti sa-

ranno successivamente mosaicate e riferite ad unico sistema di riferimento spaziale² ottenendo così un “simulacro digitale”³ del manufatto architettonico rilevato. E in laboratorio, a partire da tale simulacro, vengono eseguite tutte le operazioni di “rilievo”, intendendo con tale termine la lettura critica del manufatto: le informazioni metriche vengono ricavate grazie all’ estrazione dalla nuvola di punti di sezioni piane, ognuna delle quali si configura come un insieme di punti, distribuiti sul piano, che descrivono il profilo cercato.

La prima operazione critica di discretizzazione delle forme rilevate consiste nel ridisegno della sezione: ad esempio per gli spigoli che, in quanto astrazione geometrica, non vengono individuati dallo scanner, si procede all’ identificazione delle rette che convergono verso lo spigolo e alla loro intersezione. Il ridisegno delle sezioni ha altresì la funzione di definire eventuali elementi di dettaglio (p. es. modanature di cornici) che risultano rilevati in modo inadeguato nelle scansioni, o ancora, consente di interpretare le discontinuità fra i punti della sezione dovute alle zone d’ ombra presenti nella scansione (sottosquadri di cornice, ecc.) [fig. 1].

Chiaramente la lettura di un manufatto deve presupporre, da parte di chi la esegue, la capacità di riconoscerne gli elementi costitutivi, nonché le regole e le gerarchie di composizione: lo studio di un manufatto deve tener conto del clima culturale, del periodo storico, del contesto geografico in cui esso è stato costruito, ma anche dei caratteri stilistici, delle tecniche costruttive e delle modificazioni nella struttura e negli usi del manufatto stesso. Tale lettura ovviamente non può avere carattere di oggettività, condizionata com’ è dalla formazione e dalle capacità di chi esegue l’ interpretazione, ma può tuttavia assumere carattere di scientificità laddove lo studioso dichiara esplicitamente i riferimenti e i procedimenti che lo hanno condotto a formulare la sua ipotesi interpretativa.

Se è possibile ricavare dalle nuvole di punti una rappresentazione classica bidimensionale di un manufatto architettonico (piante, sezioni e prospetti) o studiarne le matrici geometriche, è nella costruzione di modelli digitali



1.

1. Vista assonometrica della nuvola di punti della cappella di Sant’Antonino a Scicli; in rosso l’ estrazione di una delle sezioni orizzontali utilizzate per la costruzione del modello 3D.

tridimensionali che emergono pienamente le reali potenzialità di un rilievo condotto con strumentazione laser scanning. Lo sviluppo di specifici software di modellazione 3D ha consentito di gestire nuvole di punti di grandi dimensioni all'interno di un unico spazio di lavoro, e inoltre di ottenere un controllo costante sull'errore intrinseco a ogni operazione di discretizzazione, quello cioè dovuto principalmente allo scostamento tra il modello discreto e la forma rilevata sotto forma di nuvola di punti.

Accanto ai sistemi a scansione laser, è sempre maggiore, per il rilievo di manufatti, il ricorso alle nuove tecniche fotogrammetriche digitali, che consentono di ricavare le informazioni metriche a partire da una o più immagini fotografiche di un elemento fisso presente sulla scena.

Sebbene già in uso agli inizi del Novecento, è solo in anni recenti, grazie allo sviluppo e alla diffusione di fotocamere digitali sempre più performanti, che la fotogrammetria si può considerare una valida alternativa alla tecnologia a scansione laser. Un aspetto niente affatto trascurabile, e che ha contribuito notevolmente alla diffusione delle metodologie fotogrammetriche, è quello riguardante i costi della strumentazione necessaria (fotocamere digitali, obiettivi, accessori e relativi software) decisamente inferiori rispetto a quelli di cui necessita una metodologia scanner laser. Di contro un sapiente uso della fotogrammetria digitale è vincolato alla competenza e all'esperienza dell'operatore, che deve essere abile sia nell'acquisizione degli scatti fotografici, sulla base di un preliminare progetto fotogrammetrico, sia nella gestione ed elaborazione delle immagini.

