



BOCCI AND PARTNERS SRL
SERVIZI INTEGRATI DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

Università di Camerino
International School of Advanced Studies
Dottorato di ricerca in Architecture, Design, Planning
XXXIV ciclo

**LA METODOLOGIA B.I.M. A SERVIZIO DELLA RICOSTRUZIONE:
elaborazione di un modello con l'ausilio della tecnologia B.I.M.
(BUILDING INFORMATION MODELING) per la formazione e la gestione
dei PIANI DI RICOSTRUZIONE**

Prof. Giuseppe Losco

Arch. Giuseppe Bocci

Dott. Maksim Afonchanka

Maksim Afonchanka

Abstract.....	8
Premessa.....	8
PARTE I - Lo stato della questione. Il contesto normativo.....	14
1 Il quadro normativo	15
PARTE II – La formazione del modello di informazione	33
1 Il processo di preparazione e organizzazione del processo di modellazione delle informazioni	34
2 Il processo di lavoro con la tecnologia BIM	51
3 Il processo di convalida	65
4 BIM e Beni culturali (HBIM)	72
PARTE III – Casi di studio	79
1 Metodi, strumenti e tecnologie di restituzione digitale del patrimonio 172	
2 L'interoperabilità nella modellazione BIM	183
3 Best practice	194
PARTE IV - E-Permit BIM per la gestione amministrativa	200
CONCLUSIONI.....	206
BIBLIOGRAFIA.....	208
SITOGRAFIA.....	214
NORMATIVA TECNICA.....	217

INDICE FIGURE

Figura 1 - Definizione dei livelli BIM (PAS 1192-2:2013)	16
Figura 2 - Le principali attività tecnico-commerciali (Digital Built Britain)	19
Figura 3 - La procedura per lo scambio di informazioni nelle diverse fasi dei progetti di costruzione (GAEB DA XML).....	26
Figura 4 - Flusso informativo, UNI 1337-5.....	34
Figura 5 - Diagramma di scambio dati in un gruppo di un progetto multidisciplinare (BS 1192:2007).....	48
Figura 6 - La struttura delle aree del Common Data Environment (BS 1192:2007)	49
Figura 7 - Un esempio del processo di sviluppo di un modello BIM per una determinata disciplina del progetto	64
Figura 8 - Processo di controllo delle collisioni	66
Figura 9 - Processo di coordinamento 3D	67
Figura 10 - Matrice di collisione (UNI 11337-4)	69
Figura 11 - Processo di controllo automatico delle collisioni.....	70
Figura 12 – Diagramma che descrive gli input e gli output quando si lavora in HBIM	77
Figura 13 - Diagramma che descrive i campi e fasi per la modellazione HBIM	78
Figura 14 - Laser Scanner Focus X 130	81
Figura 15 - Leica RTC360 3D Laser Scanner	82
Figura 16 - Leica BLK2GO.....	83
Figura 17 - Leica BLK2FLY	84
Figura 18 - Processo di acquisizione di informazioni tridimensionali	85
Figura 19 - Nuvola di punti dopo l'elaborazione	86
Figura 20 - Modello BIM.....	86
Figura 21 - Modello BIM basato su nuvola di punti	87
Figura 22 - Drone DJI Mavic Mini	88
Figura 23 - Drone DJI Mavic air 2	89
Figura 24 - Nuvola di punti sparsa (Chiesa di S. Maria di Garufo).....	90
Figura 25 - Nuvola di punti densa (Chiesa di S. Maria di Garufo)	91
Figura 26 - Modello texture (Chiesa di S. Maria di Garufo)	91
Figura 27 - Ortofoto (Chiesa di S. Maria di Garufo)	92
Figura 28 - Ortofoto (Chiesa di S. Maria di Garufo)	92
Figura 29 - Immagine satellitare della localizzazione di Casa Marchetti rispetto a Pieve Torina. Dati Google Earth, 2022.....	97
Figura 30 - Immagine satellitare di Casa Marchetti. Dati Google Earth, 2022	97
Figura 31 - Foto da drone di Casa Marchetti.....	98
Figura 32 – Nuvola di punti di Casa Marchetti.....	99
Figura 33 - Nuvola di punti di Casa Marchetti.....	99
Figura 34 – Modello BIM di Casa Marchetti.....	100
Figura 35 - Modello BIM di Casa Marchetti	100
Figura 36 - Sovrapposizione delle planimetrie disegnate in CAD con la nuvola di punti	101
Figura 37 - Immagine satellitare della Chiesa di S. Maria di Garufo rispetto a Camporotondo di Fiastrone. Dati Google Earth, 2022	103
Figura 38 - Immagine satellitare della Chiesa di S. Maria di Garufo. Dati Google Earth, 2022.....	103
Figura 39 - Foto da drone della Chiesa di S. Maria di Garufo.....	104

Figura 40 - Foto da drone della Chiesa di S. Maria di Garufo.....	104
Figura 41 - Ripresa fotografica durante il rilevamento con il laser scanner Faro Focus X 130	105
Figura 42 – Nuvola di punti della Chiesa di S. Maria di Garufo	106
Figura 43 – Nuvola di punti della Chiesa di S. Maria di Garufo	106
Figura 44 – Render della Chiesa di S. Maria di Garufo	107
Figura 45 - Immagine satellitare della localizzazione di Palazzo Mochi in San Ginesio. Dati Google Earth, 2022.....	108
Figura 46 - Immagine satellitare di Palazzo Mochi. Dati Google Earth, 2022	109
Figura 47 - Foto di Palazzo Mochi	109
Figura 48 – Nuvola di punti di Palazzo Mochi	110
Figura 49 – Modello di Palazzo Mochi	110
Figura 50 – Sezioni di Palazzo Mochi.....	111
Figura 51 – Foto della struttura di messa in sicurezza di Palazzo Mochi	111
Figura 52 - Immagine satellitare della localizzazione del Borgo rispetto a Pieve Torina. Dati Google Earth, 2022.....	113
Figura 53 - Immagine satellitare del Borgo. Dati Google Earth, 2022.....	114
Figura 54 - Foto da drone del Borgo	114
Figura 55 – Nuvola di punti del Borgo.....	115
Figura 56 – Modello del Borgo	115
Figura 57 – Sovrapposizione delle planimetrie disegnate in CAD con la nuvola di punti del Borgo.....	116
Figura 58 - Immagine satellitare della localizzazione di Casina Bonafede rispetto a Monte San Giusto. Dati Google Earth, 2022	118
Figura 59 - Immagine satellitare di Casina Bonafede. Dati Google Earth, 2022	118
Figura 60 – Foto da drone di Casina Bonafede	119
Figura 61 - Ripresa fotografica durante il rilevamento con il laser scanner Faro Focus X 130	120
Figura 62 – Nuvola di punti di Casina Bonafede	121
Figura 63 – Modello di Casina Bonafede.....	121
Figura 64 - Immagine satellitare della localizzazione di Frazione Vallecchia Monte Acuto rispetto a Acquasanta Terme. Dati Google Earth, 2022	122
Figura 65 - Immagine satellitare di Frazione Vallecchia Monte Acuto. Dati Google Earth, 2022	122
Figura 66 - Foto da drone di Frazione Vallecchia Monte Acuto	123
Figura 67 – Nuvola di punti di Frazione Vallecchia Monte Acuto	123
Figura 68 - Modello BIM di Frazione Vallecchia Monte Acuto.....	125
Figura 69 - Immagine satellitare della localizzazione della frazione di Mevale rispetto a Visso. Dati Google Earth, 2022	126
Figura 70 - Immagine satellitare della frazione di Mevale. Dati Google Earth, 2022	126
Figura 71 - Foto da drone di Frazione Mevale.	127
Figura 72 – Nuvola di punti di Frazione Mevale.....	128
Figura 73 – Modello di Frazione Mevale.....	128
Figura 74 - Immagine satellitare della localizzazione della Chiesa S.Andrea rispetto a Pieve Torina. Dati Google Earth, 2022.....	129
Figura 75 - Immagine satellitare della Chiesa S.Andrea. Dati Google Earth, 2022	129
Figura 76 - Ripresa fotografica della Chiesa S.Andrea durante il rilevamento con il laser scanner Faro Focus X 130	130
Figura 77 – nuvola di punti della Chiesa S.Andrea	131

Figura 78 - Modello della Chiesa S.Andrea	131
Figura 79 - Immagine satellitare della localizzazione di Villa Rosa. Dati Google Earth, 2022	133
Figura 80 - Immagine satellitare di Villa Rosa. Dati Google Earth, 2022	133
Figura 81 – Nuvola di punti di Villa Rosa	134
Figura 82 - Modello BIM di Villa Rosa	135
Figura 83 - Render di Villa Rosa.....	136
Figura 84 - Render di Villa Rosa.....	136
Figura 85 - Render di Villa Rosa.....	137
Figura 86 - Immagine satellitare della localizzazione della Fortezza di Sarzanello. Dati Google Earth, 2022	139
Figura 87 – Immagine satellitare della Fortezza di Sarzanello. Dati Google Earth, 2022.....	140
Figura 88 – Nuvola di punti della Fortezza di Sarzanello	140
Figura 89 - Modello BIM della Fortezza di Sarzanello	141
Figura 90 - Modello BIM di Fortezza di Sarzanello.....	141
Figura 91 - Immagine satellitare della localizzazione del Castello di San Terenzo. Dati Google Earth, 2022	143
Figura 92 - Immagine satellitare del Castello di San Terenzo. Dati Google Earth, 2022	144
Figura 93 – Nuvola di punti del Castello di San Terenzo	144
Figura 94 – Modello BIM del Castello di San Terenzo.....	145
Figura 95 - Immagine satellitare della localizzazione di Forte San Giovanni. Dati Google Earth, 2023	146
Figura 96 - Immagine satellitare di Forte San Giovanni. Dati Google Earth, 2023.....	146
Figura 97 - Foto da drone di Forte San Giovanni	147
Figura 98 – Nuvola di punti di Forte San Giovanni.....	148
Figura 99 - Modello BIM di Forte San Giovanni	148
Figura 100 - Render di Forte San Giovanni.....	149
Figura 101 - Immagine satellitare della localizzazione della Fortezza Firmafede. Dati Google Earth, 2023	150
Figura 102 - Immagine satellitare della localizzazione della Fortezza Firmafede. Dati Google Earth, 2023	151
Figura 103 –Fortezza Firmafede, risultati della scansione laser	152
Figura 104 - Modello BIM della Fortezza Firmafede	152
Figura 105 - Render della Fortezza Firmafede	153
Figura 106 - Immagine satellitare della localizzazione del Condominio in Via Solferino a Crevalcore (BO). Dati Google Earth, 2022	156
Figura 107 - Immagine satellitare del Condominio in Via Solferino. Dati Google Earth, 2022	156
Figura 108 - Foto da drone del Condominio in Via Solferino	157
Figura 109 – Nuvola di punti del Condominio in Via Solferino	157
Figura 110 - Modello del Condominio in Via Solferino	158
Figura 111 - Immagine satellitare della localizzazione di San Martino (AQ) - Grotta Consorzio 23.SM. Dati Google Earth, 2022.....	159
Figura 112 - Immagine satellitare della localizzazione di San Martino (AQ) - Grotta Consorzio 23.SM. Dati Google Earth, 2022.....	159
Figura 113 - Foto della Grotta Consorzio 23.SM	160
Figura 114 – Nuvola di punti della Grotta Consorzio 23.SM	161
Figura 115 – Planimetria della Grotta Consorzio 23.SM	162

Figura 116 – Sezioni in Revit per il calcolo dei volumi della Grotta Consorzio 23.SM.	163
Figura 117 - Immagine satellitare della localizzazione di San Martino (AQ) - Grotta Consorzio 10.SM. Dati Google Earth, 2022.....	164
Figura 118 - Immagine satellitare della localizzazione di San Martino (AQ) - Grotta Consorzio 10.SM. Dati Google Earth, 2022.....	164
Figura 119 – Planimetria della Grotta Consorzio 10.SM	165
Figura 120 – Nuvola di punti della Grotta Consorzio 10.SM	166
Figura 121 – Sezioni in Revit per il calcolo dei volumi della Grotta Consorzio 10.SM	166
Figura 122 – Nuvola di punti e sezioni in Revit per il calcolo dei volumi della Grotta Consorzio 10.SM ..	167
Figura 123 – Foto della Grotta Consorzio 5.SM	168
Figura 124 – Planimetria della Grotta Consorzio 5.SM	168
Figura 125 – Nuvola di punti della Grotta Consorzio 5.SM	169
Figura 126 – Foto della Grotta Consorzio 9.SM	170
Figura 127 – Planimetria della Grotta Consorzio 9.SM	170
Figura 128 – Nuvola di punti della Grotta Consorzio 9.SM	171
Figura 129 - Combinazione di una nuvola di punti e un modello BIM, città di Helsinki	179
Figura 130 - Suddivisione del file in sotto-modelli.....	199
Figura 131 – Un esempio di applicazione a Milano (Technical Report No. RR-2020-1015-TR, BuildingSMART).....	203
Figura 132 - Un esempio di applicazione a Milano (www.corenet.gov.sg).....	204

Abstract

Building Information Modeling is a new paradigm for digital design and information management that shows great potential for renovation processes. The research crosses the subject area of building renovation and building information modeling technology and it seeks to implement BIM technology in renovation projects. Here the main necessary aspects for working on BIM technology are identified to optimize work processes and, consequently, to improve quality, reduce time and cost of design. As a result, this set is combined into a roadmap for architects, engineers and managers, which is intended for the integration of the BIM technology into reconstruction projects.

La tecnologia Building Information Modeling (BIM) è definita come la rappresentazione digitale delle caratteristiche funzionali, fisiche e geometriche di una costruzione. Il Building Information Modeling consente di integrare tutti gli aspetti del processo di costruzione in un'unica piattaforma attraverso una modellazione semantica degli oggetti, che costituisce la base per il processo decisionale¹ e, inoltre, viene utilizzato nei flussi di gestione delle informazioni².

Il processo di modellazione BIM si serve di programmi specifici, che sono sistemi di modellazione parametrica basati su elementi (le famiglie) interconnessi per mezzo di determinate regole che simulano il comportamento reale degli oggetti architettonici ed edilizi; queste regole sono definite per mezzo di parametri impostati dall'utente. Ogni famiglia contiene informazioni geometriche e semantiche necessarie nelle diverse fasi di progettazione e di costruzione. Lo sviluppo del modello BIM nelle fasi preliminari di progettazione deve essere attentamente pianificato per le fasi ed applicazioni future, in modo da poter estrarre dal modello tutte le informazioni necessarie. Nel fare ciò, è importante, quindi, evitare un eccessivo livello di dettaglio al fine di ottimizzare i tempi.

I flussi di lavoro BIM, sopra citati, possono essere utilizzati anche nei processi decisionali relativi agli interventi di ricostruzione, i quali si basano su dati interdisciplinari: storici, bibliografici, diagnostici³. In questo modo è possibile gestire le informazioni in maniera più efficace, assicurando una più semplice accessibilità e condivisione delle stesse. Il tema dell'utilizzo del modello BIM per la gestione delle informazioni degli edifici esistenti (inclusi i siti del patrimonio culturale) durante le attività studio, prevenzione, manutenzione ed intervento⁴ rimane poco conosciuto, ma è molto promettente. Il modello BIM, infatti, può fungere da database di informazioni geometriche, documenti storici, ricerche, ecc. Affinché questo database sia funzionale alle decisioni di intervento

¹ ISO/TC 59/SC 13, ISO 19650:2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM): Information management using building information modelling (2018)

² S. Antonopoulou, P. Bryan

BIM for Heritage: Developing a Historic Building Information Model
Historic England, Swindon (2017)

³ L. De Luca, C. Busayarat, C. Stefani, P. Véron, M. Florenzano

A semantic-based platform for the digital analysis of architectural heritage
Comput. Graph., 35 (2011), pp. 227-241

⁴ Bruno, M. De Fino, F. Fatiguso

Historic building information modelling: performance assessment for diagnosis-aided information modelling and management

Autom. Constr., 86 (2018), pp. 256-276

e al supporto delle attività di manutenzione e conservazione del sito, è opportuno garantirne l'alta qualità con dettagliate linee guida di modellazione.

I software BIM si concentrano principalmente sulle nuove costruzioni e, quindi, è molto complesso lavorare per la ricostruzione. I problemi sono l'unicità degli edifici ricostruiti, i fenomeni di degrado e di deformazione e la grande quantità di informazioni necessarie per descrivere in modo esaustivo gli elementi architettonici. Utilizzare il processo BIM parametrico quando si ha a che fare con la ricostruzione richiede, quindi, una costante ricerca di compromessi tra accuratezza geometrica, contenuto semantico e comportamento parametrico⁵. Il livello di dettaglio dei modelli dovrebbe essere basato sull'uso che se ne intende fare. I modelli ad elevato dettaglio, infatti, rendono difficile l'uso di funzioni parametriche, che ne riducono la funzionalità; mentre i modelli a dettaglio ridotto non tengono conto delle caratteristiche dell'edificio, che possono avere un valore strutturale, storico o artistico significativo. Un ulteriore problema quando si ha a che fare con la ricostruzione, infine, è rappresentato dai dati di input spesso insufficienti o imprecisi, che influiscono sulla qualità finale del modello.

L'obiettivo di questa ricerca è quello di definire una metodologia per l'applicazione del processo BIM a servizio della ricostruzione: sulla base di un ampio numero di progetti pilota con diverse caratteristiche specifiche, sono state sviluppate delle linee guida che, partendo da un'indagine sul sito di studio, mirano ad implementare modelli BIM che possono essere successivamente utilizzati sia per avviare i processi di recupero e di ricostruzione, sia per mantenere e gestire gli asset durante il loro ciclo di vita.

⁵ M. Radanovic, K. Khoshelham, C. Fraser
Geometric accuracy and semantic richness in heritage BIM: a review
Digit. Appl. Archaeol. Cult. Herit., 19 (2020)

Acronimi, termini e definizioni del BIM⁶

AEC: Architecture, Engineering and Construction – Espressione comunemente utilizzata in ambito internazionale per indicare il settore delle costruzioni.

AIM: Asset Information Model – Nell’ambito del processo BIM, i vari team di progetto creano i relativi modelli informativi che si arricchiscono al progredire delle fasi del progetto, fino alla consegna del modello aggregato al proprietario o utente finale. Il modello di dati assume il nome di “Modello Informativo del Bene” o AIM, una volta che il progetto è consegnato e completo. L’AIM è per gestire, mantenere e far funzionare il bene realizzato.

Capitolato informativo (CI): Esplicitazione delle esigenze e dei requisiti informativi richiesti dal committente agli affidatari. (UNI 11337-7: 2018)⁷

BEP: BIM Execution Plan – Si tratta di un documento redatto a cura dell’appaltatore che illustra nel dettaglio come gli aspetti del modello informativo del progetto saranno portati in conto nello svolgimento delle fasi progettuali e realizzative; in altri termini, il BEP è la risposta dell’appaltatore ai requisiti contenuti nell’EIR.

Offerta per la gestione informativa (oGI): Esplicitazione e specificazione della gestione informativa offerta dall’affidatario in risposta alle esigenze ed i requisiti richiesti dal committente. (UNI 11337-5: 2017)⁸

Piano per la gestione informativa (pGI): Pianificazione operativa della gestione informativa attuata dall’affidatario in risposta alle esigenze ed al rispetto dei requisiti della committenza. (UNI 11337-5: 2017)

BIM: Building Information Modeling/Model/Management – Acronimo il cui significato è andato evolvendosi nel corso del tempo. L’accezione oggi universalmente accettata è Building Information Modeling, in riferimento al processo di progettazione, costruzione e gestione di un edificio (o una infrastruttura – più generalmente un’opera di ingegneria) svolto utilizzando informazioni elettroniche object-oriented.

bSI: Building SMART International – Organizzazione internazionale senza scopo di lucro, aperta e indipendente. L’associazione è strutturata in “Capitoli Regionali” (in

⁶ I seguenti acronimi sono stati estratti dal sito web BiblusBIM raggiungibile dal seguente link: <https://bim.acca.it/tutti-gli-acronimi-del-bim/>

⁷ UNI 11337-7:2018

Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 7: Requisiti di conoscenza, abilità e competenza delle figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa

⁸ UNI 11337-5:2017

Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 5: Flussi informativi nei processi digitalizzati

rappresentanza di stati o gruppi di stati), e riunisce professionisti imprenditori, proprietari e/o gestori di patrimoni immobiliari, produttori di software e di materiale da costruzione, agenzie governative, enti di ricerca, ecc. La sua missione è incidere sullo sviluppo dell'economia dell'industria delle costruzioni attraverso la creazione e la diffusione di standard aperti e condivisi, che facilitino lo scambio dei dati relativi alle costruzioni tra i vari operatori del settore. Promotrice dello standard IFC.

CAD: Computer Aided Design/Drawing/Drafting (progettazione assistita dal computer/disegno tecnico assistito dall'elaboratore) – Settore dell'informatica che si occupa dello sviluppo di tecnologie software finalizzate a supportare l'attività di redazione di disegni tecnici o, in senso più generale, della progettazione.

COBie: Construction Operations Building Information Exchange – Format per lo scambio di informazioni non grafiche, necessarie alla fase di gestione del patrimonio immobiliare costruito. Definito nel 2007, ha avuto un aggiornamento approvato nel 2010 (COBie2); nel 2011 è stato inserito dal NIBS all'interno del National BIM Standard (NBIMS-US). Dispone di formati atti alla lettura automatica e umana; questi ultimi sono proposti come fogli di calcolo Excel.

DXF: Drawing eXchange Format – Formato di file utilizzato per esportazione e importazione di dati tra programmi CAD

EIR: Employer's Information Requirements – Documento pre-gara, redatto dalla committenza, in cui sono definite le relative esigenze specificatamente all'aspetto della produzione e consegna delle informazioni, cui dovrà dare risposta l'appaltatore; non è pertanto, equivalente al Documento Preliminare alla Progettazione. In alcuni appalti banditi in Italia ha assunto il nome di "Capitolato Informativo".

IDM: information Delivery Manual – Sviluppato da buildingSMART International, è una metodologia per la definizione dei processi e relativi flussi di informazioni durante l'intero ciclo di vita di una costruzione.

IFC: Industry Foundation Classes – modello strutturato di dati (edito da building SMART International), object oriented, aperto, pubblico e indipendente da qualsiasi produttore di software. Recepito nella norma ISO 16739 è il più diffuso formato di scambio dati tra applicativi BIM.

ISO: International Organization for Standardization – Ente Normativo Internazionale, non governativo e indipendente, costituitosi a Londra nel 1946; attualmente la Segreteria Centrale ha sede a Ginevra. L'ISO è un network composto esclusivamente di organismi di normazione nazionale, uno per ciascun paese.

LOD: Level Of Detail – Livello di Dettaglio del Modello, indica il contenuto grafico del modello, ad ogni fase prevista del suo sviluppo.

LOI: Level Of Information – Livello Informativo del Modello, indica il contenuto non grafico del modello, ad ogni fase prevista del suo sviluppo.

MEP: Mechanical, Electrical and Plumbing – Espressione comunemente utilizzata in ambito internazionale per indicare gli aspetti impiantistici negli interventi di ingegneria civile.

MVD: Model View Definition – Sviluppato da buildingSMART International e oggetto di certificazione internazionale da essa rilasciata, la “vista del modello” definisce un sottoinsieme del formato IFC che è necessario implementare nei software per soddisfare i requisiti di scambio dati di un definito processo o attività, descritto nel “manuale per lo scambio di informazioni” (IDM).

UNI: Ente Nazionale Italiano di Unificazione – Ente Nazionale Italiano di Unificazione, fondato nel 1921, è un’associazione privata senza scopo di lucro riconosciuta dallo stato e dall’unione Europea. UNI rappresenta l’Italia presso le organizzazioni di normazione europea (CEN) e mondiale (ISO).

I seguenti termini e definizioni sono stati estratti dalla UNI 11337-1: Titolo

Parametrico: Organizzazione di un insieme di dati per relazioni logiche o concettuali in funzione di uno o più parametri.

Formato aperto: Formato di file basato su specifiche sintassi di dominio pubblico il cui utilizzo è aperto a tutti gli operatori senza specifiche condizioni d’uso.

Formato proprietario: Formato di file basato su specifiche sintassi di dominio non pubblico il cui utilizzo è limitato a specifiche condizioni d’uso stabilite dal proprietario del formato.

2D - seconda dimensione: Rappresentazione grafica dell’opera o dei suoi elementi in funzione del piano (geometrie bidimensionali).

3D-terza dimensione: Simulazione grafica dell’opera o dei suoi elementi in funzione dello spazio (geometrie tridimensionali).

4D-quarta dimensione: Simulazione dell’opera o dei suoi elementi in funzione del tempo, oltre che dello spazio.

5D - quinta dimensione: Simulazione dell’opera o dei suoi elementi in funzione della moneta, oltre che dello spazio e del tempo.

6D - sesta dimensione: Simulazione dell’opera o dei suoi elementi in funzione dell’uso, gestione, manutenzione ed eventuale dismissione, oltre che dello spazio.

7D - settima dimensione: Simulazione dell'opera o dei suoi elementi in funzione della sostenibilità (economica, ambientale, energetica, ecc) dell'intervento, oltre che dello spazio, del tempo e dei costi di produzione.

Modello informativo (Modello): Veicolo informativo di virtualizzazione di prodotti e processi del settore costruzioni. I modelli possono essere virtualizzati in senso grafico, documentale e multimediale, e suddivisi in ragione delle discipline cui fanno riferimento (tecnica, economica, ecc.) e per specializzazioni (architettura, strutture, finanza, ecc.). La virtualizzazione grafica del modello informativo prende anche il nome di modello grafico.

Modello singolo: Virtualizzazione dell'opera o suoi elementi in funzione di una disciplina od uno specifico uso del modello. Può essere anche definito modello "disciplinare" o modello "mono-disciplinare".

Modello aggregato: Virtualizzazione dell'opera o suoi elementi in funzione di una aggregazione (stabile o temporanea) di più modelli singoli, come strumento per il coordinamento di più modelli. Costituisce un modello aggregato sia l'insieme di più modelli singoli tra loro coordinati sia la loro fusione in un unico modello. Può essere anche definito modello "federato" o modello "multidisciplinare".

Ambiente di condivisione dati (ACDat): Ambiente di raccolta organizzata e condivisione dei dati relativi a modelli ed elaborati digitali, riferiti ad una singola opera o ad un singolo complesso di opere. Corrispondente al termine anglosassone CDE: Common Data Environment.

Archivio di condivisione documenti (ACDoc): Archivio di raccolta organizzata e condivisione di copie di modelli e copie od originali di elaborati su supporto non digitale, riferiti ad una singola opera o ad un singolo complesso di opere.

Piattaforma collaborativa digitale: Ambiente digitale per la raccolta organizzata e la condivisione di dati, informazioni, modelli, oggetti ed elaborati, riferiti alla filiera delle costruzioni: prodotti risultanti, prodotti componenti e processi (oggetti, soggetti, azioni).

PARTE I - Lo stato della questione. Il contesto normativo

1 Il quadro normativo

Nel processo di analisi della letteratura BIM, è emerso che solo due paesi stanno attualmente sviluppando i propri standard BIM: gli Stati Uniti e il Regno Unito. Il resto dei paesi prende come base i loro sviluppi. Lo standard più completo al mondo è il National BIM Standard-United States V3 (NBIMS-US), ma questo è piuttosto complesso e quindi vengono spesso utilizzate delle guide semplificate che si basano su di esso. Gli standard del Regno Unito non sono così completi e alcuni dei concetti BIM fondamentali differiscono dalla versione degli Stati Uniti. Gli standard degli Stati Uniti sono presi come base nel continente americano, Australia e Asia, mentre quelli del Regno Unito in Europa e Africa. Alcuni paesi europei, come la Finlandia e la Norvegia, hanno sviluppato i propri standard basandosi su quelli del Regno Unito.

Negli ultimi anni il BIM è stato sempre più utilizzato in vari settori dell'edilizia. Inizialmente, la tecnologia è stata sviluppata principalmente per le nuove costruzioni. In seguito, ha iniziato ad essere utilizzato per la ricostruzione. L'idea generale del BIM può essere applicata in diversi campi, tuttavia, rimane il problema della mancanza di standard per altri tipi di lavoro al di fuori delle nuove costruzioni.

Regno Unito

Il Regno Unito è stato uno dei primi in Europa a prendere l'iniziativa di regolamentare il BIM a livello statale. Nel 2011, l'ufficio del gabinetto del Regno Unito ha introdotto la strategia di costruzione del governo, che sanciva l'obbligo dell'uso del BIM di livello 2 da utilizzare entro il 2016 per progetti pubblici e privati. Insieme alla comunità di esperti è stata sviluppata una serie di documenti normativi che, insieme agli standard statunitensi, è attualmente uno degli standard più sviluppati al mondo.

Uno dei fattori di successo è stata la partecipazione del settore edile - BIM Task Group. Il BIM Task Group riunisce professionisti del governo, del settore pubblico, delle istituzioni, del mondo accademico e dell'industria. Lo scopo principale dei documenti sviluppati è quello di creare le condizioni per l'uso diffuso del BIM Livello 2. I livelli BIM sono stati originariamente descritti in PAS 1192-2:2013 in conformità con la definizione introdotta da M. Bew e M. Richards⁹.

⁹ Bew M., Underwood J., Wix J. e Storer G. Going

BIM in a Commercial World

eWork ed eBusiness in Architecture, Engineering and Construction: European Conferences on Product and Process Modeling (ECCPM 2008), Sophia Antipolis, Francia, pp. 139–150

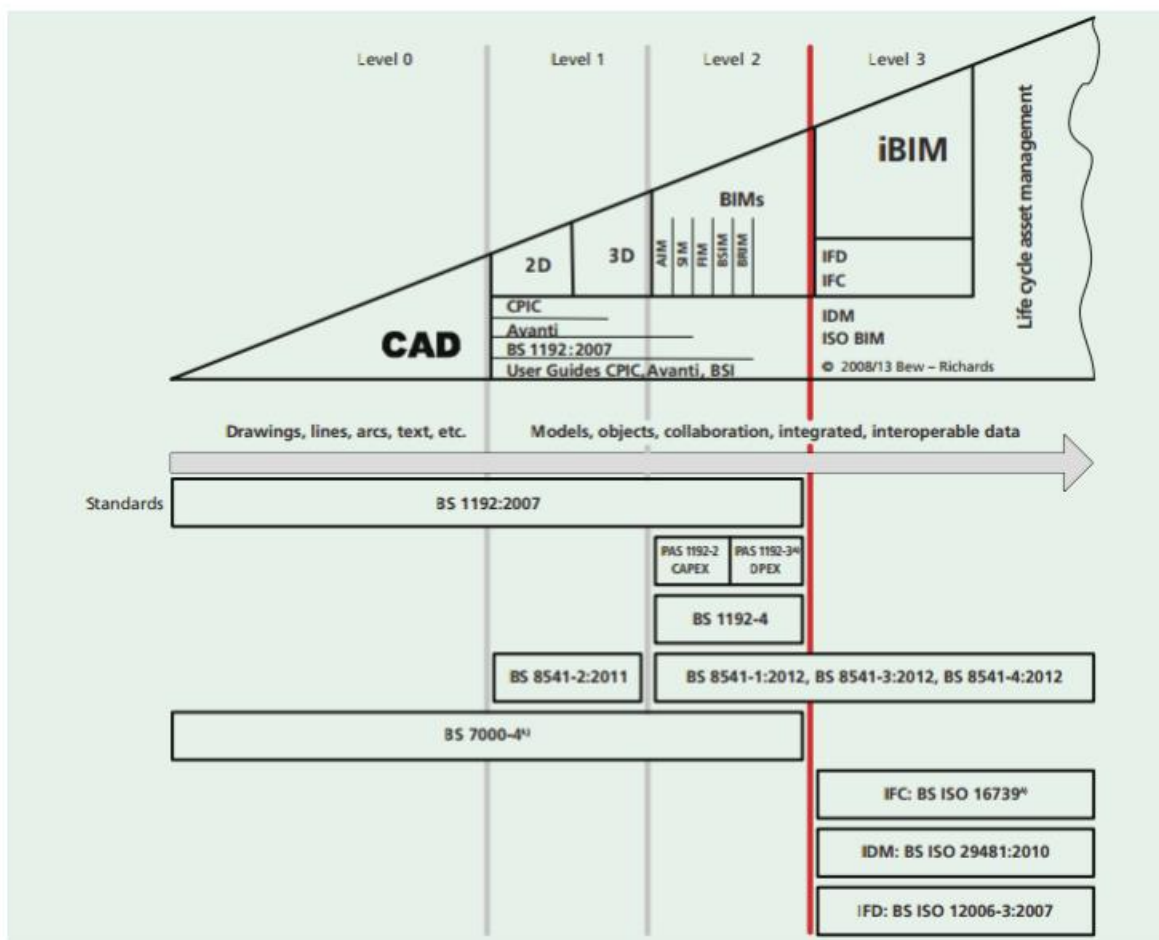


Figura 1 - Definizione dei livelli BIM (PAS 1192-2:2013)

Livello 0 - disegno bidimensionale utilizzando CAD senza norme e standard uniformi.

