

Le absidi costituiscono solitamente la prima parte di una fabbrica che viene posta in opera. L'aspettativa di tempi lunghi del cantiere spinge a realizzare immediatamente opere fastose e decorate in grado di gratificare committenti che non vedranno mai conclusi i lavori. Dal punto di vista geometrico i progetti prodotti nell'Europa del Sud hanno seguito, nei secoli, schemi per lo più convenzionali (strutture semicircolari, quadrangolari o generate da poligoni ottagonali) ma non mancano le eccezioni e i tentativi di definire soluzioni alternative (valgano per tutte la struttura treboladas castigliane, la scelta di usare l'abside come base per un campanile o le conformazioni derivanti da poligoni eccentrici) e sarebbe interessante comprendere se queste soluzioni anomale siano frutto di un dibattito.

E-ISBN 978-88-98546-34-3

L'ABSIDE COSTRUZIONE E GEOMETRIA

L'ABSIDE COSTRUZIONE E GEOMETRIA



*a cura di
Marco Rosario Nobile e Domenica Sutera*


Edizioni Caracol

L'ABSIDE
COSTRUZIONE E GEOMETRIE

THE APSE
CONSTRUCTION AND GEOMETRY

a cura di

Marco Rosario Nobile e Domenica Sutera



Edizioni Caracol



The research leading to these results has received funding from the European Research Council under the European Union's Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013)/ERC grant agreement n. 295960 - COSMED

Tracciati. Storia e costruzione nel Mediterraneo - 3

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: *Enna. Duomo, interno dell'abside laterale sinistra (cappella del SS. Sacramento)*

Traduzioni di Giuseppe Calì

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

© 2015 Caracol, Palermo

E-ISBN 978-88-98546-34-3

Edizioni Caracol s.n.c.

piazza Luigi Sturzo, 14, 90139 Palermo

e-mail: info@edizionicaracol.it

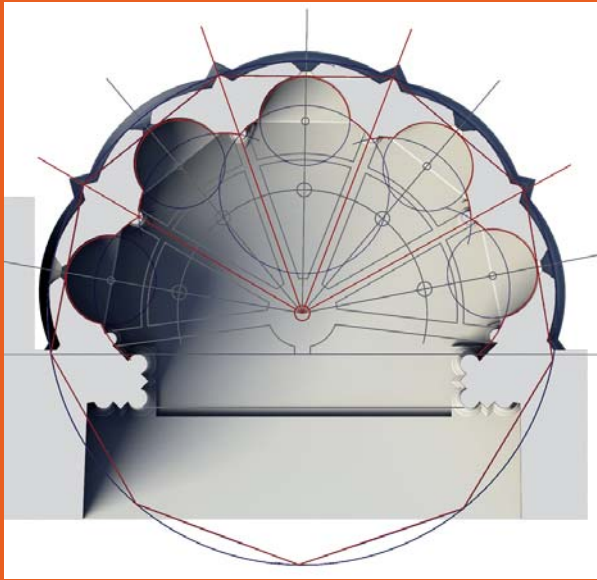
www.edizionicaracol.it

Vietata la riproduzione o duplicazione con qualsiasi mezzo.

INDICE

- 5 PREMESSA
Marco Rosario Nobile, Domenica Sutura
- 7 L'ABSIDE, COSTRUZIONE E GEOMETRIE: ALCUNE RIFLESSIONI
Marco Rosario Nobile (DOI: 10.17401/ABSIDE-NOBILE)
- 21 MATRICI GEOMETRICHE NELLE ABSIDI SALENTINE DEL XVI SECOLO DELLE CHIESE DI SAN NICOLA A CURSI E DI SAN MICHELE ARCANGELO A MINERVINO DI LECCE
Tommaso Abbate, Mirco Cannella (DOI: 10.17401/ABSIDE-ABBATE-CANNELLA)
- 41 LOS ÁBSIDES CENTRALIZADOS EN FORMA DE TRÉBOL: UNA RARA AVIS DEL TARDOGÓTICO CASTELLANO
Begoña Alonso Ruiz (DOI: 10.17401/ABSIDE-ALONSO-RUIZ)
- 63 LE ABSIDI NELLE PRIME CHIESE NORMANNE E NELLA CAPPELLA PALATINA DI PALERMO
Giuseppe Antista (DOI: 10.17401/ABSIDE-ANTISTA)
- 83 LA RICOSTRUZIONE DELL'ABSIDE IN ALCUNI ESEMPI DELLA SECONDA METÀ DEL XVI SECOLO A PALERMO
Antonella Armetta (DOI: 10.17401/ABSIDE-ARMETTA)
- 93 IL DISEGNO DELL'ABSIDE DEL DUOMO DI MILANO. LETTURE, IPOTESI
Isabella Carla Rachele Balestreri (DOI: 10.17401/ABSIDE-BALESTRERI)
- 117 IL DUOMO DI PALERMO E LE CHIESE SICILIANE DEL PERIODO NORMANNO. LE ABSIDI NELLA LETTURA STORIOGRAFICA DI ENRICO CALANDRA
Paola Barbera (DOI: 10.17401/ABSIDE-BARBERA)
- 137 CAMPANILI ABSIDALI: ESEMPI SICILIANI (DOI: 10.17401/ABSIDE-BARES-VERSCO)
- 138 UN CASO PROBLEMATICO: CAMPANILE E ABSIDE DELLA CHIESA DEL CROCISSO A NOTO ANTICA
Maria Mercedes Bares
- 150 IL CAMPANILE SULL'ABSIDE DELLA CHIESA MADRE DI CALTAGIRONE
Maurizio Vesco

- 169 ABSIDI POLIGONALI E IMPIANTI BASILICALI DELLA SICILIA TARDOMEDIEVALE
Emanuela Garofalo (DOI: 10.17401/ABSIDE-GAROFALO)
- 187 STRUTTURE PREESISTENTI COME APPOGGIO PER LE ABSIDI A CAGLIARI NEL XIV SECOLO
Federico Maria Giammusso (DOI: 10.17401/ABSIDE-GIAMMUSSO)
- 205 ÁBSIDES O DEAMBULATORIOS, SOLUCIONES ARQUITECTÓNICAS EN EL ÁREA MEDITERRÁNEA HISPÁNICA EN ÉPOCA MODERNA
Mercedes Gómez-Ferrer (DOI: 10.17401/ABSIDE-GÓMEZ-FERRER)
- 223 ABSIDI COSTRUITE, ABSIDI PROGETTATE E IDEALI E ABSIDI SUBLIMI NELLA CORONA D'ARAGONA DURANTE IL XIV E IL XV SECOLO
Javier Ibáñez Fernández, Arturo Zaragoza Catalán (DOI: 10.17401/ABSIDE-ZARAGOZÁ-IBÁÑEZ)
- 259 EL ÁBSIDE CLÁSICO Y SU CONSTRUCCIÓN EN PIEDRA: CÚPULA Y OCHAVOS
José Carlos Palacios Gonzalo (DOI: 10.17401/ABSIDE-PALOCIOS-GONZALO)
- 273 LE ABSIDI DELLE CHIESE MADRI DI ASSORO E PIETRAPERZIA (XV-XVI SECOLO)
Federica Scibilia (DOI: 10.17401/ABSIDE-SCIBILIA)
- 287 L'ABSIDE IN FACCIATA: SOLUZIONI "ANTISISMICHE" DEL XVIII SECOLO IN SICILIA
Domenica Sutura (DOI: 10.17401/ABSIDE-SUTERA)
- 303 ABSTRACTS



MATRICI GEOMETRICHE NELLE ABSIDI SALENTINE DEL XVI SECOLO DELLE CHIESE DI SAN NICOLA A CURSI E DI SAN MICHELE ARCANGELO A MINERVINO DI LECCE*

Tommaso Abbate, Mirco Cannella

Università degli Studi di Palermo

tommaso.abbate@unipa.it; mirco.cannella@unipa.it

Un recente contributo di Marco Rosario Nobile¹ propone interessanti questioni genealogiche su alcune fabbriche salentine costruite in età moderna che, per linguaggio e soluzioni costruttive impiegate, si accostano a esperienze maturate nel primo Cinquecento in terra di Castiglia. Il legame tra due mondi apparentemente lontani è evidente se si fa riferimento alle raffinate e complesse tecniche impiegate per il taglio della pietra, aspetto che rimanderebbe a un probabile intervento di maestri spagnoli esperti in stereotomia nei cantieri salentini.

Le raffinate soluzioni costruttive che accomunano alcune delle fabbriche pugliesi della metà del secolo si basano sull'uso di complessi tracciati geometrici, come l'intersezione tra solidi o le superfici a doppia curvatura che, per la loro realizzazione richiedono specifiche esperienze nel taglio dei conci e un elevato rigore geometrico durante le fasi costruttive.

