



**HBIM.**  
**Un complesso dispositivo sincretico**

Paolo Borin



Il rapporto tra il patrimonio costruito storico e la sua rappresentazione, tramite operazioni di rilievo e restituzione grafica, è di antica memoria: se ne ritrova una descrizione riportata da Plinio il Vecchio, che nel *Naturali Historia* racconta la vicenda del vasaio Butade, legando la tradizione di pittura e scultura, attraverso il ripasso grafico di un'ombra su una parete muraria.

Lo studio qui presentato si occupa dello stesso rapporto all'interno della restituzione digitale di un manufatto storico. Questa ricerca appartiene ad un quadro di riferimento che intende superare la mimesi geometrica dei modelli architettonici, quale tratto comune di molte rappresentazioni digitali dell'architettura costruita. Decisivo in questo senso è stato un sempre maggiore sbilanciamento della modellazione digitale verso la pratica della simulazione<sup>1</sup>, visiva e percettiva, ma anche strutturale, fluidodinamica, ecc.

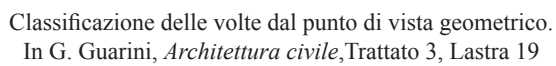
Il passaggio verso la simulazione è certamente coerente con l'idea di modello digitale. In stretta relazione con le capacità computazionali dei calcolatori, i modelli digitali sono caratterizzati da un'astrazione delle proprie caratteristiche, in termini di riduzione delle informazioni<sup>2</sup>. Il fine di queste operazioni è di comprendere, attraverso la simulazione stessa, uno o più fenomeni che governano l'oggetto studiato. In questo senso è utile pensare all'atto di modellazione di un edificio storico come un'operazione tipica di *reverse engineering* di un elemento esistente<sup>3</sup>: parafrasando Várady, come però ripetuto nella tradizione italiana della rappresentazione, mentre il processo edilizio convenzionale trasforma concetti astratti in elementi della realtà, durante un processo di *reverse engineering* gli elementi della realtà sono trasformati in modelli e concetti astratti<sup>4</sup>. Il processo di concettualizzazione e organizzazione delle informazioni per un edificio esistente è tuttavia più complesso della sua applicazione ad un prodotto industriale al quale usualmente si riferisce<sup>5</sup>. Un primo fattore è rappresentato dall'estrema eterogeneità delle informazioni sul bene architettonico<sup>6</sup>. L'analisi necessita di informazioni qualitative, quali documenti e iconografia per la ricerca storica, e informazioni quantitative, quali i risultati delle analisi meccaniche su materiali ed elementi strutturali,

configurazioni geometriche dello spazio rilevato, ecc. Un secondo fattore è dato dalla complessità implicita all'edificio storico, che presenta sistemi multifunzionali<sup>7</sup>.

Di conseguenza l'approccio ad uno studio del patrimonio architettonico pone lo studioso di rappresentazione davanti a numerose questioni critiche per la disciplina stessa. La oramai raggiunta, ed estrema, facilità con la quale si ricorre a modelli digitali mette infatti in guardia sul significato stesso della ricerca: cosa, come, perché rappresentare un edificio esistente. Infatti, ad oggi, ogni operatore correttamente istruito ad un software, riesce a riprodurre velocemente le fattezze dell'edificio reale in un duplicato virtuale esperibile da un dispositivo elettronico. È chiaro come questa immediatezza si possa occupare soltanto della dimostrazione della mimesi geometrica, che è un requisito che ogni modello deve possedere, rispetto ad una mimesi più profonda, che rispetti coerenza e ricchezza del reale sotto l'aspetto sia visivo sia analitico. Si tratta, in fondo, di un problema di intelligibilità del modello rispetto alle informazioni che contiene: occorrono pertanto strumenti, in termini di modelli più che di software, che siano in grado di restituire la conoscenza che deriva dall'atto cognitivo da rilievo a restituzione<sup>8</sup>.