Livello 1 - disegno bidimensionale con uso parziale della modellazione 3D. Il disegno viene eseguito secondo standard e regolamenti uniformi.

Livello 2 - questo livello è caratterizzato da una modellazione tridimensionale nell'ambiente dei dati generali utilizzando i moderni sistemi CAD con l'ottenimento della documentazione direttamente dal modello informativo. Il modello dovrebbe contenere descrizioni 4D (calendario per l'attuazione del progetto) e 5D (indicatori di costo). Al momento, la progettazione è già possibile a questo livello. Sono stati sviluppati vari standard aggiuntivi e linee guida pratiche per facilitare l'implementazione del BIM nel Regno Unito.

Livello 3 - è un unico sistema integrato a ciclo completo. Nell'industria, BIM Livello 3 corrisponde alle moderne soluzioni di ingegneria industriale PLM (Project Lifecycle Management). Il livello 3 è attualmente irrealizzabile a causa della mancanza del software necessario.

AEC (UK) BIM Technology Protocol v2.1.1

La famiglia di documenti AEC (UK) BIM Protocols v.2.1.1 è stata sviluppata per semplificare l'implementazione delle tecnologie BIM ed è un insieme di modelli facilmente adattabili per progetti e aziende specifici. La famiglia di protocolli BIM AEC (UK) è stata sviluppata sui principi e le basi definiti dalla serie PAS/BS 1192 di standard britannici, in collaborazione con alcuni fornitori di software.

Questa famiglia di standard comprende i seguenti documenti:

- AEC (UK) BIM Technology Protocol v2.1;
- AEC (UK) BIM Protocol — BIM Execution Plan v2.0;
- AEC (UK) BIM Protocol — Model Matrix v2.0.

Insieme ai rappresentanti del settore IT, sono stati sviluppati i seguenti standard:

per Autodesk Revit:

- AEC (UK) BIM Protocol For Autodesk Revit v2.0 (Supplementary document for Autodesk Revit);
- AEC (UK) BIM Protocol For Autodesk Revit — Model Validation Checklist v2.0.
- ***per Bentley AECOsim Building Designer:***
- AEC (UK) BIM Protocol For Bentley ABD v2.0 (Supplementary document for Bentley AECOsim Building Designer);
- AEC (UK) BIM Protocol For Bentley ABD — Model Validation Checklist v2.0;

per ARCHICAD:

- AEC (UK) BIM Technology Protocol For ARCHICAD v2.0;
- AEC (UK) BIM Technology Protocol For ARCHICAD — Template Checklist v2.0;
- AEC (UK) BIM Technology Protocol For ARCHICAD — Model Validation Checklist For Import v2.0;
- AEC (UK) BIM Technology Protocol For ARCHICAD — Model Validation Checklist For Export v2.0.

per Nemetschek Vectorworks:

- AEC (UK) BIM Protocol For Nemetschek Vectorworks v1.2.

Government Soft Landings

Nelle aziende private, il processo di implementazione delle tecnologie BIM è più rapido che nelle organizzazioni pubbliche. I dipartimenti del governo spesso non hanno le competenze necessarie ed è difficile per loro organizzare adeguatamente il lavoro con gli

appaltatori. Questo problema è particolarmente evidente nelle fasi del ciclo di vita degli edifici successive alla costruzione. Pertanto, per semplificare il processo di implementazione delle tecnologie BIM, il governo del Regno Unito ha pubblicato il documento “Government Soft Landings”, obbligatorio per tutti i progetti finanziati dallo Stato. È necessario che il gruppo di progettazione monitori e segua i dipartimenti del governo per diversi anni dopo il completamento dell’edificio. In conformità con i requisiti del documento, il personale che gestirà la costruzione deve essere incluso dalle prime fasi della progettazione.

La strategia governativa Digital Built Britain mira a realizzare le seguenti quattro strategie entro il 2025:

- Industrial Strategy — Construction 2025;
- Business and Professional Services Strategy;
- Smart Cities Strategy;
- Information Economy Strategy

Digital Built Britain

Il passaggio dal BIM livello 2 al BIM livello 3 è il focus centrale della strategia del Digital Built Britain. Poiché il livello 3 differisce dal livello 2 nella qualità dei modelli BIM e nelle capacità decisionali e gestionali, questa strategia dovrebbe essere associata ad altre che promuovono lo sviluppo di città intelligenti, clima imprenditoriale ed economia dell'informazione.

Il BIM livello 3 è ancora in fase di ricerca e il Digital Built Britain definisce quattro fasi per la progressiva implementazione del BIM Livello 3:

- Level 3 A Enabling improvements in the Level 2 model;
- Level 3B Enabling new technologies and systems;
- Level 3C Enabling the development of new business models;
- Level 3D Capitalising on world leadership.

Le principali attività tecnico-commerciali per queste fasi sono illustrate in figura:

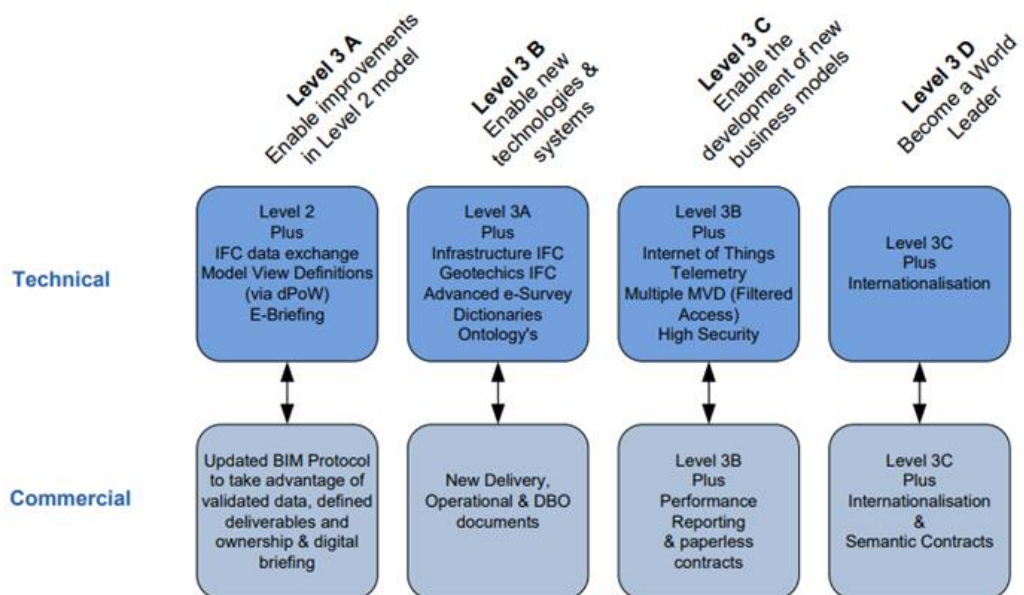


Figura 2 - Le principali attività tecnico-commerciali (Digital Built Britain)

Stati Uniti

Negli Stati Uniti, i temi della standardizzazione del settore edile hanno cominciato ad essere affrontati molto prima che in altri paesi del mondo. Ciò è dovuto a molti fattori, quali: la presenza dei principali produttori mondiali di software per l'edilizia, la presenza di un gran numero di istituzioni scientifiche ed educative, il coinvolgimento di agenzie governative. Per questo motivo, gli Stati Uniti hanno il maggior numero di standard e linee guida BIM. Attualmente, il documento centrale nel campo del BIM è il National BIM Standard - United States V3.

National BIM Standard —United States™ V3

È stato sviluppato dall'organizzazione no profit National Institute of Building Sciences.

La prima versione dello standard NBIMS-US Version 1 - Part 1 è stata rilasciata nel dicembre 2007. Ha introdotto il concetto di ciclo di vita dell'edificio, ha proposto una metodologia di lavoro e ha identificato le esigenze di standardizzazione del processo di scambio dei dati. La seconda versione dello standard NBIMS-US V2 è stato il primo standard BIM aperto che utilizzava altri standard aperti per lo scambio di dati e forniva linee guida metodologiche per l'implementazione del BIM. Lo standard NBIMS-US V3 copre quasi l'intera gamma moderna di tecnologie BIM ed è costituito da un insieme di documenti. Poiché questo standard non può essere aggiornato frequentemente, potrebbe non contenere sempre le soluzioni più aggiornate. Pertanto, molte organizzazioni senza scopo di lucro e istituzioni accademiche stanno rilasciando componenti aggiuntivi che integrano NBIMS-US V3.

AIA E203-2013 BIM & Digital Data Exhibit

La serie di guide pratiche E203-2013, G201-2013 e G202-2013 è stata sviluppata dall'American Institute of Architects (AIA) in collaborazione con i leader del settore. La linea guida E203-2013 fornisce un modello generico per i documenti contrattuali che implementano la metodologia BIM. Questo modello prescrive l'ordine in cui i modelli vengono scambiati tra i diversi partecipanti al progetto. In conformità con E203-2013, i documenti contrattuali riguardano i seguenti incarichi:

- Determinare chi è responsabile di ogni elemento del modello informativo in ogni fase del progetto;
- Determinare la procedura di applicazione dei modelli informativi per la pianificazione del calendario, determinare il costo stimato, gli elementi costruttivi e di costruzione;
- Determinare chi è responsabile della gestione del modello informativo in ogni fase del progetto.

L'AIA ha introdotto per la prima volta i livelli di studio (LOD, Level of Development). In totale vengono introdotti cinque livelli principali, sebbene sia consentito definire livelli utente aggiuntivi:

- LOD 100 - Concetto;
- LOD 200 - geometria approssimativa;
- LOD 300 - Geometria precisa;
- LOD 400 - Idoneo alla realizzazione;
- LOD 500 - "Come costruito".

Level of Development Specification

Il Level of Development Specification è una guida basata su G202-2013 nella serie AIA E203-2013 BIM & Digital Data Exhibit e fornisce una definizione formale del livello di sviluppo (LOD). In questo documento compare un ulteriore livello di elaborazione, il LOD 350. Questa specifica del livello di sviluppo (LOD) fornisce un foglio di calcolo che consente di descrivere in dettaglio i requisiti per i livelli di sviluppo e di interagire all'interno di un progetto basato su classificatori standard: UniFormat o OmniClass.

The Contractor's Guide to BIM

The Contractors' Guide to BIM è un breve documento che spiega i principi di base del BIM per gli appaltatori in un linguaggio semplice. Spiega brevemente cos'è il disegno 2D, cos'è il design 3D e cos'è la modellazione delle informazioni. Il documento è consigliato da molti esperti per la prima conoscenza del BIM.

USACE BIM Roadmap (ERDC SR-12-2)

US Army Corps of Engineers Roadmap for BIM Life Cycle Implementation (ERDC SR-12-2) è stato sviluppato dall'unità di costruzione del Dipartimento della Difesa. Il documento è destinato ai partecipanti dei progetti di costruzione e agli sviluppatori e ai fornitori di software. Questo documento include un piano di applicazione BIM e guide pratiche.

Il documento contiene due applicazioni sviluppate da Autodesk e Bentley che dimostrano le capacità della tecnologia BIM con esempi:

- ERDC SR-12-2, Supplement 1 — BIM Implementation Guide for Military Construction (MILCON) Projects Using the Autodesk Platform;
- ERDC SR-12-2, Supplement 2 — BIM Implementation Guide for Military Construction (MILCON) Projects Using the Bentley Platform.

USACE BIM Minimum Modeling Matrix (M3) è uno standard sviluppato in aggiunta allo standard BIM USACE. Questo standard offre uno strumento sotto forma di foglio di calcolo che consente di organizzare l'interazione quando si lavora con un progetto basato su classificatori standard: OmniClass, UniFormat, ecc. Questo strumento è ampiamente utilizzato anche nell'ingegneria civile.

La serie GSA BIM Guide Series è nata nel 2003, quando la US General Services Administration (GSA), insieme al Public Buildings Service (PBS), ha lanciato il National 3D-4D-BIM Program. I primi documenti sono stati presentati ufficialmente nel 2006. La serie di linee guida è composta dai seguenti documenti:

- BIM Guide 01 – 3D-4D-BIM Overview
- BIM Guide 02 – Spatial Program Validation
- BIM Guide 03 - 3D Laser Scanning
- BIM Guide 04 - 4D Phasing
- BIM Guide 05 - Energy Performance
- BIM Guide 06 - Circulation and Security Validation
- BIM Guide 07 - Building Elements
- BIM Guide 08 - Facility Management
- BIM Guide Terminology

Italia

Il BIM in Italia ha iniziato a essere regolamentato con l'introduzione di una nuova normativa (DM 560/2017) e della norma tecnica UNI 11337, ad oggi tra le più complete in Europa.

Il Decreto Ministeriale n. 560 del 01/12/2017 prevedeva una progressiva introduzione obbligatoria delle metodologie BIM per le stazioni appaltanti: a partire dal 2019 era previsto che l'utilizzo del BIM divenisse obbligatorio per i lavori cosiddetti "complessi", ovvero per quei lavori aventi un importo uguale o superiori a 100 milioni di euro; soglia che poi si sarebbe dovuta abbassare annualmente fino al 2025, anno in cui era prevista l'adozione del BIM per tutti i progetti.

Con la pubblicazione del decreto DM 312/2021, sono state apportate alcune modifiche al DM 560/2017: il nuovo decreto ha infatti modificato le date e gli importi relativi all'obbligo di introduzione graduale del BIM.

Obbligo di adozione del BIM nelle opere pubbliche		
Lavori complessi	≥ 100 milioni di euro	dal 1° gennaio 2019
	≥ 50 milioni di euro	dal 1° gennaio 2020
	≥ 15 milioni di euro	dal 1° gennaio 2021
Opere di nuova costruzione ed interventi su costruzioni esistenti, fatta eccezione per le opere di ordinaria manutenzione	≥ 15 milioni di euro	dal 1° gennaio 2022
Opere di nuova costruzione, ed interventi su costruzioni esistenti, fatta eccezione per le opere di ordinaria e straordinaria manutenzione	≥ 5,35 milioni di euro	dal 1° gennaio 2023
Opere di nuova costruzione, ed interventi su costruzioni esistenti, fatta eccezione per le opere di ordinaria e straordinaria manutenzione	≥ 1 milioni di euro	dal 1° gennaio 2025

Attualmente sono state pubblicate le seguenti normative:

UNI 11337-1: Modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti, processi

UNI 11337-2: Criteri di denominazione e classificazione di modelli, prodotti e processi

UNI 11337-3: Modelli di raccolta, organizzazione e archiviazione dell'informazione tecnica per i prodotti da costruzione

UNI 11337-4: Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati e oggetti

UNI 11337-5: Flussi informativi nei processi digitalizzati

UNI 11337-6: Linea guida per la redazione del capitolato informativo

UNI 11337-7: Requisiti di conoscenza, abilità e competenza per le figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa

Le seguenti normative invece sono ancora in fase di sviluppo:

UNI 11337-8: Processi integrati di Gestione delle Informazioni e delle Decisioni

UNI 11337-9: Gestione informativa in fase di esercizio (Due Diligence, Piattaforma collaborativa e Fascicolo del fabbricato)

UNI 11337-10: Organizzazione delle figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa

Canada

In Canada esiste un ente speciale chiamato Canada BIM Council, impegnato nell'introduzione della tecnologia BIM nel settore delle costruzioni.

Poiché il Canada si trova nello stesso spazio economico degli Stati Uniti d'America, utilizza ufficialmente i suoi standard, come lo standard BIM nazionale degli Stati Uniti.

AEC (CAN) BIM Protocol

Questo documento è un adattamento del documento britannico AEC (UK) BIM Protocol, tenendo conto delle innovazioni proposte dagli standard americani.

BIM PxP Toolkit

Questo documento normativo contiene raccomandazioni per lo sviluppo di piani per l'attuazione di progetti nelle fasi di progettazione, costruzione e manutenzione.

Norvegia

La Norvegia sta lavorando attivamente ai documenti normativi sulla tecnologia BIM. Di recente sono apparsi diversi nuovi standard.

Statsbygg BIM manual

Questa guida pratica è stata sviluppata dall'organizzazione governativa Statsbygg ed è lo standard principale in Norvegia.

Diversi documenti internazionali ISO BIM e tre standard norvegesi fungono da riferimenti normativi in questo documento:

- NS 8351 Building drawings - Computer aided design (CAD) – Layers;
- NS 3940 Areas and volumes of buildings;
- NS 3451 Table of building elements.

Lo standard presenta i requisiti di base per il processo di progettazione nella tecnologia BIM. Vengono descritte le definizioni e i requisiti per gli elementi del modello BIM. Vengono inoltre forniti i requisiti di base per i modelli BIM nelle diverse fasi del progetto BIM e per le diverse discipline. Il documento presenta i requisiti per l'analisi della soluzione progettuale, i requisiti per la ricerca delle collisioni, i requisiti per la tutela ambientale e il risparmio energetico.

Boligprodusentenes BIM Manual

Boligprodusentenes BIM Manual 2.0 è costituito da due parti principali. La prima parte fornisce una descrizione generale della tecnologia BIM. La seconda parte contiene liste di controllo con le quali è necessario controllare lo stato di avanzamento dei lavori su un progetto BIM. Questo documento fornisce un'introduzione alla tecnologia BIM.

Finlandia

COBIM

La serie di documenti COBIM è stata sviluppata da BuildingSMART Finland ed è progettata per aiutare a completare i progetti BIM.

COBIM è utilizzato non solo in Finlandia, ma anche in Danimarca ed Estonia. Comprende i seguenti documenti:

- Series 1: General part
- Series 2: Modeling of the starting situation
- Series 3: Architectural design

- Series 4: MEP design
- Series 5: Structural design
- Series 6: Quality assurance
- Series 7: Quantity take-off
- Series 8: Use of models for visualization
- Series 9: Use of models in MEP analyses
- Series 10: Energy analysis
- Series 11: Management of a BIM project
- Series 12: Use of models in facility management
- Series 13: Use of models in construction

Germania

Nel 2005 è stato creato in Germania il GAEB (Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen, Joint Committee for Electronics in Construction) che avrebbe dovuto automatizzare lo scambio dei dati. Negli ultimi anni il suo ruolo è andato crescendo attivamente e sono in corso di rilascio i documenti normativi necessari per l'utilizzo del BIM.

Nel 2015 è stato adottato il piano di attuazione del BIM (Stufenplan Digitales Planen und Bauen). Il piano prevedeva tre fasi di attuazione:

- 2015-2017 – sviluppo di standard;
- 2017-2020 utilizzo obbligatorio della tecnologia BIM nei progetti da 10 milioni di euro;
- dopo il 2020 - l'uso obbligatorio del BIM per tutti i progetti.

Le date sono state successivamente modificate per vari motivi.

Esistono pochi standard BIM a livello nazionale in Germania, alcuni di essi sono presentati di seguito.

GAEB DA XML 3.2

Questo standard definisce l'ordine e la composizione delle informazioni trasmesse nelle diverse fasi dell'esecuzione del progetto. Lo standard contiene sottosezioni che definiscono la quantità di informazioni da trasmettere durante la trasmissione di informazioni.

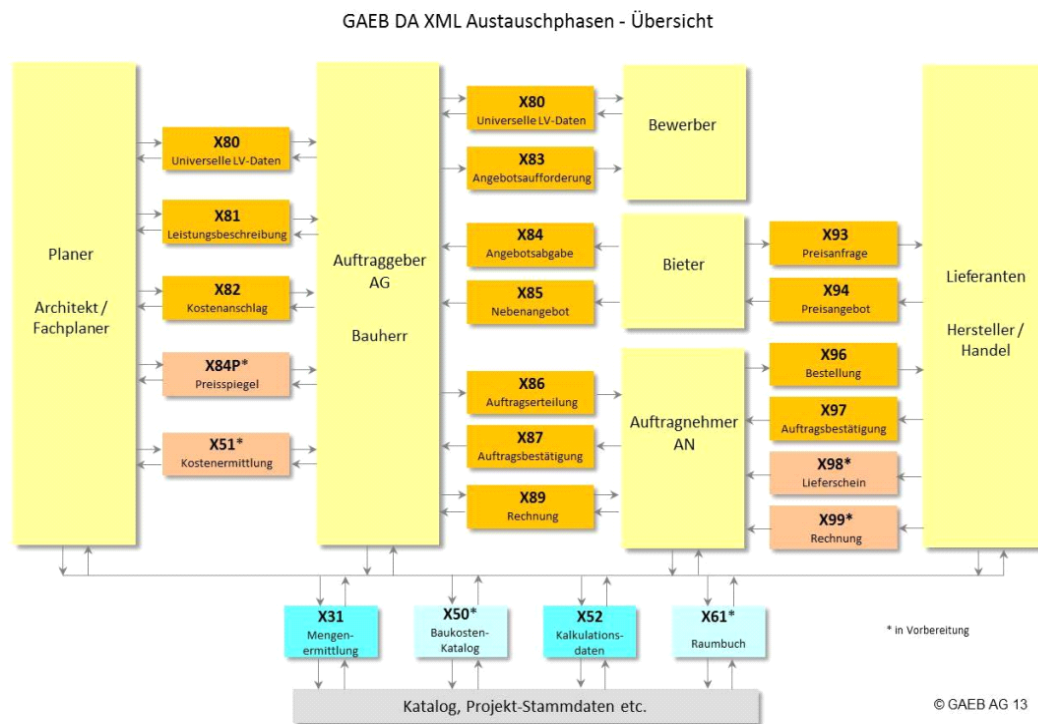


Figura 3 - La procedura per lo scambio di informazioni nelle diverse fasi dei progetti di costruzione (GAEB DA XML)

Danimarca

La Danimarca è uno dei leader mondiali nello sviluppo e nell'implementazione delle tecnologie BIM.

Nel 2001 è stata annunciata l'iniziativa danese per l'edilizia digitale. Nel 2007-2008 sono stati formulati i requisiti per i progetti BIM e sono stati completati i primi progetti.

Attualmente, il governo danese a livello nazionale richiede l'uso del BIM per tutti i progetti finanziati con fondi pubblici.

Dal 2013, i seguenti requisiti per i progetti BIM sono obbligatori in Danimarca:

1. The use of digital building models (applicazione dei modelli BIM).
2. ICT coordination (coordinamento di tutte le tecnologie dell'informazione).
3. Managing digital building objects (gestione digitale dei contratti).
4. Digital communication and project web (comunicazioni digitali).
5. Digital QTO and bid/tender (documentazione di gara digitale).
6. Digital delivery of building documentation (documentazione ingegneristica digitale).
7. Digital inspection (ispezione digitale).

Paesi Bassi

Rgd BIM Standard

Nel 2011, l'organizzazione governativa Rijkgebouwendienst ha rilasciato la prima versione di questo documento che seppur breve contiene tutte le informazioni di base sulla tecnologia BIM.

Australia

In Australia, le seguenti organizzazioni stanno lavorando alla tecnologia BIM:

- Australian Productivity Commission,
- The Australian Construction Industry Forum (ACIF)
- Australian Procurement & Construction Council (APCC)
- Built Environment Industry Innovation Council (BEIC)

Con il supporto di queste organizzazioni, l'Australia ha sviluppato la NATSPEC National BIM Guide.

NATSPEC National BIM Guide

NATSPEC National BIM Guide è un adattamento dell'American VA BIM Guide.

Nuova Zelanda

New Zealand BIM Handbook

Questo documento fornisce una breve introduzione al BIM e si basa sull'Australian BIM Handbook di NATSPEC. In base a questo documento, le linee guida per la documentazione di progettazione del consiglio neozelandese denominato NZ Construction Industry Council (NZCIC) devono essere utilizzate insieme al manuale BIM della Nuova Zelanda.

Cina

Per la prima volta in Cina, il BIM è stato incluso nel 12° piano quinquennale (2011-2015). Nell'ambito di questi lavori avrebbe dovuto creare i primi standard e implementare i primi progetti BIM.

La Cina sta attualmente ponendo grande enfasi sulla tecnologia BIM e grandi progetti infrastrutturali ne stanno aiutando l'adozione.

Hong Kong

Nella città di Hong Kong, il Construction Industry Council (CIC) gestisce lo sviluppo delle tecnologie BIM. L'Hong Kong Institute of Building Information Modeling (HKIBIM) è l'organizzazione che ne sviluppa i regolamenti. Il BuildingSMART Hong Kong è una filiale di buildingSMART International.

Nel 2010, l'HKIBIM ha rilasciato il primo documento nel campo della modellazione delle informazioni: BIM Project Specification 1.0. È stato uno dei primi documenti normativi sulla tecnologia BIM al mondo. Nel 2012, CIC ha iniziato a lavorare con un gran numero di organizzazioni nel settore delle costruzioni su una strategia di implementazione del BIM per Hong Kong.

Nel 2014 è stata pubblicata la "Roadmap for the Strategic Implementation of Building Information Modeling (BIM) in Hong Kong's Construction Industry".

In questo piano di implementazione è stata effettuata un'analisi dei programmi di sviluppo BIM in molti paesi del mondo e sulla base di questa analisi, sono state formulate le seguenti raccomandazioni:

A. Cooperazione industriale.

A.1. Creazione di un unico organismo di coordinamento per lo sviluppo della cooperazione a Hong Kong e a livello internazionale per risolvere i seguenti compiti.

A.2. Promozione la collaborazione durante tutto il ciclo di vita di un progetto.

A.3. Nomina di un BIM manager nel team di progetto.

B. Motivare l'implementazione del BIM.

B.1. Motivazione dell'implementazione BIM ai committenti pubblici e privati.

B.2. Raccolta e rielaborazione dei risultati di progetti già completati per dimostrare i vantaggi del BIM.

B.3. Sviluppo di casi di studio per dimostrare i vantaggi dell'implementazione del BIM.

B.4. Supporto alle piccole imprese.

C. Normalizzazione e progetti pilota.

C.1. Sviluppo di linee guida pratiche.

D. Registrazione legale dei contratti BIM.

D.1. Rielaborazione dei documenti contrattuali aggiungendo termini BIM.

D.2. Controllo della proprietà intellettuale e dei diritti sui dati.

E. Scambio di informazioni.

E.1. Sviluppo di un repository per i dati BIM e metodologia di scambio dei dati.

F. Promozione e formazione sulle tecnologie BIM.

F.1. Fornitura e supporto nell'implementazione delle tecnologie BIM.

F.2. Accelerazione dello sviluppo di standard e documenti BIM.

F.3. Sviluppo di opportunità per l'integrazione dei processi di progettazione e costruzione con il funzionamento delle strutture infrastrutturali.

G. Compatibilità e supporto dei produttori di sistemi BIM.

G.1. Compatibilità del formato dei dati e supporto per i nuovi fornitori di software.

H. Controllo e gestione del rischio.

H.1. Adeguamento del processo di gestione strategica del rischio per i progetti BIM.

I. Competitività globale.

I.1. Sostegno della competitività dell'industria delle costruzioni di Hong Kong.

Come parte di questo piano strategico, nel 2015 sono stati rilasciati i primi CIC BIM Standards (Phase One).

HKIBIM BIM Project Specification

Questo documento è un semplice standard BIM molto breve. Lo standard definisce gli obiettivi principali della modellazione delle informazioni, fornisce i requisiti generali per gli elementi del modello e definisce la gestione dei progetti BIM.

CIC Building Information Modelling Standards (Phase One)

Questo documento è stato sviluppato durante l'implementazione della "Roadmap for the Strategic Implementation of Building Information Modeling (BIM) in Hong Kong's Construction Industry".

Il primo capitolo del documento fornisce una breve introduzione al BIM e definisce il PxP (Project Execution Plan) per le varie fasi di esecuzione del progetto.

Il secondo capitolo descrive la metodologia della modellazione delle informazioni.

Il terzo capitolo descrive il LOD per le diverse fasi di esecuzione del progetto. Si propone di utilizzare 6 livelli: 100, 200, 300, 350, 400, 500.

Il quarto capitolo descrive le regole per il lavoro congiunto sul progetto e le regole per la documentazione. Le appendici contengono definizioni, nomi di elementi del progetto e abbreviazioni.

Singapore

Singapore è uno dei leader nel campo dell'informatizzazione dell'industria delle costruzioni nel mondo.

All'inizio degli anni '90 CORENET (CONstruction and Real Estate NETwork) è stato creato a Singapore e mirava a migliorare la qualità dei progetti e la produttività del lavoro, creando vari servizi di informazione per le imprese nel settore delle costruzioni.

Il sistema di standard BIM di Singapore si basa sull'esperienza internazionale e utilizza come base gli standard americani.

Dal 2015 il governo ha decretato che l'uso del BIM è obbligatorio per la progettazione di tutti gli edifici con una superficie totale superiore a 5.000 m². Tuttavia, solo dal 19 ottobre 2016, le sezioni architettoniche dei progetti edilizi e, dal 1 ottobre 2017, anche i calcoli strutturali e le reti ingegneristiche.

Il Singapore Standards System è costituito dalla Singapore BIM Guide 2.0, sei documenti BIM Essential Guide e dal sistema di invio del progetto BIM e-Submission BIM.

Singapore BIM Guide

La Guida BIM di Singapore 2.0 è attualmente il principale documento BIM per il settore edile di Singapore. Il manuale è composto da 70 pagine.

Questa guida è stata sviluppata nell'ambito dell'iniziativa IT CORENET (CONstruction and Real Estate NETwork) in collaborazione con le principali organizzazioni della città al fine di migliorare la qualità e la produttività del lavoro. Il documento è stato sviluppato dall'organizzazione governativa BCA (Building and Construction Authority).

Come riferimenti normativi nel documento sono riportati:

- VA Object/Element Matrix;
- Level of Development (LOD) Specification
- Code of Practice for Building Information Modelling (BIM) e-Submission

BIM Essential Guide

Questa famiglia di documenti è stata sviluppata per sviluppare la Singapore BIM Guide. I documenti sono rivolti a ingegneri e manager di varie specialità, sono brevi e fanno riferimento solo alla Guida BIM di Singapore.