La fotogrammetria è classificata in base alla distanza di presa rispetto all'oggetto del rilievo: in architettura si ricorre comunemente alla fotogrammetria terrestre (detta anche fotogrammetria architettonica) in cui la distanza di ripresa è in genere abbastanza contenuta; si ricorre alla fotogrammetria aerea invece nel caso del rilevamento del territorio, allorché, per eseguire gli scatti fotografici da una certa quota, sia necessario l'utilizzo di aeromobili, satelliti o droni.

Da una singola immagine fotografica, sfruttando i principi della geometria

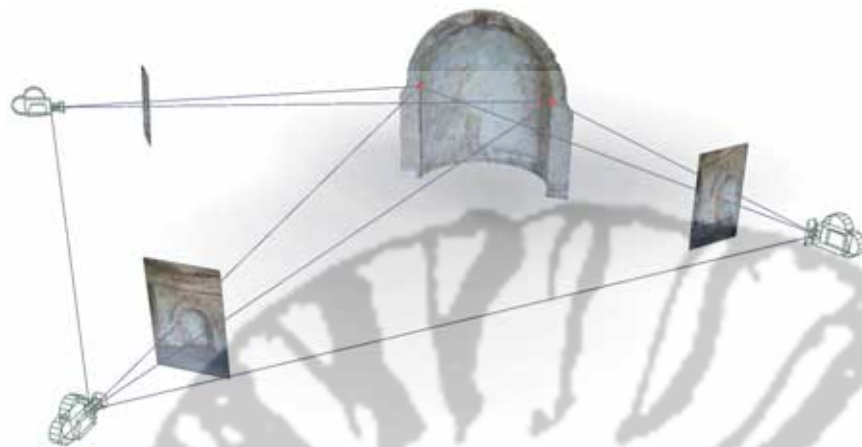
proiettiva, è possibile realizzare un “fotopiano”, un elaborato utile alla documentazione metrica di estese superfici piane come prospetti, soffitti o pavimentazioni. La realizzazione di un fotopiano si basa sulla trasformazione di un fotogramma da una proiezione prospettica a una proiezione ortografica. Affinché tale trasformazione sia possibile è necessario identificare nello spazio la posizione di almeno cinque punti, e che essi siano riscontrabili sia sul fotogramma che sull’oggetto rilevato: tali punti, indicati da opportuni segnali (*marker*) o identificati da punti naturali, vengono generalmente misurati con strumentazioni topografiche.

Un’ulteriore condizione necessaria per la realizzazione di un fotopiano metricamente corretto è data dalla conoscenza dei parametri intrinseci della fotocamera come la distanza focale e la posizione del punto principale⁴, la dimensione del fotogramma, le distorsioni indotte dalle lenti dell’obiettivo ecc. Spesso è la stessa casa produttrice della fotocamera a fornire i parametri intrinseci (nel caso delle fotocamere metriche), ma quando ciò non avviene essi possono essere calcolati attraverso appositi processi di calibrazione⁵.

In casi, assai frequenti, in cui la distanza di presa non sia sufficiente ad acquisire con un unico fotogramma l’intero elemento architettonico nella sua estensione, si rende necessario il ricorso al fotomosaico, realizzato mediante la giustapposizione di più fotopiani.

Per il rilievo di superfici complesse o spazi architettonici articolati si fa ricorso alla “fotogrammetria stereoscopica” che consente di ricavare le coordinate spaziali (*xyz*) di un punto se questo è visibile contemporaneamente in almeno due o più fotogrammi scattati da altrettanti distinti punti di ripresa. La fotogrammetria stereoscopica si definisce, in base alla metodologia di ripresa dell’oggetto, in fotogrammetria con prese “ad asse parallelo”, quando la fotocamera viene orientata mantenendo l’asse di mira parallelo tra una scatto e l’altro, e fotogrammetria “a prese convergenti”, quando gli scatti sono eseguiti spostandosi attorno a un oggetto e mantenendo il punto di mira rivolto costantemente verso quest’ultimo [fig. 2].