Il sistema matriciale tra capacità analitica e complessità del dato, ha portato più ricerche a definire imprescindibile il ricorso a sistemi informativi che garantiscano, attraverso l'unione di geometria e database, prima l'accesso e l'organizzazione delle informazioni, poi l'estrazione di conoscenza dal modello<sup>9</sup>. Di conseguenza, un sistema informativo per la conoscenza architettonica non può che essere una collezione di oggetti strutturati identificati attraverso un preciso vocabolario<sup>10</sup>. Altri autori individuano un parallelo tra il modello parametrico semantico e i trattati, in quanto entrambi portatori di conoscenza tecnica e regole geometriche di creazione degli elementi architettonici<sup>11 12</sup>.

Al contempo sono stati fatti importanti sforzi da parte della comunità internazionale per codificare e facilitare la creazione del Building Information Modeling<sup>13</sup>. Questo è il risultato di una ricerca che riguarda il passaggio di informazioni durante il processo di progettazione e costruzione degli edifici di nuova costruzione, che vengono garantite da elementi appartenenti a classi, nominate secondo un dizionario architettonico e costruttivo. Lo sforzo maggiore si è tuttavia concentrato



nell'esprimere le procedure di costruzione geometrica di ogni elemento del dizionario<sup>14</sup>. A partire dalle usuali operazioni di modellazione tridimensionale CAD, sono state tradotte nei software, le semplici operazioni che portano alla modellazione virtuale di ogni elemento precedentemente definito<sup>15</sup>.

Gli oggetti così descritti acquisiscono poi due importanti proprietà. La prima è rappresentata dalla relazionalità<sup>16</sup>. Essa è definibile, in prima istanza, dalla capacità degli oggetti di legarsi ad una struttura geometrica di riferimento, che ordini il modello secondo le tipiche letture dell'architettura a cui siamo abituati, per sezioni orizzontali e/o verticali. Aumentando la complessità del modello, è poi possibile creare delle regole di legame tra classi di oggetti: in questo modo il sistema crea, ad esempio, i vincoli di relazione tecnologico-costruttivi tipici dell'architettura storica<sup>17</sup>. La seconda è la capacità degli oggetti di essere associati a dati alfanumerici. In questo senso, la società dell'informazione ci ha ben allenato all'uso dei termini quali informazione, parametro, valore alfanumerico, ed essi assumono sempre maggiore importanza anche nella rappresentazione digitale<sup>18</sup>.

Si è così portati a pensare che ci si trovi davanti ad una congiuntura, culturale e tecnologica, che garantisce finalmente la possibilità di strutturare il sistema eterogeneo e complesso del bene architettonico all'interno di strutture informatiche e geometriche. Il processo di *reverse engineering* per il costruito si definisce allora come l'attività di costruzione di un modello informativo che prende il nome di HBIM<sup>19</sup>. Verificata l'esistenza degli strumenti, la ricerca si è preoccupata di analizzare le conseguenze dell'attività di modellazione. In primo luogo, l'utente è invitato ad esplicitare le informazioni all'interno di un modello, secondo un processo di tassonomizzazione, operazione costruttiva preliminare ad ogni processo conoscitivo scientifico<sup>20</sup>. Il software induce a descrivere le entità modellate, le loro proprietà e le loro relazioni in un continuo processo di scomposizione e assemblaggio di oggetti. Il modello acquisisce natura sincretica: è in grado di replicare l'oggetto reale, formalizzandolo matematicamente, e garantendo capacità simulativa, in particolare grazie alla messa a sistema di informazioni e parametri<sup>21</sup>.

