

## BHIMM e Augmented Information: il rilievo per la conoscenza e la valorizzazione di Castel Masegra

Luigi Barazzetti, Raffaella Brumana, Fabrizio Banfi, Francesco Lostaffa, Francesca Piraino, Mattia Previtali, Daniela Oreni, Fabio Roncoroni, Luca Villa

Politecnico di Milano, Dipartimento ABC, Via Ponzio 31, Milano  
Laboratorio Gicarus – [www.gicarus.polimi.it](http://www.gicarus.polimi.it)

### Abstract

L'articolo analizza le problematiche connesse alla modellazione BHIMM di Castel Masegra a Sondrio, oggetto di un percorso che ha avuto inizio da una fase di rilievo e restituzione delle geometrie, attraverso elaborati grafici 2D tradizionali, ed una ricerca e analisi storica, al fine di sperimentare le potenzialità di un percorso di integrazione delle informazioni storiche e di lettura in situ, per realizzare una stratigrafia di volume. La modellazione BHIMM, che traduce il tentativo di aggregare in un modello geometrico tridimensionale le informazioni storiche disponibili, le letture stratigrafiche ed i dati delle analisi diagnostiche, è risultata una soluzione efficiente nel corso del presente lavoro. L'obiettivo è stato quello di ricostruire le parti più irregolari del castello mantenendone intatta la complessità geometrica. Questo "modus operandi" digitale sembra trovare una sua estensione nei sistemi di comunicazione che sfruttano la realtà virtuale VR e la realtà aumentata AR tramite l'utilizzo di specifiche applicazioni, diffuse su dispositivi mobili come smartphone e tablet, che ne consentono la visualizzazione e la consultazione in maniera immediata ed intuitiva, rendendo il bene fruibile sia dai tecnici che devono intervenire sul bene, sia per fini culturali e turistici.

### 1. Introduzione

Il lavoro svolto analizza il caso del castello Masegra di Sondrio (fig. 1), oggetto di un percorso che ha avuto inizio da una fase di rilievo e restituzione delle geometrie, attraverso elaborati grafici 2D tradizionali, ed una ricerca e analisi storica, volte a sperimentare le potenzialità di un percorso di integrazione in un BHIMM delle informazioni storiche e di lettura in situ, per realizzare una stratigrafia di volume. Tale percorso termina con un'analisi della modalità di utilizzo di questo tipo di modello e di come possa essere reso fruibile a diversi utenti. Questo breve articolo è direttamente tratto da Lostaffa et al. (2015), a cui si rimanda per maggiori informazioni. Il lavoro è stato svolto in collaborazione con lo staff del laboratorio Gicarus del Politecnico di Milano, nell'ambito del progetto INTERREG La Conservazione Programmata nello spazio comune Retico (CPRE).

Il complesso di Castel Masegra, così come appare oggi, è il risultato di una stratificazione lunga dieci secoli di storia. Dalla sua fondazione, databile a poco dopo l'anno Mille, il castello ha subito assedi, distruzioni, ricostruzioni, ampliamenti, cambi di destinazione, d'uso e di proprietari. Risulta inoltre uno dei pochissimi complessi difensivi rimasto "immune" allo smantellamento avvenuto durante il Capitolato di Milano nel 1639, testimone quindi di epoche buie per la Valtellina quali quelle delle invasioni e del Sacro Macello (1620).

L'obiettivo principale del lavoro è stata la realizzazione di un modello che rispecchiasse la complessità geometrica del castello ed al contempo rispondesse alle logiche dei modelli BIM. Per fare ciò si è proceduto nel complesso passaggio di elaborazione dei dati acquisiti con tecnologia laser scanner, che ha fornito un totale di 176 nuvole con 44 milioni di punti ciascuna, per poi ottenere elaborati grafici bidimensionali, quali piante prospetti e sezioni, e i riferimenti spaziali per

la realizzazione del modello tridimensionale che ha come obiettivo quello di essere il più fedele possibile alle geometrie del complesso.

Parallelamente, è stata necessaria una ricerca storica attraverso i documenti di archivio ed il successivo confronto delle informazioni reperite, per poter giungere ad ipotesi verosimili sulla successione temporale delle stratificazioni architettoniche.

Il confronto tra i dati storici rinvenuti e quelli geometrici ottenuti dal rilievo, hanno permesso di ipotizzare la conformazione attuale del castello e di interpretare le molteplici anomalie geometriche ed architettoniche presenti.



*Figura 1 – Castel Masegra a Sondrio.*

In particolare, si è posto l'accento sull'analisi di alcune parti del castello, ritenute interessanti per caratteristiche geometriche o importanza storica. La messa a sistema delle informazioni non ha lo scopo di mettere la parola fine alle indagini storiche, stratigrafiche, ecc., ma di evidenziare criticità e dubbi sullo stato dell'arte delle ricerche per chi continuerà il lavoro. Infine, ci si è soffermati sulla modellazione BIM, ove l'acronimo sta per Building Information Modeling e traduce il tentativo di aggregare in un modello geometrico tridimensionale le informazioni storiche disponibili, le letture stratigrafiche e i dati delle analisi diagnostiche. L'obiettivo è stato quello di ricostruire le parti più irregolari del castello mantenendone intatta la complessità geometrica. Per fare ciò è stato a volte necessario affidarsi all'interoperabilità tra differenti software di modellazione e all'associazione di informazioni non strettamente legate alla geometria. Infatti, avere a che fare con un edificio tanto importante quanto complesso ha dato la possibilità di sperimentare alcune forme di rappresentazione tridimensionale in grado di garantire un'aderenza ottimale tra il modello virtuale e l'oggetto reale, cosa non proprio scontata in un ambiente di modellazione orientato al BIM.