In questo contributo si propone una lettura critica delle matrici geometriche e proporzionali che regolano la costruzione delle cinquecentesche absidi salentine nelle chiese di San Nicola a Corsi e San Michele Arcangelo a Minervino di Lecce². Della prima abside non si conosce la datazione certa, mentre la costruzione dell'abside della chiesa di San Michele Arcangelo è compiuta nel

1573, com'è deducibile dalla data intagliata su un cartiglio posto sopra la chiave; delle due absidi non sono ancora note le maestranze che intervengono nella costruzione né tantomeno la figura dell'architetto. Gli studi più recenti propendono per il coinvolgimento dello scultore-architetto Gabriele Licciardo o del capomastro di Nardò, Giovanni Maria Tarantino³, intervenuti probabilmente anche nel tamburo della chiesa di Santa Croce a Lecce.

Lo studio delle complesse matrici geometriche impiegate per la realizzazione di tali fabbriche è stato eseguito per mezzo di un rilievo *laser scanning* e della costruzione di modelli digitali in grado di discretizzarne la configurazione morfologica. Questa ricerca intende infine valutare le possibili relazioni che intercorrono tra i casi in esame e altre costruzioni coeve, come, ad esempio, l'abside della chiesa di Santa Croce a Lecce, nel tentativo di rintracciare possibili tracciati regolatori comuni.

Il rilievo e la modellazione 3D

Il rilievo delle absidi delle chiese salentine di San Nicola, San Michele Arcangelo e di Santa Croce è stato condotto con metodi *laser scanning*⁴.

Gli *scanner laser* consentono l'acquisizione d'informazioni metriche di un manufatto architettonico attraverso il rilevamento delle sue superfici. I vantaggi nell'utilizzo di tali strumentazioni risiedono sia nella rapidità di acquisizione dei dati, sia nella possibilità di rilevare aree difficilmente accessibili con i metodi tradizionali (cupole, volte, soffitti).

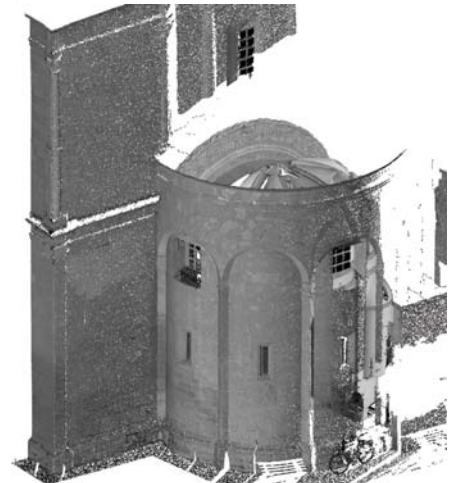
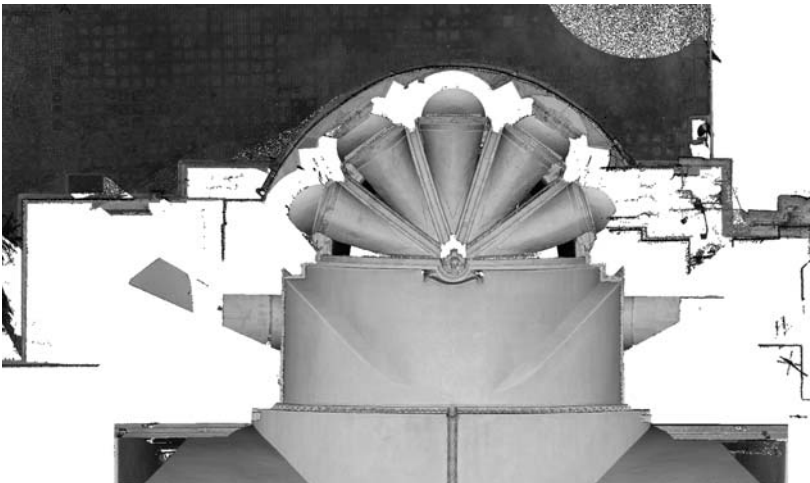
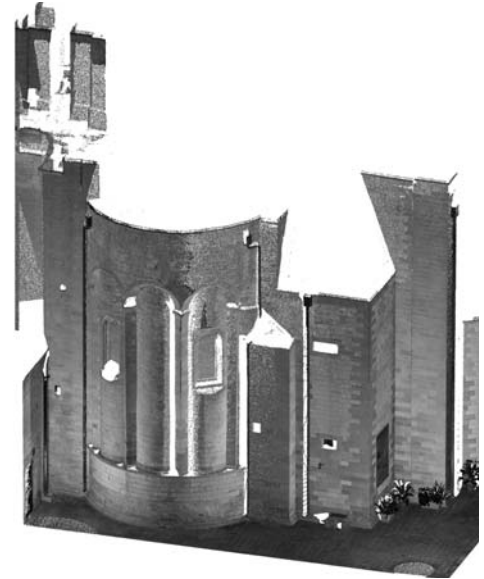
Quando ci si riferisce a un rilievo condotto con metodi *laser scanning* è consueto definire nel rilevamento la fase dell'acquisizione *in situ* dei dati metrici, mentre le operazioni di rilievo, intese come processo di lettura critica del manufatto architettonico, sono eseguite in laboratorio. Il prodotto digitale di una scansione *laser* è un insieme di punti, meglio noto come "nuvola di punti", organizzati e disposti nello spazio 3D secondo coordinate cartesiane; a ogni punto della nuvola sono associate due informazioni cromatiche: la prima, desunta dai *pixel* dalle immagini fotografiche acquisite da una camera interna o esterna allo *scanner*, è espressa attraverso valori numerici associati alle componenti colore RGB, mentre la seconda, definita valore d'intensità, è espressa attraverso una scala di grigi o di "falsi colori", ed è determinata dall'intensità con cui il raggio *laser* ritorna allo strumento dopo aver colpito la superficie rilevata [fig. 1]. Tale valore varia in funzione di un minore o maggiore assorbimento della luce *laser* emessa ed è influenzato dal colore della superficie⁵ e dalle sue porosità e granulometria. Il valore d'intensità è di fondamentale importanza per lo studio di manufatti in pietra da taglio come nei casi in esame; tale valore, in-

fatti, non essendo influenzato dalla condizione d'illuminazione dell'ambiente rilevato, permette di leggere con estrema chiarezza la forma, la dimensione e la disposizione dei conci dell'apparecchio murario.

Durante una scansione *laser* lo strumento rileva e acquisisce le superfici visibili da un determinato punto di stazione; per ottenere il maggior numero d'informazioni, è buona norma condurre acquisizioni da punti di stazione distinti. Le singole nuvole di punti, così ottenute, saranno in seguito riferite a un medesimo sistema di riferimento, in modo da ottenere un unico elaborato che può essere per certi versi assimilato a un "simulacro digitale" del manufatto rilevato⁶ [fig. 2]. Le procedure di rilievo sono pertanto eseguite su tale "simulacro"; esso può essere interrogato (attraverso opportuni *software*) al fine di ottenere precise informazioni metriche o sezioni piane. L'operazione di sezione consente di estrarre, ad esempio, profili di volte, archi o cornici, o, più semplicemente, sezioni orizzontali e verticali dell'intera nuvola di punti, modificando la posizione e giacitura del piano di sezione.

Da qualche anno i più noti *software* di modellazione 3D consentono di gestire nuvole di punti di notevoli dimensioni con relativa semplicità e offrono la possibilità di costruire il modello 3D e valutare in tempo reale gli eventuali scostamenti tra questo e la nuvola stessa.

Per le absidi salentine si è scelto di impiegare una procedura di modellazione 3D che permette di discretizzare la morfologia dei manufatti rilevati, basata sulla



1-2. Minervino. Chiesa di San Michele Arcangelo, interno dell'abside e viste assonometriche delle "nuvole di punti"; viste superiore e assonometrica delle "nuvole di punti" unite delle absidi delle chiese di San Michele Arcangelo a Minervino e di San Nicola a Corsi (Lecce).