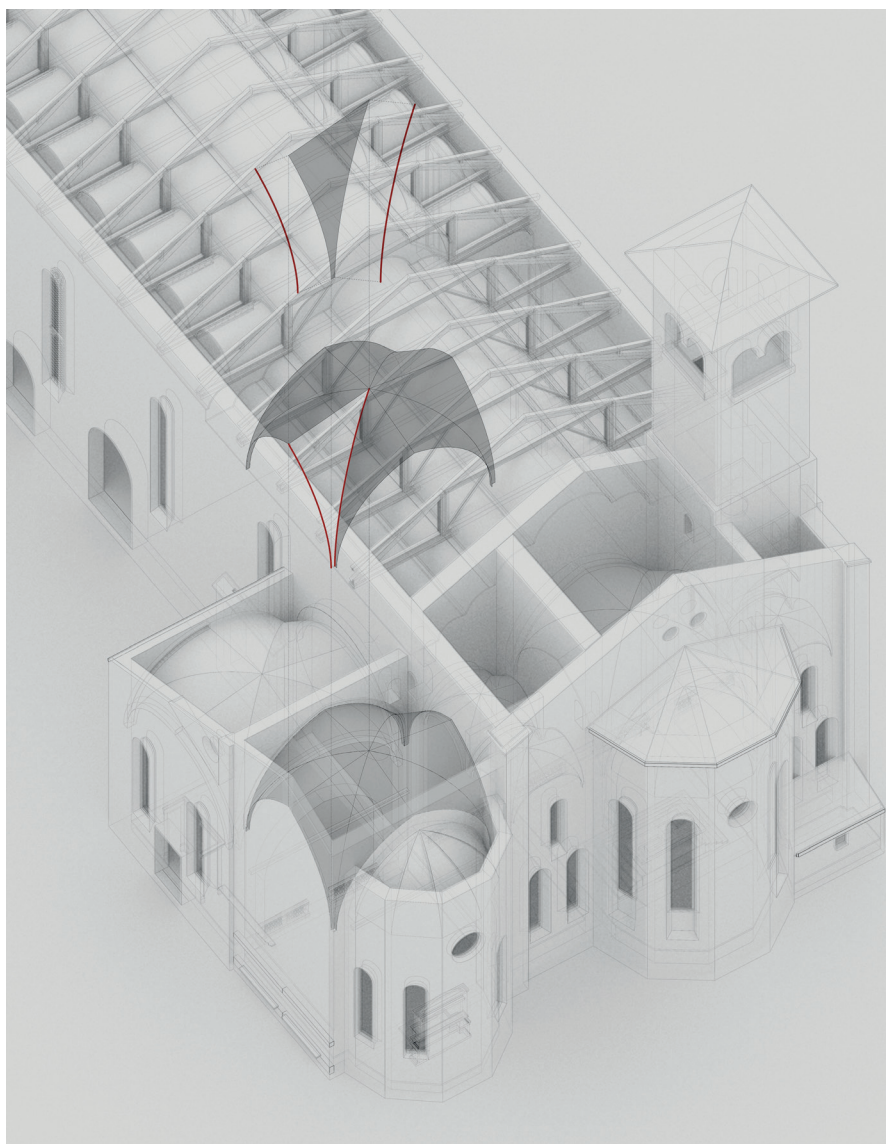
L'analisi delle superfici all'interno della chiesa degli Eremitani a Padova rappresenta il caso studio presentato a supporto della metodologia precedente. Se la creazione di una base di conoscenza non può

prescindere da un accurato rilievo geometrico e materico, in questo progetto si è scelto di sperimentare l'utilizzo di un modello informativo HBIM. Il modello è stato creato in modo da garantire l'accesso alle informazioni in esso contenute a diversi ambiti: rappresentazione e visualizzazione del bene, analisi delle fasi storiche, base delle informazioni per il progetto di recupero architettonico e strutturale, gestione temporale del manufatto. La procedura si è svolta grazie al trasferimento delle informazioni da un rilievo a nuvola di punti ad un ambiente per la creazione delle geometrie e del successivo arricchimento semantico di esse<sup>22</sup>.

L'attività di modellazione è stata accompagnata per l'intera durata dalla creazione di oggetti architettonici virtuali parametrici<sup>23</sup>. Tale fase è di fondamentale importanza per lo sviluppo e la diffusione delle tecniche di modellazione BIM applicate al patrimonio architettonico<sup>24</sup>. Gli oggetti infatti convogliano informazioni provenienti da analisi geometriche, costruttive e storiche, rendendo il modello in grado di svolgere simulazioni e di garantire una gestione consapevole del bene. Tali oggetti parametrici sono essi stessi dei modelli, poiché da essi è possibile attivare ragionamenti per similitudini e differenze: il modello HBIM diventa mediatore tra il singolare dell'oggetto reale e il plurale del riferimento tipologico<sup>25</sup>. È così facilmente individuabile un percorso di ricerca che preveda l'applicazione di componenti architettoniche derivate dalla trattatistica tecnologica storica, poi confrontate virtualmente con il rilievo tramite nuvole di punti. In uno scenario a regime, sarà poi attuabile un continuo confronto tra componenti virtuali del manufatto di analisi e il riferimento in libreria, in modo da individuare, per via automatizzata, le deviazioni stilistiche, costruttive, strutturali.

