

Stefano Brusaporci,  
Gianfranco Ruggeri,  
Pamela Maiezza, Alessandra Tata

Dipartimento di Ingegneria Civile,  
Edile-Architettura, Ambientale - Università  
degli Studi di L'Aquila, L'Aquila (AQ)

Ilaria Trizio, Alessandro Giannangeli

Istituto per le Tecnologie della Costruzione  
Consiglio Nazionale delle Ricerche, L'Aquila (AQ)

*pagina a fronte*

**Fig. 1**  
S. Vittorino presso  
L'Aquila. Il complesso  
presenta evidenti  
fenomeni di  
trasformazione

*pagina seguente*

**Fig. 2**  
Vista del fronte  
posteriore  
(San Vittorino,  
L'Aquila)

## Abstract

According to potentialities given by BIM (Building Information Modeling) procedures, in the last 10 years many experimentations have been conducted on BIM application to Architectural Heritage (AHBIM). BIM software are tools for information computing and management of buildings in the three-dimensional space. Aim of the paper is to study how BIM models can favor architectural stratigraphic analysis. A *workflow* for 3D modeling of Stratigraphic Units of the Masonry is proposed; this three-dimensional representation can aid the documentation and the analysis of the construction phases. The case study is the church of St. Vittorino near L'Aquila (4<sup>th</sup>-12<sup>th</sup>-18<sup>th</sup> centuries), characterized by important modification and stratification processes. The church has been surveyed by laser-scanning and digital photogrammetry, consequently a dedicated BIM model has been realized for Stratigraphic Units study.

## Introduzione (IT)

Sebbene l'analisi stratigrafica delle murature si basi su lessici e prassi ampiamente codificati, stabiliti da archeologi e architetti restauratori e in uso sin da quando sono stati definiti i principi teorici e metodologici alla base dell'archeologia dell'architettura, dagli anni ottanta del secolo scorso (Francovich et al., 1988), il metodo stratigrafico viene sottoposto periodicamente a revisione (Doglioni, 1997; Azkarate et al., 2002; Parenti, 2003; Harris, 2003) e, costantemente, il mondo scientifico lavora ad un superamento degli aspetti problematici del metodo (Gallina, 2012; Spallone et al., 2016). L'obiettivo primario dell'analisi stratigrafica è quello di riuscire a determinare la storia costruttiva dell'edificio attraverso l'individuazione delle fasi cronologiche, risultato dell'integrazione delle osservazioni dirette della struttura materiale con la conoscenza delle tecniche costruttive e lo studio delle fonti documentali. Le problematiche che emergono dall'utilizzo di tale metodo sono legate principalmente alla gestione di una significativa mole di dati prodotti dall'analisi e alla prevalente applicazione bidimensionale del metodo dovuta alla visibilità delle stratificazioni sebbene, già oltre un decennio fa, nei dibattiti che avevano a tema il rappor-



CORSO  
AMITERNO





Fig. 3  
Vista del fronte  
sinistro con il  
portale di accesso

to tra l'archeologia dell'architettura e l'informatica si palesava la necessità di rappresentare tridimensionalmente le informazioni stratigrafiche che, all'interno di un edificio, si sviluppano appunto nelle tre dimensioni dello spazio (Brogiolo, 2002). La questione è stata parzialmente risolta nel tempo grazie alla sperimentazione di modalità di registrazione e gestione digitale dei dati in ambienti GIS; alla seconda, invece, si cerca ancora faticosamente di rispondere (Marchetti et al., 2017; Continenza et al., 2018; Trizio et al., 2014; Dell'Unto et al., 2016; Centofanti et al., 2011). Lo sviluppo delle tecnologie digitali offre potenzialità sempre più avanzate per la documentazione e l'analisi del patrimonio costruito (Brusaporci, 2015; Brusaporci, 2017b; Rodriguez-Navarro, 2017). Tra gli ambienti digitali attualmente disponibili, quello che probabilmente meglio del GIS si presta a risolvere questa problematica, è il Building Information Modelling (BIM), nelle sue applicazioni all'architettura storica (Mingucci et al. 2016; Della Torre 2017; Di Luggo et al. 2018) utilizzato per valutare la possibilità di una rappresentazione tridimensionale dei dati derivanti dall'analisi stratigrafica delle murature – sebbene ancora in corso di sperimentazione (Scianna et al., 2015; Garagnani et al., 2016) –, testando la metodologia sulle murature di un edificio complesso e pluristratificato, nel quale l'analisi è utilizzata per mettere in evidenza le trasformazioni dovute ai recenti interventi di restauro.

#### Il BIM nel processo storico-critico di conoscenza (SB)

Il BIM, nel suo significato di sistema di informazioni gestito in uno spazio grafico tridimensionale, offre elementi di grande interesse per il processo storico-critico di conoscenza dei beni architettonici.



Tuttavia l'applicazione BIM agli edifici storici (HBIM) presenta ancora delle criticità dovute alle caratteristiche e alle specifiche esigenze del patrimonio architettonico, di molto lontane da quelle proprie delle nuove costruzioni per cui è nato.

L'acronimo Historic Building Information Modelling (HBIM) viene utilizzato per la prima volta nel 2009, come nuovo sistema per modellare edifici storici partendo dal rilievo dell'esistente (Murphy et al., 2009). Estensione del BIM all'architettura storica, l'HBIM mira a sfruttare i vantaggi offerti da una modellazione semantica fondata sull'impiego di oggetti parametrici arricchiti da informazioni eterogenee. L'applicazione al patrimonio architettonico, tuttavia, ha portato ad un ridimensionamento dell'approccio tipizzato basato sull'impiego di librerie parametrizzate, proprio del BIM.

Quest'ultimo, infatti, pensato per il progetto del nuovo, è strutturato per edifici ed elementi architettonici standardizzati e, quindi, non supporta pienamente la complessità architettonica e geometrica degli edifici storici. La creazione di librerie di oggetti parametrici pensati per il patrimonio architettonico è stata oggetto di numerose linee di ricerca. Partendo dallo studio delle geometrie e delle proporzioni codificate nei trattati di architettura, sono stati realizzati i differenti componenti architettonici propri dell'architettura storica utilizzando elementi tridimensionali descritti da parametri, che li rendono adattabili alle diverse variazioni. Tali oggetti possono essere impiegati in procedure semi-automatiche di generazione di facciate, che combinano gli elementi provenienti dalla libreria sulla base di proporzionamenti e regole architettoniche; le facciate così create, così come i singoli elementi, possono poi essere modificate per adattarsi al