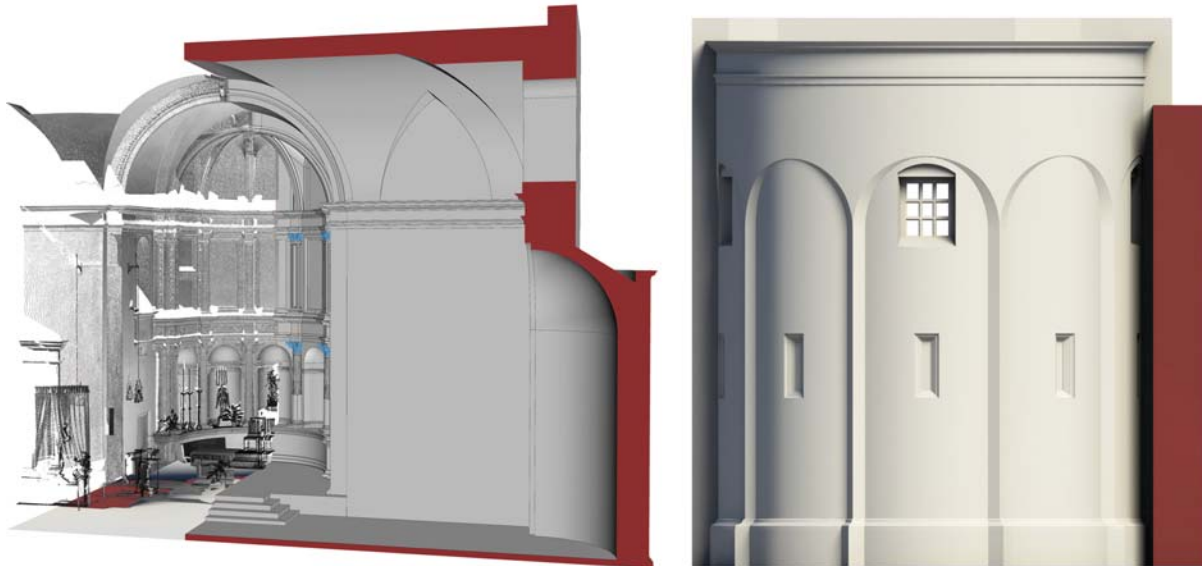
costruzione di superfici NURBS o poligonali e l'utilizzo delle informazioni metriche e geometriche desunte direttamente dalla nuvola. I singoli elementi architettonici del manufatto, come pareti, paraste, colonne, cornici, volte, sono studiati, interpretati e riprodotti attraverso la costruzione di superfici 3D [fig. 3].

Questo processo ha avvio con la discretizzazione dei profili estratti dalla nuvola attraverso il disegno di polilinee e curve; tale operazione, che possiede un alto grado di soggettività, dipende in gran parte dalla sensibilità dell'operatore che la esegue. Spesso per il disegno di profili complessi si ricorre all'uso di precise regole geometriche e al raffronto con i trattati coevi

alle fabbriche studiate, come accade, ad esempio, per l'interpretazione di modanature e di particolari profili di archi e volte.

Quest'approccio alla modellazione consente di ottenere un modello 3D del manufatto rilevato che possiede elevata accuratezza metrica; ciò consente di studiare, in modo puntuale, le proporzioni e le matrici geometriche e di produrre rappresentazioni bidimensionali di tipo classico attraverso processi di *rendering*, come piante, sezioni e prospetti, o ancora viste assonometriche e prospettiche.

24

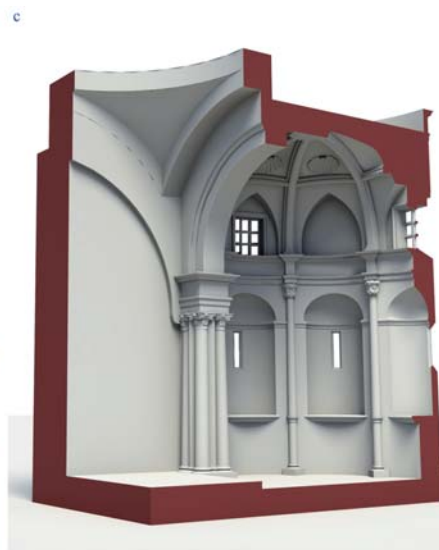


3. Fasi di modellazione 3D e rendering; a sinistra: vista prospettica del modello 3D dell'abside della chiesa di San Michele Arcangelo; a destra: rendering della vista ortografica dell'estradosso dell'abside di San Nicola.

L'abside della chiesa di San Nicola a Cursi

Della cinquecentesca chiesa di San Nicola a Cursi [fig. 4] si conservano il campanile, la crociera a pianta quadrilatera e l'abside; la crociera e l'abside sono disposti secondo un asse longitudinale con direzione est-ovest e sono collegati alla moderna chiesa per mezzo di un varco ricavato lungo la parete orientale. La crociera è coperta da una cupola con lanterna, suddivisa in otto spicchi, che poggia su una cornice modanata di forma circolare; il sottostante tamburo, anch'esso suddiviso in otto parti da paraste finemente intagliate, si imposta su pennacchi decorati con festoni a motivo floreale.

Lungo l'asse dell'antica chiesa, gli accessi alla cappella e all'abside sono scanditi da due archi a tutto sesto in pietra da taglio locale, dotati di lieve sovrassesto e sorretti da un'elegante composizione di quattro colonne binate e un pilastro inglobato all'interno. La combinazione di colonne e pilastri sembrerebbe alludere a un tema ricorrente nella coeva architettura salentina, che viene riproposto in questa occasione secondo una prassi meno ardita; le quattro colonne sono disposte parallelamente agli assi principali della chiesa, mentre il pilastro è ruotato di 45 gradi intorno al suo asse verticale; in tal modo gli spigoli del pilastro, fuoriuscendo dai vuoti tra le colonne, determinano un raffinato motivo



4. Cursi. Chiesa di San Nicola, esterno e interno dell'abside, vista prospettica del modello digitale.

“a speroni” che, come si dirà in seguito, è ricorrente in altre fabbriche limitrofe e che viene riproposto a Cursi anche nei paramenti murari esterni. All'interno, sapienti intersezioni di volumi puri e un rigoroso impianto geometrico scandiscono la configurazione del catino absidale; l'abside è suddivisa in cinque



5. Chiesa di San Nicola a Cursi, sezione longitudinale del modello digitale del catino.

lobi; ciascuno di essi è delimitato da semicolonne e descrive un arco di circonferenza che determina un profilo planimetrico complessivo polilobato. Su ogni lobo della polilobata sono ricavate nicchie a pianta circolare disposte a raggiera, sulle quali si aprono feritoie strombate che permettono l'ingresso della luce naturale nel catino; la calotta delle nicchie, delimitata alla quota d'imposta da una piccola modanatura continua, è una superficie sferica.

L'unico registro del catino è concluso da una doppia cornice in pietra a vista su cui si imposta una calotta stellare; in continuità con le semicolonne del registro inferiore, si rintracciano costoloni che, suddividendo la volta in cinque unghie, convergono verso la chiave riccamente intagliata. Nella parte inferiore delle cinque unghie si aprono altrettante lunette a profilo ogivale, tre delle quali dotate di apertura verso l'esterno.

Una seconda suddivisione della calotta è operata attraverso l'uso di *combados*, ossia nervature curve di collegamento tra i costoloni principali, di cui si dirà in seguito. La tela muraria triangolare, circoscritta dalla parte terminale dei costoloni e dai *combados*, assume una particolare configurazione “a spicchio d'arancia” con conchiglia al centro.

La chiave pendula, centro geometrico dell'intero progetto, raggiunge una quota superiore a quella dell'arco a tutto sesto; per evitare che venga occultata da quest'ultimo, la chiave è arretrata rispetto all'arco tanto da rimanere visibile dalla crociera [fig. 5]. La posizione arretrata della chiave, che sposta il baricentro della composizione condizionandone la configurazione geometrica,

è frequentemente riscontrabile nell'architettura coeva; uno tra i più illustri esempi è l'abside della basilica di Santa Croce a Lecce [fig. 6], dotata di calotta su costoloni e chiave pendula. Come si dirà in seguito, le absidi di Cursi e di Lecce sono accomunate dall'uso di matrici geometriche analoghe sotto il profilo planimetrico. Per gli alzati, il problema derivante dall'arretramento della chiave è invece risolto in modi distinti.

Le indagini condotte sulle nuvole di punti hanno rivelato il raffinatissimo impianto geometrico che sottende la complessa configurazione dell'abside di Cursi; in prima istanza il catino sembrerebbe essere regolato, in pianta, da un assetto semi-decagonale deducibile dalla presenza dei cinque lobi con nicchie. Da più approfondite analisi è emerso che tale configurazione è piuttosto riconducibile ad altre matrici geometriche.

È noto che la prassi progettuale sottesa alla costruzione di tali manufatti riferisca l'intero tracciato ad un unico centro geometrico, in genere individuabile sull'asse verticale passante per la chiave della volta; in tal modo sono riconducibili a tale centro tutte le figure geometriche impiegate nell'elaborazione del progetto. Tenendo conto di tale considerazione è stata tracciata la circonferenza che circoscrive l'intero manufatto, avente centro sul punto che determina la proiezione al suolo della chiave; tale circonferenza descrive la proiezione orizzontale dell'involucro murario esterno. È evidente che, rispetto alla parete orientale della crociera, il centro della circonferenza appena descritta sia tralato verso l'esterno lungo l'asse longitudinale, per via dello scostamento della chiave cui si è già accennato;

per tale ragione, l'arco che si ottiene dall'intersezione tra la circonferenza di base e il quadrato della crociera è maggiore della semicirconferenza.

