UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE
DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA

Scuola di Architettura
Corso di laurea magistrale a ciclo unico in architettura

Soluzioni BIM per l'architettura e l'archeologia:
il caso del Kyrenia Shipwreck Museum, un percorso di 25 secoli

Relatore:
Prof. *Giorgio Verdiani*

Correlatori:
Prof. *Carlo Biagini*
Prof. *Alessandro Camiz*
Ing. *Paolo Ottobri*

Candidato:
Francesco Capparelli
matr. 5629398

anno accademico 2018/2019

Indice

Il BIM 4
Cos'è il BIM? 4
Oggetti parametrici 6
I vantaggi 6
LOD 7
Interoperabilità 10
I nuovi ruoli del BIM 10
Diffusione del BIM 11

Il BIM per il patrimonio storico 18
Gestione delle informazioni 18
Il BIM come possibile soluzione 19
Applicazioni 19
Un deposito di informazioni 21
Acquisizione dei dati 22
Rilevamento metrico 22
Approcci di modellazione 23
Tolleranze e livelli di dettaglio 23
Componenti personalizzati 24
Informazioni incomplete o non disponibili 25

Piano Esecutivo di Progetto 26
Panoramica 26
Informazioni di progetto 26
Ricerca bibliografica, storica e archivistica 27
Campagna di rilievo 28
Gestione di dati e informazioni 28
Definizione del supporto infrastrutturale 28
Tracciamento dei processi di esecuzione del BIM 29
Livelli di sviluppo 30

Analisi storica 34
Introduzione 36
Stile di costruzione 36
Fasi costruttive 40
La nave di Kyrenia 45
Il museo 47

La campagna di rilievo 54
Rilievo laser scanner 55
Fotogrammentria terrestre 58
Fotogrammentria aerea 61

Modellazione BIM 64
Diagramma del flusso di lavoro adottato 64
Esportazione della nuvola di punti da Recap 65
Importazione della nuvola in Autodesk Revit 66
Descrizione del manufatto 68
Creazione dei livelli di riferimento 69
Modellazione dei componenti: 70
- Muri 70
- Solai 73
- Volte 74
- Porte e finestre 76
- Scale 78
- Ringhiere 79
- Pilastri 80
- Travi 82
- Facciate continue 84
- Arredi 85
Verifica del modello 87

Elaborati dello stato di fatto 94

Elaborati della proposta d'intervento 108

Conclusioni 134

Riferimenti 136

Il BIM

Cos'è il BIM?

Fin dalle sue prime comparse alla fine degli anni '80, il *Building Information Modelling* (BIM), che tradotto vuol dire "modellazione d'informazioni di un edificio", è stato oggetto di diverse letture e interpretazioni; la maggior parte di queste non fornisce una spiegazione comprensiva del termine che è comunque in continua evoluzione e sta suscitando il maggior dibattito nel settore dell'architettura, dell'ingegneria e delle costruzioni.
In letteratura è possibile rintracciare diversi tentativi che lo definiscono: secondo il *BIM Handbook. A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*, il BIM è "una tecnologia di modellazione assistita dai computer volta a gestire e generare informazioni edilizie e che presuppone i relativi processi di produzione, comunicazione, e analisi dei modelli di informazioni di un edificio"; la M.A. Mortenson Company, importante azienda delle costruzioni negli Stati Uniti, lo definisce semplicemente come "una simulazione intelligente dell'architettura"; il NIBS (National Institutes of Building Science) definisce il BIM come la "rappresentazione digitale di caratteristiche fisiche e funzionali di un oggetto"[1].
Con questa metodologia di *management,* tramite software parametrici, si costruisce digitalmente un modello virtuale di un edificio a supporto di tutte le fasi del processo edilizio, permettendo così un'analisi e un controllo più efficienti rispetto ai metodi tradizionali, contenente geometrie precise e dati rilevanti necessari per supportare la costruzione, la fabbricazione e le attività di approvvigionamento necessarie per realizzare l'edificio.
Sviluppata durante la fase di progettazione e implementata durante la fase di costruzione, la modellazione BIM mette a disposizione tutte le informazioni necessarie per gestire l'intero ciclo di vita di un edificio. Se il modello è stato realizzato in modo opportuno, questo potrebbe semplificare la progettazione e la costruzione favorendone l'integrazione di dati e consentendo una migliore qualità del costruito riducendo sia i costi sia i tempi di realizzazione.

[1] *G. M. Di Giuda (a cura di), V. Villa (a cura di) - Il BIM. Guida completa al Building Information Modeling per committenti, architetti, ingegneri, gestori immobiliari e imprese, Hoepli, edizione italiana, 2016*

Attualmente la trasmissione dei dati si basa su modalità di comunicazione cartacee che la rendono frammentata. Spesso errori e omissioni nella documentazione provocano ritardi, costi non preventivati e perfino azioni legali tra i soggetti contraenti. Tutte queste situazioni danno luogo a contenziosi e oneri finanziari.
Tra le iniziative adottate per risolvere i problemi descritti sono inclusi:

- modelli contrattuali alternativi, per esempio sistemi collaborativi;
- utilizzo delle tecnologie informatiche webinar, per esempio siti web dedicati al progetto e finalizzati alla condivisione dei documenti e degli elaborati;
- implementazione di strumenti CAD 3D.

Nonostante questi metodi abbiano velocizzato lo scambio di informazioni, non hanno fornito un contributo decisivo per ridurre la gravità e la frequenza delle incongruenze causate dai disegni cartacei e i corrispettivi documenti elettronici.
Difficilmente, invece, si può sbagliare utilizzando la metodolgia BIM, inserendo all'interno del modello 3D:

- componenti per l'edilizia, che sono raffigurati come rappresentazioni digitali (oggetti), dotati di informazioni caratteristiche e parametri geometrici che permettono loro di essere manipolati in modo intelligente;
- componenti che includono dati descrittivi del comportamento, in base alle esigenze dei processi di lavorazione e di analisi (ad esempio per l'analisi energetica);
- dati coerenti e non ridondanti in modo tale che le modifiche ai dati dei componenti siano rappresentate in tutte le viste del componente e degli assiemi di cui fa parte;

Nonostante il BIM sia molto conosciuto, la sua definizione è soggetta a variazioni e fraintendimenti. Può essere utile descrivere tipologie di modellazione che non assecondano la progettazione BIM. Tra queste tipologie è possibile individuare i seguenti modelli:

- modelli che contengono solo dati 3D e nessun attributo (o pochi attributi) degli oggetti;
- modelli privi di un comportamento parametrico;
- modelli composti da più file di riferimento CAD 2D che devono essere combinati per definire l'edificio;
- modelli che consentono variazioni dimensionali in una vista che non si riflettono automaticamente nelle altre viste.

Oggetti Parametrici

La costruzione del modello virtuale avviene tramite questi cossidetti *oggetti parametrici* che lo compongono. Il concetto di questo termine è fondamentale per comprendere il BIM e la sua differenza dagli oggetti 2D e 3D tradizionali.
Questi sono definiti come segue:

- sono costituiti da definizioni geometriche, dati e regole associate;
- la geometria è integrata in modo "non ridondante" e non consente la presenza di incoerenze, ma piante, prospetti e sezioni di un determinato oggetto risultano essere sempre coerenti;
- le regole parametriche modificano automaticamente le geometrie quando vengono inserite in un modello di edificio o quando si apportano modifiche ai singoli oggetti. Per esempio, una porta si inserirà automaticamente in un muro, un interruttore della luce si localizzerà automaticamente accanto al lato corretto della porta, il muro si ridimensionerà automaticamente contro il soffitto e così via;
- gli oggetti sono in grado di identificare errori quando una particolare modifica compromette la sua fattibilità in termini di dimensioni, producibilità e così via;
- gli oggetti hanno la capacità di collegare, trasmettere o esportare insiemi di attributi, per esempio materiali strutturali, dati acustici, dati energetici e simili, in altri modelli e applicazioni.

I vantaggi

Questo è un elenco dei vantaggi nell'utilizzo del BIM all'interno delle fasi di lavoro di un processo edilizio:
Fase di Programmazione

- Vantaggi nelle fasi di ideazione, studio di fattibilità e progettazione;
- Aumento delle prestazioni e delle qualità della costruzione;
- Migliore collaborazione con il proprietrio che usa il modello per l'appalto del progetto e che può utilizzare fin dalle prime fasi di progettazione per condividere le esigenze progettuali e ricavare le stime dei costi di pari passo con lo sviluppo del lavoro.

Fase di Progettazione

- Visualizzazioni più accurate e tempestive del progetto;
- Correzioni automatiche quando si apportano modifiche al progetto;
- Generazione di disegni 2D accurati e coerenti in qualsiasi fase della progettazione;

- Collaborazione tempestiva tra le varie discipline di progettazione;
- Verifica semplificata della coerenza ai fini progettuali;
- Estrazione delle stime dei costi in fase di progettazione;
- Miglioramento della sostenibilità e dell'efficienza energetica.

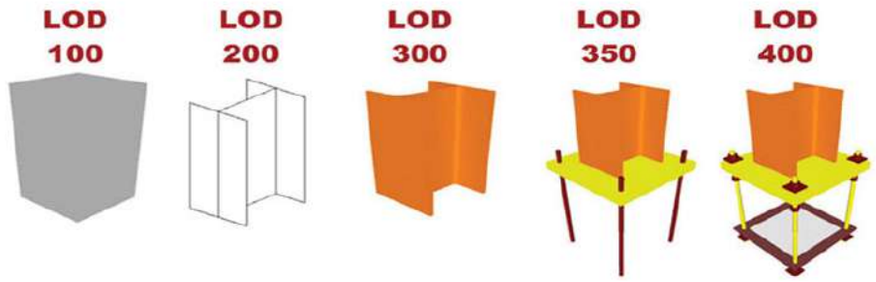
Fase di Costruzione

- Uso del modello di progetto come riferimento per i componenti prefabbricati;
- Risposta rapida alle modifiche del progetto;
- Individuazione di eventuali errori di progettazione e omissioni prima del cantiere;
- Sincronizzazione della pianificazione delle fasi di progettazione e costruzione;
- Sincronizzazione dell'approvvigionamento dei materiali con la fase di progettazione e la fase di costruzione.

Fase di Gestione

- Miglioramento della messa in funzione e della trasmissione delle informazioni sull'edificio;
- Gestione e funzionamento ottimizzati degli impianti;
- Integrazione con i sistemi di funzionamento e sistemi di gestione.

LOD



Uno dei maggiori punti di forza del BIM è la creazione e la gestione di un database di informazioni riguardanti tutti gli elementi di un modello. Risulta quindi fondamentale definire quanti dettagli, andranno presi in considerazione durante la modellazione, in quale maniera e fino a che livello di completezza.
Per questo è stata elaborata una struttura di standard di sviluppo che permette di definire per ogni progetto un *Level of Development* (LOD), o Livello di Sviluppo, che definisca la quantità e il grado di approfondimento e di accuratezza delle informazioni fornite dal modello. Questi standard

garantiscono efficienza e chiarezza nella comunicazione finalizzata all'esecuzione del modello BIM, fondamentali per raggiungere l'obiettivo specifico del prodotto finale senza correre il rischio di impegnare troppe o troppo poche risorse.
I *LOD Specifications*[26] del 2018, forniti dal sito BIM Forum, definiscono e illustrano le caratteristiche degli elementi del modello e dei sistemi di costruzione corrispondenti a diverse fasi del progetto (dal concepimento alla costruzione). Fanno anche distinzione tra *Level of Detail*, o Livello di Dettaglio, e *Level of Development*. Il primo è sostanzialmente quanti dettagli sono inseriti nell'elemento modellato, e può essere considerato come l'input o l'obiettivo iniziale della progettazione, mentre il *Level of Development* rappresenta il grado al quale la geometria dell'elemento e le relative informazioni sono state approfondite. Quest'ultimo inoltre fornisce il grado di completezza a cui gli utenti del BIM possono far affidamento e si può quindi dire che sia l'output della modellazione.
In letteratura normalmente non si suddivide il significato dell'acronimo inglese LOD, ma si parla quasi sempre di Level of Detail intendendo, erroneamente, sia la richiesta che l'effettiva consegna di informazioni più o meno approfondite.
I livelli di sviluppo sono descritti con estrema accuratezza nei *LOD Specifications* per ogni elemento tecnico del sistema edilizio, ma macroscopicamente possono essere descritti come segue:

100 Gli elementi non sono rappresentazioni geometriche, ma simboli o altre rappresentazioni generiche che non soddisfino i requisiti del LOD 200. Mostrano l'esistenza di un componente ma non la sua forma, dimensione o posizione precisa.
Qualsiasi informazione derivata dagli elementi con LOD 100 deve essere considerata approssimativa.

200 L'elemento è rappresentato graficamente all'interno del modello come un sistema, un oggetto o un assieme generico con quantità approssimative, dimensione, forma, posizione e orientamento. Le informazioni non grafiche possono anche essere associate all'elemento del modello.
Qualsiasi informazione derivata dagli elementi con LOD 200 deve essere considerata approssimativa.

[26] *https://bimforum.org/wp-content/uploads/2018/09/BIMForum-LOD-2018_Spec-Part-1_and_Guide_2018-09.pdf*

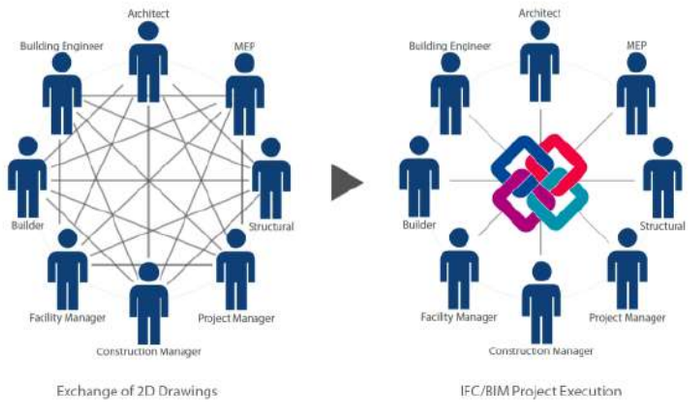
300 L'elemento è rappresentato graficamente all'interno del modello come un sistema, un oggetto o un assieme specifico in termini di quantità, dimensioni, forma, posizione e orientamento. Le informazioni non grafiche possono anche essere associate all'elemento del modello.
La quantità, la dimensione, la forma, la posizione e l'orientamento dell'elemento possono essere misurati direttamente dal modello.

350 L'elemento è rappresentato graficamente all'interno del modello come un sistema, un oggetto o un assieme specifico in termini di quantità, dimensioni, forma, posizione, orientamento e interfacce con altri sistemi di costruzione. Le parti necessarie per il coordinamento dell'elemento con elementi vicini o collegati sono modellate. Queste parti includeranno elementi come supporti e connessioni. Le informazioni non grafiche possono anche essere associate all'elemento del modello.
La quantità, la dimensione, la forma, la posizione e l'orientamento dell'elemento possono essere misurati direttamente dal modello.

400 L'elemento è rappresentato graficamente all'interno del modello come un sistema, un oggetto o un assieme specifico in termini di quantità, dimensioni, forma, posizione e orientamento con dettagli, fabbricazione, assemblaggio e informazioni di installazione. Le informazioni non grafiche possono anche essere associate all'elemento del modello.
La quantità, la dimensione, la forma, la posizione e l'orientamento dell'elemento possono essere misurati direttamente dal modello.

500 L'elemento è una rappresentazione verificata sul campo in termini di dimensioni, forma, posizione, quantità e orientamento. Le informazioni non grafiche possono anche essere associate all'elemento del modello.

Interoperabilità



Con la tecnologia BIM si incrementa la possibilità di interscambio delle informazioni senza fraintendimenti e in assenza di errori. Per interoperabilità s'intende la capacità di scambiare dati tra applicazioni, consentendo di uniformare i flussi di lavoro e, talvolta, facilitarne l'automazione. Tale caratteristica riduce al minimo la necessità di copiare manualmente i dati già generati in altre applicazioni, altrimenti si generano errori, poiché la copia manuale comporta inevitabilmente un certo livello di incoerenza. L'interscambio di dati più comune e importante avviene con strumenti di analisi , come quelli per l'analisi strutturale o termica, oppure applicazioni per il computo metrico, il cronoprogramma e i documenti di appalto.
Uno dei formati principali di interscambio è il formato IFC (Industry Foundation Classes), il quale viene scambiato e condiviso tra le applicazioni utilizzate dai vari partecipanti a un progetto di costruzione o gestione di un edificio ed è un formato aperto, neutrale e indipendente dai piani di un particolare sviluppatore di programmi.

I nuovi ruoli del BIM

Nuove figure professionali sono state create grazie al processo BIM [24]:

- Il *BIM Specialist* si occupa dell'utilizzo del software per la realizzazione di un progetto in BIM e dello sviluppo del modello 3D. Elabora ed eventualmente modifica in corso d'opera i modelli grafici e gli oggetti a essi correlati e le loro librerie, esegue l'estrazione dei dati. Svolge anche l'analisi tecnica utilizzando la documentazione aziendale per la produzione di elaborati e modelli (standard e procedure).
- Il *BIM Coordinator* è principalmente quello che coordina i BIM Specialist coinvolti nel progetto per garantire l'applicazione degli standard e dei processi. Utilizza i software necessari per il coordinamento delle attività di redazione, controllo e gestione del progetto BIM. Può partecipare all'elaborazione del BIM Execution Plan in collaborazione con il BIM Manager e cura la formazione dei ruoli operativi. Deve occuparsi anche delle problematiche di condivisione e aggregazione dei contenuti informativi. Riporta al BIM Manager ogni dettaglio dello sviluppo del progetto favorendo il processo informativo.
- Il *BIM Manager* gestisce e aggiorna il modello BIM per tutte le discipline coordinando le attività delle altre figure operative. Garantisce inoltre il coordinamento del progetto, gestendo i ruoli e le fasi previste, e individua le interferenze riassegnando all'interno del team di progetto la loro correzione. Elabora il capitolato informativo per il committente e il BIM Execution Plan (piano per la gestione Informativa) a uso interno dell'azienda. Verifica l'applicazione operativa ed il rispetto degli standard stabiliti con i BIM coordinator e cura la modifica dei contenuti informativi.

[24] *https://www.bimportale.com/bim-le-nuove-figure-professionali/*

Diffusione del BIM

In diversi paesi esteri la metodologia BIM fa già o sta per far parte della normativa locale, anche se ovviamente non in maniera omogenea tra uno stato e l'altro.
Gli U.S.A. sono uno dei paesi dove il BIM è più utilizzato sin dagli inizi del nuovo millennio, con una crescente diffusione che ha visto il suo apice intorno al 2009-2010. Nel 2003, la General Services Administration (GSA), attraverso il Public Building Service (PBS) Office of Chief Architect (OCA), ha stabilito il programma nazionale per il 3D-4D-BIM, pubblicando delle guide che descrivono la metodologia di lavoro nell'industria delle costruzioni. Il GSA ha richiesto, a partire dal 2007, l'uso del BIM per la "spatial program validation" prima di presentare il progetto in gara d'appalto. Questo permette ai team di progettazione GSA di convalidare i requisiti dello "spatial program" come: gli spazi necessari, le aree, gli indici di efficienza e così via, metodo più preciso e veloce rispetto all'approccio tradizionale 2D. Allo stesso tempo, tutti i progettisti sono incoraggiati dal GSA ad utilizzare modelli BIM 3D e 4D in tutte le fasi di progetto. Il GSA sta attualmente esplorando l'uso della tecnologia BIM in tutto il ciclo di vita di un progetto, pubblicando linee guida riguardanti i diversi settori. Il GSA è una presenza

molto attiva nel settore costruzioni, quindi la sua forte difesa del BIM è destinata a influenzare l'intero settore AEC negli Stati Uniti e rafforzare l'adozione globale della tecnologia.

In Australia invece l'utilizzo del sistema BIM si concentra sullo sviluppo dell'industria delle costruzioni al fine di adottare modelli digitali e tecnologie integrate per rispondere a nuove regolamentazioni, migliorare l'efficienza, affrontare i problemi ambientali e di ciclo di vita ed aumentare la competitività internazionale. Tale missione è stata promossa dal Built Environment Digital Modeling Working Group, un'iniziativa congiunta del Built Environment Industry Innovation Council (BEIIC) e dell'Information Technology Industry Innovation Council (ITIIC). Un ruolo importante assume anche il National Specification System (NATSPEC), un'organizzazione costituita da architetti, costruttori e proprietari immobiliari che operano attraverso associazioni professionali e gruppi governativi al fine di migliorare la qualità dei processi di costruzione attraverso la fornitura di informazioni, strumenti, prodotti e servizi. Nel 2012 il NATSPEC ha pubblicato la National BIM Guide, che aiuta a ridurre confusioni e incongruenze da parte di clienti e consulenti, e il BIM Management Plan Template che definisce una guida su come deve essere eseguito un progetto, monitorato e controllato attraverso il BIM e soprattutto attraverso lo sviluppo di un piano di lavoro come guida dell'intero processo edilizio. Ulteriore iniziativa è il Cooperative Research Centre (CRC) for Construction Innovation, un centro di ricerca concentrato sullo sviluppo di tecnologie, strumenti e sistemi di gestione per migliorare il settore dell'industria delle costruzioni.

Il Regno Unito ha un promettente obiettivo di adozione BIM a medio-lungo termine ed è uno dei paesi che sono più avanzati nella tecnologia BIM. Nel maggio 2011, la "Government Construction Strategy" ha richiesto che tutti i dipartimenti governativi centrali adottino il Livello 2 del BIM. Al fine di realizzare questo obiettivo e di rafforzare la capacità del settore pubblico in applicazione del BIM, è stato fondato nel 2011 il Task Group BIM. Si tratta di un consorzio industriale che riunisce competenze di industria, governo, clienti pubblici, istituti professionali, e il mondo accademico. Ci sono sei aree di lavoro principali nell'ambito del Task Group BIM, mirano a fornire supporto al raggiungimento dell'obiettivo BIM del governo per il 2016. La Task Group BIM ha proposto una serie di sessioni di briefing BIM e ha pubblicato il primo "BIM Learning Outcomes Framework" per fornire delle prime indicazioni per sviluppare un programma di formazione BIM. Un gruppo di lavoro si concentra sulle possibilità dei Cobie (Construction

Operations Building Information Exchange) per le infrastrutture civili. Alla fine del 2013, la Task Gruppo BIM ha pubblicato, per un commento pubblico, un rapporto sui requisiti che Cobie deve soddisfare per affrontare gli scambi di informazioni per progetti di infrastrutture civili. Molti enti pubblici hanno partecipato allo sforzo di prepararsi all'adozione BIM per rispondere alla strategia BIM governativa. Ad esempio, l'associazione industriale dell'edilizia, (CIC – Contruction Industry Council) ha elaborato un protocollo per il sostegno al piano di lavoro per il livello 2 del BIM. Inoltre, la British Standards Institution, in particolare la commissiona "progettazione edilizia, modellazione e scambio di dati" ha tenuto varie attività BIM e pubblicato alcuni standard BIM a sostegno della strategia governativa. Attraverso l'uso della 'Construction Strategy BIM Level 2', il Governo Inglese ha già raggiunto un risparmio sui costi del 20% sugli appalti pubblici. L'implementazione del BIM ha permesso al Governo britannico di risparmiare 1,2 miliardi di sterline nel 2015/2016, rispetto agli 840 milioni di sterline nel 2013/2014. La nuova strategia in atto (in fase di preparazione), partita nel 2015, è denominata 'Digital Built Britain' Level 3 e descrive i passi che il Governo intende intraprendere nella definizione di standard avanzati, creando nuovi modelli commerciali e identificando tecnologie per trasformare l'approccio allo sviluppo e alla costruzione delle infrastrutture pubbliche. La strategia 'Digital Built Britain' cerca di creare un'economia digitale per l'ambiente costruito che offra attività ad alto rendimento e un valore eccezionale per gli investitori, nonché una base di conoscenze per consentire alle Smart City e alle comunità di migliorare gli ambienti urbani. La strategia creerà differenti relazioni nel settore delle costruzioni, non più paragonabili alle tradizionali modalità operanti, dando vita ad un'industria inclusiva e all'avanguardia, un approccio olistico che darà origine ad un mercato diversificato e competitivo. Il "Construction Leadership Council" ha messo il BIM al centro della sua Construction Strategy 2025, con l'obiettivo di ridurre i costi di costruzione del 33% e un risparmio di tempo e emissioni di carbonio del 50%.

Anche la Germania sta elaborando la strategia per la transizione dei flussi di lavoro basati su BIM nel settore delle costruzioni. Lo ha spiegato Marcus König, membro del "Planen-Bauen 4.0" un gruppo di esperti che hanno sviluppato la "Road Map for Digital Design and Construction" per il Ministero Federale dei Trasporti e dell'Infrastruttura Digitale (BMVI). Nel 2014, dopo aver verificato le inefficienze in numerosi progetti di costruzione su larga scala, una commissione nazionale ha consigliato l'adozione dei metodi digitali come il BIM per ridurre gli errori nei progetti e per monitorare la

gestione dei beni. Di conseguenza, il BMVI ha definito un piano strategico per l'introduzione graduale dei metodi BIM nei progetti pubblici. Tale gradualità serve a mantenere stabile, nella massima misura possibile, l'esecuzione generale dei progetti. Ciò comprende i quadri giuridici e le regole di remunerazione oggi in vigore (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure- HOAI). Queste decisioni sono state prese per consentire una facile transizione e minimizzare gli ostacoli. Il Livello 1 di applicazione del BIM dovrebbe essere attuato per tutti i progetti infrastrutturali pubblici a partire dal 2020. Per raggiungere questo obiettivo sono state definite tre fasi (passi):

- 2015- 2017: Fase di preparazione
- 2017- 2020: Extended Pilot Phase
- dal 2020: BIM Niveau 1 applicato a tutti i nuovi progetti

Nella fase di preparazione, la Germania, ha avviato diversi progetti pilota per le opere infrastrutturali, al fine di raccogliere esperienze pratiche e individuare ulteriori input per facilitare e perfezionare l'introduzione del BIM, definire gli standard, le linee guida, i piani esecutivi e le codifiche. Il Governo ha definito che entro la fine del 2018 concluderà la fase di pianificazione. Le attività di monitoraggio e di pianificazione digitale sono gestite dal centro di ricerca "Infra-4-BIM", il centro è condotto dagli ingegneri del Ruhr-Universität Bochum (RUB) di cui Marcus König è il presidente.

In Norvegia nel 2010 il governo ha dichiarato il proprio impegno ad adottare il BIM, e molti enti pubblici in hanno lanciato programmi BIM per seguire le direttive governative. Ad esempio, l'agenzia immobiliare della difesa norvegese ha cominciato con tre progetti pilota BIM subito dopo la dichiarazione del governo. Statsbygg, una società di gestione del settore pubblico e consulente chiave del governo norvegese, ha richiesto file – IFC compatibili di BIM per tutti i nuovi progetti di costruzione. Per contribuire a promuovere l'adozione BIM, Statsbygg ha condotto diversi progetti di ricerca e sviluppo che si concentravano sul BIM per l'efficienza nella fase di costruzione, per la navigazione interna al modello, simulazioni del cantiere, e calcoli energetici. L' associazione costruttori di case norvegese, una organizzazione non-profit, ha anche avviato il progetto boligBIM per sviluppare delle linea guida in un manuale BIM.

In Finlandia, a partire dal 2007, l'agenzia di stato per i servizi di proprietà Statale, la Senate Properties, la più grande impresa di proprietà del governo sotto il ministero delle finanze finlandese, ha richiesto l'utilizzo di

IFC / BIM per i suoi progetti, e nello stesso anno ha pubblicato i requisiti BIM della progettazione architettonica delle proprietà statali. Nel 2012, con il sostegno di diverse imprese di costruzione, grandi città e società di consulenza, la Senate Properties ha sviluppato ulteriormente le linee guida pubblicando una guida BIM nazionale, generando anche Common BIM Requirements. I requisiti BIM contengono 13 serie di requisiti, ognuno dei quali è stato scritto da una società o organizzazione con esperienza relativa. Pertanto, i requisiti sono molto pratici.

In Danimarca, il governo ha avviato il progetto di costruzione Digital (Det Digitale Byggeri in danese) nel 2007, che mirava a fornire i requisiti per l'Information and Communication Technology (ICT), che comprende il BIM, in tutti i progetti governativi. Dal 2007, i clienti statali come l'Università danese, e il centro servizi per la costruzione della Difesa hanno fatto progetti pilota BIM seguendo i requisiti stabiliti dal progetto di costruzione Digital. Commissionato dal progetto di costruzione digitale, l'"Agenzia nazionale per l'impresa e le Costruzioni" ha pubblicato nel 2007 quattro linee guida per l'utilizzo di applicazioni / BIM 3D CAD: il Manuale CAD 3D del 2006; il metodo di lavoro 3D; accordi di progetto CAD 3D; Strutture di livello ed oggetti. Nel giugno 2011 il Parlamento danese ha deciso di estendere l'adozione obbligatoria del BIM a tutti i progetti locali e regionali di valore superiore a 2.700.000 consigliando di scambiare i modelli in formato IFC.
In Svezia il BIM era stato utilizzato nel settore delle costruzioni per alcuni anni, ma il governo svedese ha iniziato a promuovere il BIM quando l'amministrazione dei trasporti svedese (STA) alla fine del 2013 ha dichiarato che avrebbero usato passo dopo passo il BIM negli anni successivi. La STA ha anche previsto che tutti i progetti di investimento avrebbero dovuto utilizzare in una certa misura il BIM dal 2015. Inoltre, la STA ha lanciato un progetto di attuazione BIM per uniformare i processi interni e per creare agevolazioni ai fornitori esterni per l'utilizzo del BIM. Per esempio, hanno usato il BIM in alcune grandi e complessi progetti infrastrutturali a scopo didattico e dimostrativo, come il bypass di Stoccolma e il Ponte Röfors. Per quanto riguarda gli standard BIM in Svezia, l'organizzazione non-profit, l'istituto per le norme svedesi (SSI), è uscito nel 2009 con un documento, che comprendeva una serie sui deliverable digitali per l'edilizia e il facilities management che era un esteso orientamento CAD per la distribuzione e la gestione delle informazioni digitali all'interno di progetti di costruzione in Svezia. La serie era solo una linea guida amministrativa e mancavano esempi specifici e analisi strategiche. Pertanto, l'organizzazione OpenBIM è stata lanciata nel 2009 per stabilire gli standard BIM in Svezia.

Nei Paesi Bassi negli ultimi anni, l'uso della tecnologia BIM da parte degli organismi del settore pubblico è notevolmente aumentato. Ad esempio, la Rijkswaterstaat (RWS), la direzione generale olandese per i lavori pubblici e della gestione delle acque, che è parte del Ministero olandese delle Infrastrutture e dell'Ambiente, ha impostato un programma BIM 2012-2014 con un bilancio di 12 milioni di euro per coinvolgere gli istituti di ricerca e le parti interessate nello sviluppo del BIM per RWS e i Paesi Bassi. Come primo passo, RWS ha testato prodotti BIM in quattro progetti pilota, il risultato è stato usato per istruire i dipendenti di RWS. Ora RWS ha stabilito due database, database INFRA e database BIM. Un'altra amministrazione pubblica in Olanda, l'agenzia degli edifici governativi la Rijksgebouwendienst (RGD), nel 2011 ha stabilito che il BIM deve essere utilizzato obbligatoriamente per i progetti di costruzione di almeno 7.000.000 metri quadrati. Hanno richiesto il BIM in alcuni progetti pilota di tre tipi di contratti per dimostrare come il BIM sia utile in diversi tipi di contratti, di cui 8 contratti di Design-Build-Finance-Maintanence-Operate a partire dal 2011, 3 contratti generali nel 2012, e diversi contratti di Design-Construction-Management. Sulla base della loro esperienza progettuale, Rgd ha redatto e rilasciato la prima versione, degli standard BIM, che descrive le specifiche del BIM e i requisiti dei deliverable.

Uno studio del CRESME/CNAPPC rivela che tra il 2017 ed il 2018 in Italia c'è stato un aumento del 30% della richiesta dell'uso delle metodologie BIM nelle gare di progettazione. Il dato più rilevante è che nel quarto trimestre del 2018 il BIM sale al 30% del valore delle gare di progettazione, nel 2017 era il 3%. Ciò dimostra che il mercato del BIM in Italia sta crescendo velocemente nel settore pubblico. Nel 2018 l'ammontare delle gare di progettazione in BIM è salito a 246 milioni di euro; nel 2017 erano stati 36 milioni: una crescita pari a 8 volte. Analizzando i dati mese per mese la crescita è continua, ma si nota una chiara accelerazione nel quarto trimestre del 2018, quando si toccano gli 80 bandi per 163 milioni di euro. Il trend di crescita dei bandi BIM sembra destinato a consolidarsi nei prossimi anni per effetto della progressiva introduzione di tali metodi e strumenti come previsto dal decreto BIM (DM 560/2017), ma anche per la crescita culturale che sta avvenendo. Si ricorda che dal 1 gennaio 2019 è diventato obbligatorio l'uso del BIM per i bandi con importo a base di gara pari o superiore a 100 milioni di euro.
L'obbligo dell'uso del BIM negli appalti pubblici segue un introduzione progressiva (DM 560/2017):

- dal 2020 per i lavori complessi oltre i 50 milioni di euro
- dal 2021 per i lavori complessi oltre i 15 milioni di euro
- dal 2022 per le opere oltre i 5,2 milioni di euro
- dal 2023 per le opere oltre 1 milione di euro
- dal 2025 per tutte le nuove opere pubbliche.

Sembrerebbe tuttavia che le stazioni appalti pubbliche abbiano deciso di adottare il BIM già prima delle date previste dal decreto: l'importo medio delle gare in BIM nel 2018 è di 847.000 euro (inferiore a un milione di euro). Di fatto le amministrazioni pubbliche riconoscono chiaramente i vantaggi del BIM e del suo contributo alla crescita del settore delle costruzioni. Nel primo semestre 2018 la percentuale del valore delle progettazioni in BIM sul totale dei bandi è pari al 12%. Nel secondo semestre il valore sale al 20%; nel quarto trimestre arriva al 30%.
Riguardo alle committenze, queste nel 2018 si distinguono:

- amministrazioni pubbliche centrali: 172 gare per un importo di 82,7 milioni di euro;
- gestori di servizi pubblici: 22 gare per 71,5 milioni di euro;
- regioni: 9 gare per 35,5 milioni di euro;
- comuni: 31 gare per 12,5 milioni di euro.

I risultati sono molto incoraggianti [27].

Anche se nel resto d'europa la pratica del BIM è rimasta un po' più indietro, è certamente indubbio che nell'arco dei prossimi anni il BIM diventerà il processo standard per tutti gli edifici, non a caso si sta integrando nella legislazione per i contratti pubblici di tutta l'Europa e non solo. La Direttiva 2014/24/EU sugli appalti pubblici esprime in modo chiaro l'indicazione di introdurre il Building Information Modeling all'interno delle procedure di Procurement degli Stati Membri. L'adozione della direttiva prevede che i 28 stati membri incoraggino l'utilizzo del BIM nei rispettivi Paesi per i progetti finanziati con fondi pubblici nell'Unione Europea a partire dal 2016.

[27] *http://bim.acca.it/bim-italia-2018/*

Il BIM per il patrimonio storico

A differenza del settore delle nuove costruzioni, il BIM per il patrimonio storico (noto anche come HBIM, acronimo di Historic Building Information Modeling, o *BIM for Heritage*) è un campo relativamente nuovo.
I vantaggi del BIM nell'edilizia, descritti nel capitolo precedente, sono ben noti, ma la sua efficacia nel settore del patrimonio non è stata ancora definita, in parte a causa dell'eterogeneità dei progetti che coinvolgono gli edifici e i siti storici.

Gestione delle informazioni

I metodi tradizionali sono spesso dispendiosi in termini di tempo e poco efficienti, in quanto associati allo scambio di informazioni di supporto bidimensionale e cartaceo.
I progetti conservativi si basano tipicamente su una collaborazione multidisciplinare: un numero di esperti e specialisti contribuiscono a scambiare e interpretare dati contenenti informazioni complesse su un bene patrimoniale per comprendere il suo valore e il suo significato. Questa comprensione è cruciale per le decisioni su interventi futuri, di conservazione e di manutenzione. Scarse informazioni (inaccurate, incomplete o non coordinate) spesso possono essere dannosi per il patrimonio storico.

Allo stato attuale, le informazioni sugli edifici storici e sui siti archeologici sono solitamente rappresentate da una raccolta di singoli documenti, disegni (cartacei e CAD, 2D o 3D) e vari dati forniti da diversi professionisti, ognuno dei quali lavora con i propri strumenti. Perciò, le informazioni su un singolo edificio possono essere disperse in diversi posti (archivi elettronici e fisici) e in vari formati (cartaceo ed elettronico). In molti casi, non esiste un'unica fonte di informazioni affidabili e coerenti.

Il BIM come possibile soluzione

Sfruttando un rilievo digitale di alta qualità e il BIM, non solo si rappresenta l'aspetto del tessuto storico esistente, ma si consente anche la visualizzazione e l'analisi complessa degli interventi proposti in vari scenari. Il BIM offre la possibilità di strutturare dei processi di lavoro collaborativi e di condivisione di dati coordinati attraverso un team multidisciplinare, che lo rende ideale per la conservazione, la gestione e la ricerca del patrimonio. Questi processi possono essere applicati per garantire una base di conoscenza affidabile su un bene patrimoniale. Se mantenuto, un modello di informazioni del genere può essere uno strumento decisionale e gestionale di valore inestimabile per l'attività lungo tutto il suo ciclo di vita.

Applicazioni

Nei settori delle nuove costruzioni e delle infrastrutture, il BIM ha mostrato potenziali benefici sulla progettazione e sulla costruzione, con vantaggi significativi in fase operativa. I fattori chiave sono l'efficiente collaborazione multidisciplinare, la condivisione delle informazioni e l'integrazione dei requisiti gestionali delle strutture nelle prime fasi del progetto. La fase di costruzione che riguarda il patrimonio culturale (risanamento conservativo, riutilizzo e estensione) potrebbe migliorare con l'adozione del BIM. Ciò significa maggiore efficienza, costi ridotti, migliore pianificazione e migliori prestazioni di edifici e siti archeologici. La tecnologia BIM consente un eccellente coordinamento spaziale e di avere varie opzioni progettuali in diversi scenari; questa è probabilmente la cosa più importante nel caso di alcuni beni storici, in cui qualsiasi cambiamento nel tessuto storico deve essere attentamente considerato e giustificato.
Il settore del patrimonio non riguarda solo la costruzione, ma anche la pianificazione, la gestione, la manutenzione preventiva, la documentazione e la ricerca. Le funzionalità di modellazione 3D (geometria) e 4D (basata

sul tempo) possono essere utili per interpretare, presentare e simulare il patrimonio storico.
In termini semplici, tutto ciò può essere descritto come un processo di riproduzione digitale di tutti gli elementi che compongono l'edificio. In altre parole comporta l'assemblaggio di oggetti "intelligenti" (componenti e spazi) in una rappresentazione virtuale dell'edificio.
Il modello geometrico e le informazioni associate sono presentati all'interno del software BIM con viste 2D e 3D, schemi e tavole. Tutte le viste del modello sono sempre coordinate, ovvero sono costantemente aggiornate per riflettere le modifiche nel modello.
Le informazioni non geometriche possono riferirsi alle caratteristiche fisiche della costruzione, come materiali, aspetto e condizioni. Può includere informazioni commerciali, operative e di manutenzione, come nomi di produttori e modelli, garanzia, istruzioni di manutenzione e riparazione, requisiti di competenza, date di ispezione e costi di sostituzione. Queste info possono anche riferirsi alle prestazioni ambientali, strutturali e meccaniche, come il consumo di energia, le istruzioni di smaltimento e riciclaggio, la capacità portante e la conformità alle norme. Nel patrimonio, le informazioni intangibili, come i valori culturali, storici e architettonici, e lo stile, l'età e il significato, possono essere inclusi nel modello, attaccati ai singoli componenti dell'edificio o spazi.
Il BIM supporta anche l'integrazione di dati geospaziali, che di solito assumono la forma di nuvole di punti o (meno spesso) oggetti a maglie triangolari. Informazioni di altre indagini future sull'edificio possono essere integrate nel modello o aggiunte come allegati esterni.
Qualsiasi tipo di file digitale esterno può essere associato al modello, collegato agli elementi (componenti o spazi). Questi possono includere i dati archiviati, le specifiche del prodotto, i manuali di funzionamento e manutenzione, i rilevamenti delle condizioni, le registrazioni audio e video, i registri di ispezione o qualsiasi altro tipo di file digitale. Il formato dei file esterni non è limitato dalle funzionalità del software BIM; i file collegati vengono aperti in applicazioni esterne appropriate.
La natura del bene, il tempo, l'accessibilità, il budget e altri vincoli determineranno le tecniche di indagine utilizzate. I fattori da considerare prima di intraprendere o commissionare il lavoro di indagine per un progetto HBIM includono:

- carico di lavoro in relazione al livello di dettaglio richiesto;
- localizzazione dell'area d'intervento;
- formati dei dati richiesti.

È necessario acquisire una profonda conoscenza dell'edificio per

raggiungere un livello adeguato di accuratezza delle informazioni di partenza per l'implementazione del modello digitale.
I seguenti passaggi di base sono:

- raccolta della documentazione catastale e disegni esistenti dell'edificio;
- rilievo geometrico dell'edificio;
- indagine tematica relativa alle condizioni di degrado di materiali e strutture;
- test di alcuni elementi di costruzione reali per determinare i parametri caratteristici da associare successivamente agli elementi corrispondenti del modello digitale;
- dettaglio delle tecniche di costruzione storiche.

Un deposito di informazioni

Il BIM consente l'integrazione di informazioni geometriche e non (inclusi valori tangibili e intangibili) e di documenti esterni in un unico modello, diventando così una scatola contenente tutte le informazioni relative a un bene storico.
L'HBIM può essere utilizzato per:

- documentare la conservazione;
- come strumento di gestione del patrimonio;
- come risorsa di archivio e informazione, per aiutare le future indagini.