Fig. 4  
Vista del  
fronte nord



Fig. 5  
Vista verso la zona  
presbiteriale della  
cosiddetta "chiesa  
vecchia"

rilievo, tramite un editing di tipo grafico (Dore et al., 2013). Al pari degli oggetti tridimensionali, la trattatistica può sostanziare la creazione di una libreria di profili catalogati semanticamente da cui, variando i valori dei parametri e il percorso di estrusione, si generano i differenti componenti architettonici (Apollonio et al., 2012). Attraverso l'utilizzo di librerie parametriche e generatrici geometriche ideali, che non tengono conto di eventuali deformazioni o irregolarità, si ottiene il modello ideale BIM, il quale deve essere confrontato con quanto, derivante da rilievo. Dalla valutazione della deviazione tra i due modelli, e dall'eventuale correzione del primo sulla base del secondo, si ottiene l'As-Built BIM (Apollonio et al., 2017; Quattrini et al., 2016). Resta centrale il tema della "deviazione" (o "reliability") del modello, ovvero la valutazione di quanto il modello si discosti dal significato architettonico sia in termini geometrici che costruttivi (Bianchini et al., 2015), e più in generale la questione della "trasparenza" delle visualizzazioni, intesa come dichiarazione del rapporto filologico con le informazioni alla base della costituzione del modello stesso (Bianchini et al. 2018; Brusaporci, 2017a; Brusaporci et al., 2013; The London Charter, 2009). Di interesse è anche il tema dell'integrazione tra BIM e GIS (Dore et al., 2012; Saygi et al., 2013; Osello, 2015).

L'accuratezza geometrica fornita da tecniche di fotoscansione e laser scanning, necessaria per la conservazione e documentazione del patrimonio architettonico, può essere preservata sfruttando l'interoperabilità tra i diversi formati *output* dei file: la modellazione di forme geometriche complesse ed irregolari può avvenire all'interno di software in grado di utilizzare anche superfici NURBS (*Non Uniform Rational Basis-Splines*) che, poi, possono essere importate all'interno di programmi BIM, dove vengono parametrizzate e arricchite da informazioni di varia natura (Oreni et al., 2014).



La modellazione di architetture storiche in ambiente BIM, dunque, se da un lato tiene conto di un sistema di conoscenza generale, costituito dalla trattatistica e dalle regole architettoniche, dall'altro deve considerare l'irregolarità delle forme architettoniche, dovuta all'artigianalità della loro realizzazione ma anche ai fenomeni di degrado causati dal trascorrere del tempo. In altre parole, il carattere di unicità dell'architettura storica, ben lontano dalla logica di standardizzazione del BIM, richiede una particolare attenzione alla modellazione delle componenti, che non si esaurisce con la scomposizione semantica degli elementi architettonici e con la lettura geometrica delle forme, bensì comprende anche valutazioni sulle diverse irregolarità dell'edificio che lo rendono un *unicum* (Bianchini et al., 2016). Parallelamente alla modellazione, altra questione di primaria importanza per l'applicazione della metodologia BIM al patrimonio architettonico riguarda l'aspetto informativo del modello. Se la capacità di archiviare all'interno di un'unica piattaforma tutte le informazioni inerenti il processo edilizio costituisce per le nuove costruzioni una effettiva occasione di ottimizzazione delle risorse, per gli edifici storici i database messi a disposizione dalle *software houses* risultano essere non pienamente soddisfacenti. Le caratteristiche dei beni architettonici fanno sì che, per una documentazione completa ed esaustiva, sia necessario un quantitativo di informazioni maggiori e di natura estremamente eterogenea, che non sempre trova posto all'interno di un database pensato per documentare le nuove costruzioni. La specificità del patrimonio architettonico richiede la creazione di parametri appositi, che descrivano i componenti architettonici e che, allo stesso tempo, costituiscano le voci del database. La documentazione di un edificio storico, tuttavia, comprende delle informazioni di carattere più generale, come ad esempio immagini, relazioni, disegni, precedenti ri-

Fig. 6  
Vista verso  
l'ingresso della  
cosiddetta "chiesa  
vecchia"



lievi, etc., che implicano un ampliamento dei normali database oggi utilizzati (Brusaporci et al., 2016; Brusaporci et al., 2017c).

Anche con riferimento alla norma UNI 11337 del 2017, all'interno della modellazione in ambiente BIM, un ruolo fondamentale è giocato dal concetto di Level of Development (LoD), riferito sia agli attributi geometrici dell'oggetto tridimensionale (LoG) che a quelli informativi (LoI).

Per quanto riguarda l'utilizzo del BIM nel campo dell'archeologia, si ricorda l'esperienza dell'ArchaeoBIM, un *workflow* sviluppato per declinare il processo BIM in funzione dello specifico settore delle ricostruzioni virtuali archeologiche (Garagnani et al., 2016).

La possibilità di una piattaforma informativa comprensiva di tutti gli aspetti riguardanti l'edificio storico (dalla geometria alla componente strutturale, dalle fasi storiche ai documenti d'archivio, etc.), fa sì che il BIM possa svolgere un ruolo di rilievo all'interno del processo storico-critico di conoscenza del patrimonio costruito.

### Tecnologie avanzate per l'analisi stratigrafica (IT)

Se il principale fine dell'uso delle ICT (*Information and Communications*

Figg. 7 e 8  
L'interno della chiesa  
di San Michele  
Arcangelo (San  
Vittorino)



*Technology*) per la documentazione e analisi del patrimonio storico è quello di realizzare la conoscenza approfondita del bene attraverso l'integrazione, in un medesimo ambiente, delle fonti documentali con quelle materiali deducibili direttamente dal rilievo diretto, dalla lettura e dall'analisi approfondita delle stratificazioni (derivanti da interventi, modifiche, distruzioni, restauri), probabilmente il BIM rappresenta lo strumento capace di riassumere al meglio le varie istanze e di guidare gli interventi necessari alla gestione e conservazione del bene stesso. La sperimentazione descritta nel presente contributo rappresenta l'approfondimento di una precedente indagine nella quale era stata testata l'efficacia della rappresentazione tridimensionale, in ambiente BIM, dell'analisi stratigrafica su un manufatto medievale (Continenza et al., 2018). In quella sede erano state messe in evidenza delle criticità quali, fra tutte, quella di comprendere l'effettiva consistenza spaziale di ogni singola USM individuata e delle interfacce negative che, a differenza dell'analisi stratigrafica piana, sono rappresentate rispettivamente da volumi e da superfici. Per approfondire ulteriormente e prospettare eventuali soluzioni a tali problematiche si è deciso di testare la procedura messa precedentemente a punto su un manufatto particolarmente complesso e articolato quale quello rappresentato dalla chiesa di San Michele arcangelo a L'Aquila.