2.

2. Schema delle riprese fotografiche in progetto fotogrammetrico stereoscopico a prese convergenti.



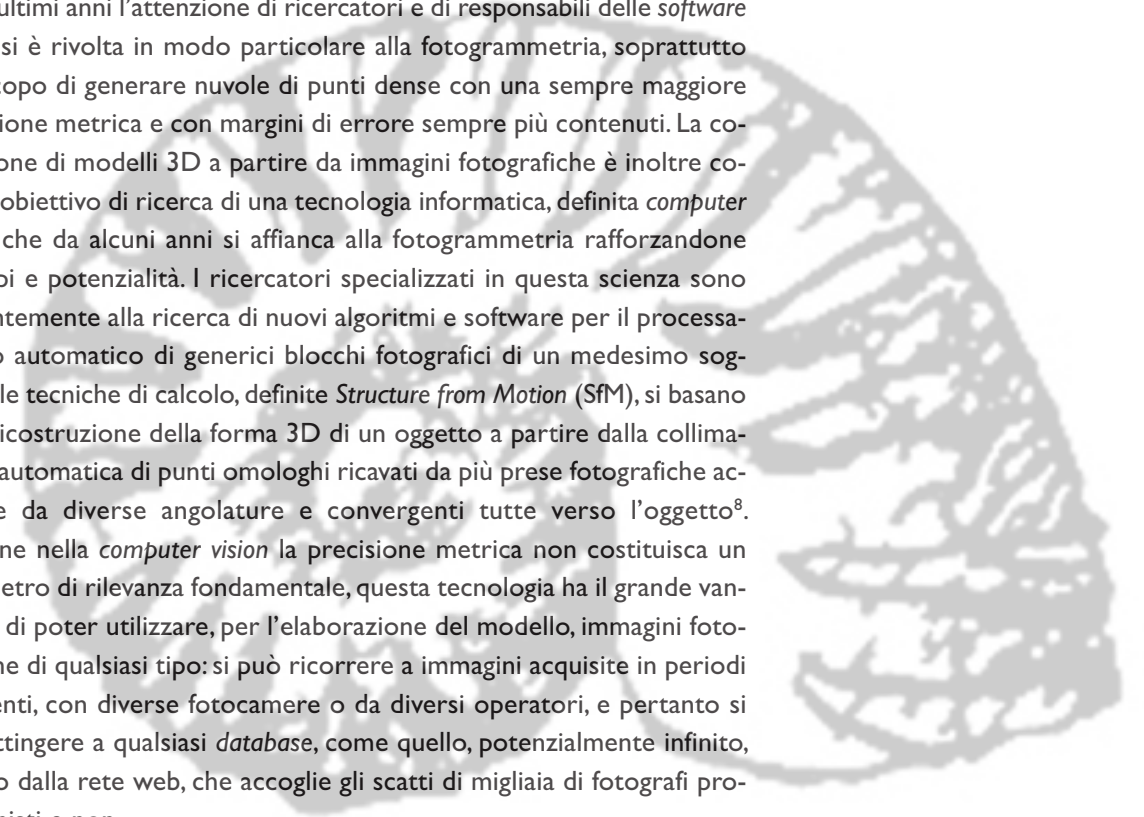
3.

3. Costruzione del modello 3D con tecniche di fotomodellazione dell'oratorio del SS. Sacramento presso la chiesa di Santa Caterina a Zejtun (Malta).

I risultati di un progetto fotogrammetrico stereoscopico sono molteplici: è possibile estrarre le coordinate di singoli punti, generare nuvole di punti dense, realizzare un'ortofoto⁶ o elaborare un modello 3D integrando tecniche fotogrammetriche e tecniche di modellazione convenzionali (fotomodellazione)⁷ [fig. 3].