La valutazione del rapporto tra elemento particolare ed elemento generale è esemplificata dalla costruzione geometrica delle volte a crociera presenti nelle absidi e nelle cappelle laterali del complesso. Sebbene la procedura di modellazione delle volte a crociera sia un tema più volte esplorato<sup>26</sup>, sembra opportuno specificare il cambiamento di approccio qui esplorato.

La prima operazione da svolgere per la creazione di librerie geometriche è simile a quella che Guarino Guarini propone nel suo trattato di progettazione<sup>27</sup>, lamentando un certo grado di essenzialità nei trattati precedenti, sia degli *antiques* che dei *modernes*<sup>28</sup>. Il commento va letto non tanto in termini di trattazione degli aspetti tecnologici o costruttivi



La definizione geometrica delle volte è stata svolta attraverso la scomposizione  
in porzioni minori; ogni porzione è creata parametricamente definendo  
la curva direttrice e la curva lungo la diagonale.  
Elaborazione digitale di P. Borin



Modellazione della struttura lignea della chiesa degli Eremitani e sovrapposizione tra  
nuvola di punti e modello BIM, e costruito attraverso la  
costruzione di oggetti parametrici *ad hoc*.  
Elaborazione digitale di P. Borin

delle volte, che presenta esempi di notevole importanza<sup>29</sup>, quanto in una prima operazione di classificazione delle superfici secondo la loro logica geometrico-configurativa<sup>30</sup>. Risultano parimenti importanti le descrizioni che si trovano nel trattato delormiano *Nouvelles inventions pour bien bastir*<sup>31</sup>, in cui viene presentata la geometria dagli apprestamenti costruttivi per l'apparecchiatura delle volte. Le superfici qui proposte seguono proprio la produzione *in situ*, al pari di come indicato da Philibert De l'Orme: a partire dalle centine in corrispondenza della muratura o lungo le sezioni trasversali, vengono "gettate" le superfici voltate. È chiaro che, constatato che l'oggetto di studio è un manufatto di impostazione medievale, la ricerca dei trattati di riferimento per la configurazione geometrica delle superfici dovrebbe riferirsi a quelli antecedenti<sup>32</sup>. L'analisi della letteratura tuttavia già specifica come l'individuazione di una logica geometrica per il progetto delle volte medievali sia di difficile applicazione, nonostante il ritrovamento di appunti che spieghino regole di definizioni delle superfici<sup>33</sup>. Al pari, lo studio delle logiche strutturali ha spesso portato a risultati altalenanti<sup>34</sup>.

Ne deriva l'importanza di utilizzare metodologie digitali e analisi comparate che siano in grado di contemplare molteplici punti di vista: quello geometrico-configurativo, costruttivo e statico, in modo da ritracciare la base di conoscenza di trattatisti e apparecchiatori di volte, sia in pietra che in muratura. La produzione degli oggetti parametrici ha così permesso un embrionale catalogo delle volte a crociera, secondo le descrizioni geometriche delle imposte arcuate e della geometria dei costoloni. Ciò porta ad una libreria di oggetti che, invece di essere costituita per intersezioni di solidi cilindrici e conici, è formata da superfici rigate disposte su curve che approssimano l'arco di imposta e l'arco diagonale delle volte. Ancorché in una tipologia banale come quella delle volte a crociera, l'applicazione di questo metodo mostra qualche novità. Le curve di intersezione tra le unghie non sono sempre rappresentate da porzioni di curve ellittiche, quanto da archi di cerchio ribassati. Ne consegue che la geometria di base delle volte medievali non era derivata dalla sezione delle coniche, quanto dalla impostazione delle curve di cantiere, le centine lignee atte a sostenere la costruzione delle volte.