La catacomba di San Vittorino, sita presso l'omonima frazione del comune dell'Aquila, rappresenta il più importante impianto cimiteriale paleocristiano d'Abruzzo (Somma, 2012). Scavata sul colle che domina i resti della città romana di Amiternum, probabilmente l'area fu adibita a uso cimiteriale già prima dell'arrivo dei cristiani nella zona (Sidor, 2016) e, sicuramente, si sviluppò un cimitero dopo la realizzazione della tomba del martire (Pani Ermini, 1975) la cui prima sistemazione risale al IV secolo d.C. Attualmente il complesso (Figg. 1-2) è costituito da una chiesa a navata unica, a pianta longitudinale con transetto sporgente, collocata al di sopra delle catacombe alle quali si accede dal transetto e dal fondo della navata. Questa è divisa in due da un muro che separa la "chiesa vecchia" (Figg. 5-6), a nord del complesso, con la chiesa di San Michele Arcangelo, l'unica attualmente officiata e con funzioni di parrocchiale (Figg. 3-4). A partire da tale muro la navata mostra una evidente divergenza assiale e un allargamento nella parete settentrionale (Fig. 1), che non è piana ma forma un evidente spigo-

**Fig. 9**  
Alcuni frammenti di  
reimpiego provenienti  
probabilmente dalla vicina  
Amiternum



Figg. 10-11  
Nuvole di punti da  
rilievo digitale con  
laserscanner del  
complesso

pagina a fronte

Fig. 12  
Pianta, sezione  
longitudinale e  
fronte di ingresso

lo verso l'esterno e sicuramente non è pensata per essere il fronte d'accesso alla chiesa (Ottaviani 1987). Le prime attestazioni relative alla presenza di una "ecclesia sancti Vittorini", risalgono al 763 mentre una iscrizione sulla parete destra della navata, del 24 luglio del 1170, ricorda la consacrazione dell'edificio in seguito ad una ricostruzione e, ancora, una iscrizione del 1312 è inserita sulla parete irregolare a nord. Gli elementi di datazione presenti nella vecchia aula ci portano pertanto a pensare che questa porzione di monumento sia complessivamente relativa al rifacimento del 1170 o a fasi successive e le anomalie delle murature sarebbero da attribuirsi principalmente alla volontà delle maestranze, in epoca medievale, di rispettare le giaciture del vano sottostante che ospita la tomba del martire (Giuntella, 2002) e utilizzare almeno parzialmente le murature già esistenti (Ottaviani 1987). Per poter suffragare tale ipotesi, l'analisi stratigrafica tridimensionale del manufatto si è concentrata proprio sulla parete destra della navata della "chiesa vecchia", in cortina a grandi blocchi di reimpiego (Fig. 6), sulla quale è ancora visibile l'originario accesso alla cripta del santo, attualmente tamponato. Questo tratto di muratura infatti, si presta bene alla sperimentazione in quanto è sufficientemente contenuto dal punto di vista dimensionale ma rappresenta parimenti un palinsesto articolato da decifrare attraverso l'integrazione delle tracce ancora visibili sul manufatto con i dati desunti dalle fonti documentali. Per le modalità strettamente operative legate alle fasi della procedura si rimanda al paragrafo relativo (vedi *infra* La costruzione del modello BIM) mentre per una sintesi generale del metodo vale la pena riportare che, a partire dalla classica analisi stratigrafica bidimensionale, con l'individuazione delle singole unità stratigrafiche (USM), la muratura in oggetto è stata interamente modellata in ambiente BIM. Partendo dall'evidenza che il muro, a sacco, consta di due paramenti e di un nucleo interno, le unità stratigrafiche positive e negative di ciascun paramento sono state modellate singolarmente, come i bordi certi e le bucatore. Di fatto, solo i vuoti della muratura, costituiti dalle bucatore, sono elementi comuni ai due paramenti e comunque ogni singola US, diversa-