Le potenziali applicazioni del BIM nel settore del patrimonio variano a seconda della portata e dello scopo di un progetto e includono:

- formarzione di un deposito di informazioni per la documentazione;
- monitoraggio;
- pianificazione della conservazione;
- manutenzione preventiva;
- gestione delle risorse;
- gestione del bene;
- interpretazione del bene;
- gestione dei visitatori;
- valutazione delle opzioni d'intervento;
- programmazione dell'intervento;
- simulazione della costruzione;
- gestione del progetto;
- pianificazione della salute e sicurezza;
- preparazione alle catastrofi.

Questo processo può essere applicato a una vasta gamma di progetti del patrimonio che coinvolgono beni storici di diverse età, tipo e stile. Alcuni

tipi di edifici o stili architettonici si prestano meglio al BIM in termini di processo di modellazione, ad esempio quando coinvolgono componenti ripetibili o forme geometriche distinte e quando le informazioni su di loro (materiali, struttura e prestazioni) sono disponibili o facili da ottenere. Per altri tipi di beni storici, come i siti archeologici, può essere più complesso.

Acquisizione dei dati

Nel patrimonio culturale, un progetto BIM inizierà inevitabilmente in un punto intermedio del ciclo di vita del bene, che può essere molto più complesso del modello di nuova costruzione. Il punto di partenza è la conoscenza approfondita del bene esistente. In termini pratici, la necessità di comprendere il patrimonio storico nel suo stato attuale si traduce in un input iniziale.
Mentre nel settore delle nuove costruzioni, le nuove informazioni vengono gradualmente generate attraverso la progettazione, nei progetti che coinvolgono le risorse esistenti, le informazioni devono essere recuperate da varie fonti, organizzate e convalidate o create da diversi specialisti.
Per un bene storico, le informazioni e i dati necessari possono:

- essere disponibili e recuperabili da varie fonti;
- richiedere rilievi, ricerche e indagini;
- non disponibili (a causa del budget, del tempo, dell'accessibilità o altri vincoli).

Rilevamento metrico

La rappresentazione in un modello HBIM deve essere basata su accurati dati di rilevamento metrico preesistente (preferibilmente 3D), che segnano la posizione, facendo riferimento a un sistema di coordinate locale o nazionale. Un programma di rilevamento (metrico) è solitamente incluso nelle prime fasi di un progetto.
Le tecniche di rilevamento digitale tridimensionale sono metodi veloci e affidabili per ottenere dati 3D meticolosamente accurati e sono già stati ampiamente utilizzati per documentare edifici e siti storici. La scansione laser, la fotogrammetria (basata a terra o montata su un drone) o una combinazione di metodi possono essere utilizzati per produrre dati 3D. Questi di solito assumono la forma di nuvole di punti, che ora sono supportate dalla maggior parte dei software BIM.
Oltre ai rilievi 3D, per il BIM possono essere utilizzate altre fonti di indagine, come disegni 2D o ortofotografie. Questi possono essere appropriati per

progetti piccoli o meno complessi, sebbene adeguati livelli di dettaglio possano essere difficili da ottenere.

Approcci di modellazione

I vantaggi dei dati 3D geospaziali per il BIM sono significativi: l'alta risoluzione delle superfici visibili del soggetto (possibilmente con informazioni sul colore) costituisce una base affidabile per la creazione di una geometria 3D nativa in un ambiente BIM. Il termine "*scan-to-BIM*" è usato per descrivere questi flussi di lavoro, che implicano un processo di creazione, manipolazione e posizionamento di componenti BIM facendo direttamente riferimento alla nuvola di punti sottostante.
Il BIM per le strutture esistenti non deve necessariamente essere basato su nuvole di punti. Numerosi progetti di ricerca sul HBIM hanno applicato un approccio più convenzionale alla creazione di modelli basati su disegni CAD 2D. Questo può essere un approccio di modellazione appropriato, solitamente quando l'edificio esistente è semplice in termini di geometria e adeguatamente documentato in CAD. Può anche offrire una soluzione alternativa se l'utilizzo dei dati della nuvola di punti non è un'opzione a causa della versione del software, le specifiche hardware, le capacità di modellazione, del budget o altri vincoli. Tuttavia, il livello dei dettaglio che è possibile ottenere utilizzando questo metodo può essere inferiore ai flussi di lavoro *scan-to-BIM*.

Tolleranze e livelli di dettaglio

Gli edifici con stili architettonici storici sono spesso costituiti da geometrie e ornamenti molto complessi, che in genere richiedono più tempo per rappresentarli dettagliatamente. Ciò ha implicazioni sull'acquisizione dei dati (tecnologia, tempo, budget), poiché le geometrie complesse richiedono in genere più misurazioni e indagini da documentare a un livello che consenta loro di essere correttamente interpretate e rappresentate come modelli digitali 3D.
I componenti di edifici storici spesso includono forme non definite a causa di agenti atmosferici o deformazioni strutturali, che sono impossibili (o molto difficili) da rappresentare con precisione usando i software BIM. Quando trattasi di castelli medievali, codesti includono tipicamente forme organiche che possono essere difficili o più dispendiose in termini di tempo da modellare accuratamente.
Il processo di modellazione, nonostante i progressi degli strumenti a

disposizione, è ancora arduo e richiede molto tempo. Una rappresentazione accurata e dettagliata della geometria 3D complessa di solito produce file più grandi, che sono più difficili da utilizzare, aumentando così i requisiti della macchina. I limiti del software rendono l'utilizzo di oggetti parametrici, per geometrie irregolari, difficili o impossibili da raggiungere senza limitare la funzionalità del modello.
La tolleranza della modellazione si riferisce alla precisione con cui un modello si adatta all'edificio esistente. I requisiti in termini di sviluppo del modello devono essere definiti all'inizio del progetto. Le tolleranze possono variare tra le diverse aree del bene o per specifici sistemi/componenti di costruzione.
Per ovviare a questa esigenza è stata elaborata una struttura di standard di sviluppo che permette di definire per ogni progetto dei LOD per l'esistente, e che definisca la quantità il grado di approfondimento e di accuratezza delle informazioni fornite dal modello.
È importante notare che non si può parlare di LOD per quanto riguarda un modello nella sua globalità, in quanto esso è formato dall'unione di un gran numero di elementi, ognuno caratterizzato da un proprio grado di dettaglio.
Il livello di dettaglio richiesto per il modello di un edificio esistente ha implicazioni dirette in termini di acquisizione dei dati metrici, principalmente per le specifiche di risoluzione (densità dei punti per scansione laser).

Componenti personalizzati

I software BIM di solito includono librerie incorporate di oggetti standard, che sono più adatti a progetti di nuova edificazione. Generalmente i componenti degli edifici storici non si trovano in queste librerie, pertanto è possibile che la loro creazione debba essere intrapresa come parte di un progetto HBIM. Questi possono essere riutilizzati in progetti simili.
La procedura per la creazione di BOM (Building Object Models, acronimo proposto da Chuck Eastman in BIM Handbook) si basa su tre fasi principali: analisi di trattati e manuali storici per raccogliere la conoscenza delle tecniche costruttive pre-moderne verificate da un rilievo diretto sul posto; creazione di una banca dati contenente tutti le informazioni trovate sugli oggetti; e modellazione parametrica degli oggetti utilizzando i dati inclusi nel database.
A differenza delle nuove costruzioni, che di solito sono caratterizzate da uniformità e ripetizione, le risorse del patrimonio culturale sono in genere costituite da elementi costruttivi personalizzati o unici.

I modelli realizzati possono essere sfruttati per il calcolo delle superfici esterne degli elementi costitutivi e del loro volume, risultando utili nei progetti di restauro ad esempio per la computazione quantitativa di trattamenti lapidei e di materiali eventualmente da sostituire.

Informazioni incomplete o non disponibili

Nei progetti HBIM alcune informazioni sono non disponibili a causa di vari motivi. Ad esempio, la composizione materiale del tessuto storico esistente (nascosto dietro i rivestimenti delle pareti e gli interventi successivi) e le sue proprietà (ad es. prestazioni strutturali e ambientali) nella maggior parte dei casi può essere assunta con indagini mirate. Questa è una differenza significativa dalla pratica BIM di nuova costruzione, in cui tutte le informazioni sono (o dovrebbero essere) note, poiché vengono create e perfezionate attraverso le varie fasi di un progetto.
Anche la mancanza di dati di rilevamento rientrano in questa categoria. Questi hanno implicazioni nel processo di modellazione, in cui si possono ipotizzare alcuni aspetti della geometria del bene. Tutte le informazioni (consegnate/scambiate) devono essere verificate e convalidate. Se una qualsiasi parte del modello si basa su un'ipotesi a causa di incompletezze, queste dovrebbere essere esplicitamente contrassegnate per evitare ambiguità, confusione, interpretazione errata e decisione sbagliata.

Piano Esecutivo di Progetto

Panoramica

Per implementare con successo il Building Information Modeling (BIM) su un fabbricato storico, ho sviluppato questo dettagliato BIM Project Execution Plan [6]. Questo Piano Esecutivo del progetto definisce gli usi del BIM sull'edificio (ad esempio, lavori di restauro, descrizione dei componenti architettonici e progettazione degli spazi), insieme a una organizzazione dettagliata del processo per l'esecuzione del BIM per il patrimonio storico.

Informazioni di progetto

Nome del progetto:
Soluzioni BIM per l'architettura e l'archeologia
il caso del Kyrenia Shipwreck Museum, un percorso di 25 secoli

Posizione geografica:
Kyrenia, Cipro

Breve descrizione del progetto:
Il lavoro proposto tratta la realizzazione di un modello parametrico delle sale che ospitano il Shipwreck Museum e il museo di Vrysi situate all'interno del castello di Kyrenia ad est della piazza d'armi. Il castello si trova all'estremità orientale del vecchio porto della città. Il museo di Vrysi comprende tre mostre principali che coprono il Neolitico, l'Età del Bronzo e dal periodo Ellenistico a quello Bizantino; il Shipwreck Museum custodisce un'antica imbarcazione greca del IV secolo a.C., rinvenuta dal fondale marino a pochi metri di distanza dalla costa di Kyrenia, e ciò che resta del suo prezioso carico.

Ulteriori informazioni sul progetto:
Di seguito vengono elencati gli stadi procedurali:
- Ricerca bibliografica di documentazione storica;
- Rilievo sul campo e acquisizione di documentazione fotografica;
- Ricostruzione tridimensionale e parametrica dell'edificio.

[6] *The Computer Integrated Construction Research Program at The Pennsylvania State University - Building Information Modeling Execution Planning Guide Version 2.0, 2010*

Per una gestione dei dati più proficua è stata utilizzata la metodologia BIM nel campo del patrimonio esistente (HBIM). Partendo da una nuvola di punti 3D, già elaborata in precedenza, e modellando il manufatto con tutte le informazioni reperibili sulle sue condizioni attuali, si è proposto un intervento di valorizzazione del Shipwreck Museum, il quale si presenta soggetto a mancanza di progettazione unitaria degli allestimenti e con sistema di illuminazione inadeguato.

Ricerca bibliografica, storica e archivistica

Preliminarmente alle operazioni di acquisizione sul campo di dati e misure, si è provveduto alla raccolta di materiale bibliografico ed archivistico, per poter acquisire i risultati di precedenti rilievi e di informazioni circa la storia dell'edificio e le sue eventuali trasformazioni. Gli elaborati che sono stati recuperati sono:
- Mappa catastale;
- Planimetria del castello;
- Planimetria indicante le fasi storiche del castello.

I documenti iniziali di riferimento sono stati:
- Verdiani G. (a cura di)- Defensive Architecture of the Mediterranean XV to XVIII centuries, volume 3, Firenze, DIDAPress, 2016;
- Petre J.- Crusader Castles of Cyprus, the fortifications of Cyprus under the Lusignans, 2012;
- Owen D. I.- Excavating a Classical Shipwreck, 1971;
- Katzev M. L.- The Reconstruction of the Kyrenia Ship, 1972-1975;
- J. Richard Steffy - The Kyrenia Ship: An Interim Report on Its Hull Construction, 1985;
- Susan Katzev- The Kyrenia Ship: Her Recent Journey, 2008;
- James Petre - The fortifications of Cyprus under the Lusignans: 1191-1489, 2010;
- Camiz A., Verdiani G., Ceylanli Z.- "Seminario internazionale: lettura e progetto del castello di Kyrenia". International workshop: reading and designing the Kyrenia castle, in Bertocci S. ed., Conference Proceedings of Symposium of representation scientific area for development of multidisciplinary international programs, dida press, Florence 2018, pp. 264-298;
- Camiz A. - Storia, tecniche e restauro nell'isola di Cipro. History, techniques and restoration in the island of Cyprus, in Rosa Anna Genovese ed., Patrimonio e città storiche come poli di integrazione sociale e culturale, sostenibilità e tecnologie innovative. Historic

Cities and Heritage as the Hubs of Social and Cultural Integration, Sustainability and Innovative Technologies, Giannini Editore, Napoli 2018, pp. 315-338.

Campagna di rilievo

Tra il 6 e il 13 maggio 2018 si svolse il seminario internazionale “Lettura e progetto del castello di Kyrenia”, con la collaborazione scientifica tra la Girne American University (Dipartimento di Architettura degli Interni) con il Dipartimento di Architettura dell’Università di Firenze e il Dipartimento di Architettura degli Interni della Özyeğin University. L’obiettivo fu quello di acquisire i dati per la redazione di un rilievo digitale del castello. Si raccolsero oltre 360 scansioni laser, 1900 immagini aeree fotogrammetriche con un drone e oltre 30.000 fotografie terrestri ad alta risoluzione.
Non avendo partecipato al seminario, a settembre del 2018 effettuai un sopralluogo raccogliendo materiale fotografico, utilizzando macchina fotografica digitale Canon EOS 1300d, e informazioni geometriche con metodi diretti di rilievo, tramite l’utilizzo di distanziometro laser LEICA DISTO D2. Ciò è stato utile per verificare le misurazioni estrapolate dalla nuvola di punti elaborata nel corso del seminario.

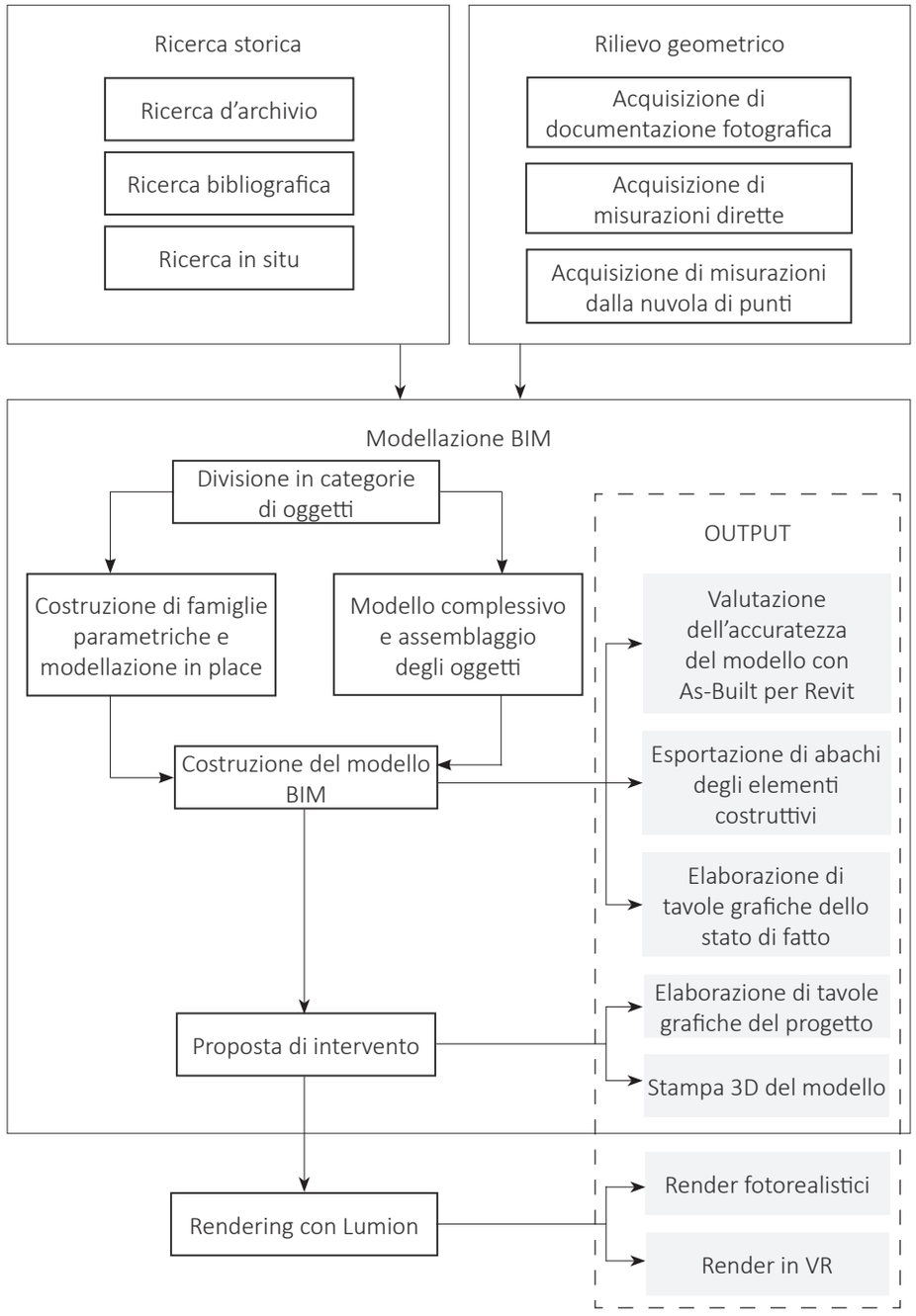
Gestione di dati e informazioni

Al termine della campagna di rilievo sono state individuate categorie di elementi costruttivi secondo un ordinato sistema gerarchico, operazione preliminare alla riproduzione del modello BIM complessivo. Ogni elemento modellato è descritto da una geometria precisa opportunamente quotata e da informazioni tecniche quali in particolare: codice identificativo, denominazione, descrizione, posizione, cronologia generica, tipo di tecnica costruttiva, materiale costitutivo, stato di conservazione, parti demolite, parti ricostruite..

Definizione del supporto infrastrutturale

Qui di seguito viene brevemente descritto il supporto infrastrutturale:
HP PAVILION
Processore: Intel(R) Core(TM) i7-8750H CPU @ 2.20GHz 2.21 GHz
Memoria installata (RAM): 16,0 GB
Tipo di sistema: Sistema operativo a 64 bit
Windows 10 Home

Tracciamento dei processi di esecuzione del BIM



Livelli di sviluppo

Secondo le linee guida dettate dalle direttive "*Common BIM Requirements 2012*" [25], nella Sezione 2 "*Modeling of the starting situation*", al paragrafo 5.2 "*Modeling requirements - Accuracy levels of Inventory model*", vengono definiti i diversi livelli di accuratezza nella realizzazione dello stato esistente di un manufatto.
Le deviazioni di misurazione consentite per il modello BIM sono:

- 10 mm sui punti d'angolo degli elementi dell'edificio;
- 25 mm sulle superfici, ad esempio pareti e pavimenti;
- 50 mm per vecchie strutture irregolari come le strutture del tetto.

Il livello di dettaglio, che si vuol raggiungere nella modellazione, è concordato nella fase preliminare del lavoro. Se richiesto, la deviazione consentita dalle misurazioni dei siti di interesse storico è 5 mm per i dettagli.
Per i livelli di sviluppo allo stato di fatto sono state rispettate le direttive "*Common BIM Requirements 2012*" (i livelli possibili sono 1,2 e 3), mentre per lo stato di progetto si è fatto riferimento ai "*LOD Specifications*" (questi possono essere 100, 200, 300, 350, 400 e 500):

[25] *https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/cobim_2_inventory_bim_v1.pdf*

STATO DI FATTO			
ELEMENTI		LIV.	INFO
SPACES - SPAZI			
	Net room area **Area superficie netta**	2	Modellato. Gli identificatori spaziali e le informazioni associate sono allegati agli spazi.
SITE ELEMENTS/SITE MODEL - COMPONENTI DEL SITO/ MODELLO DEL SITO			
	3D surface model **Terreno**	2	Modellato.
	Paved and green areas **Aree pavimentate e verdi**	3	Modellato separatamente dall'acqua.
	Site constructions **Costruzioni del sito**	2	Modellato.
BUILDING ELEMENTS - ELEMENTI DI COSTRUZIONE			
	Floors **Solai**	3	Modellato fino a ciò che è visibile.
	Structural frame **Telaio strutturale**	2	Modellate solo le parti visibili. Modellato senza dettagli.
	External walls **Muri esterni**	3	Modellato con dettagli e ornamenti.
	Windows **Finestre**	3	Modellato con telaio.
	External doors **Porte esterne**	3	Modellato con dettagli.
	Roofings **Coperture**	3	Modellato.
INTERNAL SPACE ELEMENTS - ELEMENTI DELLO SPAZIO INTERNO			
	Internal dividers **Muri interni**	3	Modellato con dettagli e ornamenti.
	Ceiling surface **Soffitto**	3	Modellato con dettagli.
	Interiors doors **Porte interne**	3	Modellato con dettagli.
	Stairs **Scale**	2	Modellato senza dettagli.
	Railings **Ringhiere**	2	Modellato senza dettagli.
	Furnishings **Arredi**	2	Modellato senza dettagli.

STATO DI PROGETTO			
ELEMENTI		LOD	INFO
SUPERSTRUCTURE - SOVRASTRUTTURA			
	Metal walkways **Passerelle in metallo**	300	La modellazione include: • tipo di griglia e geometria generale; • spessore; • direzione del motivo sulla superficie.
	Steel Framing Columns **Pilastri in acciaio**	300	La modellazione include: • le dimensioni specifiche degli elementi strutturali verticali posizionati e orientati su griglia strutturale.
	Steel Framing Beams **Travi in acciaio**	300	La modellazione include: • le dimensioni specifiche degli elementi strutturali orizzontali posizionati e orientati su griglia strutturale definiti da pendenza ed elevazione.
	Stair Construction **Costruzione della scala**	300	I principali elementi di supporto della scala sono modellati. La modellazione include: • Conteggio alzate • Altezza alzate • Larghezza della pedata
	Stair Railings **Ringhiera della scala**	300	La modellazione include: • geometria della ringhiera; • supporti per per la ringhiera.
EXTERIOR VERTICAL ENCLOSURES- VERTICALI ESTERNI			
	Exterior Walls **Muri esterni**	300	Il sistema a parete tiene conto della finitura, della struttura, dell'isolamento e dell'intercapedine. Le aperture sono modellate secondo le dimensioni nominali per le finestre e porte
	Exterior Windows **Finestre esterne**	300	Posizione, orientamento, dimensioni e spessore del vetro sono specificati. Distanza, posizione, dimensioni e orientamento dei montanti sono specificati.
	Exterior Doors **Porte esterne**		La modellazione include: Pannelli e telai di porte
FURNISHINGS- ARREDI			
	Fixed furnishings **Arredi fissi**	300	Modellati con dimensioni, posizioni e quantità specifiche.
	Movable furnishings **Arredi mobili**	300	Modellati con dimensioni, posizioni e quantità specifiche.

v Panoramica del castello di Kyrenia
[Verdiani G. (a cura di)- Defensive Architecture of the Mediterranean XV to XVIII centuries, volume 3, Firenze, DIDAPress, 2016]

Introduzione

Le testimonianze dei siti archeologici rinvenuti nella città di Kyrenia, situata sulla costa settentrionale dell'isola di Cipro, e nei dintorni, testimoniano un insediamento nell'area sin dal periodo Neolitico (5800-3000 a.C.).
Il primo riferimento fatto alla città si trova in testi egiziani risalenti al periodo di Ramses III (1217-1155 a.C.), perciò si ha la certezza che Kyrenia sia stata creata e sia esistita sin dal X secolo a.C.[28].
Il castello si trova all'estremità orientale del vecchio porto della città e fu costruito dai bizantini nel VII secolo d.C. Nonostante sia stato attaccato ripetutamente, il castello continuò a subire interventi di restauro e modifiche da diversi governanti durante i secoli successivi, perdendo quasi i riferimenti alle sue origini.
Dopo le distruzioni provocate dai genovesi nel XIV secolo, i veneziani lo occuparono nel 1491 e lo ampliarono. La maggior parte di quello che si può vedere oggi infatti, è la struttura veneziana. Nel castello sono comunque conservati i resti lasciati dai Lusignano, essendo stato occupato anche dal regno franco. Le fortificazioni veneziane nel Mediterraneo tra il XV e il XVII secolo costituiscono un sistema difensivo complesso, costruito per controllare i territori e le rotte verso l'Oriente, quindi Kyrenia è sempre stata un ottimo punto strategico per il commercio marittimo.

Stile di costruzione

Tutte le pietre del castello furono trasportate dalla vicina cava di pietra chiamata Chrysokava[36]. Il castello ha una forma prevalentemente rettangolare con quattro torri angolari che dominano il porto a ovest, una grande baia a est, una linea di costa a nord e la pianura costiera a sud.
All'inizio del XV secolo, la polvere da sparo divenne disponibile su larga scala, influenzando l'ingegneria militare e in particolare sostituendo i vecchi sistemi di combattimento, neutralizzando così le capacità difensive delle fortificazioni medievali esistenti. I cannoni e l'artiglieria si svilupparono rapidamente, così gli ingegneri veneziani adottarono un sistema di miglioramento delle fortezze medievali. Le pareti dovevano diventare più basse, più spesse e leggermente inclinate sul lato esterno.
Subito dopo aver preso il controllo di Cipro, i veneziani temevano che gli ottomani, trovandosi sulla terraferma a poche miglia di distanza, li

[28] *https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_Kyrenia*

[36] *http://www.whatson-northcyprus.com/interest/kyrenia/kirsokava.htm*

< Foto aerea [Google Earth Pro]

> Ingresso principale del castello

[*foto di Nick John - fonte: https://www.behance.net/gallery/60287807/Kyrenia-Castle-Girne-Kalesi*]

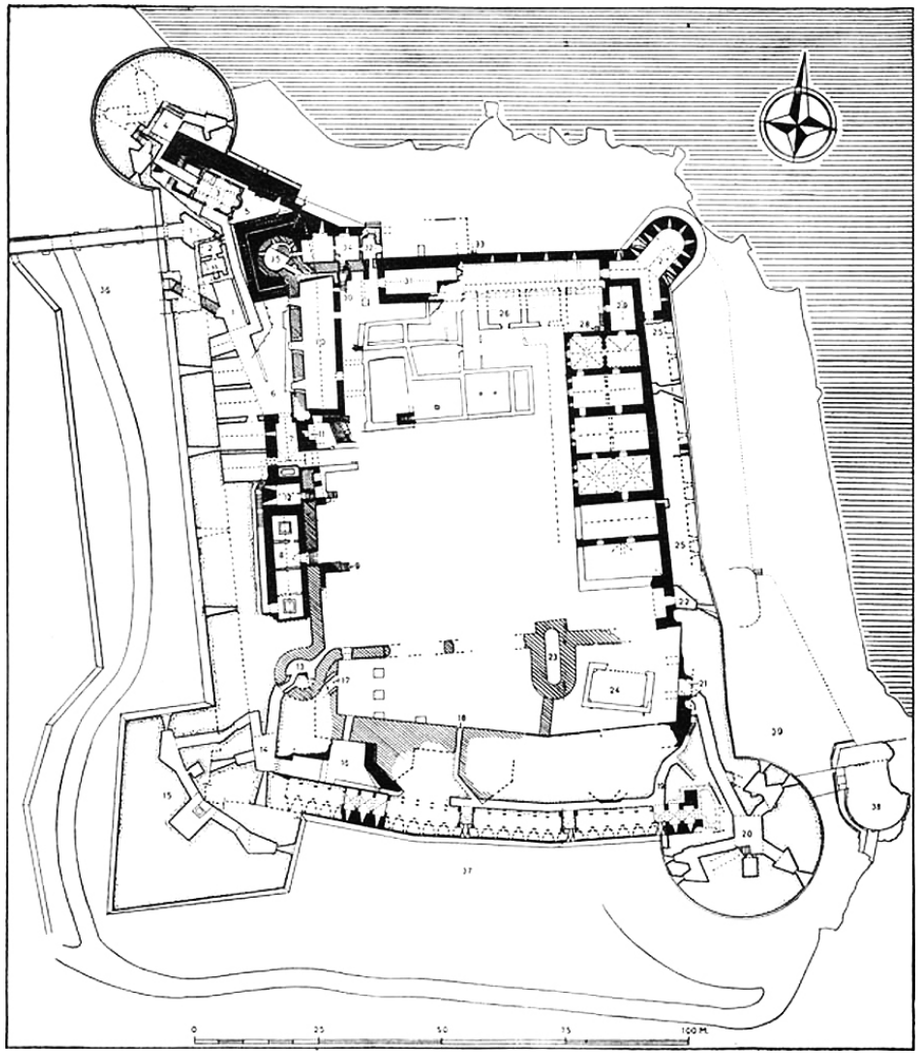
attaccassero per conquistare l'isola. Era ovvio che il castello non avrebbe resistito a un tale attacco nelle condizioni in cui si trovava, così decisero di rafforzare e ampliare le mura riempiendo lo spazio tra le mura bizantine e quelle dei Lusignano.
Il vecchio castello fu alterato e furono costruite alte mura con torri circolari agli angoli, poiché erano capaci di respingere una palla di cannone meglio di una torre quadrata ed erano più resistenti. Il bastione sud-ovest, con un disegno poligonale, asseconda i nuovi sistemi: si erge come un muro massiccio che protegge meglio il suo lato debole meridionale. È noto che i castelli prima del 1500 hanno bastioni spessi a forma circolare e quelli costruiti dopo il 1500 hanno bastioni a forma di freccia.
Ci sono numerose feritoie a tre livelli in cui i cannoni potevano essere diretti contro i nemici provenienti dall'interno dell'isola. All'interno del castello vennero costruite lunghe rampe in modo che l'artiglieria potesse essere trasportata fino ai cannoni. Ma nonostante tali accorgimenti, non si è mai verificato un assedio.

Fasi costruttive

Il castello di Kyrenia è la testimonianza di diversi periodi, principalmente bizantino, dei Lusignano e veneziano. Con lo scopo comune di proteggersi dagli attacchi esterni, sono state impiegate varie tecniche per modificare le parti preesistenti e per costruirne altre.

Periodo bizantino (330-1191 d.C.)

Nel 395 d.C., con la divisione dell'Impero Romano in Impero orientale e occidentale, Cipro divenne proprietà degli imperatori bizantini. Costoro costruirono il castello e nel XI secolo, nelle sue vicinanze, realizzarono una chiesa dedicata a San Giorgio, la quale adesso è inglobata all'interno degli ampliamenti veneziani. La cupola di questa chiesa è stata successivamente ricostruita nel periodo coloniale britannico.
Il periodo bizantino nel suo complesso è stata un'era estremamente produttiva e gran parte dell'arte prodotta rifletteva la sua prosperità, ma sfortunatamente solo una percentuale di essa è sopravvissuta.
Il castello fu originariamente edificato come difesa contro l'invasione degli arabi ed è ancora possibile identificarne le sue tracce. Le fortificazioni bizantine avevano lo scopo anche di proteggere cavalieri e arcieri.
La caduta dell'Impero bizantino avvenne quando re Riccardo Cuor di Leone d'Inghilterra conquistò il castello durante la sua terza crociata, nel 1191.



^ Fasi costruttive indicate in pianta:
Castello Bizantino (muri tratteggiati), periodo Lusignano (muri neri), periodo Veneziano (muri punteggiati)
[*Verdiani G. (a cura di) - Defensive Architecture of the Mediterranean XV to XVIII centuries, volume 3, Firenze, DIDAPress, 2016*]

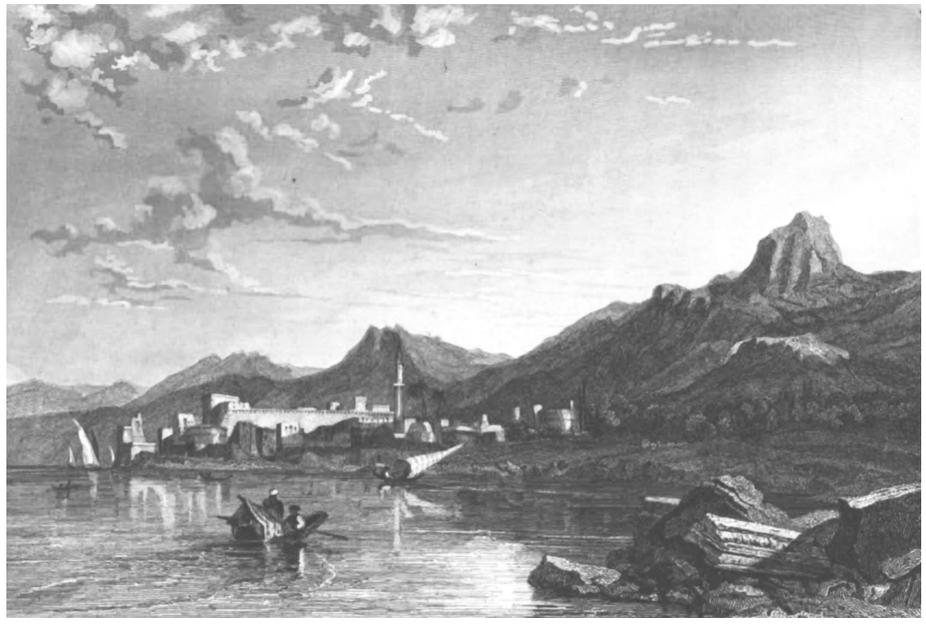
Periodo dei Lusignano (1192-1489 d.C.)

I 300 anni del regno franco a Cipro iniziarono quando il re d'Inghilterra vendette l'isola ai Cavalieri Templari, e poi passò a Guido di Lusignano, re di Gerusalemme.
Il castello si sviluppò considerevolmente usando una raffinata opera muraria, sostituendo le cortine murarie bizantine a nord e a est. I resti del muro preesistente a nord mostrano che il muro francese seguiva semplicemente la stessa linea, mentre a sud fu costruita una cortina al di là del perimetro bizantino creando così una terza linea.
Che i franchi abbiano rafforzato il muro bizantino esterno ad ovest, o siano stati i primi a costruirlo, non è sicuro, poiché le massicce opere veneziane nascondono le precedenti fortificazioni.
A nord-est svilupparono una torre a due piani a forma di ferro di cavallo, mentre a nord-ovest valorizzarono la torre preesistente. Analizzando la torre nord-est del castello e le sue gallerie interne, dove venivano disposti gli arcieri, si nota una corrispondenza con alcuni esempi francesi, suggerendo che quest'opera risalga alla seconda metà del XIII secolo oppure, altrettanto probabile, che sia stata costruita anche più tardi su imitazione di precedenti castelli.
Sono state costruite una serie di stanze tra loro parallele lungo il muro orientale. Le sale più a sud, ora crollate, erano di un periodo differente rispetto a quelle a nord. Di queste ne sono rimaste cinque, e sono le principali camere domestiche superstiti dell'ampliamento dei Lusignano. Precendentemente si sviluppavano su due livelli: quello inferiore era all'altezza del cortile interno del castello ed era accessibile dal lato occidentale rispetto alle sale, mentre quello superiore era raggiungibile tramite un ballatoio in legno non coperto che si affacciava sempre sul cortile, di cui si intravedono ancora le tracce sul muro esterno alle sale. All'interno, i solai del livello superiore erano in legno e la copertura era sorretta da volte a crociera e volte a botte a sesto acuto.

Periodo veneziano (1489-1570 d.C.)

L'isola di Cipro fu un possedimento oltremare della Repubblica di Venezia e il suo dominio ebbe inizio dopo la morte di Giacomo II di Lusignano, a quel tempo re di Cipro e marito di Caterina Corner. Caterina vendette l'isola alla Repubblica di Venezia.
L'obiettivo principale era quello di garantire un'occupazione stabile sull'isola, che avrebbe consentito alle comunicazioni marittime di operare

^ Un disegno che mostra la città di Kyrenia nel 1300 d.C. [*di William Dreghorn*]



^ Illustrazione di Kyrenia nel 1837 [*https://en.wikipedia.org/wiki/Kyrenia*]

senza ostacoli, consentendo alle navi veneziane di effettuare spedizioni e attività commerciali nel Mediterraneo orientale. Per assicurarsi tutto ciò avevano bisogno di riorganizzare le difese dell'isola, perché affrontavano costantemente la minaccia degli ottomani. In attesa di conflitto, intrapresero un piano di fortificazione compulsivo. La politica di difesa intrapresa dai veneziani era finalizzata a mantenere e in primo luogo ad adeguare le fortificazioni ereditate dai Lusignano. Dovevano soddisfare questi bisogni: essere equipaggiati con il minor numero possibile di soldati e mantenersi con il minimo delle spese. Un muro esterno fu costruito attorno al castello, il divario tra i due venne riempito di terra e le mura del castello furono estese e addensate. Al contrario, le torri furono abbassate per tre motivi: limitare l'impatto dei cannoni; le nuove armi da fuoco erano molto più grandi e più pesanti, e quindi difficili da installare nel punto più alto di una torre; essendo la nuova artiglieria abbastanza forte da distruggerle, riducevano la caduta di rocce sui difensori ai piedi del castello.
Anche i castelli dell'entroterra stavano sviluppando muri spessi, ma i castelli sulla costa dovevano essere ancora più spessi e più forti. Miglioramenti navali e grandi flotte significavano una considerevole quantità di potenza di fuoco come minaccia al castello. I veneziani imposero che le cortine murarie fossero costruite abbastanza spesse da resistere alle più potenti armi da fuoco, e che tre lati fossero bagnati dall'acqua, in modo che il mare formasse un fossato naturale.
Pochi giorni dopo la caduta di Nicosia del 9 settembre 1570, durante la guerra veneto-turca per il possesso di Cipro, il governatore Zaccaria Mudazzo ordinò la resa di Kyrenia senza combattere nonostante fossero stati spesi 150.000 ducati per rafforzarne le difese.

Periodi successivi (dal 1570 a oggi)

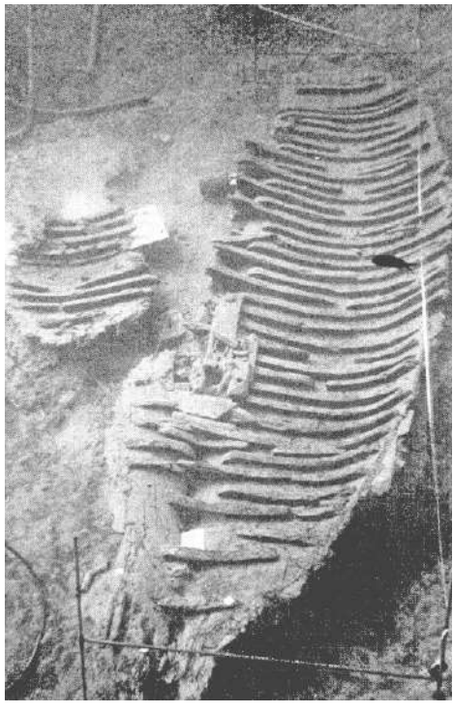
Nel 1570, Kyrenia si arrese agli ottomani. Anche questi apportarono modifiche al castello, occupandolo per i tre secoli successivi. Gli inglesi le rimossero durante la loro amministrazione coloniale ottenuta in seguito ad un accordo segreto tra i governi britannico e ottomano.
L'isola fu ceduta alla Gran Bretagna come base militare nel Mediterraneo orientale nel 1878, così gli inglesi usarono il castello come caserma di polizia e scuola di addestramento. Lo utilizzarono anche come prigione per i membri dell'organizzazione EOKA greco-cipriota[29]. In quegli anni, Cipro era un avamposto strategico navale che si affacciava sul Canale di Suez,

[29] *http://www.whatson-northcyprus.com/interest/kyrenia/kyrenia_castle.htm*

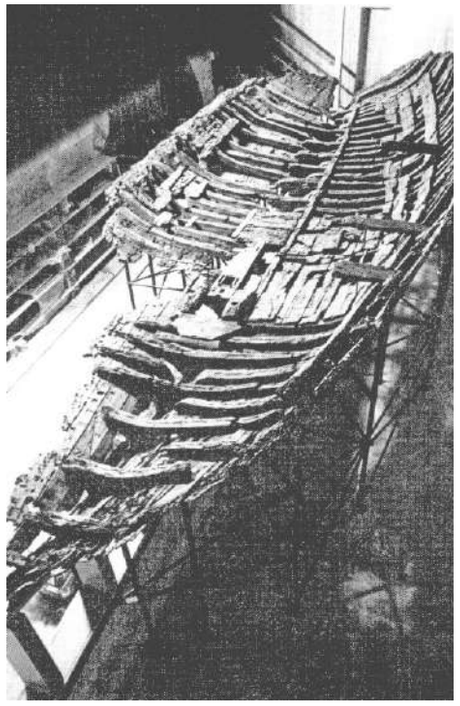
la strada principale per l'India che era allora il possesso più importante d'oltremare della Gran Bretagna.
Divenuta indipendente nel 1959, l'intera isola fu subito interessata da forti tensioni di carattere etnico, tanto che un colpo di Stato della maggioranza etnica greca fornì il pretesto alla Turchia d'intervenire militarmente e di occupare una porzione di territorio assai più grande di quella su cui viveva la minoranza etnica turca. Così Kyrenia entra a far parte della Repubblica Turca di Cipro del Nord, priva di riconoscimenti internazionali (salvo quello della Turchia).