BIM e-Submission

Il documento principale di questa serie di e-Submission Code of Practice for Building Information Modeling (BIM) è composto da quattro volumi. Il primo volume descrive in dettaglio il sistema generale di denominazione dei file e degli elementi del progetto, l'uso

di stili, caratteri, ecc. I seguenti tre volumi sono destinati ad architetti, progettisti strutturali e di servizi.

È consentito utilizzare file ArchiCAD, Revit, Bentley, Tekla Structures come modelli informativi. Per ciascuno di questi formati, esiste un file modello (RTE, RFA, LCF, TPL), nonché un documento dettagliato che descrive come creare modelli di informazioni in un particolare prodotto software e quali sono i requisiti di esame.

Corea del Sud

Nel 2015-2018 il Korean Institute of Construction Technology (KICT) ha sviluppato gli standard IFC Roads che è attualmente in fase di negoziazione da parte di buildingSMART International. Il BIM è ora obbligatorio in Corea del Sud per tutti i progetti superiori a 50 milioni di dollari.

Paesi del Golfo Persico

Il Consiglio di cooperazione del Golfo comprende 6 paesi: Bahrain, Qatar, Kuwait, Emirati Arabi Uniti, Oman, Arabia Saudita. Uno dei programmi attualmente in corso di attuazione da parte del Consiglio è finalizzato all'introduzione delle tecnologie BIM. I suoi documenti BIM non sono ancora stati sviluppati, quindi gli standard di altri paesi, principalmente quelli europei, sono ancora utilizzati.

Negli Emirati Arabi Uniti nel 2014 sono stati introdotti requisiti obbligatori per l'utilizzo di progetti BIM, basati sui requisiti del Regno Unito.

Livello globale

BulidingSMART International

BulidingSMART International (bSI) è la piattaforma centrale per il coordinamento delle attività BIM in tutto il mondo. BSI contiene organizzativamente diversi comitati permanenti e gruppi di lavoro temporanei che lavorano su vari aspetti del BIM. Lo sviluppo dello standard di base per lo scambio di dati IFC (Industry Foundation Classes) è stato realizzato interamente in bSI.

International Organization for Standardization

L'Organizzazione Internazionale per la Standardizzazione (ISO) non sviluppa standard BIM. Il suo ruolo è limitato al coordinamento e all'approvazione di tali standard.

Poiché l'ISO è una grande organizzazione internazionale, rilascia i suoi standard un po' in ritardo rispetto alle tendenze globali.

La tecnologia BIM viene attivamente introdotta nei processi di progettazione in molti paesi in tutto il mondo. Tuttavia, solo due paesi stanno attualmente sviluppando i propri standard BIM: gli Stati Uniti e il Regno Unito. Il resto dei paesi basa i propri standard su questi due. Lo standard più completo al mondo è l'American National BIM Standard v3.0, tuttavia si tratta di un documento piuttosto complicato, pertanto, vengono spesso utilizzati documenti metodologici semplificati sviluppati sulla base di NBIMS. Gli standard britannici non sono completi come gli standard americani e presentano alcune differenze, ma i concetti generali sono molto simili. Gli standard americani sono più utilizzati in America, Australia e Sud-est asiatico, mentre gli standard britannici sono più utilizzati in Europa, Africa e Medio Oriente. Alcuni paesi europei (Norvegia, Finlandia, Paesi Bassi) hanno sviluppato i propri standard BIM; tuttavia, questi sono in parte basati sugli standard britannici.

PARTE II – La formazione del modello di informazione

1 Il processo di preparazione e organizzazione del processo di modellazione delle informazioni

La normativa UNI 11337, trattando del Capitolato Informativo, lo identifica come documento obbligatorio da mettere a base di ogni gara d'appalto pubblica in BIM (indipendentemente dall'oggetto o dall'importo), la cui redazione è sempre di competenza della Stazione Appaltante.

Nella parte 5 della norma UNI 11337, dove si tratta di Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni, sono illustrati i flussi informativi nei processi digitalizzati.

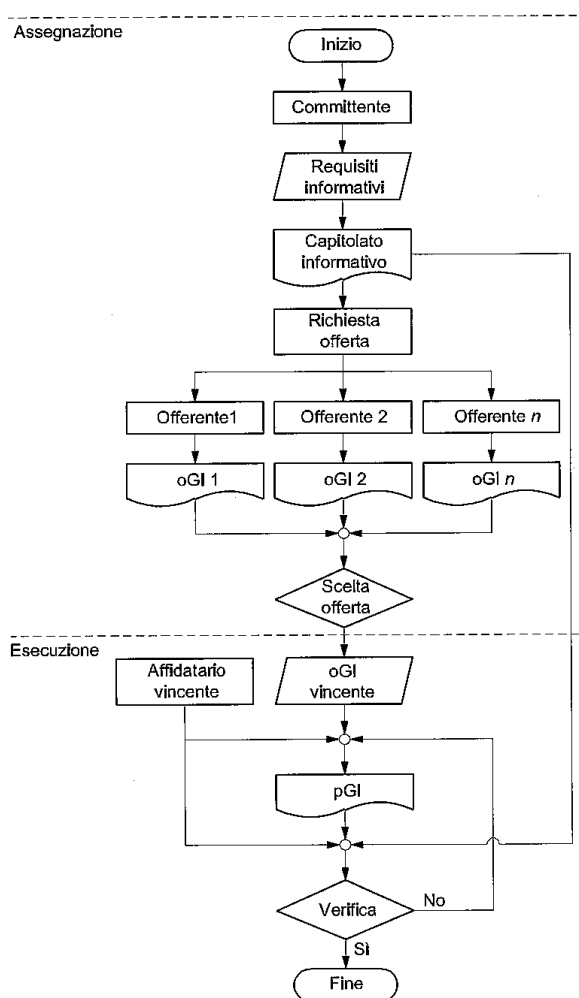


Figura 4 - Flusso informativo, UNI 1337-5

Gli operatori economici che intendono partecipare alle gare d'appalto BIM devono rispondere al Capitolato Informativo mediante la redazione dell'oGI (Offerta di Gestione Informativa), per qualificarsi come potenziali appaltatori.

Una volta che la Stazione Appaltante avrà selezionato l'affidatario, quest'ultimo dovrà produrre un pGI (Piano di Gestione Informativa) dove verranno dettagliate in maniera specifica le strategie illustrate nell'oGI.

Capitolo informativo (CI, UNI 11337)

Il Capitolo informativo (CI) è un documento redatto dalla committenza ed è rivolto ai potenziali affidatari.

Il CI fa parte della documentazione di gara e fornisce che fornisce una descrizione generale in merito alle specifiche informative richieste dalla stazione appaltante e finalizzate alla razionalizzazione delle attività di progettazione e delle connesse verifiche mediante l'uso di metodi e strumenti BIM. In questo documento sono quindi definite le esigenze relative all'aspetto della produzione e consegna delle informazioni.

La struttura del Capitolato Informativo

Nella UNI 11337-6 vengono fornite indicazione sulla stesura del Capitolato Informativo e sui suoi contenuti. La struttura generale del CI rimane uguale a quella descritta dalla normativa sebbene di volta in volta il corpo del documento può essere modificato per meglio rispondere alle esigenze dell'opera.

La struttura del Capitolato Informativo identificata dalla UNI 11337 è così suddivisa:

- Premesse
- Riferimenti normativi
- Sezione tecnica
- Sezione gestionale

Premesse

La presente sezione fornisce le raccomandazioni del committente e introduce tutte le informazioni di base sul progetto. Una volta definito il progetto, vengono illustrati lo scopo del documento e le sue caratteristiche principali, tenendo conto del suo utilizzo futuro. In questa sezione viene fornito anche un glossario dei termini tecnici.

Riferimenti normativi

In questa sezione sono elencate i riferimenti normativi e legislativi che sono alla base della stesura del CI e che il cliente intende siano rispettati dall'affidatario. Questa sezione fa anche riferimento a specifiche regole di governance delle informazioni.

Sezione tecnica

Qui vengono descritti i requisiti tecnici operativi dei sistemi informativi da utilizzare. Il committente può dare istruzioni specifiche o richiedere proposte agli appaltatori.

In questa sezione sono definite le caratteristiche tecniche e prestazionali dell'infrastruttura software e hardware. Parte dell'infrastruttura può essere fornita dalla stazione appaltante e parte può essere richiesta all'appaltatore.

Sempre in questa sezione, a seconda degli obiettivi da raggiungere, sono stabiliti i formati di presentazione e di scambio dei dati, i livelli di sviluppo, le competenze richieste ed i sistemi di riferimento.

Sezione gestionale

La "Sezione Gestionale" è la parte più corposa del Capitolato informativo, in quanto gli usi e gli obiettivi del modello informativo, così come anche i LOD degli elementi di cui questo è composto, devono essere definiti in dettaglio per ogni fase del processo in esame.

L'appaltatore che redige il CI ha il compito di fornire in questa sezione una serie di informazioni, tra le quali:

descrivere la propria organizzazione e definire ruoli e responsabilità dei partecipanti alla gara di appalto;

indicare le caratteristiche informative di oggetti, elaborati e modelli messi a disposizione dal committente, che possono essere proposti dal cliente o dall'appaltatore;

descrivere la struttura della modellazione digitale, la gestione e l'organizzazione del gruppo di lavoro, nonché le attività di validazione e coordinamento dei modelli;

individuare linee guida sulla politica di protezione dei dati e sulle azioni per lo scambio di informazioni tramite apposite piattaforme di data sharing. In questo caso, il cliente può anche fornire le proprie soluzioni o chiedere all'appaltatore di definire i propri standard.

Sempre in questa sezione viene dedicato un paragrafo alla procedura di verifica e validazione di modelli, oggetti e/o elaborati, nonché alla ricerca delle clash e delle loro soluzioni, comprese le incoerenze informative.

La "Sezione Gestionale" si conclude con i paragrafi relativi alle altre dimensioni del BIM da sviluppare, ovvero:

4D – Programmazione;

5D – computi, stime e valutazioni;

6D – uso, gestione, manutenzione e dismissione;

7D – sostenibilità sociale, economica e ambientale.

L'ultimo paragrafo descrive l'archiviazione e l'invio dei modelli e/o elaborati informativi finali.

La struttura del Capitolo Informativo, proposta nella UNI 11337-6, ha l'obiettivo di standardizzare il contratto e di fornire alle amministrazioni pubbliche e ai professionisti del settore una guida, sulla quale si basa lo sviluppo dei contenuti fondamentali per ottenere il risultato desiderato in termini di modellazione e gestione del contenuto informativo dell'oggetto dell'attività.

l'Offerta di Gestione Informativa (oGI)

Secondo la norma UNI 11337, l'Offerta di Gestione Informativa (oGI) è la risposta alle richieste che la stazione appaltante ha inserito all'interno del "Capitolato Informativo".

L'obiettivo dell'Offerta di Gestione Informativa è quello di dimostrare le competenze BIM del potenziale affidatario, fornendo una risposta tecnica ai quesiti posti dal committente. In questo modo, l'oGI diventa uno dei fattori importanti per vincere la gara d'appalto.

Struttura di oGI

La struttura è composta da quattro sezioni principali e segue l'impostazione del Capitolato informativo. L'oGI è quindi articolata nelle seguenti parti:

- Premesse
- Riferimenti Normativi
- Sezione Tecnica
- Sezione Gestionale

Le prime due sezioni sono quasi identiche a quelle del Capitolato informativo.

Il potenziale affidatario deve dimostrare di possedere strumenti e competenze BIM che lo rendono più competitivo rispetto agli altri partecipanti alla gara. Questi possono includere: infrastruttura hardware e software, capacità di gestione delle informazioni, metodi di lavoro e capacità di personalizzazione.

Uno dei capitoli principali è quello dove viene definita la struttura organizzativa dell'offerente. Il committente richiede sempre più spesso la partecipazione di figure BIM specializzate e certificate (CDE Manager, BIM Manager, BIM Coordinator, BIM Specialist) che sono indicate nella norma UNI 11337-7. Nello stesso capitolo vengono anche riassunte le esperienze lavorative del gruppo di lavoro e l'elenco dei progetti realizzati.

L'Offerta di Gestione Informativa è un documento strategico e pertanto deve descrivere i metodi di lavoro per le diverse fasi del progetto, tenendo conto dell'uso e degli obiettivi del modello informativo. L'oGI descrive anche i metodi per la validazione del modello in conformità alla norma UNI 11337-5.

Nella sezione tecnica vengono elencate le caratteristiche dei software utilizzati e le procedure per la gestione delle informazioni BIM, compresi i dati legati ai tempi (4D), ai costi (5D), facility management (6D) e sostenibilità (7D).

Alla fine del documento viene descritto come consegnare e archiviare il modello sviluppato secondo i requisiti del committente. Una volta completate tutte le sezioni, l'Ogi è pronto per essere inviato alla Stazione Appaltante ed è soggetto a valutazione.

Nel caso in cui l'offerente risulti vincitore della gara, esso, in quanto affidatario dell'appalto, dovrà redigere un Piano di Gestione Informativa che specificherà tutti gli aspetti presentati nell'oGI.

Ruoli e mansioni dei partecipanti a un progetto BIM

In questo capitolo si descrivono i ruoli delle figure BIM, basandosi sulla UNI 11337-7, i quali per progetti di ristrutturazione hanno subito delle modifiche relativamente alla loro struttura. Nel caso studio ci si è avvalsi anche dell'esperienza lavorativa maturata e che verrà descritta nella sezione dedicata. Una delle novità importanti è il ruolo di "Direttore dell'azienda", che solitamente è assente nei documenti normativi, ma allo stesso tempo è una delle figure più importanti nell'organizzazione del lavoro sulla tecnologia BIM.

Con il passaggio alla tecnologia BIM compaiono nuovi ruoli: BIM manager, BIM coordinator, BIM specialist e CDE manager¹⁰. Inoltre, progettisti, project manager, capi dipartimento, capo dell'organizzazione e tecnici informatico hanno nuovi ruoli e attività.

Per la corretta implementazione di progetti BIM in un'azienda è necessario prevedere ruoli che svolgano attività strategiche, di gestione e di produzione che possono essere svolte a vari livelli: il livello organizzativo e il livello di progetto.

Quando si assegnano i ruoli, si raccomanda di considerare:

- Tipologie di progetti;
- Scadenze dei progetti;
- Numero di progetti;
- Un elenco di attività per l'applicazione del BIM;
- Numero del personale e relativa struttura organizzativa;
- Caratteristiche del lavoro con terzi.

Ogni ruolo deve svolgere compiti specifici che sono diversi per ciascuna delle attività. Nelle piccole aziende la maggior parte dei compiti può essere svolta da una sola persona mentre nelle grandi aziende possono essere divisi tra un gruppo di persone.

¹⁰ UNI 11337-7:2018

Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 7: Requisiti di conoscenza, abilità e competenza delle figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa

Ruolo	Livello		Livello organizzativo	Livello di progetto
	Attività			
BIM manager	Attività strategica		+	-
	Attività di gestione		+	+
	Attività di produzione		-	-
BIM Coordinator	Attività strategica		-	-
	Attività di gestione		+	+
	Attività di produzione		-	+
CDE manager	Attività strategica		-	-
	Attività di gestione		-	+
	Attività di produzione		-	-
BIM specialist	Attività strategica		-	-
	Attività di gestione		-	-
	Attività di produzione		-	+
Direttore dell'azienda (strategico aziendale)	Attività strategica		+	-
	Attività di gestione		+	+
	Attività di produzione		-	-
Capo del progetto	Attività strategica		+	-
	Attività di gestione		-	+
	Attività di produzione		-	-

BIM manager

Questo ruolo è essenziale in un'organizzazione BIM e presuppone un alto livello di comprensione del BIM e deve avere molta esperienza. Il BIM manager sviluppa idee, organizza il lavoro con i partner, sviluppa una strategia BIM, può apportare modifiche ai processi di lavoro e può essere sia interno all'azienda che esterno.

BIM manager		
	Livello organizzativo	Livello di progetto
Attività strategica	<p>Supervisionare la gestione della strategia BIM esterna ed interna dell'azienda;</p> <p>Organizzare l'implementazione del BIM;</p> <p>Svolgere consulenza al management e ai dipendenti nel campo del BIM;</p> <p>Supervisionare l'efficacia dell'applicazione BIM;</p> <p>Supervisionare lo sviluppo e l'aggiornamento dello BIM standard;</p> <p>Partecipare allo sviluppo di una strategia per la sicurezza delle informazioni.</p>	-
Attività di gestione	<p>Sviluppare e implementare processi per assicurare e controllare la qualità dei modelli BIM;</p> <p>Supervisionare il rispetto degli standard BIM;</p> <p>Supervisionare lo sviluppo e dell'aggiornamento del BEP;</p> <p>Organizzare e controllare lo sviluppo di template, librerie e famiglie;</p> <p>Organizzare e supportare l'ambiente di condivisione dei dati, assicurando uno scambio di informazioni affidabile (se non c'è un CDE manager);</p> <p>Svolgere attività di coordinamento di EIR con il cliente e terze parti;</p> <p>Controllare le competenze BIM di specialisti e di terze parti.</p>	<p>Supervisionare lo sviluppo e dell'aggiornamento del BEP;</p> <p>Gestire le risorse necessarie per l'attuazione del progetto BIM;</p> <p>Gestire le competenze BIM del gruppo di lavoro del progetto;</p> <p>Consigliare i partecipanti al progetto nel campo BIM;</p> <p>Eseguire il coordinamento spaziale di tutti i modelli;</p> <p>Organizzare il processo di coordinamento tra le discipline e rilevare le collisioni, sviluppare una matrice di collisione, generare rapporti sulle collisioni, organizzare riunioni di coordinamento;</p> <p>Controllare il lavoro dei BIM coordinator.</p>
Attività di produzione	-	-

BIM Coordinator		
	Livello organizzativo	Livello di progetto
Attività strategica	-	-
Attività di gestione	Partecipare allo sviluppo e all'aggiornamento dello standard BIM.	<p>Partecipare allo sviluppo e all'aggiornamento del BEP;</p> <p>Organizzare il lavoro di una specifica disciplina del progetto;</p> <p>Supervisionare il lavoro della creazione di modelli per una specifica disciplina;</p> <p>Supervisionare la preparazione di modelli di ogni disciplina per il coordinamento tra le discipline;</p> <p>Eseguire il coordinamento spaziale dei modelli di una specifica disciplina;</p> <p>Analizzare i modelli per la verifica delle collisioni all'interno di una specifica disciplina (autointersezione);</p> <p>Gestisce i processi di assicurazione della qualità e supervisionare la qualità dei modelli delle discipline</p> <p>Gestisce lo sviluppo dei template e l'assegnazione degli incarichi per lo sviluppo dei componenti della libreria.</p>
Attività di produzione	-	Partecipare alla creazione di modelli (in piccole aziende).

CDE manager		
	Livello organizzativo	Livello di progetto
Attività strategica	-	-
Attività di gestione	-	<p>Gestire i sistemi documentali complessi nella logica del concetto di ambiente di condivisione dei dati (CDE, ACDat);</p> <p>Supervisionare la gestione e la trasmissione di grandi quantità di dati secondo i principi dei formati aperti;</p> <p>Gestisce le reti informatiche e infrastrutture in cloud dell'azienda;</p> <p>Applicare metodi di analisi dei dati per facilitare la gestione dei dati contenuti nel CDE (ACDat);</p> <p>Gestire l'ambiente di condivisione dei dati;</p> <p>Assistere il BIM manager negli aspetti contrattuali relativi alle tecniche di gestione dei flussi informativi e all'utilizzo di ambienti di condivisione dati;</p> <p>Supervisiona la protezione della proprietà intellettuale nell'ambito dell'utilizzo degli strumenti BIM;</p> <p>Partecipare allo sviluppo di una strategia di sicurezza delle informazioni.</p>
Attività di produzione	-	-

BIM specialist		
	Livello organizzativo	Livello di progetto
Attività strategica	-	-
Attività di gestione	-	-
Attività di produzione	-	<p>Sviluppare i modelli di una o più discipline conformi al BEP;</p> <p>Eliminare gli errori individuati durante il progetto;</p> <p>Preparare la documentazione tecnica per il modello BIM;</p> <p>Sviluppare famiglie.</p>

Direttore dell'azienda (strategico aziendale)		
	Livello organizzativo	Livello di progetto
Attività strategica	<p>Partecipa alla formazione della strategia BIM interna ed esterna dell'azienda;</p> <p>Controlla e approva gli standard BIM dell'azienda.</p>	-
Attività di gestione	<p>Responsabile del budget da investire nelle tecnologie BIM nell'azienda;</p> <p>Controlla le competenze BIM necessarie tra i partecipanti al progetto sia interni che esterni.</p>	<p>Controlla i rapporti commerciali e contrattuali relativi all'ambito BIM</p> <p>Responsabile della nomina del capo progetto BIM;</p> <p>Responsabile della negoziazione BEP con soggetti esterni;</p>
Attività di produzione	-	-

Capo del progetto		
	Livello organizzativo	Livello di progetto
Attività strategica	Partecipa allo sviluppo dello standard BIM	-
Attività di gestione	-	<p>Responsabile della gestione del progetto BIM;</p> <p>Responsabile della formazione del programma di lavoro;</p> <p>Responsabile del cronoprogramma del gruppo dei partecipanti al progetto BIM;</p> <p>Controlla le competenze BIM necessarie dei partecipanti al progetto;</p> <p>Partecipa allo sviluppo e all'approvazione del BEP con i partecipanti al progetto sia interni che esterni;</p> <p>Partecipa allo sviluppo e all'approvazione della documentazione contrattuale (riguardante l'utilizzo del BIM);</p> <p>Responsabile dell'esecuzione corretta del BEP;</p> <p>Responsabile della conduzione delle riunioni di coordinamento.</p>
Attività di produzione	-	-

Di seguito sono riportate le risorse che sono state utilizzate per lo sviluppo del caso di studio e che possono essere utilizzate nei progetti di ristrutturazione.

Risorse

Per organizzare un processo di Building Information Modeling, sono necessarie le seguenti risorse:

- Software;
- Hardware;
- Risorse di rete;
- Librerie di dati.

Software

Autodesk Revit è il software principale nella ricerca. Autodesk Navisworks Manage può essere utilizzato per l'assemblaggio del modello federato e facilita il processo decisionale delle soluzioni progettuali.

È possibile utilizzare software di diversi produttori. Le modifiche o gli aggiornamenti del software vengono esaminati ed eseguiti dal BIM Manager o dal BIM Coordinator.

Hardware

L'hardware deve soddisfare i requisiti degli sviluppatori software. Deve anche avere un alto livello di affidabilità e sicurezza dei dati. Per l'archiviazione e l'elaborazione centralizzata dei dati è necessario un server, mentre per organizzare il posto di lavoro di un utente è necessaria una workstation.

Workstation

La workstation deve garantire un lavoro affidabile all'utente. I criteri chiave che influiscono sulla velocità di lavoro sono la frequenza del processore, la quantità di RAM, le prestazioni della scheda video, le prestazioni della memoria, la risoluzione del monitor. È necessario utilizzare processori a 64 bit. Per lavorare con i moderni software BIM si consiglia di utilizzare memorie SSD.

Server

Il server è il luogo di archiviazione principale dei dati e deve garantire un accesso controllato e costante solo per una determinata cerchia di utenti, nonché per utenti di terze parti in conformità con gli standard di sicurezza. È necessario configurare la copia e

l'archiviazione dei dati sul server per garantire l'affidabilità e la sicurezza delle informazioni.

Monitor

Si consiglia di utilizzare un monitor con una risoluzione minima di 1920 x 1080 pixel (FULL HD). Per monitor con elevate dimensioni è indicato utilizzare risoluzioni da 2048 x 1080 pixel (2K) o 4096x2160 pixel (4k) soprattutto quando si ha a che fare con grandi progetti. È anche possibile e consigliato l'utilizzo di due monitor.

Il sito Web di Autodesk elenca i requisiti hardware per il software Revit e Navisworks:

Revit 2022: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit/learn-explore/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/System-requirements-for-Autodesk-Revit-2022-products.html>

Navisworks 2022 : <https://knowledge.autodesk.com/support/navisworks-products/learn-explore/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/System-requirements-for-Autodesk-Navisworks-2022-products.html>

Risorse di rete

Con l'ausilio delle risorse di rete si scambiano dati tra le workstation e si organizza la collaborazione con altri utenti su progetti BIM in tempo reale. La rete deve avere una larghezza di banda sufficiente con la velocità consigliata (1 Gbit/s) e un accesso ininterrotto al server. La condivisione continua delle cartelle di rete può essere ottenuta utilizzando Revit-Server.

Libreria di risorse

Le librerie di risorse contengono famiglie, modelli di progetto e modelli di famiglie, materiali, trame

Quando si lavora su un progetto BIM, è necessario osservare le seguenti regole:

- Il contenuto della libreria di risorse dovrebbe essere progettato in conformità con lo standard dell'azienda;
- Le famiglie e i modelli che vengono creati durante il lavoro sul progetto devono essere controllati e periodicamente aggiunti dal BIM manager alla libreria di risorse centrale.

Libreria di risorse BIM del progetto

La libreria delle risorse BIM del progetto viene creata direttamente per il progetto, poiché a causa delle peculiarità del progetto o delle esigenze del cliente potrebbe essere necessario sviluppare famiglie che non sono nella libreria dell'azienda.

Tutte le famiglie e i modelli sviluppati durante il progetto devono essere archiviati nella libreria di risorse BIM del progetto. Tutto il lavoro con le famiglie e i modelli in questa libreria deve essere eseguito solo da utenti responsabili scelti e quindi deve essere approvato dal BIM manager.

Libreria centrale delle risorse BIM di un'azienda

- Modelli, famiglie, librerie di materiali e altri dati non utilizzati in un progetto specifico devono essere reperibili su un server in una libreria di risorse BIM centrale;
- La libreria deve essere suddivisa in base al tipo di programmi utilizzati e alle loro versioni;
- L'aggiunta e l'aggiornamento dei dati in questa libreria deve essere eseguito solo dal responsabile e deve passare attraverso il processo di approvazione;
- Quando si aggiornano i dati (famiglie), è necessario tenere traccia delle versioni per evitare l'incompatibilità delle informazioni.

Common Data Environment (CDE, ACDat – UNI 11337-1)

Il Common Data Environment definisce un unico ambiente collaborativo che permette il controllo e la condivisione di informazioni progettuali affidabili e coerenti da parte di tutti i membri di un team di un progetto. Inoltre, consente ai team di progetto di comunicare e lavorare in modo efficace con dati pertinenti, convalidati e coerenti.

Il processo di lavoro di squadra su un progetto BIM viene svolto in conformità con lo standard britannico BS 1192:2007.

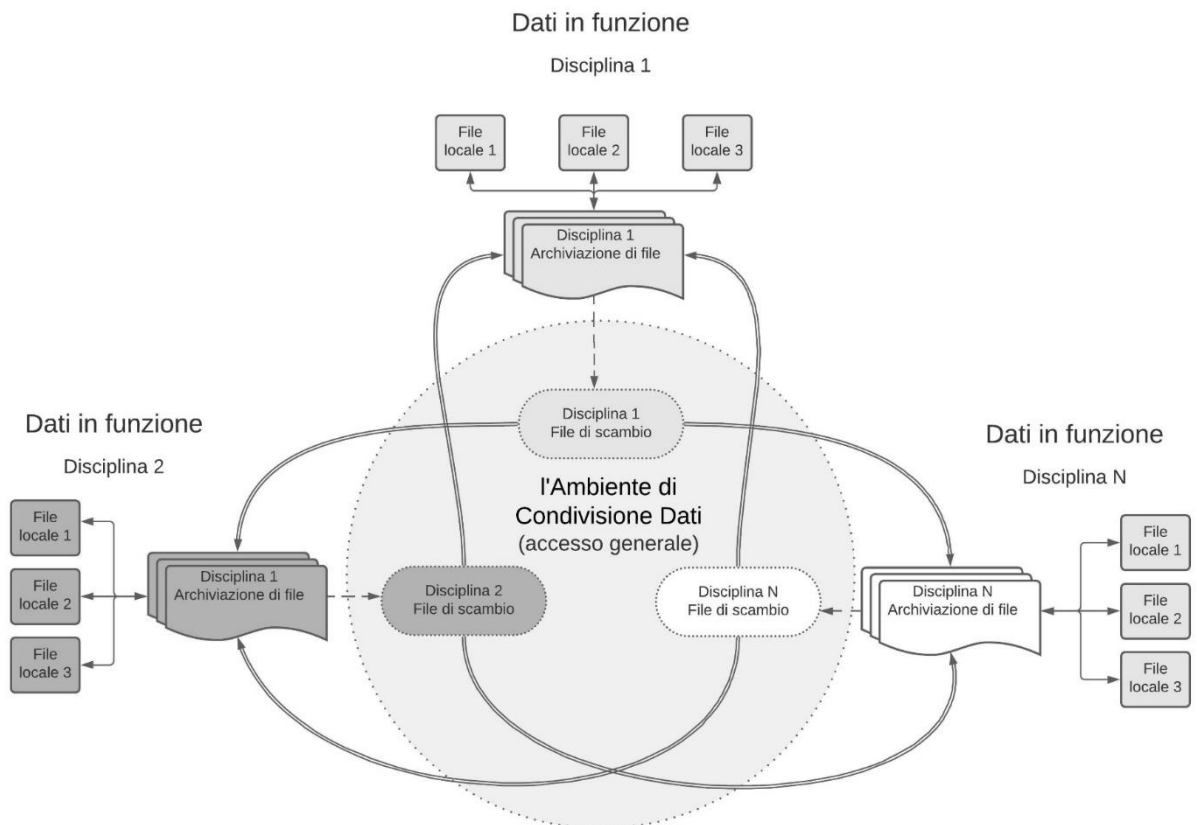


Figura 5 - Diagramma di scambio dati in un gruppo di un progetto multidisciplinare (BS 1192:2007)

Il Common Data Environment comprende quattro aree dati:

- Lavorazione;
- Condivisione;
- Pubblicazione;
- Archivio.

I dati di progetto (dati BIM) attraversano in sequenza queste quattro aree, dove sono:

- Sviluppati, revisionati e approvati per la condivisione (lavorazione);
- Utilizzati per definire le soluzioni progettuali (condivisione);
- Pubblicati in formati non modificabili e utilizzati da tutti i partecipanti al progetto, comprese le aziende esterne (pubblicazione);
- Archiviati secondo gli standard dell'azienda (archivio).

Il Common Data Environment può essere implementato in vari modi:

- Su un sistema di gestione dei dati ingegneristici PDM;
- Su un portale web;
- Nella gerarchia dei file di computer locale;
- Nella gerarchia dei file di un server centrale.