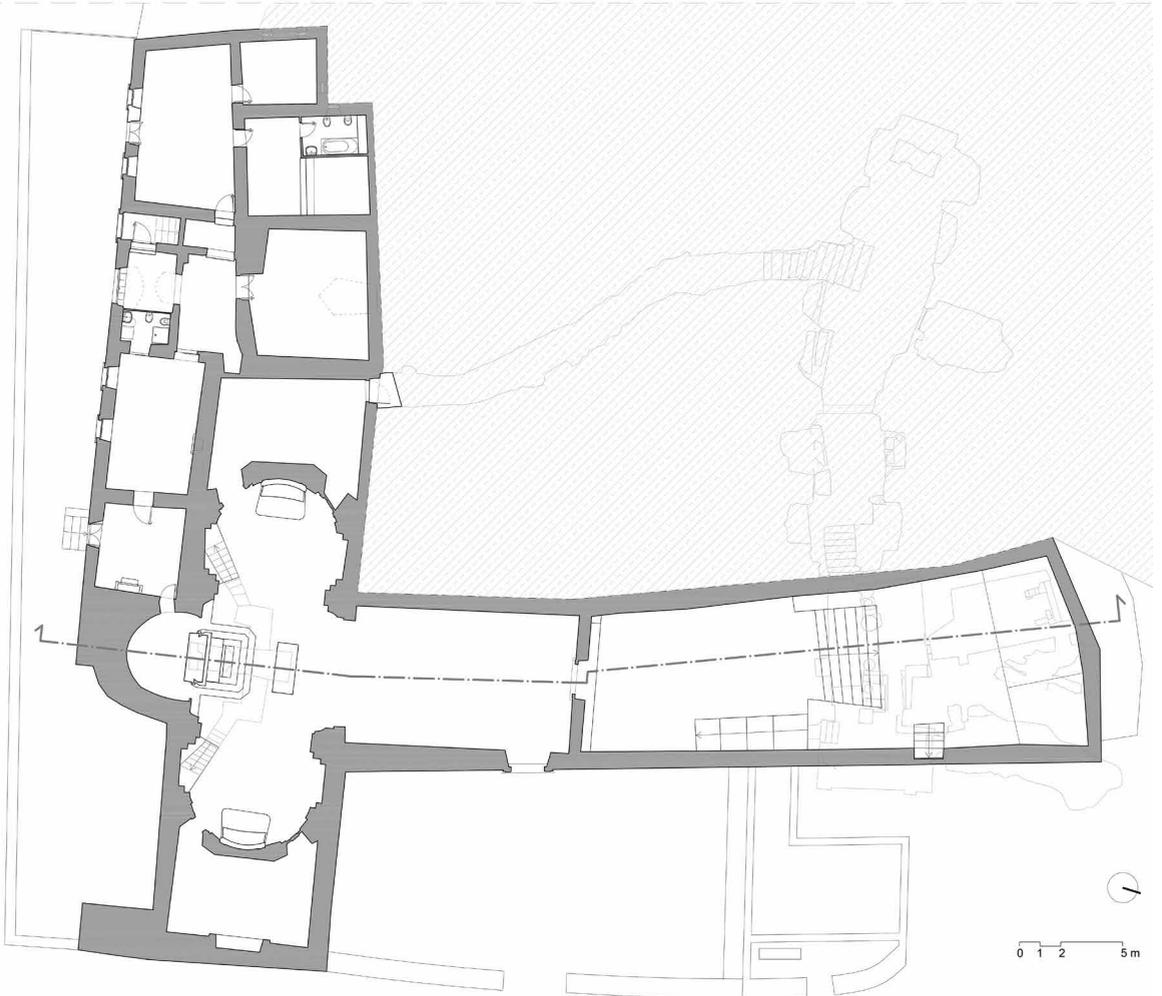
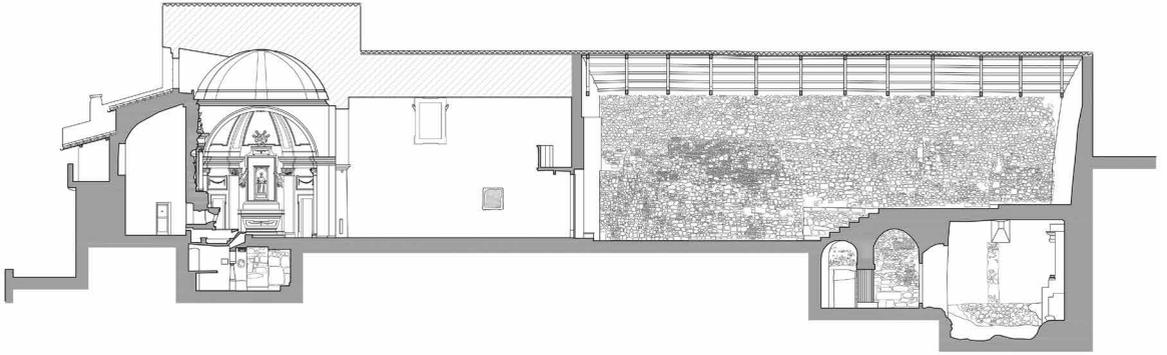
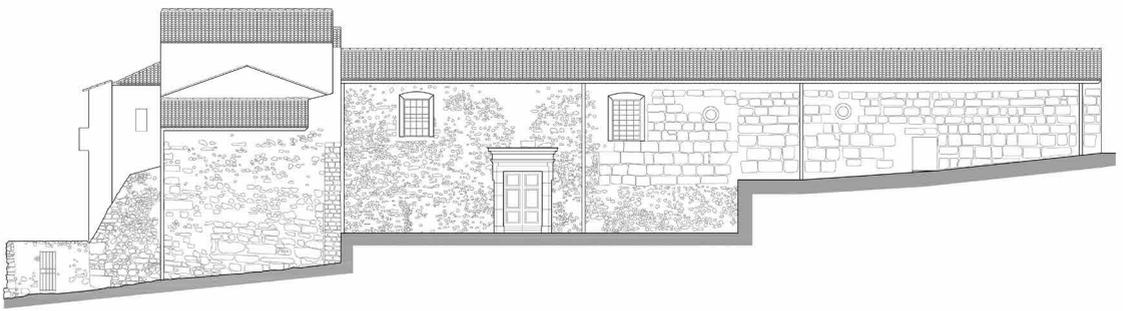
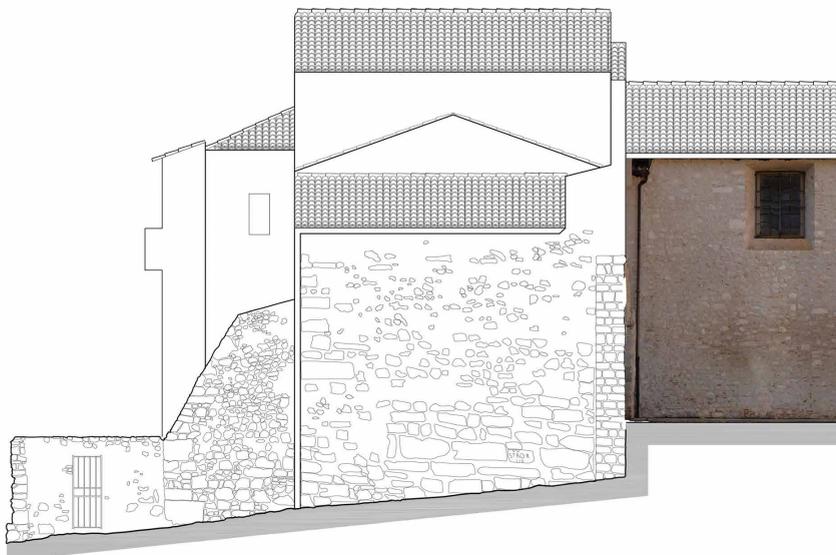


Fig. 13  
Rilievo fotogrammetrico del  
fronte est



mente dalla procedura messa precedentemente a punto, è un volume tridimensionale, al quale sono stati associati i relativi contenuti informativi. I risultati della lettura stratigrafica del paramento hanno messo in evidenza che il fronte è stato eseguito in cinque fasi principali: la prima è relativa all'attacco a terra della muratura a destra del portale; nella seconda viene realizzata la parte che comprende l'originario accesso alla chiesa edificata sulla catacomba, in grossi conci a blocchi regolari di reimpiego; nella terza viene realizzata, in appoggio alla muratura in blocchi, la parte in fase con il portale d'accesso attuale e le due grandi finestre rettangolari; alla quarta appartengono puntuali risarciture della muratura e alla quinta sono riferibili gli interventi di restauro più recenti.

### Il rilievo digitale (PM)

La chiesa di San Michele Arcangelo e le catacombe sottostanti sono state oggetto di un rilievo digitale integrato che ha visto la compresenza di scansioni laser e fotogrammetria digitale.

Per le riprese laser è stato utilizzato uno scanner a differenza di fase Leica HDS6200, caratterizzato da un campo visivo completo (FOV) di  $360^\circ \times 310^\circ$ . Nella scelta dei punti di stazione e della risoluzione di ripresa, si è tenuto conto delle caratteristiche geometriche e dimensionali degli spazi da rilevare, con l'obiettivo di ottenere una *point cloud* quanto più omogenea possibile, con zone d'ombra ridotte al minimo. Complessivamente sono state realizzate 46 scansioni così ripartite: 6 scansioni nell'aula posteriore (cosiddetta chiesa vecchia); 9 all'interno delle catacombe; 2 nel passaggio di collegamento tra catacombe e chiesa; 8 dentro la chiesa; 21 all'esterno del complesso architettonico.