In un ipotetico impianto planimetrico decagonale, le diagonali del decagono, rappresentate attraverso le proiezioni orizzontali di costoloni opposti, sarebbero allineate



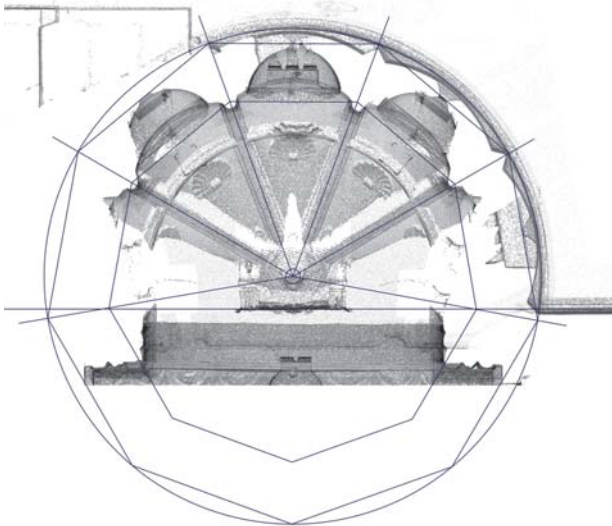
6. Lecce. Basilica di Santa Croce, abside.

e contenute in un'unica retta passante per il centro geometrico della composizione (la chiave pendula). Nell'abside di Cursi, l'assenza di tale condizione di allineamento ha suggerito l'impiego di un altro poligono regolare capace di descrivere la geometria dell'abside; in ragione della posizione della chiave e della disposizione dei cinque lati del catino, è stata ipotizzata una configurazione a nove lati, quattro dei quali occultati dal taglio della crociera. Per la costruzione dell'ennagono regolare si è applicata la costruzione geometrica a partire da un lato noto; l'estensione del lato è stata dedotta in due distinti modi: una prima costruzione è stata impostata considerando i centri delle semicolonne che scandiscono la partitura interna dell'abside; un secondo tentativo è stato

condotto congiungendo gli speroni esterni. La continuità tra le semicolonne poste all'interno e gli speroni esterni, entrambi collocati lungo i raggi della circonferenza di base, consente la generazione di figure geometriche concentriche, offrendo pertanto ulteriori elementi di validazione. La costruzione geometrica ha evidenziato la sostanziale congruenza tra i vertici del poligono e i centri delle semicolonne; il baricentro della figura è stato rintracciato sulla proiezione della chiave, descrivendo quindi un ennagono concentrico alla circonferenza di base. Per tale ragione anche le proiezioni orizzontali dei costoloni sono state individuate congiungendo il centro e i vertici dell'ennagono [fig. 7].

Gli studi effettuati sulla nuvola di punti acquisita nella basilica di Santa Croce a Lecce, suggeriti dalle numerose affinità con l'abside di Cursi, hanno condotto ad analoghe conclusioni; in quest'ultimo caso la pianta polilobata è sostituita da una configurazione planimetrica poligonale che rende più evidente l'impianto ennagonale. Come a Cursi, il baricentro dell'intera composizione è rintracciabile sulla proiezione della chiave, ancora una volta arretrata rispetto all'arco che delimita l'innesto nella crociera. L'impianto geometrico, così come a Cursi, è basato quindi su un ennagono regolare, i cui vertici ricadono al centro delle esili colonne dell'unico registro [fig. 8]. Tale configurazione è più evidente tracciando una sezione orizzontale alla quota della cornice modanata, da cui è chiaramente visibile l'assetto poligonale dell'intera composizione.

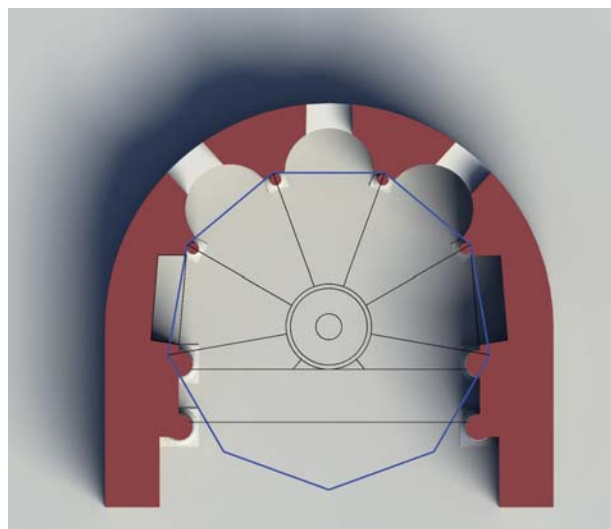
Rintracciata la geometria fondamentale che regola il progetto dell'abside del San Nicola, è stato sufficiente ricer-



7. Chiesa di San Nicola a Cursi, vista superiore della nuvola di punti e individuazione dell'ennagono regolare.

care i rapporti armonici tra i singoli elementi architettonici in pianta e in alzato; partendo dalla pianta, si evince che il dimensionamento della fabbrica si basa sulla circonferenza esterna, misurata escludendo l'aggetto dello zoccolo basamentale; riconducendo i singoli elementi a tale circonferenza si ottiene che [fig. 9]: (a) la terza parte del diametro esterno descrive il diametro delle circonferenze interne impiegate per la polilobata; (b) ciascuna circonferenza della polilobata ha il centro sulla retta che congiunge il centro e i punti medi dei lati dell'ennagono, ed è posto a una distanza dalla chiave pari a un quarto del diametro esterno; (c) i punti di intersezione tra le circonferenze della polilobata disposte a raggiera costituiscono i centri delle semicolonne dell'abside; (d) le nicchie circolari ricavate sulle superfici cilindriche della polilobata hanno diametro pari alla sesta parte del diametro esterno e il centro di tali circonferenze è posto ad una distanza dalla chiave pari a $\frac{3}{4}$ del raggio esterno. Anche il progetto degli alzati è contraddistinto da analogo rigore geometrico; le altezze e le partizioni murarie sono scandite anch'esse da moduli riconducibili al diametro della circonferenza che circonda l'intera abside; l'altezza complessiva, calcolata dal calpestio dell'abside all'intradosso della copertura, è pari all'intero diametro della circonferenza esterna; le altezze degli elementi architettonici e le quote dello spartito murario sono dimensionate in ragione della sesta parte del diametro esterno [fig. 9(e)]. Trattazione a parte merita la complessa configurazione della volta, che cela una sensazionale quanto ardita costruzione geometrica.

Come detto, la copertura è suddivisa in cinque spicchi da costoloni radiali che si congiungono sulla chiave pendula; una fascia continua di *combados* – ossia costole intermedie che raccordano due punti alla medesima quota tra due costoloni contigui – suddivide la calotta secondo un piano approssimativamente orizzontale. Sezionando la nuvola di punti con piani di taglio opportunamente posizionati sono state rintracciate le matrici geometriche dell'apparato strutturale; da tali indagini è emerso che i costoloni subiscono un cambio di curvatura in corrispondenza dell'innesto dei *combados*. La porzione inferiore del costolone descrive un arco di circonferenza avente centro sull'asse verticale passante per la chiave, alla quota fissata dal piano d'imposta della



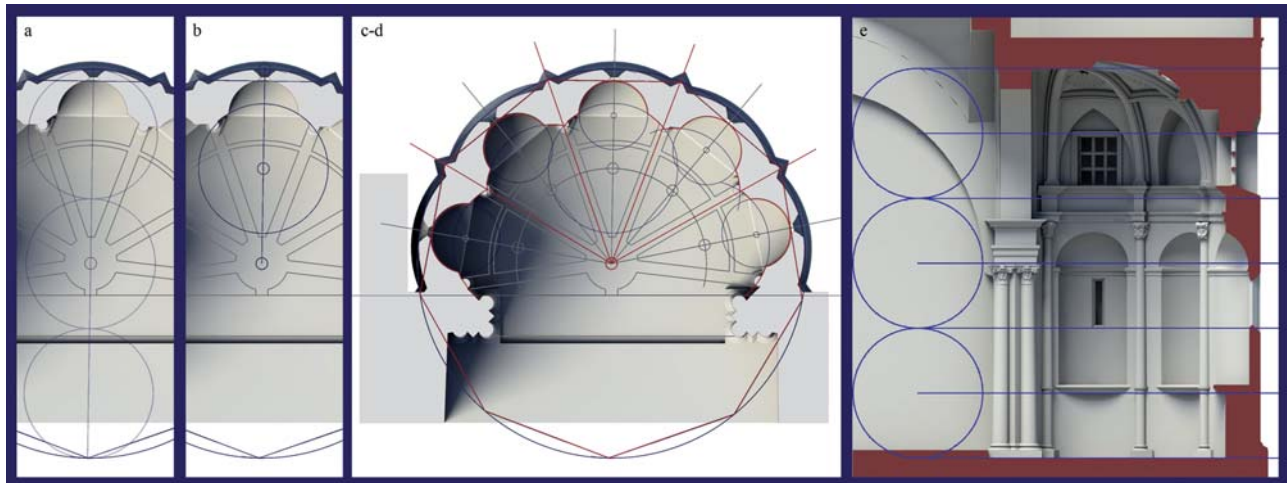
8. Basilica di Santa Croce a Lecce, pianta dell'abside e individuazione dell'ennagono regolare.

calotta. L'arco descritto dalla porzione superiore del costolone ha raggio pari alla metà dell'altezza complessiva del catino, misurata dal piano di calpestio interno all'intradosso della copertura; tale dimensione dell'alzato, come detto, è riconducibile al raggio della circonferenza planimetrica esterna che circoscrive l'intera abside. Da tali considerazioni è evidente che tale circonferenza esterna, oltre a regolare la partizione degli alzati, determina la curvatura della porzione superiore dei costoloni.