L'inserimento degli oggetti nel modello segue l'analisi iniziale geometrica dello stato di fatto, al fine di individuare la corretta categoria di

riferimento<sup>35</sup>, l'aggiustamento dei parametri dimensionali per sovrapporre l'oggetto alla nuvola e, infine, un confronto tra modello e rilievo. Quest'ultimo appare tra gli aspetti più rilevanti: una volta compresa la tipologia di volta, lo scostamento della componente virtuale dal rilievo potrebbe infatti determinare una problematica di natura strutturale. Ne consegue quindi una caratteristica fondamentale del procedimento di *reverse engineering* svolto attraverso l'utilizzo del BIM: la modellazione permette la creazione di informazioni non solo geometriche e l'individuazione di criticità configurative, che per l'architettura storica sono anche strutturali.

Tomás Maldonado classifica i modelli tra omologhi, analoghi e isomorfi<sup>36</sup>, associando a ciascuna due delle tre caratteristiche principali di un modello, struttura, forma e funzione. Nel caso della metodologia HBIM, dispositivo sincretico sembra un termine<sup>37</sup> utile poiché permette di associare agli elementi i requisiti richiesti. Tuttavia, la rispondenza mimetica diventa una caratteristica paritaria a funzione e soprattutto struttura, caratteristica che è legata al concetto di simulazione.

1. D. R. Scheer, *The death of drawing: Architecture in the age of simulation*, Routledge, Londra 2014.

2. Per una storia e un'interpretazione dei modelli architettonici si veda A. C. Smith, *Architectural Model as Machine. A New View of Models from Antiquity to the Present Day*, Architectural press-Elsevier, Londra 2004.

3. L. De Luca, P. Véron, M. Florenzano, *Reverse engineering of architectural buildings based on a hybrid modeling approach*, in "Computers & Graphics", n. 30, 2, 2006, pp. 160-176.

4. R. Migliari, *Geometria dei modelli*, Kappa Edizioni, Bologna 2003; T. Várady *et al.*, *Reverse engineering of geometric models. An introduction*, in "Computer-Aided Design", n. 29, 4, 1997, pp. 255-268.

5. K. N. Otto, K. L. Wood, *Product Design. Techniques in Reverse Engineering and New Product Development*, Pearson Custom, Boston 2001.

6. L. De Luca, P. Véron, M. Florenzano, *A generic formalism for the semantic modeling and representation of architectural elements*, in "The Visual Computer", n. 23, 3, 2007, pp. 181-205.

7. A differenza dei sistemi di costruzioni contemporanei, nei quali l'elemento geometrico ha una sola funzione, l'architettura storica presenta più funzioni

per uno stesso elemento. Non solo una muratura è un elemento di chiusura verticale e un elemento strutturale, ma appartiene anche agli aspetti impiantistici, presentando vuoti interni per il flusso dell'aria all'interno, ad esempio negli edifici medievali di origine araba.

8. D. Lo Buglio, L. De Luca, *Representation of architectural artifacts: definition of an approach combining the complexity of the 3d digital instance with the intelligibility of the theoretical model.*, in "Scires-It", n. 2, 2, 2012, pp. 63-76.

9. J. Y. Blaise, I. Dudek, *Beyond Graphics: Information. An overview of infovis practices in the field of the architectural heritage*, in GRAPP 2008, *Third International Conference on Computer Graphics Theory and Applications*, 2008, pp. 147-150. Y. E. Kallay, *Redefining the role of computers in architecture: from drafting/modelling tools to knowledge-based design assistants*, in "Computer-Aided Design", n. 17, 7, 1985, pp. 319-328.

10. L. De Luca, P. Véron, M. Florenzano, *Reverse engineering of architectural buildings based on a hybrid modeling approach*, cit., pp. 160-176.

11. F. I. Apollonio, M. Gaiani, S. Zheng, Z. Sun, *BIM based modeling and data enrichment of classical architectural buildings*, in "SCIRES-IT SCientific RESearch and Information Technology", n. 2, 2, 2012, pp. 41-62.