Il livello di risoluzione adottato è quello alto (corrispondente a un incremento di angolo azimutale e zenitale di  $0,036^\circ$  e una densità di punti di  $1,59 \text{ cm}$  a  $25 \text{ m}$ ) per tutte le scansioni, fatta eccezione per quelle effettua-

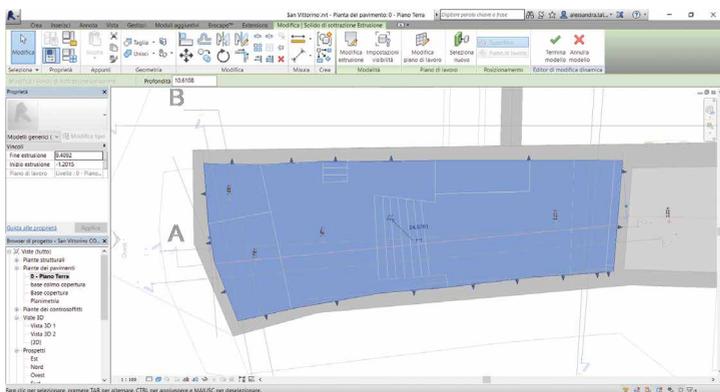
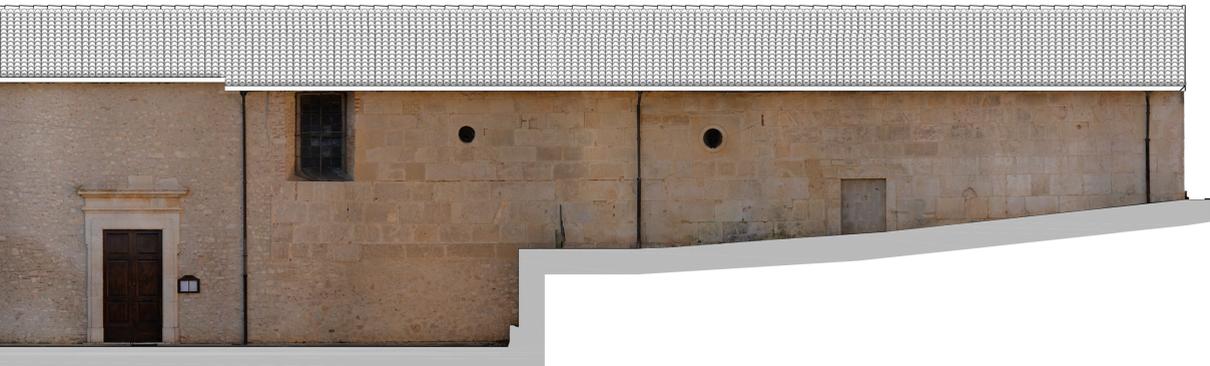
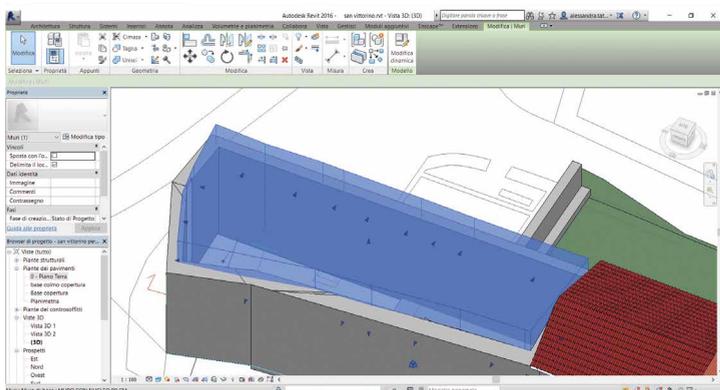


Fig. 14-15  
Fasi della  
modellazione  
parametrica della  
chiesa



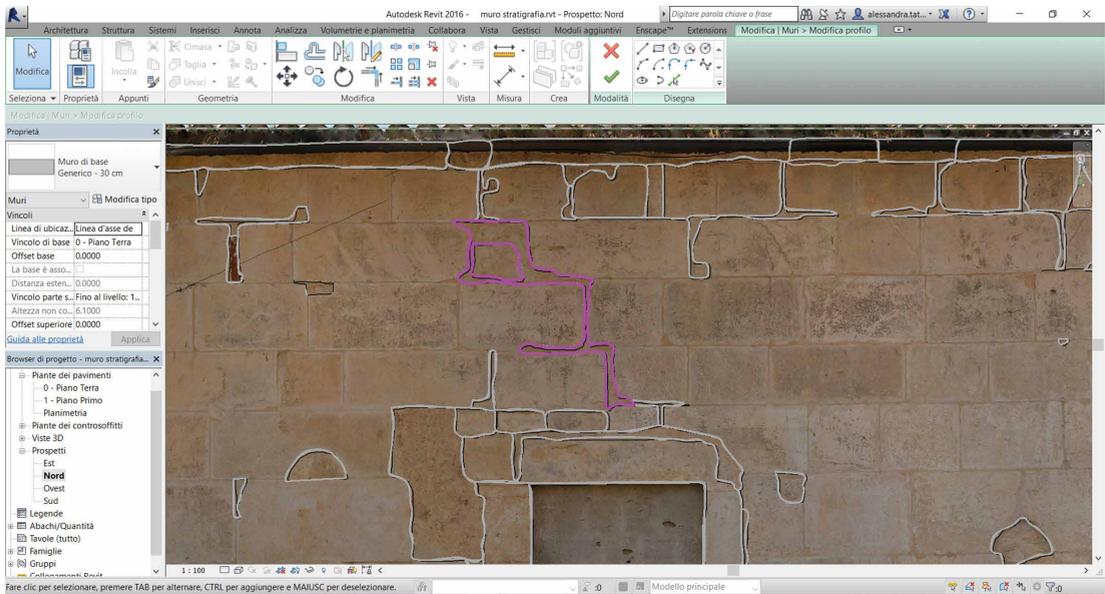


Figg. 16-17  
Render del  
modello  
parametrico  
della chiesa

te all'interno delle catacombe, per le quali, date le dimensioni ridotte, si è scelta una risoluzione media (incremento di angolo azimutale e zenitale di  $0,072^\circ$  e una densità di punti di  $3,14 \text{ cm a } 25 \text{ m}$ ). Le singole scansioni sono state unite tra loro - all'interno del *software* Leica Cyclone - utilizzando prevalentemente procedure di riconoscimento automatico dei target mobili (Figg. 10-11). Per il collegamento tra esterno e interno, si è proceduto con operazioni di registrazione manuale, consistenti nell'individuazione di una serie di punti omologhi tra le due *point cloud*. Ai dati metrici della nuvola di punti, infine, è stato aggiunto il valore di colore RGB ottenuto da panorami sferici realizzati, per ciascuna scansione, attraverso un kit camera esterno al laser scanner.

Una volta ottenuta la nuvola di punti complessiva, si è passati alla fase di analisi dei dati acquisiti e alla loro restituzione (Fig. 12). Attraverso il passaggio in Autodesk ReCap, è possibile importare la *point cloud* all'interno del software BIM Autodesk Revit 2018, dove è stata utilizzata come guida per la modellazione della chiesa.