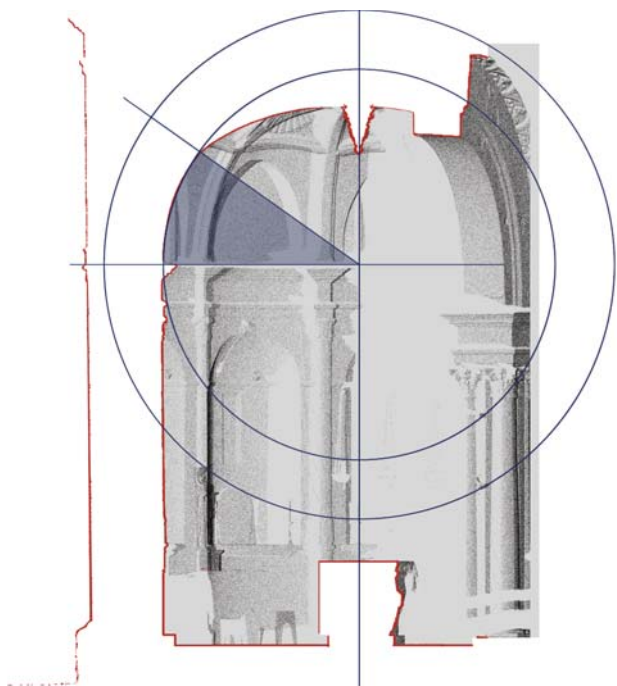
L'impiego di due raggi di curvatura distinti per i costoloni, che, come detto, consente di abbassare la quota della chiave pendula, altrimenti occultata dall'arco a tutto sesto antistante, genera un evidente punto di di-

scontinuità posto all'intersezione tra i due archi di circonferenza; da ciò è ipotizzabile che l'innesto dei *combados* sia presumibilmente servito a celare tale discontinuità nell'apparecchio murario [fig. 10].

Di apprezzabile raffinatezza è la soluzione sperimentata per definire le traiettorie dei *combados*, che mette in risalto le conoscenze di geometria proiettiva dell'ancora sconosciuto progettista. Osservando la calotta dal basso, si intuisce che la proiezione orizzontale dei *combados* possa descrivere una circonferenza perfetta; naturalmente tale ipotesi è stata verificata esaminando la nuvola di punti acquisita; tale esame ha permesso di rintracciare il centro di tale circonferenza sulla proiezione della chiave [figg. 11a, 11b]. I *combados* assumono tra-



9. Chiesa di San Nicola a Cursi, rapporti armonici rintracciabili nella pianta e nell'alzato dell'abside: (a) pianta, particolare, suddivisione in tre parti del diametro complessivo; (b) pianta, particolare, posizionamento della circonferenza della polilobata; (c,d) pianta, individuazione delle matrici geometriche che regolano l'impianto planimetrico; (e) alzato, individuazione delle partiture orizzontali.

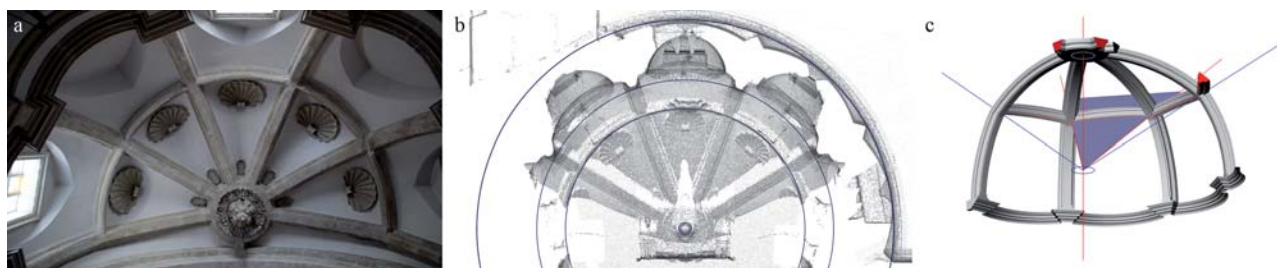


10. Chiesa di San Nicola a Cursi, sezione della nuvola lungo uno dei costoloni; in evidenza il raggio di curvatura della porzione inferiore.

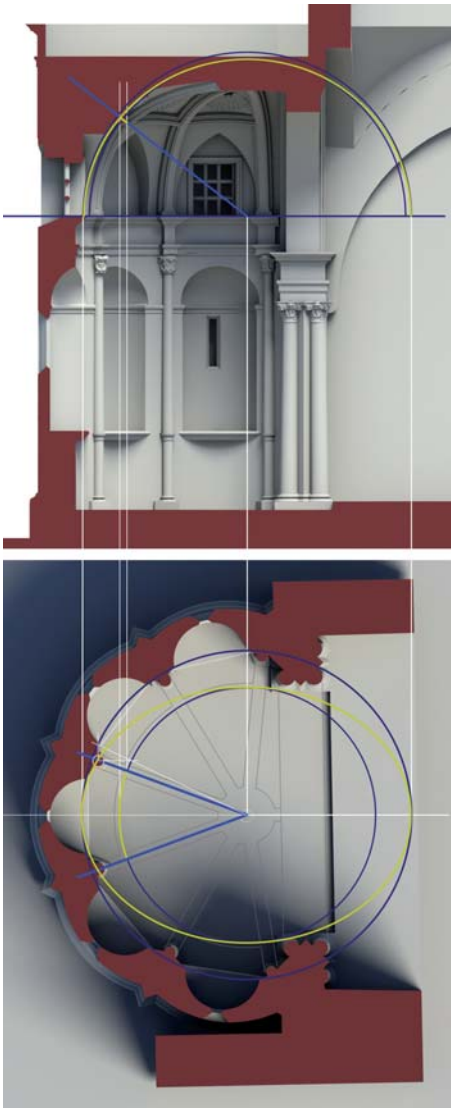
iettorie ascrivibili a curve piane; i relativi piani di giacitura sono facilmente individuabili attraverso tre punti: un punto coincide con il centro dell'arco descritto dai costoloni principali; gli altri due punti, naturalmente, si trovano agli estremi di ogni *combado*. Ogni spicchio della calotta è pertanto tagliato da un singolo piano, che ha in comune con il piano attiguo due dei tre punti descritti (il centro dell'arco e il punto individuato sul costolone comune) e si distingue per il punto sul costolone opposto [fig. 11c]. Gli archi che discretizzano le traiettorie dei *combados*, sono evidentemente archi ellittici, poiché giacciono sui suddetti piani inclinati e descrivono, in proiezione orizzontale, una circonferenza perfetta.

L'intero sistema strutturale dell'abside può essere discretizzato da una rete di curve, composta dagli archi di circonferenza dei costoloni e gli archi ellittici dei *combados*; considerando ciascuno spicchio della calotta, le maglie inferiori di tale rete appartengono a un ellissoide che rispetta due condizioni geometriche: sezionando

31



11. Cursi. Chiesa di San Nicola, (a,b) copertura del catino e vista ortografica della nuvola di punti; (c) modello del sistema di costoloni; in evidenza il piano di giacitura dei *combados*.



32

12. Chiesa di San Nicola a Cursi, ipotesi ricostruttiva del progetto per la calotta: costruzione delle ellissi in doppia proiezione.

l'ellissoide con piani verticali che contengono due costoloni contigui, si ottengono circonferenze aventi raggio pari a quello descritto dai costoloni⁷; l'asse minore dell'ellissoide è pari al diametro della circonferenza descritta dalla proiezione orizzontale dei *combados*.

Naturalmente il progetto della calotta nella sua complessità tridimensionale doveva essere inevitabilmente ricondotto a un più semplice problema di doppia proiezione [fig. 12], metodo senz'altro noto al progettista e presumibilmente impiegato anche in fase costruttiva. La rappresentazione dell'ellissoide veniva ridotta al disegno delle sue proiezioni in pianta e in alzato. È presumibile che il maestro dell'abside di Cursi tracci l'ellisse utilizzando il metodo dei cerchi concentrici; tale metodo conduce alla costruzione delle ellissi per punti, essendo note le circonferenze tangenti alle estremità degli assi principali. Nel caso della proiezione orizzontale è nota solamente la circonferenza minore, identificata con la proiezione orizzontale dei *combados*; attraverso un procedimento grafico inverso è possibile risalire alla dimensione della circonferenza maggiore sfruttando uno dei due punti noti dell'ellisse, coincidenti con l'imposta dell'arco che descrive i costoloni. Ottenuta la circonferenza maggiore è possibile tracciare l'ellisse orizzontale per punti.