La nave di Kyrenia

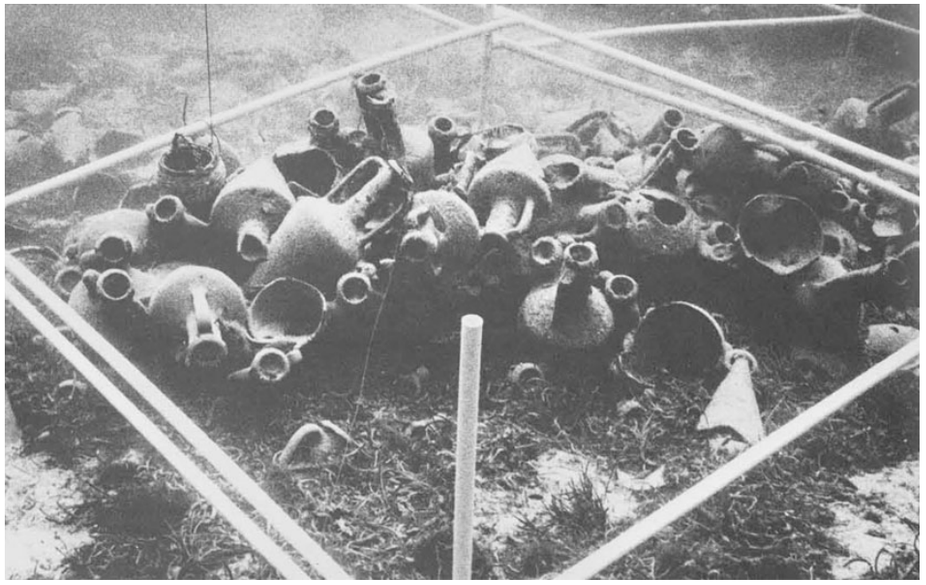
Fin dai suoi primi giorni di insediamento, il commercio marittimo di Kyrenia era avvantaggiato enormemente per la sua vicinanza alla costa dell'Asia Minore. Le barche salpavano dalle isole del mar Egeo, viaggiavano lungo la costa e attraversavano la costa settentrionale di Cipro per raggiungere i due regni cittadini di Lapithos e Kyrenia. Questa vivace attività marittima (IV-III secolo a.C.) è evidente dopo una scoperta nel 1967. Mentre raccoglieva spugne di mare ad una profondità di 30 metri, Andreas Cariolou ha accidentalmente scoperto un tumulo di anfore sul fondo marino. Egli mostrò gentilmente il tumulo agli archeologi che in quel periodo erano alla ricerca di naufragi al largo delle coste di Cipro. Esaminando l'area, venne scoperta una nave mercantile greca e sollevata dal fondo del mare durante una spedizione diretta da Michael Katzev a meno di un miglio dal porto di Kyrenia.
La rotta della nave lungo Samos , Kos , Rodi, la costa dell'Asia Minore e poi Kyrenia, dimostra le strette relazioni marittime della città con altri regni cittadini nel Mediterraneo orientale. Si suppone che la barca sia affondata a causa della pirateria, perché gran parte del suo carico sembra essere stato saccheggiato, oppure affondata in una tempesta; il fatto che la nave sia affondata vicino la costa induce a credere che si stesse dirigendo verso la riva quando il disastro è avvenuto. La combinazione di mari tempestosi, forti correnti e forse carichi troppo pesanti, è la spiegazione più probabile. Questa è il più antico naufragio recuperato dalle acque cipriote, considerata la seconda nave sommersa più antica da recuperare nel Mediterraneo e l'unica nave dell'antica Grecia arrivata fino a noi.
Il suo carico principale era costituito da circa 400 anfore, 10.000 esemplari di mandorle ben conservate, grano, vino e macine dalle isole greche di Samos, Rodi e Kos. Sette monete di bronzo recuperate indicano che la nave affondò intorno al 300 a.C.



^ Il relitto nel momento del ritrovamento
[*http://www.vizin.org/projects/kyrenia/gallery.html*]



^ La nave riassemblata
[*http://www.vizin.org/projects/kyrenia/gallery.html*]



^ Le anfore ritrovate sul fondale marino
[*Katzev M. L. - The Kyrenia Shipwreck, 1969*]

Fortunatamente circa il 70% dello barca giaceva sepolto sotto la sabbia del fondo marino.
Ogni pezzo di legno è stato oggetto di una catalogazione dettagliata, di una foratura delle facce interne ed esterne e del disegno di queste superfici su vasta scala, al fine di mantenere qualsiasi informazione nel caso in cui i legnami avessero subito danni durante il trattamento di conservazione. Il processo di trattamento ha preservato con successo il 99% dei legnami.
Dopo essere stato sollevato dal fondo marino, le operazioni di restauro hanno previsto l'eliminazione dell'acqua, evitando che il legno si ritirasse, si fessurasse o si distorcesse. L'acqua venne sostituita con sostanze che, riempiendo le microcavità, consentirono al legno di stabilizzarsi durante l'essiccazione.
La nave di Kyrenia è stata costruita in modo semplice e per apprezzare al meglio questa tecnica di costruzione è stata realizzata una sua sezione a grandezza naturale con una profondità di due metri in corrispondenza della metà della nave, inserita poi all'interno del Kyrenia Shipwreck Museum insieme alla nave originale riassemblata.
La nave mercantile è in legno di pino d'Aleppo, una specie termofila ed estremamente resistente alla siccità nativa della zona mediterranea. Dai frammenti di piombo, rinvenuti sparsi nell'area del ritrovamento, era stato intuito che la nave era parzialmente o completamente rivestita di piombo per rallentare la crescita e facilitare il distacco di organismi subacquei che si attaccavano allo scafo.

Il museo

Ad est del cortile ci sono due superbi reperti archeologici: il primo è il museo che comprende tre mostre principali che coprono il Neolitico, l'Età del Bronzo e dal periodo Ellenistico a quello Bizantino; il secondo, adiacente al primo, è il Kyrenia Shipwreck Museum, dove sono stati esposti la nave, il suo prezioso carico e le foto che mostrano i lavori di recupero[29].
Il museo che ospita la nave è stato allestito all'interno delle camere domestiche che originariamente appartenevano al periodo Lusignano, le quali non sono state ancora ripristinate del tutto.
All'interno del castello, il Dipartimento delle Antichità di Cipro, restaurò le tre gallerie in quanto destinate a rifunzionalizzazione museale: è stato restaurato l'arco parzialmente distrutto che divide la galleria più a nord; metà del secondo piano di questa galleria è stato ricostruito per fornire

[29] *http://www.whatson-northcyprus.com/interest/kyrenia/kyrenia_castle.htm*

ulteriore spazio espositivo; è stata completata la ricostruzione della volta di ingombro collassata nella galleria di mezzo; le pareti e la volta della galleria più a sud, quella che ospita la nave, sono state spruzzate con un composto speciale per consolidare il calcare tenero e ridurre al minimo la caduta di inerti fini sulla nave riassemblata; i pavimenti di tutte e tre le gallerie sono stati rimessi a nuovo con lastre di pietra.
Al piano superiore della galleria più a sud, è stato costruito un ballatoio in legno schermato da una vetrata da cui ci si può affacciare e osservare dall'alto la barca ben conservata.
Il provvisorio ponteggio in legno, utilizzato per il rimontaggio della nave, fu sostituito da una culla di ferro, i cui sostegni orizzontali distanziavano di 2 metri l'uno dall'altro, fornendo un supporto resistente e permanente per il relitto.
Il governo della Repubblica di Cipro ha fornito l'attrezzatura necessaria per consentire un corretto ricambio d'aria nella galleria della nave, installata durante la primavera del 1976.

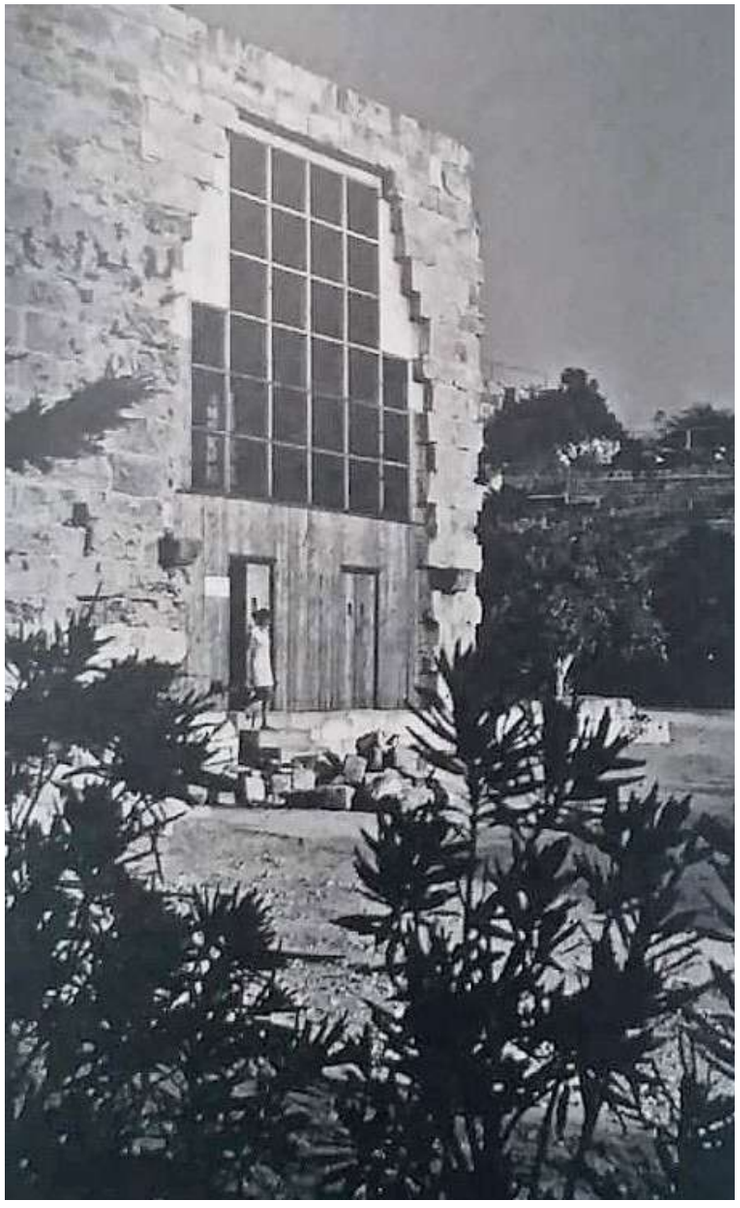
< Ingresso principale al Shipwreck Museum

[foto di Nick John - fonte: https://www.behance.net/gallery/60287807/Kyrenia-Castle-Girne-Kalesi]

< La nave esposta all'interno del museo

v La corte interna del castello

[*foto di Nick John - fonte: https://www.behance.net/gallery/60287807/Kyrenia-Castle-Girne-Kalesi*]



^ Reintegrazione della lacuna negli anni '70
[*Loren C. Steffy - The man who thought like a ship, Texas A&M University Press, 2012*]

^ Il muro ricostruito che racchiude la galleria della nave
[*foto di Nick John - fonte: https://www.behance.net/gallery/60287807/Kyrenia-Castle-Girne-Kalesi*]

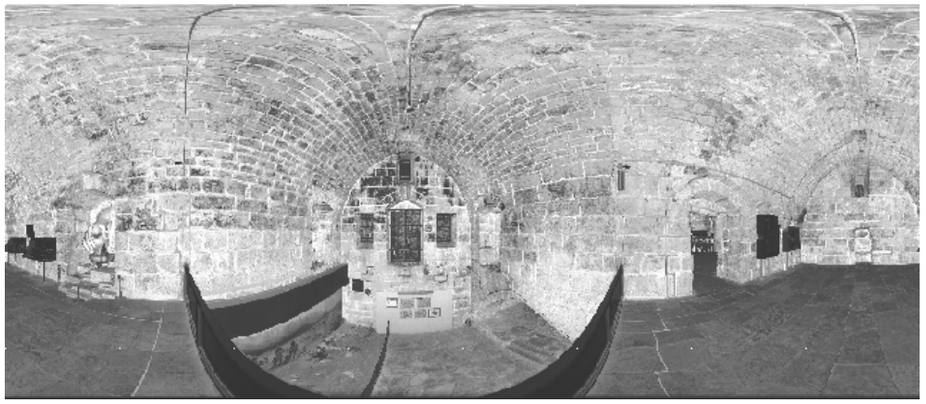
La campagna di rilievo

Con il seminario internazionale “Lettura e progetto del castello di Kyrenia” (“Reading and Designing the Kyrenia Castle”), svoltosi tra il 6 e il 13 maggio 2018, un gruppo di partecipanti provenienti da 30 paesi diversi ha affrontato il castello di Kyrenia. L’approccio lavorativo è stato diviso in tre: raccolta di documentazione storica; il rilievo digitale del sito archeologico con una specifica attenzione agli spazi museali; proposte progettuali di valorizzazione dei musei. Lo scopo del seminario, coordinato con il Comune di Girne e il Dipartimento delle Antichità e dei Musei, è stato quello di acquisire dati per il rilievo digitale e progettare un nuovo sito archeologico all’interno del castello. Il risultato è stato raggiunto adottando un’indagine che mescola la lasergrammetria e la fotogrammetria (sia aerea che terrestre), questo ha permesso di avere un’analisi più completa dell’intero castello.

v Il laser scanner in funzione [*foto di Giorgio Verdiani*]

Rilievo laser scanner

Fin dalla fase preliminare del seminario, è stato deciso di avere un rilievo 3D per mezzo di un laser scanner come strumento principale per le misurazioni. Questa scelta è stata per certi aspetti fondamentale: il laser scanner è uno strumento completamente affidabile, è facile da utilizzare, le procedure e le numerose caratteristiche qualitative, combinandosi, permettono di coprire grandi distanze in poche ore. I software che gestiscono le nuvole di punti, dalla visualizzazione all’integrazione CAD, sono facilmente accessibili e oggigiorno abbastanza semplici nel loro utilizzo. Il laser scanner utilizzato per questo rilevamento è stato un Zöller-Froelich Z+F Imager 5006h, in grado di raccogliere punti ad una distanza fino a 80 metri con una precisione di circa due millimetri. Durante la campagna di rilievo del castello di Kyrenia, per tutte le scansioni si è deciso di utilizzare impostazioni con una densità di punti in modalità “media” (fino a 9 milioni di punti) o modalità “alta” (fino a 19 milioni di punti) e con un’accuratezza impostata su “alto”. In questo modo, ogni scansione ha avuto una durata di circa 5 minuti, più i tempi di posizionamento dello scanner. A causa del livello piuttosto elevato di dettaglio e la presenza di forme articolate, per semplificare e migliorare le procedure di allineamento, sono stati utilizzati principalmente mire a due colori (bianco e nero), a scacchi.
Il rilievo lasergrammetrico ha riguardato la parte del castello che va dall’ingresso fino alla corte centrale, gli spazi museali, l’interno della torre settentrionale, tutti i percorsi esterni sulle mura e la chiesa bizantina. In cinque giorni, sono state completate 257 scansioni, per un totale di circa 2,5 miliardi di punti. La post-elaborazione è partita dal secondo giorno di lavoro con un operatore che ha iniziato a trattare i dati ottenuti, controllandoli e attuando l’allineamento di ogni scansione in un’unica nuvola di punti. L’area principale d’interesse era tutta intorno agli spazi museali e alla corte centrale, quindi il lavoro è iniziato da lì e ha continuato per i primi tre giorni. Gli ultimi due giorni sono stati dedicati alle zone fuori dall’area da riprogettare, come i percorsi esterni sulle mura e la chiesa. I software in uso per la post-elaborazione dei dati del laser scanner erano Autodesk Recap e Bentley Pointools 8Vi, con Recap in grado di importare direttamente i file ZFS dall’unità Z+F e elaborarli in maniera veloce e automatica. La nuvola di punti allineata, è stata quindi la base per un gruppo di studenti per produrre sezioni verticali e orizzontali, prospetti, viste in pianta, viste ortografiche e prospettiche del castello.



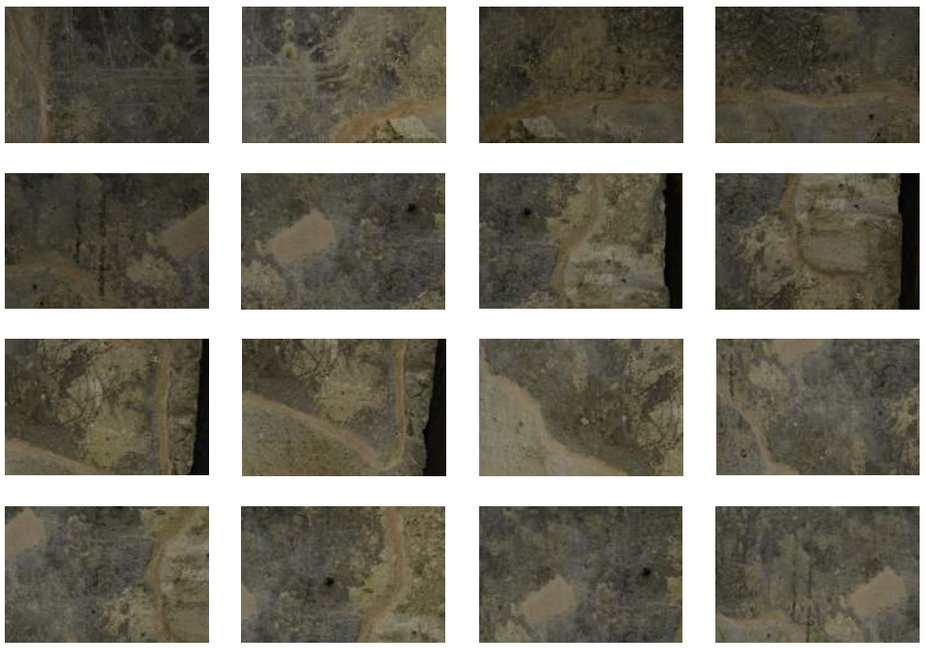
> Una scansione all'interno del museo di Vrysi

< Misurazione dalla nuvola di punti del castello dopo aver unito le scansioni

Fotogrammetria terrestre

All'interno del seminario ci sono state diverse attività fotogrammetriche; in molte di queste sono stati chiamati gli studenti a utilizzare e ottenere un'esperienza migliore con le proprie fotocamere, mentre, contemporaneamente, altre foto sono state scattate da tutor e professori per creare una solida documentazione digitale del castello. Le operazioni fotogrammetriche sono state divise per soggetti e strumenti: su tutto il fronte esterno del castello (utilizzando sia una Nikon D800e full frame, 36.3Mp DSLR con uno zoom F4 Nikkor 24-120mm obiettivo e un kit 3D Eye con fotocamera Sony Cyber-shot DSC-QX30 20.1 Mp, asta da 10 metri e telecomando controllo); sul relitto esposto nel Shipwreck Museum, sui graffiti nella sala dove è esposto il relitto e nella chiesa bizantina (utilizzando solo la Nikon D800e con Nikkor 24-120mm F4 e un Micro-Nikkor 60mm F2.8). L'elaborazione della fotogrammetria è stata eseguita parzialmente. Il problema di operare sul sito era connesso principalmente al tempo di elaborazione dei dati e alla mancanza di una connessione internet. La maggior parte dell'elaborazione fotogrammetrica è stata eseguita utilizzando Agisoft Photoscan, mentre sono stati fatti alcuni test con Reality Capture, svolti per mostrare ai partecipanti i diversi risultati, i tempi di calcolo, le differenze con il modello 3D finale.

> Alcune delle foto scattate ai graffiti



^ Costruzione del modello 3D dei graffiti

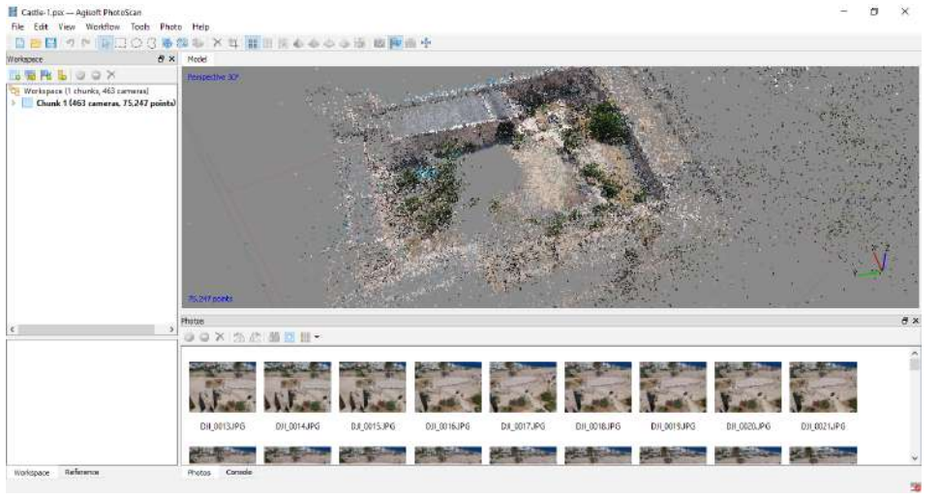
> Alcune delle foto scattate alla chiesa

> Generazione di una nuvola di punti della chiesa

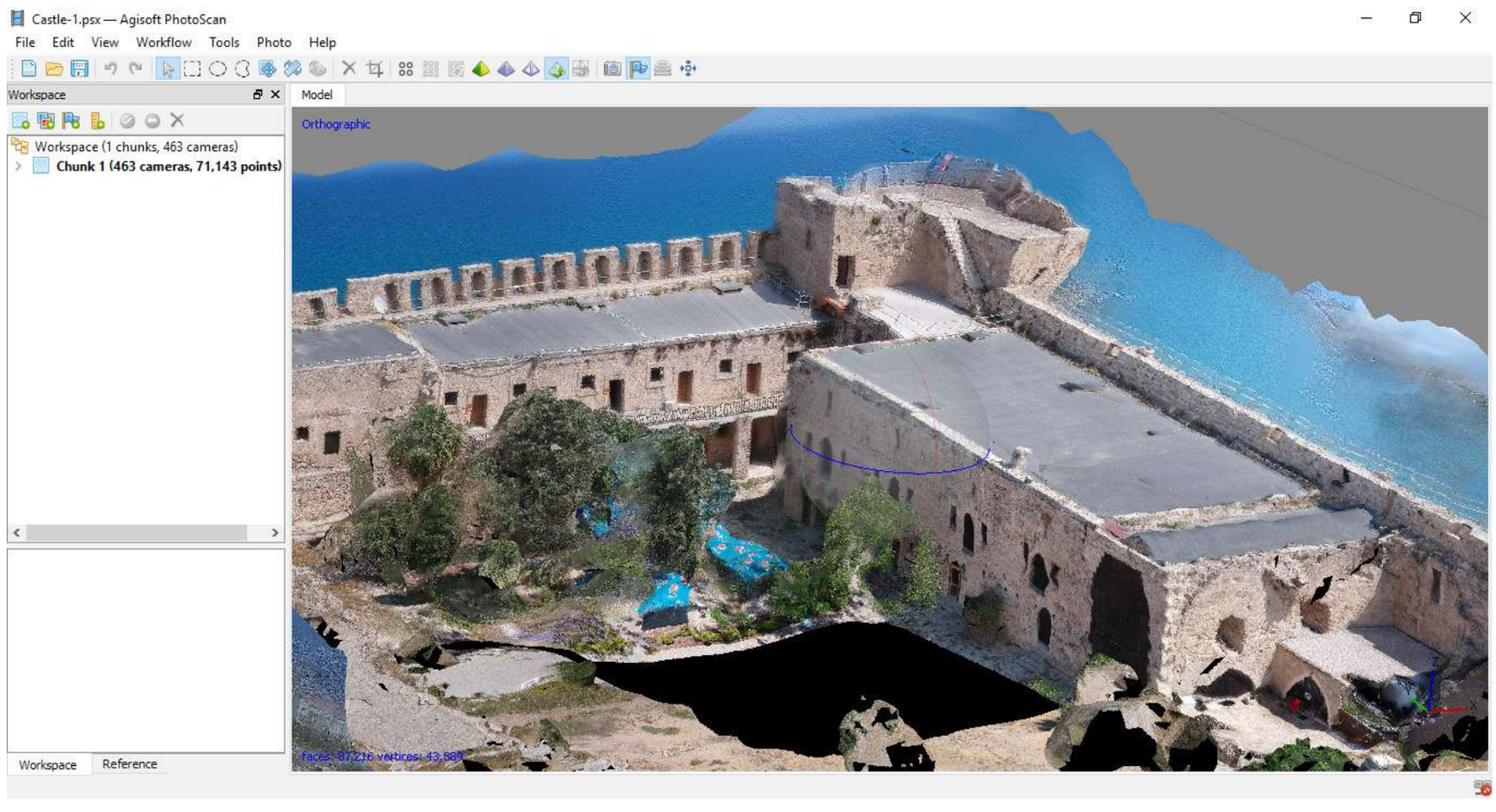
Fotogrammetria aerea

Scattare fotografie aeree è uno dei bisogni più comuni in ambito archeologico e in generale nell'analisi esterna di un manufatto. Il facile accesso alle tecnologie UAV ha reso possibile a chiunque l'uso di un drone, con il rispetto delle condizioni per l'utilizzo, le leggi locali, e le autorizzazioni che dovrebbero essere ben conosciute dagli operatori dei droni. Nel caso del castello di Kyrenia, utilizzare un drone è stato un grande contributo in termini di completamento e integrazione del rilievo digitale. Usando un'unità DJI Spark, equipaggiata con 12 MP di fotocamera, è stata fatta una serie di voli che copre tutta la parte superiore della cinta muraria esterna e completando un modello 3D. Gli operatori hanno iniziato con i voli principali dal cortile centrale e dalla cima delle mura, mentre altri voli secondari sono stati effettuati dalle strade intorno al castello.

< Serie di foto scattate dalla corte centrale



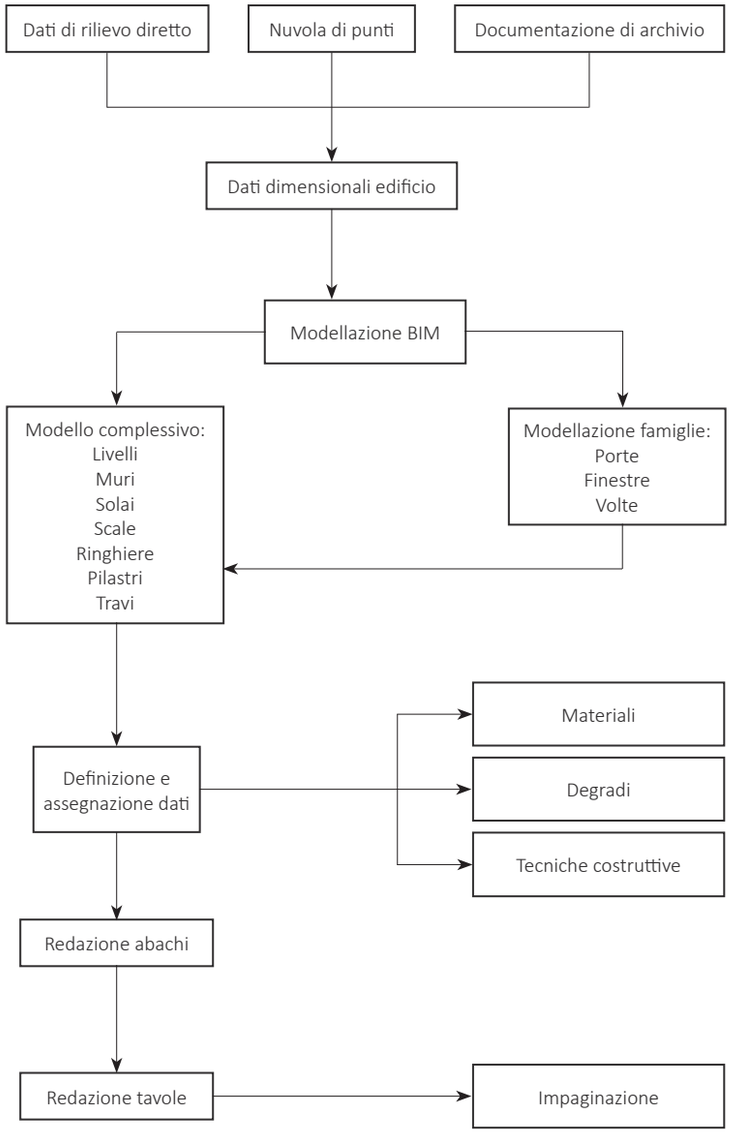
> Generazione di una nuvola di punti del castello



< Generazione di una mesh texturizzata del castello

Modellazione BIM

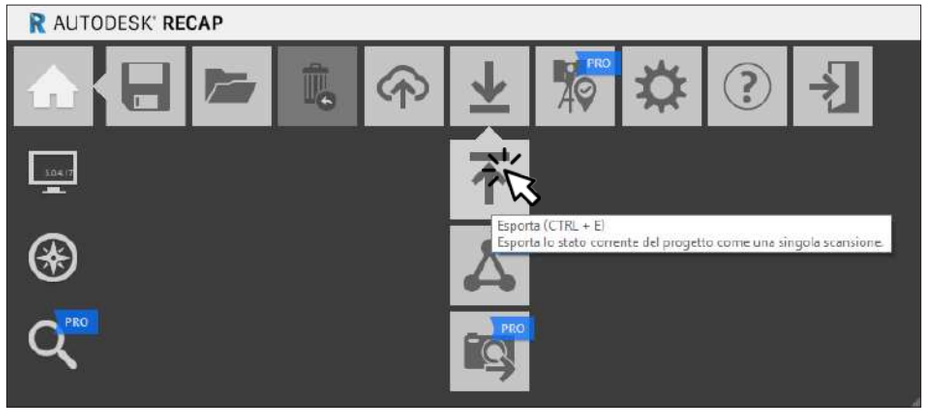
Diagramma del flusso di lavoro adottato



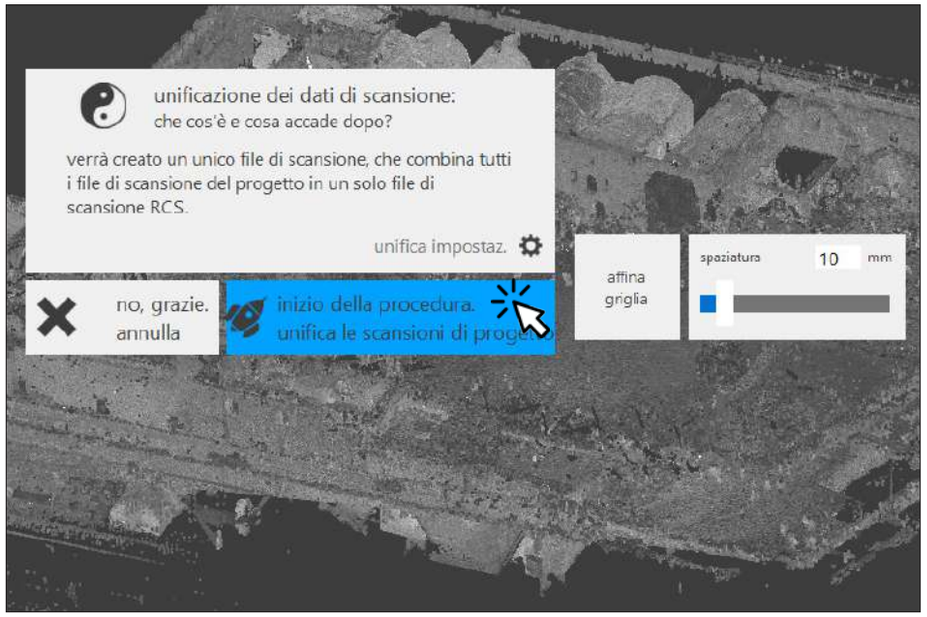
Esportazione della nuvola di punti da Recap

Prima di cominciare la realizzazione del modello BIM vero e proprio è stata necessaria una fase preliminare di “discretizzazione” del dato di partenza. In primo luogo, parlando in termini di dimensione dei file di lavoro, la nuvola di punti di tutto il castello si sarebbe dimostrata inutilizzabile a fronte dei tempi di elaborazione richiesti per poterla processare all’interno del software Autodesk Revit; in secondo luogo, anche in termini di accuratezza e precisione dell’informazione dimensionale, lavorare su tutto il complesso avrebbe significato “ereditare” un errore medio riferito ad un’area di intervento molto più grande rispetto a quella che interessa il Shipreck Museum e di conseguenza, nonostante l’alta precisione del dato di partenza, non appropriato per lo studio di una singola porzione.

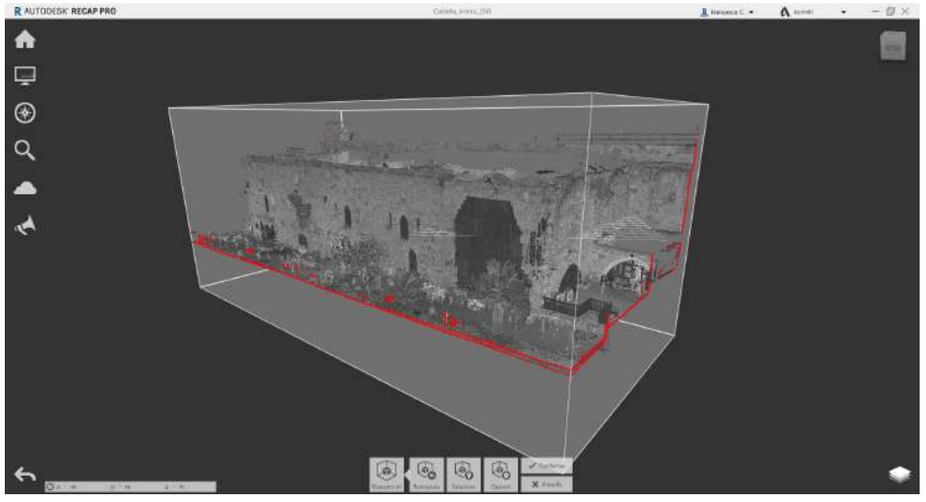
< Dopo aver eseguito la registrazione di tutte le scansioni si ottiene una nuvola di punti 3D di tutta l’area. Visualizzazione della nuvola di punti in modalità “Real View”.



< Comando di esportazione del file



> Unificazione delle scansioni creando una copia del file più alleggerita

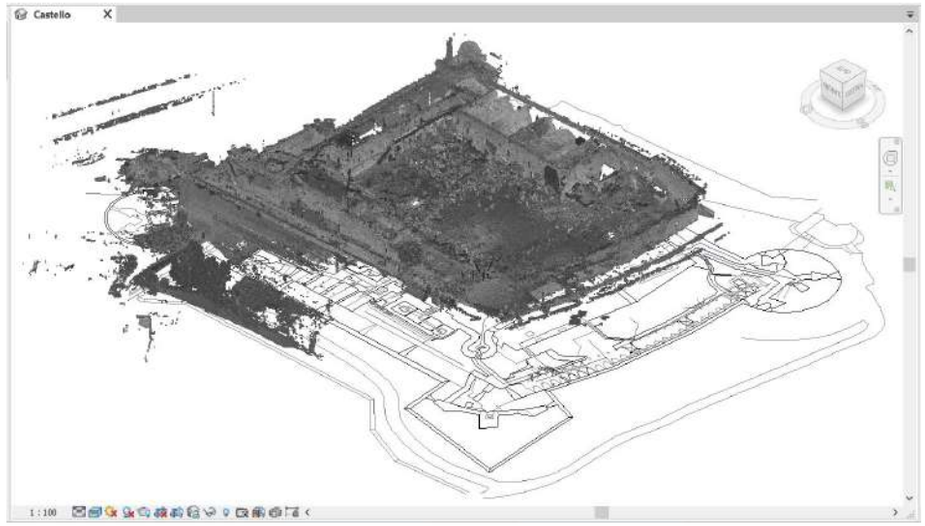


> Attraverso lo strumento "riquadro di selezione" è possibile ridurre la visualizzazione alla porzione di modello interessata, così da poterla esportare in maniera corretta

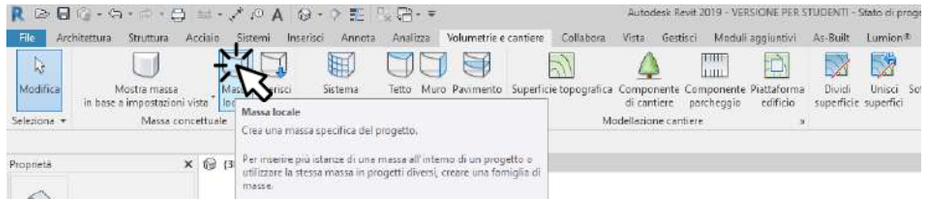
Importazione della nuvola in Autodesk Revit

Sono state caricate due diverse nuvole di punti all'interno del software Autodesk Revit: il castello per intero e la parte relativa al Shipwreck Museum su Autodesk Recap. Dopo averle caricate è stato impostato l'origine del progetto in un punto noto e adeguato alle proprie esigenze, in modo tale che in caso di eventuali modifiche alla nuvola sarà sempre possibile reimportarla nelle stesse identiche coordinate, senza rischiare il minimo errore.

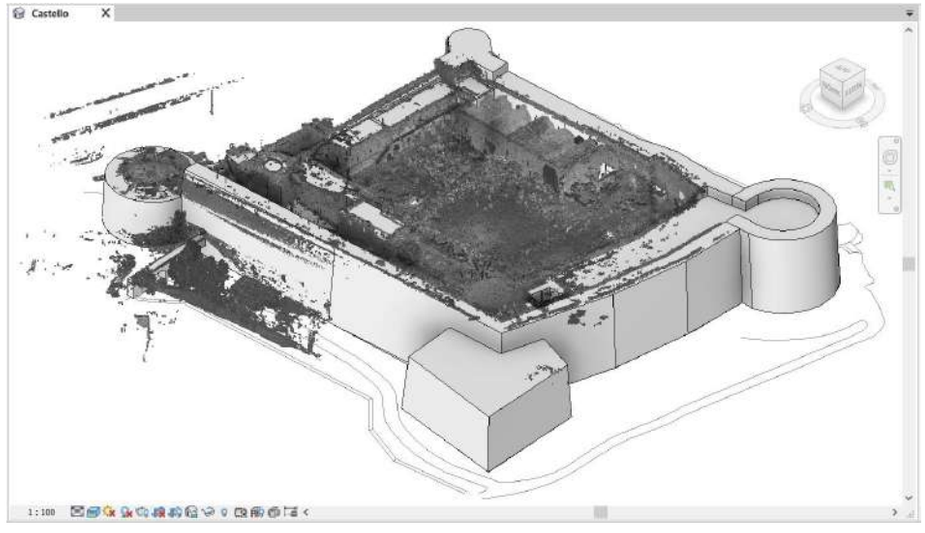
< Comando per collegare una nuvola di punti all'interno del file di Revit



< Insieme alla nuvola di punti del castello è stato importato il dwg della pianta ottenendo una base in più per la modellazione del contesto



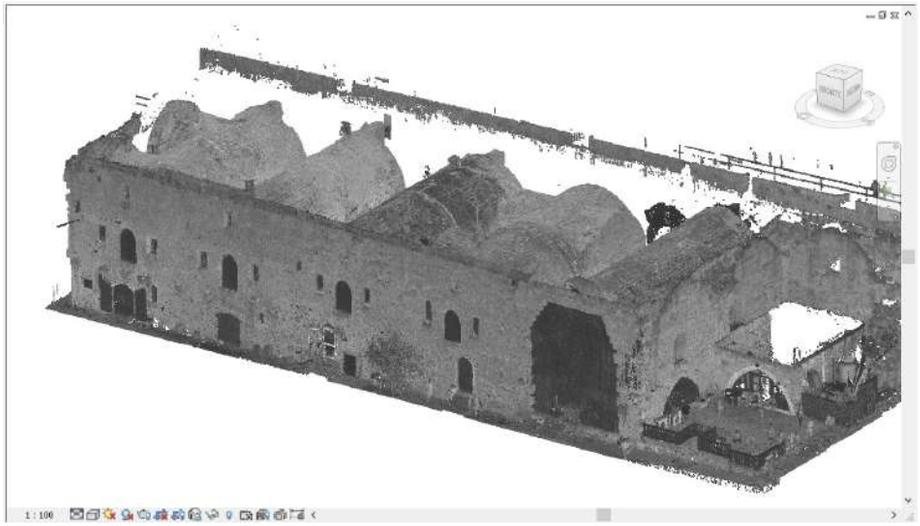
< Comando per la creazione di una massa



< Modellazione concettuale del contesto tramite masse modellate in-place

Descrizione del manufatto

Il museo è situato a est della piazza d'armi all'interno degli appartamenti dei Lusignano. Si presenta come un volume compatto a due livelli in cui ci sono grandi ambienti voltati, che sorreggono la copertura, e i solai lignei al livello superiore. Alcune campate sono prive di orizzontamenti e le finiture sono disomogenee. I muri spessi in pietra presentano un andamento lineare in pianta e in elevazione, eccetto alcuni che presentano leggere inclinazioni lungo le superfici verticali. L'allestimento è recente in quanto l'edificio è stato soggetto a opere di restauro per ospitare il relitto della nave. Gli ambienti sono collegati da varchi ricavati nelle solide pareti.