Negli ultimi anni l'attenzione di ricercatori e di responsabili delle *software house* si è rivolta in modo particolare alla fotogrammetria, soprattutto allo scopo di generare nuvole di punti dense con una sempre maggiore precisione metrica e con margini di errore sempre più contenuti. La costruzione di modelli 3D a partire da immagini fotografiche è inoltre comune obiettivo di ricerca di una tecnologia informatica, definita *computer vision*, che da alcuni anni si affianca alla fotogrammetria rafforzandone principi e potenzialità. I ricercatori specializzati in questa scienza sono costantemente alla ricerca di nuovi algoritmi e software per il processamento automatico di generici blocchi fotografici di un medesimo soggetto: le tecniche di calcolo, definite *Structure from Motion* (SfM), si basano sulla ricostruzione della forma 3D di un oggetto a partire dalla collimazione automatica di punti omologhi ricavati da più prese fotografiche acquisite da diverse angolature e convergenti tutte verso l'oggetto⁸. Sebbene nella *computer vision* la precisione metrica non costituisca un parametro di rilevanza fondamentale, questa tecnologia ha il grande vantaggio di poter utilizzare, per l'elaborazione del modello, immagini fotografiche di qualsiasi tipo: si può ricorrere a immagini acquisite in periodi differenti, con diverse fotocamere o da diversi operatori, e pertanto si può attingere a qualsiasi *database*, come quello, potenzialmente infinito, fornito dalla rete web, che accoglie gli scatti di migliaia di fotografi professionisti e non.

Negli ultimi anni la distinzione tra fotogrammetria e *computer vision* è sempre meno marcata: il passaggio di conoscenze tra una disciplina e l'altra è costante e biunivoco e ha condotto o sta conducendo allo sviluppo di software in grado di garantire una completa documentazione dei manufatti



con un alto livello di precisione metrica. In questa direzione operano, ad esempio, alcuni dei più importanti gruppi di ricerca europei, impegnati nella definizione di procedure e *tools* fotogrammetrici finalizzati in particolare alla digitalizzazione del patrimonio archeologico e architettonico⁹. Sin qui sono state descritte brevemente le innovative tecniche di rilevamento introdotte e sviluppate negli ultimi anni e si è fatto cenno al cambiamento del *modus operandi* che dal “rilevamento” conduce al “rilievo” e alla “rappresentazione”. Ma prima di parlare in termini più precisi dell’evoluzione digitale della rappresentazione architettonica occorre fare alcune considerazioni sulle finalità di un rilievo architettonico e sul loro ruolo nella definizione delle procedure e degli apparati strumentali per l’acquisizione delle misure, nonché nella scelta dei metodi e della scala di rappresentazione.

Le finalità del rilievo di un manufatto architettonico possono essere molteplici: dalla documentazione dello stato di conservazione, allo studio delle matrici geometriche, all’analisi dei fenomeni strutturali, alla riconfigurazione congetturale di uno stato precedente di una fabbrica, ecc.

Non è certamente il maggiore o minore grado di evoluzione tecnologica di uno strumento o l’innovatività di una tecnologia a determinarne la scelta nell’esecuzione di un rilievo. Spesso, infatti, l’uso di tecniche fotogrammetriche può dipendere, ad esempio, dalla necessità di documentare in modo accurato l’aspetto cromatico delle superfici, così come l’utilizzo dello scanner laser è più indicato al rilevamento di spazi architettonici complessi o al rilievo per l’analisi e il monitoraggio delle deformazioni strutturali.

Talvolta inoltre è necessario integrare l’utilizzo di più tecniche di rilevamento¹⁰ a causa delle peculiarità di determinati manufatti architettonici, come quelli caratterizzati dalla presenza di ricchi apparati decorativi o da una complessa morfologia e geometria degli spazi. È il caso delle complesse opere di stereotomia per le quali le metodologie laser scanning, utilizzate per il rilievo delle superfici, vanno integrate con i metodi diretti, più appropriati per il rilievo di dettagli e modanature.

Alla luce di quanto detto si può affermare pertanto che non esiste una modalità operativa da preferire a scapito di un'altra e che sia standardizzata e univoca per qualsiasi rilievo di un manufatto architettonico, ma è opportuno, caso per caso, progettare la migliore strategia di rilevamento, programmando le diverse fasi e scegliendo gli apparati strumentali più idonei e le relative tecniche di rappresentazione.