Per tracciare la proiezione frontale sono note entrambe le circonferenze necessarie alla costruzione dell'ellisse: la minore ha raggio pari al raggio di curvatura dei costoloni; la maggiore è la medesima ricavata dalla costruzione dell'ellisse orizzontale. Note le due proiezioni dell'ellissoide, è possibile ricavare, in proiezione fron-

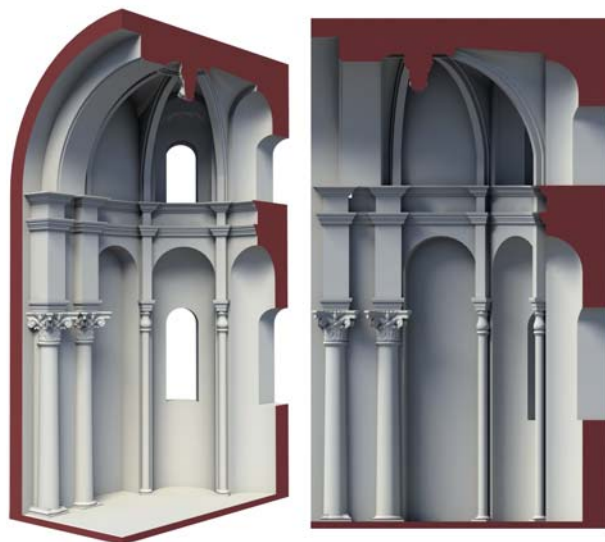
tale, la traccia del piano che contiene i *combados*⁸; sul ribaltamento di tale piano è quindi possibile costruire (per punti) anche l'arco ellittico descritto dai *combados*. Di tale costruzione geometrica è utile considerare la sola porzione di ellissoide compresa tra i due costoloni contigui, che definisce lo spicchio inferiore della calotta; ruotando radialmente la porzione di ellissoide così ottenuta, è possibile ricostruire l'intero sistema inferiore della copertura; la porzione superiore, come detto, è delimitata ancora una volta dai *combados* e dalle porzioni superiori dei costoloni che, come visto, descrivono archi di circonferenza riconducibili al cerchio esterno.

Nonostante le affinità tra le absidi di San Nicola e Santa Croce cui si è accennato, l'insolita soluzione nervata a doppia curvatura interrotta da costole intermedie non trova applicazione nella vicina Lecce; nell'abside di Santa Croce, il problema della visibilità della chiave è più semplicemente risolto con un arco a profilo ogivale posto tra crociera e abside. Rispetto all'arco a tutto sesto di Cursi, la cui altezza è determinata in funzione dell'ampiezza del catino, il sesto acuto di Santa Croce è adeguatamente dimensionato per raggiungere la medesima quota della chiave pendula; in tal modo la visibilità della chiave è garantita senza ricorrere all'abbassamento della calotta e alla discontinuità nella curvatura dei costoloni. Questi ultimi descrivono archi a tutto sesto e sono impostati su un alto sovrassesto, che consente di colmare la differenza di quota prodotta dalla soluzione a sesto acuto [fig. 13].

L'eleganza dell'impianto del San Nicola a Cursi è evi-

dente anche all'esterno grazie alla sapiente combinazione di volumi semplici e all'impeccabile taglio dei conci secondo precise procedure di stereotomia.

Come si dirà in seguito, il tema delle intersezioni tra solidi troverà largo impiego anche in altre fabbriche salentine, come l'abside della chiesa di San Michele Arcangelo, che riprende, con una soluzione più raffinata, un tema architettonico impiegato anche nel tamburo della cupola e nel pilastro d'angolo nella chiesa di Santa Croce a Lecce. Analogie di matrice geometrica si riscontrano nelle raffinate soluzioni polilobate degli estradossi delle due absidi: entrambe sono inscritte in involucri cilindrici in pietra che, solo a tratti, lasciano emergere i volumi interni. Così come all'interno, le in-



13. Basilica di Santa Croce a Lecce, vista prospettica e sezione longitudinale del modello digitale.

tersezioni tra le circonferenze descritte dall'assetto polilobato sono contraddistinte dal medesimo motivo a speroni, disposti in posizione radiale.

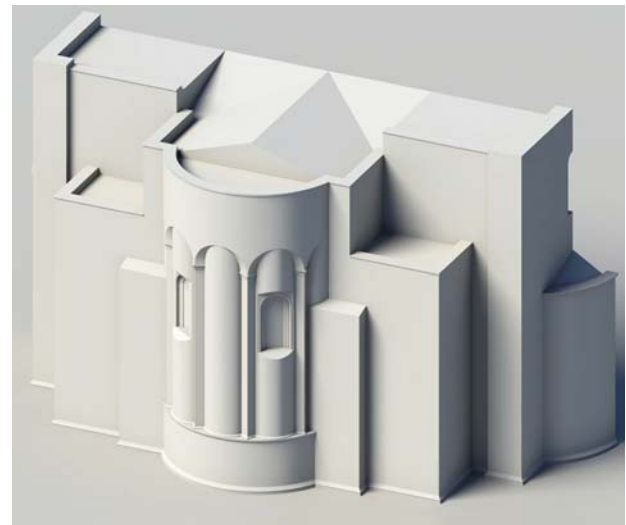
L'abside della chiesa di San Michele Arcangelo

L'abside della chiesa di San Michele presenta all'interno una composizione poligonale, mentre all'esterno un volume cilindrico, di raggio 7,73 m e alto 12,62 m, contiene e svela una raffinata composizione di stereotomia e commettitura di solidi [fig. 14].

All'interno lo sviluppo verticale è contraddistinto dalla sovrapposizione di due registri conclusi da una volta stellare con costoloni a tutto sesto. Il primo registro

poggia su un alto basamento di forma semicircolare, di raggio pari a 5,54 m e si caratterizza per la presenza di cinque nicchie circolari, con calotte semi-sferiche, intervallate da piccole colonne; queste ultime sono decorate con bassorilievi nella parte inferiore e scanalate nella parte superiore. I capitelli, riccamente intagliati, sorreggono un'alta cornice poligonale, decorata con bassorilievi a motivi floreali, che marca e termina il primo registro. Nel secondo registro, cinque paraste, anch'esse decorate con motivi ornamentali e poste in asse con le colonne sottostanti, scandiscono dei riquadri lisci di forma rettangolare delimitati da cornici; i più esterni, di tali riquadri, sono ulteriormente suddivisi in due metà da un ricorso orizzontale.

La volta s'imposta alla quota di 8,50 m sulla cornice po-



14. Chiesa di San Michele Arcangelo a Minervino, viste prospettica e assonometrica del modello tridimensionale dell'abside.

ligonale del secondo registro, ed è costituita da cinque spicchi separati da costoloni disposti radialmente attorno a una chiave riccamente decorata alla francese⁹ posta a 10,90 m di altezza; tra un costolone e l'altro, le pareti di fondo sono marcate da cornici che disegnano finestre cieche ad arco a sesto acuto, mentre superfici rigate di raccordo tra queste e i costoloni costituiscono le unghie degli spicchi voltati.

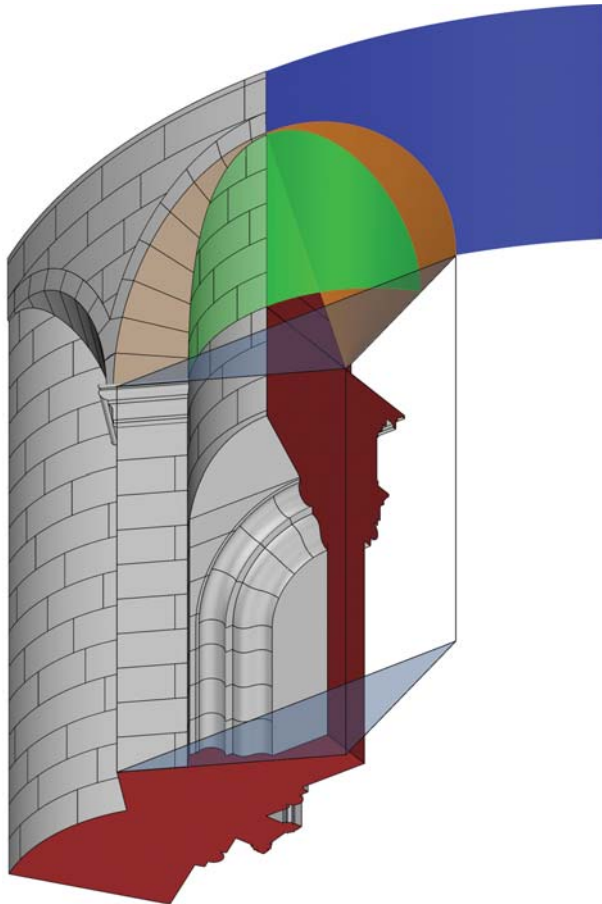
L'abside è introdotta e connessa al transetto della chiesa da una struttura ad arco a tutto sesto profonda 2,80 m nel quale, alla quota del secondo registro, si aprono sul coro due affacci contrapposti; queste aperture presentano un parapetto aggettante in pietra, che presenta una forma arcuata ed è sorretto da una mensola [fig. 15]. All'esterno, come già visto per il tamburo della chiesa

di Santa Croce e per l'estradosso dell'abside di Cursi, è riproposto, con un'accentuazione volumetrica più spiccata, il motivo della superficie polilobata; questa è costituita da una successione di superfici cilindriche tangente a un semi-cilindro più esterno. Questa struttura, che ricalca l'andamento delle nicchie interne, è delimitata inferiormente da un basamento alto 2,30 m ed è conclusa da trombe coniche che s'intersecano con la superficie cilindrica più esterna determinando una successione di archi in curva. Questo complesso gioco di volumi può essere concepito come l'inserimento di cilindri nei vuoti creati dalla sottrazione dal cilindro principale di solidi sovrapposti, costituiti da un prisma ad asse verticale con base triangolare e un semi-cono ad asse orizzontale, posto su di esso, avente due delle sue