Questo "modus operandi" digitale sembra infine trovare una sua estensione nei sistemi di comunicazione che sfruttano la realtà virtuale (VR) e la realtà aumentata (AR). Infatti è stato particolarmente interessante verificare come modelli digitali possono essere resi accessibili tramite l'utilizzo di specifiche applicazioni, diffuse su dispositivi mobili come smartphone e tablet, che ne consentono la visualizzazione e la consultazione. Data la grande diffusione dei dispositivi mobili è facilmente intuibile quanto questo modo di utilizzare i dati possa potenzialmente essere un mezzo

per diffondere la conoscenza del patrimonio architettonico tramite la rete, rendendo il bene fruibile sia dai tecnici che devono intervenire sul bene, sia per fini culturali e/o turistici.

## 2. Il rilievo e la modellazione BIM

Il rilievo del castello è stato condotto tenendo presente che l'obiettivo principale era la realizzazione di un modello BIM in grado di riprodurre con maggiore fedeltà possibile le irregolarità geometriche del complesso. Considerando le dimensioni del castello, la sua articolata morfologia e l'intricata articolazione degli spazi interni, è stato necessario condurre un rilievo con laser scanner associato ad una rete topografica, materializzata in modo permanente e misurata con una stazione totale Leica TS30.

La rete topografica è stata realizzata con 68 punti di stazione e 55 punti di orientamento con una risultante rete che ha fornito 4622 osservazioni e 1402 incognite. Il rilievo laser scanner è composto da 176 scansioni, 44 milioni di punti per ogni scansione (circa 7,5 miliardi di punti), registrato mediante 269 scacchiere misurate con la stazione totale.

La modellazione del BIM di Castello Masegra è basata sui dati raccolti nelle fasi di rilievo e ricerca d'archivio. Grande importanza in questo senso ha ricoperto il rilievo topografico e laser scanner, che ha costituito la premessa necessaria per poter mettere mano alla ricostruzione tridimensionale del complesso, ma anche la ricerca storica poiché la modellazione ha cercato di tenere conto, oltre che delle geometrie dell'oggetto, anche delle diverse informazioni via via raccolte e ricostruite. Tenere in giusta considerazione, oltre che al rilievo, l'insieme dei dati storici e diagnostici emersi, permette di comprendere fino in fondo il sistema architettonico con cui si ha a che fare, specialmente se complesso e stratificato come nel caso studio.

In particolare, nel Castello Masegra si è visto come il reperimento di dati integrativi il rilievo, ha permesso di far emergere e comprendere parecchi aspetti di complessità della fabbrica: non tenere conto di queste peculiarità avrebbe portato ad una logica di standardizzazione dell'elemento che avrebbe reso il modello tridimensionale una sua replica indiscriminata, e forse anche inutile.

Per la costruzione del modello, in prima istanza, è stato dunque necessario stabilire come il rilievo potesse interagire con la piattaforma BIM scelta e il modello da sviluppare. Il software Revit®, utilizzato per la modellazione del castello, supporta la tecnologia delle nuvole di punti, che una volta importate possono essere sezionate; tuttavia, l'utilizzo di questo metodo per ottenere gli oggetti parametrici risulta particolarmente complesso. Infatti, la procedura richiede la selezione di punti dalle nuvole e la creazione di linee interpolanti che definiscono la geometria degli oggetti.

Se da un lato la possibilità di lavorare direttamente sulle nuvole di punti non è da scartare, dall'altro è importante interrogarsi preliminarmente sul livello di dettaglio e sulla scala che si vogliono adottare per il modello BIM a seconda delle finalità da perseguire. Seppure la natura sperimentale di questo progetto abbia necessitato in svariati casi di una semplificazione degli oggetti, il dettaglio richiesto doveva intercettare in maniera precisa le variazioni geometriche dell'intero manufatto. Il livello di dettaglio è quindi stato fissato a quello di 1:100, mentre 1:50 è stato scelto per gli approfondimenti.

Per la costruzione del modello BIM si è partiti dagli elaborati 2D precedentemente redatti in ambiente CAD. Il fatto di produrre in un primo momento tali elaborati, ed in un secondo momento il modello 3D, è stato di fondamentale importanza, in quanto in tal modo è stato possibile individuare le zone in cui era necessaria un'accurata modellazione 3D e quelle in cui era sufficiente l'utilizzo di "elementi semplificati" per la rappresentazione della geometria dei corpi di fabbrica mantenendo comunque un'adeguata corrispondenza tra oggetto reale e oggetto virtuale. Questo è un passaggio "obbligato" per la realizzazione di un modello BIM parametrico: è necessario ottenere un modello razionale in cui gli elementi regolari siano trattati diversamente rispetto agli elementi complessi e/o irregolari.