La fotogrammetria digitale, invece, è stata impiegata principalmente per l'analisi dell'apparecchiatura muraria dell'edificio. Le applicazioni hanno



**Fig. 18**  
Procedura di modellazione parametrica delle singole USM individuate sul paramento esterno del fronte est

riguardato soprattutto gli esterni del complesso architettonico e l'interno della sala posteriore alla chiesa. Dalle immagini, acquisite con una camera Nikon D610 (24 mm) e processate con il software Agisoft PhotoScan Professional 1.2.5 Build 2614, si sono ricavati i fotopiani dei fronti (Fig. 13), utilizzati poi come *texture* per renderizzare il modello tridimensionale della cosiddetta chiesa vecchia.

### La costruzione del modello BIM (AT)

Partendo dall'inserimento della nuvola di punti all'interno del software Autodesk Revit, è stato realizzato il modello parametrico dell'aula posteriore della chiesa (Figg. 14-15). Per poter modellare il manufatto in ambiente BIM è stato necessario semantizzare il modello, organizzandolo in categorie di componenti architettoniche. Successivamente, al termine della modellazione di ciascun componente, sono stati applicati, sulle relative superfici, i fotopiani derivanti dal rilievo fotogrammetrico sui quali erano state evidenziate le unità stratigrafiche da modellare (Figg. 16-17). Obiettivo di questa sperimentazione è mettere a punto un *workflow* per la rappresentazione tridimensionale dell'analisi stratigrafica all'interno di un modello BIM.

Per meglio definire la metodologia è stato modellato il fronte di accesso, una delle pareti più stratificate della chiesa. La prima strategia sperimentata è stata quella di creare un muro parametrico suddiviso in tre strati: paramento esterno, nucleo e paramento interno, e successivamente, attraverso l'apposito comando sono state divise le superfici interne ed esterne, secondo i perimetri delle unità stratigrafiche individuate sul paramento in esame. Con questo metodo, però, la rappresentazione della stratigrafia muraria interessa solo lo strato più superficiale della muratura; si è pertan-

to scelto di accantonare questa procedura in favore di una che permettesse una rappresentazione tridimensionale delle USM individuate.

La soluzione scelta è quella di creare tre diverse tipologie di muro: una a rappresentare il paramento esterno, una per il nucleo e una per il paramento interno. Tali rappresentazioni parametriche sono affiancate all'interno del modello e, dopo aver sovrapposto l'immagine raster con l'indicazione delle US, si è provveduto a "ricalcare" le singole unità stratigrafiche, modellandole individualmente attraverso il ricorso alla modifica del profilo (Fig. 18). Questa procedura è stata ripetuta tanto per il paramento esterno quanto per quello interno.

Infine, per poter assegnare ad ogni elemento le proprie caratteristiche, sono stati creati dei parametri condivisi riguardanti la classificazione del paramento, il relativo numero di USM, la sua datazione e descrizione, la tipologia muraria, la fase ed il suo stato di conservazione, informazioni visualizzabili, in formato tabellare, grazie alla creazione di un apposito abaco. Attraverso tale modalità è possibile avere una visione d'insieme delle caratteristiche dell'intera parete, oltre che le informazioni relative ad un singolo elemento (Figg. 19-20).

Inoltre, assegnando alle stesse unità stratigrafiche le corrispondenti fasi, è possibile, cambiando l'impostazione all'interno del filtro delle fasi, visualizzare per ogni periodo storico le relative unità costruite.

### Conclusioni (IT)

La sperimentazione descritta ha ribadito la possibilità di individuare delle procedure capaci di rappresentare, in un ambiente digitale tridimensionale, gli elementi caratteristici dell'analisi stratigrafica dell'architettura, quali ad esempio le USM, e di gestire, attraverso i database relazionali dell'ambiente utilizzato, le relazioni esistenti tra queste (anteriorità, posteriorità, contemporaneità) come anche le fasi di appartenenza. Ovviamente il metodo descritto è suscettibile di miglioramenti e merita ulteriori approfondimenti e riflessioni in particolare riguardo alle US che risultano essere "passanti" rispetto allo spessore di una muratura e alle possibili modifiche alle quali inevitabilmente il risultante diagramma di Harris dovrà essere sottoposto, ma ha comunque messo in evidenza come la gestione in uno stesso ambiente dei dati derivanti dal rilievo strumentale, delle relazioni tra le US e di quelli legati al loro stato di conservazione faciliti una lettura composita del manufatto in particolare in vista di interventi di manutenzione e restauro.

**Crediti dell'articolo:** sebbene il contributo sia stato concepito unitariamente dagli autori, si devono a Ilaria Trizio i paragrafi 1, 3 e 6; si deve a Stefano Brusaporci il paragrafo 2; a Pamela Maiezza il paragrafo 4, ad Alessandra Tata il paragrafo 5 e l'elaborazione del modello parametrico. Si deve inoltre a Gianfranco Ruggeri il coordinamento delle campagne di rilevamento e ad Alessandro Giannangeli la procedura di rilevamento fotogrammetrico del caso di studio e l'elaborazione dei fotopiani del modello.