> Studio della nuvola di punti

> Studio della nuvola di punti con riquardo di sezione

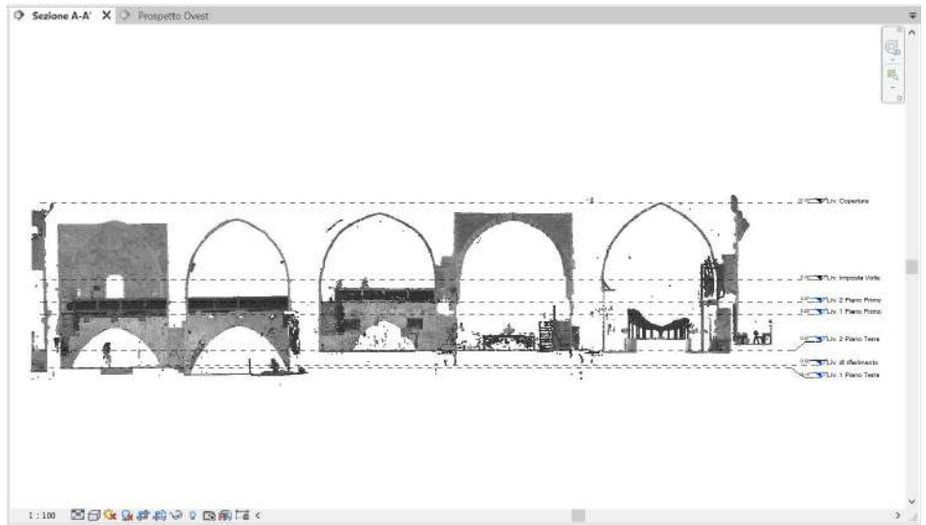
Creazione dei livelli di riferimento

L'impostazione dei livelli di riferimento è stata la base per la modellazione del manufatto. Essendoci dei dislivelli tra le sale museali, sono stati impostati 7 livelli:

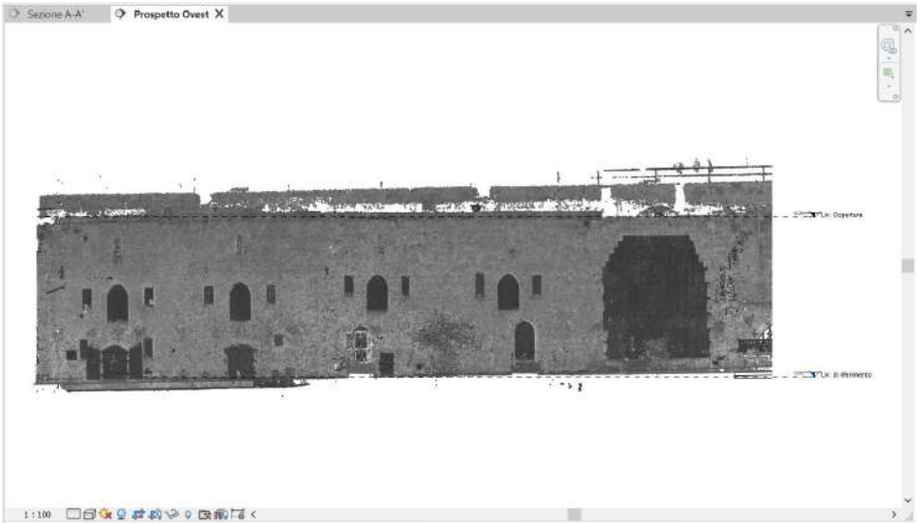
- Liv. di riferimento - livello base del modello intero, corrispondente al piano contenente il punto di origine del modello e della nuvola precedentemente fissato;
- Liv. 1/Liv. 2 Piano Terra - livelli corrispondenti ai due piani di calpestio del piano terra;
- Liv. 1/ Liv. 2 Piano Primo - livelli corrispondenti ai due piani di calpestio del piano primo;
- Liv. Imposta Volte- livello corrispondente al piano d'imposta delle volte;
- Liv. Copertura- livello corrispondente alla copertura.

Questi livelli rappresentano le planimetrie principali del fabbricato e saranno gli stessi che verranno utilizzati per le restituzioni finali. Nel corso dello sviluppo del modello, oltre a questi livelli primari ne sono stati individuati molti altri ad uso locale, ovvero livelli significativi per porzioni del fabbricato ed utili alla loro modellazione, come ad esempio il livello di imposta delle volte presenti sul soffitto, livelli del pianerottolo scale, ecc.

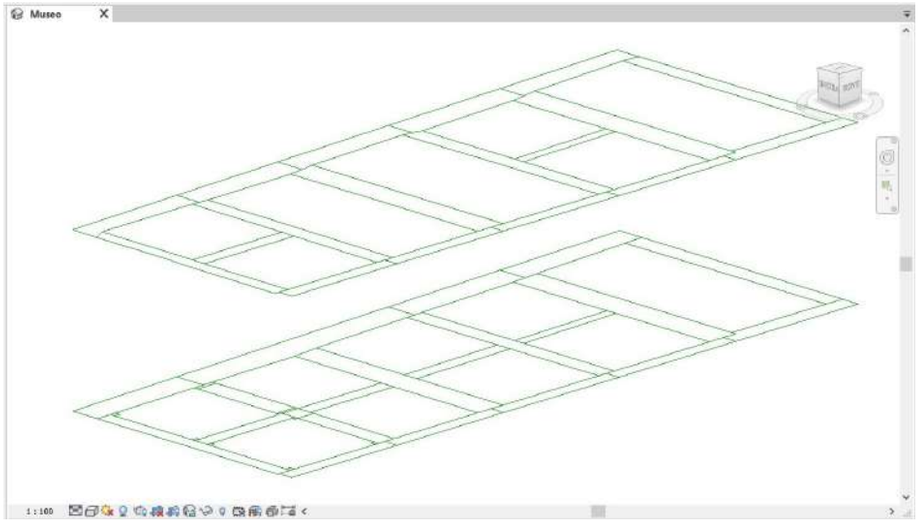
< Comando di creazione dei livelli di riferimento



< Creazione dei livelli sulla base della nuvola di punti in una vista di sezione



> Creazione dei livelli sulla base della nuvola di punti in una vista di prospetto

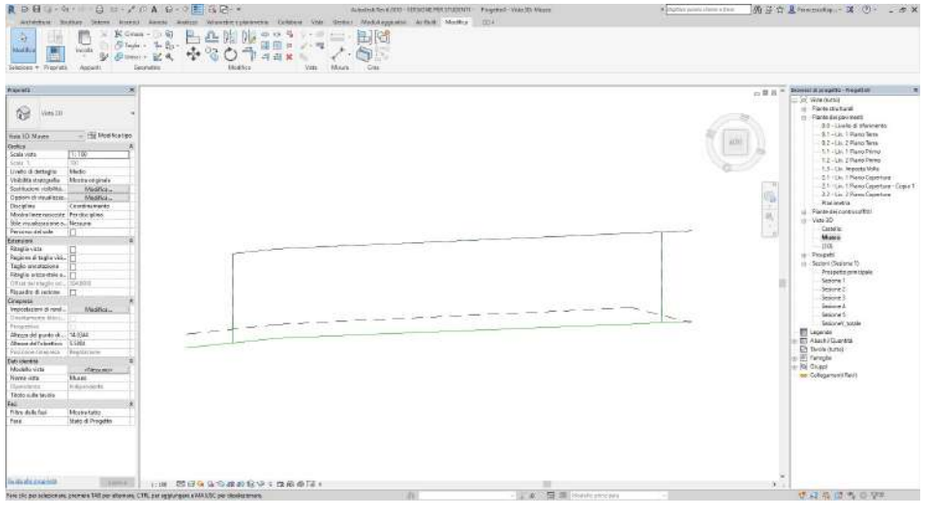


< Planimetrie di riferimento

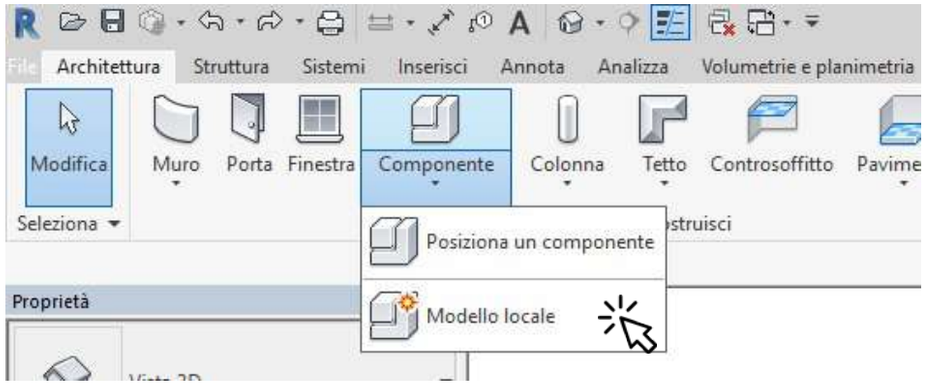
Modellazione dei componenti:

- Muri

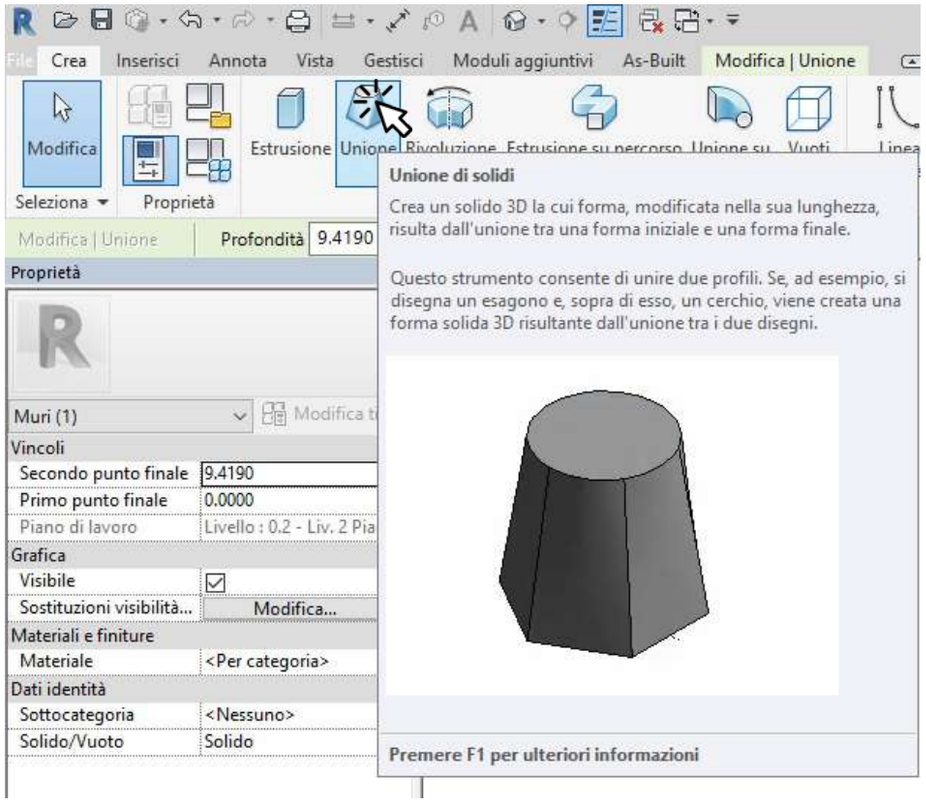
E' necessario ridisegnare le planimetrie in corrispondenza dei livelli per comprendere l'entità delle irregolarità da prendere in considerazione. Le planimetrie disegnate saranno indispensabili per la modellazione come linee di riferimento per la costruzione dei muri.
Considerata la natura dell'edificio e dei suoi paramenti murari irregolari, non è stato possibile procedere attraverso gli strumenti automatici del software, ovvero utilizzare le famiglie di sistema già presenti, ma è stato necessario creare dei modelli locali attraverso il comando "Componente" > "Modello locale" presente nella scheda "Architettura". E' possibile modellare un oggetto attraverso strumenti di modellazione generici in grado di gestire forme e geometrie non standard, che vengono comunque inserite in una specifica categoria di progetto, risultando quindi in sede di abachi e computi dimensionali, ma senza purtroppo godere delle proprietà parametriche di una oggetto famiglia standard.
È stato quindi necessario modellare tutte le murature singolarmente, questo per riuscire ad ottenere un modello sufficientemente fedele alla nuvola di punti e quindi all'oggetto reale. Le murature, in base a caratteristiche e conformazione, sono state suddivise in singoli maschi murari che in seguito sono stati modellati individualmente attraverso l'utilizzo delle linee guida precedentemente create ai due livelli e che hanno consentito l'esatta continuità tra le porzioni del modello.



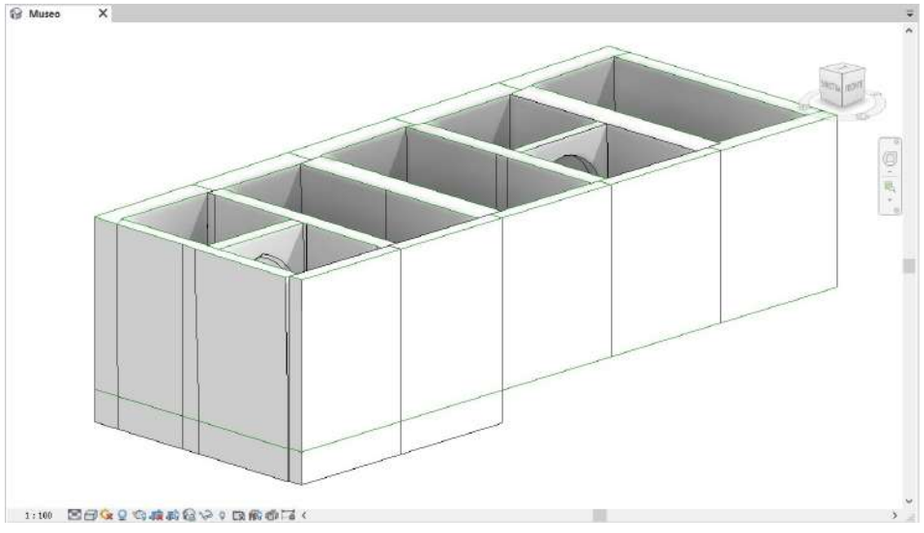
< Le planimetrie sovrapposte mostrano un'irregolarità ben visibile dei muri



< Comando per la creazione di muri in-place



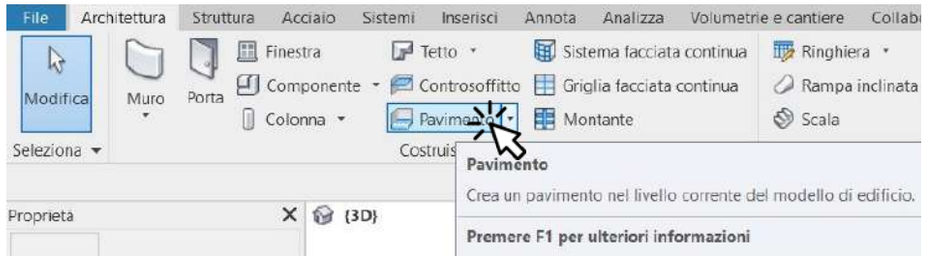
> Comando "Unione di solidi" per la creazione dei muri



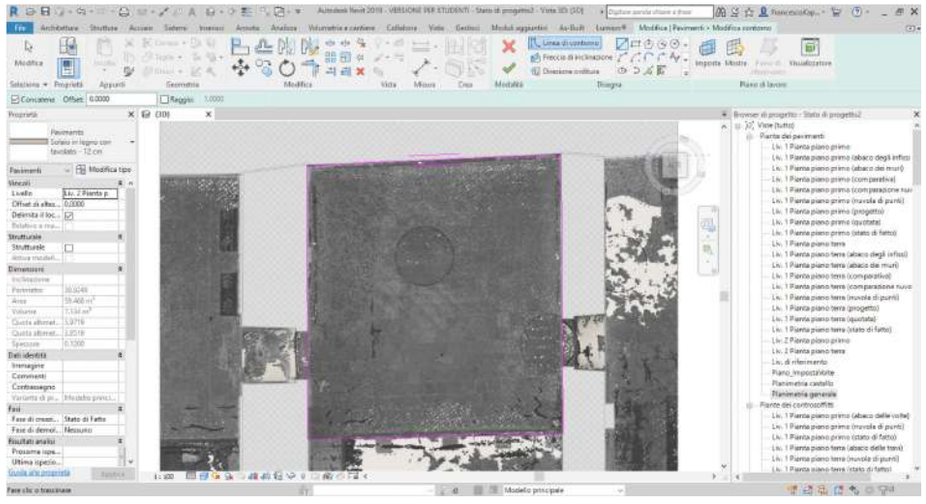
> Completamento della creazione dei muri

- Solai

Tramite il comando standard "Pavimento" sono stati modellati gli orizzontamenti al piano terra e al primo piano usando come riferimento i livelli creati precedentemente. I pavimenti non risultano perfettamente orizzontali ma leggermente inclinati, perciò con il comando "Modifica elementi secondari" è stato possibile selezionare i bordi di un singolo elemento solaio, alzarli e abbassarli di quota seguendo come riferimento la nuvola di punti.



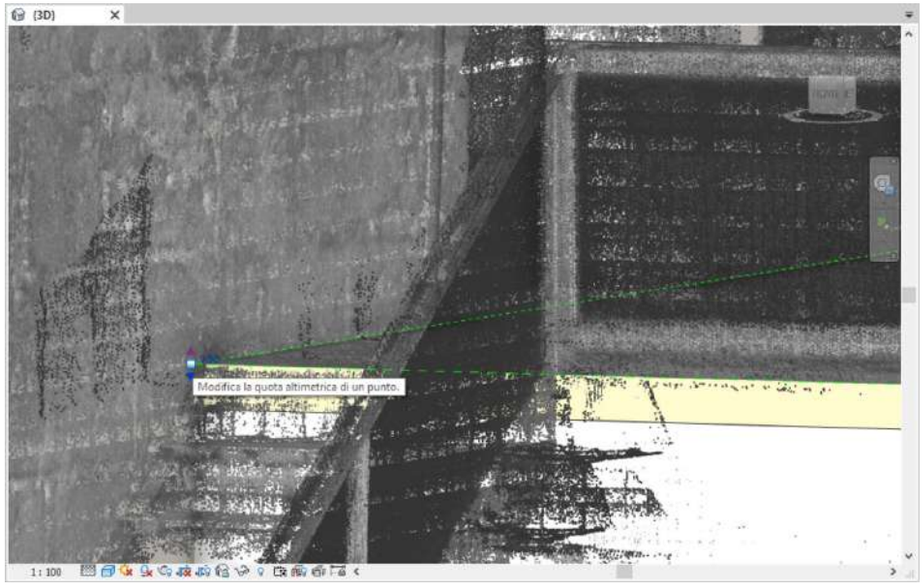
< Comando per la creazione di un pavimento



< Disegno del perimetro del solaio

< Comando per adattare la geometria del solaio allla nuvola di punti

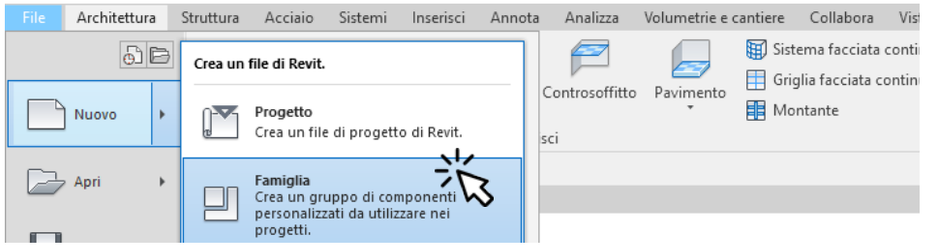
> Le linee trattegiate verdi sono i bordi del solaio. Selezionando i lati o i punti si possono modificare le loro altezze secondo la quota del livello di riferimento in cui è stato creato

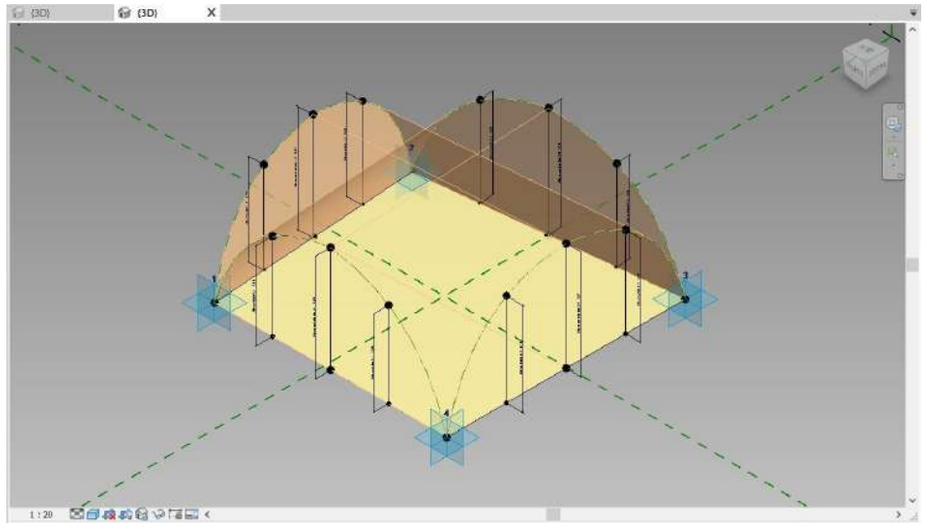


- Volte

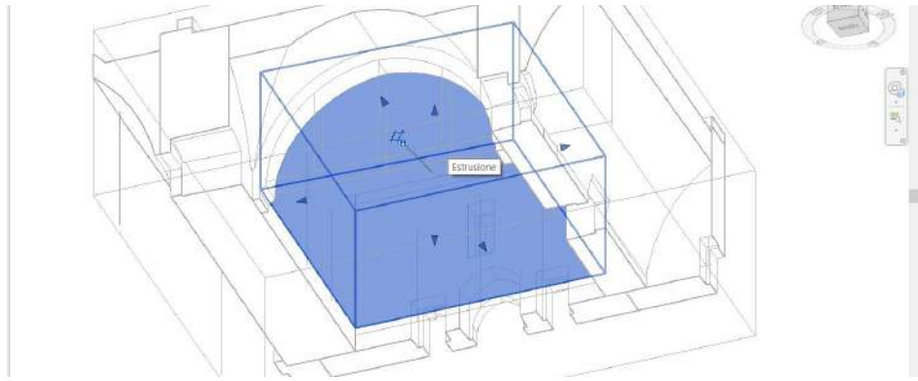
Tutte le volte sono caratterizzate da un perimetro irregolare e da sezioni perimetrali non continue. Di conseguenza è stato necessario creare delle famiglie che permettessero di adattarsi a queste caratteristiche di irregolarità. Questo è stato possibile grazie all'utilizzo di famiglie metriche adattive, nelle quali, oltre ai parametri di controllo consueti, è possibile impostare dei punti "adattivi", ovvero punti che possono essere disposti manualmente all'interno del modello e che permetto di adattare una geometria di base regolare alle singole conformazioni in cui deve essere collocata.
Dopo aver modellato le volte come solidi di sottrazione, esse possono essere importate all'interno del file di lavoro nel loro livello corrispondente. Si suppone che le volte siano piene, perciò sono stati creati dei volumi pieni a cui sono state sottratte le parti vuote, completando l'operazione con il comando "Taglia".

> Comando per la creazione di una nuova famiglia

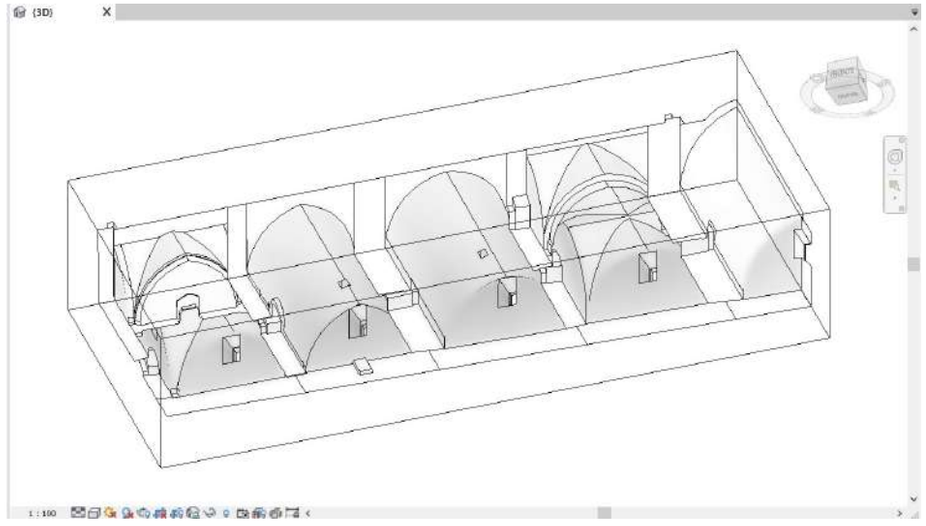




< Creazione di una nuova famiglia parametrica di volte partendo da un "Modello generico metrico adattivo"



< Il volume estruso per la creazione della volta piena deve seguire i bordi dei muri della stanza su cui si imposta la volta



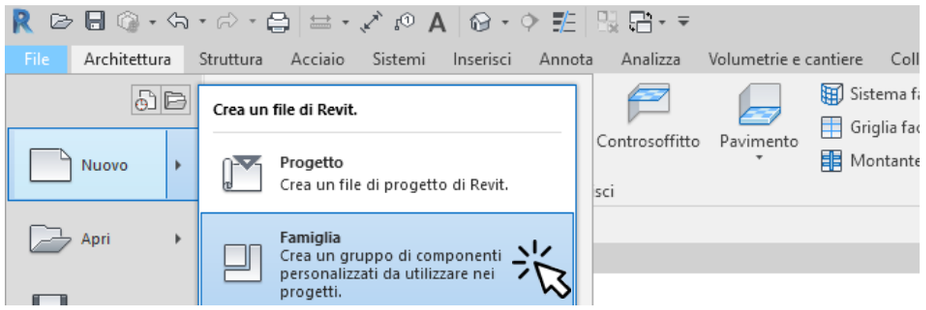
< Le volte completate, dopo aver effettuato il comando "Taglia"

- Porte e finestre

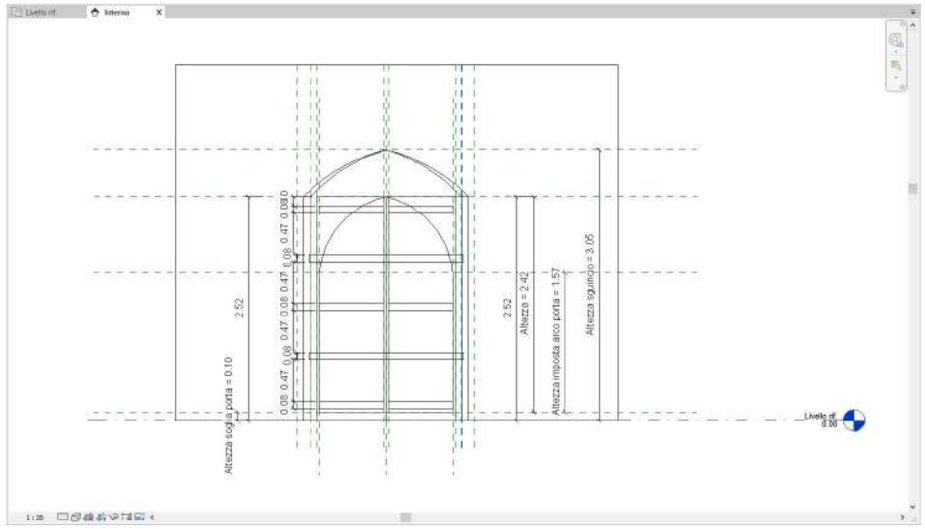
Per la loro realizzazione, in base alla complessità, si è proceduto con due modalità distinte:

- realizzazione di famiglie parametriche, cioé sono state realizzate delle famiglie di vuoti utilizzando le indicazioni dimensionali ottenute dalla nuvola di punti, ma dopo aver disegnato a mano piante, prospetti e sezioni di tutte le tipologie da creare. Quest'ultimo è stato un aiuto nella scelta di quali quote parametrizzare;
- modellazione delle geometrie in-place, nei casi in cui le geometrie e/o la conformazione della parete non consentissero l'inserimento "pulito" di una famiglia, si è preferito procedere con una modellazione locale di solidi di sottrazione da applicare alle geometrie delle murature.

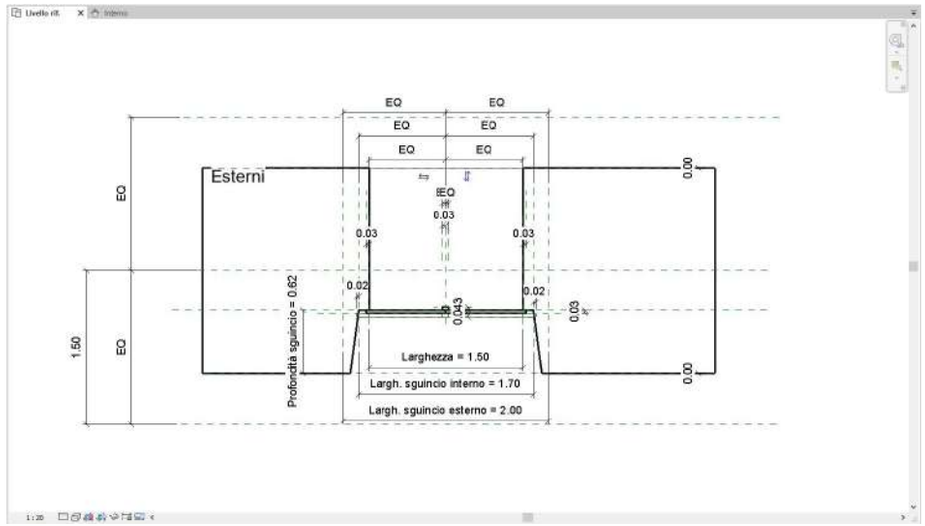
Trattandosi di edilizia storica e di conseguenza di elementi che per loro natura hanno caratteri di unicità, a prima vista la modellazione in-place sembrerebbe la soluzione più appropriata; nonostante ciò lo sforzo nell'utilizzo, ove possibile, di famiglie gestite in modo parametrico, ha fatto parte di un'intenzione di approccio al problema. Utilizzare componenti gestiti secondo parametri variabili, anche se inizialmente comporta un'investimento maggiore in termini di tempo ed energie per la loro progettazione, in proiezione futura rappresenta invece la possibilità di poter essere aggiornati o modificati liberamente senza dover condizionare gli altri elementi.



> Comando per la creazione di una nuova famiglia



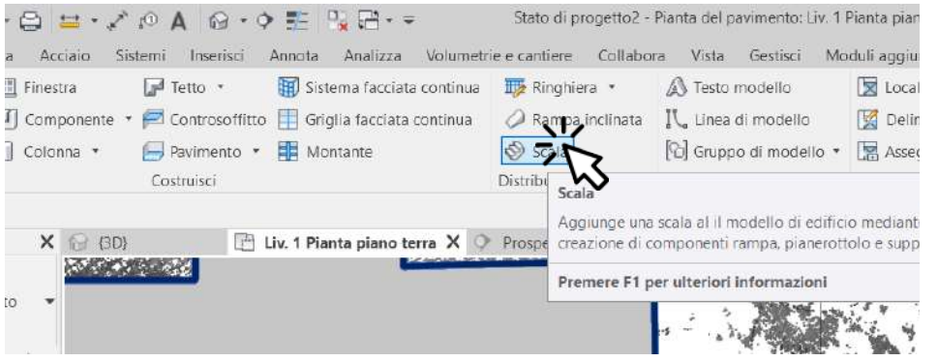
< Creazione di una porta parametrizzata tramite la creazione di piani di riferimento in prospetto



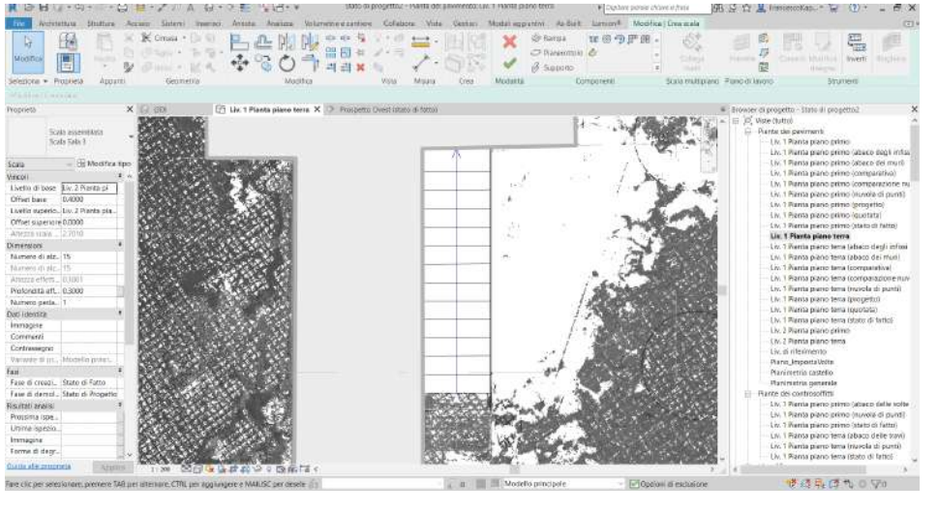
< Creazione di una porta parametrizzata tramite la creazione di piani di riferimento in pianta

- Scale

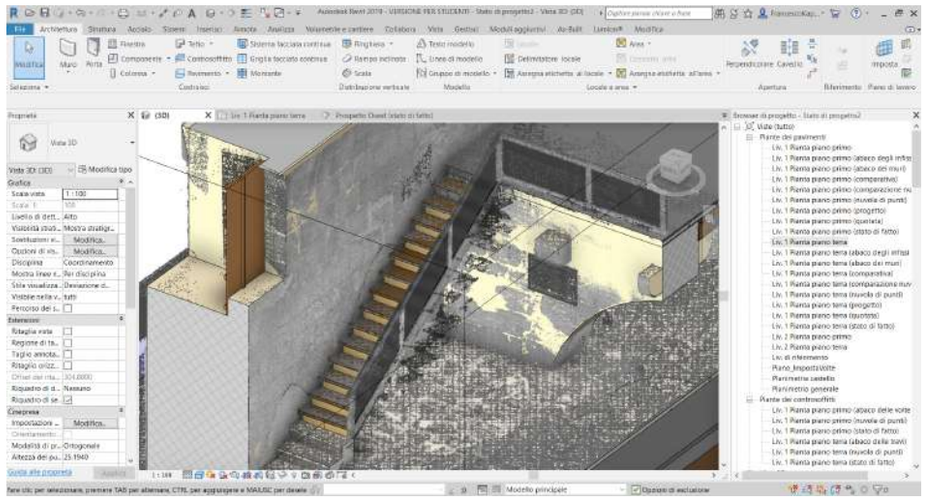
Per la realizzazione delle scale è stato possibile avvalersi degli strumenti standard forniti dal software. La funzione di realizzazione di un corpo scala in Revit infatti, oltre alla modellazione automatica di rampe e pianerottoli in base a parametri quali interpiano, pedata e alzata, comprende anche l'opzione per la quale è possibile specificare l'ingombro della scala disegnando il suo perimetro. Poter disegnare manualmente gli ingombri ha consentito di rispettare in primo luogo la morfologia irregolare della muratura d'appoggio, in secondo luogo le irregolarità dei piani di calpestio della scala stessa. Il tutto potendo mantenere uno sviluppo parametrico sia delle alzate, calcolate in automatico dal software, sia degli aspetti materici e geometrici, come ad esempio spessore e materiale delle pedate.



> Comando per la creazione di una scala parametrica

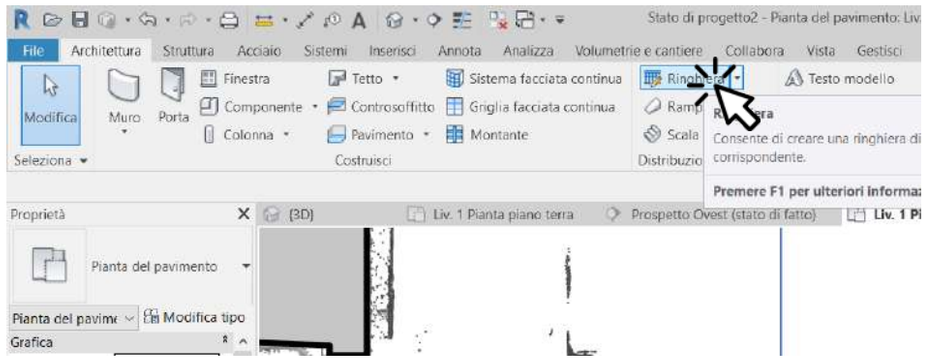


> Disegno in pianta della scala in modalita "modifica"

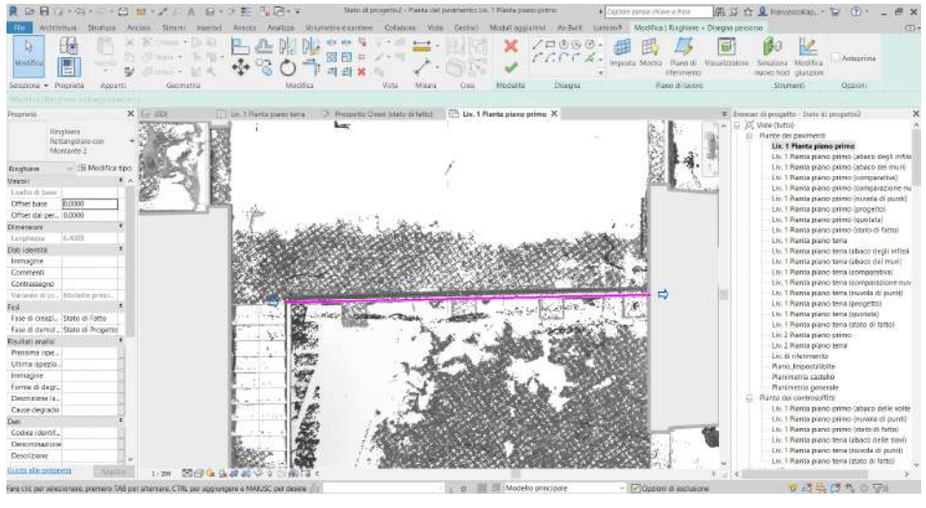


< Creazione della scala usando come riferimento la nuvola di punti

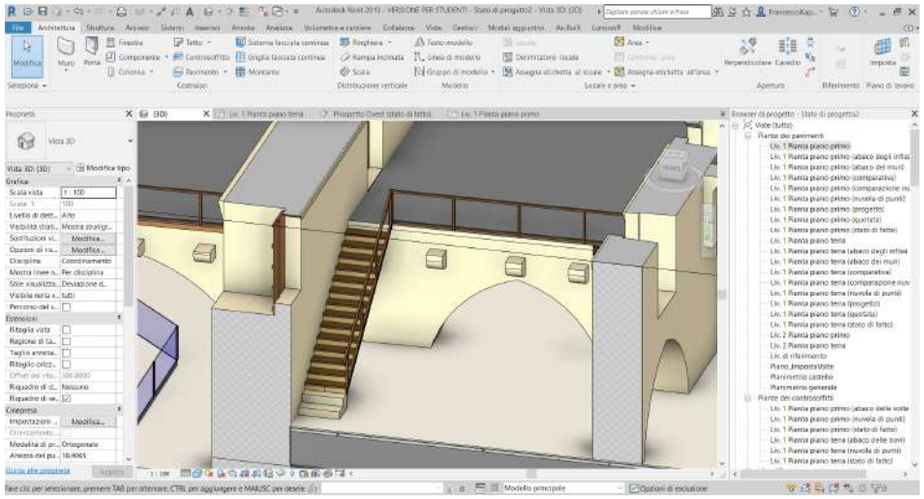
- Ringhiere



< Comando per la creazione di una ringhiera parametrica



< Disegno in pianta del percorso della ringhieara in modalita "modifica"

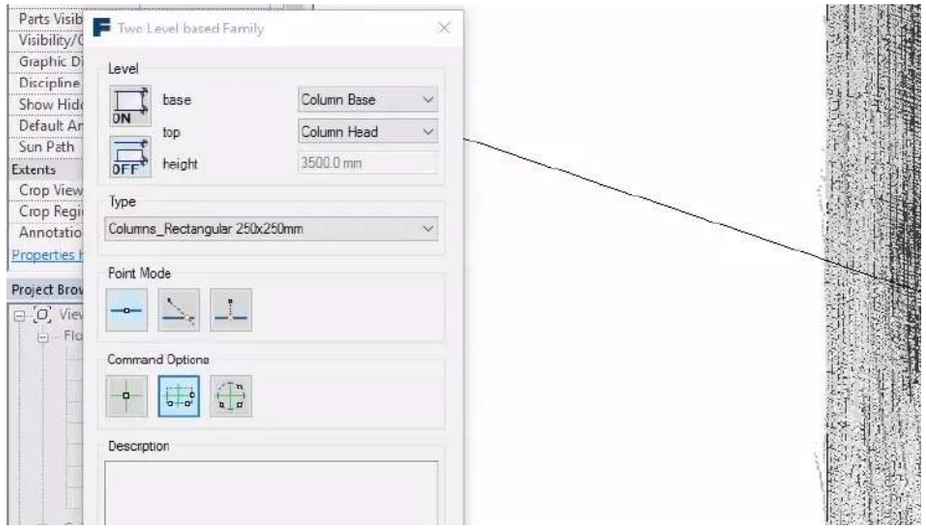


> Completamento creazione della ringhiera parametrica

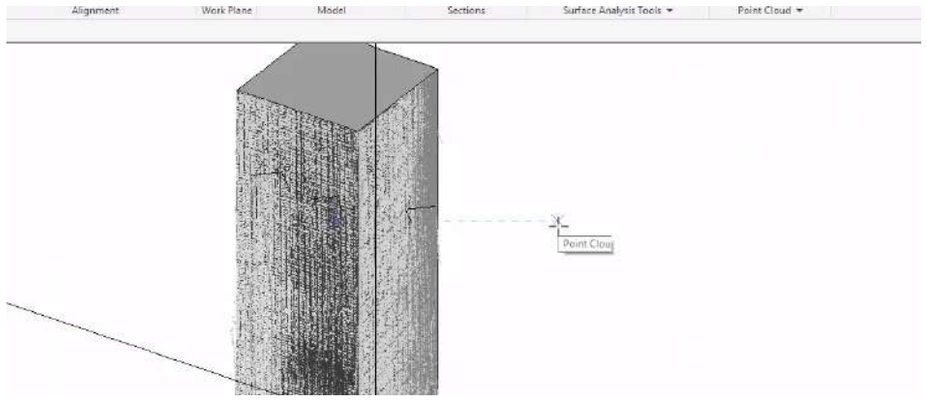
- Pilastri

Per la creazione dei pilastri è stato utilizzato il plugin FARO AsBuilt per Revit, risultato molto vantaggioso perché ha semplificato la modellazione mantenendo una corrispondenza ottimale con la nuvola di punti. Cliccando dei punti 3D della nuvola di punti, il plugin riconosce la sezione del pilastro e la estrude collegandola al livello di base e al livello superiore stabiliti.