La modellazione BIM ha posto la necessità di considerare il sistema edilizio del castello come il risultato dell'aggregazione di numerosi sistemi costitutivi, tra cui murature, colonne, sistema voltato, sistema di copertura, ecc., ognuno dotato di proprie caratteristiche costruttive e

geometriche. La possibilità pratica di ottenere questi componenti distinti, suddividendo l'intero complesso architettonico, è data dalla loro assegnazione a distinte "famiglie", ognuna dotata di rispettivi "parametri" con i quali si sintetizza il contenuto informativo delle parti.

L'approccio con il programma ha evidenziato come le famiglie di sistema preposte alla modellazione degli elementi si rifanno sostanzialmente ai sistemi tecnologici moderni, e per quanto all'interno di ogni famiglia i tipi disponibili siano molteplici, nella maggior parte dei casi essi non sono bastati per la creazione degli elementi necessari.

Per ogni parte costituente il castello è stato innanzitutto necessario trovare un elemento corrispondente nelle famiglie predisposte. Se le famiglie di sistema dei pavimenti e delle coperture, e in certi casi anche della muratura, offrono soluzioni adeguate per oggetti come pavimentazione, archi, volte a botte regolari, ecc., mentre per gli altri casi è stato necessario l'utilizzo di famiglie caricabili.

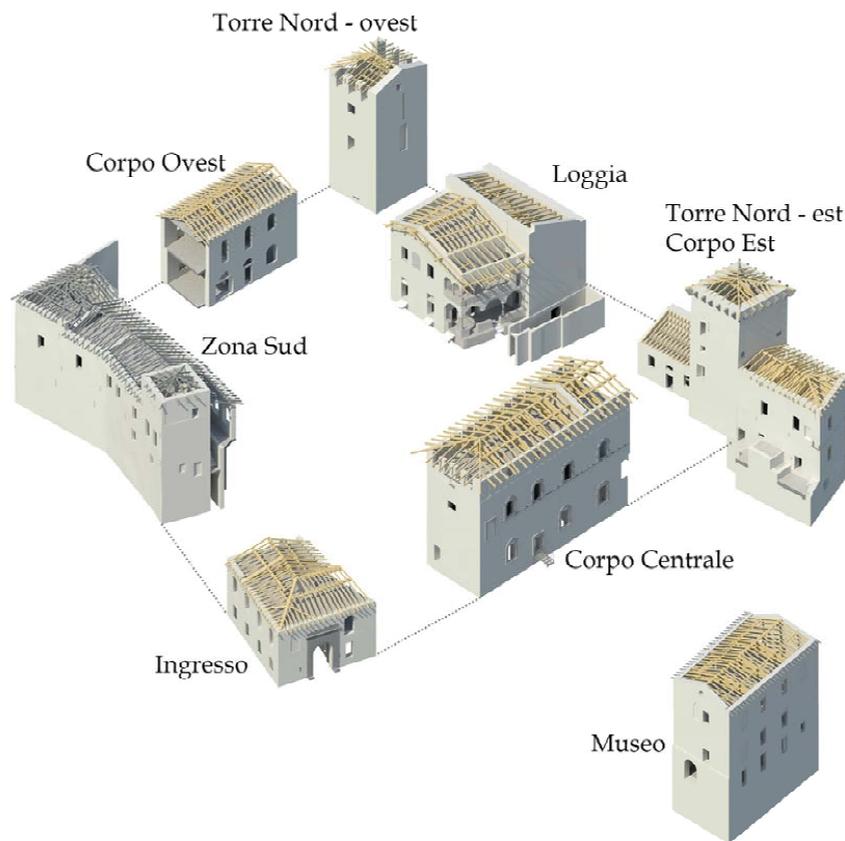


Figura 2 – Il modello BIM di Castel Masegra.

### 3. Il rilievo per la conoscenza e la valorizzazione

Uno degli aspetti più interessanti riguardo le potenzialità di un Building Information Modeling riguarda la possibilità di passare da una "rappresentazione per superfici" ad una "rappresentazione per oggetti", modellati e gestiti secondo logiche BIM basate sull'integrazione delle informazioni di contenuto.

All'interno dei software BIM, i diversi oggetti costituenti il modello tridimensionale BIM possono essere integrati ed arricchiti di diverse informazioni: tecnica costruttiva, materiale, dato storico,