15. Chiesa di San Michele Arcangelo a Minervino, pianta alla quota del primo registro e sezione trasversale dell'abside.

generatrici coincidenti con altrettanti spigoli della base superiore del prisma. Questa “operazione booleana”, ripetuta secondo una scansione radiale, crea una successione di spicchi convessi, tangenti tra loro e conver-



36

16. Chiesa di San Michele Arcangelo a Minervino, schema compositivo e geometrico della superficie polilobata dell'estradosso dell'abside.

genti verso il centro dell'abside; tale soluzione determina un profilo descritto planimetricamente da una spezzata che, nei vertici più esterni, forma angoli di 90 gradi. Tali vertici costituiscono la sezione orizzontale dei caratteristici speroni verticali che separano ed emergono tra un cilindro e l'altro della suddetta superficie polilobata [fig. 16].

Su tale superficie sono ricavate due finestre con arco a tutto sesto – oggi chiuse, ma che un tempo dovevano garantire l'illuminazione interna dell'abside – caratterizzate da una spessa modanatura che ne marca il bordo esterno.

Il sapiente gioco di volumi che contraddistingue quest'abside, realizzato utilizzando piccoli conci di pietra da taglio, dimostra la padronanza dell'architetto e dei maestri scalpellini dell'arte e scienza della stereotomia; infatti, ad esempio, la superficie conica già menzionata è in realtà, come descritto da Alonso de Vandelvira, una *pechina torre redonda*¹⁰ (tromba in torre rotonda), che per la sua costruzione, richiede elevate conoscenze delle tecniche di taglio dei conci e delle regole geometriche, essenziali per la realizzazione di *patrones* e *baibeles*¹¹.

Analizzando con più attenzione l'impianto planimetrico dell'abside della chiesa di San Michele Arcangelo è possibile rintracciare una precisa costruzione geometrica. Se si considerano, infatti, la circonferenza più esterna e un decagono inscritto in essa, è possibile tracciare dei triangoli rettangoli isosceli, anch'essi inscritti, con il vertice opposto all'ipotenusa coincidente con uno dei vertici del decagono; tutte le ipotenuse saranno incidenti nel centro della circonferenza. I ca-

teti di tali triangoli permettono di determinare l'orientamento e il profilo triangolare di 90 gradi dei già citati speroni, mentre l'intersezione tra i vari lati dei distinti triangoli consente di individuare il centro delle circonferenze concentriche che descrivono i lobi esterni e le nicchie interne. La dimensione della circonferenza esterna è data dalla sua tangenza con la circonferenza principale; la dimensione di quella delle nicchie è definita dalla sua tangenza alle circonferenze esterne della polilobata.

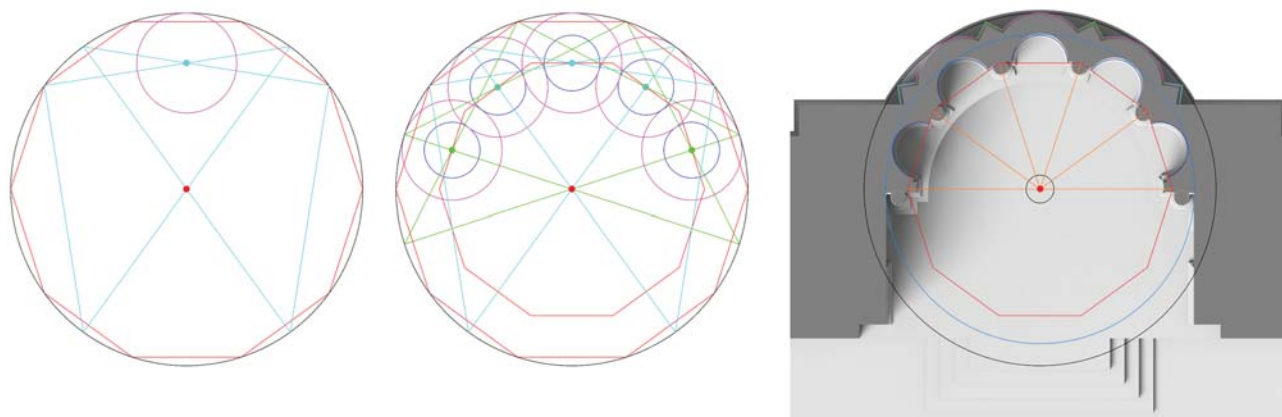
Un secondo decagono concentrico e passante per i centri delle circonferenze trovate, definisce l'ingombro interno dell'abside e il suo profilo poligonale. Il centro del decagono coincide con la proiezione orizzontale della chiave di volta mentre i costoloni sono disposti secondo le diagonali di tale poligono.

Il diametro della circonferenza tangente ai cerchi che

definiscono i profili delle nicchie fissa la larghezza dell'arco che introduce l'abside e in elevato, la stessa circonferenza, ne descrive l'arco a tutto sesto [fig. 17].

Conclusioni

Le matrici geometriche rintracciate nelle due absidi salentine regolano l'intera struttura architettonica sia nelle proporzioni tra le singole parti, sia nel dimensionamento delle masse murarie. Sotto il profilo costruttivo, le sottrazioni tra volumi semplici determinano l'ispessimento o la progressiva riduzione delle masse murarie resistenti e di tamponamento; pertanto in prossimità delle intersezioni tra i lobi (Cursi) o ai vertici del profilo planimetrico poligonale (Minervino) le murature raggiungono la massima dimensione possi-



17. Chiesa di San Michele Arcangelo a Minervino, schema compositivo e geometrico dell'impianto planimetrico dell'abside.

bile, configurando strutture murarie complesse in grado di reggere le sollecitazioni della copertura; gli svuotamenti prodotti da nicchie e lunette consentono il progressivo alleggerimento dell'intero congegno architettonico e l'apertura di varchi per l'illuminazione interna. Come visto, anche le complesse procedure di intaglio dei conci murari rispondono a precisi canoni di geometria, dimostrando il fondamentale ruolo che essi assumono nella definizione di procedure e tecniche costruttive.

Naturalmente l'individuazione di tali matrici geometriche sarebbe stata più ardua senza un rilievo condotto con procedure *laser scanning*, che ha permesso una più rapida e approfondita acquisizione dei manufatti, spesso

non raggiungibile con le sole tecniche di rilievo tradizionali. La possibilità di acquisire un simulacro digitale delle absidi ha permesso di interrogare e confrontare tra loro le nuvole di punti, validare precedenti ipotesi interpretative e proporre una plausibile ricostruzione delle vicende progettuali delle fabbriche.

Futuri sviluppi di questo studio potrebbero riguardare la ricerca di simili matrici geometriche in Spagna; l'eventuale individuazione di analoghe configurazioni ennagonali nelle terminazioni absidate di chiese iberiche potrebbe rafforzare le ipotesi sui legami tra Puglia e Castiglia e permetterebbe di ricostruire una ipotetica mappa di diffusione di modelli e maestri della stereotomia nel Salento di età moderna.

Parole chiave: rilievo laser scanning, indagine geometrica, abside, modellazione 3D, stereotomia.

Nota biografica degli autori

Tommaso Abbate (Partinico, 1984) è architetto e dottorando nel Dottorato di Ricerca in “Storia e Rappresentazione dell'architettura e della città” presso l'Università degli Studi di Palermo. Consegue la laurea in Architettura presso l'Università degli Studi di Palermo (2011) con una tesi sulla ricostruzione del Castello a mare di Palermo. Attualmente conduce una ricerca su una tipologia di cupola dotata di torri angolari, diffusa in Sicilia tra XVI e XVIII secolo. I suoi interessi scientifici riguardano metodologie e tecniche di rilievo e rappresentazione dell'architettura.

Mirco Cannella (Trento, 1982) è architetto e dottore di ricerca in “Scienze del Rilievo e della Rappresentazione Architettonica”. Attualmente è assegnista di ricerca presso il Dipartimento di Architettura dell'Università di Palermo dove conduce delle ricerche nell'ambito del progetto *Cosmed From Stereotomy to Antiseismic Criteria: Crossroads of Experimental Design. Sicily and Mediterranean (XII-XVIII Century)* dell'European Research Council for Grant agreement for Advanced Grant 2011. La sua attività di ricerca è incentrata sull'interpretazione e rappresentazione digitale 3D di manufatti architettonici rilevati con strumentazioni a scansione *laser* e con metodi fotogrammetrici.