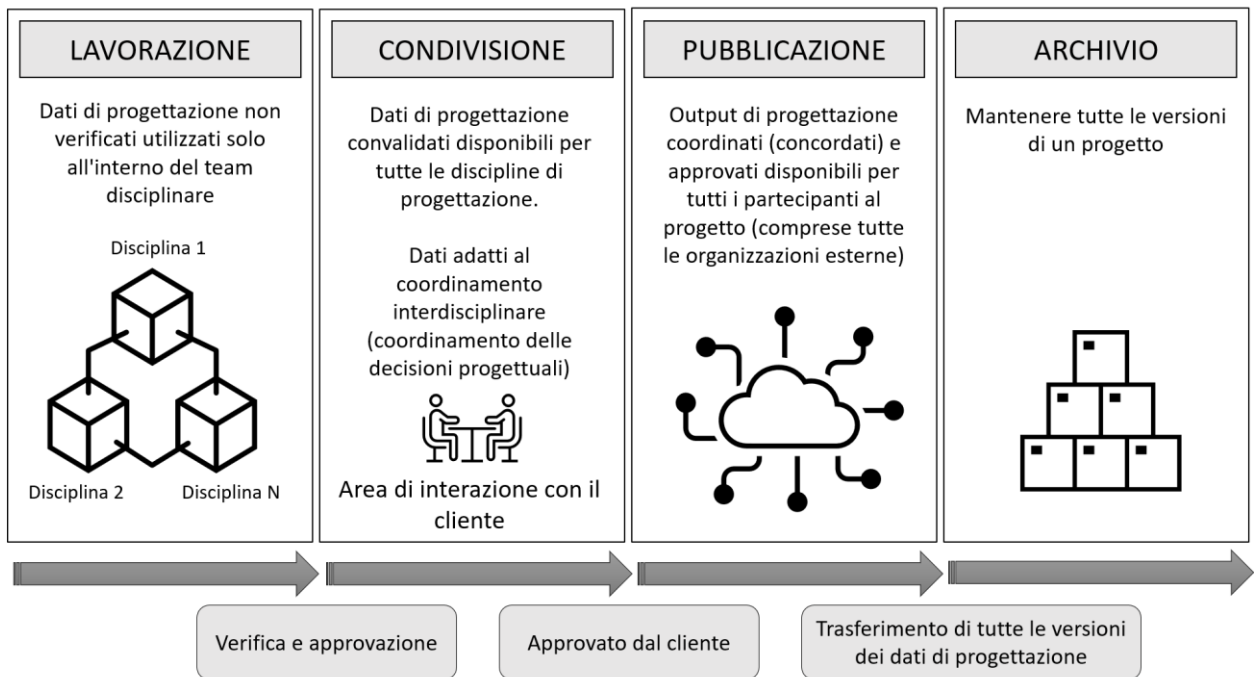


Figura 6 - La struttura delle aree del Common Data Environment (BS 1192:2007)

Lavorazione

I file di lavoro (file locale e modello centrale) dei modelli BIM devono essere sviluppati separatamente per ciascuna disciplina e essere salvati localmente.

Ogni progettista ha accesso esclusivamente alla propria area di disciplina dei dati di lavoro.

I dati devono essere verificati e convalidati prima di essere scambiati (copiati nell'area dati generali). La revisione e l'approvazione vengono solitamente eseguite dal supervisore della disciplina del progetto e dal BIM manager o BIM coordinator.

Condivisione

Per organizzare un lavoro di squadra ben coordinato ed efficiente, i dati di ogni disciplina di progetto deve essere accessibili. Per fare ciò, i file della "Lavorazione" devono essere copiati nell' area "Condivisione" per ogni disciplina. Lo scambio di modelli deve essere effettuato regolarmente e secondo regolamenti separati in modo che i progettisti delle varie discipline possano lavorare con le informazioni più recenti.

I file archiviati nell'area "Condivisione" devono essere protetti da eventuali modifiche. Le modifiche apportate ai dati generali devono essere sempre accompagnate da una notifica a tutti i partecipanti al progetto.

L'area "Condivisione" deve fungere anche da repository per i dati necessari per lavorare con il cliente e altre aziende esterne.

I modelli BIM copiati nell'area "Condivisione" possono essere utilizzati dal responsabile/coordinatore BIM per costruire un modello BIM multidisciplinare composito, ad esempio nel software Navisworks, e controllare questo modello per le collisioni o per scaricare dati richiesti dal cliente.

Pubblicazione

I file di progettazione, la documentazione di lavoro (disegni, ecc.) e i file di modelli devono essere memorizzati nell'area "Pubblicazione". È essenziale che abbiano superato le procedure ufficiali di ispezione e approvazione dell'azienda.

Archivio

Vengono archiviati tutti i dati relativi ad ogni versione di progetto.

Durante i passaggi chiave del processo BIM, una versione completa di tutti i dati del progetto BIM deve essere copiata nell'area "Archivio".

2 Il processo di lavoro con la tecnologia BIM

Principi per la separazione del modello

Questo capitolo descrive i metodi di separazione del modello per disciplina, che sono stati analizzati in fase di tesi. Questa sezione si basa su pregresse esperienze lavorative personali e sperimentazioni sulla modellazione, sulla UNI 11337 e sulle raccomandazioni dei produttori di software BIM.

Lo scopo della separazione è organizzare l'accesso multiutente al modello e una collaborazione efficace.

Principi di separazione del modello:

Disciplina	Principi di separazione
Architettura	Il progetto viene suddiviso per piano o per gruppi di piani
Strutturale	Il progetto deve essere suddiviso per parti caratteristiche o per giunti strutturali
Impiantistica	Divisione degli impianti: HVAC (riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria), impianto idraulico, impianto elettrico

Principi della creazione di un modello BIM:

- Realizzazione di un solo edificio in un file;
- Il file del modello deve contenere dati di una sola disciplina. Gli impianti possono essere presenti in un unico file;
- Il modello iniziale può essere creato come un unico file e successivamente può essere diviso in diversi workset e assegnati tra i partecipanti al progetto;
- Se il progetto è composto da più modelli distinti, è necessario prevedere la creazione di un modello riassuntivo. È necessario collegare le diverse parti del progetto ai fini del coordinamento 3D, del rilevamento e dell'eliminazione delle collisioni;
- A seconda delle dimensioni dell'oggetto di disegno, potrebbe essere necessario suddividere ulteriormente la geometria in workset affinché i file di lavoro rimangano funzionanti sui computer in uso;
- La suddivisione del modello può essere eseguita in base alle esigenze del cliente.

- Ogni partecipante del progetto deve aprire solo le parti del modello su cui stai lavorando per migliorare le prestazioni della workstation;
- I file collegati tramite link devono essere inseriti nei propri workset. L'importazione di file dovrebbe essere evitata e dovrebbero essere utilizzati solo collegamenti;
- Quando si sviluppa un modello, è necessario creare solo le viste necessarie per un'attività specifica;
- Al fine di evitare duplicazioni o errori di coordinamento, è necessario definire chiaramente la proprietà degli elementi durante progettazione;
- Nel corso di un progetto, le proprietà degli elementi possono essere trasferite tra i partecipanti. La procedura per il trasferimento degli elementi deve essere chiaramente definita nel BEP;
- Tutti i partecipanti devono regolarmente, con una certa frequenza, salvare il proprio lavoro e sincronizzarlo con il modello centrale per fornire agli altri partecipanti le informazioni aggiornate, e riducendo il rischio di perdita di dati.

Utilizzo dei collegamenti di riferimento esterni

L'utilizzo di collegamenti di riferimento esterni consente aggiungere informazioni al progetto. Possono essere parti di un progetto o dati di un'altra disciplina. Tramite i link esterni è possibile collegare informazioni di altre aziende.

A volte è necessario dividere un complesso di edifici, che vengono poi assemblati in un unico file. La creazione di un modello riassuntivo può essere eseguita in Navisworks, che utilizza file creati in Revit.

Quando si divide un modello in file separati, è necessario considerare la distribuzione delle attività tra i progettisti per ridurre al minimo il passaggio da un file all'altro. Inoltre, quando si utilizzano i collegamenti, è necessario concordare in precedenza un sistema di coordinate.

Collegamenti esterni tra le discipline

Ogni singola disciplina deve avere il proprio modello.

Un modello di una disciplina può fare riferimento a un modello di un'altra disciplina per scopi di coordinamento.

In questo caso è necessario tenere in considerazione:

- Le coordinate del progetto e la direzione nord reale devono essere determinate in anticipo. Eventuali cambiamenti nelle coordinate o nella direzione del nord reale devono essere documentati nel BEP;

- La proprietà dell'oggetto deve essere determinata utilizzando una tabella di mappatura LOD nelle varie fasi del progetto. Una tabella di mappatura LOD delle varie fasi del progetto deve essere inclusa nel BEP per determinare chi è responsabile di ogni elemento del modello per l'obiettivo LOD in ogni fase;
- Il BIM-manager o il BIM-coordinator nelle fasi iniziali può preparare file vuoti di future discipline del progetto e poi collegarli;
- Nel caso di modelli di impianti, è consentito combinare modelli di diverse discipline in un unico modello, ad esempio, quando un elemento di un impianto è connesso ad altri impianti. Il processo per dividere l'oggetto in questi casi dovrebbe essere definito nel BEP.

Procedure per realizzare componenti del modello tenendo conto dei requisiti LOD

Quando si creano e si utilizzano componenti in un progetto, è necessario rispettare i seguenti principi:

- Tutti i componenti devono trovarsi nella libreria di un progetto specifico o nella libreria centrale dell'azienda;
- I nuovi componenti creati durante lo sviluppo del progetto devono essere archiviati nell'area "lavorazione" dell'ambiente dati comune;
- Lo scopo e l'uso futuro dei componenti creati devono essere presi in considerazione durante il processo di creazione;
- Prima di aggiungere componenti a una libreria centrale, il BIM Manager o il BIM Coordinator deve convalidare tali componenti rispetto ai requisiti minimi di qualità per gli elementi della libreria;
- I componenti devono essere progettati con il livello di dettaglio del modello (LOD) richiesto in questa fase di progettazione. Le famiglie in Revit contengono tre livelli di dettaglio: basso, medio e alto;
- Ogni componente deve essere creata con le informazioni geometriche minime richieste per massimizzare le prestazioni;¹¹
- I progetti devono utilizzare un file di parametri condivisi dell'azienda per garantire una denominazione coerente dei parametri durante la creazione di nuovi componenti.¹²

¹¹ <https://help.autodesk.com/view/RVT/2022/ITA/?guid=GUID-0BB861D5-27CB-4276-93AE-F2E949B0D466>

¹² <https://help.autodesk.com/view/RVT/2022/ITA/?guid=GUID-1929027A-B304-401E-BCDC-11ED3D3E67CE>

Utilizzo di elementi 2D per dettagliare modelli 3D

È consentito utilizzare disegni bidimensionali per integrare il modello BIM con le informazioni necessarie. Nel BEP è necessario definire il limite per il quale tutte le informazioni grafiche aggiuntive verranno realizzate in 2D. I dettagli del modello con disegni bidimensionali devono essere utilizzati per ridurre la complessità del modello, ma senza comprometterne l'integrità. Per dettagliare il disegno si utilizza il comando "dettaglio" che si trova nella barra multifunzione di Revit.

I disegni DWG

Quando si lavora con contenuto 2D di altri programmi (ad esempio, disegni DWG di AutoCAD), è necessario considerare le seguenti linee guida:

- Evitare di utilizzare i disegni CAD all'interno di Revit per dettagliare i disegni. Questi devono essere precedentemente convertiti in oggetti Revit. Se è necessario l'uso di disegni CAD, tali file devono essere collegati e non importati;
- Il progetto finale deve contenere il minor numero di file CAD;
- Se il progetto ha disegni 2D collegati, durante la stesura delle tavole, tutte le informazioni di tali disegni devono essere verificate e approvate e devono essere inserite nel progetto direttamente dall'area "Condivisione" del CDE;
- La libreria esistente standard deve essere convertita dal formato DWG al formato RVT;
- I file CAD devono essere corretti dagli elementi non necessari;
- Evitare i file CAD contenenti oggetti proxy e font SHX;
- Assicurarsi che i riferimenti esterni siano ridotti al minimo nel file CAD. Questi devono essere collegati prima di inserirli in un progetto.

Rilascio della documentazione di progettazione

La preparazione per la pubblicazione del progetto può essere effettuata in due modi:

- Interamente in un ambiente BIM attraverso viste e tavole (preferito);
- Esportando il modello come file 2D per l'assemblaggio e la revisione grafica utilizzando strumenti di dettaglio 2D in ambiente CAD (non consigliato).

Schede di layout direttamente dal modello BIM

Viste, dettagli, prospetti, ecc. e tavole devono essere completamente uniti nell'ambiente BIM.

Prima di pubblicare la documentazione, devi assicurarti che tutti i dati relativi al progetto siano disponibili e visibili.

Modellazione in Revit

Dati iniziali e materiali per lo sviluppo del modello BIM

Questo capitolo descrive come lavorare sui progetti utilizzando il software Autodesk Revit. Queste raccomandazioni sono universali e possono essere applicate anche ad altri programmi.

Prima di iniziare lo sviluppo di un progetto BIM, oltre ai dati iniziali necessari (come termini di riferimento, i Requisiti informativi del cliente", i risultati di tutti i tipi di rilievi, ecc.), è fondamentale avere:

- BEP;
- Librerie di modelli di progetto richiesti per tutte le discipline;
- Librerie di famiglie necessarie per lo sviluppo del progetto.

Libreria di modelli di progetto

I modelli di progetto sono progetti preconfigurati che contengono famiglie standard caricate, campi per l'immissione di informazioni generali sul progetto, elementi di progettazione del foglio e stili di documentazione personalizzati. Forniscono la base per standardizzare la progettazione e aumentare l'efficienza, soprattutto nelle prime fasi di sviluppo del modello.

Si consiglia di creare un modello standard separato per ciascuna disciplina. Tutti i modelli per le diverse discipline sono inclusi nella libreria dei modelli di progetto, che fa parte della libreria centrale dell'azienda.

Libreria di famiglie

Per ogni singolo progetto è necessario predisporre preventivamente una libreria di componenti che verranno utilizzati al suo interno. I componenti devono essere conformi ai requisiti dell'azienda.

Suddivisione del progetto in discipline e scelta dei modelli

Si presume che il risultato finale della modellazione sia un modello riassuntivo dell'oggetto; un modello unico assemblato da singoli modelli di diverse discipline. Ogni disciplina del progetto deve essere sviluppata in un file di progetto separato.

Prima di iniziare a sviluppare un progetto di una disciplina, è necessario selezionare il modello appropriato dalla libreria di modelli dell'azienda.

File di progetto

Di solito in un progetto ogni disciplina viene sviluppata in un file separato. Se un gruppo di tecnici sta lavorando su una disciplina, per lo svolgimento di un buon lavoro è consigliata la creazione di un file di repository.

La libreria dell'azienda dovrebbe comprendere modelli per ciascuna disciplina. Se necessario, si può utilizzare un modello comune per tutte le discipline.

Punto base del progetto e punto rilevamento

Ogni progetto ha un punto base e un punto rilevamento, che sono nascosti per impostazione predefinita e non possono essere eliminati.

“Il punto base del progetto può essere utilizzato per definire un riferimento per la misurazione delle distanze e il posizionamento di oggetti in relazione al modello. Inizialmente, nei modelli disponibili, identifica l'origine (0,0,0) del sistema di coordinate del progetto.”¹³

“Il punto rilevamento fornisce un contesto realistico al modello di Revit.”¹⁴

Rappresenta un punto fisico reale noto, ad esempio un contrassegno di rilevamento geodetico o l'intersezione di 2 confini catastali ed è utilizzato per orientare correttamente la geometria dell'edificio in un diverso sistema di coordinate, ad esempio in quello utilizzato in una particolare applicazione di ingegneria civile.”

In assenza di coordinate assolute, si consiglia di posizionare il punto rilevamento nella stessa posizione del punto base del progetto.

Passaggio di coordinate condivise ai file di disciplina del progetto

Per prima cosa si deve creare un file di progetto di base, deve essere configurato con coordinate geodetiche e l'altitudine, nonché la direzione del nord. Il file di base può contenere anche un rilievo geodetico e un modello morfologico del sito.

La creazione di un file di base e il trasferimento delle coordinate comuni ai file per ogni disciplina viene eseguita dal BIM-manager o dal BIM-coordinator in conformità con le normative di riferimento.

Dopo aver creato il file di base, è necessario creare un file di contenente i livelli delle quote verticali.

¹³ <https://help.autodesk.com/view/RVT/2022/ITA/?guid=GUID-D4358965-4574-4C5F-9430-9ECD63BA847E>

¹⁴ <https://help.autodesk.com/view/RVT/2022/ITA/?guid=GUID-81CB0DD4-DF6E-43A3-AADA-DABC5ED30C6F>

Ogni file di disciplina deve essere importato in un file di base e orientarlo nella posizione corretta nelle direzioni orizzontali e verticali. Dopodiché le coordinate condivise devono essere trasferite in ogni file di disciplina. (devono essere trasferite le coordinate condivise) In questo modo sarà assicurato il coordinamento dei file di progetto di tutte le discipline.

Inoltre, un file con livelli deve essere caricato in ogni file di disciplina, utilizzando lo strumento Copia/Controlla per creare livelli.

Il sistema di coordinate comuni in diversi file di progetto è importante, ad esempio tutti i file possono essere facilmente combinati per verificare la presenza di collisioni.

Dividere il progetto verticalmente e orizzontalmente

All'inizio dello sviluppo del progetto per ciascuna disciplina è necessario effettuare una scomposizione dello spazio lungo la verticale e orizzontale.

La suddivisione verticale viene eseguita creando livelli. I nomi dei livelli devono rispettare le regole per la denominazione di livelli e viste.

Ai fini della gestione centralizzata dei livelli si consiglia l'utilizzo di un file di layout.

Divisione di un progetto in workset

Un work set è un insieme di qualsiasi elemento in un progetto che consente il lavoro in team, ma consente a un solo membro del team di modificare elementi specifici. I workset consentono a più utenti di lavorare contemporaneamente su un file modello tramite l'uso di un repository centrale e di copie locali sincronizzate.

Il lavoro di gruppo che utilizza workset può essere organizzato sia in una disciplina che nell'intero progetto, a seconda delle sue dimensioni.

Si consiglia di considerare quanto segue quando si utilizzano i workset:

- È necessario creare workset appropriati assegnando elementi individualmente o per categoria, posizione, distribuzione delle attività e così via;
- Quando si creano work set, ogni elemento del modello riceve un nuovo parametro che indica l'appartenenza del work set. Un elemento può appartenere a un solo workset alla volta;
- Per migliorare le prestazioni hardware, si consiglia di aprire solo i workset richiesti;
- Un file locale deve essere creato ogni volta che viene chiuso per qualsiasi motivo. L'apertura di un vecchio file locale è considerata una cattiva pratica;

- Il progetto deve essere suddiviso in un numero sufficiente di work set per evitare di sovraccaricare il modello e controllarlo con successo;
- Tutti i membri del team di progetto devono sincronizzare il progetto con il file centrale dopo un periodo di tempo predeterminato;
- Per evitare ritardi nel lavoro di altri membri del team, gli utenti non dovrebbero lasciare la sincronizzazione con il repository senza controllo. Se un utente inizia la sincronizzazione mentre un altro utente è già in fase di sincronizzazione, deve sospenderla immediatamente finché l'utente precedente non la completa.

File centrale e copie locali

Il file centrale viene creato la prima volta che si salva un progetto in cui sono stati creati i workset. Questo file deve essere disponibile per tutti i partecipanti allo sviluppo del modello BIM. Il file centrale viene creato e può essere aperto solo dal BIM-manager o dal BIM-coordinator, per scopi di amministrazione del progetto.

I file locali vengono creati aprendo un file di archiviazione e salvandolo di nuovo in una cartella locale, oppure aprendo un file di archiviazione con la casella di controllo "Crea nuovo locale" selezionata. I file locali vengono creati da ciascun tecnico BIM sul posto di lavoro. Gli utenti che sono membri del progetto hanno il diritto di aprire il file centrale solo per crearne una copia locale.

Gestione degli elementi del workset

Esistono due modi per gestire gli elementi:

- Prestito di elementi;
- Proprietà dei workset.

In uno di questi casi, l'utente diventa il proprietario temporaneo degli elementi. Se un altro utente deve lavorare sull'oggetto in uso, deve richiedere l'autorizzazione al proprietario, che può concedere o rifiutare la richiesta. Non è possibile modificare un elemento di proprietà di un altro membro del progetto. Per rendere disponibili ad altri utenti i workset e gli elementi modificati la sincronizzazione deve essere eseguita ogni volta che l'utente lascia il posto di lavoro.

Il lavoro in un ambiente multiutente che utilizza workset dovrebbe essere regolamentato in modo chiaro. Il programma di lavoro è determinato dal BIM-manager o dal BIM-coordinator.

Le famiglie in un progetto

I progetti utilizzano famiglie caricabili, di sistema e locali.

La libreria centrale delle risorse BIM dell'azienda è composta da famiglie:

- Sviluppate in azienda;
- Sviluppate da terze parti;
- Fornite da produttori di materiali e strutture edilizie.

Gli elementi della libreria sono sviluppati sia internamente che da aziende e produttori terzi. Se è necessario creare nuove famiglie per un progetto specifico, queste vengono create secondo le regole dell'azienda e salvate nella libreria del progetto.

Si consiglia di utilizzare il file dei parametri generali dell'azienda per evitare dati non necessari e garantire che tutti i parametri abbiano il nome corretto.

I nomi di tutte le famiglie e dei loro tipi devono rispettare le regole di denominazione.

Creazione della famiglia

Tutte le famiglie devono essere sviluppate utilizzando una metodologia predeterminata (vedere Sviluppo di componenti del modello per i requisiti LOD).

Quando si sviluppano famiglie, devono essere utilizzate le seguenti linee guida:

- Prima di progettare una famiglia, è necessario determinarne lo scopo e i parametri richiesti;
- È necessario determinare in anticipo quali parametri verranno visualizzati nelle specifiche;
- È necessario determinare in anticipo il grado di sviluppo della famiglia (LOD);
- Ciascun software può avere le proprie impostazioni di rappresentazione grafica, ad esempio Revit supporta tre livelli di rappresentazione grafica degli elementi del modello. È necessario riflettere sul processo di sviluppo della famiglia, tenendo conto delle capacità del software;
- Non modellare dettagli superflui che non saranno visibili nel progetto. Una famiglia eccessivamente dettagliata rallenta il lavoro nel file;
- È necessario selezionare il modello di famiglia corretto prima di iniziare a progettare una famiglia. Il comportamento della famiglia nel progetto dipende dal modello;

- È possibile regolare la visibilità degli elementi che compongono la famiglia in diverse viste e in diversi modi. Ad esempio, in pianta (vista 2D) la porta verrà visualizzata sotto forma di linee, mentre in 3D verrà visualizzato il modello 3D;
- Quando si creano parametri è necessario aggiungere una descrizione per ciascuno di essi. Per le famiglie complesse è necessario creare un documento che descriva i parametri e i principi della famiglia;
- Quando si creano famiglie con più tipi è necessario utilizzare i cataloghi dei tipi per selezionare e caricare solo i tipi desiderati;
- L'importazione della geometria CAD in un file di famiglia deve essere evitata.

Famiglie nidificate

Le famiglie nidificate sono famiglie che includono altre famiglie.

Quando si lavora con famiglie nidificate, è necessario seguire le seguenti linee guida:

- Non utilizzare più di due livelli di annidamento delle famiglie, per non ridurre le prestazioni;
- È necessario prestare attenzione quando si utilizzano famiglie nidificate in un progetto, poiché la modifica di una famiglia nidificata modificherà anche le famiglie che contengono la famiglia nidificata;
- Non utilizzare molte famiglie nidificate in una famiglia.

Dimensioni del file di famiglia

La dimensione del file di famiglia deve essere ridotta al minimo. A volte è più conveniente creare una grande famiglia complessa che sostituirà molte famiglie semplici.

Per ridurre le dimensioni del file si possono seguire le seguenti linee guida:

- Controllare e ripulire il file di famiglia prima che venga eseguito nel progetto;
- Mantenere la nidificazione delle famiglie ad un livello minimo;
- Utilizzare il minor numero possibile di materiali e texture non standard;
- Modellare il numero minimo di elementi;
- Rimuovere tutte le immagini raster e i file CAD dal file di famiglia.

Creazione di tipi in famiglie caricabili e di sistema

A volte è necessario creare un nuovo tipo di famiglia con parametri modificati. Un nuovo tipo di famiglia viene creato copiando uno esistente e assegnandogli un nuovo nome.

La creazione di nuovi tipi, a seconda della situazione, può avvenire sia nell'editor di famiglie che nel progetto.

Controllo delle famiglie

Le famiglie in fase di creazione devono essere controllate:

- Nell'editor di famiglia;
- Nel progetto.

Quando si controllano le famiglie in un progetto, si consiglia di:

- Verificare la funzionalità di tutti i parametri;
- Far effettuare un'ulteriore verifica delle famiglie da parte di un progettista terzo.

Verifiche nell'ambiente dell'editor di famiglia

- Verificare che la modifica dei parametri vari correttamente il modello di famiglia.
- Controllare tutti i tipi di famiglia;
- Le famiglie "basate" che vengono inserite nell'host (muri, pavimenti) dovrebbero cambiare correttamente a seconda del cambio dell'host;
- Verificare che la famiglia sia visualizzata correttamente a diversi livelli di dettaglio;
- Tutta la geometria della famiglia deve essere vincolata a piani di riferimento o linee di riferimento;
- Tutte le quote parametriche devono essere collegate a piani di riferimento o linee di riferimento, non al modello.

Controllo delle famiglie in un progetto

- Caricare la famiglia nel progetto e verificare la corretta visualizzazione in diverse viste. Se la famiglia contiene tipi diversi, è necessario controllare tutti i tipi della famiglia;
- Controllare la visualizzazione della famiglia a diversi livelli di dettaglio, nonché diversi stili visivi;
- Provare a creare nuovi tipi di famiglia, modificare i parametri e controllare la visualizzazione nelle viste a diversi livelli di dettaglio;
- Verificare che il parametro "Materiale" sia assegnato a tutti i membri della famiglia;

- Verificare che la famiglia venga visualizzata correttamente quando si utilizzano i comandi: "Copia", "Sposta", "Specchio";
- Le famiglie sulla "base" devono essere posizionate sulla base e verificate che funzionino con diversi spessori di base.

Creazione di un modello riassuntivo

Lo scopo principale della creazione di un modello riassuntivo è verificare la presenza di collisioni. È necessario creare un modello riassuntivo nei casi in cui nel progetto sono presenti discipline che si trovano in file separati.

I controlli di collisione possono essere avviati all'inizio del processo di progettazione.

È possibile utilizzare il software Navisworks per assemblare il modello. Prima di esportare in Navisworks è necessario verificare l'autointersezione di ciascun modello di Revit utilizzando lo strumento "Verifica interferenze".

Di seguito, consigli per la creazione di un modello riassuntivo:

- Per semplificare il lavoro con il modello riassuntivo ogni disciplina del progetto deve essere sviluppata in un file separato. Se il progetto è di grandi dimensioni, è consentito creare modelli riassuntivi separati per ciascuna disciplina;
- In ogni singolo file del modello è necessario disabilitare tutti gli elementi inutilizzati;
- Tutti i file devono essere aggiornati;
- Per ogni disciplina di progettazione il modello nel formato RVT o NWC può essere importato in Navisworks;
- In Revit è necessario creare viste di coordinamento che mostrino solo gli elementi che parteciperanno al controllo delle interferenze;
- Gli elementi del modello Revit devono avere dei parametri, aggiunti durante il processo di progettazione, con i quali successivamente è possibile creare e gestire dei gruppi di selezione e ricerca in Navisworks;
- Tutti i modelli delle discipline devono avere le stesse coordinate. Quando si esporta da Revit formato NWC, utilizzare l'opzione "Coordinate condivise".

Rilascio del progetto

Si consiglia di pubblicare la documentazione di progetto direttamente dal modello BIM.

Il rilascio del progetto è il processo di preparazione per la creazione di un progetto sotto forma di:

- documentazione progettuale in formato elettronico, in formato PDF (o DWF);
- modelli in formato RVT;
- modello riassuntivo in formato NWD.

Quando si rilascia la documentazione di progetto, è necessario attenersi a quanto segue:

- La pubblicazione della documentazione di progetto in formato PDF avviene stampando appositi fogli preimpostati su una stampante PDF virtuale;
- La pubblicazione della documentazione di progetto in formato DWF viene effettuata esportando insieme di fogli preimpostati.

Preparazione di un modello per la pubblicazione e l'archiviazione

Quando si pubblica e si archivia un progetto, è necessario attenersi alle seguenti linee guida:

- Il progetto deve essere archiviato prima di ogni rilascio del modello in ogni fase di sviluppo;
- Prima dell'archiviazione il modello deve essere ripulito da elementi non necessari e non utilizzati;
- Se il modello contiene file collegati, questi devono essere allegati al modello stesso.

Sulla base delle raccomandazioni di cui sopra, è stato creato uno schema semplificato del processo di sviluppo di un modello BIM per una determinata disciplina. Questo schema è stato utilizzato per tutti i casi studio.

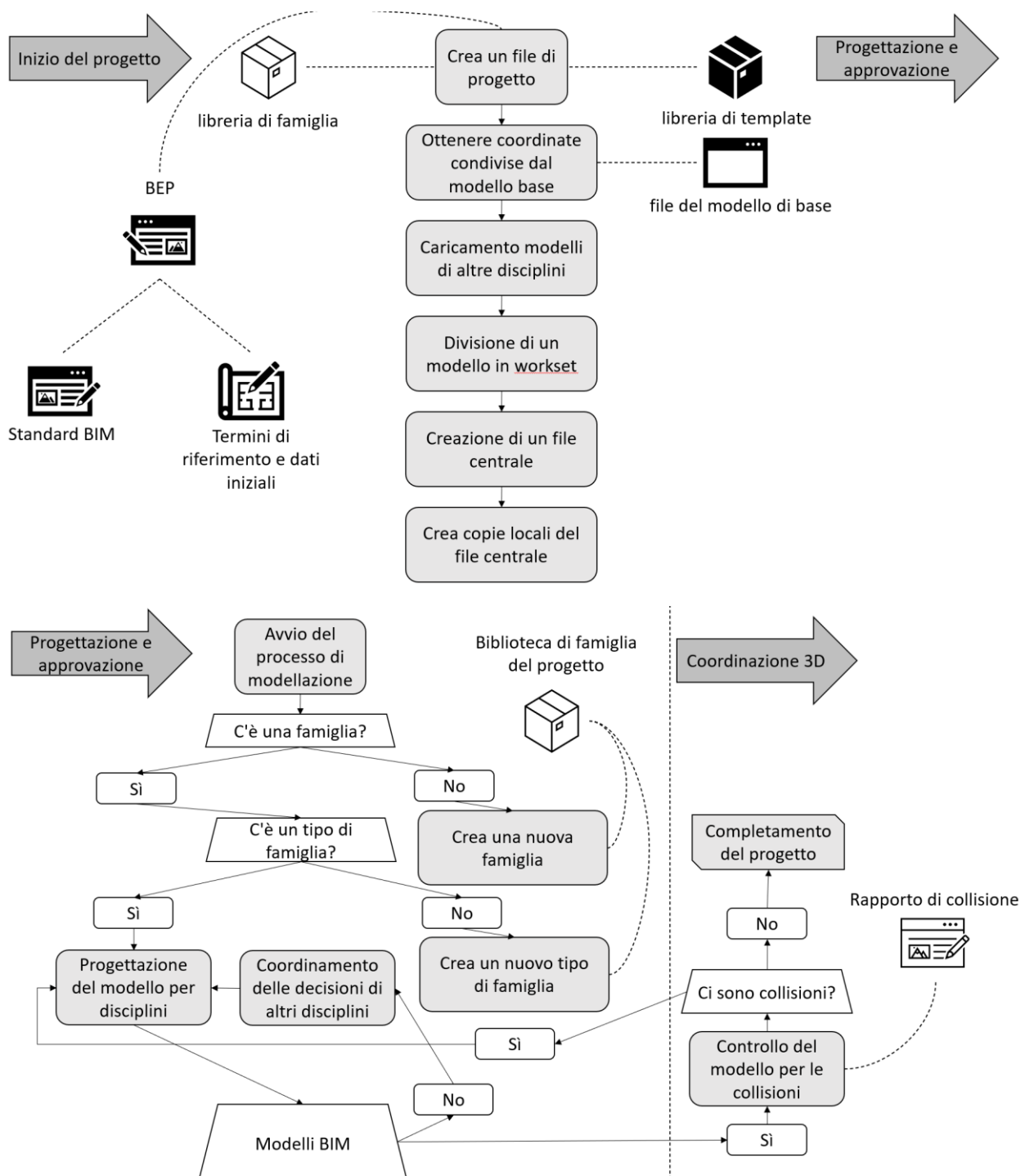


Figura 7 - Un esempio del processo di sviluppo di un modello BIM per una determinata disciplina del progetto

3 Il processo di convalida

Ogni progetto deve essere validato, controllando che non vi siano errori e conflitti. Per questo è stato applicato un processo specifico che verrà descritto più avanti.