fotografie, file audio, documenti correlati, ecc. Ciò rende il modello BIM ottenuto uno strumento utilissimo in quanto rappresenta la base per eventuali sviluppi e ricerche future. Inoltre, il modello, arricchito di tutte le informazioni, potrà fungere da elemento di confronto per chi affronta casi simili, o essere utilizzato per fini divulgativi, come musei interattivi. Uno dei parametri di default particolarmente interessanti, presenti all'interno della finestra delle proprietà degli elementi, è il parametro struttura. Il programma dà l'opportunità di generare, creare e inserire i dati stratigrafici inserendo la funzione, il materiale, lo spessore ecc. In particolare, i muri, i pavimenti, i controsoffitti e i tetti possono essere costituiti da strati paralleli. Gli elementi composti possono essere invece rappresentati da un singolo strato continuo di materiale, oppure da più strati. Inoltre è pensabile assegnare a ciascuno strato del componente la propria funzione (supporto strutturale, barriera termica). È possibile rappresentare ciascuno strato mediante l'impostazione dei rispettivi parametri relativi a materiale, spessore e funzione. A titolo esemplificativo si è sperimentata l'eventualità di una gestione BIM-based di informazioni provenienti da alcune letture stratigrafiche, di osservazioni relative alle differenti tecnologie costruttive e tessiture murarie, oltre ai documenti storici rinvenuti durante le fasi di ricerca storica. In particolare, grazie alla precisione del rilievo effettuato con tecnologia laser scanner, integrato con le informazioni ricavate da altre fonti disponibili quali per esempio ricerche storiche, documenti d'archivio, planimetrie storiche, foto d'epoca, report delle indagini diagnostiche, è stato possibile condurre una analisi sommaria delle discontinuità tra le diverse unità stratigrafiche. Il lavoro si è basato principalmente sul prendere nota delle differenze relative ai materiali e alle tecniche costruttive utilizzate. I primi possono diversificarsi per composizione, colore, misure, forme, lavorazioni; le seconde, per le modalità di assemblaggio e di messa in opera dei singoli materiali e per la loro reciproca posizione.

Per aiutare nell'immediato riconoscimento delle diverse unità sono stati aggiunti dei simboli relativi ai rapporti stratigrafici, che garantiscono una lettura simultanea e veloce. Questa fase di analisi è stata la base di partenza per evidenziare alcune delle potenzialità di un modello BIM. È stato infatti possibile suddividere gli elementi costituenti il modello in base alle diverse tecnologie costruttive individuate; ciò ha permesso, in una seconda fase, di mettere in evidenza le stratigrafie di volume.

A seguito dello studio delle fasi storiche del Castello è risultata particolarmente interessante, a titolo esemplificativo delle potenzialità di un modello BIM, la rappresentazione tridimensionale di queste ultime, ovvero la trasposizione nel modello delle fasi costruttive ipotizzate, visualizzabili sia singolarmente che come visione d'insieme. Ogni elemento è stato quindi integrato con la fase costruttiva attribuitagli sulla base di quanto emerso dalle campagne di rilievo e dalla ricerca storica. La volontà di realizzare un modello di questo tipo è nata dall'intenzione di rendere comprensibile il contenuto informativo del modello, anche per gli eventuali visitatori del castello, ma soprattutto per arricchire ulteriormente il modello BIM con informazioni riguardanti l'evoluzione del castello. Revit, a tale scopo, offre la possibilità di determinare le fasi di lavoro di cui si desidera tenere traccia per il progetto e creare una fase per ognuna di esse. Il programma non permette però la visualizzazione grafica di tale suddivisione per fasi. Offre all'opposto la proprietà Fase, ovvero il nome della fase della vista, e la proprietà Filtro delle fasi. E' proprio con quest'ultima proprietà che risulta possibile controllare la visualizzazione grafica degli elementi di una vista, che però è limitata a quattro campi ("status"), all'interno della fase stessa: esistente, demolito, nuovo e temporaneo. In questo modo la possibilità di modificare l'aspetto grafico dell'oggetto si limita a queste categorie: ogni oggetto "nuovo" avrà la stessa veste grafica indipendentemente dalla fase appartenente. Per rendere più facilmente comprensibile tale tipo di modello, solo un espediente grafico è risultato idoneo allo scopo: ad ogni soglia viene associato un colore diverso, e ogni oggetto sarà quindi caratterizzato dal colore corrispettivo. Il programma è risultato quindi abbastanza limitato.

Per far fronte a tale limitazione, è stato necessario individuare un metodo alternativo per assegnare ad ogni oggetto il colore, nonché soglia storica desiderata. Fattore, ancor più interessante, è il fatto che ogni elemento possa essere modificato in qualsiasi momento: una fase può essere aggiunta o eliminata e un oggetto può essere cambiato di fase, modificando in questo modo anche la sua

visualizzazione grafica. Il modello diventa così uno strumento utile per riflessioni e studi circa la storia del castello, ed anche un ottimo punto di partenza per futuri sviluppi della ricerca.