Note

* Questo saggio è stato realizzato in stretta collaborazione fra i due autori che ne hanno discusso e concepito insieme l'impostazione complessiva, l'approccio metodologico e rivisto i contenuti e la scrittura. Va precisato che il secondo paragrafo, relativo all'abside di Cursi, è stato redatto da Tommaso Abbate, il terzo paragrafo, relativo all'abside di Minervino, è stato redatto da Mirco Cannella, infine l'introduzione, il primo paragrafo e le conclusioni sono state redatte in collaborazione. Gli autori desiderano mostrare la loro riconoscenza ai parroci delle due chiese per tutte le agevolazioni concesse per la realizzazione del presente saggio. Un ringraziamento speciale va ai professori Marco Rosario Nobile e Fabrizio Agnello per il sostegno e per la preziosa guida offerta durante il lavoro di ricerca.

¹ M. R. NOBILE, *Volte in pietra. Alcune riflessioni sulla stereotomia tra Italia meridionale e Mediterraneo in età moderna*, in *La stereotomia in Sicilia e nel Mediterraneo*, a cura di M. R. Nobile, Palermo, Edizioni Caracol, 2013, pp. 30-36.

² *The research leading to these results has received funding from the European Research Council under the European Union's Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013) / ERC grant agreement n° 295960 – COSMED.* La ricerca che ha portato a questi risultati ha beneficiato di un finanziamento da parte del Consiglio europeo della ricerca nell'ambito del Settimo programma quadro dell'Unione europea (FP7/2007-2013) / ERC grant agreement n° 295960 – COSMED.

³ M. R. NOBILE, *Volte in pietra...*, cit., p. 34.

⁴ I rilievi sono stati condotti utilizzando uno *scanner laser* Leica HDS7000.

⁵ Più la superficie è scura, minore sarà il valore d'intensità poiché un maggior quantitativo di luce *laser* sarà assorbito dalla superficie stessa.

⁶ Cfr. F. AGNELLO, *Rilievo e Rappresentazione del soffitto della navata centrale della Cappella Palatina*, in *La Cappella Palatina a Palermo*, a cura di B. Brenk, Modena, Panini, 2010, pp. 295-352.

⁷ Ciò implica che il semiasse verticale dell'ellissoide, che ne determina l'altezza, abbia ampiezza pari al raggio descritto dai costoloni. Di conseguenza anche i punti di imposta di tali costoloni sono punti che appartengono all'ellissoide e, pertanto, all'ellisse ottenuto dalla sua proiezione orizzontale.

⁸ La determinazione di tale inclinazione avviene semplicemente tracciando in proiezione orizzontale la bisettrice dell'angolo formato tra i due costoloni, rintracciando l'intersezione che essa produce con la proiezione del *combado* e riportando tale punto in proiezione frontale fino ad intercettare l'ellisse verticale; infine congiungendo tale punto con il centro della circonferenza descritta dal costolone si ottiene la traccia del piano che contiene l'arco ellittico del *combado*.

⁹ M. R. NOBILE, *Volte in pietra...*, cit., p. 35.

¹⁰ J. C. PALACIOS, *Trazas y cortes de cantería en el renacimiento español*, Madrid, Munilla-Leria, 2003, pp. 43-44.

¹¹ I *patrones* sono dei cartoni che riproducono le facce dei conci e consentivano di tracciarne il contorno, mentre i *baibeles* sono delle squadre o dei modani lignei impiegati come guida per il taglio dei blocchi lapidei.

Geometric Matrices in the 16th-Century Apses of the Churches of San Nicola in Cursi and San Michele Arcangelo in Minervino di Lecce in the Salento Peninsula

Tommaso Abbate, Mirco Cannella

The refined design solutions shared by some Apulian edifices dating from the middle of the 16th-century are based on the use of complex geometric patterns, such as the intersection between solids or double-curved surfaces, requiring specific experience in cutting the ashlar and a high degree of geometric rigor during the construction stages. This paper offers a critical interpretation of the geometric and proportional matrices applied to the construction of the 16th-century apses of the churches of San Nicola in Cursi and San Michele Arcangelo in Minervino di Lecce in the Salento peninsula. It also intends to assess possible links between the cases examined and other contemporary edifices in an attempt to identify possible common rules. The study of the geometric matrices used for the construction of these edifices was carried out by means of laser scanning and the creation of digital models to discretize the morphological configuration. The surveys revealed the refined geometric system underpinning the complex configuration of the apse in Cursi; in the first instance, the conch appears to be regulated in the plan by a semi-decagonal layout, which can be inferred from the five lobes with niches. A more in-depth analysis showed that this configuration is rather due to a regular nonagon, whose four sides are concealed by the cut of the crossing. The roof of the apse is divided into five bays by radial ribs that join with the pendant; a continuous band of *combados* – i.e. intermediate ribs that connect two points at the same height between two adjacent ribs – divides the ribs

in a roughly horizontal plane. The entire structural system of the calotte can be discretized through a portion of an ellipsoid that meets precise geometric conditions. Obviously, the plan of the calotte in its three-dimensional complexity had to be fit into an inevitably simpler problem of double projection, a method undoubtedly known to the designer and presumably also applied during construction. The elegance of the plan of the church of San Nicola in Cursi is also evident on the outside thanks to a masterly combination of simple volumes and ashlar impeccably cut according to precise stereotomy procedures. The theme of intersecting solids is also widely used in other constructions in Salento, like the apse of the Church of San Michele Arcangelo, which adapts an architectural motif used in the drum and in the corner pillar of the Church of Santa Croce in Lecce by applying a more sophisticated solution.

The motif of the polylobate surface too is used in Minervino. The plasticity is enhanced through the succession of cylindrical surfaces tangent to an outer half-cylinder. This structure, which follows the trend of the internal niches, ends with conical pendentives, which intersect with the outer cylindrical surface, thus resulting in a succession of curved arches. The complex interplay of the volumes thus created can be reconstructed simply by subtracting or adding solids from the main cylinder. This "Boolean" operation, repeated radially, determines the characteristic spur-shaped planimetric profile of the apse. Fine geometric constructions, based on the use of a regular decagon and isosceles right triangles, determine the aforementioned profile in the plan. The legs of these triangles make it possible to determine the orientation and 90-degree triangular profile of the spurs, while the intersection between the various sides of

the different triangles can be used to find the center of the concentric circles tracing the external lobes and internal niches. Particular conditions of tangency between circumferences finally determine the dimensions of the individual parts of the apse.

The geometric matrices found in the two apses govern the entire architectural structure both in the proportions between the individual parts and in the sizing of the wall masses. From a construction perspective, subtraction between simple volumes results in the thickening or progressive reduction of the load-bearing and infill wall masses. Therefore, at the intersections between the lobes (Cursi) or at the summit of the polygonal planimetric profile (Minervino), the walls reach their maximum possible size, creating complex structures that are able to withstand the stress forces of the roofing. The empty spaces created by the niches and lunettes progressively lighten the entire architectural complex and allow for lighting the interior. Even the complex procedures for cutting the wall ashlar follow precise geometrical rules, demonstrating the crucial role they play in determining building procedures and techniques.

Of course, identifying these geometric matrices would have been much harder without laser scanning, which has allowed a more thorough and rapid acquisition of the artifacts, often unachievable with conventional survey techniques alone. The acquisition of a digital mockup of the apses allowed performing queries and comparing the point clouds, thus validating previous interpretative hypotheses and offering a plausible reconstruction of design stages of the two buildings.

Future developments of this study may involve finding similar geometric matrices in Spain. The discovery of similar nonagonal configurations in the apsidal termi-

nations of Spanish churches would reinforce the already accredited hypotheses about the links existing between Apulia and Castile and would make it possible to reconstruct a hypothetical map of the models and masters of stereotomy in Salento in the modern age.

Central Trefoil Apses: a *rara avis* of late Gothic Castilian Architecture

Begoña Alonso Ruiz

Among the spatial achievements of late Gothic Castilian architecture, the trefoil apsidal termination is one of the most interesting models. Castilian architects working between the late 15th century and the beginning of the following century had a very limited repertoire of spatial models for apsidal terminations in their buildings, which were usually used depending on the number of aisles of the church and on the liturgical function (parish church, convent, tomb, etc.). Some of these models were derived from the tenets of classic Gothic architecture, such as the crossings with ambulatory and radial chapels or straight apsidal terminations. In Castilian religious architecture of the 15th century we find the following types of apsidal terminations: polygonal presbytery, quadrangular plan and trefoil plan. These are diaphanous apsidal terminations, aisleless and without subdivision into bays. In these, the first challenge to be tackled – in addition to the roof consisting of a large vault – was the link between the structure of the apsidal termination and the nave and aisles, for which the first experiments were carried out in the context of aisleless convent churches.

It is a process of spatial centralization including reserved spaces, both liturgical and funerary, in which a decisive role was played by several generations of