La convalida è il processo di verifica dei risultati della modellazione BIM per la conformità ai requisiti. Il processo di validazione stabilisce se il modello soddisfa i requisiti del cliente e i requisiti dello standard dell'azienda. Verifica inoltre l'accuratezza del modello, la presenza di tutti gli elementi necessari e l'assenza di collisioni.

Strategia generale di controllo della qualità

Il BIM manager o il BIM coordinatore deve sviluppare e implementare un sistema di controllo della qualità per i modelli BIM basato su revisioni regolari. Il sistema di controllo deve essere basato su regole concordate e norme BIM. Ogni autore BIM dovrebbe essere responsabile della qualità dei modelli informativi per la sua sezione del progetto.

Tipi di controlli

I tipi di controlli possono essere utilizzati uno alla volta o in combinazione:

- Verifica del coordinamento 3D;
- Convalida dei dati;
- Verifica della posizione spaziale e dei parametri geometrici.

Il controllo può avvenire:

- In modalità manuale (visivamente);
- In modalità automatica (tramite strumenti software come Revit, Navisworks e Microsoft Excel).

La verifica della posizione spaziale e dei parametri geometrici devono includere:

- La verifica della conformità degli elementi del modello ai requisiti LOD;
- La verifica del sistema di coordinate;
- La verifica dell'accuratezza della costruzione degli elementi del modello;
- La verifica di elementi ridondanti e duplicati.

La verifica dei dati è necessaria al fine di determinare come i dati sono sistematizzati, strutturati e classificati secondo i requisiti delle norme e del cliente.

I controlli devono essere effettuati regolarmente. La frequenza delle revisioni è stabilita dal BIM manager o dal BIM coordinatore.

Inoltre, prima di poter inserire un file modello nell'area dei dati pubblicati, è necessario ripulirlo dagli elementi inutilizzati.

Verifica del coordinamento 3D

Il controllo del coordinamento 3D del modello BIM viene eseguito in Autodesk Revit mentre il controllo delle collisioni viene eseguito in Autodesk Navisworks Manage.

Il BIM Manager e il BIM Coordinator sono responsabili della conduzione di controlli automatici e della supervisione delle correzioni di errori.

Lo scopo del controllo del coordinamento 3D è trovare ed eliminare le collisioni tra gli elementi del modello in fase di progettazione. Le collisioni sono intersezioni di elementi dovute a errori di coordinamento spaziale tra diverse sezioni di progetto. Le collisioni possono essere direttamente tra gli elementi del modello BIM ma possono esserci anche collisioni senza un'intersezione diretta degli elementi quando le tolleranze delle distanze tra gli elementi vengono violate.

Si consiglia di verificare il coordinamento 3D in Autodesk Navisworks. Il controllo può essere effettuato manualmente (visivamente) o automaticamente.

Il processo di verifica delle collisioni è mostrato nel diagramma.

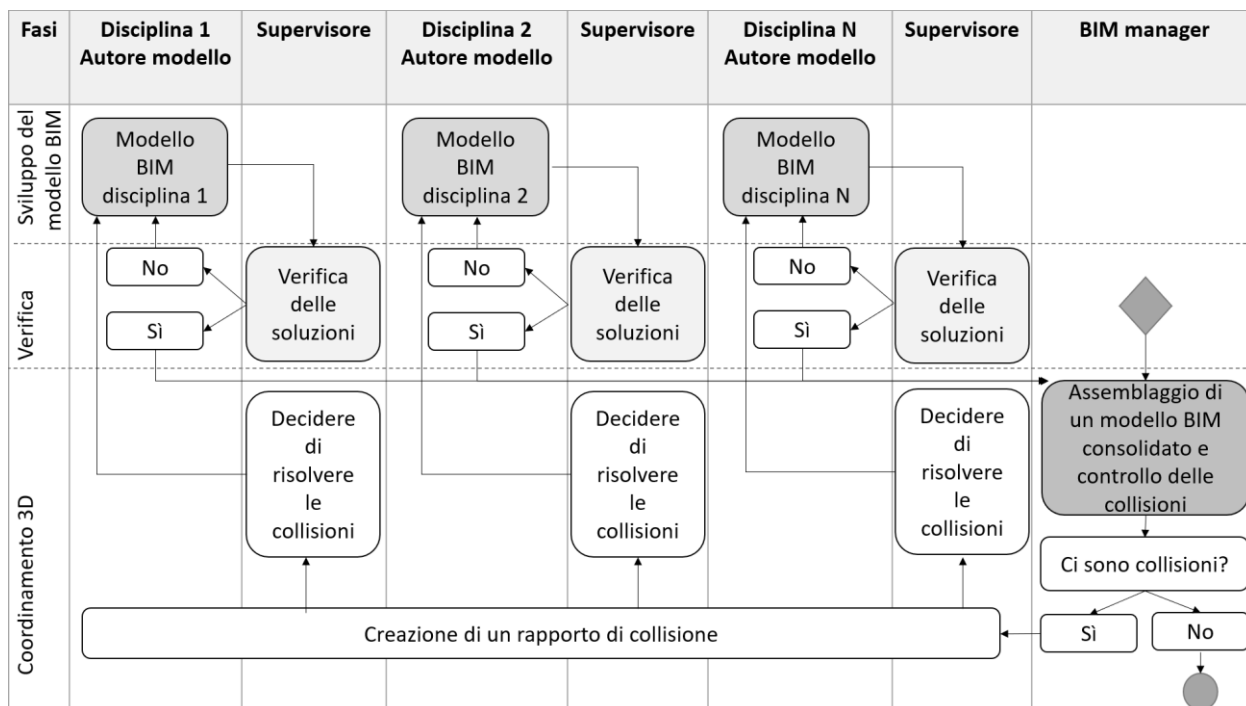


Figura 8 - Processo di controllo delle collisioni

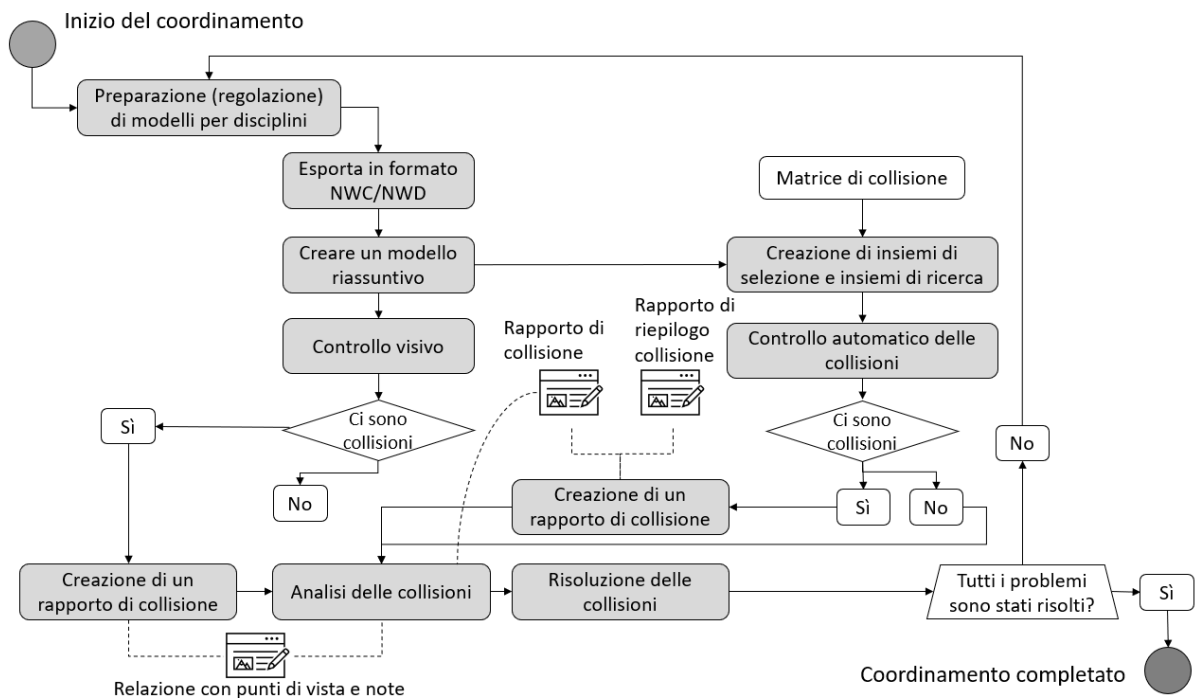


Figura 9 - Processo di coordinamento 3D

Il processo di coordinamento 3D consiste nella:

- Predisposizione di modelli per sezioni, tenendo conto dei requisiti per il loro sviluppo;
- Esportazione in formato NWC o NWD;
- Realizzazione di un modello riassuntivo;
- Creazione di gruppi di selezione e di ricerca, tenendo conto della matrice di collisione precedentemente sviluppata;
- Controllo visivo per rilevare le collisioni. Una volta identificate le collisioni, deve essere generato un rapporto;
- Controllo automatico delle collisioni per rilevarle e documentarle. Una volta identificate le collisioni, deve essere generato un rapporto di controllo automatizzato;
- Analisi delle collisioni rilevate;
- Eliminazione delle collisioni rilevate.

Preparazione di modelli di disciplina

Lo scopo della preparazione dei modelli di disciplina è creare le condizioni per selezionare e raggruppare rapidamente gli elementi di un modello riassuntivo nel programma Navisworks.

Prima di esportare i modelli BIM è necessario configurarli in Revit e Navisworks.

Per preparare i modelli BIM per le discipline è necessario assicurarne lo sviluppo in un unico sistema di coordinate e questo garantisce la loro posizione corretta nel modello riassuntivo.

Per esportare i modelli è necessario creare viste che contengano solo gli elementi necessari per verificare le interferenze.

La creazione dei gruppi di selezione e di ricerca in Navisworks sarà facilitata dalla creazione precedente di parametri in Revit per questo scopo. I parametri creati devono essere denominati in modo tale da consentire di identificare in modo univoco gli elementi necessari del modello.

Esportazione di modelli di disciplina e importazione in Navisworks

Lo scopo dell'esportazione di modelli di disciplina è ottenere file composti per il successivo trasferimento in Navisworks e ottenere un modello riassuntivo.

È possibile utilizzare i seguenti metodi per trasferire i modelli BIM da Revit a Navisworks:

- Esportazione diretta in formato NWC;
- Importazione in Navisworks il file di progetto Revit stesso con estensione RVT;
- Creazione di file NWD utilizzando Batch Utility.

La riesportazione deve essere eseguita senza modificare il nome.

Creazione del modello riassuntivo

Lo scopo della creazione di un modello riassuntivo è quello di combinare diversi modelli per sezioni in un unico modello e quindi controllare le collisioni tra i suoi elementi.

Matrice di collisione¹⁵

¹⁵ UNI 11337-4:2017

Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 4: Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati e oggetti

La matrice di collisione presenta in forma tabellare la definizione di gruppi di elementi che verranno confrontati tra loro per le intersezioni. Un esempio di matrice di collisione è mostrato in figura. Lo scopo della creazione di una matrice di collisione è determinare preliminarmente i gruppi di elementi che verranno controllati per le collisioni tra loro. La matrice di collisione deve essere organizzata a seconda delle priorità dei controlli, che possono variare a seconda del progetto specifico. Il contenuto della matrice di collisione e la sua forma finale per ogni progetto devono essere definiti nel BIM Execution Plan (BEP).

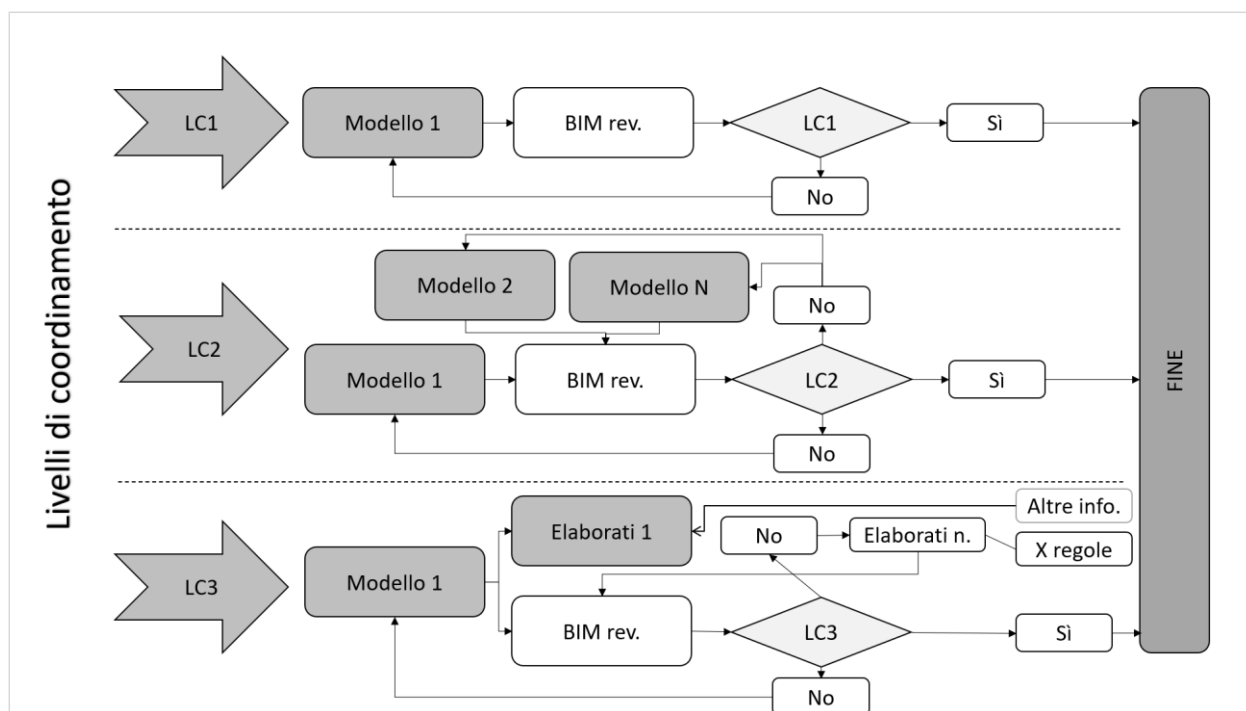


Figura 10 - Matrice di collisione (UNI 11337-4)

Creazione gruppi di selezione e gruppi di ricerca

Lo scopo della creazione dei gruppi è preparare il modello per il controllo automatico delle collisioni. I gruppi di selezione e di ricerca devono essere creati sulla base di una matrice di collisione. Si consiglia di esportare i gruppi creati in un file per riutilizzarli in progetti simili.

Controllo visivo per rilevare le collisioni

Lo scopo di un controllo visivo è identificare le collisioni che non possono essere determinati da un controllo automatizzato. Il controllo visivo deve essere eseguito orbitando intorno al modello utilizzando gli strumenti di sezione e misura. Le collisioni rilevate devono essere documentate utilizzando strumenti di revisione ottenendo poi un rapporto di ispezione visiva.

Controllo automatico delle collisioni

Lo scopo del controllo automatico è velocizzare il rilevamento delle collisioni nel modello riassuntivo utilizzando lo strumento “Clash Detective” in Navisworks Manage. Quando si definiscono gli elementi da controllare, si consiglia di utilizzare i gruppi di ricerca e di selezione.

Il flusso di lavoro eseguito sui casi studio si è basato sul controllo automatico delle collisioni seguendo il sottostante schema:

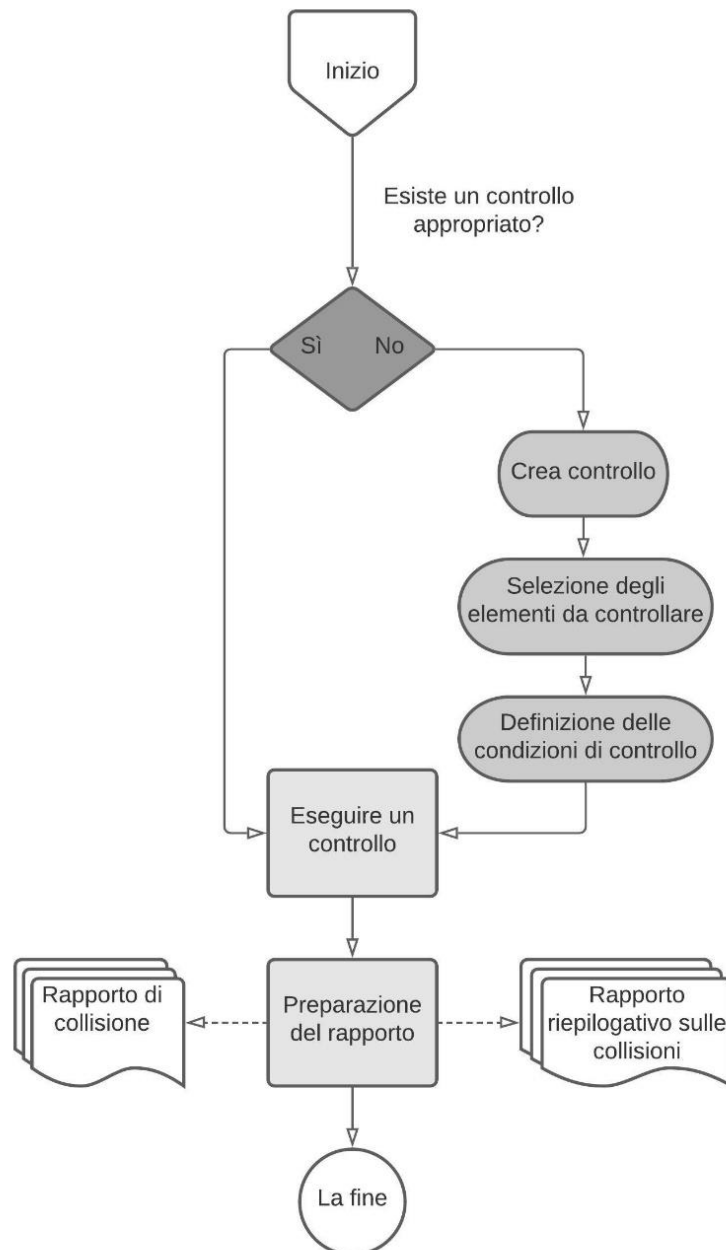


Figura 11 - Processo di controllo automatico delle collisioni

Il processo di verifica automatico consiste nella:

- Creazione di un test di interferenza;
- Selezione degli elementi da verificare;
- Definizione delle regole e dei parametri della verifica;
- Avvio del controllo;
- Creazione di rapporti di collisione.

Analisi delle collisioni rilevate

Il rapporto ottenuto dal processo di verifica viene analizzato per capire a quali responsabili incaricare la correzione del modello. L'analisi e l'identificazione dei responsabili viene fatta in apposite riunioni.

Risoluzione delle collisioni identificate

Lo scopo della attività di risoluzione delle collisioni è quello di verificare che queste non siano presenti e, quindi, è quello di ottenere un modello privo di errori in tutte le sue discipline. Questo obiettivo si raggiunge ripetendo i test.

Per una più semplice risoluzione delle collisioni, è necessario trasferire i risultati dei test da Navisworks a Revit. Tutte le collisioni hanno uno stato di interferenza, quando si apportano modifiche è necessario impostare lo stato su "Approvato". Le collisioni approvate devono essere presenti nelle verifiche successive.

Riunioni di coordinamento BIM

Le riunioni di coordinamento sono necessarie per nominare i responsabili e cercare soluzioni per eliminare le collisioni. Partecipano: il BIM manager, il BIM coordinator e tutti i collaboratori delle singole discipline. Le riunioni di coordinamento possono essere combinate con altre riunioni relative all'applicazione della tecnologia BIM. Si raccomanda di tenere riunioni di coordinamento secondo le necessità.

Le riunioni di coordinamento considerano:

- Le domande generali sullo stato di avanzamento del progetto BIM;
- I controlli delle collisioni;
- La nomina dei responsabili della correzione delle collisioni;
- Il processo di modellazione;
- I problemi tecnici;
- Il rispetto del progetto BEP.

4 BIM e Beni culturali (HBIM)

L'uso di HBIM (Heritage Building Information Modeling) può migliorare i metodi di conservazione e valorizzazione del patrimonio culturale. L'utilizzo della tecnologia HBIM è ancora complicato a causa del fatto che gli strumenti di modellazione sono principalmente focalizzati sulle nuove costruzioni. Quando si lavora con il patrimonio architettonico, infatti, è necessario trovare costantemente un compromesso tra l'accuratezza della modellazione e le capacità del software. Questa ricerca studia il flusso di lavoro HBIM, che è generico e adatto a supportare interventi, manutenzione e conservazione del patrimonio culturale.

Il flusso di lavoro è stato suddiviso in cinque parti: pianificazione del modello, acquisizione dei dati, acquisizione dei dati della geometria, divisione del modello, modellazione. Il flusso di lavoro è stato reso il più flessibile possibile in modo da poter essere applicato a diversi tipi di progetti.

Il processo decisionale per preservare o valorizzare il patrimonio architettonico si basa su dati storici, bibliografici e diagnostici.¹⁶ Questo processo può essere semplificato con l'HBIM che migliora la gestione e la disponibilità dei dati¹⁷ e l'integrazione di quelli in continua evoluzione.¹⁸

Organizzazione del flusso di lavoro HBIM

Il flusso di lavoro è suddiviso nelle seguenti fasi:

1. Pianificazione del modello, tenendo conto del suo utilizzo futuro;
2. Raccolta dei dati dell'edificio ai fini della successiva integrazione nel modello;
3. Determinazione dei metodi di rilievo geometrico dell'edificio;
4. Determinazione della struttura del modello e del livello di necessità di informazioni;
5. Processo di modellazione HBIM diretto.

¹⁶ L. De Luca, C. Busayarat, C. Stefani, P. Véron, M. Florenzano
A semantic-based platform for the digital analysis of architectural heritage
Comput. Graph., 35 (2011), pp. 227-241

¹⁷ H. England
BIM for Heritage: Developing the Asset Information Model
Historic England, Swindon (2019)

¹⁸ M. Murphy, E. McGovern, S. Pavia
Historic building information modelling (HBIM)
Struct. Surv., 27 (2009), pp. 311-327

Pianificazione del modello

L'ISO19650¹⁹ definisce i requisiti di base sull'organizzazione e la digitalizzazione delle informazioni, compresi quelli per il patrimonio costruito. Il processo HBIM proposto nello studio è coerente con l'ISO 19650. Il primo passo include il BIM Execution Plan (BEP), che è una guida al flusso di lavoro per tutti i partecipanti al progetto. Questo passaggio crea anche un ambiente di condivisione dei dati (CDE), che è un repository di file per la raccolta, l'organizzazione e la distribuzione di documenti e modelli ai partecipanti al progetto.

Raccolta dei dati dell'edificio

Il processo HBIM richiede un'attenta raccolta di dati sul patrimonio culturale, in particolare le informazioni sui sistemi costruttivi dell'edificio. In questa ricerca, la diagnostica è partita dallo studio della documentazione e dalla analisi visiva per comprendere la struttura, i materiali e le condizioni dell'edificio. In seguito, gli esami diagnostici hanno richiesto l'inclusione di un gran numero di studi utilizzando strumenti complessi.

La ricerca diagnostica di solito include le seguenti aree²⁰:

1. Analisi storico-architettoniche;
2. Rilievo geometrico;
3. Analisi strutturale;
4. Ispezione dei materiali e delle superfici;
5. Analisi ecologica.

L'analisi storico-architettonica comprende lo studio della documentazione bibliografica e archivistica, la cartografia storica e lo studio di edifici simili. Tutti i dati sono necessari per poter tracciare l'evoluzione dell'edificio nel tempo. Particolare attenzione è stata posta nella ricerca di dati che descrivono i sistemi strutturali dell'edificio nascosti all'ispezione visiva.

I risultati dello studio diagnostico influenzano la progettazione del modello HBIM e la sua struttura a causa del fatto che non è sempre possibile ottenere le informazioni richieste su ciascun elemento dell'edificio. Pertanto, alcuni elementi nella fase iniziale dovrebbero essere modellati in forma semplificata, ma con la possibilità di dettagli successivi, mentre alcuni elementi rimarranno semplificati per mancanza di dati.

¹⁹ ISO/TC 59/SC 13, ISO 19650:2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM): Information management using building information modelling (2018)

²⁰ N. Santopuoli, L. Seccia

Sviluppi delle tecniche analitiche e diagnostiche per la conservazione

G. Carbonara (Ed.), Trattato di Restauro architettonico (2nd ed.), Utet Scienze Tecniche, Torino (2008)

Rilievo geometrico

La modellazione HBIM richiede informazioni geometriche dell'edificio accurate. Esistono, attualmente, molti strumenti e metodi per la raccolta dei dati²¹, molti dei quali economici. In questa ricerca, negli esempi forniti, anche se c'erano informazioni sui dati geometrici provenienti da fonti di terze parti, è stato comunque eseguito un rilievo geometrico ripetuto per verificare le informazioni esistenti. Negli esempi sono state utilizzate tecniche di rilevamento avanzate come le scansioni laser scanner e la fotogrammetria per generare una nuvola di punti dell'edificio. Tuttavia, i file erano di grandi dimensioni e richiedevano computer potenti per lavorarci, quindi si è pensato di applicare metodi per ridurre le dimensioni dei file, ad esempio riducendo il dettaglio dell'intera nuvola di punti, rilevando con un livello di dettaglio variabile a seconda dei requisiti, oppure suddividendo la nuvola di punti complessiva in più parti. Per scegliere gli strumenti e i metodi giusti per il rilevamento geometrico, è necessario determinare con precisione la quantità di lavoro richiesta, a seconda dell'uso futuro del modello.²²

Determinazione della struttura del modello e del livello di necessità di informazioni

L'organizzazione del modello dipende dagli elementi e dai sistemi presenti nell'edificio²³ e dal software di modellazione. Ogni elemento del modello, a seconda della sua destinazione costruttiva, dovrebbe essere assegnato ad una determinata categoria che ne rispecchi al meglio le caratteristiche tecniche.

Poiché, a volte, è difficile categorizzare gli elementi di edifici storici, è necessario ricorrere a metodi di modellazione non standard, tenendo conto dei loro vantaggi e svantaggi, al fine di trovare il miglior compromesso.

Per ogni elemento dell'edificio deve essere specificato un livello di necessità informativa, che comprende informazioni geometriche (dettaglio, ubicazione, comportamento parametrico, ecc.) e semantiche (relazioni, studi, manuali, ecc.). È necessario garantire che il modello possa essere facilmente aggiornato quando arrivano nuovi dati.

²¹ I. Aicardi, F. Chiabrandò, A. Maria Lingua, F. Noardo

Recent trends in cultural heritage 3D survey: The photogrammetric computer vision approach
J. Cult. Herit., 32 (2018), pp. 257-266

²² M. Lo Turco, M. Mattone, F. Rinaudo

Metric survey and BIM technologies to record decay conditions
Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci., XLII-5 (2017), pp. 261-268

²³ C. Santagati, D. Papacharalambous, G. Sanfilippo, N. Bakirtzis, C. Laurini, S. Hermon
HBIM approach for the knowledge and documentation of the St. John the Theologian cathedral in Nicosia (Cyprus)

J. Archaeol. Sci. Rep., 36 (2021), Article

Modellazione HBIM

La modellazione HBIM si basa sulle fasi trattate precedentemente. Attualmente non esiste un software dedicato per la modellazione HBIM²⁴, pertanto è necessario arrivare ad un compromesso tra l'accuratezza della simulazione e il comportamento parametrico degli elementi. Ad esempio, è necessario apportare alcune semplificazioni nei casi in cui ci sono deformazioni o deviazioni²⁵. Il problema successivo è l'unicità e la complessità degli elementi del patrimonio architettonico, che richiedono molto tempo per essere modellati a causa della mancanza di biblioteche adeguate²⁶. Questi problemi possono essere parzialmente risolti scegliendo il giusto flusso di lavoro e coinvolgendo non solo specialisti di modellazione, ma anche esperti di beni culturali che hanno una vasta conoscenza non solo dell'edificio, ma anche dei metodi di conservazione del patrimonio architettonico.

Esistono molti metodi di modellazione, ma l'approccio principale è lo Scan-To-BIM²⁷, che prevede l'uso di nuvole di punti come base per la modellazione HBIM. In questa ricerca, è stato scelto il metodo Scan-To-BIM, sia per i suoi vantaggi, che per la disponibilità degli strumenti ad esso necessari. Attualmente sono in corso ricerche sui metodi di modellazione automatica da nuvole di punti, descritte in un capitolo separato, ma ci sono ancora pochi esempi di lavoro con la modellazione HBIM; quindi, al momento la modellazione manuale viene utilizzata in maniera attiva.

Le difficoltà con le limitazioni del software di modellazione BIM a volte possono essere superate utilizzando altri software di modellazione 3D che supportano NURBS (Non Uniform Rational B-Splines) o mesh²⁸. I modelli creati in questi programmi vengono importati nel programma di modellazione BIM e utilizzati come oggetto integrale indivisibile. Questo metodo può essere utilizzato per elementi difficili da modellare con strumenti standard o per i casi in cui è necessario rappresentare accuratamente la

²⁴ M. Radanovic, K. Khoshelham, C. Fraser
Geometric accuracy and semantic richness in heritage BIM: a review
Digit. Appl. Archaeol. Cult. Herit., 19 (2020)

²⁵ M. Godinho, R. Machete, M. Ponte, A.P. Falcão, A.B. Gonçalves, R. Bento
BIM as a resource in heritage management: an application for the national palace of Sintra, Portugal
J. Cult. Herit., 43 (2020), pp. 153-162

²⁶ C. Biagini, P. Capone, V. Donato, N. Facchini
Towards the BIM implementation for historical building restoration sites
Autom. Constr., 71 (2016), pp. 74-86

²⁷ R. Volk, J. Stengel, F. Schultmann
Building information modeling (BIM) for existing buildings — literature review and future needs
Autom. Constr., 38 (2014), pp. 109-127

²⁸ M. Pepe, D. Costantino, V.S. Alfio, A.G. Restuccia, N.M. Papalino
Scan to BIM for the digital management and representation in 3D GIS environment of cultural heritage site
J. Cult. Herit., 50 (2021), pp. 115-125

geometria dell'elemento. Gli svantaggi, tuttavia, risiedono nell'impossibilità di modificare tali elementi, la mancanza di comportamento parametrico e la complessità della creazione. In questa ricerca, gli elementi importati non sono stati quasi mai utilizzati e la modellazione è stata effettuata utilizzando strumenti standard, anche non parametrici.