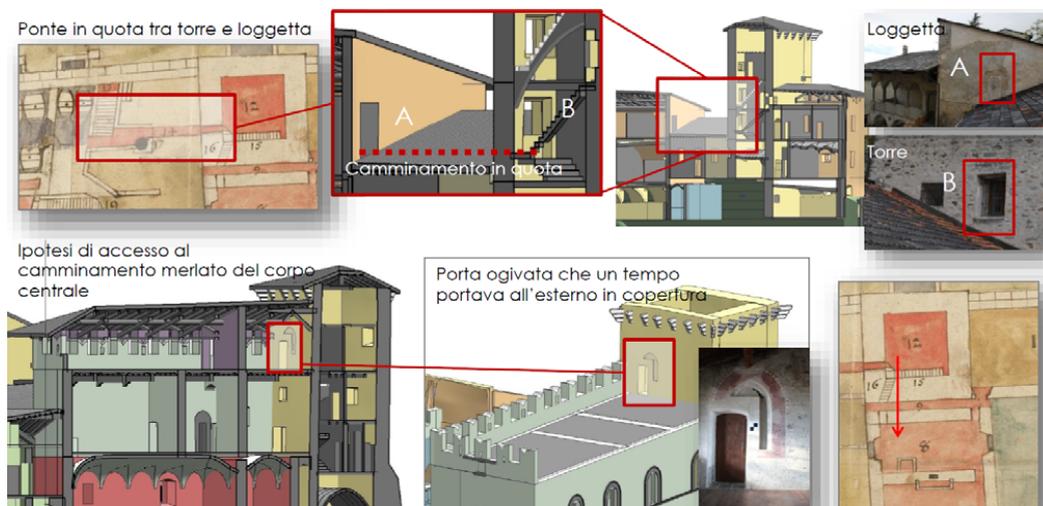


Figura 3 – Il modello BIM integra le informazioni disponibili sul castello.

#### 4. Il BIM e l'augmented information

La realtà virtuale rappresenta un potente strumento che permette di visualizzare, in modo tridimensionale e ad alta risoluzione, ambienti ed oggetti, e di interagire con questi in tempo reale fornendo una sensazione di immersione e di presenza nell'ambiente costruito.

Una ricostruzione virtuale ha valore storico, didattico, scientifico e può anche essere utilizzata per valutare nel tempo l'eventuale deterioramento degli ambienti stessi confrontando ricostruzioni 3D ottenute utilizzando immagini che ritraggono in tempi diversi i medesimi ambienti. Una ricostruzione 3D offre anche una capacità di dettaglio superiore; navigando all'interno di un ambiente 3D ci si può muovere liberamente alzandosi e avvicinandosi a pareti e ad oggetti posti in posizioni difficilmente raggiungibili, ottenendo informazioni di dettaglio pari alla visione che si otterrebbe stando a pochi centimetri di distanza dagli oggetti stessi.

Di per sé un modello BIM è già parte della realtà virtuale in quanto appunto modello di qualcosa che è reale o che diventerà reale (nel nostro caso vale la prima situazione). Tutte le informazioni contenute nel modello vengono inserite e trasmesse per mezzo della realtà virtuale, tramite input che avvengono per mezzo di un computer.

Secondo una percezione diffusa e condivisa, il patrimonio culturale mondiale subisce un continuo depauperamento: se da un lato emergono nuovi tesori in contesti prima ignorati, dall'altro, in misura maggiore, altri subiscono processi di stravolgimento, rovina o distruzione che comportano la perdita di importanti testimonianze storico-artistiche. Fortunatamente, lo sviluppo di nuove capacità tecniche accresce le possibilità di ricerca, valorizzazione, tutela e di prevenzione del degrado. Infatti, da una parte la velocità di comunicazione e trasferimento dei dati ha raggiunto una dimensione di quasi completa interconnessione in tempo reale, e dall'altra la grande quantità di informazioni, derivante da indagini quantitative e qualitative (supportate da strumenti tecnologici avanzati), permette una descrizione dell'esistente estremamente dettagliata. Inoltre, come si è visto, sistemi di catalogazione e di gestione dei dati facilitano l'individuazione e il raffronto anche tra realtà molto distanti, e l'emergere di nuove tecnologie permette di realizzare rappresentazioni realistiche con diverse ipotesi ricostruttive di tutto ciò che proviene dalla ricerca.

Questo aumento dei mezzi comporta necessariamente un riesame disciplinare che sta interessando tutto il settore della ricerca in tale ambito. È, infatti, evidente l'inarrestabile tendenza verso una dimensione della conoscenza e trasmissione di essa che vada oltre i testi scritti. La tecnologia nell'ambito dei beni culturali permette la valorizzazione e la divulgazione del patrimonio costruito. Alcune tecnologie, permettono peraltro un aumento della percezione e dell'interazione dell'utente con l'ambiente fornendo informazioni visive che l'utente non potrebbe direttamente rilevare con i propri sensi. L'obiettivo è quindi quello di incrementare la percezione visiva dello spazio fisico con immagini prese dallo spazio virtuale con il risultato che l'ambiente reale e virtuale sembrano coesistere e l'utente si può muovere liberamente nella scena, con la possibilità, altresì, di interagire con essa.

In tal senso, il modello BIM e tutti i dati in esso contenuti o associati tramite parametri condivisi possono essere correlati e resi disponibili attraverso alcuni sistemi che rendono possibile l'integrazione di diversi processi, applicazioni e metodi spesso diversi tra loro, con la finalità di renderli accessibili e consultabili mediante l'utilizzo di sistemi di comunicazione innovativi come quelli precedentemente analizzati, ovvero Augmented Reality e Virtual Reality, in aggiunta ad un portale Web dedicato. I dati contenuti nel BIM possono avere differenti destinatari a seconda dei livelli di interesse ed è quindi opportuno porre l'attenzione su quale sia la metodologia di comunicazione più efficace da utilizzare.