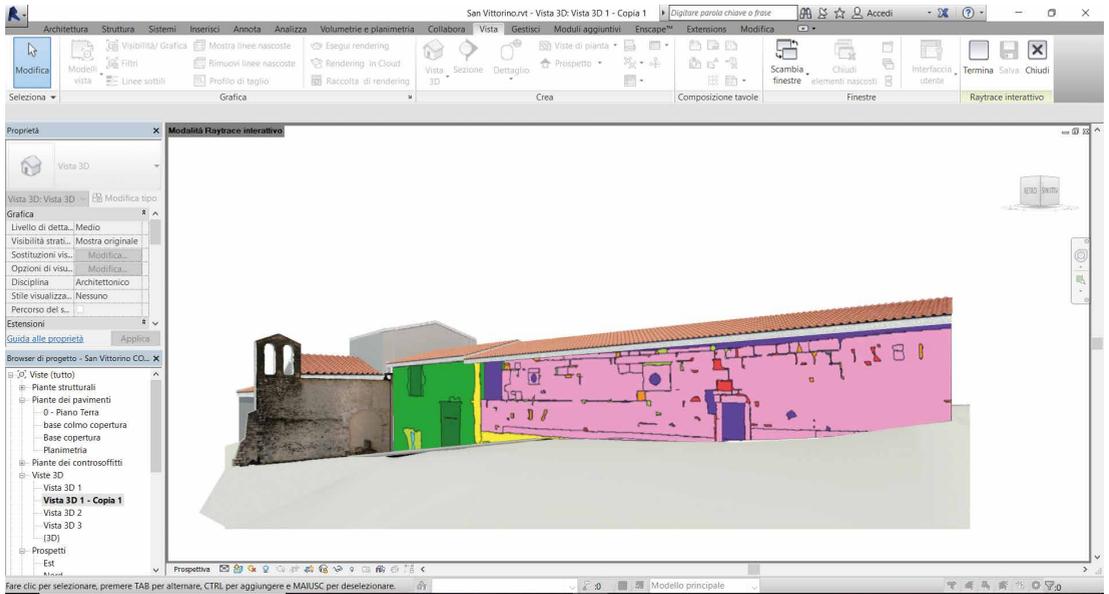
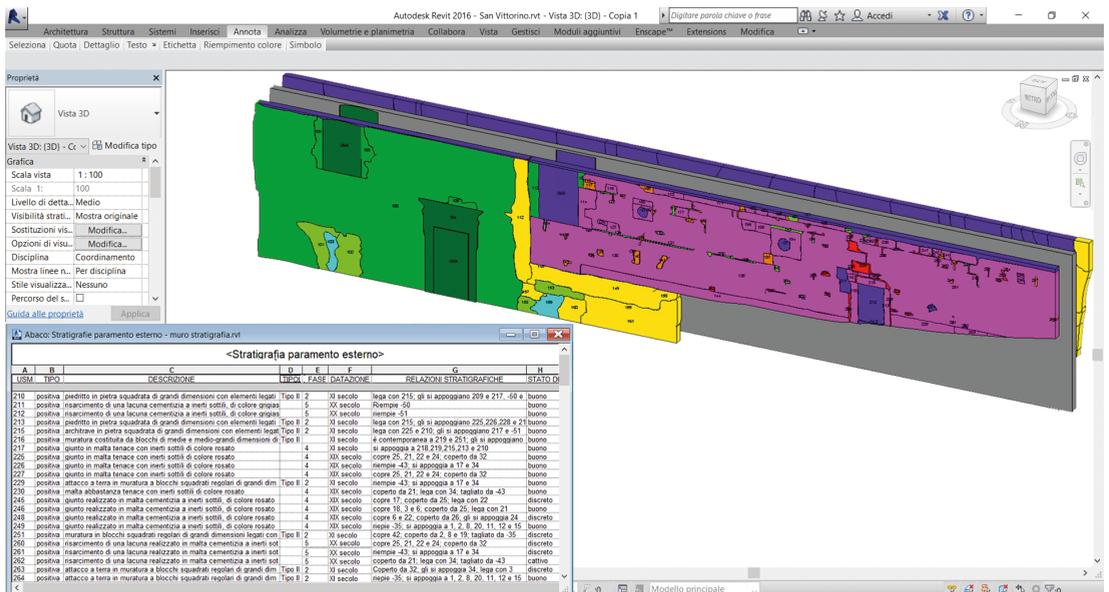


Fig. 19  
Modello parametrico dell'analisi stratigrafica tridimensionale del fronte est

Fig. 20  
Visualizzazione dell'analisi stratigrafica tridimensionale del fronte est in Autodesk A360



## Bibliografia

- Apollonio F.I., Gaiani M., Sun, Z. 2017, *A Reality Integrated BIM for Architectural Heritage Conservation*, in *Handbook of Research on Emerging Technologies for Architectural and Archaeological Heritage*, a cura di A. Ippolito, IGI Global, Hershey (PA), pp. 31-65.
- Apollonio F.I., Gaiani M., Sun, Z. 2012, *Bim-Based Modeling and Data Enrichment of Classical Architectural Buildings*, «SCIRES» vol. 2, no. 2, pp. 41-62.
- Azkarate Garai-Olaun A., Caballero Zoreda L., Quirós Castillo J. A. 2002, *Arqueología de la Arquitectura: definición disciplinar y nuevas perspectivas*, «Arqueología de la Arquitectura», no. 1, pp. 7-10.
- Bianchini C., Nicastro S. 2018, *La definizione del Level of Reliability: un contributo alla trasparenza dei processi di Historic-BIM*, «Dn», 2/2018, pp. 46-60.
- Bianchini C., Inglese C., Ippolito A. 2016, *Il contributo della Rappresentazione nel Building Information Modeling (BIM) per la gestione del costruito*, «DISEGNARE CON», vol. 9, no. 16, pp.10.1-10.9.
- Bianchini C., Ippolito A., Bartolomei C. 2015, *The Surveying and Representation Process Applied to Architecture: Non-Contact Methods for the Documentation of Cultural Heritage*, in *Handbook of Research on Emerging Digital Tools for Architectural Surveying, Modeling, and Representation*, a cura di S. Brusaporci, IGI Global, Hershey (PA), pp. 44-93.
- Brogiolo G.P. 2002, *L'Archeologia dell'architettura in Italia nell'ultimo quinquennio (1997-2001)*, «Arqueología de la arquitectura», no. 1, pp. 19-26.
- Brusaporci S. 2015, *On Visual Computing for Architectural Heritage*, in *Handbook of Research on Emerging Digital Tools for Architectural Surveying, Modeling, and Representation*, a cura di S. Brusaporci, IGI Global, Hershey (PA), pp. 94-123.
- Brusaporci S. 2017a, *The Importance of Being Honest: Issues of Transparency in Digital Visualization of Architectural Heritage*, In *Handbook of Research on Emerging Technologies for Architectural and Archaeological Heritage*, a cura di A. Ippolito, IGI Global, Hershey (PA), pp. 66-93.
- Brusaporci S. 2017b, *Digital Innovations in Architectural Heritage Conservation: Emerging Research and Opportunities*, IGI Global, Hershey (PA).
- Brusaporci S. 2017c, *HBIM tra 3D Modeling e Database Modeling*, In *Brainstorming BIM Il modello tra rilievo e costruzione*, a cura di C. Bolognesi, Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli, pp. 38-43.
- Brusaporci S., Maiezza P. 2016, *Re-Loading BIM: Between Spatial and Database Information Modeling for Architectural Heritage Documentation*, in *Dibujar, Construir, Sonar, Investigaciones en torno a la expresion grafica aplicada a la edificación*, Tirant Lo Blanch, Valencia, pp. 835-847.
- Brusaporci S., Trizio I. 2013, *La "Carta di Londra" e il Patrimonio Architetonico: riflessioni circa una possibile implementazione*, «SCIRES-IT» vol. 3, no. 2, pp.55-68.
- Centofanti M., Continenza R., Brusaporci S., Trizio I., 2011, *The architectural information system SIArch-3DUnivaq for analysis and preservation of architectural heritage*, «The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», vol. XXXVIII-5/W16
- Continenza R., Trizio I., Redi F., Savini F., Tata A. 2018, *HBIM for the Archaeology of Standing Buildings: Case Study of the Church of San Cipriano in Castelvecchio Calvisio (L'Aquila, Italy)*, in *Proceedings of Workshops and Posters at the 13th International Conference on Spatial Information Theory (COSIT 2017)*, a cura di P. Fogliaroni, A. Ballatore, E.Clementini, Cham, Springer, pp. 315-323.
- Della Torre S. 2017, a cura di, *Modellazione e gestione delle informazioni per il patrimonio edilizio esistente - Built Heritage Information Modelling/Management BHIMM*, Galazzano, Edizioni IMReady.
- Dell'Unto N., Landeschi G., Leander Touati A.M., Dellepiane M., Callieri M., Ferdani D. 2016, *Experiencing ancient buildings from a 3D GIS perspective: a case drawn from the Swedish Pompeii project*, «Journal of Archaeological Method and Theory», vol. 23, pp. 73-94.
- Di Luggo A., Scandurra S., Pulcrano M., Siconolfi M., Monaco S. 2018, *Sistemi voltati nei processi cloud to Bim*, in Empler T., Valenti G.M., a cura di, *3D Modeling & BIM. Nuove frontiere*, Roma, DEI, pp. 162-177.
- Di Luggo A., 2017, *Procedure integrate di rilievo e modellazione BIM per il patrimonio costruito*, in *Territori e frontiere della rappresentazione*, 39° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione, Roma, Gangemi, pp. 1137-1144.
- Doglioni F. 1997, *Stratigrafia e restauro. Tra conoscenza e conservazione dell'architettura*, Trieste, Lint.
- Dore C., Murphy M. 2012, *Integration of HBIM and 3D GIS for Digital Heritage Modelling*, in *Digital Documentation*, vol. 22-23.
- Dore C., Murphy M. 2013, *Semi-Automatic Modelling of Building Façades with Shape Grammars Using Historic Building Information Modelling*, «International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», vol. XL-5/W1.
- Empler T., Valenti G.M., a cura di, 2018, *3D Modeling & BIM. Nuove frontiere*, Roma, DEI.