12. Tuttavia, i sistemi presenti in letteratura sono spesso stati creati da specifici gruppi di ricerca, configurandosi come sistemi *ad hoc* per il raggiungimento di specifici obiettivi o lo studio

di specifici autori. La mancanza di una codifica nazionale e internazionale, non ne ha garantito né il miglioramento tecnologico né la diffusione che questi meritavano.

13. Lo sforzo di codifica e armonizzazione dei processi di modellazione svolto da *BuildingSmart International*, ente preposto alla creazione dei metodi, degli standard e dei formati elettronici per la diffusione e l'applicazione del cosiddetto *OpenBIM*, garantisce l'utilizzo dei modelli digitali nel tempo, elemento chiave per l'applicazione agli edifici storici.

14. L. De Luca, C. Busayarat, C. Stefani, P. Véron, M. Florenzano, *A semantic-based platform for the digital analysis of architectural heritage*, in "Computers & Graphics", n. 35, 2, 2011, pp. 227-241.

15. Si è così arrivati ad un catalogo condiviso delle operazioni che caratterizzano generalmente gli oggetti modellati. Ad esempio, una muratura è definita da una lunghezza alla quale sono collegate uno spessore e un'altezza. Allo stesso modo una colonna è definita, generalmente, da un profilo e da una lunghezza di estrusione. Tali operazioni logico-geometriche spesso sono legate a sequenze costruttive. W. J. Mitchell, *Digital design media. Strumenti digitali per il design, l'architettura e la grafica*, McGraw-Hill, Milano 1996.

16. Il concetto di unire relazioni e definizioni semantiche per gli oggetti deriva in realtà da applicazioni in campo informatico. Per una definizione concettuale si veda P. P.-S. Chen, *The entity-relationship model. Toward a*

*unified view of data*, in "ACM Transactions on Database Systems", n. 1, 1, 1976, pp. 9-36.

17. L. De Luca, C. Busayarat, C. Stefani, P. Véron, M. Florenzano, *A semantic-based platform for the digital analysis of architectural heritage*, cit., pp. 227-241.

18. D. Di Mascio, P. Pauwels, R. De Meyer, *Improving the knowledge and management of the historical built environment with BIM and ontologies: the case study of the Book Tower*, in *13th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality*, 2013, pp. 427-436.

19. HBIM è l'acronimo di *Historical Building Information Modeling*. Esso rappresenta il processo di creazione di oggetti BIM, a partire da un rilievo a nuvola di punti, includendo dettagli quali le tecniche costruttive e il degrado dei materiali. M. Murphy, E. McGovern, S. Pavia, *Historic building information modelling (HBIM)*, in "Structural Survey", n. 27, 4, 2009, pp. 311-327. Per una comprensione esaustiva del BIM applicato agli edifici storici si leggano Volk *et al.*, Arayici 2007-2014.

20. C. Branzaglia, *Comunicare con le immagini*, Bruno Mondadori, Milano 2003.

21. T. Maldonado, *Reale e virtuale*, Feltrinelli, Milano 1993.

22. Tale processo è conosciuto in letteratura come "scan to BIM". In questa fase è di notevole importanza il rapporto tra sistemi automatizzati e



conoscenza immessa per il processo di attribuzione di significato dei punti di un rilievo laser, un insieme di punti appartenenti ad oggetti architettonici definiti. Vedasi D. Lo Buglio, L. De Luca, *Representation of architectural artifacts: definition of an approach combining the complexity of the 3d digital instance with the intelligibility of the theoretical model*.

23. C. Dore, M. Murphy, M. McCarthy, C. Casidy, E. Dirix, *Structural Simulations and Conservation Analysis - Historic Building Information Model (HBIM)*, in "ISPRS-The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences", n. XL-5/W4, Febbraio 2015, pp. 351-357.

24. Il modello di sviluppo di tale libreria ha seguito l'esempio delle equivalenti raccolte di componenti edili disponibili sul mercato proponendo un raggruppamento degli oggetti secondo un vocabolario comune. La fase di costruzione della libreria e degli oggetti è fondamentale per uno sviluppo economicamente sostenibile dell'*Historical BIM* per le realtà professionali locali in quanto agevola lo scambio di informazioni e facilita procedure efficienti.