Nel caso di un edificio storico come il Castel Masegra possono essere definiti due principali scopi di utilizzo del modello BIM, con differenti tipi di utenti:

- *Fine turistico - didattico*: basato sulla divulgazione di informazioni di interesse storico culturale circa l'edificio; in questo caso il modello BIM può essere utilizzato come supporto di rappresentazione interattiva del castello o di alcune sue parti, in cui vengono illustrate le caratteristiche più rilevanti sotto gli aspetti storici, artistici e culturali, come ad esempio le fasi di costruzione nella storia, curiosità di vario genere sulle famiglie che lo hanno abitato, la successione delle destinazioni d'uso, oppure dei focus di analisi su alcune porzioni come per esempio gli affreschi dell'Orlando Furioso della volta ad ombrello;

- *Fine tecnico*: legato alla manutenzione ed alla gestione dell'edificio (manutenzione ordinaria/straordinaria, restauro, ecc.) in cui il modello BIM viene messo a disposizione come database di informazioni tecniche degli elementi e dei materiali che costituiscono l'edificio e di tutta la documentazione inerente il corpo di fabbrica, a cui i tecnici possono accedere ed usufruirne nel momento in cui si presenta la necessità di svolgere su di esso qualsiasi intervento.

Per entrambi i casi il modello BIM può essere predisposto o preparato per la consultazione tramite specifici software a seconda del metodo di comunicazione.

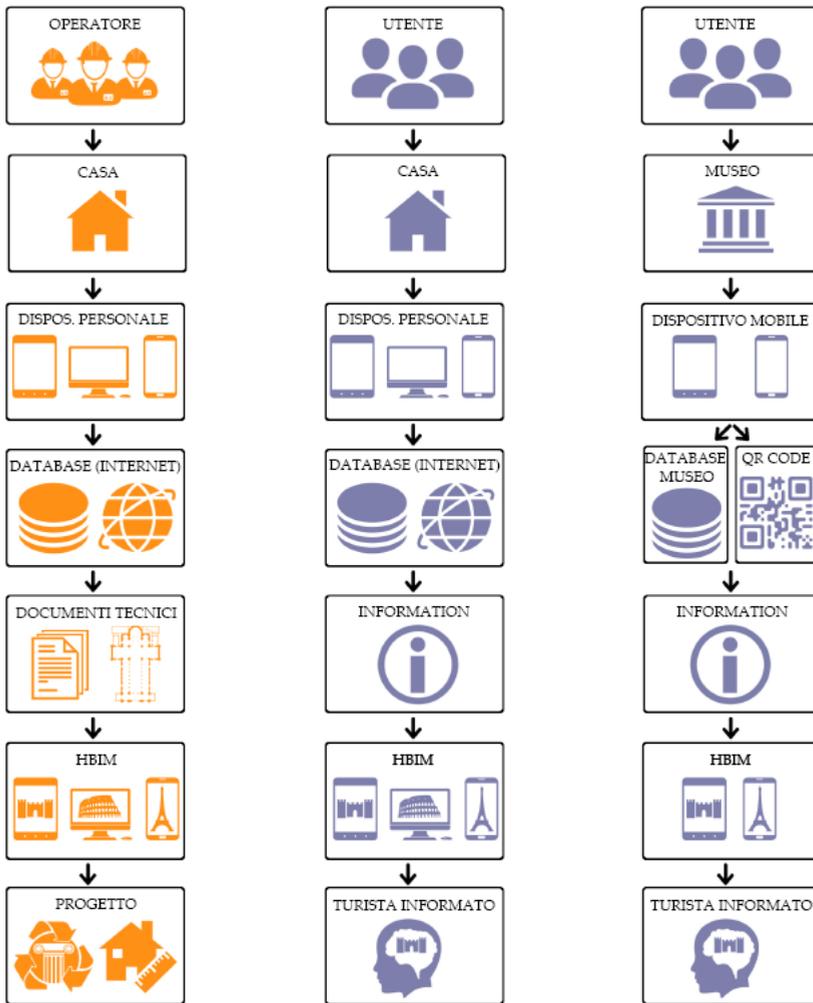


Figura 4 – Vari utenti del modello.

La tecnologia Augmented Reality e Virtual Reality sono risultati un valido strumento per la valorizzazione di Castel Masegra e una interessante opportunità di utilizzo per il modello BIM realizzato. A tale scopo, il lavoro svolto ha previsto, in un primo momento, una ricerca riguardo le applicazioni (ad oggi esistenti) basate sull'utilizzo di tali tecnologie e, in un secondo momento, lo studio delle applicazioni ritenute più complete e compatibili con i modelli BIM. Tali applicazioni sono state ricercate tramite l'utilizzo dei dispositivi mobili ad oggi più diffusi, quali iPhone, iPad, tablet e windows phone. A tal proposito, si è notato sin da subito che i dispositivi iOS presentano il maggior numero di applicazioni che utilizzano la tecnologia VR e AR. Comunque sia, nonostante tali tecnologie siano ancora in fase di sviluppo, esistono già numerosissime applicazioni sia per dispositivi iOS che Android.