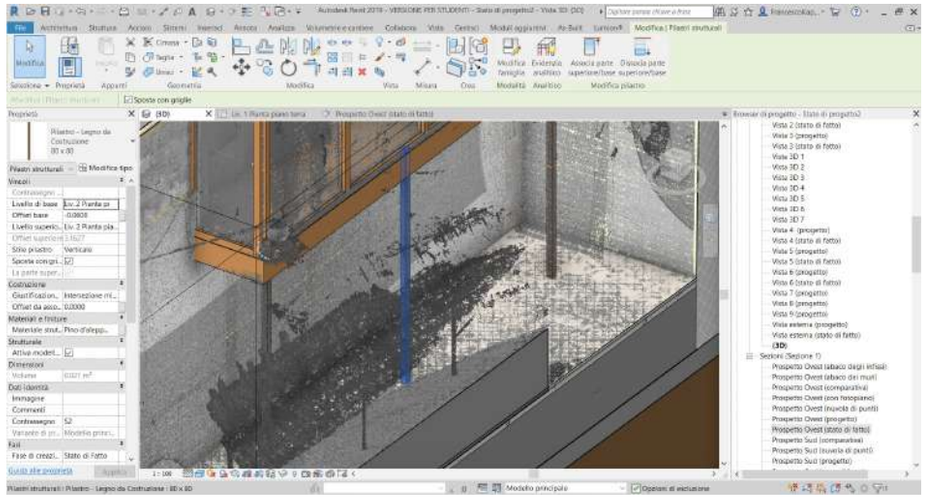
> Comando per la creazione di un pilastro utilizzando il plugin "AsBuilt"



< Prima di selezionare i punti dalla nuvola 3D, si stabiliscono i livelli, il tipo di famiglia pilastro e la modalità d'individuazione della sezione



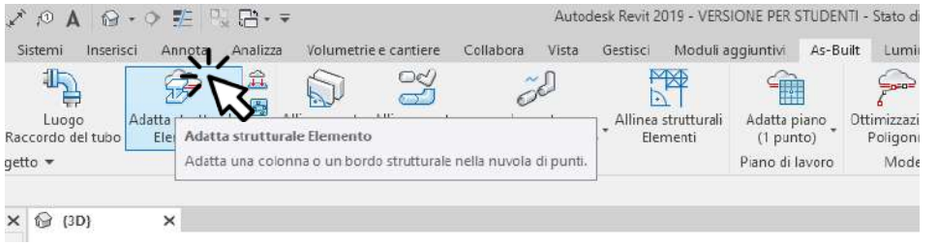
< Selezione di tre punti dalla nuvola di punti 3D per individuare la sezione del pilastro



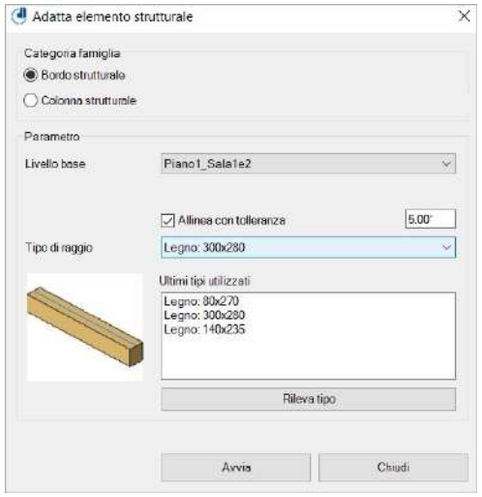
< Creazione automatica del pilastro

- Travi

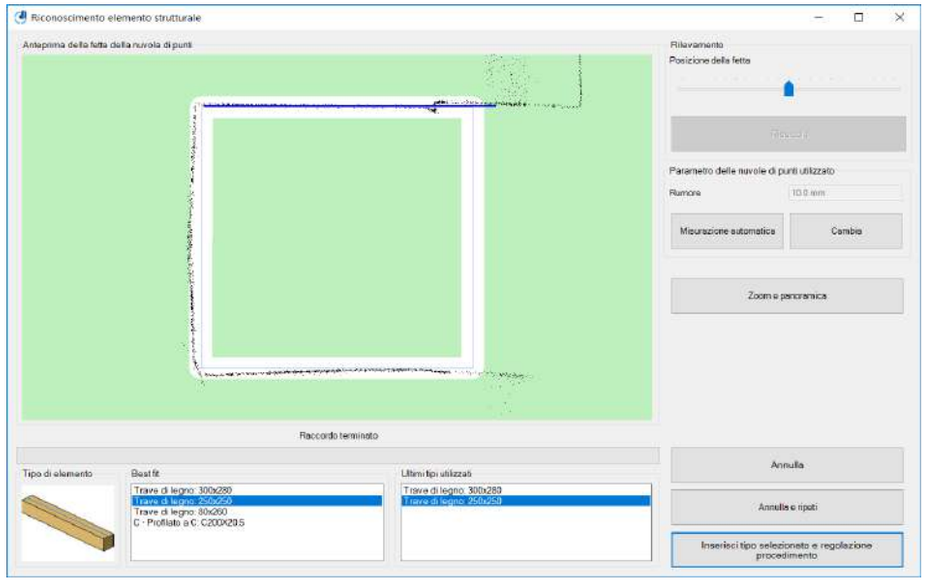
Per la creazione delle travi è stato utilizzato un comando molto simile a quello precedente per i pilastri, sempre tramite l'uso del plugin FARO "AsBuilt" per Revit, con la differenza che questo comando è in grado di dare un'inclinazione all'elemento da modellare, essendo questa presente negli orizzontamenti del livello superiore. Il comando funziona allo stesso modo: si cliccano i punti 3D della nuvola di punti, così facendo il plugin riconosce la sezione della trave e la estrude collegandola ai due estremi selezionati. Purtroppo se la trave è inflessa, il programma non può raggiungere quel livello di precisione perché è in grado di estrudere l'elemento solo linearmente. Per seguire l'inflessione, è necessario modellare la trave manualmente, ma ciò comporterebbe un aumento dei tempi e comunque un errore minimo di discostamento dalla nuvola di punti.



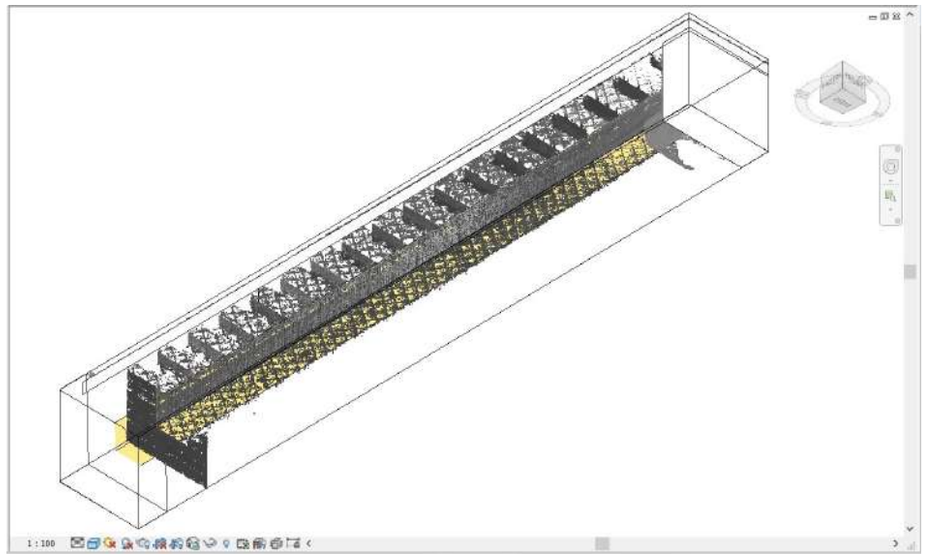
> Comando per la creazione di una trave utilizzando il plugin "AsBuilt"



> Prima di selezionare i punti dalla nuvola 3D, si stabiliscono la categoria, il tipo e il livello della trave

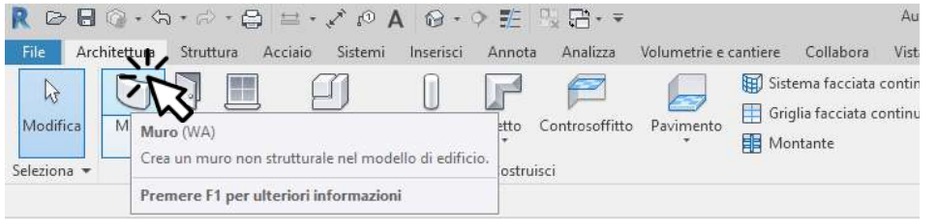


< Dopo aver selezionato due punti dalla nuvola di punti 3D il softhare individua la sezione della trave

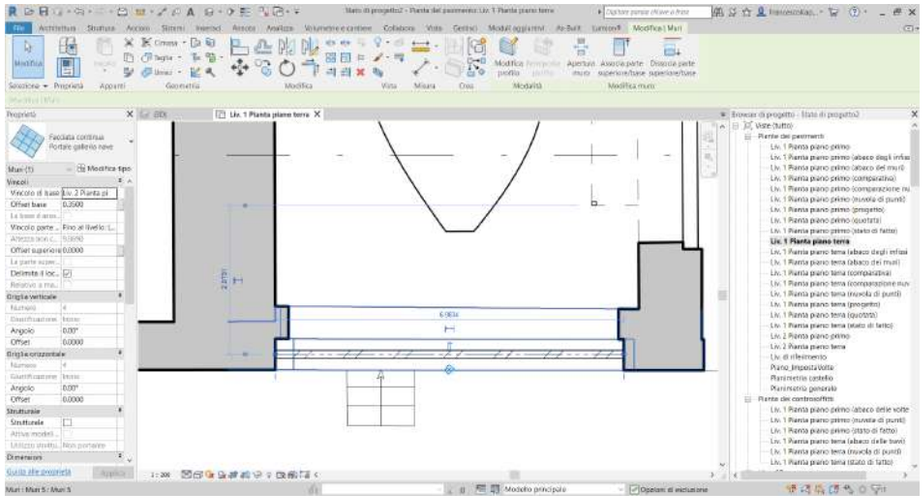


< Creazione automatica della trave

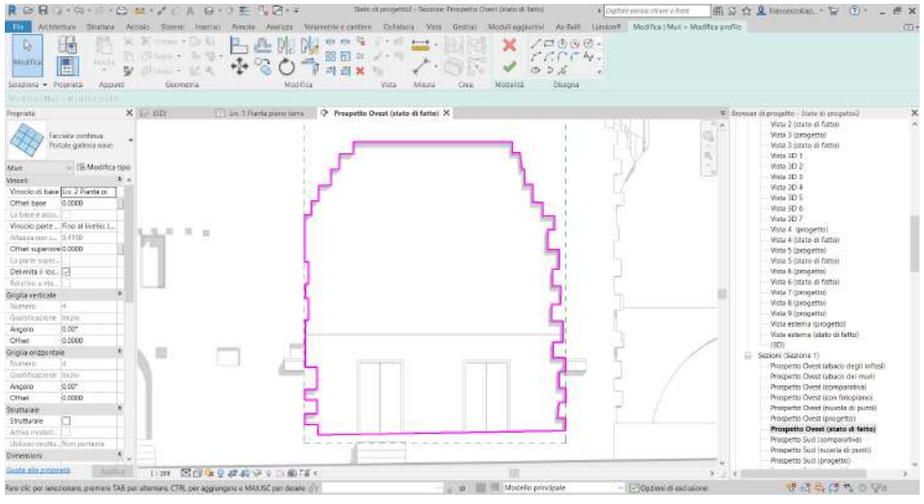
- Facciate continue



> Comando per la creazione di una facciata continua



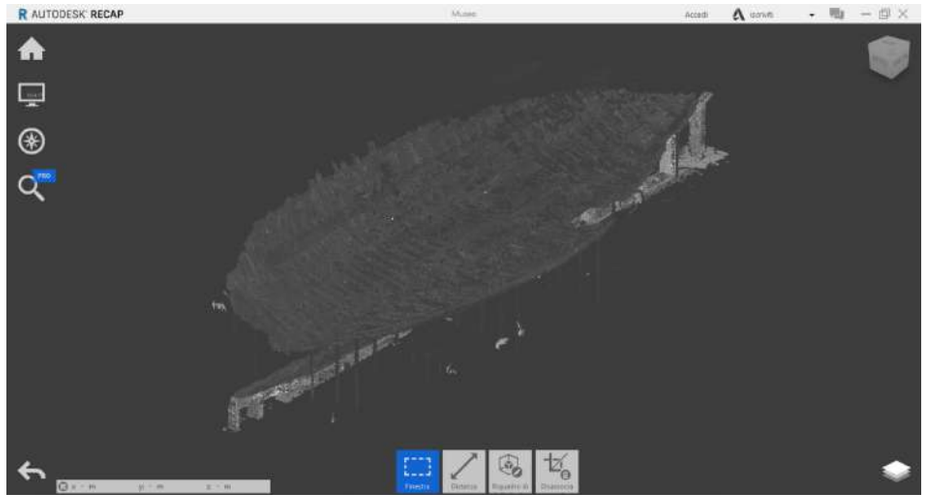
> Dopo aver creato una famiglia apposita, si disegna in pianta la facciata continua riferendosi sempre alla nuvola di punti



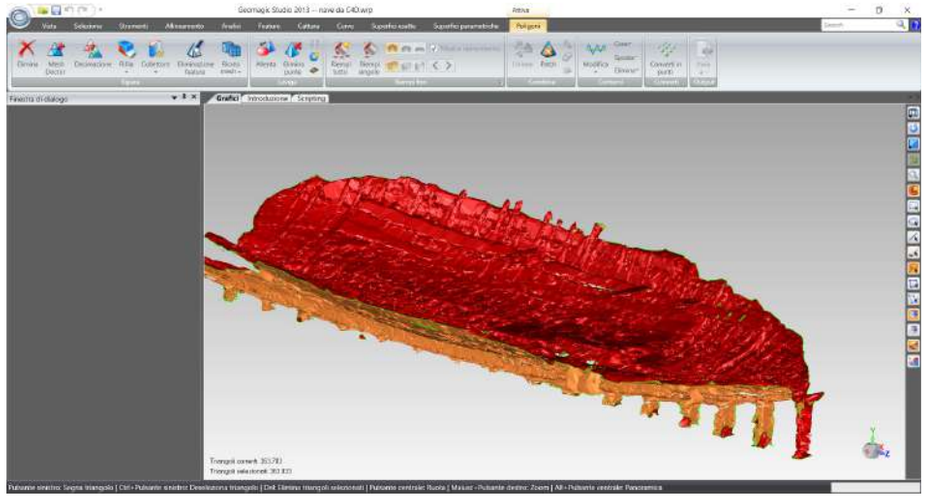
> Nella vista "prospetto" si modifica il profilo della facciata continua seguendo l'andamento della lacuna esistente

- Arredi

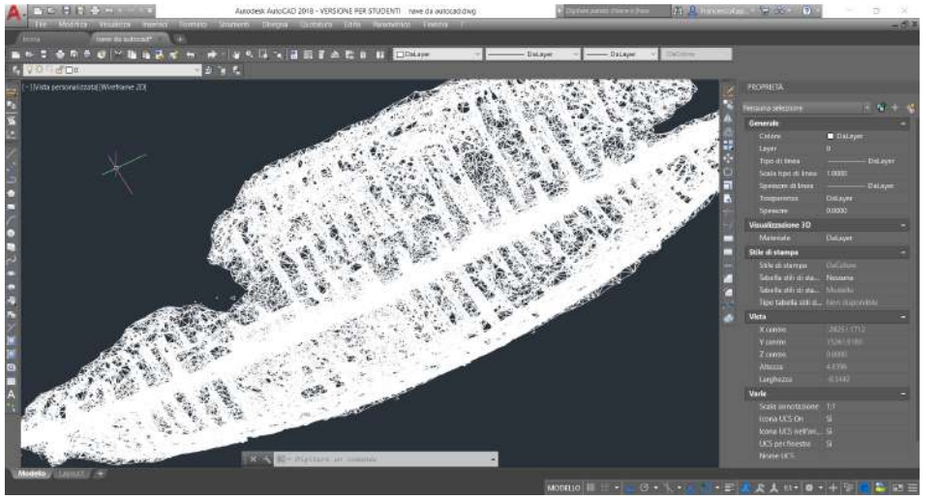
Attualmente all'interno degli spazi museali ci sono pannelli esplicativi, teche e installazioni permanenti, oltre al relitto della nave riassemblata. La modellazione si è concentrata nello specifico soltanto sulla nave, essendo l'oggetto più importante di tutto il museo. Si è preferito non modellare gli altri oggetti perché sarebbero comunque stati demoliti per fare spazio a nuovi arredi inseriti nella proposta d'intervento, eccetto la ricostruzione in scala 1:1 di una sezione della nave.



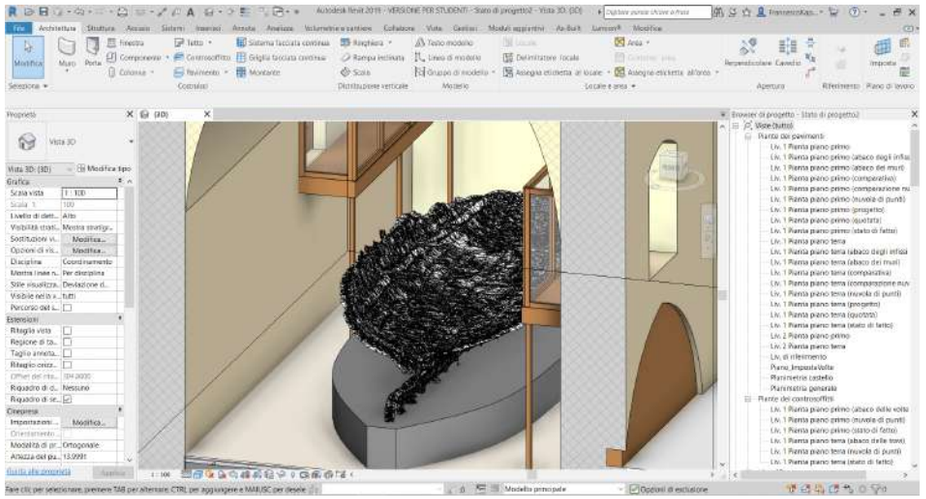
< La nave ritagliata in Recap



< La nave, dopo essere stata esportata da Recap in e57 e importata in C4D per essere esportata in obj, è stata importata in Geomagic Studio per essere convertita in mesh e sistemata tramite il "Mesh Doctor"



> Esportata da Geomagic in dxf e importata in Autocad, la nave è stata scalata secondo le sue misure reali

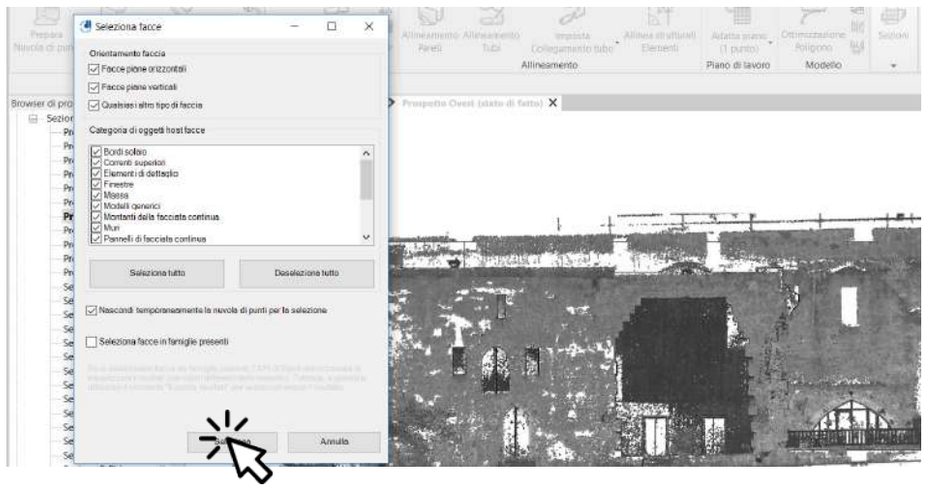


> La nave, per godere di tutti i vantaggi del software paramentrico, è stata importata in dwg e posizionata all'interno del file di lavoro di Revit, duranta la modalità creazione di una massa

Verifica del modello

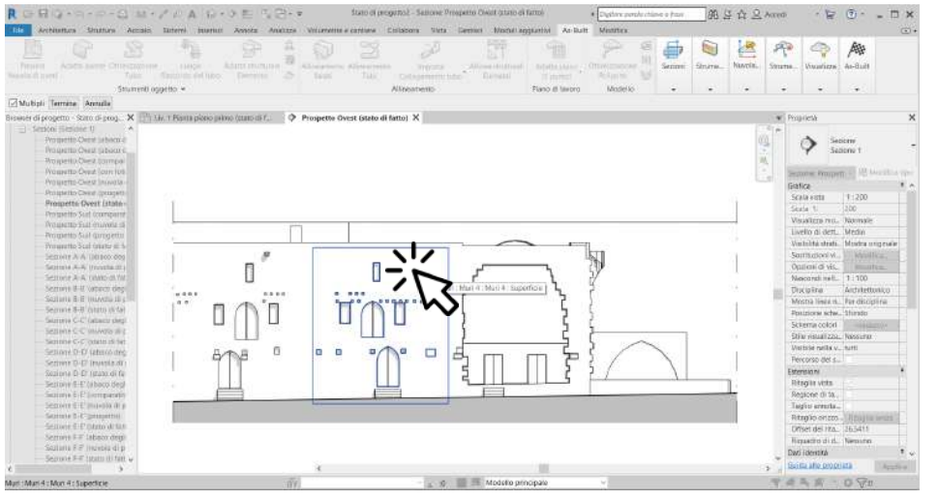
Una volta terminata la realizzazione del modello BIM dell'edificio, un passaggio obbligatorio è quello di verificarne la corrispondenza rispetto alla nuvola di punti. È inevitabile che ci siano delle differenze tra la nuvola di punti e il modello 3D, che per quanto preciso ed accurato possa essere, rappresenta comunque un'approssimazione dell'oggetto reale.
Per verificare questa rispondenza è stato utilizzato il plugin FARO AsBuilt per Revit, capace di effettuare la verifica qualitativa delle superfici/mesh rispetto ad una nuvola di punti. Il plugin procede ad allineare automaticamente i il modello 3D e la nuvola, e poi è possibile effettuare un confronto tra le geometrie, sia 3D che 2D secondo piani di taglio specifici.
Dalla verifica del modello nelle sue parti principali risulta che l'errore medio riscontrato è intorno ai 3-4 cm, un valore più che accettabile in relazione al tipo di edificio preso in analisi.

< Comando per calcolare la deviazione delle superfici del modello rispetto alla nuvola di punti

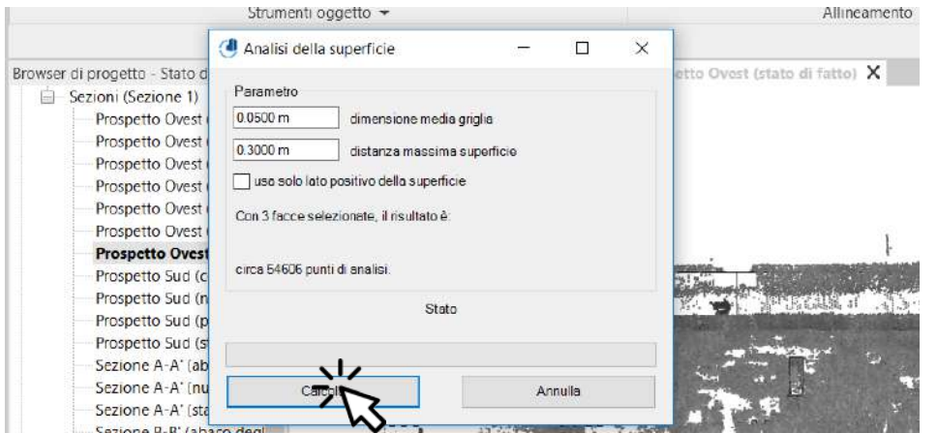


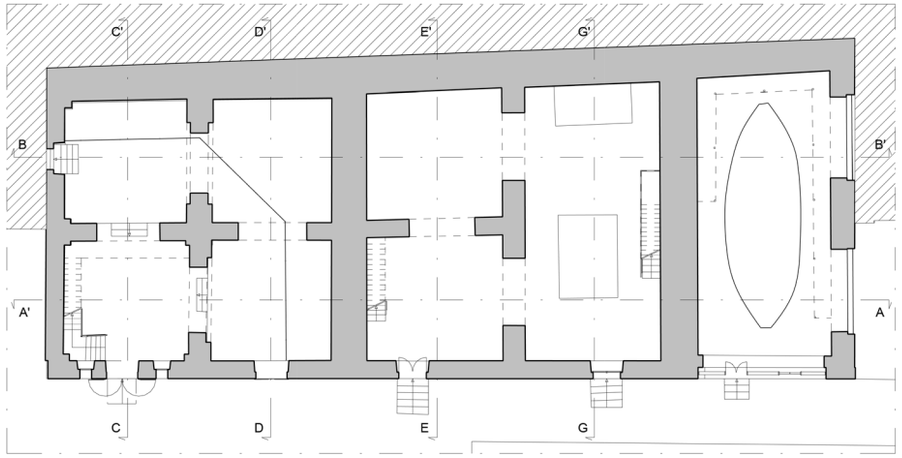
< Si stabiliscono gli oggetti dei quali è possibile selezionare le facce

> Si selezionano le facce da cui calcolare la deviazione

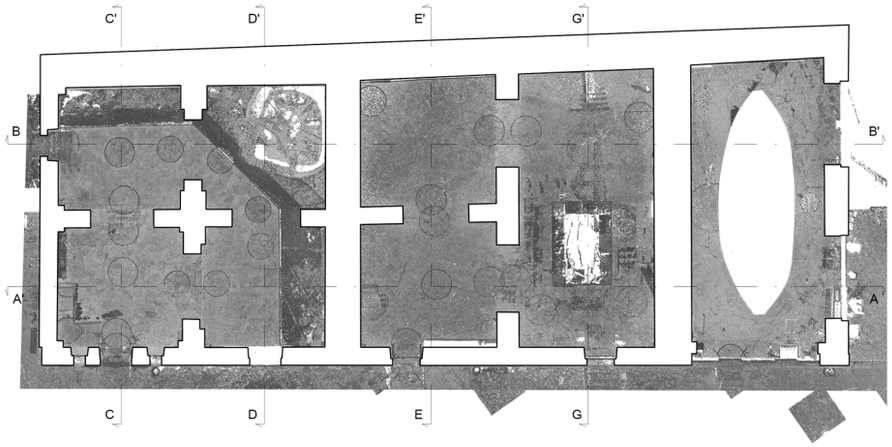


>Si stabilisce la scala a colori gradienti indicanti la distanza dellla nuvola di punti dalla superficie

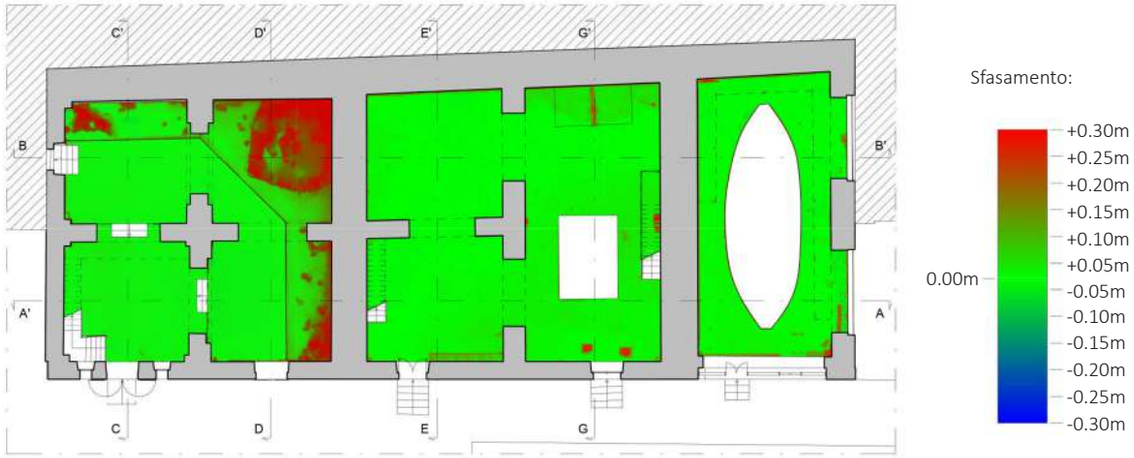




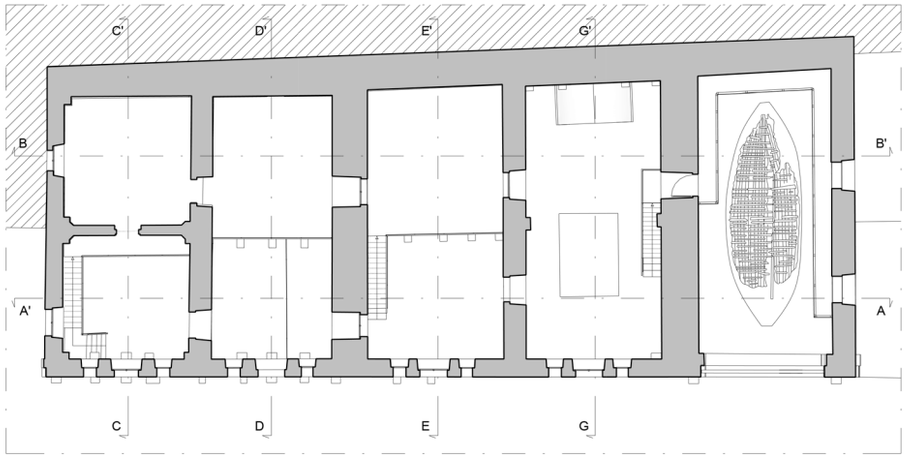
Liv. 1 Pianta piano terra



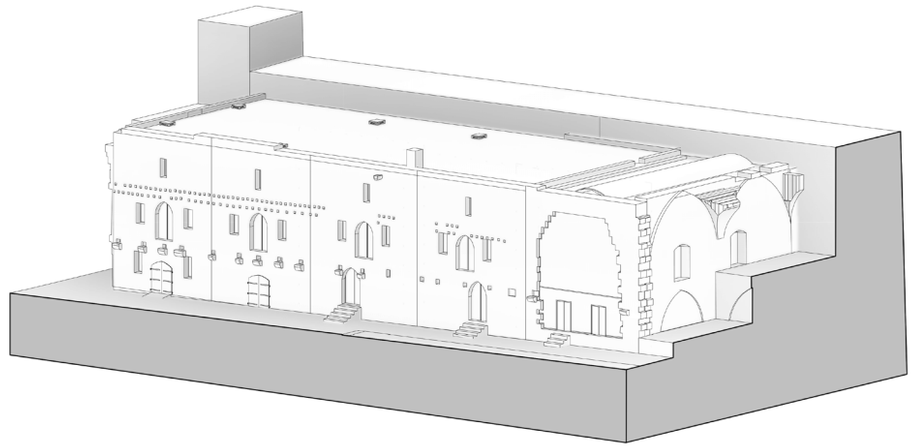
Liv. 1 Pianta piano terra (nuvola di punti)



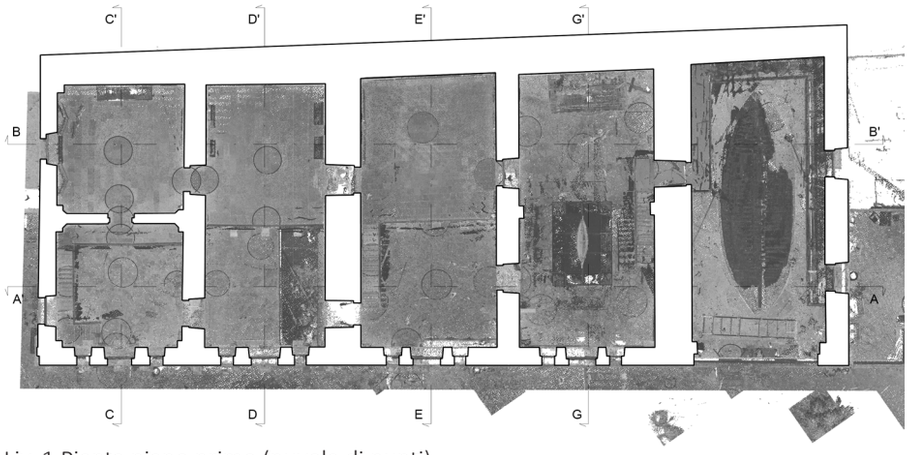
Liv. 1 Pianta piano terra (comparazione nuvola-modello)



Liv. 1 Pianta piano primo

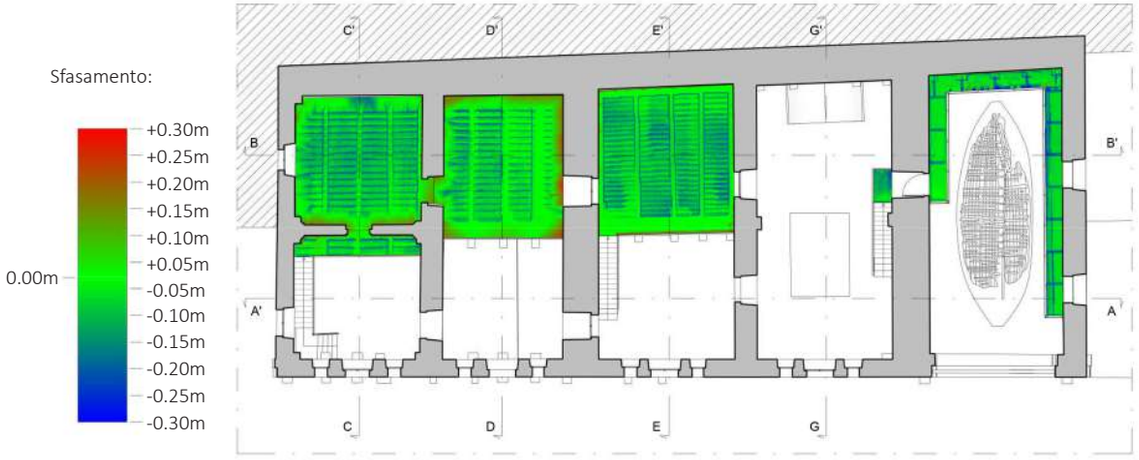


Assonometria museo

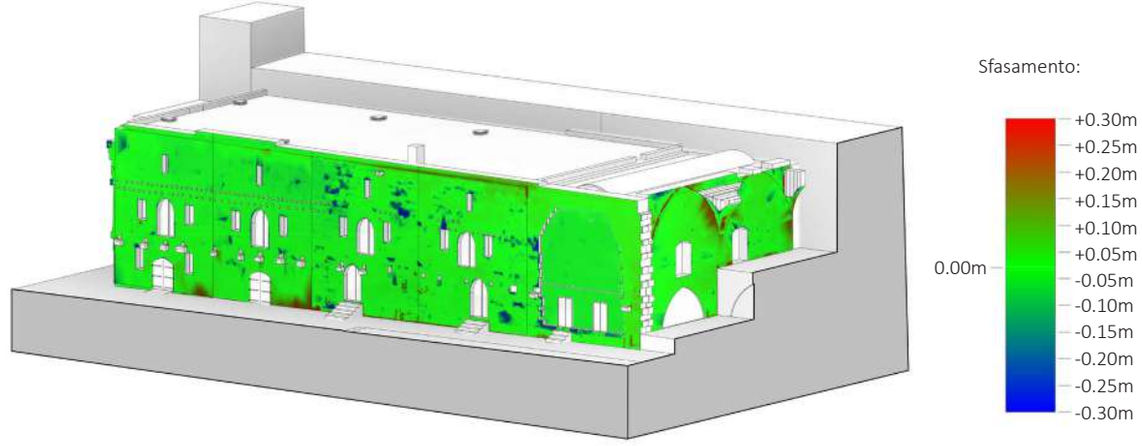


Liv. 1 Pianta piano primo (nuvola di punti)

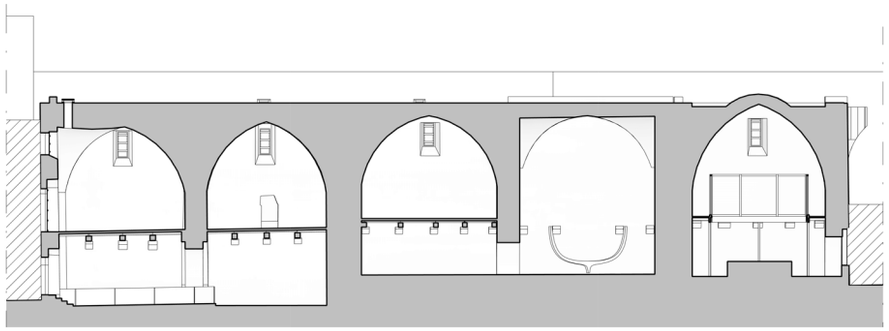
Assonometria museo (nuvola di punti)



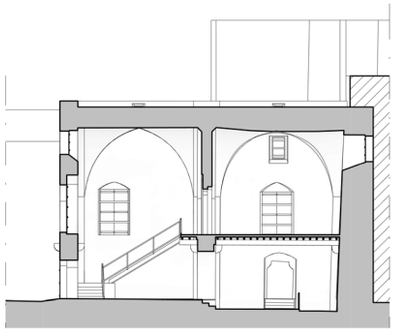
Liv. 1 Pianta piano primo (comparazione nuvola-modello)



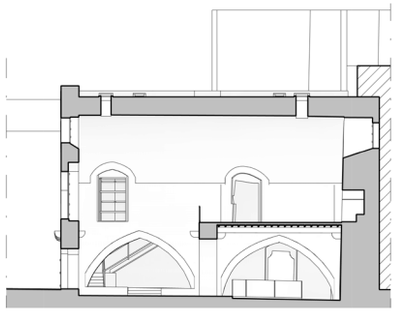
Assonometria museo (comparazione nuvola-modello)



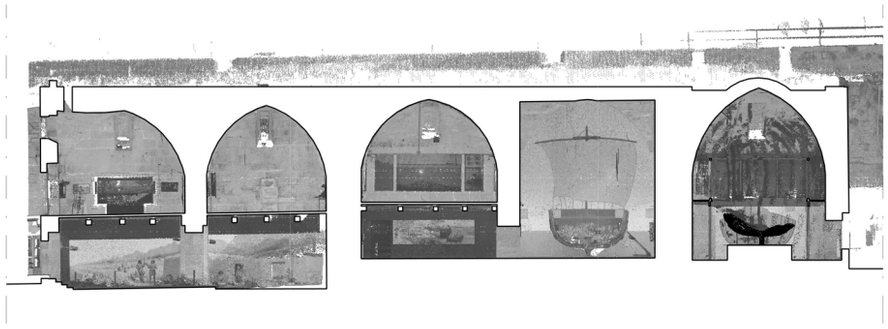
Sezione B-B’



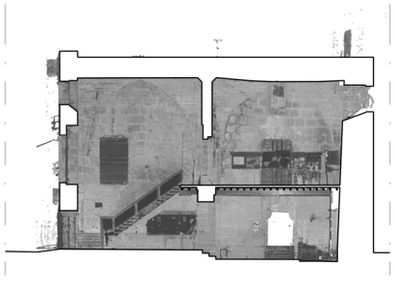
Sezione C-C’



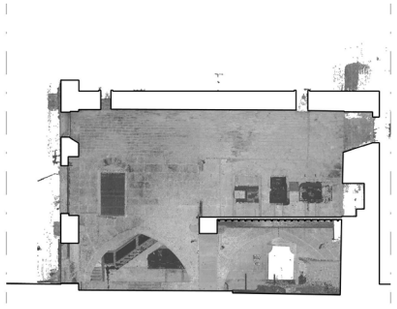
Sezione D-D’



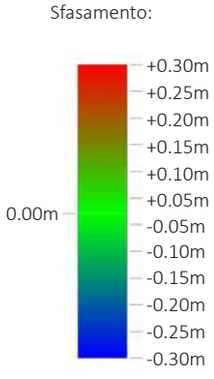
Sezione B-B’ (nuvola di punti)

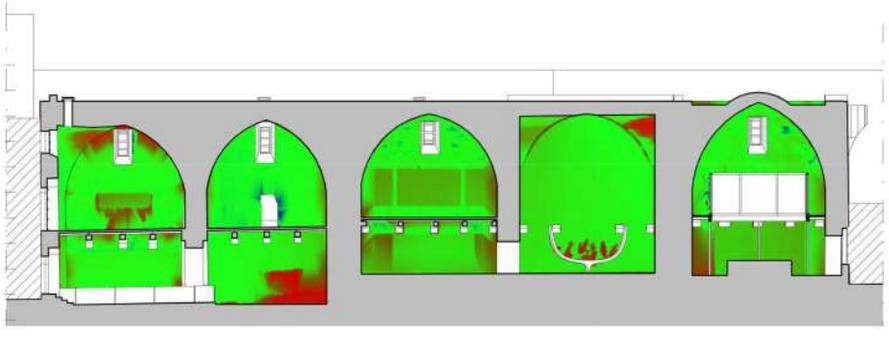


Sezione C-C’ (nuvola di punti)



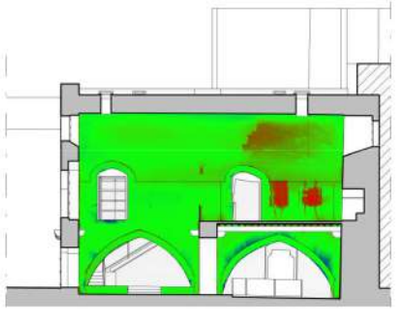
Sezione D-D’ (nuvola di punti)



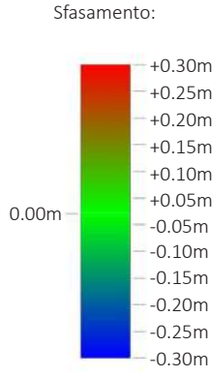


Sezione B-B’ (comparazione nuvola-modello)

Sezione C-C’ (comparazione nuvola-modello)



Sezione D-D’ (comparazione nuvola-modello)

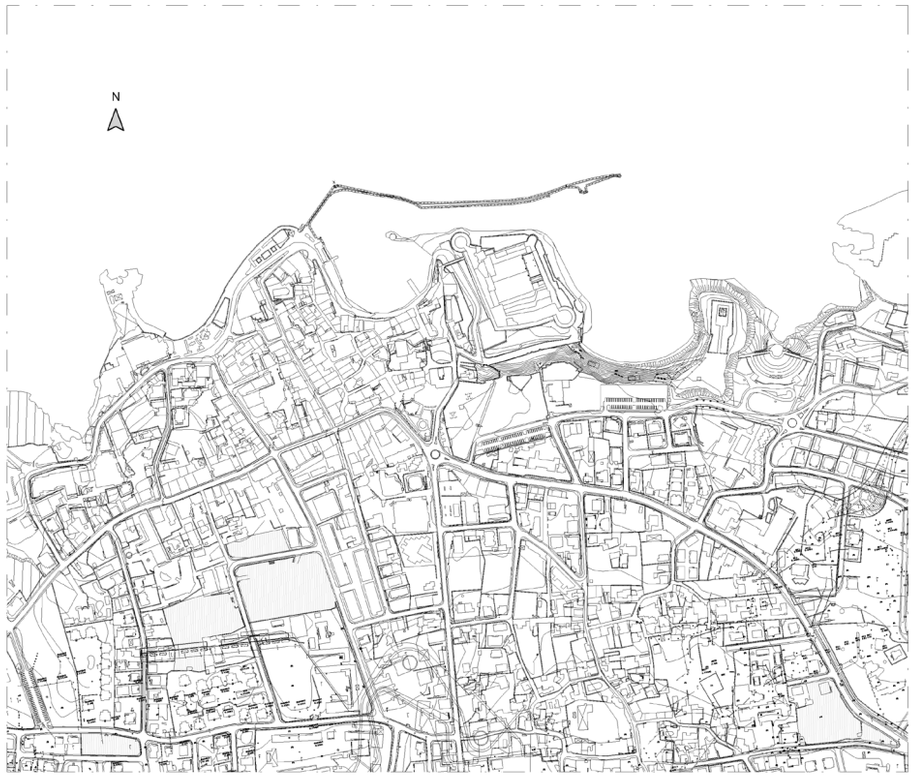


Elaborati dello stato fatto

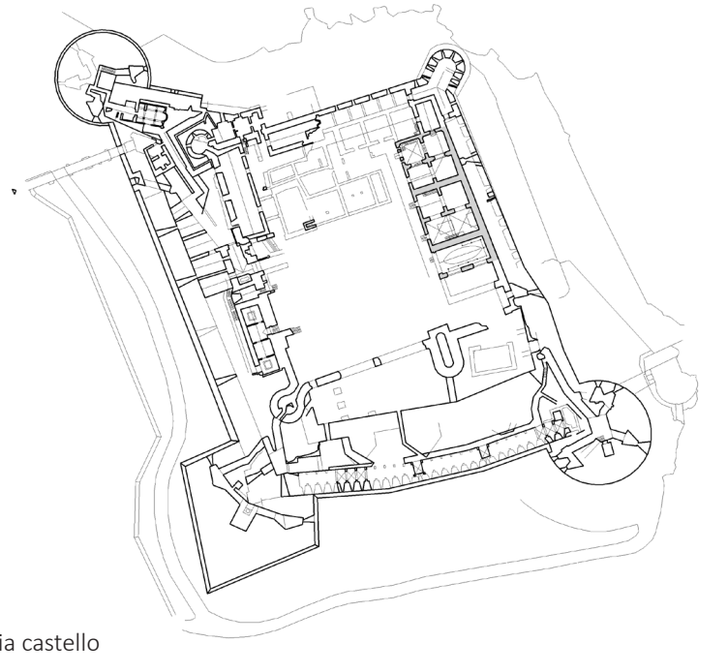
Prima e durante la campagna di rilievo, è stato necessario acquisire una profonda conoscenza dell'edificio, raggiungendo così un livello adeguato di accuratezza delle informazioni di partenza per l'implementazione del modello digitale. Revit ha consentito l'integrazione di informazioni geometriche e non, appartenenti a documenti esterni, all'interno del modello 3D, facendolo diventare così una scatola contenente tutte le informazioni relative al manufatto.
I dati che sono stati inseriti all'interno sono:

- documentazione catastale e disegni esistenti dell'edificio;
- rilievo geometrico dell'edificio;
- indagine tematica relativa alle condizioni di degrado di materiali e strutture;
- indagine sulle caratteristiche storiche dei componenti edilizi;
- dettagli delle tecniche di costruzione.