Ed è intorno al tema della rappresentazione che possono essere fatte nuove osservazioni sul rapporto tra "rilievo" e "rappresentazione" e sul concetto di *mimesis* che li lega.

Come evidenziato da Vittorio Ugo, la *mimesis* non può essere considerata una banale "riproduzione", o un procedimento puramente tecnico o proiettivo, ma assume il valore di una teoria, «la rappresentazione, cioè, presuppone l'assunzione dell'opera di architettura (sia essa costruita o progettata) tramite la selezione e l'interpretazione degli elementi e dei rapporti ritenuti effettivamente caratterizzanti, ovvero tramite una riduzione a modello; l'oggetto del processo mimetico di riproduzione sarà pertanto un modello; ed ancora un modello ne sarà l'esito»¹¹.

Se dunque il manufatto che ci apprestiamo a rilevare è da considerare un modello, così come sarà un modello anche la sua rappresentazione, il processo di discretizzazione delle forme rilevate assume un ruolo di fondamentale importanza nelle fasi di costruzione di un modello digitale tridimensionale.

Un modello digitale tridimensionale può essere realizzato utilizzando principalmente due tecniche di modellazione, quella poligonale e quella definita NURBS (*Non Uniform Rational Basis-Splines*).

Un modello di tipo poligonale è caratterizzato da superfici costituite da una maglia di elementi piani (triangoli o quadrilateri) la cui posizione spaziale è definita dalle tre coordinate xyz dei singoli vertici. Esso può essere elaborato o con la generazione automatica di superfici da "nuvole di punti", o costruito mediante un processo criticamente controllato che, a partire dalla manipolazione di geometrie semplici (piani, cubi, cilindri, sfere



4.

4. Modellazione poligonale: processo di trasformazione dei poligoni di base attraverso estrusioni e manipolazione di vertici e spigoli.

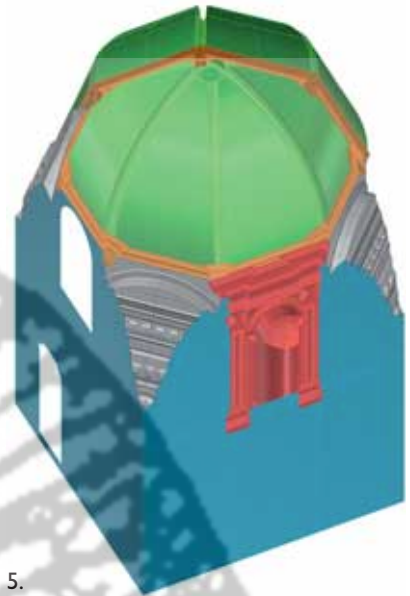
ecc.), permette di ottenere modelli più complessi attraverso processi di addizione e/o sottrazione di poligoni¹² [fig. 4].

La modellazione poligonale è dunque basata su un processo iterativo che, al pari di quanto si è detto circa le tecniche di discretizzazione basate sull'estrazione di sezioni piane, è fortemente condizionata dall'esperienza e dalla sensibilità dell'operatore, più che dall'abilità di quest'ultimo nell'utilizzo del software.

In un modello NURBS, definito anche "analitico", in quanto descrivibile da funzioni matematiche, la costruzione delle superfici è determinata da operazioni di estrusione di profili lungo una o più curve o dalla rivoluzione di curve di profilo attorno a un asse, o ancora da superfici generate mediante l'interpolazione di curve: è possibile pertanto troncare o estendere le superfici, creare delle intersezioni, proiettare linee, ecc. Generalmente un modellatore NURBS permette di gestire con elevata accuratezza sia il disegno vettoriale sia la modellazione, e di integrare modelli analitici e poligonali (nel caso dei cosiddetti modelli "ibridi") [fig. 5].