Per ogni applicazione è stata successivamente realizzata una scheda dove viene indicato il nome dell'applicazione, lo sviluppatore, il costo, per quali dispositivi è disponibile, i software e i formati compatibili, una breve descrizione e, a seconda delle applicazioni (alcune, se non acquistate, non

permettono la navigazione all'interno dell'applicazione) le caratteristiche. Grazie a questa schedatura è stato possibile vagliare alcune applicazioni. In particolare, alcune di esse richiedono l'invio a terze persone per la conversione del modello BIM nel formato richiesto dall'app, altre necessitano dell'utilizzo di ulteriori programmi.

Applicazione		A360	IVISIT3D	BIMX	ARMedia Player
Icona					
ICT		VR	VR	VR	AR
Dispos.		No	No	No	No
		Si	Si	Si	Si
		Si	Si	Si	Si
Program.	Comp.	Si	No	No	No
	Inter.	Autodesk Revit	Archicad Artlantis Studio Autodesk 360 Rendering	Archicad	Autodesk 3ds Max, Trimble SketchUp, Autodesk Maya, MAXON Cinema 4D, Vectorworks, Nemetschek Scia Engineer
Proprietà	Si/No	Si	No	Si	No
	Perdita informazioni	No	Si	Si	Si
	Altro	(es. Muro) Area, Base Constraint, Base Offset, Guid, Id, Length, Name, Phase Created, Room Bounding, Structural Usage, Top Offset, Unconnected Height, Volume, Other	-	Nome, Altezza, Lunghezza, Spessore, Struttura	-
Vista	2D	Si	No	Si, versione Premium	No
	3D	Si	No	Si	Si
	Sez. 3D	No	No	Si	No
	Altro	2D da preimpostare all'interno di Revit	Pianta in 2D Virtual Tour	2D preimpostati e collegati a dei marker, Sezione 3D definibile in tempo reale	Sezione disponibile solo nella versione desktop
Navigaz.	Zoom	Si	Si	Si	Si
	Pan	Si	No	Si	No
	Panor.	Si	Si	Si	Si
	Joystick	Si, ma movimento non ancora fluido	No	Si, Modalità vola e cammina	No
Visualiz.	Tipo	Preimpostata all'interno di Revit (non è possibile cambiarlo all'interno dell'app)	Realistica	Ombreggiato; Realistico (versione Premium)	Realistica / Ombreggiata
	Texture	Si	Si	Si, versione Premium	Si
	Isola / Nascondi	Si	No	No	No
File di output	Dimensione	Bassa	Bassa	Bassa	Bassa
	Formato	Più formati; alcuni vengono visualizzati come modelli ignoranti	PNO	BMX	ARMEDIA
	Tempo	Basso	Elevato (bisogna realizzare i diversi rendere)	Basso	Basso
Altro		Possibilità di aggiungere note e/o commenti, fare degli screenshots		Riconoscimento aperture; 3D Stereo; navigazione cammina e volo; piano di sezione; perdita di oggetti inseriti, all'interno di Revit, come blocchi cad	

Figura 5 – Il modello e le app per dispositivi mobile testate.

Per diminuire ulteriormente le applicazioni trovate, scartate quelle a pagamento, è stato realizzato un test per comprenderne le potenzialità. Alcune di queste, che risultavano particolarmente promettenti, in un secondo momento sono state scartate in quanto il modello risultava “ignorante”. Le applicazioni scelte per un test “più approfondito” sono A360, sviluppato dell'Autodesk, perfettamente compatibile con i modelli BIM, iVIsIT 3D, sviluppata dalla Abvent R&D, che permette di creare viste panoramiche collegate le une dalle altre, BIMx, sviluppato dalla Graphisoft SE, che permette una navigazione virtuale intelligente e ARmedia, sviluppato dalla Inglobe Technologies, che utilizza la tecnologia AR. Una comparazione è riportata nella figura 5.

## Conclusioni

Dalla restituzione del rilievo di Castel Masegra e dalla sua analisi, integrata con quanto ipotizzabile dalla ricerca storica, sono emersi dati significativi sulle tecniche costruttive delle parti dell'edificio, e la loro evoluzione nel tempo. La ricchezza di stratificazione delle varie fasi è risultata chiara fin dall'osservazione dell'irregolarità della struttura muraria, che presenta svariati allineamenti e diversi spessori.

Le molte informazioni derivate dal rilievo e dalle analisi sono poi state trasferite e concretizzate principalmente nel modello BIM. La costruzione del modello ha avuto come priorità il mantenimento della complessità dell'oggetto e la sua riproduzione fedele tenendo insieme, nel contempo, le rigide logiche parametriche imposte da un modello BIM, che il più delle volte nei casi di costruito storico tendono a banalizzare o semplificare le anomalie geometriche.

Infine, è risultata particolarmente interessante la possibilità di rendere usufruibile il modello BIM per fini turistici - culturali, con lo scopo di attuare un modo di far turismo informato. Le moderne tecnologie, sviluppate negli ultimi anni, hanno aperto nuovi scenari per la diffusione della conoscenza di massa, garantendo un utilizzo facile ed intuitivo ed una fruibilità immediata.

## Bibliografia

AA.VV., Guida ai Castelli della Lombardia, Electa editrice, Milano, 1982.

AA.VV., Le istituzioni storiche del territorio lombardo XIV-XIX secolo, Milano 1999.