La modellazione inizia con la definizione della classe dell'oggetto, ad esempio in Revit è il "tipo" di famiglia. Una famiglia descrive un gruppo di elementi come oggetti con caratteristiche comuni e un insieme di relazioni. Gli strumenti BIM hanno una serie di tipi di famiglia che definiscono il modo in cui interagiscono con altre famiglie.

In Revit, le famiglie sono divise in tre categorie: sistema, caricabili e locali. Di queste, quelle di sistema sono utilizzate per creare elementi strutturali di base come muri, pavimenti, tetti, ecc. Questo tipo di famiglia ha un comportamento strettamente fisso. Le famiglie caricabili come finestre, porte, travi, ecc. vengono, invece, creati in un editor speciale e riempite con parametri impostati dall'utente. Quindi, questi sono tipi di famiglie abbastanza flessibili con grandi opportunità, ma richiedono tempo per essere create e, dunque, dovrebbero essere ben pianificate, strutturate e avere tutti i parametri necessari specifici per questo tipo di famiglia.

I parametri della famiglia includono anche la possibilità di aggiungere informazioni testuali e documentazione risultante dalla raccolta dei dati. Tuttavia, a causa delle limitazioni del software, non tutti i dati possono essere aggiunti al file di progetto e bisogna limitarsi ai collegamenti con documenti esterni.

I risultati

Di conseguenza, per lo studio pratico dell'applicazione del flusso di lavoro proposto, sono stati realizzati diversi progetti, presentati nella sezione "Casi di studio". Il flusso di lavoro ha richiesto la partecipazione di diversi specialisti, insieme ai quali è stato sviluppato un piano di esecuzione del progetto BIM (BEP), che includeva pianificazione dei tempi, ruoli e responsabilità, strumenti di modellazione, impostazioni CDE, coordinamento tra i file, il livello di informazioni necessarie per ciascun elemento.

La ricerca presenta un flusso di lavoro generale HBIM che si concentra sull'intervento, la manutenzione e la conservazione dei siti del patrimonio culturale. Il flusso di lavoro risultante è flessibile, adatto per l'implementazione di attività eterogenee e aiuta a trovare un compromesso tra accuratezza dei dati e comportamento parametrico degli elementi. L'applicazione di questo flusso di lavoro a oggetti piuttosto complessi, presentati negli esempi, ne ha mostrato la versatilità.

I risultati sopra citati sono stati raccolti e sintetizzati nei diagrammi che seguono.

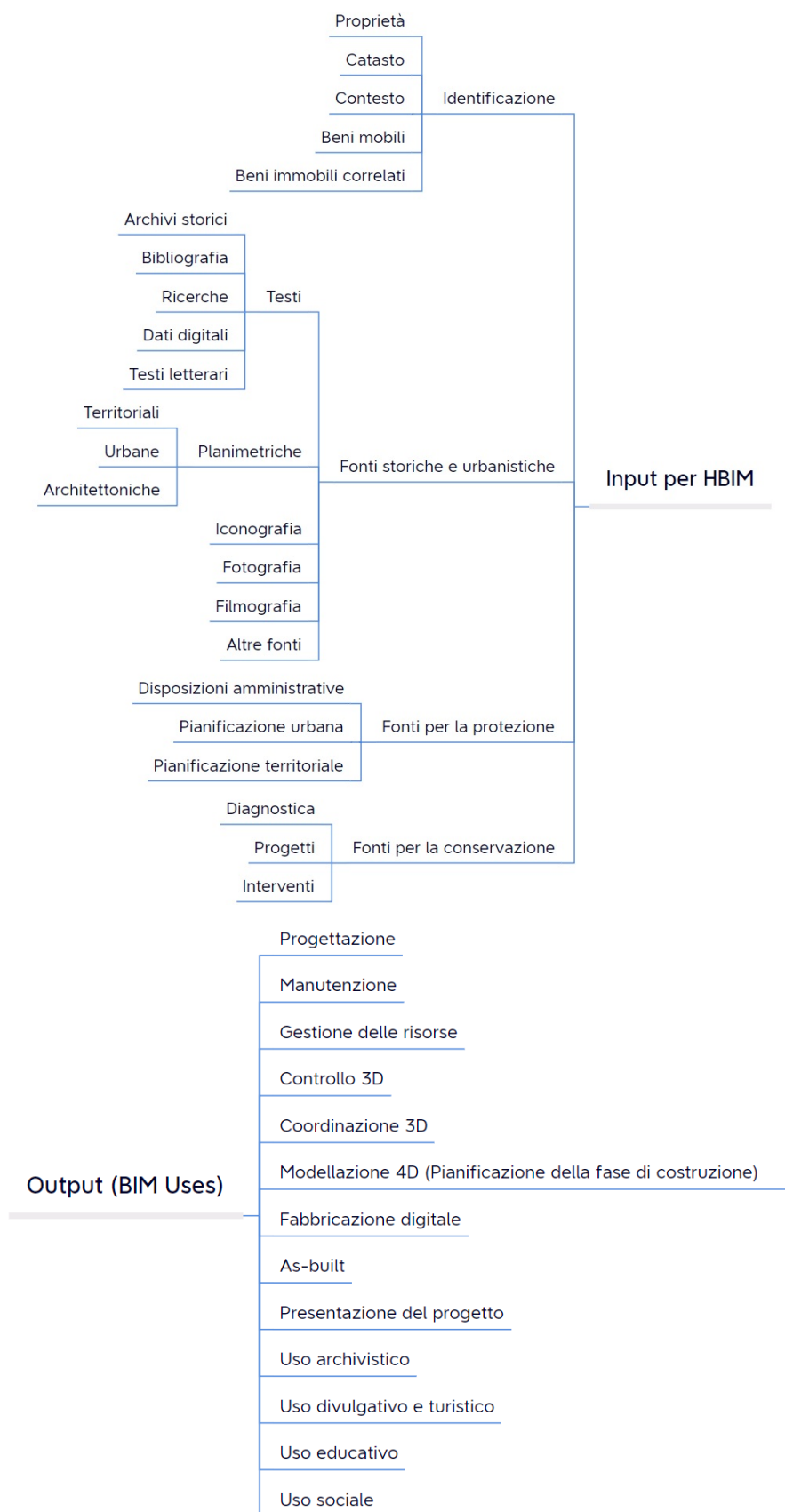


Figura 12 – Diagramma che descrive gli input e gli output quando si lavora in HBIM

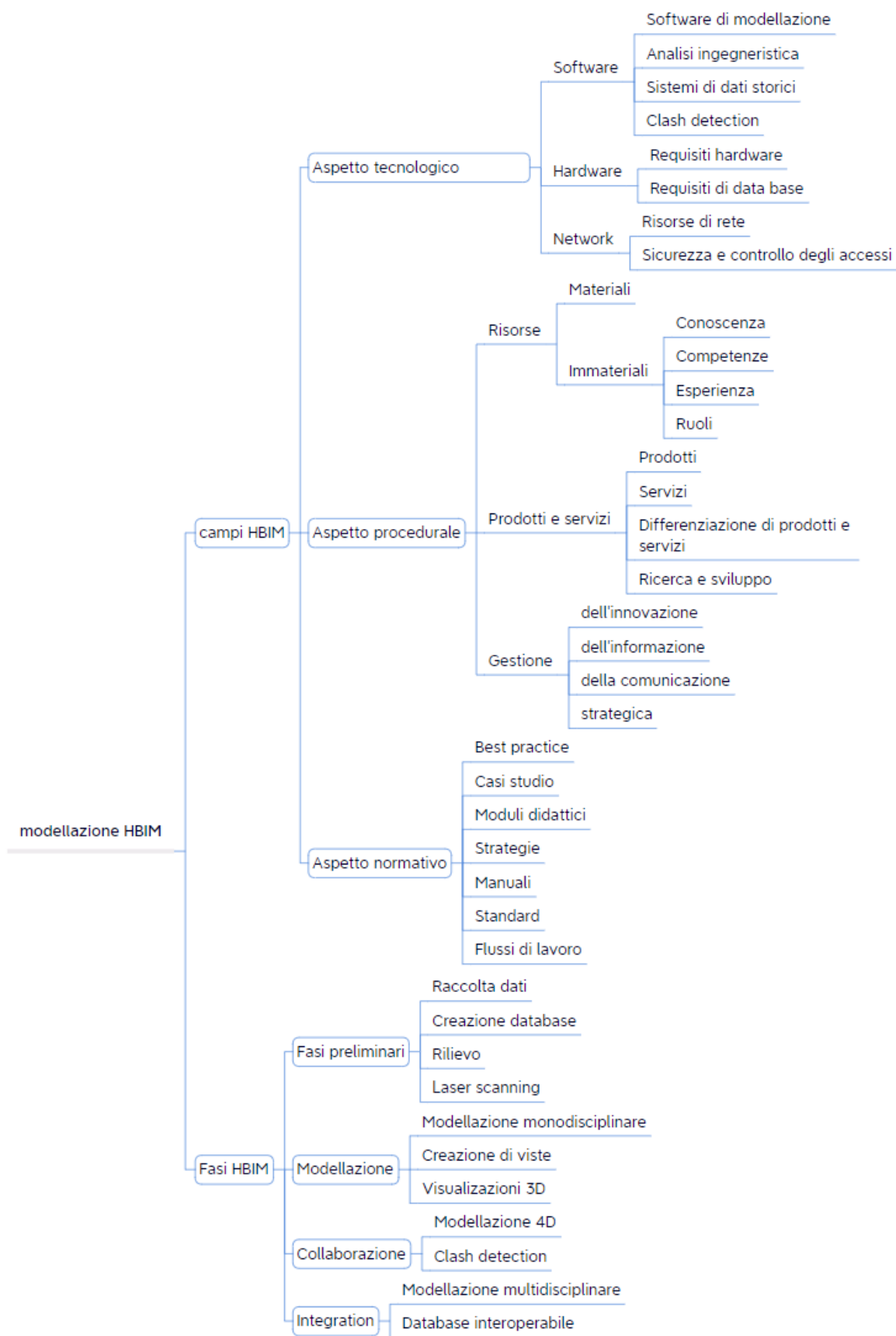


Figura 13 - Diagramma che descrive i campi e fasi per la modellazione HBIM

PARTE III – Casi di studio

In questa sezione vengono forniti esempi di progetti che sono stati realizzati da Giuseppe Bocci (direttore tecnico presso la società Bocci and Partners) e Fabrica Lab (La Spezia), utilizzando la tecnologia BIM. I metodi e gli strumenti descritti in questa ricerca sono stati utilizzati per implementare i progetti. Sulla base dell'esperienza maturata durante la realizzazione di questi progetti, sono state ottimizzate le modalità di applicazione della tecnologia BIM durante la ricostruzione. Durante la ricerca sono stati implementati e analizzati più di 30 progetti, alcuni dei quali sono presentati in questo capitolo.

Strumenti utilizzati

Per le scansioni laser è stato utilizzato: **Laser Scanner Focus X 130**. Questo strumento è stato fornito dallo Studio Bocci (San Ginesio).



Figura 14 - Laser Scanner Focus X 130

Caratteristiche di Focus3D X 130²⁹:

- Misura della distanza: 0,6 – 130 m;
- Velocità di misurazione: fino a 976.000 punti / secondo;
- Errore di linearità: ± 2 mm;
- Macchine fotografica a colori integrata: fino a 70 milioni di pixel;
- Classe laser: Laser classe 1;
- Multi-Sensor: GPS, bussola, sensore di altezza, compensatore biassiale;
- Dimensioni: 240 x 200 x 100 mm;
- Controllo dello scanner: tramite display touchscreen e WLAN;
- Peso: 5,2 kg.

²⁹ <https://www.faro.com/it-IT/Resource-Library/Brochure/FARO-Focus-Premium>

Leica RTC360 3D Laser Scanner

Laser Scanner 3D ad alta velocità con sistema di acquisizione di scansioni e immagini HDR integrato. Questo strumento è stato fornito da Fabrica Lab (La Spezia).



Figura 15 - Leica RTC360 3D Laser Scanner

Caratteristiche di Leica RTC360 3D Laser Scanner³⁰:

- Misura della distanza: Tempo di volo ad alta velocità potenziato con tecnologia dinamica Waveform Digital (WFD);
- Portata: Da 0,5 a 130 m;
- Classe laser: 1 (in conformità alla norma IEC 60825-1:2014), 1550 nm (invisibile)
- Velocità: Fino a 1.000.000 di punti al secondo;
- Precisione angolare 18'';
- Precisione della portata 1,0 mm + 10 ppm;
- Fotocamera: Acquisizione con sistema di 3 fotocamere da 36 MP di 432 MP di dati grezzi per immagine sferica calibrata a 360° x 300°;
- Velocità: 1 minuto per immagine HDR sferica completa in qualsiasi condizione di luce;
- Peso: 5,2 kg;
- Controllo dello scanner: tramite display touchscreen e WLAN;
- Multi-Sensor: Altimetro, bussola, GNSS.

³⁰ <https://leica-geosystems.com/it-it/products/laser-scanners/scanners/leica-rtc360>

Leica BLK2GO

Laser scanner portatile. Questo strumento è stato fornito da Fabrica Lab (La Spezia).

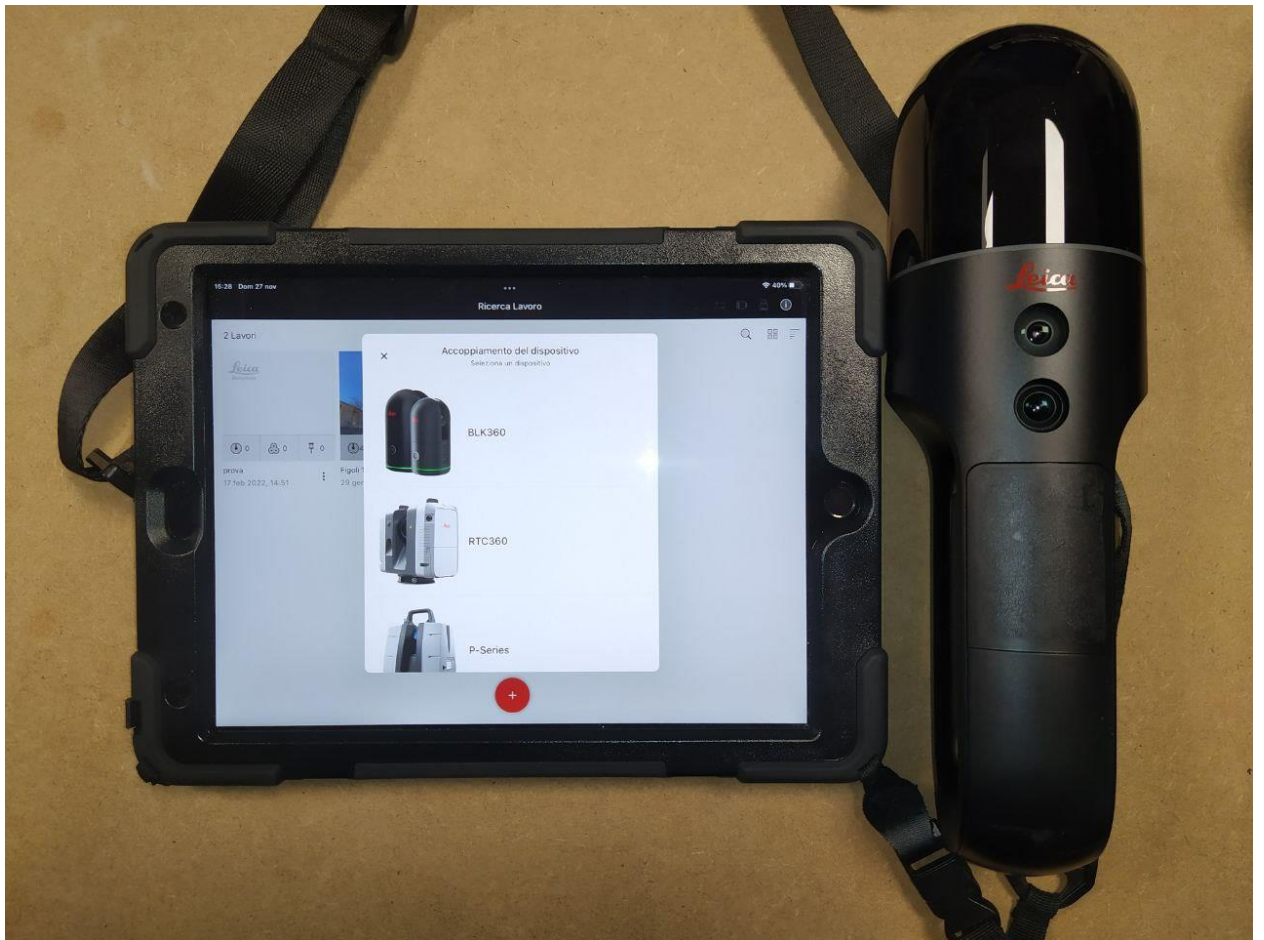


Figura 16 - Leica BLK2GO

Caratteristiche di Leica BLK2GO³¹:

- Classe laser: 1 (conforme con IEC 60825-1);
- Portata: Da 0,5 a 25 m;
- Frequenza di acquisizione: 420.000 punti/s;
- Fotocamera ad alta risoluzione: 12 MP, 90° x 120°, otturatore progressivo;
- Peso: 650 g (775 g batteria inclusa);
- Precisione relativa: 6-15 mm;
- Trasferimento dati: Wireless e USB 3.0.

³¹ <https://shop.leica-geosystems.com/it/it-IT/leica-blk/blk2go/technology>

Leica BLK2FLY

Drone Laser Scanner. Questo strumento è stato fornito da Fabrica Lab (La Spezia).



Figura 17 - Leica BLK2FLY

Caratteristiche di Leica BLK2FLY³²:

- Classe laser: 1 (secondo le direttive IEC 60825-1);
- Intervallo di scansione: Da 0,5 m a 25 m;
- Frequenza di acquisizione: 420.000 punti/sec;
- Sistema di visualizzazione: Sistema a 5 fotocamere, 1,6 MP;
- Precisione relativa: <20 mm.

³² <https://shop.leica-geosystems.com/it-IT/leica-blk/blk2fly>

La scansione laser richiede 2 persone. Le scansioni di edifici durano da 2 a 8 ore. L'elaborazione dei risultati della scansione richiede da 2 a 8 ore. Il tempo richiesto per la scansione laser corrisponde approssimativamente al tempo necessario per le misurazioni manuali dell'edificio.

La scansione laser era la seguente:

- Esplorazione dell'edificio e individuazione dei punti di scansione;
- Installazione dello scanner;
- Passaggio sequenziale dei punti di scansione;
- Elaborazione dei risultati della scansione.



Figura 18 - Processo di acquisizione di informazioni tridimensionali

La connessione dei singoli punti di scansione laser in una nuvola di punti viene eseguita tramite un software specifico come ReCAP o Cyclone.

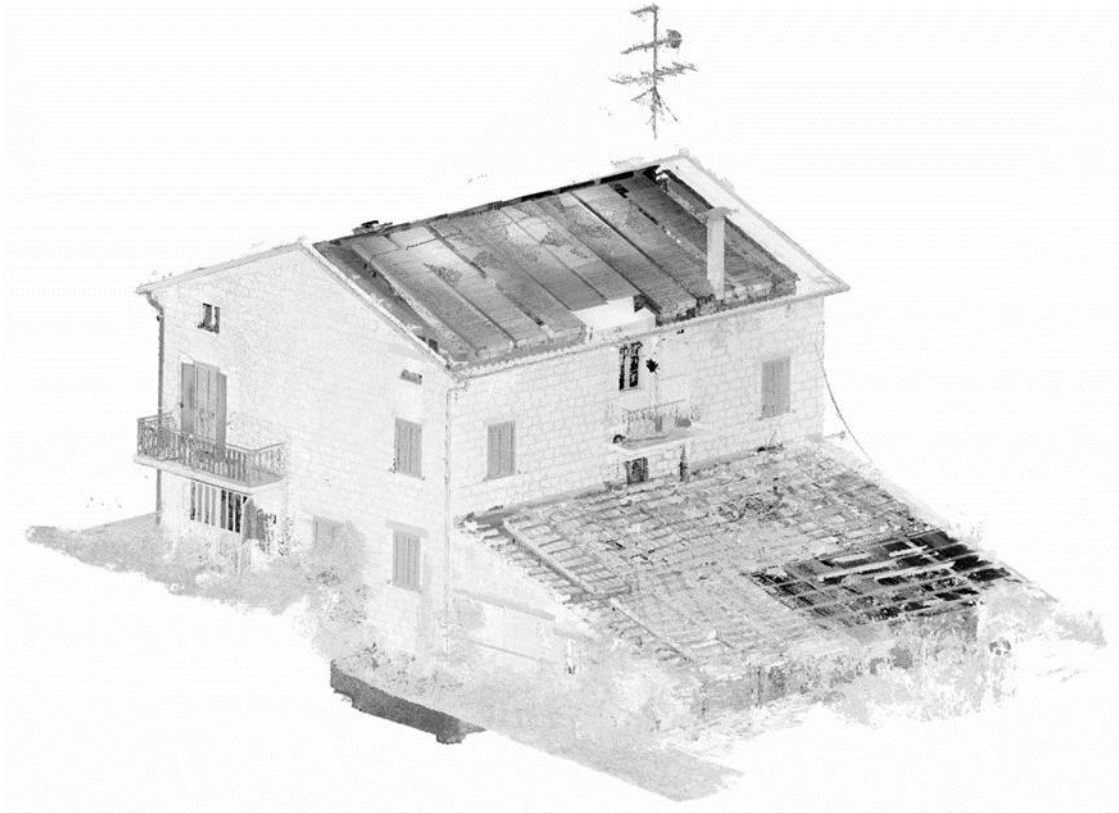


Figura 19 - Nuvola di punti dopo l'elaborazione

Dopo aver preparato e pulito la nuvola di punti, viene importata nel software BIM come Revit.

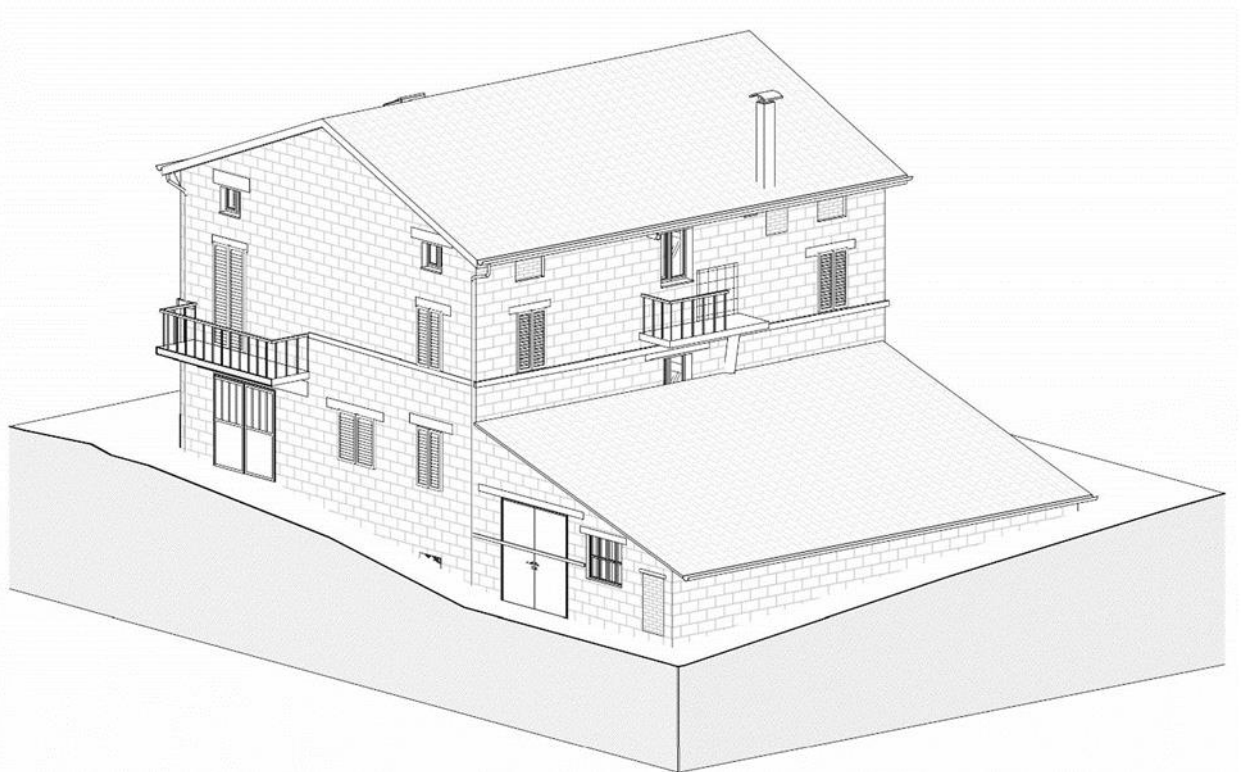


Figura 20 - Modello BIM

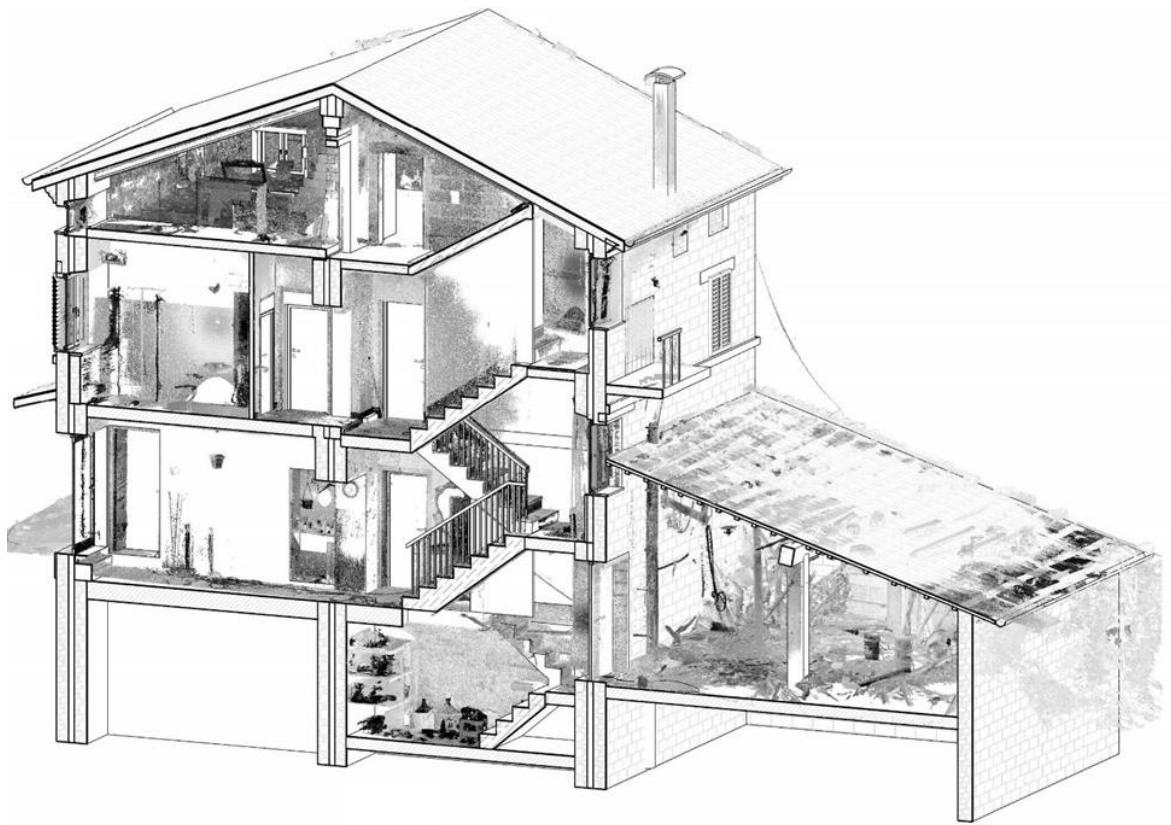


Figura 21 - Modello BIM basato su nuvola di punti

Drone DJI Mavic Mini

Strumento di proprietà dell'autore della ricerca.



Figura 22 - Drone DJI Mavic Mini

Caratteristiche di DJI Mavic Mini³³:

- Peso: 249 g;
- Velocità massima: 13 m/s (Modalità S);
- Quota massima di tangenza sopra il livello del mare: 3000 m;
- Autonomia di volo: 30 minuti;
- Sensore: 1/2,3" CMOS;
- Pixel effettivi: 12 MP;
- Dimensione foto: 4:3: 4000×3000, 16:9: 4000×2250;
- Resistenza alla velocità del vento: 8 m/s.

³³ <https://www.dji.com/it/mavic-mini/specs>

Drone DJI Mavic air 2

Strumento di proprietà dell'autore della ricerca.



Figura 23 - Drone DJI Mavic air 2

Caratteristiche di DJI Mavic air 2³⁴:

- Peso: 570 g;
- Massima velocità orizzontale: 19 m/s (Modalità S);
- Quota massima di tangenza sopra il livello del mare: 3000 m;
- Autonomia di volo: 30 minuti;
- Sensore: 1/2,3" CMOS;
- Pixel effettivi: 12 MP;
- Dimensione foto: 4:3: 4000×3000, 16:9: 4000×2250;
- Resistenza al vento (max): 8,5 – 10,5 m/s (Livello 5).

³⁴ <https://www.dji.com/it/mavic-air-2/specs>

Il software utilizzato per lo studio è stato Agisoft Metashape. L'applicazione implementa un'ampia gamma di funzioni per elaborare una serie di foto e consente la costruzione di un odello dettagliato dell'oggetto.

Allineamento e creazione della nuvola di punti

La fase iniziale è il processo di allineamento delle foto. In questa fase vengono definiti il posizionamento relativo delle foto, i loro punti di connessione e la posizione spaziale degli oggetti. La triangolazione viene eseguita con la migliore qualità se l'elaborazione include foto dettagliate da un maggior numero di angolazioni diverse e ampie sovrapposizioni (almeno il 60%). Inoltre, per l'allineamento vengono utilizzati i dati di riferimento dell'oggetto, ad esempio le coordinate del marker o il posizionamento GPS. Il risultato è la creazione di una nuvola di punti sparsa.