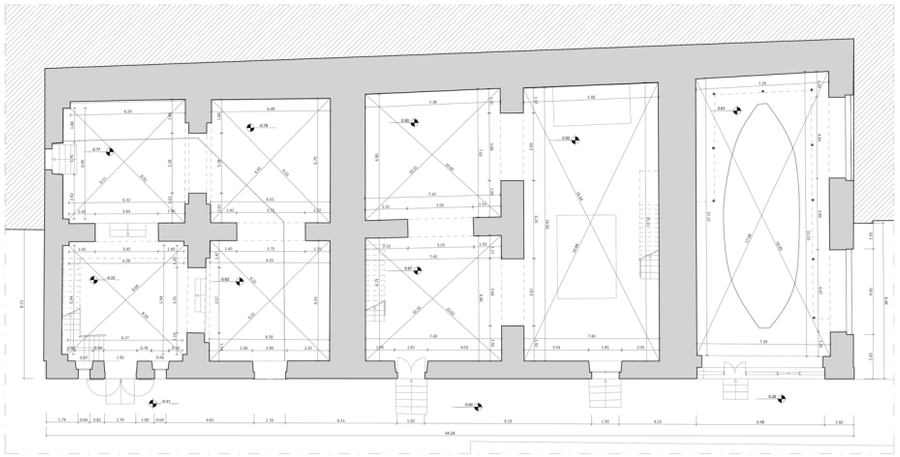
Qualsiasi tipo di file digitale esterno potrebbe essere associato al modello, collegato agli elementi (componenti o spazi). Questi, oltre ai dati già inseriti, potrebbero essere le specifiche di un singolo prodotto, i manuali di funzionamento e manutenzione, le registrazioni audio e video, i registri di ispezione o qualsiasi altro tipo di file digitale.
Il formato dei file esterni non è limitato dalle funzionalità del software BIM; i file collegati vengono aperti in applicazioni esterne appropriate.
Revit include anche librerie incorporate di oggetti standard che sono più adatti a progetti di nuova edificazione, perciò alcuni oggetti del manufatto non si trovano in queste librerie, ma è stato comunque possibile crearli grazie alle potenzialità del software, potendo riutilizzarli in futuro in progetti simili. Tuttavia sono state riscontrate difficoltà nella loro modellazione parametrica, perché a differenza delle nuove costruzioni, che di solito sono caratterizzate da uniformità e ripetizione, un reperto archeologico come questo, è costituito da elementi costruttivi personalizzati o unici.
Se mantenuto, questo modello di informazioni può essere uno strumento decisionale e gestionale di valore inestimabile per l'attività lungo tutto il suo ciclo di vita.



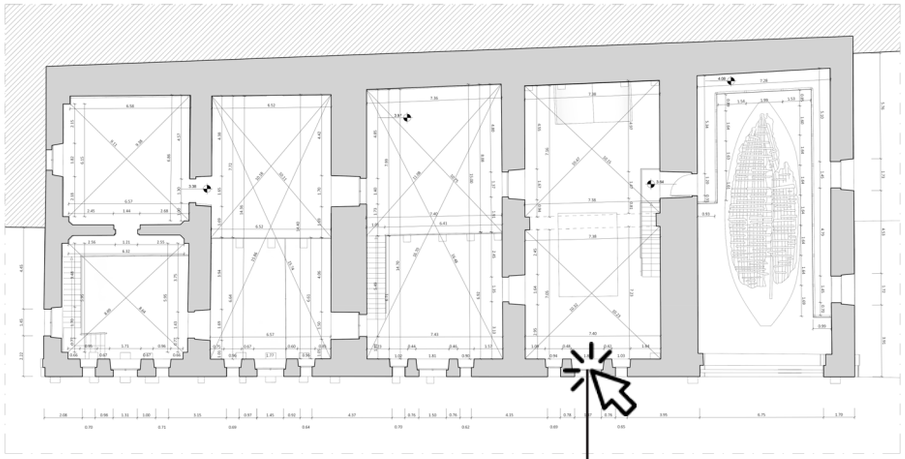
Planimetria generale



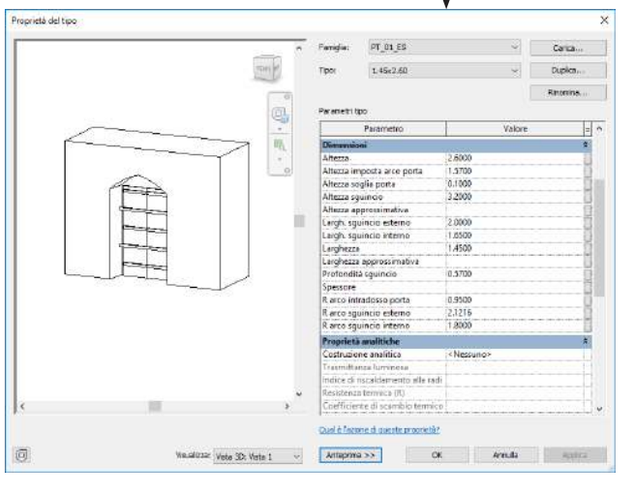
Planimetria castello

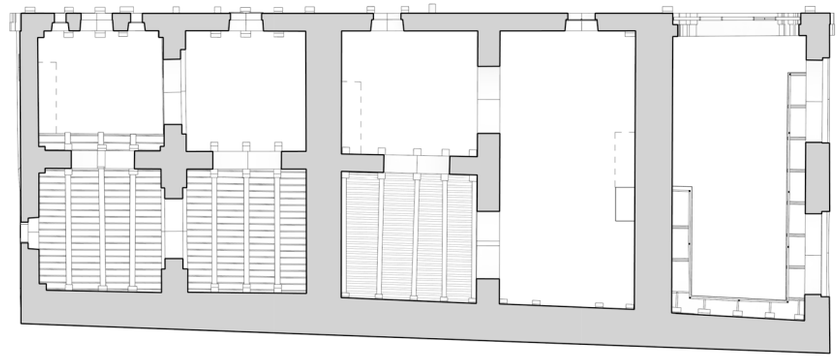


Piante dei pavimenti: Liv.1 Pianta piano terra (quotata)

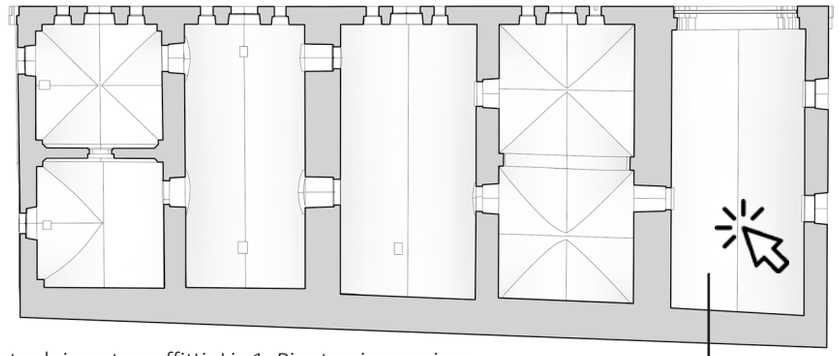


Piante dei pavimenti: Liv.1 Pianta piano primo (quotata)

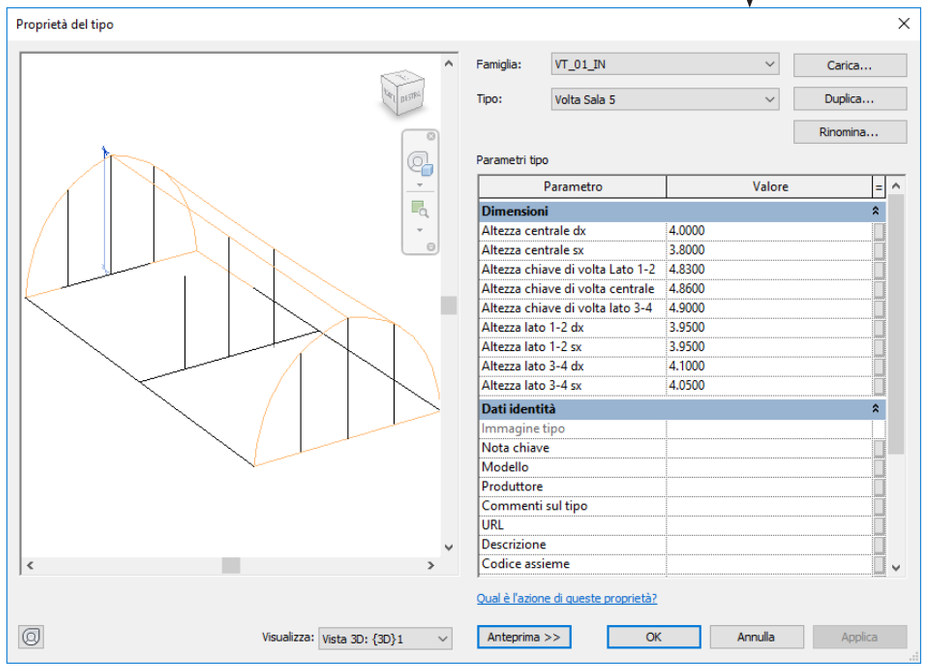


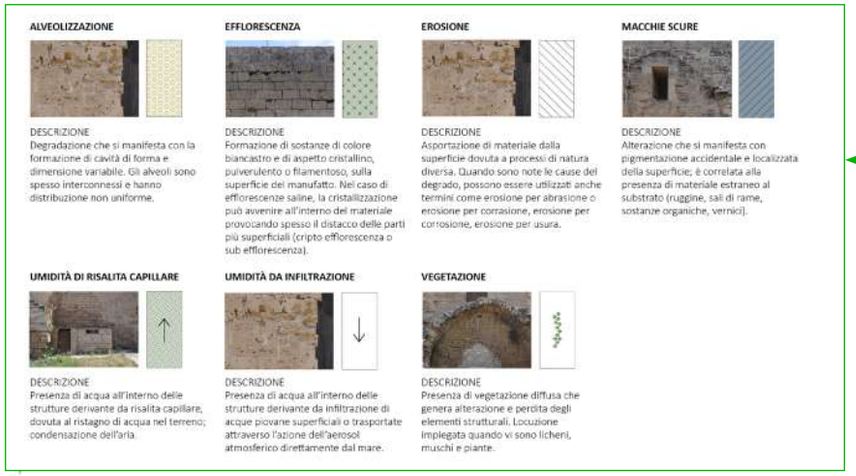


Piante dei controsoffitti: Liv.1 Pianta piano terra

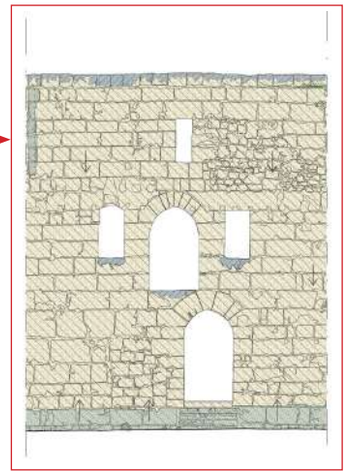


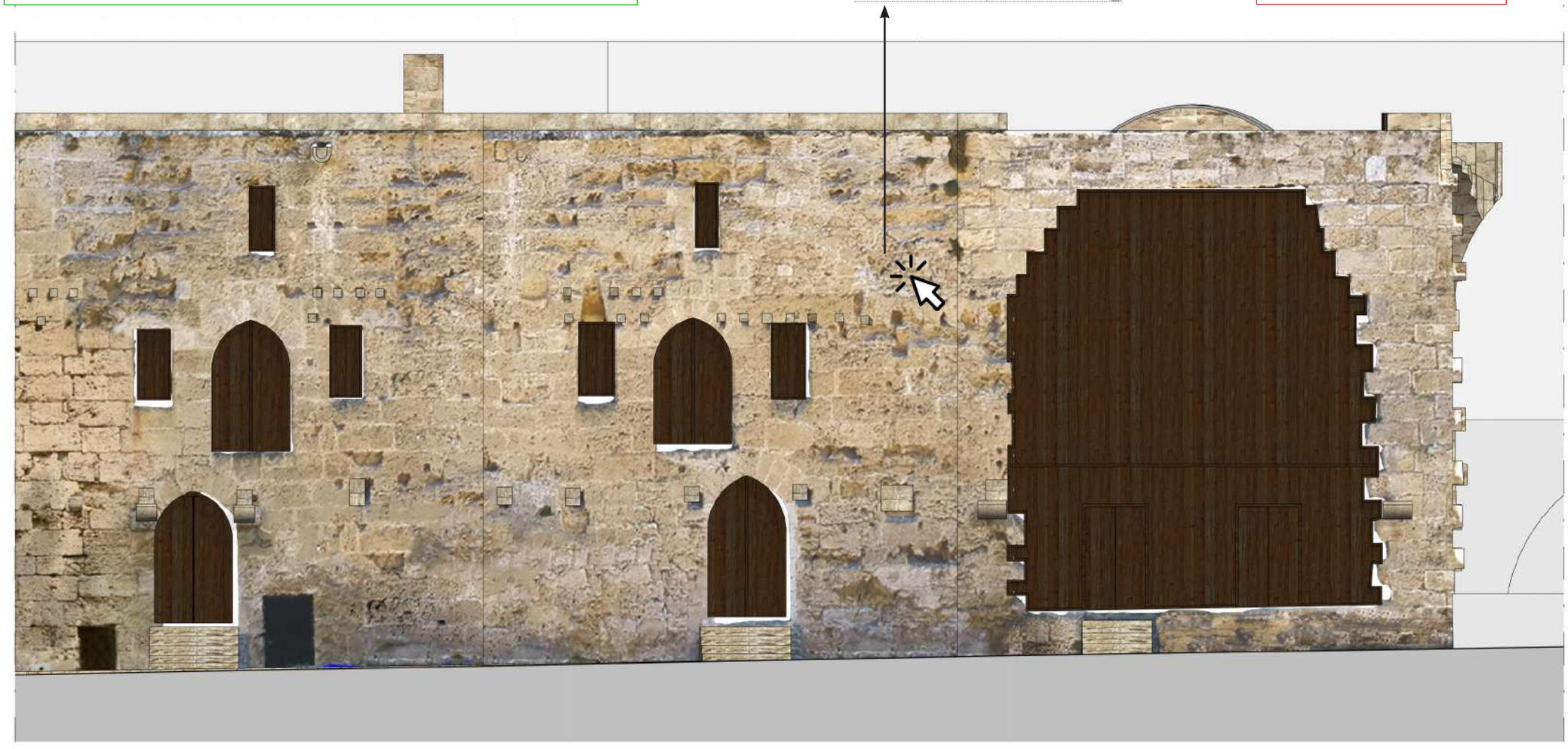
Piante dei controsoffitti: Liv.1 Pianta piano primo



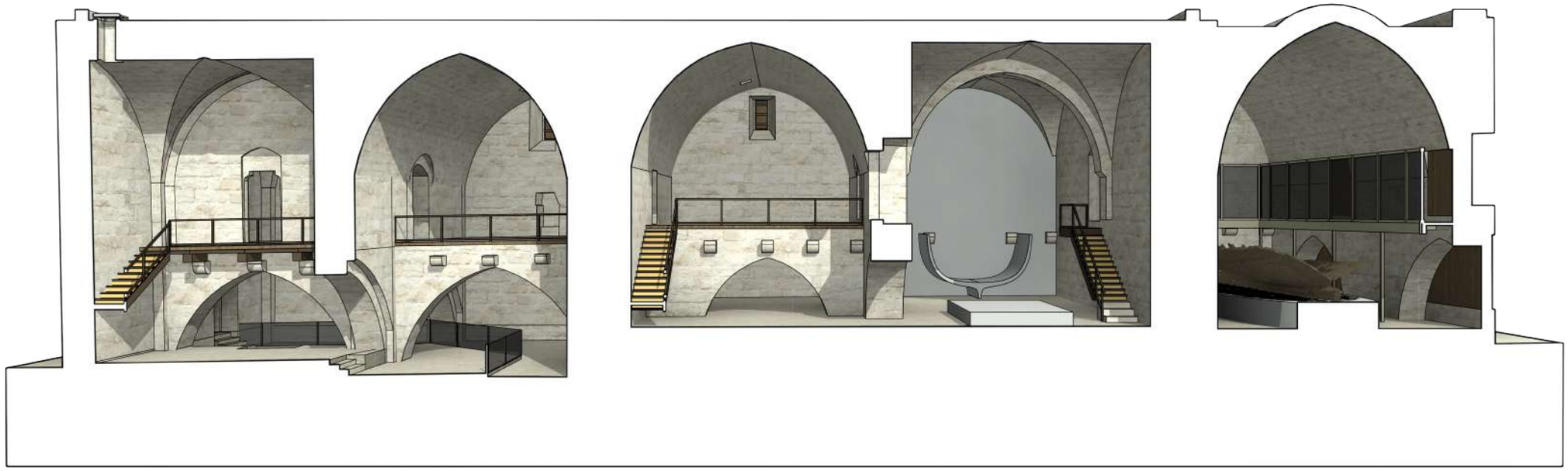


Fasi	
Fase di creazione	Stato di Fatto
Fase di demolizione	Nessuno
Risultati analisi	
Prossima ispezione	Non prevista
Ultima ispezione	settembre 2018
Immagine	D:\Università\5 anno...
Forme di degrado	D:\Università\5 anno...
Descrizione lavorazioni	D:\Università\5 anno...
Cause degrado	D:\Università\5 anno...
Dati	
Codice identificativo	M4
Denominazione	Muro perimetrale
Descrizione	Costituito da elementi ...
Posizione	Lato ovest esterno delle...
Fase storica	Periodo Lusignano (119...
Tecnica costruttiva	Muratura a tre teste con...
Materiale costitutivo	Pietra calcarea
Stato di conservazione	Scarso
Parti demolite	Ballatoio in legno ester...
Parti ricostruite	
Bibliografia	

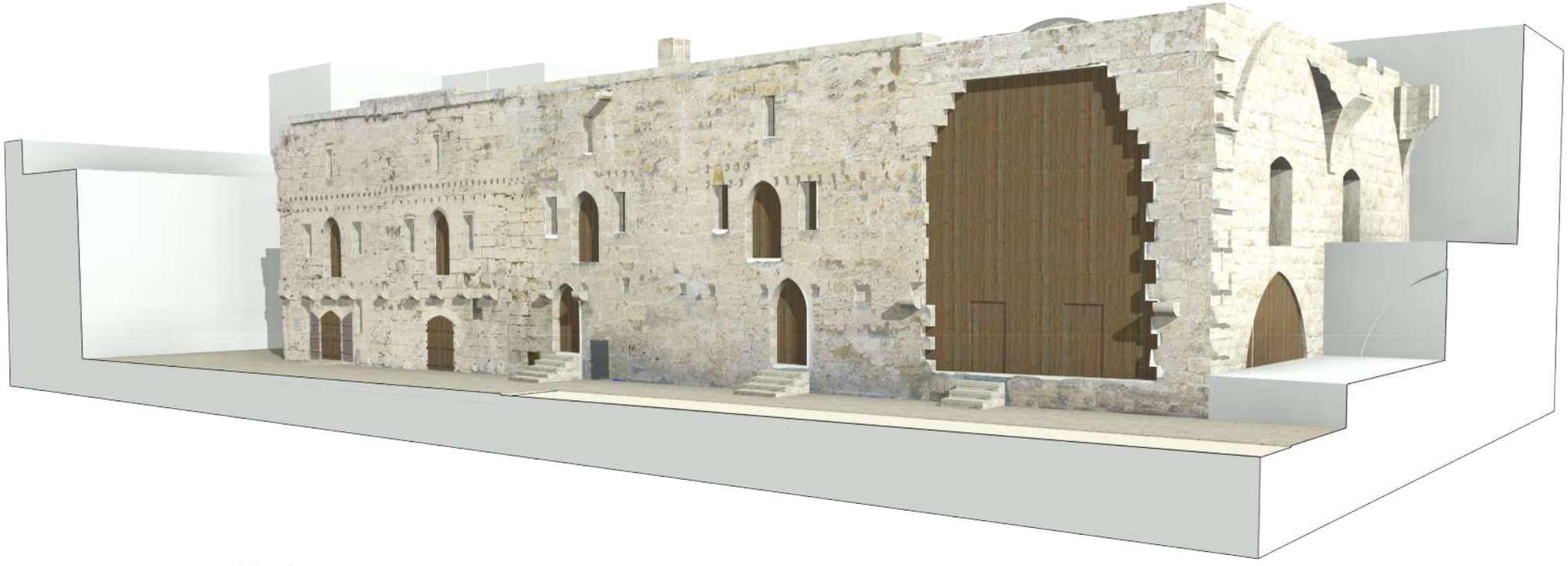




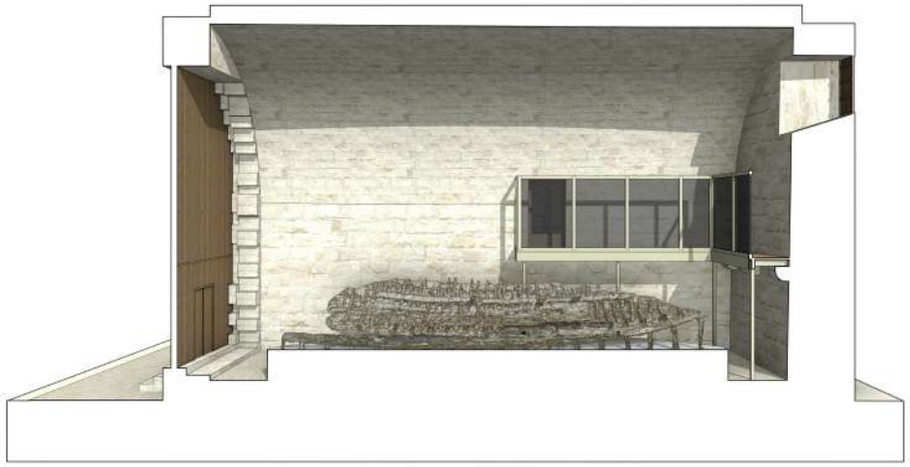
Prospetto Ovest (con fotopiano)



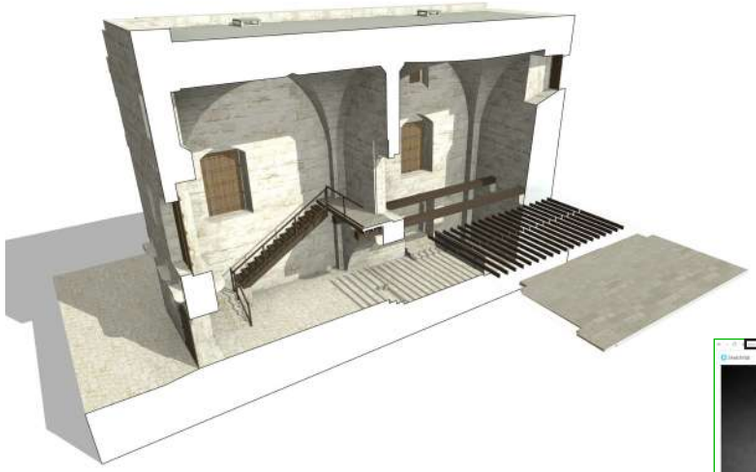
Viste 3D: Spaccato prospettico (stato di fatto)



Viste 3D: Vista esterna (stato di fatto)



Viste 3D: Spaccato prospettico sala della nave (stato di fatto)



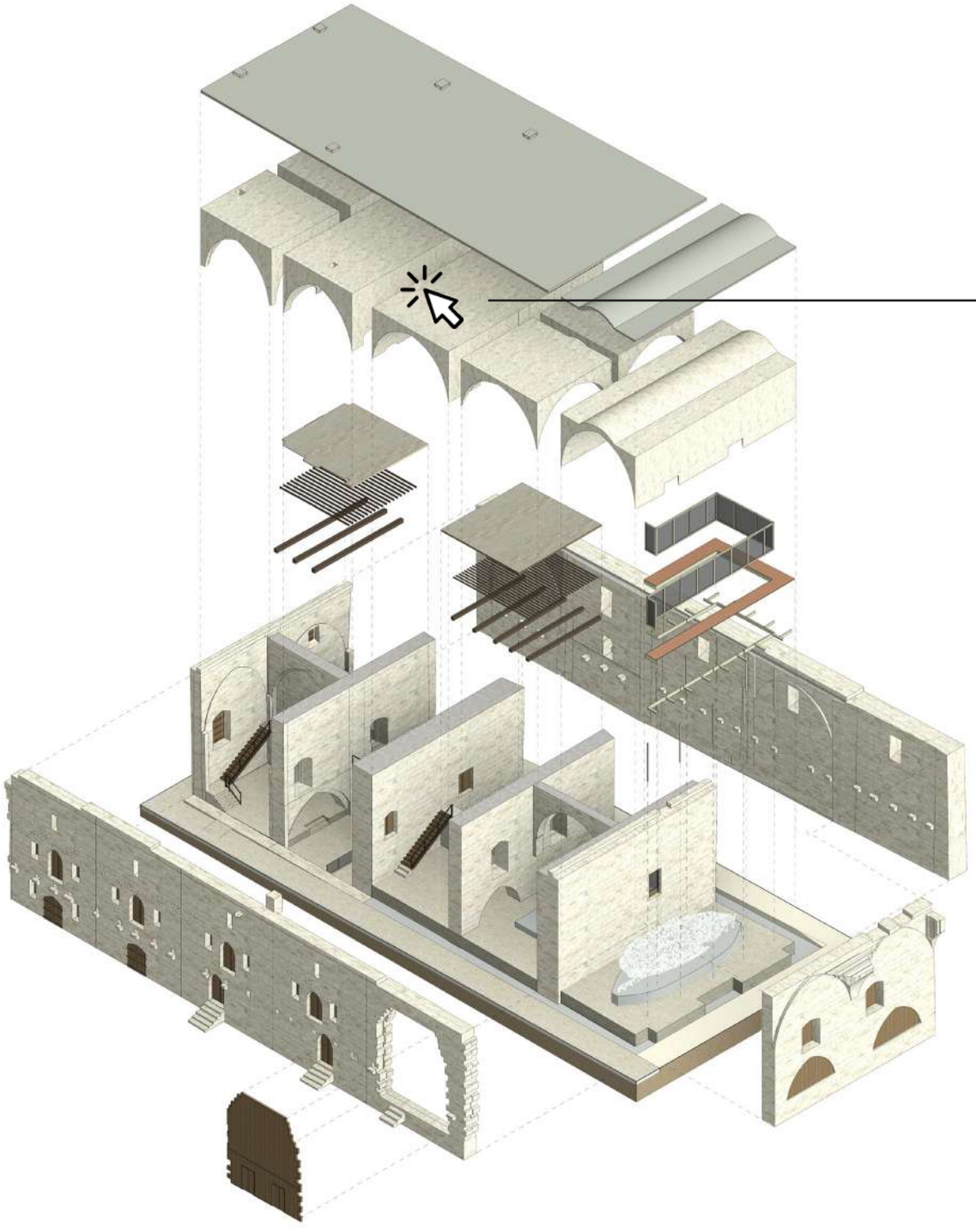
Viste 3D: Esploso prospettico Museo di Vrysi (stato di fatto)

Viste 3D: Spaccato prospettico Shipwreck Museum (stato di fatto)

Scan me

Dati identità	
Immagine	nave.jpg
Commenti	
Contrassegno	G3
Fasi	
Fase di creazione	Stato di Fatto
Fase di demolizione	Nessuno
Risultati analisi	
Prossima ispezione	Non prevista
Ultima ispezione	settembre 2018
Immagine	https://sketchfab.com...
Forme di degrado	
Descrizione lavorazioni	
Cause degrado	
Dati	
Codice identificativo	G3
Denominazione	Nave di Kyrenia
Descrizione	Questa è il più antico na...
Posizione	Stanza degli alloggi della...
Fase storica	IV-III sec. a C.
Materiale costitutivo	Pino d'aleppo
Stato di conservazione	Buono
Bibliografia	D:\Università\5 anno\...

1969 Katzev
1971 Owen
1981 Katzev
1985 Steffy
2008 Katzev

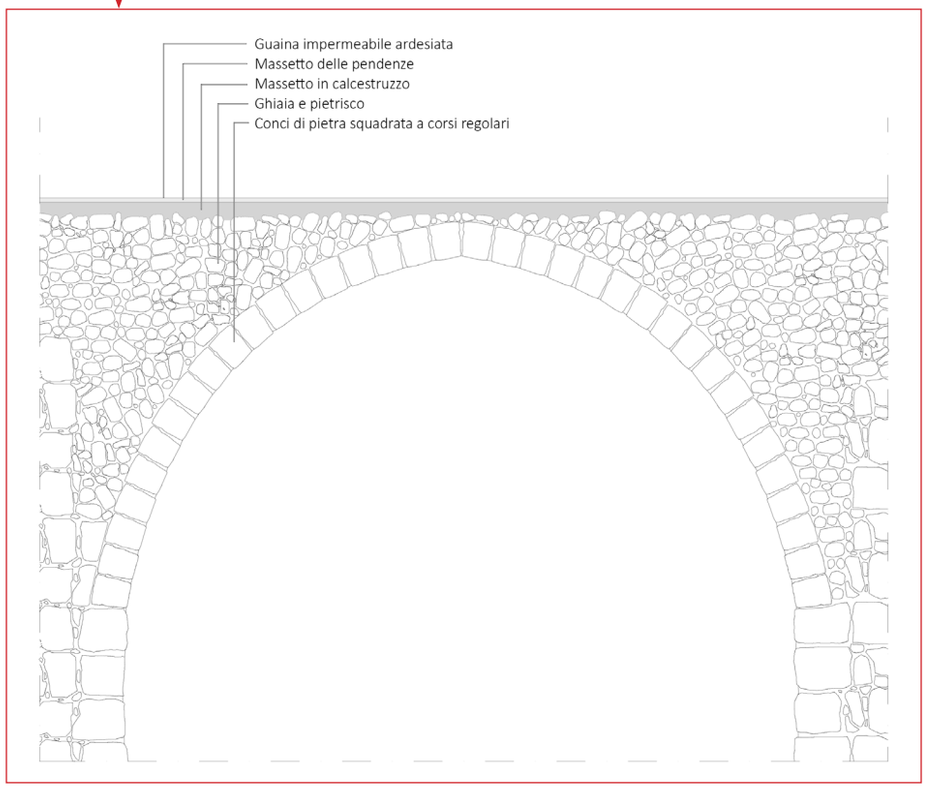


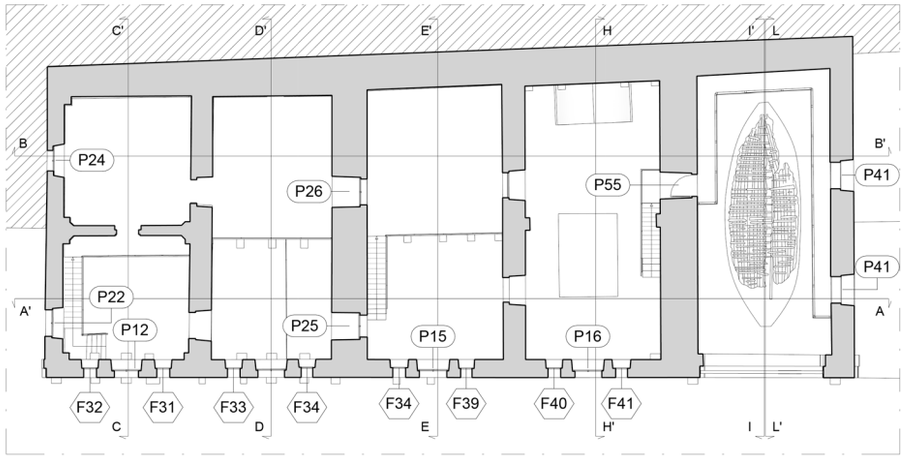
Viste 3D: Esploso assonometrico (stato di fatto)

Dati identità	
Immagine	Sezione Volta.tif
Commenti	
Contrassegno	Volta_04
Fasi	
Fase di creazione	Stato di Fatto
Fase di demolizione	Nessuno
Risultati analisi	
Prossima ispezione	Non prevista
Ultima ispezione	settembre 2018
Immagine	D:\Università\5 anno\...
Forme di degrado	D:\Università\5 anno\...
Descrizione lavorazioni	D:\Università\5 anno\...
Cause degrado	D:\Università\5 anno\...

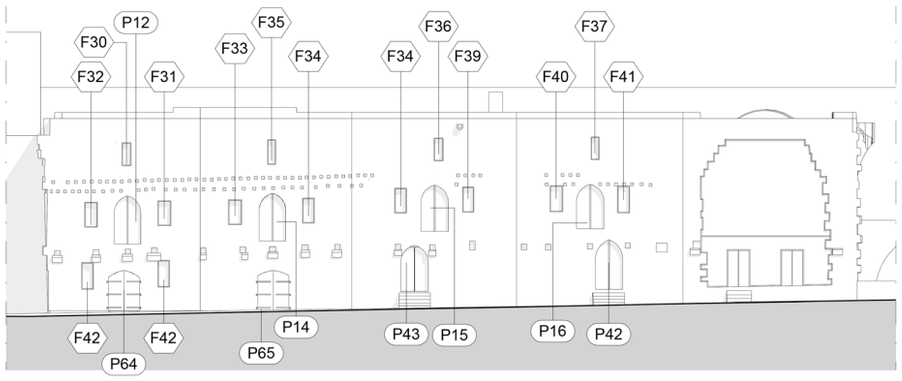
CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

Rimozione delle croste mediante impacchi di acqua deionizzata e carbonato di ammonio su suporto in polpa di cellulosa.