AA.VV., Storia dei Grigioni, Casagrande, 2000.

ALLEVI P. e RONCAI L., Architettura fortificata in Lombardia: atti del Seminario, Milano 1987, Turris, Cremona, 1990.

BALLARINI F., Gli felici progressi nella Valtellina per estirpazione dell'Herésie, Milano, 1623.

BASCAPE' G. e PEROGALLI C., Torri e castelli di Valtellina e Valchiavenna, Banca Piccolo Credito Valtellinese, Sondrio 1966.

BIANCHI S., Valtellina, Valchiavenna e Grigioni, Antica cartografia dal XVI al XVII Secolo, Priuli & Verruccia, Torino, 2008.

BORROMINI G. e NICCOLAI C., Il Castello Masegra (tesi di laurea), Università degli Studi di Firenze, 1985/1986.

BRUMANA R., ORENI D., BARAZZETTI L., BANFI F., RONCORONI F., PREVITALI M., VALENTE R., Survey and HBIM of the Basilica di Collemaggio inn L'Aquila for managing and planning conservation activitie, PPC Conference 2014, Atti del convegno, Monza-Mantova, 5-9 maggio 2014.

BRUMANA R., ORENI D., RAIMONDI A., GEOR-GOPOULOS A., BREGIANNI A., From survey to HBIM for documentation, dissemination and manage-ment of built heritage. The case study of St.Maria in Scaria d'Intelvi. In: Eds. A. Addison,L. De Luca, G. Guidi, S. Pescarin. DigitalHeritage2013- Procee-dings of the 1st International Congress on Digital Heritage. p. 497-504, IEEE, ISBN: 978-1-4799-3169-9, Marseille (FR), 28/10/2013-01/11/2013, doi: 978-1- 4799-3169-9/13, 2013

BUZZETTI P., Torri e Castelli della Rezia Chiavennasca, Forni, 1919

CONTI F., HYBSCH V. e VINCENTI A., I Castelli della Lombardia Vol 2. Provincie di Como, Sondrio e Varese, Istituto Geografico De Agostini, Regione

Lombardia.

GARLANDINI A., I Castelli della Lombardia, Mondadori, 1997.

- GULER G.V., *Raetia*, Zurigo, 1616, versione dal tedesco della sola parte che riguarda la Valtellina e la Valchiavenna di Giustino Renato Orsini, Sondrio, 1959.
- LAVIZARI P.A., *Memorie storiche della Valtellina*, in libri dieci descritte e dedicate alla medesima Valle, Coira, 1716.
- LOSTAFFA F., PIRAINO F., VILLA L., *HBIM vs Augmented Information a partire dai rilievi di Castel Masegra. Conoscere, rappresentare, divulgare*. Tesi di Laurea presso il Politecnico di Milano, 2015.
- MONTEFORTE F., *Storia e storiografia di frontiera tra Valtellina, Valchiavenna, Grigioni e Ticino*, in *Quaderni Grigioniani*, Zurigo, 2014.
- ORENI D., BRUMANA R., BANFI F., BERTOLA L., BARAZZETTI L., CUCA B., PREVITALI M., RON-CORONI F., *Beyond Crude 3D Models: From Point Clouds to Historical Building Information Modeling via NURBS*. M. Ioannides et al. (Eds.): EuroMed 2014, LNCS 8740, pp. 166–175, 2014. © Springer International Publishing Switzerland, 2014
- ORENI D., BRUMANA R., DELLA TORRE S., BANFI F., BARAZZETTI L., PREVITALI M., *Survey turned into HBIM: the restoration and the work involved concerning the Basilica di Collemaggio after the earthquake (L'Aquila)*. 2014 ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume II-5, 2014, pp.267-273
- PARAVICINI G.A., *La pieve di Sondrio*, in SALICE T., *Raccolta di studi storici sulla Valtellina*, Società storica Valtellinese, Sondrio, 1969.
- PEDROTTI E., *Torri e castelli Valtellinesi*, Milano, Giuffrè Editore, 1957.
- PRONTERA F., *Tabula Peutingeriana: le antiche vie del mondo*, L.S. Olschki, 2003.
- QUADRIO F.S., *Dissertazioni critico-storiche intorno alla Rezia di qua dalle Alpi oggi detta Valtellina*, Forni, Bologna, 1971.
- ROMEGIALLI G., *Storia della Valtellina e delle già Contee di Bormio e Chiavenna*, Sondrio, 1834.
- SCARAMELLINI G., *Le fortificazioni in Valtellina, Valchiavenna e Grigioni, Progetto Castello Masegra e Palazzi Salis: un circuito culturale dell'area retica alpina*, Programma Interreg III A, Sondrio, Ottobre, 2004.
- SCARMELLINI G., *Le fortificazioni sforzesche in Valtellina e Valchiavenna*, Centro studi storici Valchiavennaschi, Chiavenna, 2000.
- TUANA G., *De rebus vallistellinae*, traduzione dal latino di LEVI A., Società Storica Valtellinese, Sondrio, 1998.
- XERES S., *Il pretesto della religione*, Museo Castello Masegra, Sondrio, 2004.