- Francovich R., Parenti R. (a cura di) 1988, *Archeologia e restauro dei monumenti*, Firenze, All'insegna del giglio.
- Gallina D. 2012, *Sillogismo deduttivo o abduzione? Alcune proposte per l'abbandono/superamento del matrix di Harris nell'analisi dell'architettura*, in *VI Congresso Nazionale di Archeologia Medievale*, a cura di F. Redi, A. Forgione, Firenze, All'insegna del giglio, pp. 75-81.
- Garagnani S., Gaucci A., Gruška B. 2016, From the Archaeological Record to Archaeobim: The Case Study of the Etruscan Temple of Uni in Marzabotto, in «Virtual Archaeology Review», vol. 7, no. 15, pp. 77-86.
- Giuntella A.M. 2002, *Il santuario di S. Vittorino di Amiterno*, in ΤΕΡΨΙΣ *In ricordo di Maria Laetitia Coletti*, a cura di M.S. Celentano, Alessandria, Edizioni dell'Orso.
- Harris E.C. 2003, *The Stratigraphy of Standing Structures*, «Archeologia dell'Architettura», vol. VIII, pp. 9-14.
- Lo Turco M., Santagati C., D'Agostino G. 2017, Populating a library of reusable H-BOMS: assessment of a feasible image based modeling workflow, «The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», Vol. XLII-2/W5.
- Marchetti A., Redi F., Savini F., Trizio I., Giannangeli A. 2017, *La chiesa di San Cipriano a Castelvecchio Calvisio (AQ) nella Baronia di Carapelle: documentazione speditiva e analisi stratigrafica 3D del manufatto*. «Archeologia dell'Architettura», XXII, 2017, pp. 239-253.
- Mingucci R., Brusaporci S., Cinti Luciani S. (a cura di) 2016, *B.I.M Dimensions*, «DISEGNARECON», vol. 9, no. 16.
- Murphy M., McGovern E., Pavia S. 2009, *Historic building information modeling (HBIM)*, «Structural Survey», vol. 27, no. 4, pp.311-327.
- Oreni D., Brumana R., Della Torre S., Banfi F., Barazzetti L., Previtali M. 2014, *Survey turned into HBIM: the restoration and the work involved concerning the Basilica di Collemaggio after the earthquake (L'Aquila)*, «ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», vol. II, pp. 267-273.
- Osello A. (a cura di) 2015, *Building Information Modelling - Geographic Information System - Augmented Reality per il Facility Management*, Dario Flaccovio Editore.
- Ottaviani V. 1987, *Il cimitero cristiano antico e la chiesa di San Vittorino presso Amiterno*, L'Aquila, ISSRA.
- Pani Ermini L. 1975, *Il santuario del martire Vittorino in Amiternum e la sua catacomba*, in «Quaderni storico-artistici dell'Aquilano».
- Parenti R. 2003, *Alcune considerazioni in nota a The Stratigraphy of Standing Structures di Edward C. Harris*, «Archeologia dell'Architettura», vol. VIII, pp. 15-16.
- Quattrini R., Clini P., Nespeca R., Ruggeri L. 2016, *Measurement and Historical Information Building: Challenges and opportunities in the representation of semantically structured 3D content*, «DISEGNARECON», vol. 9, no. 16, pp. 14-14.11.
- Rodriguez-Navarro P. (a cura di) 2017, *Archaeological Drawing*, «DISEGNARECON», vol. 10, no. 19.
- Saygi G., Remondino F. 2013, *Management of Architectural Heritage Information in BIM and GIS. State of the art and Future Perspectives*, «International Journal of Heritage in the Digital Era», vol. 2, no. 4, pp.695-713.
- Scianna A., Serlorenzi M., Gristina S., Filippi M., Paliaga S. 2015, *Sperimentazione di tecniche BIM sull'archeologia romana: il caso delle strutture rinvenute all'interno della cripta della chiesa dei SS. Sergio e Bacco in Roma*, «Archeologia e Calcolatori», supplemento vol. 7, pp.199-212.
- Sidor A.W. 2016, *La tomba di S. Vittorino e le sue formulazioni monumentali*, «Studia Elbląskie», vol. XVII, pp. 93-116.
- Somma M.C. 2012, *Il santuario di S. Vittorino ad Amiternum: formazione e trasformazioni di uno spazio cultuale, in Martiri, santi, patroni: per una archeologia della devozione*, a cura di A. Coscarella, P. De Santis, Arcavacata di Rende, Università della Calabria.
- Spallone R., Piano A., Paino S. 2016, *B.I.M. e beni architettonici: analisi e rappresentazione multiscalarare e multidimensionale di un insediamento storico. Il caso studio di Montemagno, Borgo Nuovo Piemontese*, «DISEGNARECON», vol. 9, no. 16, pp. 13.1-13.13.
- The London Charter 2009, < <http://www.londoncharter.org/> > (03/2018)
- Trizio I., Bartolomucci C. 2014, *From 'monument medical records' to 3D GIS for historic architecture documentation, in Science and Technology for the Safeguard of Cultural Heritage in the Mediterranean Basin*, a cura di A. Guarino, vol. III, Atene, NTUA University, pp. 141-149.