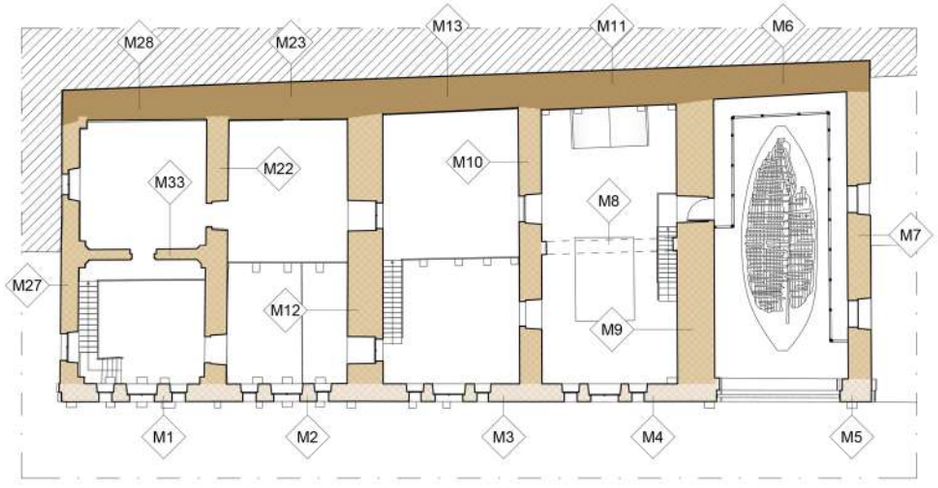




Piante dei pavimenti: Liv. 1 Pianta piano primo (abaco degli infissi)



Sezioni: Prospetto Ovest (abaco degli infissi)



Piante dei pavimenti: Liv. 1 Pianta piano primo (abaco dei muri)

Abaco delle finestre

Cod. Id.	Pianta	Sezione	Prospetto interno	Prospetto esterno	Denominazione	Descrizione	Posizione	Fase storica	Tecnica costruttiva	Materiale costitutivo
F30					Finestra rettangolare con sguincio	È sorretta su entrambi i lati da architravi. L'apertura è chiesa impedendo il ricambio d'aria e l'illuminazione.	Sul perimetro esterno del lato ovest delle antiche stanze domestiche al livello del piano d'imposta della volta interna	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	Architrave in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Materiale strutturale in pietra calcarea e chiusura con tavole di legno in pino d'aleppo
F31					Finestra rettangolare con sguincio	È sorretta su entrambi i lati da architravi. L'apertura è chiesa impedendo il ricambio d'aria e l'illuminazione.	Sul perimetro esterno del lato ovest delle antiche stanze domestiche al livello superiore	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	Architrave in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Materiale strutturale in pietra calcarea e chiusura con tavole di legno in pino d'aleppo
F32					Finestra rettangolare con sguincio	È sorretta su entrambi i lati da architravi. L'apertura è chiesa impedendo il ricambio d'aria e l'illuminazione.	Sul perimetro esterno del lato ovest delle antiche stanze domestiche al livello superiore	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	Architrave in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Materiale strutturale in pietra calcarea e chiusura con tavole di legno in pino d'aleppo
F33					Finestra rettangolare con sguincio	È sorretta su entrambi i lati da architravi. L'apertura è chiesa impedendo il ricambio d'aria e l'illuminazione.	Sul perimetro esterno del lato ovest delle antiche stanze domestiche al livello superiore	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	Architrave in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Materiale strutturale in pietra calcarea e chiusura con tavole di legno in pino d'aleppo
F34					Finestra rettangolare con sguincio	È sorretta su entrambi i lati da architravi. L'apertura è chiesa impedendo il ricambio d'aria e l'illuminazione.	Sul perimetro esterno del lato ovest delle antiche stanze domestiche al livello superiore	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	Architrave in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Materiale strutturale in pietra calcarea e chiusura con tavole di legno in pino d'aleppo
F35					Finestra rettangolare con sguincio	È sorretta su entrambi i lati da architravi. L'apertura è chiesa impedendo il ricambio d'aria e l'illuminazione.	Sul perimetro esterno del lato ovest delle antiche stanze domestiche al livello del piano d'imposta della volta interna	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	Architrave in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Materiale strutturale in pietra calcarea e chiusura con tavole di legno in pino d'aleppo
F36					Finestra rettangolare con sguincio	È sorretta su entrambi i lati da architravi. L'apertura è chiesa impedendo il ricambio d'aria e l'illuminazione.	Sul perimetro esterno del lato ovest delle antiche stanze domestiche al livello del piano d'imposta della volta interna	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	Architrave in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Materiale strutturale in pietra calcarea e chiusura con tavole di legno in pino d'aleppo
F37					Finestra rettangolare con sguincio	È sorretta su entrambi i lati da architravi. L'apertura è chiesa impedendo il ricambio d'aria e l'illuminazione.	Sul perimetro esterno del lato ovest delle antiche stanze domestiche al livello del piano d'imposta della volta interna	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	Architrave in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Materiale strutturale in pietra calcarea e chiusura con tavole di legno in pino d'aleppo
F38					Finestra rettangolare con sguincio	È sorretta su entrambi i lati da architravi. L'apertura è chiesa impedendo il ricambio d'aria e l'illuminazione.	Interna alle antiche stanze domenstiche al livello del piano d'imposta della volta	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	Architrave in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Materiale strutturale in pietra calcarea e chiusura con tavole di legno in pino d'aleppo
F39					Finestra rettangolare con sguincio	È sorretta su entrambi i lati da architravi. L'apertura è chiesa impedendo il ricambio d'aria e l'illuminazione.	Sul perimetro esterno del lato ovest delle antiche stanze domestiche al livello superiore	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	Architrave in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Materiale strutturale in pietra calcarea e chiusura con tavole di legno in pino d'aleppo
F40					Finestra rettangolare con sguincio	È sorretta su entrambi i lati da architravi. L'apertura è chiesa impedendo il ricambio d'aria e l'illuminazione.	Sul perimetro esterno del lato ovest delle antiche stanze domestiche al livello superiore	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	Architrave in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Materiale strutturale in pietra calcarea e chiusura con tavole di legno in pino d'aleppo
F41					Finestra rettangolare con sguincio	È sorretta su entrambi i lati da architravi. L'apertura è chiesa impedendo il ricambio d'aria e l'illuminazione.	Sul perimetro esterno del lato ovest delle antiche stanze domestiche al livello superiore	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	Architrave in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Materiale strutturale in pietra calcarea e chiusura con tavole di legno in pino d'aleppo
F42					Finestra rettangolare con sguincio	È sorretta su entrambi i lati da architravi. L'apertura è chiesa impedendo il ricambio d'aria e l'illuminazione.	Sul perimetro esterno del lato ovest delle antiche stanze domestiche al livello inferiore	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	Architrave in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Materiale strutturale in pietra calcarea e chiusura con tavole di legno in pino d'aleppo
F43					Finestra rettangolare con sguincio	È sorretta su entrambi i lati da architravi. L'apertura è chiesa impedendo il ricambio d'aria e l'illuminazione.	Interna, tra la cinta muraria orientale e le antiche stanze domestiche sopra il piano d'imposta della volta	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	Architrave in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Materiale strutturale in pietra calcarea e chiusura con tavole di legno in pino d'aleppo
F44					Finestra rettangolare con sguincio	È sorretta su entrambi i lati da architravi. L'apertura è chiesa impedendo il ricambio d'aria e l'illuminazione.	Interna, tra la cinta muraria orientale e le antiche stanze domestiche sopra il piano d'imposta della volta	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	Architrave in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Materiale strutturale in pietra calcarea e chiusura con tavole di legno in pino d'aleppo
F45					Finestra rettangolare con sguincio	È sorretta su entrambi i lati da architravi. L'apertura è chiesa impedendo il ricambio d'aria e l'illuminazione.	Interna, tra la cinta muraria orientale e le antiche stanze domestiche sopra il piano d'imposta della volta	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	Architrave in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Materiale strutturale in pietra calcarea e chiusura con tavole di legno in pino d'aleppo
F46					Finestra rettangolare con sguincio	È sorretta su entrambi i lati da architravi. L'apertura è chiesa impedendo il ricambio d'aria e l'illuminazione.	Interna, tra la cinta muraria orientale e le antiche stanze domestiche sopra il piano d'imposta della volta	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	Architrave in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Materiale strutturale in pietra calcarea e chiusura con tavole di legno in pino d'aleppo

Abaco dei muri

Cod. Id.	Area	Volume	Denominazione	Descrizione	Fase storica	Posizione	Materiale costitutivo	Tecnica costruttiva
M1	73.37 m^2	74.43 m^3	Muro perimetrale	Costituito da elementi omogenei in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	Lato ovest esterno delle antiche camere domestiche	Pietra calcarea	Muratura a tre teste con conci di pietra squadrata a corsi regolari posati orizzontalmente. Il muro è costituito da pietre uniformi (scapoli) più o meno grossi connessi da uno strato sottile di malta
M2	59.96 m^2	75.99 m^3	Muro perimetrale	Costituito da elementi omogenei in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	Lato ovest esterno delle antiche camere domestiche	Pietra calcarea	Muratura a tre teste con conci di pietra squadrata a corsi regolari posati orizzontalmente. Il muro è costituito da pietre uniformi (scapoli) più o meno grossi connessi da uno strato sottile di malta
M3	24.60 m^2	82.54 m^3	Muro perimetrale	Costituito da elementi omogenei in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	Lato ovest esterno delle antiche camere domestiche	Pietra calcarea	Muratura a tre teste con conci di pietra squadrata a corsi regolari posati orizzontalmente. Il muro è costituito da pietre uniformi (scapoli) più o meno grossi connessi da uno strato sottile di malta
M4	24.47 m^2	82.67 m^3	Muro perimetrale	Costituito da elementi omogenei in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	Lato ovest esterno delle antiche camere domestiche	Pietra calcarea	Muratura a tre teste con conci di pietra squadrata a corsi regolari posati orizzontalmente. Il muro è costituito da pietre uniformi (scapoli) più o meno grossi connessi da uno strato sottile di malta
M5	26.31 m^2	57.33 m^3	Muro perimetrale	Costituito da elementi omogenei in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	Lato ovest esterno delle antiche camere domestiche	Pietra calcarea	Muratura a tre teste con conci di pietra squadrata a corsi regolari posati orizzontalmente. Il muro è costituito da pietre uniformi (scapoli) più o meno grossi connessi da uno strato sottile di malta
M6	76.02 m^2	170.70 m^3	Muro portante	Costituito da elementi omogenei in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	Tra le antiche camere domestiche e la cinta muraria orientale	Pietra calcarea	Muratura a sacco con conci di pietra squadrata a corsi regolari posati orizzontalmente. Cavità centrale riempita di calcestruzzo e pietrisco
M7	103.42 m^2	168.12 m^3	Muro di spina	Costituito da elementi omogenei in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	Lato sud esterno delle antiche camere domestiche	Pietra calcarea	Muratura a tre teste con conci di pietra squadrata a corsi regolari posati orizzontalmente. Il muro è costituito da pietre uniformi (scapoli) più o meno grossi connessi da uno strato sottile di malta
M8	21.89 m^2	10.90 m^3	Arco portante a sesto acuto	Costituito da elementi omogenei in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	All'interno delle antiche camere domestiche	Pietra calcarea	Arco con conci di pietra a una testa connessi da uno strato sottile di malta
M9	198.74 m^2	318.15 m^3	Muro di spina	Costituito da elementi omogenei in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	All'interno delle antiche camere domestiche	Pietra calcarea	Muratura a tre teste con conci di pietra squadrata a corsi regolari posati orizzontalmente. Il muro è costituito da pietre uniformi (scapoli) più o meno grossi connessi da uno strato sottile di malta
M10	68.71 m^2	146.13 m^3	Muro di spina	Costituito da elementi omogenei in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	All'interno delle antiche camere domestiche	Pietra calcarea	Muratura a tre teste con conci di pietra squadrata a corsi regolari posati orizzontalmente. Il muro è costituito da pietre uniformi (scapoli) più o meno grossi connessi da uno strato sottile di malta
M11	43.72 m^2	187.42 m^3	Muro portante	Costituito da elementi omogenei in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	Tra le antiche camere domestiche e la cinta muraria orientale	Pietra calcarea	Muratura a sacco con conci di pietra squadrata a corsi regolari posati orizzontalmente. Cavità centrale riempita di calcestruzzo e pietrisco
M12	77.69 m^2	274.64 m^3	Muro di spina	Costituito da elementi omogenei in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	All'interno delle antiche camere domestiche	Pietra calcarea	Muratura a tre teste con conci di pietra squadrata a corsi regolari posati orizzontalmente. Il muro è costituito da pietre uniformi (scapoli) più o meno grossi connessi da uno strato sottile di malta
M13	60.66 m^2	176.15 m^3	Muro portante	Costituito da elementi omogenei in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	Tra le antiche camere domestiche e la cinta muraria orientale	Pietra calcarea	Muratura a sacco con conci di pietra squadrata a corsi regolari posati orizzontalmente. Cavità centrale riempita di calcestruzzo e pietrisco
M14	8.15 m^2	19.26 m^3	Muro di spina	Costituito da elementi omogenei in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	anni '70	All'interno delle antiche camere domestiche	Pietra calcarea	Muratura a tre teste con conci di pietra squadrata a corsi regolari posati orizzontalmente. Il muro è costituito da pietre uniformi (scapoli) più o meno grossi connessi da uno strato sottile di malta
M15	21.97 m^2	11.52 m^3	Muro di spina	Costituito da elementi omogenei in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	All'interno delle antiche camere domestiche	Pietra calcarea	Muratura a tre teste con conci di pietra squadrata a corsi regolari posati orizzontalmente. Il muro è costituito da pietre uniformi (scapoli) più o meno grossi connessi da uno strato sottile di malta
M17	10.44 m^2	11.82 m^3	Muro di spina	Costituito da elementi omogenei in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	anni '70	All'interno delle antiche camere domestiche	Pietra calcarea	Muratura a tre teste con conci di pietra squadrata a corsi regolari posati orizzontalmente. Il muro è costituito da pietre uniformi (scapoli) più o meno grossi connessi da uno strato sottile di malta
M20	21.24 m^2	14.77 m^3	Muro di spina	Costituito da elementi omogenei in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	All'interno delle antiche camere domestiche	Pietra calcarea	Muratura a tre teste con conci di pietra squadrata a corsi regolari posati orizzontalmente. Il muro è costituito da pietre uniformi (scapoli) più o meno grossi connessi da uno strato sottile di malta
M22	123.78 m^2	108.50 m^3	Muro di spina	Costituito da elementi omogenei in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	All'interno delle antiche camere domestiche	Pietra calcarea	Muratura a tre teste con conci di pietra squadrata a corsi regolari posati orizzontalmente. Il muro è costituito da pietre uniformi (scapoli) più o meno grossi connessi da uno strato sottile di malta
M23	62.15 m^2	167.61 m^3	Muro portante	Costituito da elementi omogenei in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	Tra le antiche camere domestiche e la cinta muraria orientale	Pietra calcarea	Muratura a sacco con conci di pietra squadrata a corsi regolari posati orizzontalmente. Cavità centrale riempita di calcestruzzo e pietrisco
M27	156.46 m^2	132.29 m^3	Muro di spina	Costituito da elementi omogenei in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	Lato nord esterno delle antiche camere domestiche	Pietra calcarea	Muratura a tre teste con conci di pietra squadrata a corsi regolari posati orizzontalmente. Il muro è costituito da pietre uniformi (scapoli) più o meno grossi connessi da uno strato sottile di malta
M28	61.62 m^2	153.16 m^3	Muro portante	Costituito da elementi omogenei in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	Tra le antiche camere domestiche e la cinta muraria orientale	Pietra calcarea	Muratura a sacco con conci di pietra squadrata a corsi regolari posati orizzontalmente. Cavità centrale riempita di calcestruzzo e pietrisco
M32	13.82 m^2	15.26 m^3	Muro di spina	Costituito da elementi omogenei in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	All'interno delle antiche camere domestiche	Pietra calcarea	Muratura a tre teste con conci di pietra squadrata a corsi regolari posati orizzontalmente. Il muro è costituito da pietre uniformi (scapoli) più o meno grossi connessi da uno strato sottile di malta
M33	18.67 m^2	32.08 m^3	Muro di spina	Costituito da elementi omogenei in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura	Periodo Lusignano (1192-1489 d.C.)	All'interno delle antiche camere domestiche	Pietra calcarea	Muratura a tre teste con conci di pietra squadrata a corsi regolari posati orizzontalmente. Il muro è costituito da pietre uniformi (scapoli) più o meno grossi connessi da uno strato sottile di malta
Totale	1357.90 m^2	2491.44 m^3						

Elaborati della proposta d'intervento

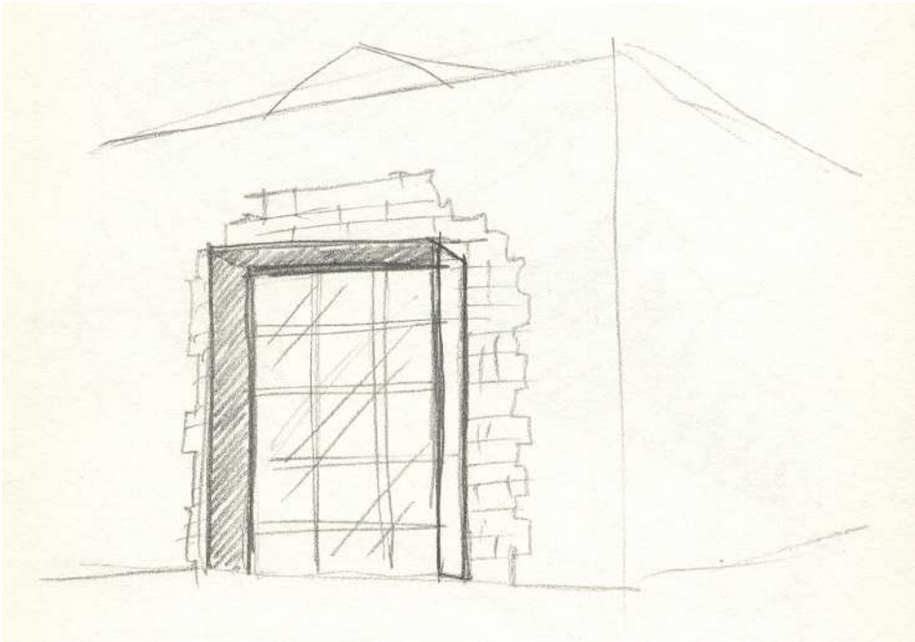
Durante la riorganizzazione delle sale che ospitano il Shipwreck Museum, è emerso che attualmente è presente un unico punto di accesso e di uscita dei visitatori. Vi è inoltre, una mancanza di progettazione unitaria degli allestimenti e una disomogeneità delle finiture, ciò non valorizza adeguatamente il manufatto.
All'interno delle sale, è stato pianificato un nuovo percorso cercando di valorizzare il manufatto preesistente ponendolo in contrasto con i nuovi interventi, progettando nuove scale, balaustre e ballatoi. All'interno sono stati utilizzati questi due materiali: l'acciaio, che rappresenta la leggerezza in contrasto con la pietra massiccia della muratura, e la trasparenza del vetro, che mantiene una visibilità più pulita degli oggetti esposti. All'esterno del museo si è proceduto con gli stessi elementi, ma questa volta utilizzando una griglia in corten al posto del vetro essendo un materiale più idoneo ad un utilizzo esterno, mantenendo comunque la trasparenza.
Attualmente, entrando nella sala dedicata alla Nave di Kyrenia, i resti della barca emergono al centro dello spazio e i visitatori percorrono un ballatoio che gira attorno ad essa. Questo percorso a forma di U consente una rotazione di 180° attorno al relitto. Al momento, per i visitatori, l'attenzione si concentra solo su di essa, distogliendo l'attenzione da graffiti raffiguranti navi di epoche passate; la superficie del muro, nella maggior parte dei casi, viene completamente ignorata. L'illuminazione attuale delle pareti non è troppo omogenea e appiattisce le tracce nell'intonaco, mentre la superficie maculata, e per lo più marrone, rende i graffiti difficili da notare.
Qui sotto sono elencate le criticità individuate e le corrispondenti soluzioni applicate:

Problematiche principali

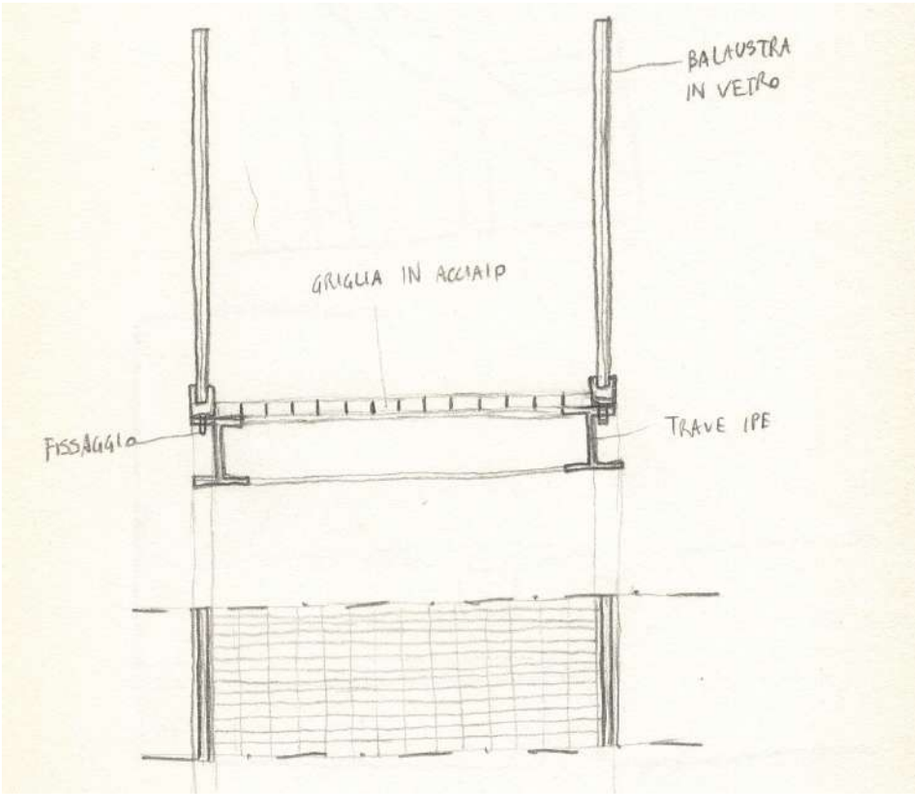
1. Mancanza di una corretta illuminazione sul muro dove sono presenti i graffiti. Attualmente l'attenzione si concentra solo sulla nave;
2. Pavimento non stabile montato con materiali scadenti e con il rischio di crollare sul relitto esposto all'interno della sala;
3. Spazi stretti e scomodi per il visitatore che il più delle volte deve attendere il passaggio di altre persone sul ballatoio;
4. Pannelli di protezione in vetro sul ballatoio troppo alti che rendono difficile la visibilità della nave;
5. Mancanza di un pannello con le informazioni sui graffiti.
6. Presenza di una lacuna sul muro perimentrale, che si affaccia sulla corte centrale, dovuta a un precedente crollo e seguita da un intervento di restauro inadeguato.
7. Presenza di pavimentazione visivamente non adatta al contesto;
8. Presenza di croste nere che alterano il materiale lapideo delle superici murarie.

Soluzioni

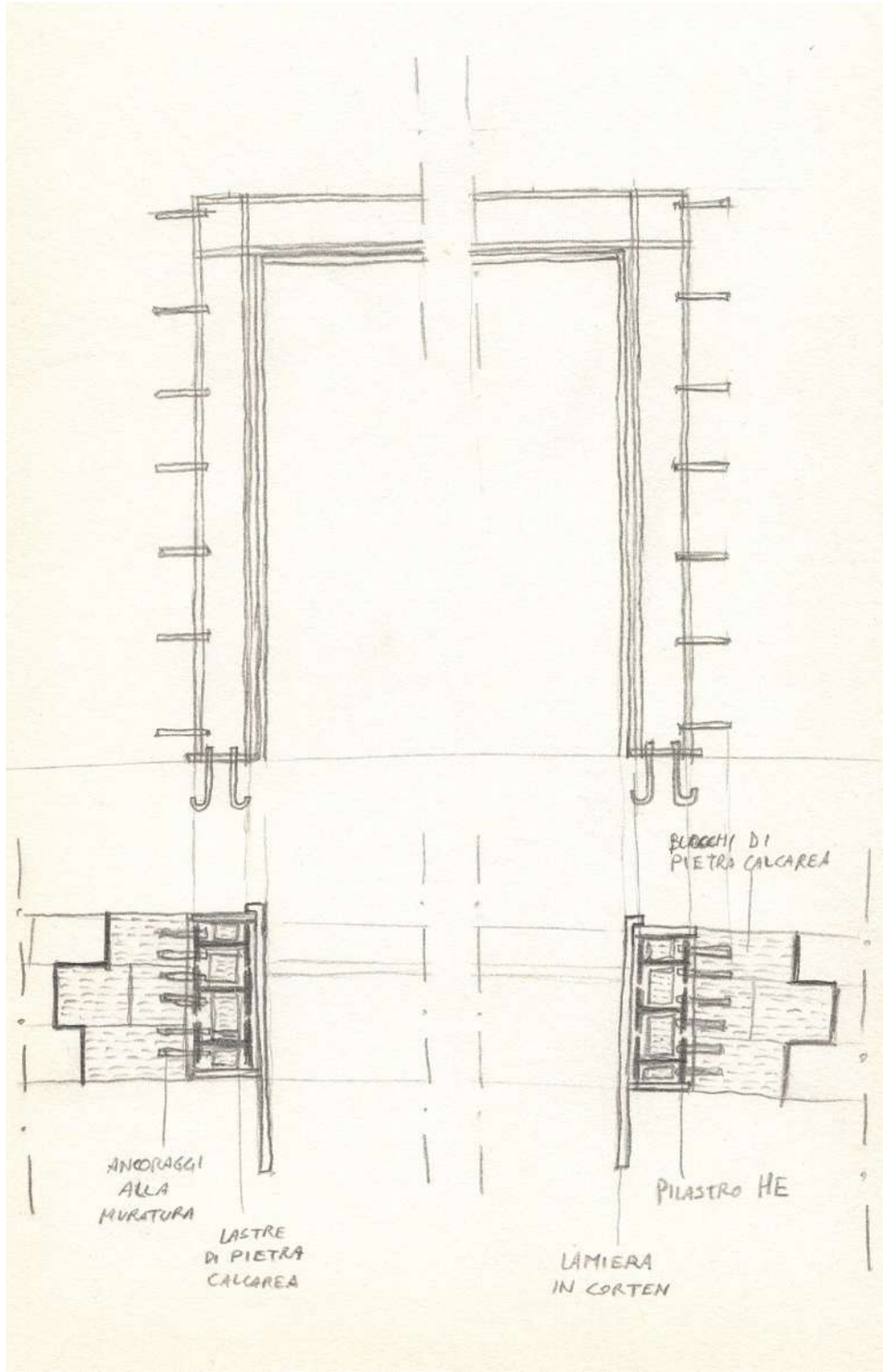
1. Progettazione di un sistema d'illuminazione adeguato sui graffiti e sul relitto. Presenza d'illuminazione suggestiva al visitatore, che simula l'effetto "underwater";
2. Demolizione del ballatoio esistente e realizzazione di un ballatotio in acciaio per rendere più solida la passeggiata;
3. Realizzazione di un ballatoio più largo che rende più facile il passaggio dei visitatori;
4. Montaggio di un parapetto in vetro alto 1 m sul ballatoio rendendo migliore la visibilità della nave;
5. Inserimento di un pannello con le informazioni sui graffiti;
6. Reintegrazione della lacuna con nuovi blocchi e lastre di pietra calcarea, con una maglia diversa rispetto alla muratura esistente;
7. Demolizione del pavimento esistente, dove si appoggia la base che sostiene la nave, e realizzazione di un pavimento in calcestruzzo lucidato;
8. Restauro delle superfici.



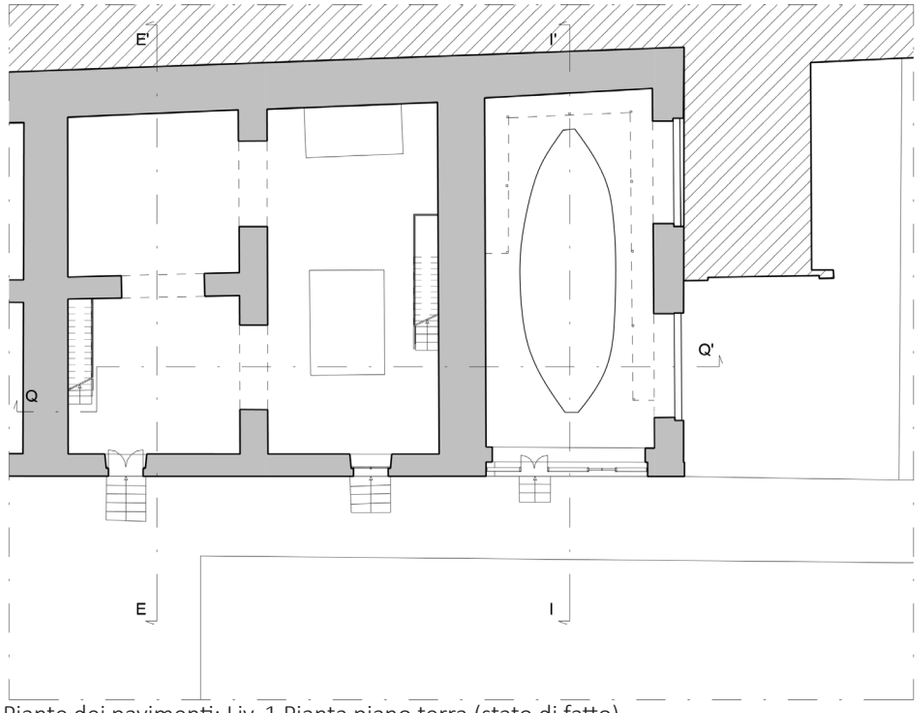
> Progettazione e reintegrazione della lacuna presente sul prospetto principale del Shipwreck Museum



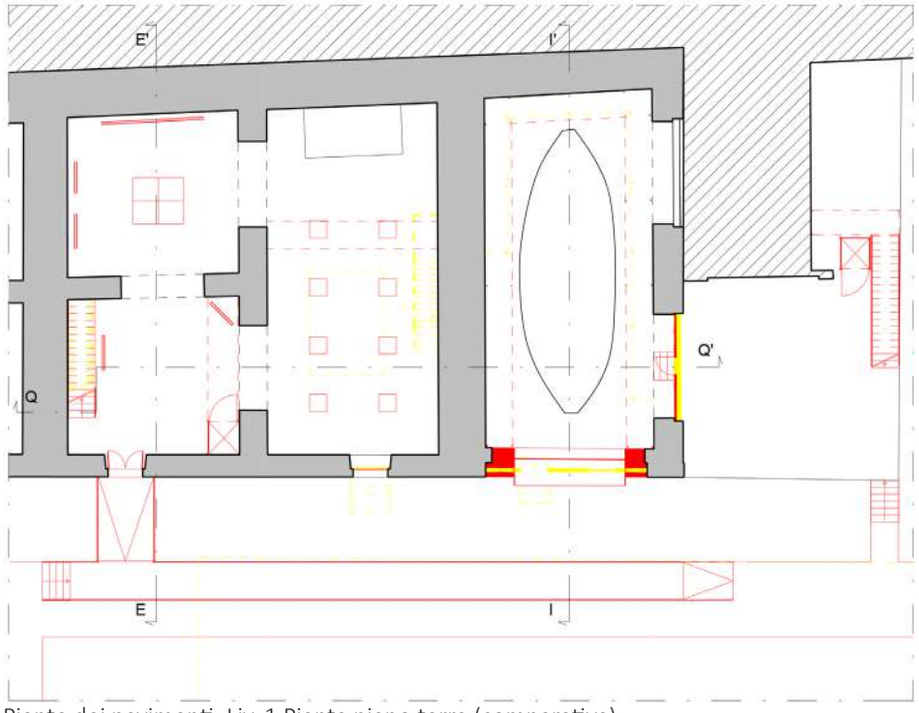
> Analisi di una sezione e una pianta per trovare una soluzione da applicare ai ballatoi interni ed esterni al manufatto



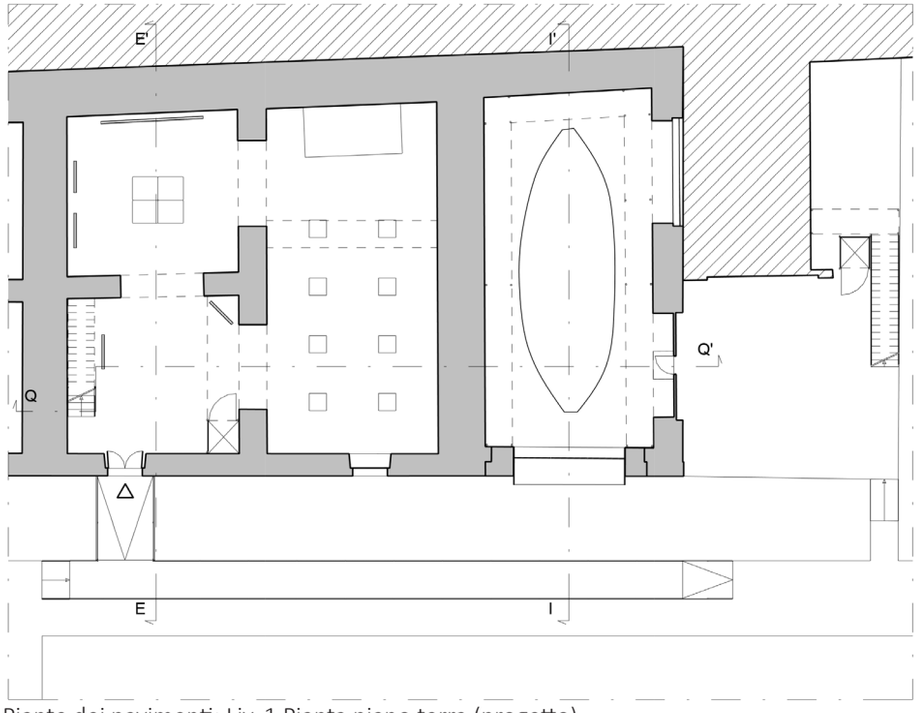
< Disegno tecnologico della cerchiatura da inserire all'interno della nuova apparecchiatura muraria per la reintegrazione della lacuna



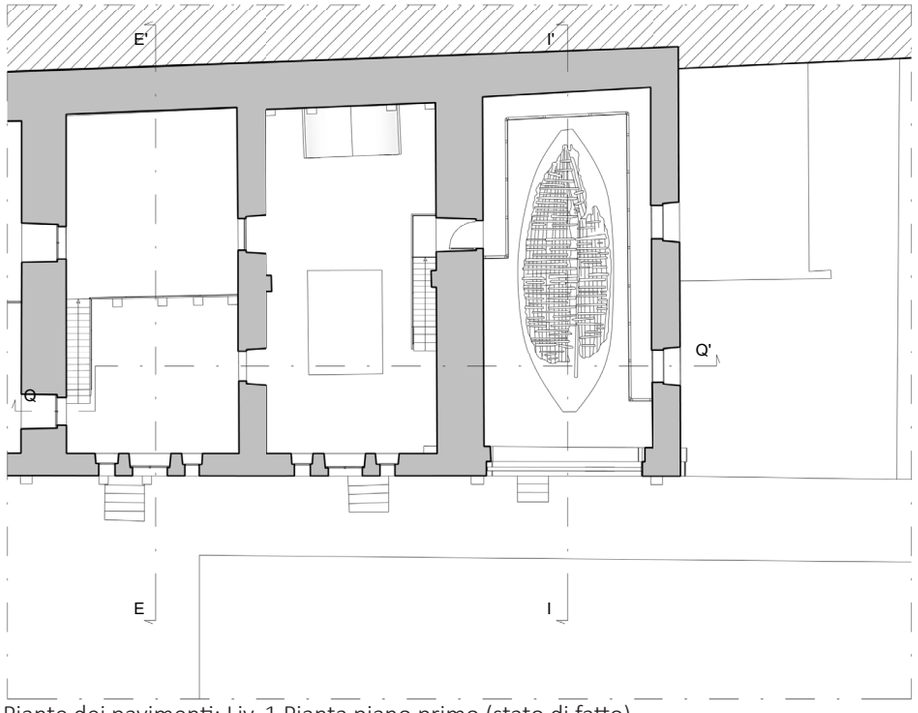
Piante dei pavimenti: Liv. 1 Pianta piano terra (stato di fatto)



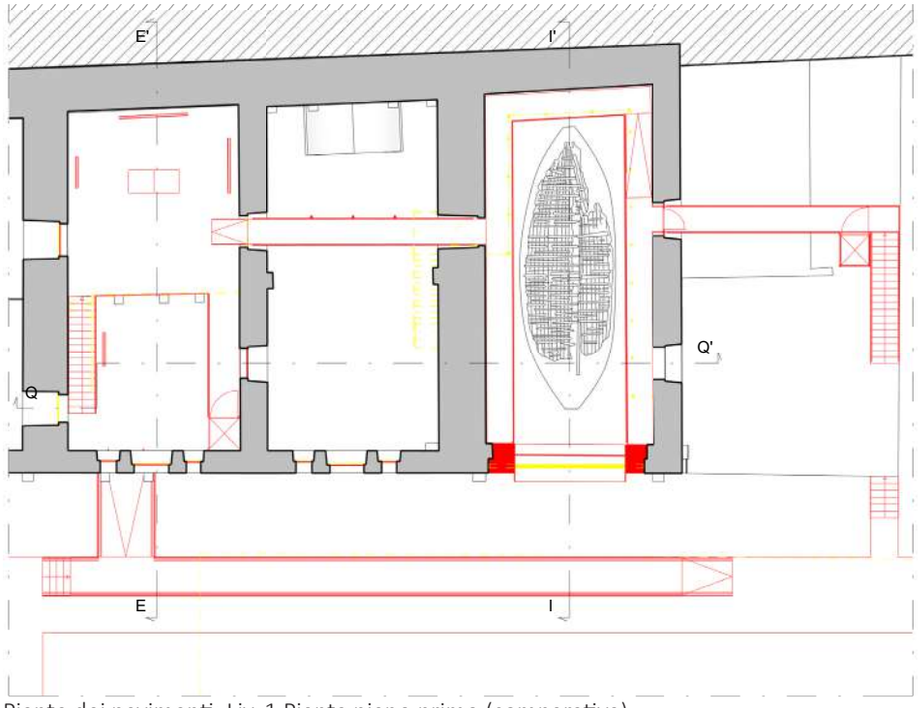
Piante dei pavimenti: Liv. 1 Pianta piano terra (comparativa)



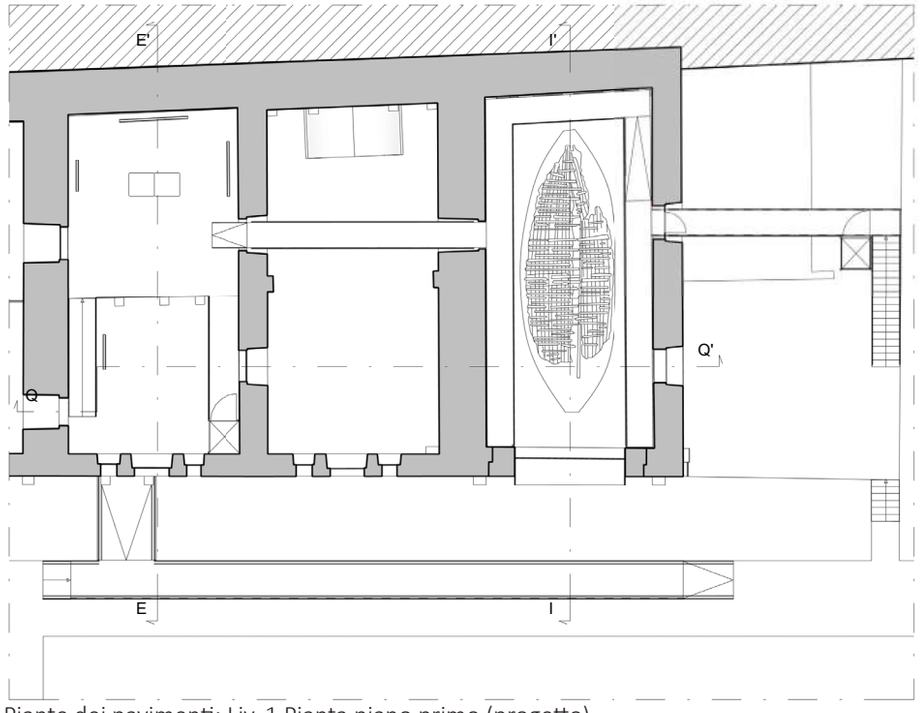
Piante dei pavimenti: Liv. 1 Pianta piano terra (progetto)



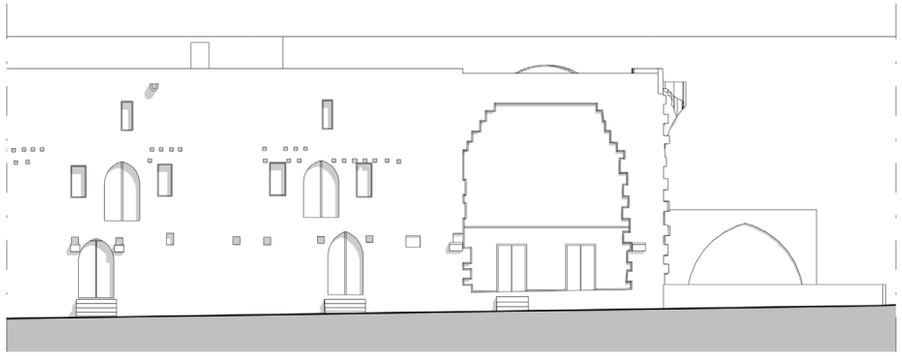
Piante dei pavimenti: Liv. 1 Pianta piano primo (stato di fatto)



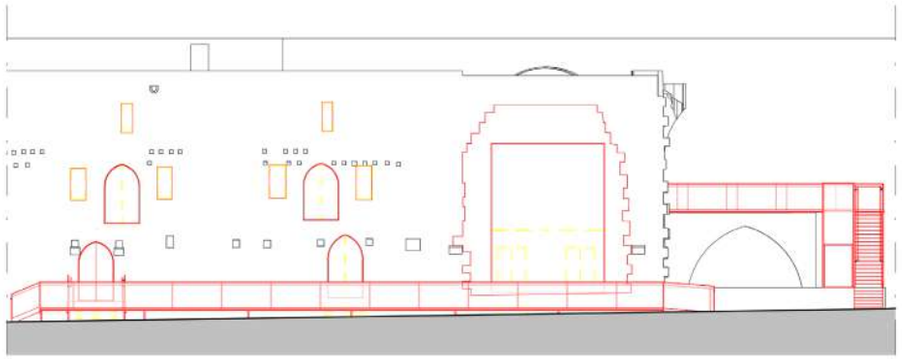
Piante dei pavimenti: Liv. 1 Pianta piano primo (comparativa)



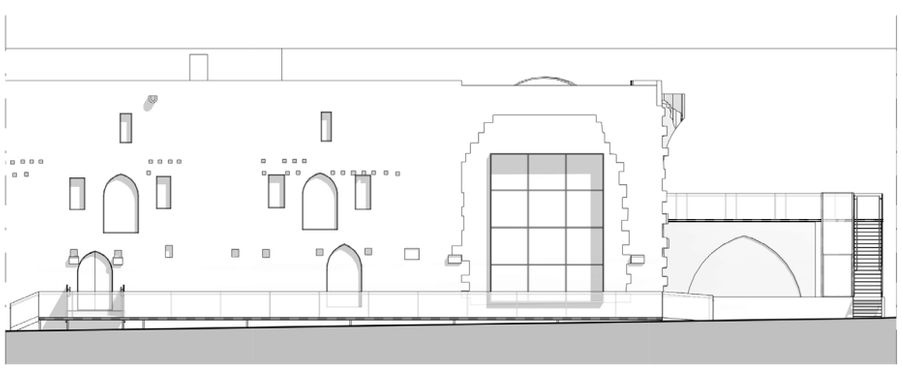
Piante dei pavimenti: Liv. 1 Pianta piano primo (progetto)



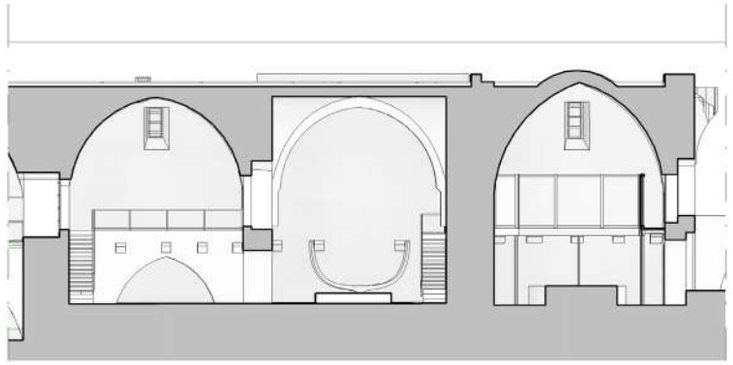
Sezioni: Prospetto Ovest (stato di fatto)



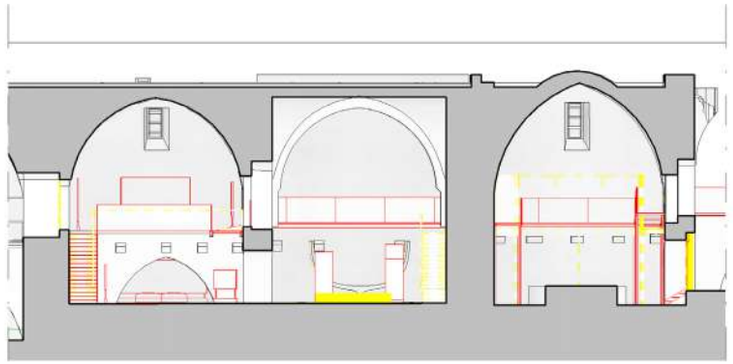
Sezioni: Prospetto Ovest (comparativa)



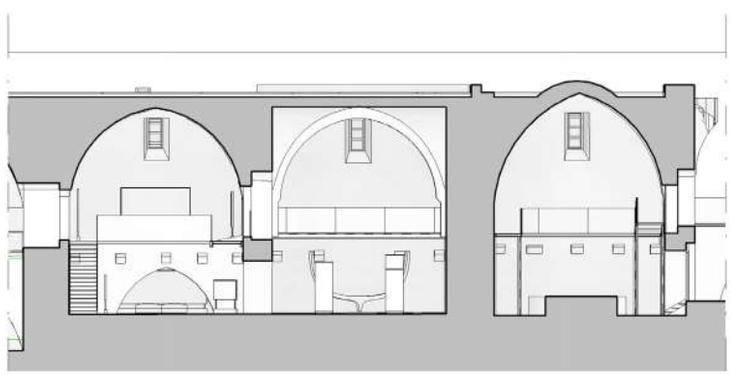
Sezioni: Prospetto Ovest (progetto)