Una volta costruiti, i modelli 3D possono essere ulteriormente arricchiti con informazioni cromatiche e materiche: a ogni superficie può essere associato un cosiddetto "materiale" che consente di caratterizzarne l'aspetto materico come il colore, la rugosità, la riflessione, la rifrazione e più in generale tutti quei fenomeni ottici che caratterizzano i materiali presenti in natura. Il colore di un materiale può essere reso o da una precisa tinta definita attraverso le componenti RGB o da una *texture*. Spesso i beni architettonici si caratterizzano per i materiali preziosi di cui sono costituiti o per particolari trame murarie o ancora per la presenza di pitture, affreschi e decorazioni musive: una documentazione completa di tali peculiarità si traduce in una realizzazione di un modello 3D "mimetico", in cui a ogni superficie è associata una *texture* proiettata su di essa ed elaborata a partire da una o più prese fotografiche della superficie corrispondente nel manufatto architettonico.

I modelli 3D, così realizzati, possono essere impiegati per la produzione



5.

123

5. Modello NURBS della cappella di Sant'Antonio a Scicli (RG).

di immagini (*rendering*) e animazioni, per la fruizione interattiva e la costruzione di database o per la prototipazione rapida di modelli fisici in scala. Attraverso i processi di *rendering* è possibile produrre viste ortografiche, assonometriche o prospettiche o un'animazione video da un modello 3D. Gli applicativi deputati alla trasformazione di una vista di un modello in immagine¹³, denominati "motori di *rendering*", consentono di produrre sia immagini fotorealistiche, simulando il comportamento naturale della luce e dei materiali, sia viste concettuali [fig. 6].

Altri motori di *rendering*, definiti *real time*, sono invece impiegati per la fruizione di mondi virtuali, e consentono di calcolare e sintetizzare istante per istante delle immagini in modo tale che il fruitore possa interagire con un modello 3D.

L'interazione con l'ambiente virtuale oggi è accessibile a chiunque ed è affidata a una gamma di dispositivi sempre più ampia, come ad esempio, solo per citare i più diffusi, *kiosk*, PC, tablet, smartphone e video guide.

124

Nell'ambito della fruizione virtuale, e assai spesso in riferimento ai beni architettonici, si fa ricorso ai cosiddetti modelli "multimodali", ossia a modelli tridimensionali dotati di collegamenti a contenuti digitali di natura diversa. Utilizzati come una sorta di "porta di accesso" a un database informativo, i modelli multimodali si rivelano tra gli strumenti più efficaci per la visualizzazione di un manufatto e soprattutto per la fruizione di tutte quelle informazioni che si vogliono comunicare in merito a esso. Tali modelli consentono inoltre di osservare il manufatto da punti di vista fisicamente inaccessibili o ancora, attraverso un "salto nel tempo", di riproporre una ricostruzione congetturale in un determinato momento della sua esistenza. Questa ricostruzione si rivela di fondamentale importanza soprattutto nei casi in cui il corso del tempo e degli eventi storici nei secoli ha determinato delle trasformazioni del manufatto o la perdita della sua configurazione originaria.

Non è di minore interesse l'eventualità di applicare le ricostruzioni virtuali a ruderi o a manufatti non più esistenti, e che grazie alla realtà virtuale



6.

6. Sezione trasversale (render) dell'oratorio del SS. Sacramento presso la chiesa di Santa Caterina a Zejtun (Malta).

possono nuovamente rivivere: è il caso della fruizione dei parchi archeologici o di città perdute in cui è possibile, a esempio, riproporre *in situ* l'anastilosi di templi o edifici, e visualizzarli orientando semplicemente un dispositivo mobile, quasi fosse una finestra temporale sulle rovine.

Il tema delle ricostruzioni virtuali e di modelli congetturali che abbiano un fondamento scientifico pone in primo piano quanto già detto, ovvero la necessità di integrare tra loro studi afferenti a diverse discipline. L'evoluzione degli strumenti e delle metodologie ha infatti permesso di potenziare il contributo del rilievo per lo studio del patrimonio architettonico e di divulgarne gli esiti attraverso il linguaggio della rappresentazione architettonica.