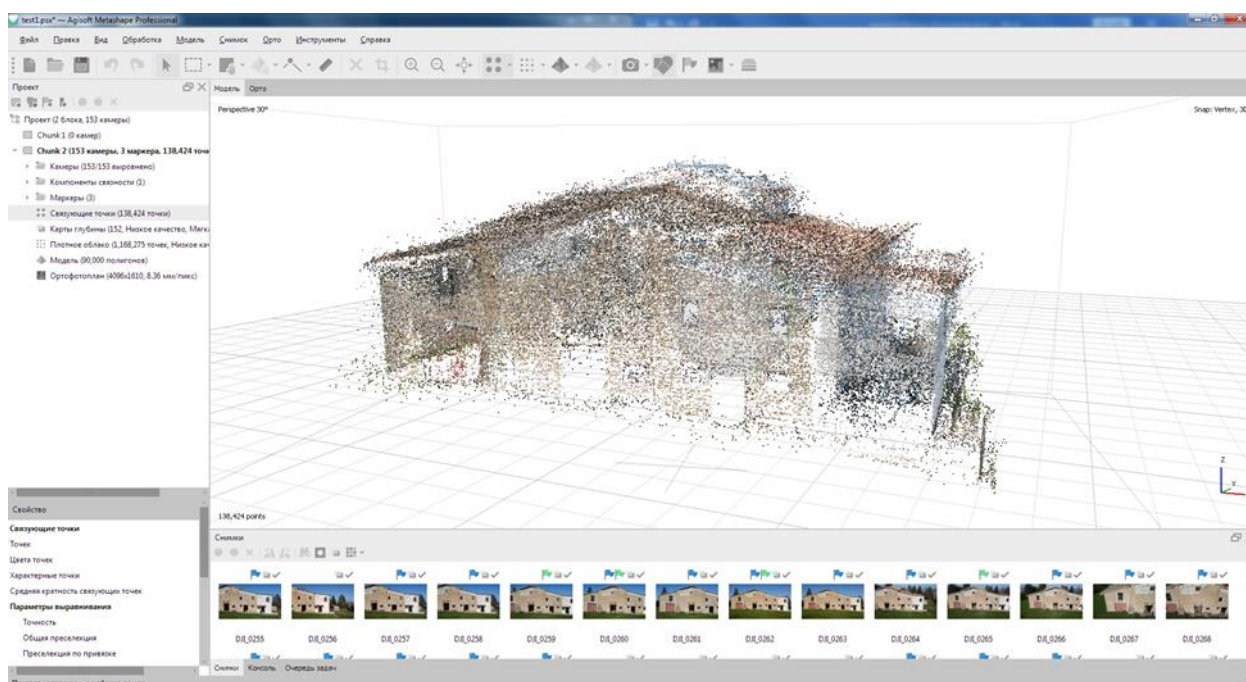


Figura 24 - Nuvola di punti sparsa (Chiesa di S. Maria di Garufò)

Creazione di una nuvola di punti densa

Sulla base della nuvola di punti sparsa, viene calcolata la cosiddetta "nuvola densa" con la granularità richiesta. Il numero di punti della nuvola densa varia a seconda dell'accuratezza selezionata e può arrivare a decine di milioni di punti. I punti contengono informazioni sul colore e rappresentano il profilo dell'edificio in tre dimensioni. In questa fase, la nuvola di punti viene corretta manualmente e i frammenti non necessari vengono eliminati.

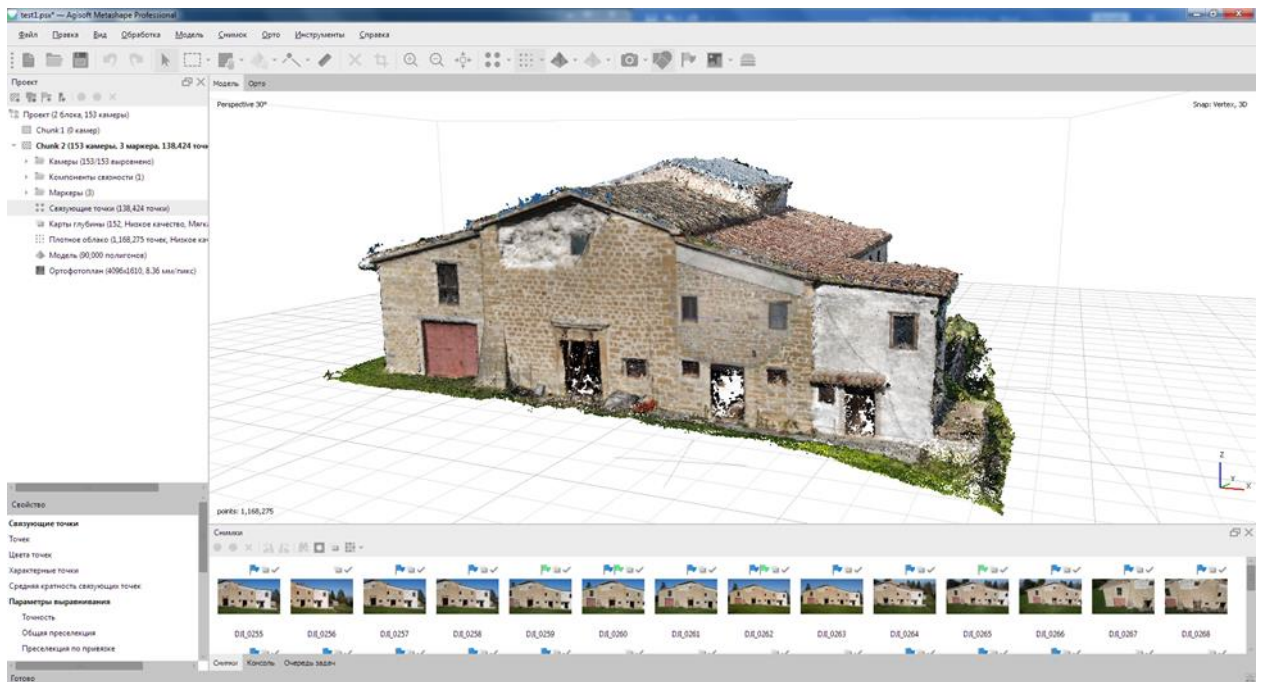


Figura 25 - Nuvola di punti densa (Chiesa di S. Maria di Garufo)

Costruzione di un modello poligonale tridimensionale

Sui dati della nuvola densa viene costruito un modello poligonale tridimensionale ossia una copia virtuale volumetrica dell'oggetto, da cui si possono esportare varie viste e proiezioni, come le ortofoto.

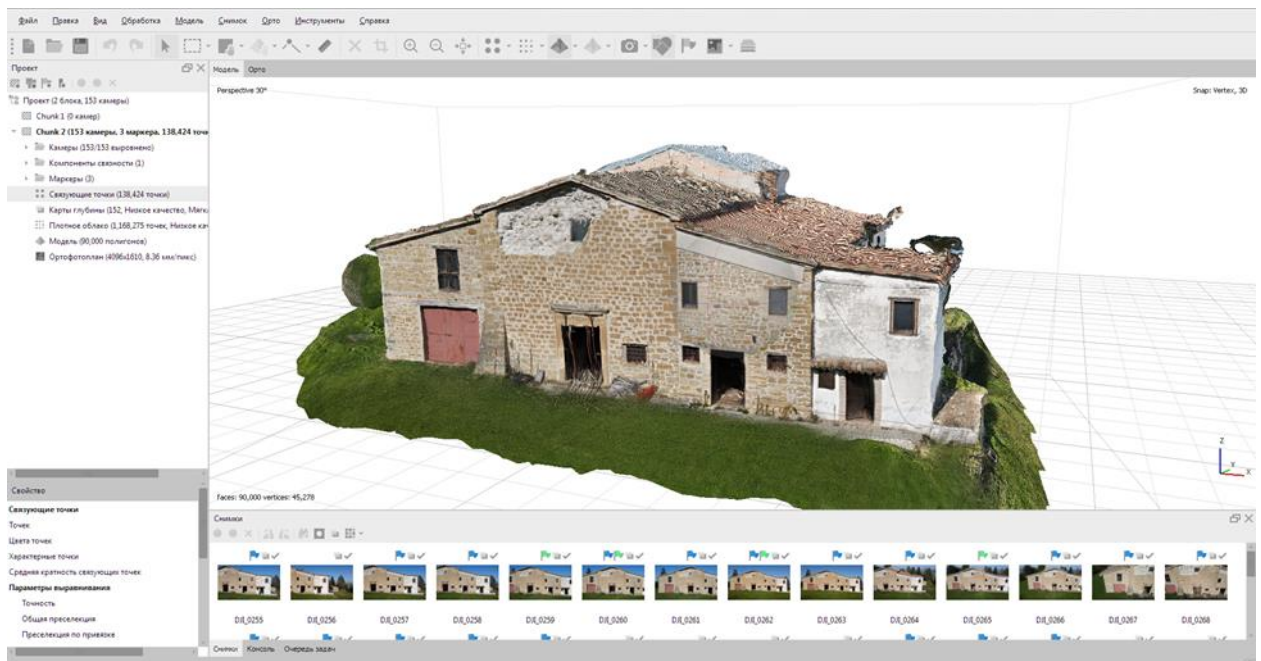


Figura 26 - Modello texture (Chiesa di S. Maria di Garufo)

L'ortofoto è una foto geometricamente corretta e georeferenziata. Risulta uno strumento versatile ottenere viste di un oggetto da diverse angolazioni. Come proiezione

ortogonale, l'ortofoto fornisce informazioni utili sulle dimensioni e sulla consistenza dell'oggetto, superando, ad esempio, il dettaglio di un disegno di una facciata.



Figura 27 - Ortofoto (Chiesa di S. Maria di Garufo)



Figura 28 - Ortofoto (Chiesa di S. Maria di Garufo)

Elenco dei casi studio

Nome del progetto	Autori
Pieve Torina (MC) – Borgo (caso uno) - Casa Marchetti	Studio: Bocci and Partners (San Ginesio) Scansione: Maksim Afonchanka, Volha Petravets Foto: Maksim Afonchanka Modellazione: Maksim Afonchanka, Volha Petravets
Camporotondo di Fiastrone (MC) - Chiesa Garufo	Studio: Bocci and Partners (San Ginesio) Scansione: Maksim Afonchanka, Volha Petravets Foto: Maksim Afonchanka Modellazione: Maksim Afonchanka, Volha Petravets Render: Maksim Afonchanka
San Ginesio (MC) – Palazzo Mochi	Studio: Bocci and Partners (San Ginesio) Scansione: Maksim Afonchanka, Volha Petravets Foto: Maksim Afonchanka Modellazione: Maksim Afonchanka
Pieve Torina – Borgo (caso due)	Studio: Bocci and Partners (San Ginesio) Scansione: Maksim Afonchanka, Volha Petravets Foto: Maksim Afonchanka Modellazione: Maksim Afonchanka
Monte San Giusto (MC) - Casina Bonafede	Studio: Bocci and Partners (San Ginesio) Scansione: Maksim Afonchanka, Volha Petravets Foto: Maksim Afonchanka Modellazione: Maksim Afonchanka, Volha Petravets
Acquasanta Terme (AP) - Frazione Vallecchia Monte Acuto	Studio: Bocci and Partners (San Ginesio) Scansione: Maksim Afonchanka, Volha Petravets Foto: Maksim Afonchanka Modellazione: Maksim Afonchanka, Volha Petravets
Visso (MC) – Frazione di Mevale	Studio: Bocci and Partners (San Ginesio) Scansione: Maksim Afonchanka, Volha Petravets Foto: Maksim Afonchanka Modellazione: Maksim Afonchanka, Volha Petravets
Pieve Torina (MC) – Chiesa S.Andrea	Studio: Bocci and Partners (San Ginesio) Scansione: Maksim Afonchanka, Volha Petravets Foto: Maksim Afonchanka Modellazione: Maksim Afonchanka, Volha Petravets
Altare (SV) – Villa Rosa, Progetto vetrofanie	Studio: Fabrica Lab (La Spezia) Scansione: Fabrica Lab (La Spezia) Foto: Fabrica Lab (La Spezia) Modellazione: Fabrica Lab (La Spezia)
Sarzana (SP) – Fortezza di Sarzanello	Studio: Fabrica Lab (La Spezia) Scansione: Fabrica Lab (La Spezia) Foto: Fabrica Lab (La Spezia) Modellazione: Fabrica Lab (La Spezia)
Lerici (SP) – Castello di San Terenzo	Studio: Fabrica Lab (La Spezia) Scansione: Fabrica Lab (La Spezia) Foto: Fabrica Lab (La Spezia)

	Modellazione: Fabrica Lab (La Spezia)
Finale Ligure (SV) – Forte San Giovanni	Studio: Fabrica Lab (La Spezia) Scansione: Fabrica Lab (La Spezia) Foto: Fabrica Lab (La Spezia) Modellazione: Maksim Afonchanka, Fabrica Lab (La Spezia) Render: Maksim Afonchanka
Sarzana (SP) – Fortezza Firmafede	Studio: Fabrica Lab (La Spezia) Scansione: Fabrica Lab (La Spezia) Foto: Fabrica Lab (La Spezia) Modellazione: Fabrica Lab (La Spezia) Render: Maksim Afonchanka
Crevalcore (BO) - Condominio di Via Solferino 110	Studio: Bocci and Partners (San Ginesio) Scansione: Maksim Afonchanka, Volha Petravets Foto: Maksim Afonchanka Modellazione: Maksim Afonchanka, Volha Petravets
San Martino (AQ) - Grotta Consorzio 23.SM	Studio: Bocci and Partners (San Ginesio) Scansione: Maksim Afonchanka, Volha Petravets Foto: Maksim Afonchanka Modellazione: Maksim Afonchanka, Volha Petravets
San Martino (AQ) - Grotta Consorzio 10.SM	Studio: Bocci and Partners (San Ginesio) Scansione: Maksim Afonchanka, Volha Petravets Foto: Maksim Afonchanka Modellazione: Maksim Afonchanka
San Martino (AQ) - Grotta Consorzio 5.SM	Studio: Bocci and Partners (San Ginesio) Scansione: Maksim Afonchanka, Volha Petravets Foto: Maksim Afonchanka Modellazione: Maksim Afonchanka
San Martino (AQ) - Grotta Consorzio 9.SM	Studio: Bocci and Partners (San Ginesio) Scansione: Maksim Afonchanka, Volha Petravets Foto: Maksim Afonchanka Modellazione: Maksim Afonchanka

Pieve Torina (MC) – Borgo (caso uno)

“Casa Marchetti di Lucciano è una casa padronale circondata da un complesso di edifici caratteristico della vita e attività di una ampia proprietà terriera (chiesa, annessi agricoli di varia natura). L’edificio attuale è frutto di successivi ampliamenti. La parte più antica, sul lato nord dell’edificio, risale al 1634 (data rinvenuta su di una pianella murata nel locale al piano terreno). Il corpo centrale dell’edificio, con muratura in pietra e porte e finestre con riquadrature aggettanti in mattoni, può essere datato invece tra il XVII e il XVIII secolo. La casa ha avuto un ulteriore ampliamento ottocentesco sul retro dell’edificio (con stanze di servizio e scale)[...].

Il piano terra, in origine destinato ad attività agricole e produttive, e caratterizzato da un grande ingresso con volta a botte su cui si innesta una volta a crociera. L’andito da accesso a vari locali, tra cui una ampia cantina con un pilastro centrale, su cui si conserva inciso un calendario lunare. Al piano nobile si trovano un salone quadrangolare e una stanza padronale con volte in camorcanna (con vele e conchiglie in stucco angolari), oltre a un’altra stanza con soffitto a travetti e pannelle dipinti e ad ambienti di transito, tutti decorati con pitture a calce che è possibile datare alla seconda metà del ‘700. [...] La stanza a nord del salone ha invece un soffitto con tre volte a botte affiancate, decorato dal pittore Gastone Vignaroli, incaricato da Alessio Marchetti a fine ‘800 inizio ‘900. Si conservano sia le lettere di Marchetti al pittore che bozzetti del Vignaroli, uno dei quali raffigura la stanza come poi realizzata. [...] La parte nord dell’edificio ha anche un secondo piano, con un unico grande ambiente utilizzato nell’800 per l’allevamento dei bachi da seta in cui sono ancora visibili tre piccoli camini che riscaldavano la stanza. [...]

In conclusione, Casa Marchetti è un antico complesso storico che conserva inalterate, insieme alla chiesa ed ai relativi annessi, le caratteristiche di una residenza padronale di paese, armoniosamente inserita nel paesaggio rurale marchigiano e centro di una azienda agricola attiva dalla metà dell’Ottocento, non comune in questa zona delle Marche.”³⁵

L’aggregato in oggetto è costituito da due corpi di fabbrica, facenti parte di due unità immobiliari destinate a civile abitazione. Il primo corpo di fabbrica, si sviluppa a nord e si presenta sostanzialmente con una pianta ad L ed una copertura a capanna, oltre un tratto in aderenza con il secondo corpo, posizionato a sud, dove la copertura risulta un terrazzo pavimentato. Si sviluppa in elevazione per tre livelli, dove al primo risultano sia vani abitabili che vani non abitabili, mentre al secondo i vani risultano interamente abitabili, mentre al terzo gran parte delle superfici risultano adibite a sottotetti seppur accessibili. Dal punto di vista materico la struttura portante verticale risulta costituita da paramenti

³⁵ Dalla relazione storica-artistica redatta dalla Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici delle Marche

“a sacco” di muratura in pietrame con tessitura irregolare. Per le strutture orizzontali sono presenti diverse tipologie materico-costruttive; infatti, si hanno sia solai in legno con impalcato in piastrelle di laterizio, solai in putrelle e tavelloni, solai in putrelle e voltine in laterizio, nonché volte in mattoni. La copertura è realizzata in laterocemento con tipologia a capanna e manto di copertura in coppi in laterizio. Per quanto riguarda le finiture, sono presenti infissi esterni sia in legno che in metallo, i pavimenti sono prevalentemente realizzati con elementi in coppi mentre per alcuni vani il materiale utilizzato e la graniglia e/o formelle in cemento. Esternamente i paramenti risultano alternativamente trattati a Faccia Vista e intonacati con prodotti a base di cemento. In ultimo occorre segnalare al piano primo la presenza di apparati decorativi all’interno di alcuni vani che interessano sia i paramenti murari che gli intradossi delle soffittature. Il secondo corpo di fabbrica si presenta con una pianta regolare che si sviluppa su due livelli, dove al piano terreno ci sono vani non abitativi, mentre al primo piano i vani risultano abitativi. Sul lato nord-ovest è presente un vano aperto coperto con un tetto a due falde a capanna con struttura in legno. Dal punto di vista materico la struttura portante verticale risulta costituita da paramenti “a sacco” di muratura in pietrame con tessitura irregolare. Per le strutture orizzontali sono costituite sostanzialmente da solai in legno con impalcato in piastrelle di laterizio, tranne per il solaio di copertura con tipologia a capanna, il quale è costituito da una struttura in laterocemento con manto di copertura in coppi in laterizio. Per quanto riguarda le finiture gli infissi sono realizzati in legno mentre i pavimenti con elementi in cotto, infine i paramenti murari esterni sono trattati a Faccia Vista, mentre internamente intonacati e tinteggiati.



Figura 29 - Immagine satellitare della localizzazione di Casa Marchetti rispetto a Pieve Torina. Dati Google Earth, 2022



Figura 30 - Immagine satellitare di Casa Marchetti. Dati Google Earth, 2022



Figura 31 - Foto da drone di Casa Marchetti

La scelta è stata fatta a favore del BIM per facilitare la pianificazione di futuri lavori di progettazione. È stato realizzato il modello architettonico BIM dello stato attuale dell'edificio, includendo i danni rilevati. Lavorare in Revit permette di organizzare a livello logico gli elementi che costituiscono l'edificio e la loro tipologia, oltre a consentire una navigazione più agevole.

Questa fase del progetto non ha richiesto l'inserimento di molti parametri nelle componenti del modello e le sue potenzialità non sono state utilizzate totalmente. Infatti questo potrebbe essere utilizzato per l'intero ciclo di vita dell'edificio, ad esempio può contenere le caratteristiche dei materiali, i rapporti di ispezione, i disegni e proposte future che potrebbero essere rilevanti per il futuro. Ciò potrebbe contribuire notevolmente a una cooperazione efficace tra chi realizza il progetto e tutte le altre parti interessate. Un ambiente di condivisione di dati garantirebbe inoltre che tutta la documentazione esistente sia regolarmente aggiornata e contribuirebbe a evitare la duplicazione dei dati.

Per rilevare la geometria tridimensionale dell'edificio e dell'ambiente circostante, è stato utilizzato uno laser scanner Faro Focus X 130. Le scansioni tridimensionali sono state registrate nel programma di elaborazione di nuvole di punti ReCAP; dopodiché la nuvola di punti è stata esportata nel formato RCP. Tutta la modellazione è stata eseguita nel programma Revit 2021. Nel modello è stato necessario tenere conto di tutte le caratteristiche architettoniche dell'edificio, nonché di eventuali danni comparsi a seguito del terremoto del 2016 che ha colpito il centro Italia. Nonostante i danni riportati, l'edificio era praticabile e questo ha consentito di accedervi senza problemi permettendo

una scansione continua e la massima raccolta dei dati. La scansione ha anche consentito la misurazione in dettaglio e in totale sicurezza delle aree instabili dell'edificio, come la terrazza inagibile a causa del pericolo di crollo del pavimento. L'utilizzo di tecniche di scansione laser ha permesso di ottenere un'elevata precisione dei dati, la loro tempestiva elaborazione e l'inizio dell'utilizzo di tali dati entro due giorni lavorativi.



Figura 32 – Nuvola di punti di Casa Marchetti



Figura 33 - Nuvola di punti di Casa Marchetti

Il modello BIM è stato il principale risultato del lavoro ed è stata inoltre ottenuta una nuvola di punti con le dimensioni esatte dell'edificio. Si è rivelato semplice e comprensibile e include anche una serie di elementi con una geometria complessa, come i soffitti voltati. Per realizzare il modello sono stati necessari dieci giorni lavorativi da parte di un progettista.

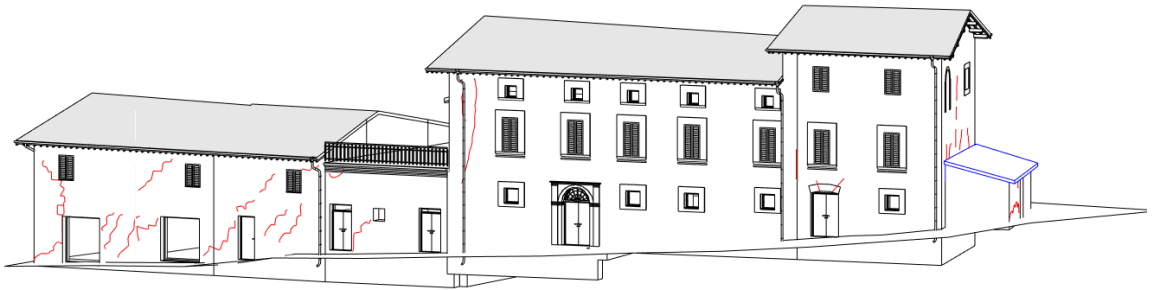


Figura 34 – Modello BIM di Casa Marchetti

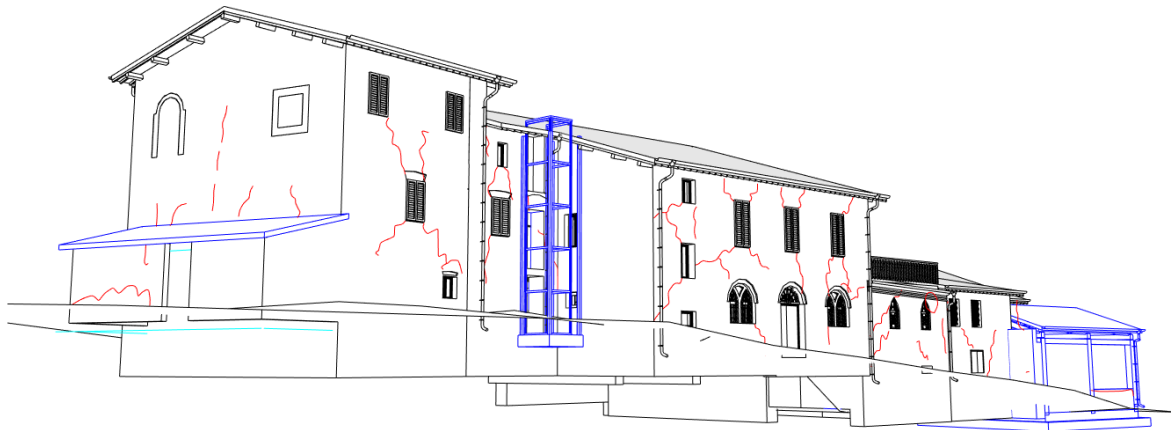


Figura 35 - Modello BIM di Casa Marchetti

L'edificio presenta dei soffitti voltati che dovevano essere realizzate accuratamente anche nel modello BIM. Questo problema è stato risolto direttamente nel programma Revit senza l'utilizzo di altri programmi per la modellazione 3D. Le facciate sono state scansionate a colori, cosa che ha richiesto molto tempo, anche se non sono state utilizzate durante il progetto. Questo ha fatto sì che nei progetti successivi si è scelto di utilizzare una scansione in bianco e nero per risparmiare tempo.

È stato confrontato il rilievo ottenuto dalla scansione laser con un rilievo realizzato precedentemente con una metodologia classica manuale per indagarne l'accuratezza. Nella figura num. sono riportate in rosso le differenze in metri tra la posizione di alcuni elementi architettonici dei due rilievi sovrapposti. Si può vedere che le differenze raggiungono comunque 40 cm e sono presenti anche delle differenze importanti tra gli angoli dei muri. Tali errori influenzano notevolmente la qualità dei lavori da realizzare e complicano il lavoro progettuale. I risultati mostrano che è molto difficile rilevare correttamente un edificio complesso usando metodi manuali e quindi in questi casi sono necessari nuovi metodi di rilevamento come la scansione laser.

Camporotondo di Fiastrone (MC) - Chiesa Garufo

L'edificio è denominato "Santuario Madonna di Garufo", un aggregato edilizio ad uso prevalentemente abitativo, ubicato a Camporotondo di Fiastrone. Tale aggregato è stato oggetto di un intervento di riparazione e miglioramento sismico.

La chiesa è costituita da un corpo di fabbrica che si sviluppa su di un solo livello fuori terra e che risulta intercluso (a destra ed a sinistra) tra delle porzioni di fabbricati rurali o ex rurali appartenenti alla stessa proprietà. La conformazione geometrica della Chiesa in pianta si presenta pressoché rettangolare, i paramenti murari risultano essere a vista e costituiti da pietrame e mattoni, mentre il solaio di copertura è in legno. Il manto di copertura è, invece, in coppi.

Alla destra della chiesa sono presenti due unità strutturali che vanno a costituire un corpo di fabbrica che si sviluppa su due livelli fuori terra. I paramenti murari riprendono la tipologia già descritta per la chiesa ad eccezione di una porzione che risulta intonacata. Sono presenti solai sia in legno che in laterocemento.

A sinistra della chiesa è presente una quarta unità strutturale ed il corpo di fabbrica si sviluppa su due piani fuori terra. Anche in questo caso la tipologia dei materiali risulta essere conforme a quella dei corpi di fabbrica adiacenti, quindi: muratura mista in pietrame e mattoni per i paramenti, laterocemento per i solai, coppi per il manto di copertura.

L'edificio presenta consistenti crolli causati a seguito del terremoto del 2016, sia per quanto concerne la struttura portante sia la copertura. La parte di muratura che maggiormente ha risentito del crollo si trova a Nord, sono coinvolte anche le pareti adiacenti (esposte ad Est e Ovest). La porzione di copertura più a Nord è completamente crollata. Si riscontrano gravi lesioni agli angoli della parte Sud e gravi lesioni diffuse poste al di sopra del portale d'ingresso. Si rilevano lesioni diffuse e decoesioni lungo le pareti perimetrali Est ed Ovest, occupate da apparati decorativi fissi.

La porzione a destra della chiesa presenta lesioni passanti nella struttura portante in corrispondenza dell'angolo rivolto a nord sia al piano terra che al piano primo. Si riscontra inoltre una lesione nell'angolo a Ovest e danni ai collegamenti degli orizzontamenti con le pareti divisorie del piano terra. Anche la parete rivolta a Sud è danneggiata con lesioni sia agli angoli sia in corrispondenza di alcune aperture. Al piano primo alcuni divisori sono gravemente danneggiati e presentano lesioni passanti inoltre le connessioni fra essi e la muratura portante sono compromesse.



Figura 37 - Immagine satellitare della Chiesa di S. Maria di Garufo rispetto a Camporotondo di Fiastrone. Dati Google Earth, 2022

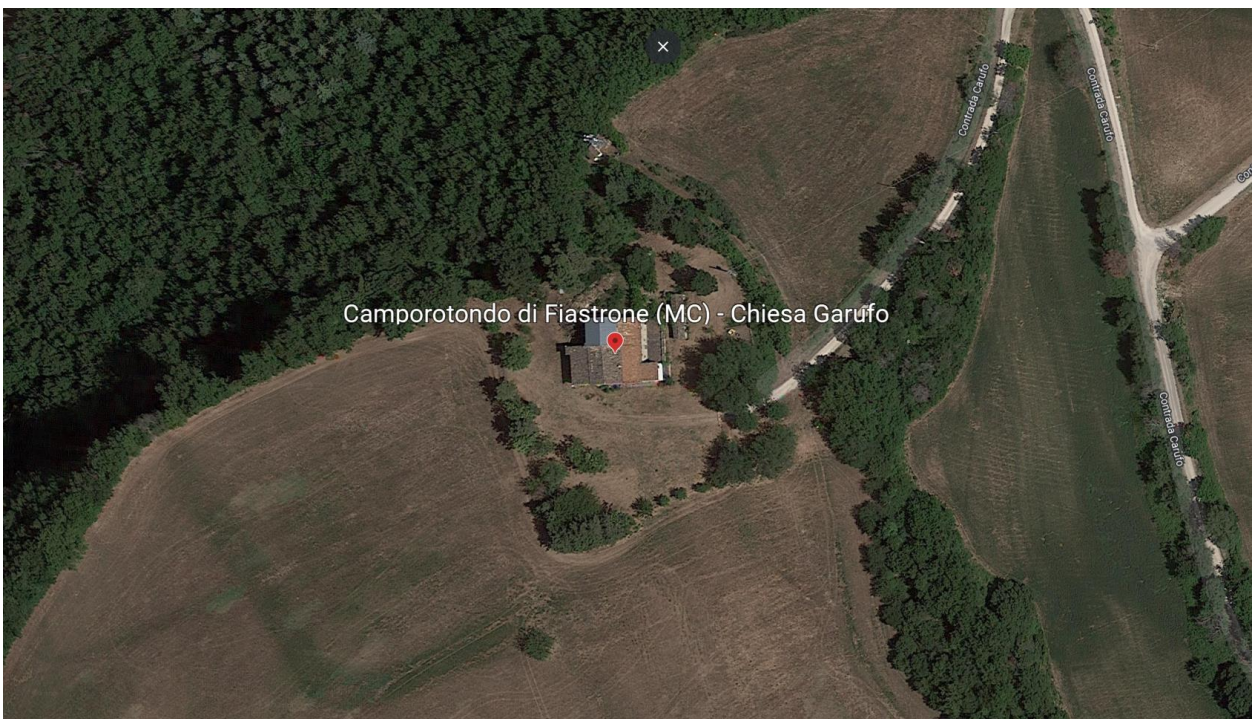


Figura 38 - Immagine satellitare della Chiesa di S. Maria di Garufo. Dati Google Earth, 2022



Figura 39 - Foto da drone della Chiesa di S. Maria di Garufo

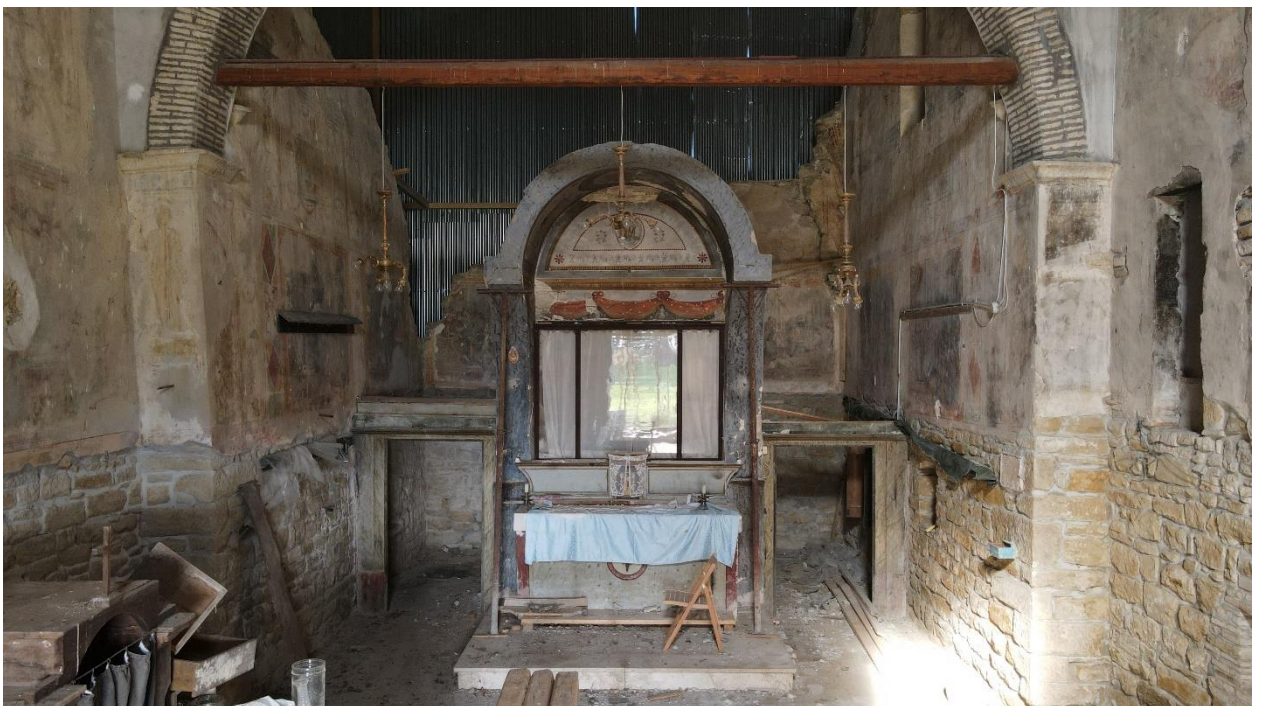


Figura 40 - Foto da drone della Chiesa di S. Maria di Garufo



Figura 41 - Ripresa fotografica durante il rilevamento con il laser scanner Faro Focus X 130

Prima dell'inizio del progetto, era già stato effettuato un rilievo tradizionale di questo edificio dal quale sono stati realizzati disegni in AutoCAD. Pertanto, il compito non era solo scansionare e modellare la chiesa, ma anche confrontare i risultati della scansione laser con quella precedente.