Sezioni: Sezione Q-Q' (stato di fatto)



Sezioni: Sezione Q-Q' (comparativa)



Sezioni: Sezione Q-Q' (progetto)

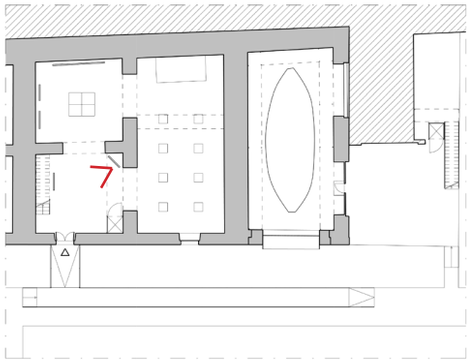
Vista esterna (stato di fatto)

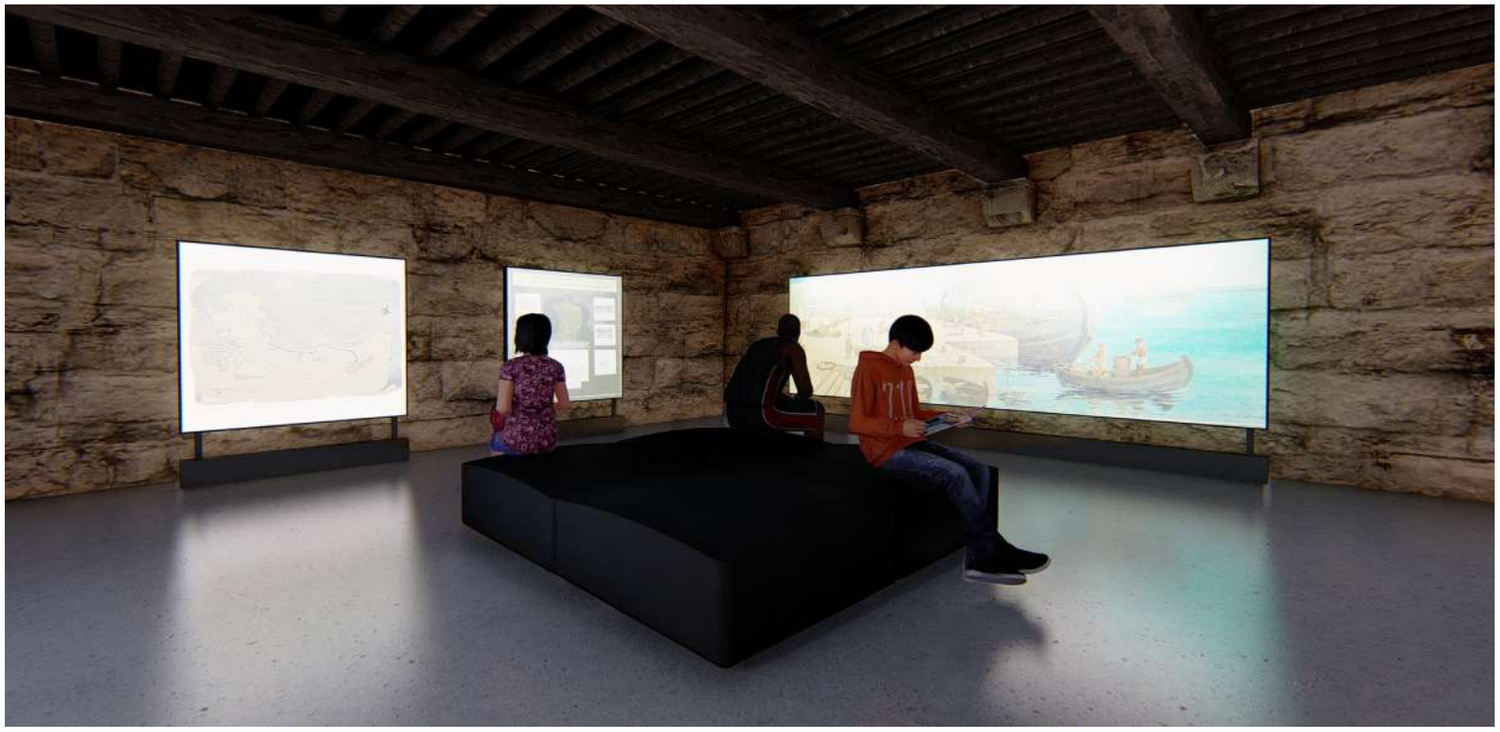
Vista esterna (stato di progetto)

Viste 3D: Spaccato prospettico Shipwreck Museum (progetto)

> Nuovo atrio d’ingresso al Shipwreck Museum

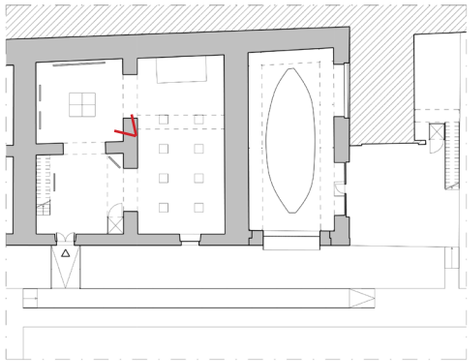
Piano terra





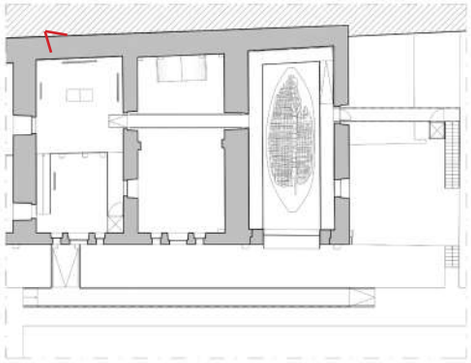
< Sala espostiva con pannelli retroilluminati a LED

Piano terra



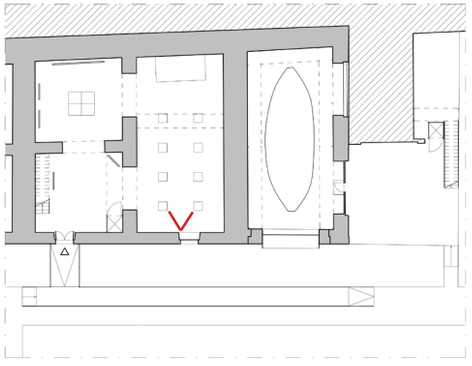
> Sala espositiva al piano superiore

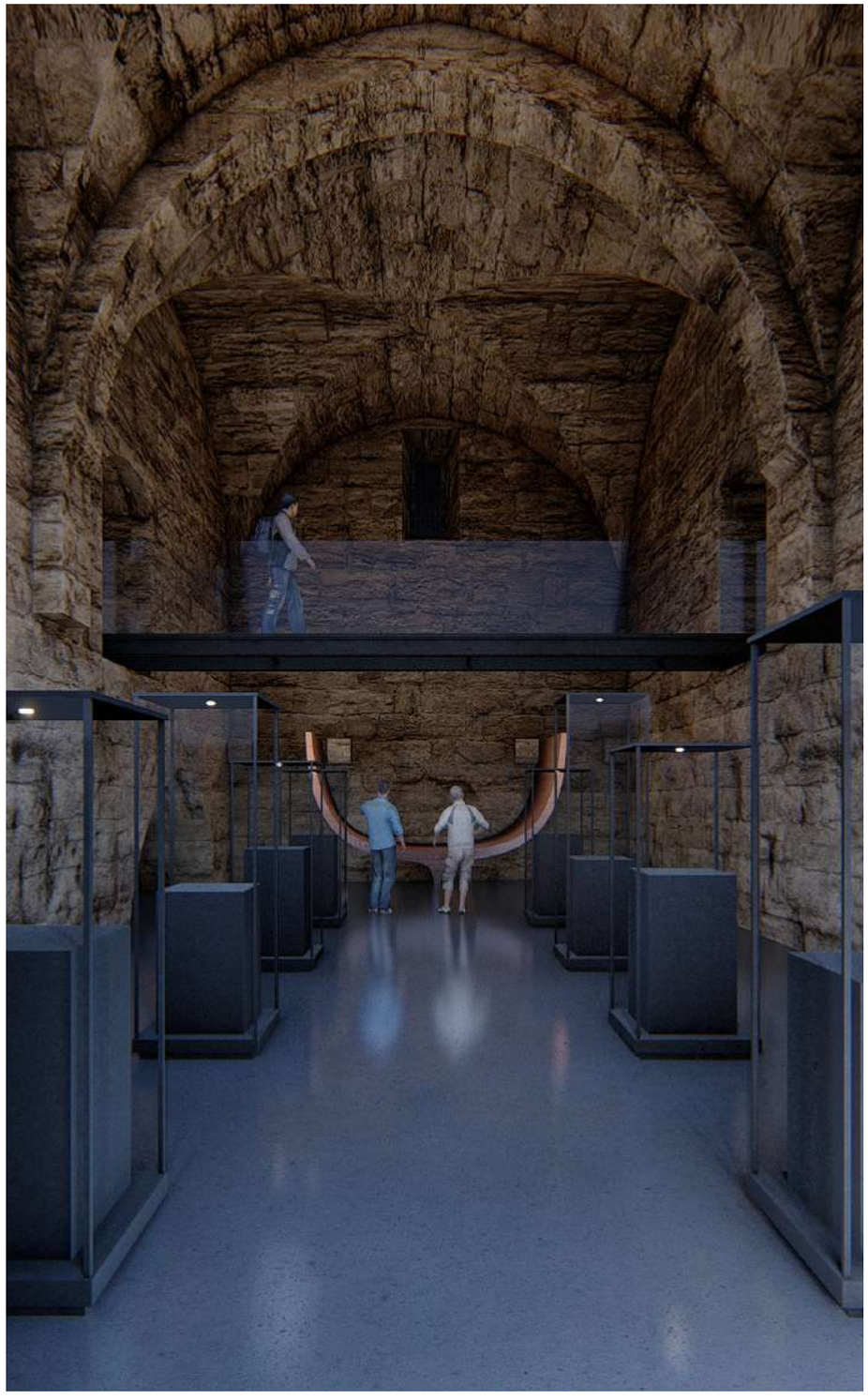
Piano primo

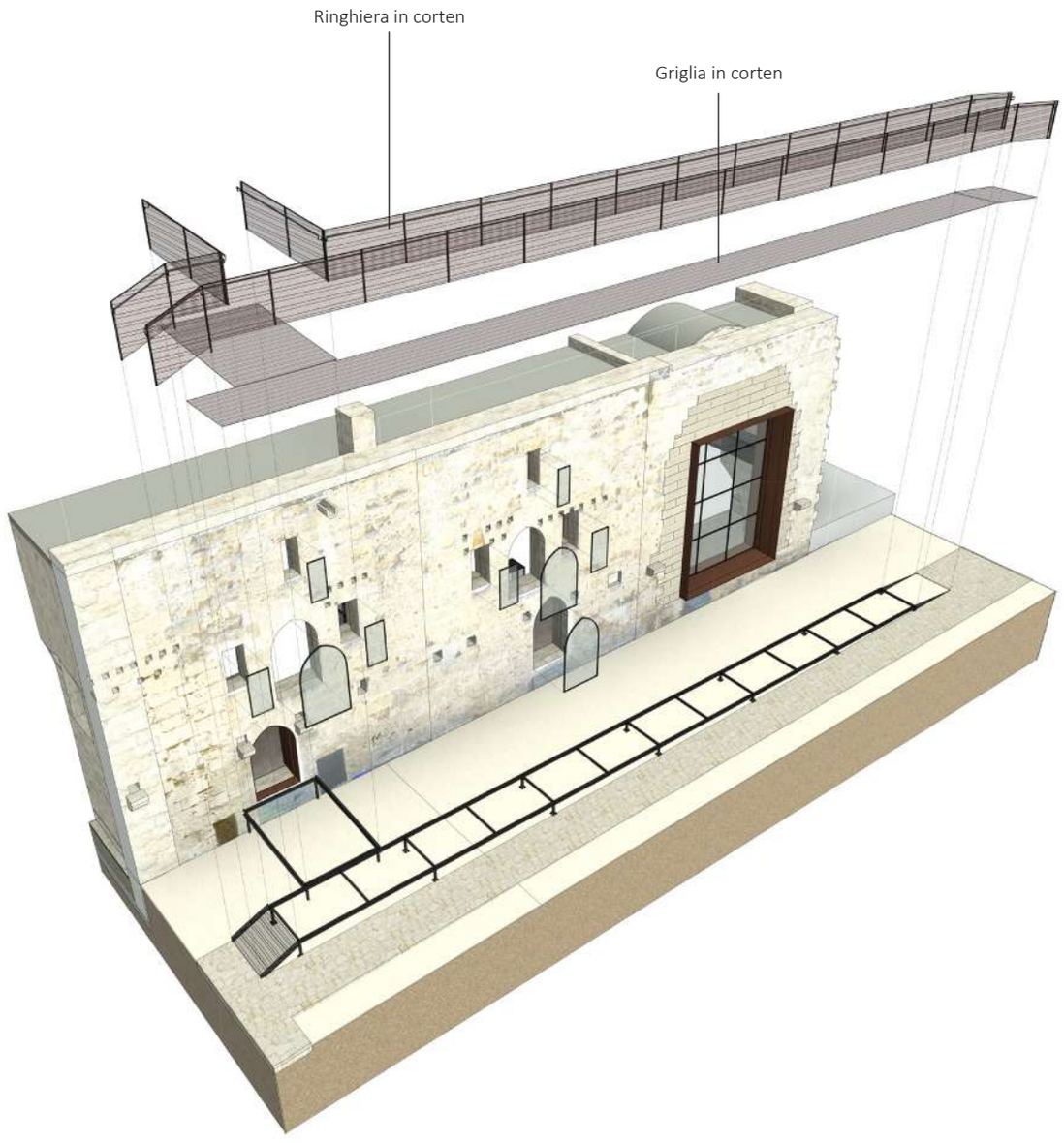


> Sala delle teche

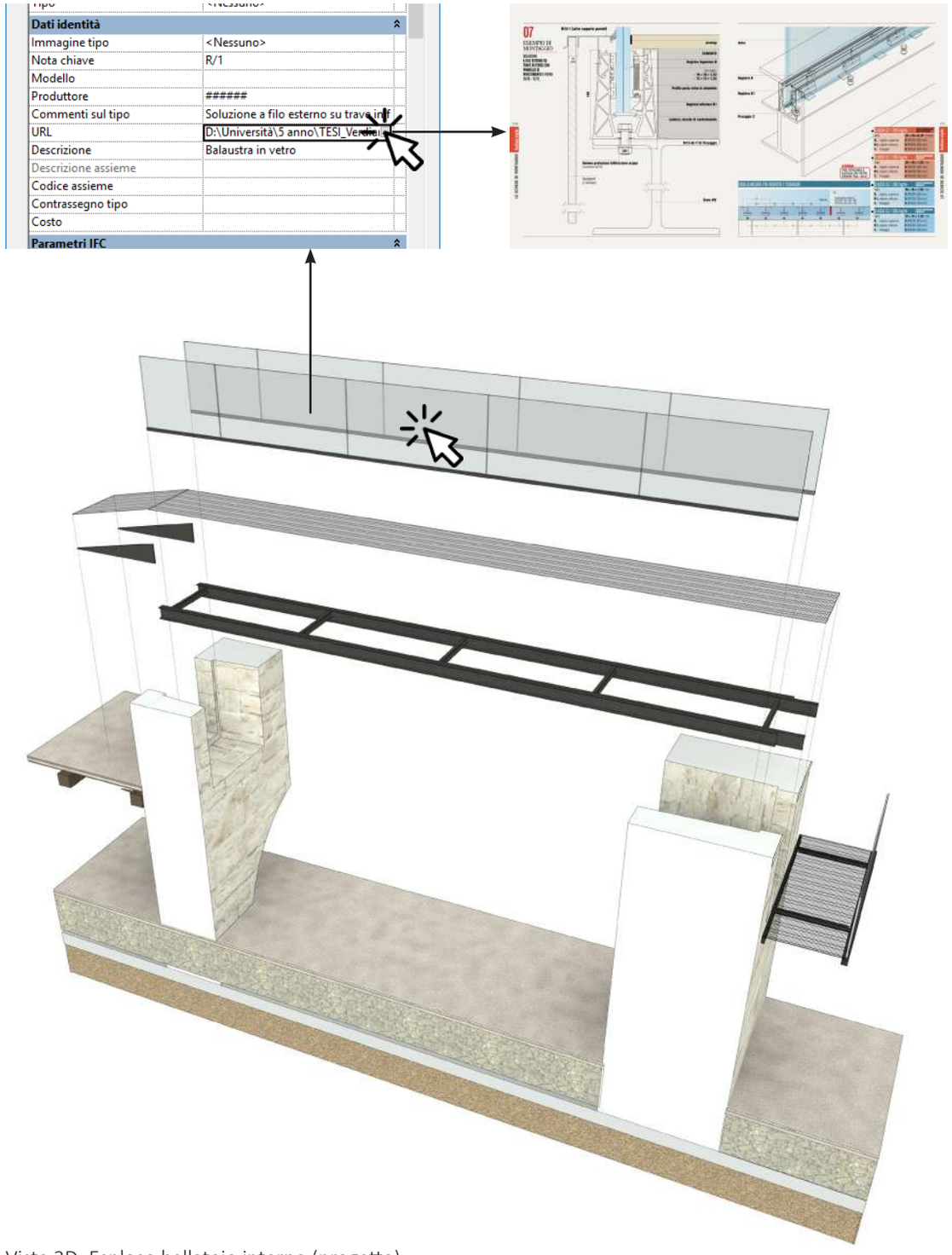
Piano terra



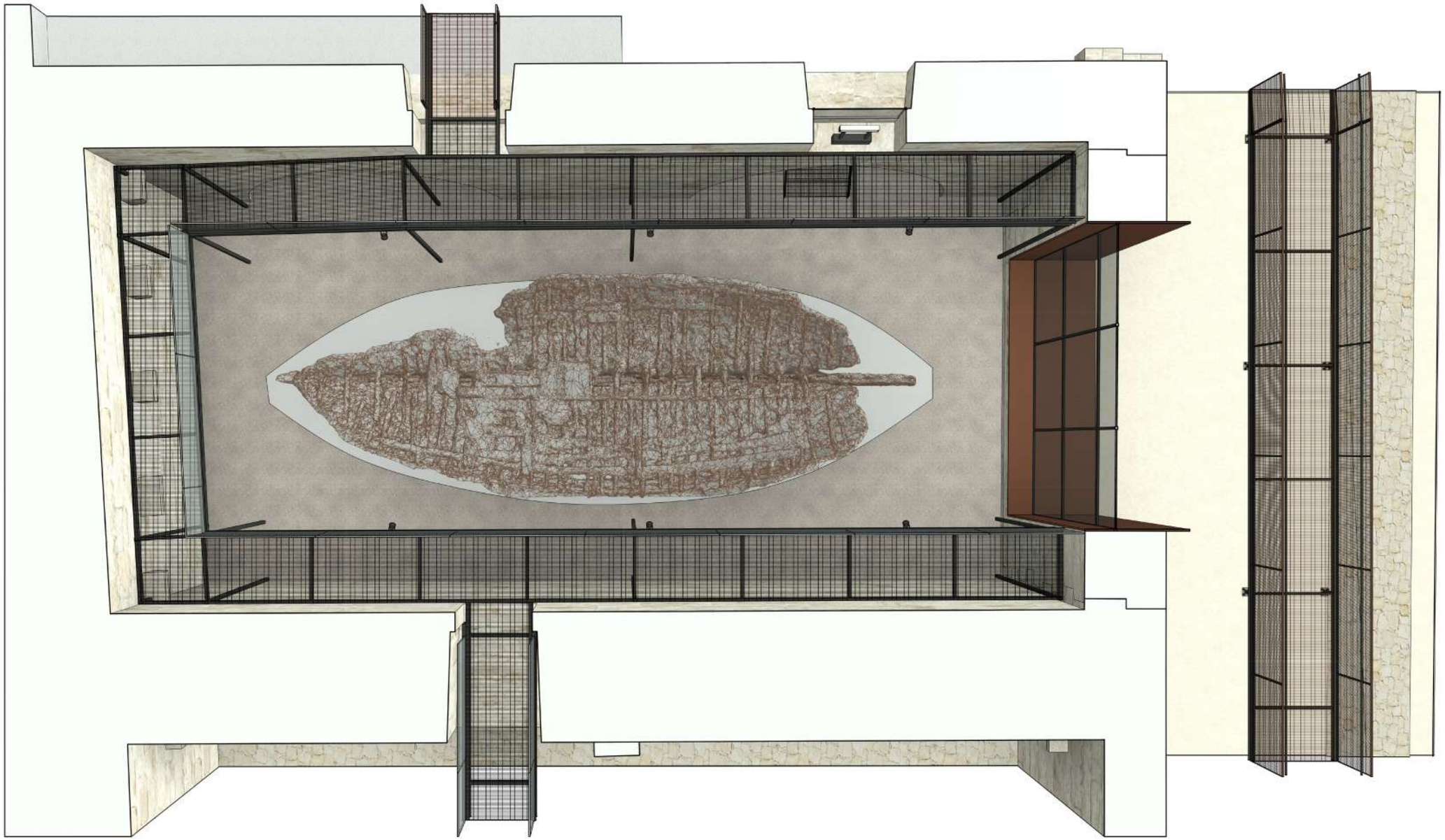




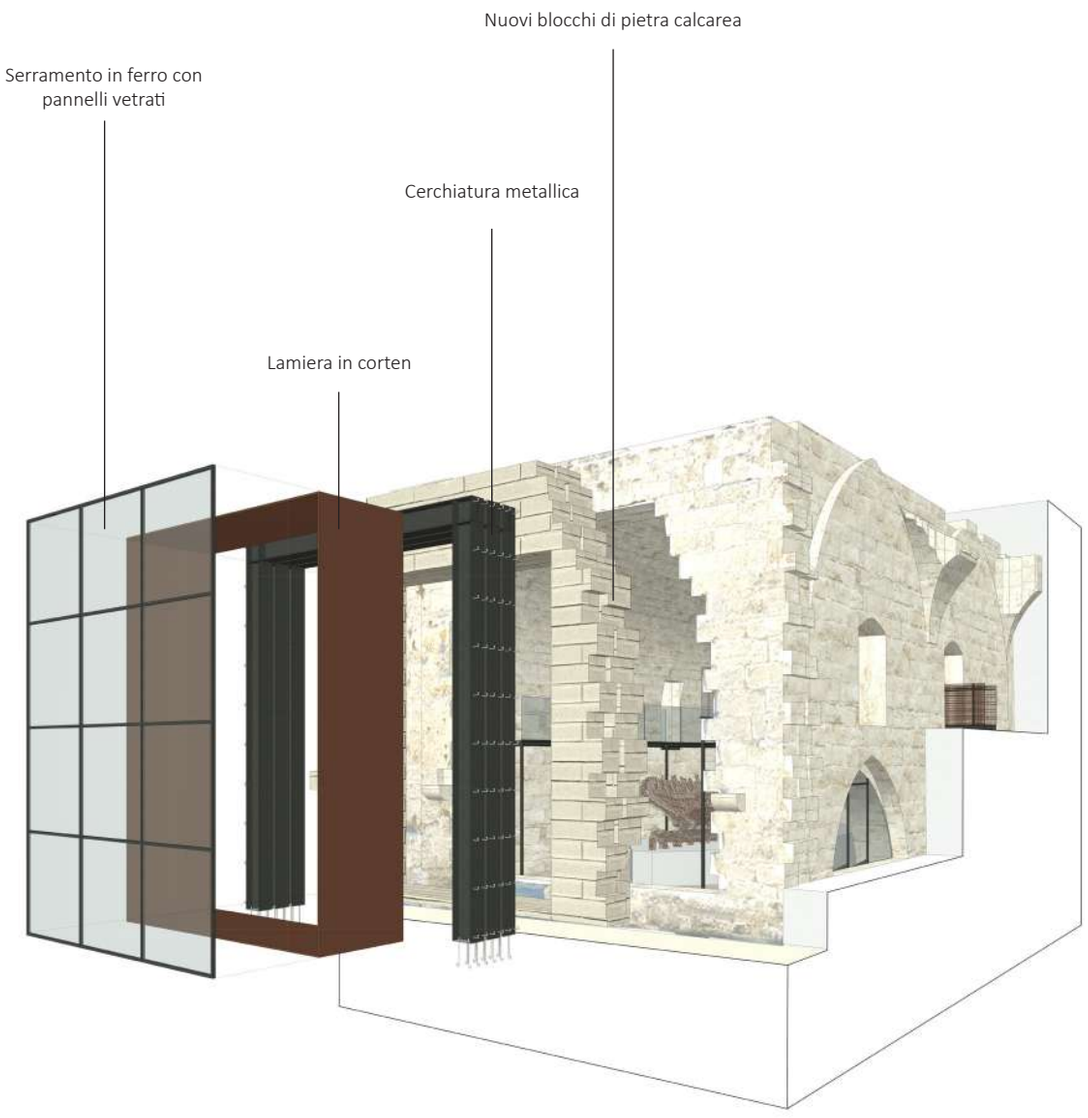
Viste 3D: Esploso ballatoio esterno (progetto)



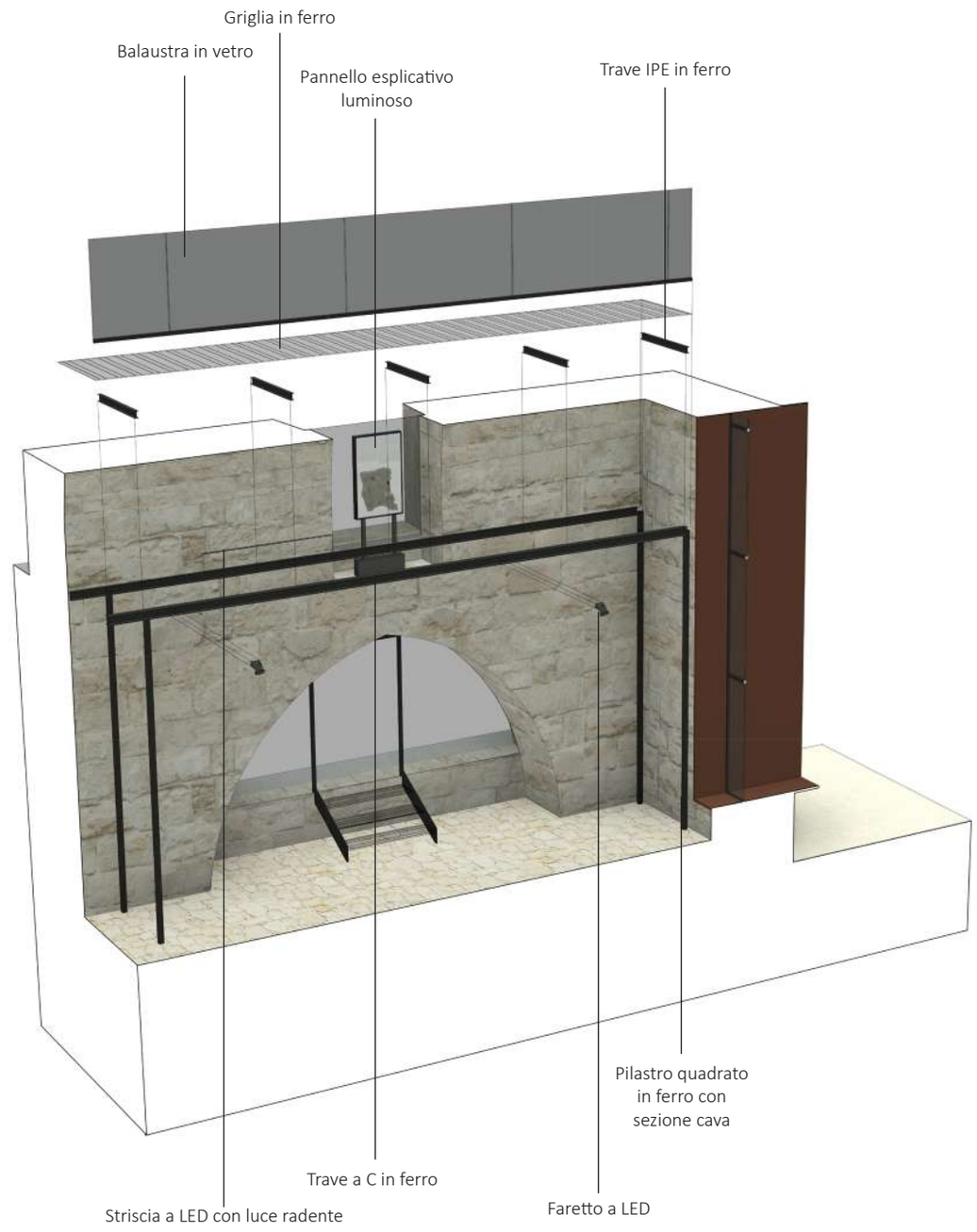
Viste 3D: Esploso ballatoio interno (progetto)



Pianta prospettica della sala della nave (stato di progetto)



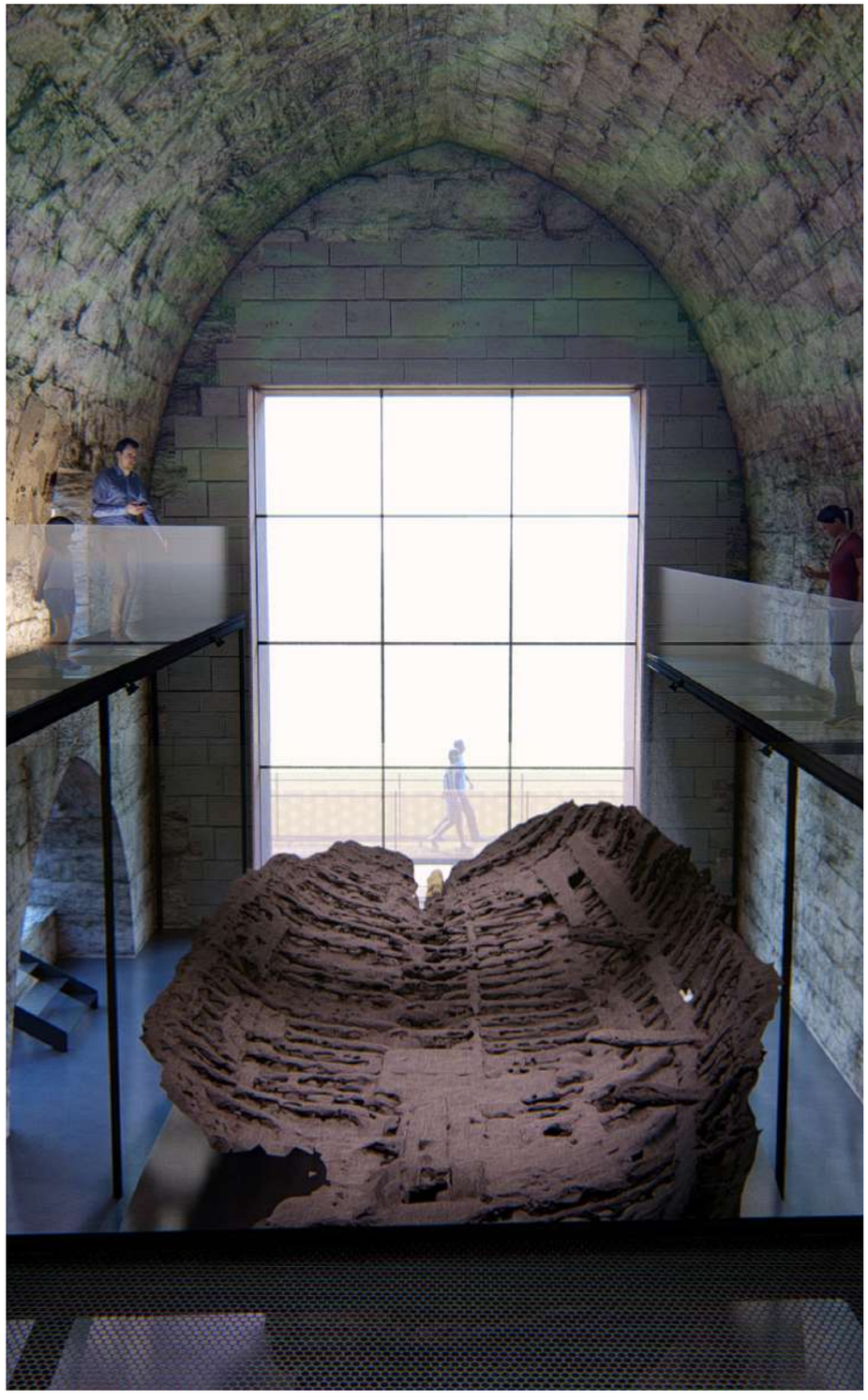
Esploso ballatoio interno (progetto)



Esploso ballatoio interno (progetto)

^ Nuovo sistema d'illuminazione del graffito con il proprio pannello descrittivo (progetto)

> La Nave di Kyrenia vista dal ballatoio (progetto)



Conclusioni

Si è compreso come l'applicazione del BIM al patrimonio esistente offra numerose opportunità di ottimizzazione gestionale, manutenzione e tutela di un'opera costruita. L'utilizzo di soluzioni digitali che offrano la possibilità di gestire, progettare e sviluppare tutti i passaggi, dalle idee concettuali all'opera realizzata, sta entrando a far parte dell'uso quotidiano attraverso strumenti sempre più adeguati e avanzati alle necessità del team di progettazione. L'HBIM è una metodologia ancora poco esplorata nel nostro paese, ma che fortunatamente entra all'interno di un contesto storico in cui possiamo già riscontrare l'utilizzo della tecnologia più avanzata (come ad esempio sistemi per la realtà virtuale e aumentata) applicata ai monumenti. L'approccio al patrimonio esistente attraverso un software BIM è sicuramente una sfida interessante oltre che attuale e senza ombra di dubbio continuerà ad essere sempre più campo di studio, sperimentazione e sviluppo sia per i tecnici che per le software house.
Da quello che si può trarre dal lavoro di tesi, è innegabile che attualmente ancora non siano disponibili gli strumenti ideali per questo tipo modellazione, troppe sono ancora le difficoltà nelle quali si può incappare nel tentativo di riprodurre un oggetto architettonico che si allontani da schemi e parametri regolari, per poter pensare di renderla una pratica diffusa. Per giunta il fatto che la metodologia BIM sia stata applicata a un reperto archeologico rende la faccenda ancor più difficile da affrontare rispetto a un edificio storico. È però altrettanto vero che, nonostante le difficoltà, è stato possibile realizzare un modello sufficientemente fedele al reale ed in grado di essere utilizzato, aggiornato e rielaborato in futuro seguendo l'evoluzione della vita del manufatto. Questo rappresenta un ottimo parametro di crescita, se si considera che fino a pochi anni fa non sarebbe stato pensabile realizzare un modello di questo tipo se non in tempi molto più lunghi e con difficoltà e livello di approssimazione molto superiori. Nonostante la FARO, ad esempio, abbia sviluppato un plugin per Revit in grado di facilitare la modellazione di componenti sulla base di una nuvola di punti, in questo caso non è stato sufficiente a soddisfare le esigenze della modellazione di un manufatto così complesso. Per la modellazione di un castello come quello di Kyrenia, sarebbe necessario realizzare librerie di oggetti parametrici adattivi, capaci di potersi adattare anche a condizioni di unicità come quelle del patrimonio esistente.
Potrà essere il personale stesso a caricare sempre più informazioni man

mano che svolge il proprio lavoro. Questo approccio permetterebbe, nel giro di qualche anno, di poter contare su informazioni sempre più utili (informazioni tecniche, storico di manutenzione, data di installazione, ecc) ed ogni attività, con il tempo, verrebbe via via ottimizzata.
Personalmente ritengo che l'approccio BIM rappresenti il futuro più prossimo nel campo della progettazione architettonica, e considerando l'evoluzione che ha avuto da quando è iniziata la sua diffusione, soprattutto per quanto riguarda l'integrazione di strumenti che stanno aumentando sempre più il controllo delle geometrie e la possibilità di gestire le eccezioni, sicuramente non dovremo aspettare molto per poter usufruire di un software ancora più flessibile ed in grado di soddisfare le richieste di un "cliente" difficile come l'edilizia storica.

Riferimenti

Bibliografia

1. *G. M. Di Giuda (a cura di), V. Villa (a cura di) - Il BIM. Guida completa al Building Information Modeling per committenti, architetti, ingegneri, gestori immobiliari e imprese, Hoepli, edizione italiana, 2016*
2. *Historic England 2017 BIM for Heritage: Developing a Historic Building Information Model. Swindon. Historic England*
3. *Biagini C., Donato V. - Building Object Models (BOMS) for the documentation of Historical Building Heritage, 2014*
4. *Biagini C., Capone P., Donato V., Facchini N. - IT procedures for simulation of historical building restoration site, 2015*
5. *Carlo Biagini, Pelin Arslan, Industrial Heritage in the historical neighbourhood: BIM strategies for urban regeneration, in Disegnarecon Vol 11, No 21, L'Aquila, 2018*
6. *The Computer Integrated Construction Research Program at The Pennsylvania State University - Building Information Modeling Execution Planning Guide Version 2.0, 2010*
7. *Verdiani G. (a cura di) - Defensive Architecture of the Mediterranean XV to XVIII centuries, volume 3, Firenze, DIDAPress, 2016*
8. *Petre J. - Crusader Castles of Cyprus, the fortifications of Cyprus under the Lusignans: 1191 - 1489, Microform Edition © ProQuest LLC, 789 East Eisenhower Parkway, 2010*
9. *Katzev S. - The Kyrenia Ship: Her Recent Journey, Near Eastern Archaeology, Vol. 71, No. 1/2, Ancient Cyprus: American Research(Mar. - Jun., 2008), pp. 76-81, Published by: The American Schools of Oriental Research*
10. *Steffy J. R. - The Kyrenia Ship: An Interim Report on Its Hull Construction, American Journal of Archaeology, Vol. 89, No. 1, Centennial Issue (Jan., 1985), pp.71-101, Published by: Archaeological Institute of America*
11. *Owen D. I. - Excavating a Classical Shipwreck, Archaeology, Vol. 24, No. 2 (APRIL 1971), pp. 118-129, Published by: Archaeological Institute of America*
12. *Katzev M. L. - The Reconstruction of the Kyrenia Ship, 1972-1975, National Geographic Society Research Reports, volume 13, pages 315-328, Washington, D. C. 1981*
13. *Katzev M.L. - The Kyrenia Shipwreck, Department of Art, Oberlin College Research Associate, Underwater Archeology Section, Winter 1969*
14. *Camiz A., Verdiani G., Ceylanli Z. - "Seminario internazionale: lettura e progetto del castello di Kyrenia". International workshop: reading and designing the Kyrenia castle , in Bertocci S. ed., Conference Proceedings of Symposium of representation scientific area for development of multidisciplinary international programs, dida press, Florence 2018, pp. 264-298*
15. *Camiz A. - Storia, tecniche e restauro nell'isola di Cipro. History, techniques and restoration in the island of Cyprus, in Rosa Anna Genovese ed., Patrimonio e città storiche come poli di integrazione sociale e culturale, sostenibilità e tecnologie innovative. Historic Cities and Heritage as the Hubs of Social and Cultural Integration, Sustainability and Innovative Technologies, Giannini Editore, Napoli 2018, pp. 315-338*
16. *Siepan Khalil Alessandro Camiz, The round corner tower of Kyrenia's city walls (1211-1232), in Defensive Architecture of the Mediterranean XV to XVIII centuries - Volume 5, a cura di Ángel Benigno González Avilés, PUBLICACIONS UNIVERSITAT D'ALACANT, Alicante, 2017*
17. *Pozzoli S., Bonazza M. - Autodesk Revit Architecture 2016_Guida alla progettazione BIM, Tecniche Nuove, AM4 Educational, 2015*
18. *Krygiel E., Vandezande J. - Mastering Autodesk Revit Architecture 2015, Sybex; 1 edizione (19 maggio 2014)*
19. *MANUAL_As-Built 2018 for Revit_EN*
20. *Kağan Günçe, Damla Misirlisoy, Adaptive reuse of military establishments as museums: Conservation vs. museography, in Proceedings of DEFENCE HERITAGE 2014, Venezia, WIT Press, Southampton, 2014*
21. *D.J. Cathcart King, The Castle in England and Wales: An Interpretive History, Routledge, Abingdon-on-Thames, 2019*

Sitografia

Riferimenti sul BIM e la conservazione del patrimonio storico (HBIM):

22. *http://www.impresedilinews.it/il-bim-per-il-cantiere-di-recupero-e-restauro/*
23. *https://www.architectsjournal.co.uk/opinion/how-to-unlock-the-potential-of-bim-on-heritage-projects/10023765.article*
24. *https://www.bimportale.com/bim-le-nuove-figure-professionali/*
25. *https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/cobim_2_inventory_bim_v1.pdf*
26. *https://bimforum.org/wp-content/uploads/2018/09/BIMForum-LOD-2018_Spec-Part-1_and_Guide_2018-09.pdf*
27. *http://bim.acca.it/bim-italia-2018/*

Riferimenti sul castello di Kyrenia:

28. *https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_Kyrenia*
29. *http://www.whatson-northcyprus.com/interest/kyrenia/kyrenia_castle.htm*
30. *https://it.wikipedia.org/wiki/Storia_di_Cipro#Dal_Tardo_Medioevo_alla_Repubblica_di_Venezia*
31. *https://www.stwing.upenn.edu/~durduran/drky1.html*
32. *https://castlesintheworld.wordpress.com/2015/02/24/castello-di-kyrenia/*
33. *https://northerncyprus.cc/kyrenia-castle/*
34. *https://www.behance.net/gallery/60287807/Kyrenia-Castle-Girne-Kalesi*
35. *http://www.michaelwatts.ca/Cyprus/Vrysi.htm*
36. *http://www.whatson-northcyprus.com/interest/kyrenia/kirsokava.htm*