Note

¹ Il valore d'intensità varia in funzione della superficie rilevata: la diversa consistenza dei materiali e il colore possono determinare un maggiore o minore assorbimento della luce laser e quindi un ritorno più o meno intenso del raggio verso il ricevitore dello strumento.

² Per facilitare le operazioni di orientamento, durante le fasi di scansione vengono acquisiti o target fisici, visibili contemporaneamente da due o più punti di stazione, o estese superfici di sovrapposizione tra una scansione e l'altra, sulle quali rintracciare in seguito punti omologhi necessari per le operazioni di mosaicatura.

³ Cfr. F. AGNELLO, *Rilievo e Rappresentazione del soffitto della navata centrale della Cappella Palatina*, in *La Cappella Palatina di Palermo*, Modena 2010, pp. 295-352.

⁴ Il punto principale è il centro in cui i raggi visivi si intersecano prima di essere ri-proiettati sul sensore digitale; la distanza dal sensore corrisponde alla lunghezza focale dell'obiettivo.

⁵ In questo caso si procede dapprima all'acquisizione di specifiche prese di adeguate griglie o marker e successivamente alla risoluzione software dei parametri di orientamento interno della fotocamera.

⁶ Un'ortofoto è un'immagine geometricamente corretta e metricamente misurabile, esito di una proiezione ortogonale di un modello tridimensionale su un piano di riferimento. A differenza di un fotopiano, che può essere elaborato solo per superfici planari, un'ortofoto può essere generata a prescindere dalle geometrie della superficie dell'oggetto.

⁷ Sulla fotomodellazione si rimanda a L. DE LUCA, *La Fotomodellazione architettonica. Rilievo, modellazione, rappresentazione di edifici a partire da fotografie*, Palermo 2011.

⁸ Y. FURUKAWA, J. PONCE, *Accurate, Dense, and Robust Multi-View Stereopsis*, in «IEEE Transactions Pattern Analysis and Machine Intelligence», 32, August 2010, pp. 1362-1376.

⁹ Si tratta dell'Institut Géographique National di Parigi, il MAP-Gamsau Lab (CNRS/MCC) di Marsiglia e la Fondazione Bruno Kessler - 3DOM di Trento, nell'ambito del progetto di ricerca TAPeNADe (*Tools and Acquisition Protocols for Enhancing Artifacts Documentation*), sito web www.tapenade.gamsau.archi.fr.

¹⁰ Cfr. F. AGNELLO, M. LO BRUTTO, *Integrated surveying techniques in cultural heritage documentation*, Proceedings of the 2nd ISPRS International Workshop 3D-ARCH

2007 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures ETH Zurich, Switzerland, 12-13 July 2007, in «International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», XXXVI-5/W47, pp. 47-52 e S. F. EL-HAKIM, J.A. BERARDIN, *Detailed 3d Reconstruction of Monuments Using Multiple Techniques*, in *Proceedings of the International Workshop on Scanning for Cultural Heritage Recording - Complementing or Replacing Photogrammetry*, National Research Council Canada, Corfù 2002, pp. 58-64.

¹¹ Cfr. V. UGO, *Mimesi*, in *Temi e codici del disegno di architettura*, a cura di R. De Rubertis, A. Soletti, V. Ugo, Roma 1992, pp. 9-23.

¹² L'aggiunta di poligoni è generalmente eseguita attraverso l'estrusione di facce o spigoli: il nuovo poligono, così ottenuto, può essere a sua volta trasformato modificando la posizione dei vertici e le facce o gli spigoli di esso possono essere utilizzati per ulteriori estrusioni. L'operazione di estrusione permette di aumentare il numero complessivo delle facce dell'oggetto per ottenere forme complesse.

¹³ Nel caso di un'animazione video si generano più *rendering* necessari a soddisfare la durata e il *frame rate* ovvero dalla sequenza di fotogrammi al secondo necessari per una velocità di riproduzione alta tale da produrre l'illusione del movimento.