25. S. Fai, M. Filippi, S. Paliaga, *Parametric Modelling (Bim) for the Documentation of Vernacular Construction Methods: a Bim Model for the Commissariat Building, Ottawa, Canada*, in "ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences", n. II-5/W1, Settembre 2013, pp. 115-120.

26. S. Garagnani, *Building Information Modeling and real world knowledge: A*

*methodological approach to accurate semantic documentation for the built environment*, in *2013 Digital Heritage International Congress (DigitalHeritage)*, IEEE 2013, vol. I, pp. 489-496; A. Giordano, *Cupole volte e altre superfici. La genesi e la forma*, UTET, Torino 1999.

27. G. Guarini, 1737, cit., p. 183.

28. Il processo culturale e scientifico seicentesco attorno alla definizione e sistematizzazione delle curve coniche aiuta i trattatisti nei campi architettonici a organizzare il pensiero, con l'aggiunta delle novità necessarie, vedasi a riguardo L. Maierù, *Le sezioni coniche nel Seicento*, Rubbettino, Soveria Mannelli 2009. Guarini inserisce ad esempio le volte "che nascono dal cono che finisce in una linea" e G. Fittipaldi, *Solidi elementari e volte complesse: analisi grafica e geometrica delle volte di Guarino Guarini*, in *Patrimoni e Siti UNESCO. Memoria, Misura e Armonia*, 2013, pp. 459-463.

29. L. Trogu Rohrich, *Le tecniche di costruzione nei trattati di architettura*, Edicom, Monfalcone 2003.

30. "Tutti i volti nascono da sei corpi tondi, che tagliati per mezzo fanno sei sorte di volti primi, ed elementari" è il sottotitolo della prima osservazione che Guarini propone.

31. P. Delorme, *Nouvelles inventions pour bien Bastir*, L'imprimerie de Frédéric Morel, Parigi 1561.

32. L. R. Shelby, *The Geometrical Knowledge of Mediaeval Master Masons*, in "Speculum", 1972, vol. 47, pp. 395-421; V. de Honnecourt, *Album*



*de Villard de Honnecourt, architecte du XIIIe siècle*, Impr. impériale, Parigi 1858.

33. V. Ascani, *Il Trecento disegnato*, Viella, Roma 1997; F. Bucher, *Medieval Architectural Design Methods, 800-1560*, in “Gesta”, n. 11, 2, 1972, pp. 37-51; *The Dresden Sketchbook of Vault Projection*, in *Congrès International d'Histoire de l'Art (Budapest, 1969). Évolution Générale et Développement Régionaux en Histoire de l'Art*, Budapest 1972, pp. 527-537.

34. S. F. Huerta, *Technical Challenges in the Construction of Gothic Vaults : The Gothic Theory of Structural Design*, in U. Hassler, C. Rauhut, S. F. Huerta (a cura di), *Construction Techniques in the Age of Historicism. From Theories of Gothic Structures to Building Sites in the 19th Century*, Hirmer Verlag, Monaco 2012, pp. 1526-1530; G. Kubler, *A Late Gothic Computation of Rib Vault Thrusts*, in “Gazette des Beaux-Arts”, n. 26, 1944, pp. 135-148; R. Willis, *On the Construction of the Vaults of the Middle Ages*, in “Transactions of the Royal institute of British Architects”, n. 1, 1842, pp. 3-13.

35. Ad esempio, si tratta di comprendere la tipologia delle sezioni della volta in corrispondenza dell'attacco alle murature (direttrice semiellittica, semicircolare, ad arco acuto), attraverso l'analisi visiva del rilievo digitale.

36. T. Maldonado, *op. cit.*

37. *Ibid.* “In questo contesto i modelli di grafica computerizzata assumono un significato peculiare. Non si può negare che essi apportano qualcosa di inedito nella storia della modellazione,

qualcosa che li distingue da altri modelli precedenti. E cioè la loro natura sincretica. Essi infatti sono il risultato di una convergenza di tre tecniche di modellazione che fino a ieri erano state utilizzate separatamente: la replicazione (o emulazione), la simulazione e la formalizzazione matematica.”