La scansione è stata eseguita con uno scanner laser Faro Focus X 130. Le scansioni dell'esterno dell'edificio e l'interno della chiesa sono stati realizzati a colori, mentre le stanze secondarie sono state realizzate in bianco e nero per ridurre i tempi di scansione.

Durante il rilievo, il drone Drone DJI Mavic air 2 è stato utilizzato per realizzare fotografie generali, registrare danni e creare fotogrammetria. Il drone è stato utilizzato non solo all'esterno, ma anche all'interno della chiesa, nella navata centrale, poiché era necessario riprendere e fotografare gli antichi affreschi sulle pareti.

Dopo la scansione laser, tutti i dati sono stati caricati in Recap e combinati in un'unica nuvola di punti. Questa nuvola di punti è stata importata in un file Revit e sulla base dei suoi dati è stato progettato un modello della chiesa. Le foto scattate sono state caricate nel programma Agisoft Metashape dal quale sono state ottenute nuvole di punti, modello 3D e ortomosaico esterno ed interno. I rendering, infine, sono stati generati in Twinmotion

Tutti i dati ottenuti sono stati confrontati con i disegni 2D e si è provato che erano presenti alcuni errori nei file AutoCAD, specialmente nelle sezioni; dimostrando l'importanza dell'utilizzo delle moderne tecnologie BIM per limitare gli errori.

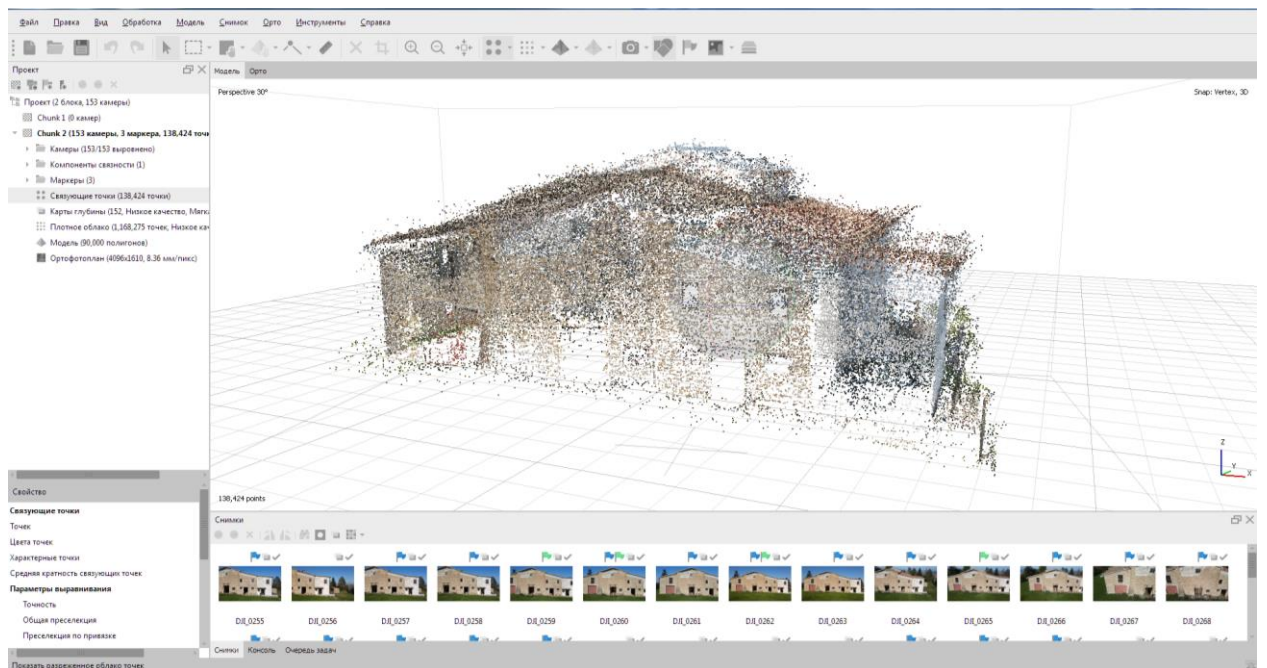


Figura 42 – Nuvola di punti della Chiesa di S. Maria di Garufo



Figura 43 – Nuvola di punti della Chiesa di S. Maria di Garufo



Figura 44 – Render della Chiesa di S. Maria di Garufo

San Ginesio (MC) – Palazzo Mochi

L'edificio oggetto di questo caso studio è situato all'interno del centro storico di San Ginesio, consta di tre piani fuori terra, di cui uno sottotetto, e di un piano seminterrato. La costruzione risale agli anni '50. La forma in pianta è rettangolare (25x12 metri circa) e la copertura è a due falde. La struttura portante in elevazione è in pietra e mattoni, gli orizzontamenti presentano struttura lignea, così come la copertura. L'edificio ha subito gravi danni a seguito degli eventi sismici del 2016. I danni maggiori si riscontrano nella parete nord-est, a seguito di un crollo di una porzione del solaio, ed è stata necessaria una messa in sicurezza. Numerose sono anche le lesioni sulle murature portanti e in corrispondenza degli incroci tra orizzontamenti e pareti.



Figura 45 - Immagine satellitare della localizzazione di Palazzo Mochi in San Ginesio.
Dati Google Earth, 2022

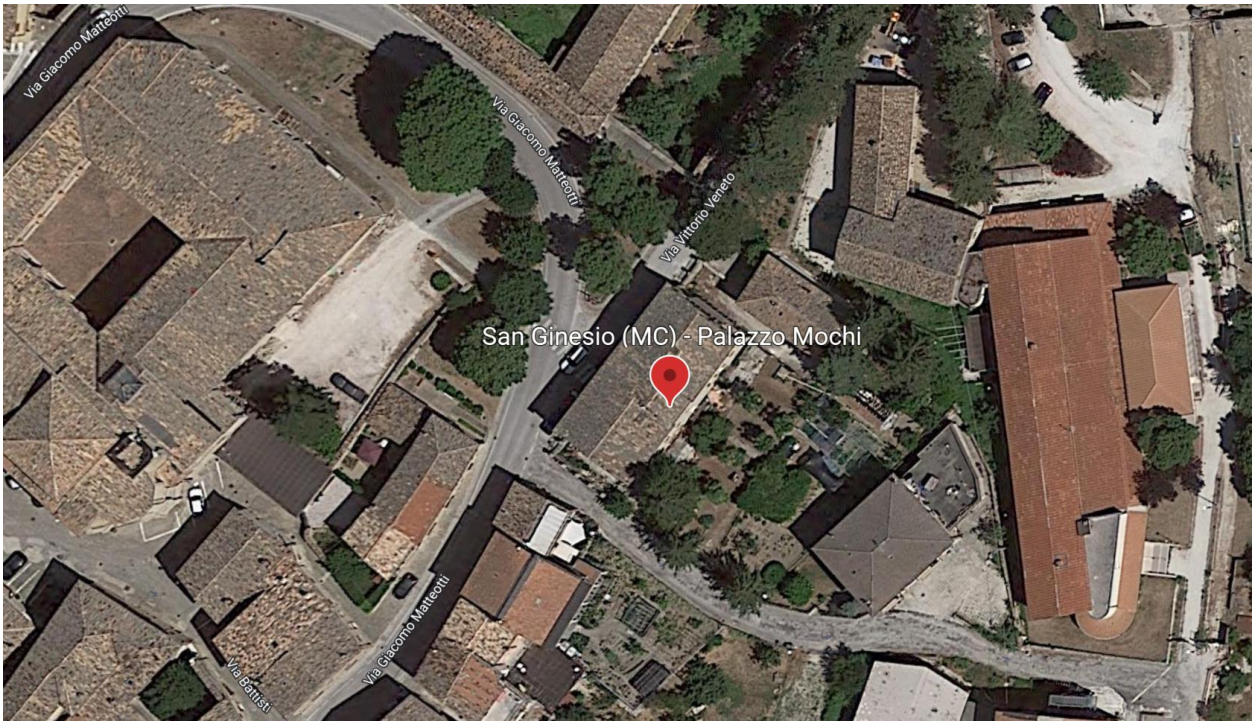


Figura 46 - Immagine satellitare di Palazzo Mochi. Dati Google Earth, 2022



Figura 47 - Foto di Palazzo Mochi



Figura 48 – Nuvola di punti di Palazzo Mochi

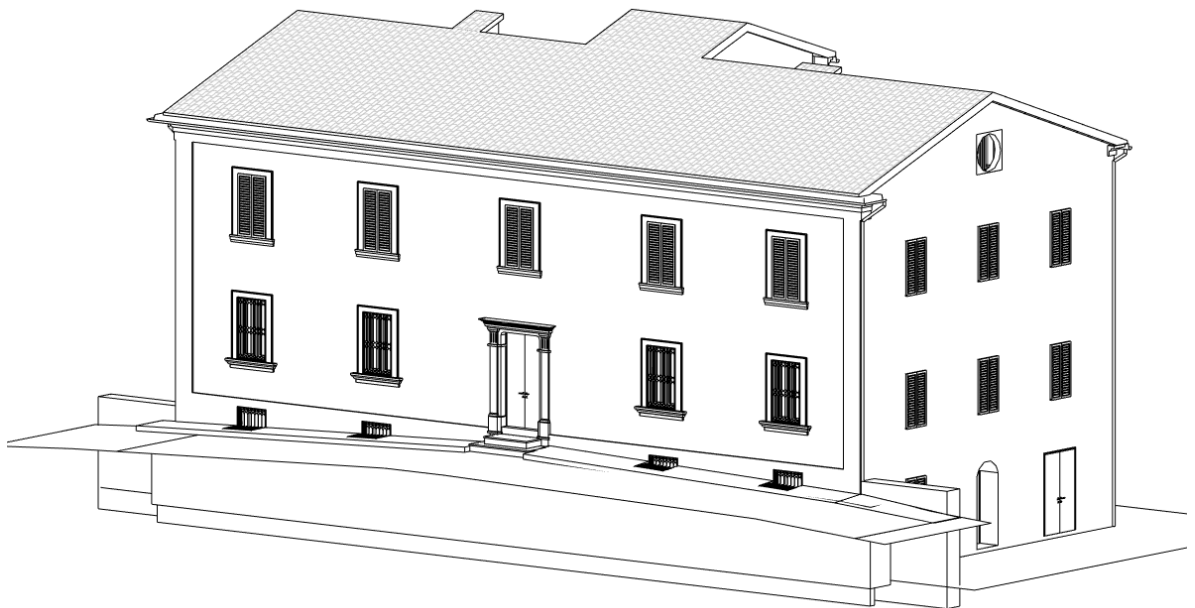


Figura 49 – Modello di Palazzo Mochi



Figura 50 – Sezioni di Palazzo Mochi



Figura 51 – Foto della struttura di messa in sicurezza di Palazzo Mochi

L'obiettivo del progetto era condurre un rilievo dell'edificio, creare un modello 3D e relativi disegni: piante, prospetti, sezioni e viste 3D. Per rilevare l'edificio è stato utilizzato il laser scanner Focus X 130. La complessità di questo edificio era che c'era un muro con una deviazione dall'asse di diversi gradi e sono stati utilizzati i dati della scansione per determinare con precisione l'inclinazione.

Dopo aver rilevato l'edificio, tutti i dati di scansione sono stati caricati nel software Recap e, successivamente, è stata ottenuta ed esportata una nuvola di punti caricata, poi, nel progetto Revit. Sulla base della nuvola di punti, è stato realizzato un modello dell'edificio, ed è stata dimostrata la posizione dell'inclinazione del muro dall'asse e calcolato il suo grado di deviazione.

Pieve Torina – Borgo (caso due)

La presente progettazione riguarda la messa in sicurezza dell'edificio privato, sito in via XX Settembre nel Comune di Pieve Torina (MC). L'edificio risulta essere di proprietà privata, è collocato ai limiti del centro storico ed è costituito da diversi volumi che si sviluppano lungo le due direttrici ovest-est e sud-nord.

L'edificio presenta un quadro lesivo molto marcato, costituito da: lesioni profonde anche di natura passante, piccoli crolli dei paramenti sia interni che esterni, sconnessioni sugli orizzontamenti in particolare ai livelli superiori e nei solai di copertura, fessurazioni diffuse ed estese su quasi tutti i paramenti murari di natura portante. Nella individuazione del quadro fessurativo, viene posta particolare attenzione alla porzione ovest dell'edificio, quella in adiacenza con l'altra unità immobiliare, visto anche il valore storico-artistico che quest'ultima rappresenta.

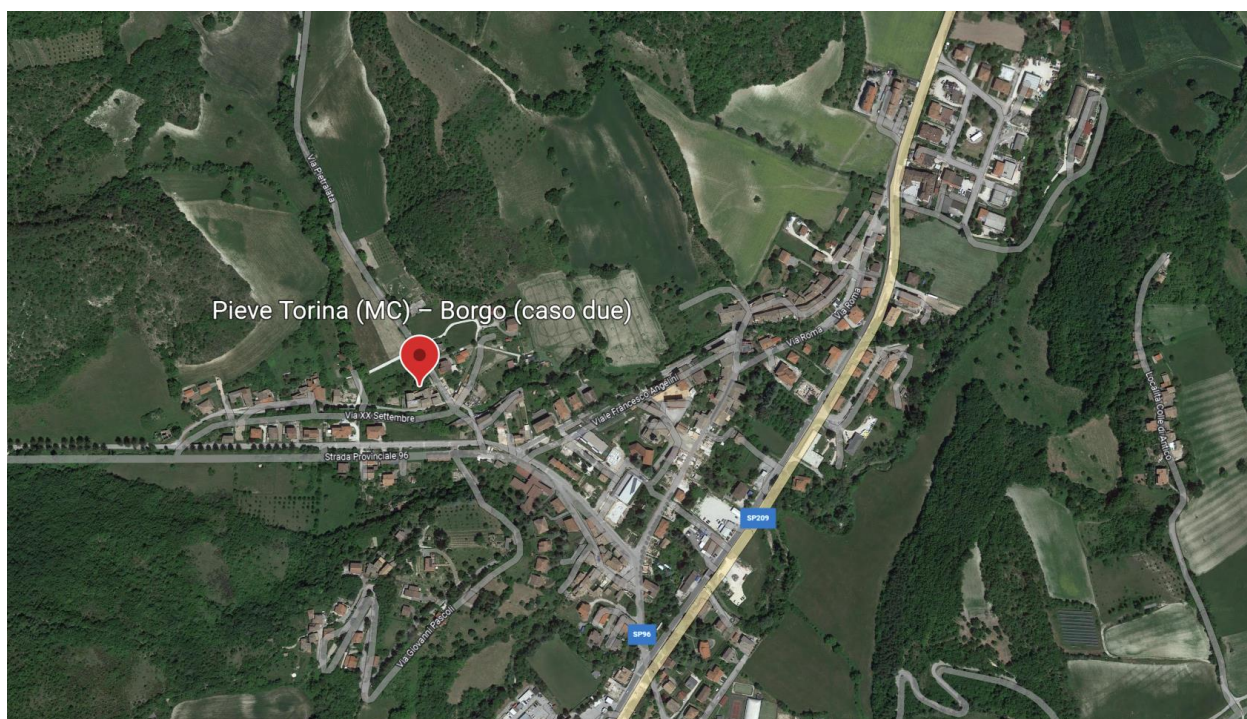


Figura 52 - Immagine satellitare della localizzazione del Borgo rispetto a Pieve Torina.
Dati Google Earth, 2022



Figura 53 - Immagine satellitare del Borgo. Dati Google Earth, 2022



Figura 54 - Foto da drone del Borgo



Figura 55 – Nuvola di punti del Borgo

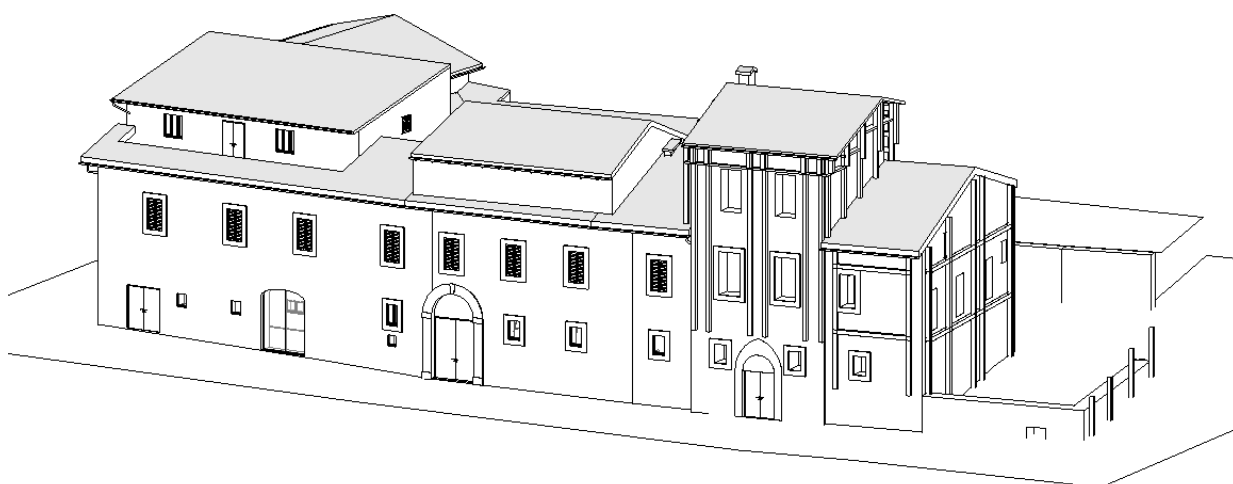


Figura 56 – Modello del Borgo



Figura 57 – Sovrapposizione delle planimetrie disegnate in CAD con la nuvola di punti del Borgo

Nell'immagine sopra riportata sono visibili i risultati della scansione laser con una deviazione non superiore a 1 mm (in colore rosso) e è mostrata la loro comparazione con i disegni bidimensionali tradizionali ottenuti mediante misurazioni manuali dell'edificio (in colore blu). Dalle quote di questa immagine si può facilmente intuire che molte deviazioni raggiungono più di 30 centimetri e in alcuni casi raggiungono addirittura i 120 cm. Dall'immagine si vede anche che la forma delle stanze non corrisponde sempre alla situazione reale.

Monte San Giusto (MC) - Casina Bonafede

“Conosciuta più comunemente con il nome di Casina Bonafede, la Palazzina Coriolana è una dimora fortificata immersa nella campagna marchigiana che si trova a quota 232 metri sul livello del mare, sul lieve versante di una collina a due chilometri dal comune di Monte San Giusto, in provincia di Macerata. La sua edificazione, avvenuta nella prima metà del XVI secolo, fu voluta da Niccolò Bonafede, vescovo di Chiusi, al quale vengono oggi con certezza attribuite anche altre commissioni importanti[...]

L’impianto planimetrico è assai elementare: un quadrilatero con torri angolari, che si configura a metà strada tra la costruzione militare e la residenza di campagna. Se da un lato, infatti, la scarpatura delle murature e la presenza diffusa di un sistema di bombardiere rafforzano la lettura difensiva dell’edificio rapportandola al modello del “mastio” di accampamento, dall’altro l’organizzazione distributiva interna e di facciata di tutto il piano nobile manifesta chiari gli stilemi della residenza signorile.[...]

“Nella sua originaria concezione, stando alla disposizione degli allettamenti dei mattoni sugli spigoli, è probabile che le torrette angolari dovessero raggiungere la linea di gronda del corpo centrale. Ma nella sua forma attuale l’edificio lascia solo intravedere quella che avrebbe dovuto essere la sua configurazione compiuta. Delle torri N-O e S-O rimane, infatti, solo lo zoccolo basamentale posto al di sopra delle strutture di fondazione. Inoltre tracce di mura demolite sono rinvenibili lungo le murature principali, il che fa desumere che la costruzione di queste torri fu iniziata, ma mai portata a termine. Anche la ricostruzione della distribuzione interna appare difficoltosa in quanto inevitabilmente compromessa dai vari rimaneggiamenti. Il piano terra, suddiviso centralmente dall’originario muro di spina, conserva solo parzialmente le coperture a volta dei due locali principali destinati a stalla. Il piano superiore è oggi completamente sgombro da partizioni interne ed i suoi solai di copertura, data l’altezza ridotta, sono probabilmente da supporre lignei fin dall’origine. Qui si aprono verso l’esterno ampie finestre ad arco, in linea con la tradizione di certa architettura signorile.”³⁶

³⁶ Studio delle Casina Bonafede realizzato dal Dipartimento di Progettazione dell’Architettura dell’Università degli Studi di Firenze “Immagini di dimore storiche nei rilevamenti degli allievi della Facoltà di Architettura di Firenze”



Figura 58 - Immagine satellitare della localizzazione di Casina Bonafede rispetto a Monte San Giusto. Dati Google Earth, 2022

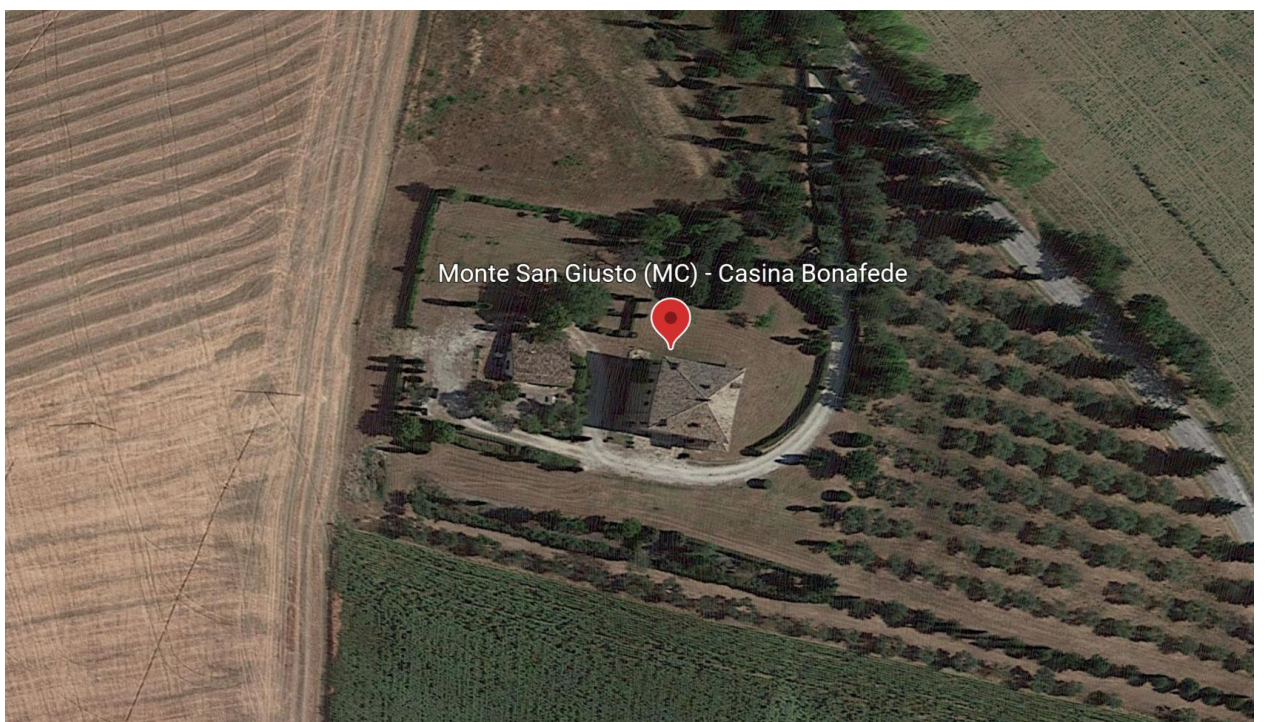


Figura 59 - Immagine satellitare di Casina Bonafede. Dati Google Earth, 2022



Figura 60 – Foto da drone di Casina Bonafede

Il rilievo della Casina Bonafede è stato eseguito utilizzando uno scanner laser Faro Focus X 130. Per avere una buona documentazione fotografica della copertura è stato utilizzato un drone DJI Mavic Air 2. Le scansioni 3D sono state registrate nel software ReCAP; dopodiché la nuvola di punti è stata esportata nel formato RCP.

Realizzare una nuvola di punti di edifici storici appartenenti al patrimonio come in questo caso acquisisce particolare valore. Uno di questi motivi è che essendo un edificio antico numerosi elementi architettonici, come pareti e pavimenti interni, presentano delle deformazioni. Inoltre, era importante ottenere un elevato grado di dettaglio per l'architettura al fine di visualizzare accuratamente il modello e per agevolarne l'uso ai fini progettuali. L'elevato dettaglio ha permesso di modellare tutti gli elementi architettonici e decorativi e questo ha permesso di estrapolare dal modello piante, sezione o prospetti molto accurati in tutte le sue parti.

In un ambiente BIM la dimensione del file può essere un problema durante la modellazione di edifici complessi; quindi, durante la modellazione di Casina Bonafede è stato necessario prestare particolare attenzione per avere una dimensione del file ragionevole.



Figura 61 - Ripresa fotografica durante il rilevamento con il laser scanner Faro Focus X
130

La scansione di Casina Bonafede è stata fatta in due giorni mentre il modello BIM è stato realizzato da un team di due BIM specialist e completato in venti giorni. Come per ogni progetto di queste dimensioni e complessità, anche in questo caso i membri del team hanno collaborato il più possibile tra loro, lavorando individualmente su parti architettoniche precedentemente divise e assegnate.



Figura 62 – Nuvola di punti di Casina Bonafede

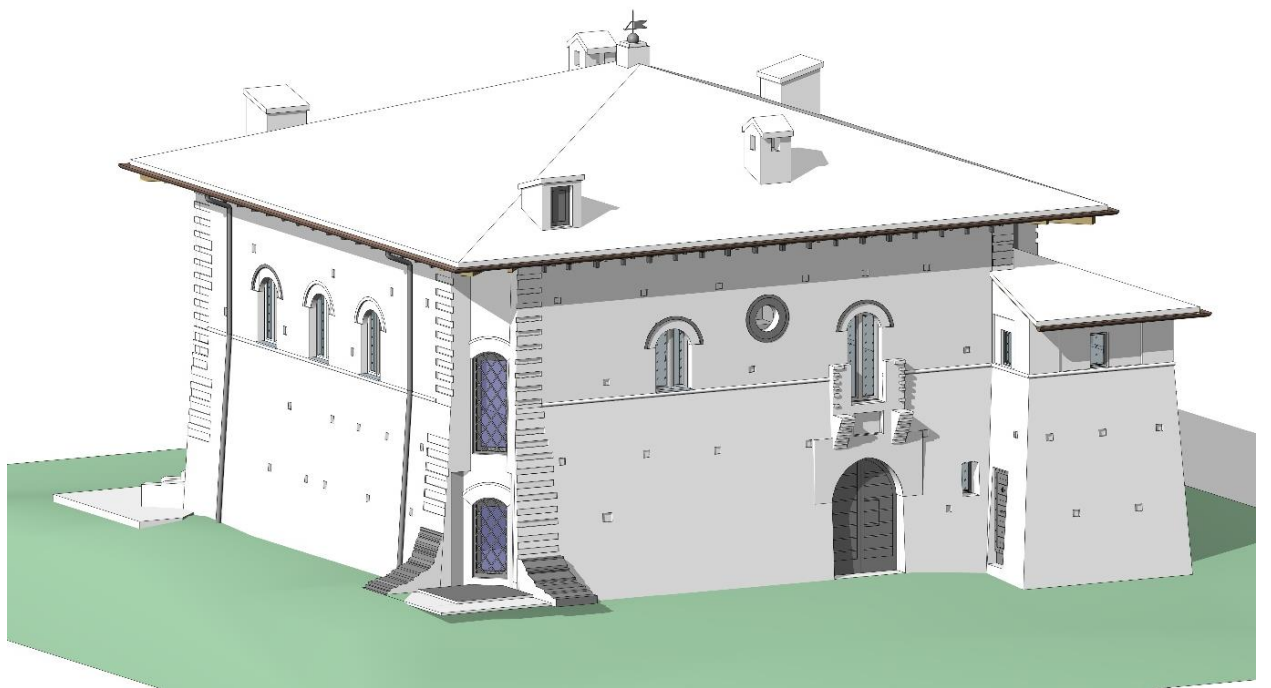


Figura 63 – Modello di Casina Bonafede

Acquasanta Terme (AP) - Frazione Vallecchia Monte Acuto

Vallecchia fa parte del comune di Acquasanta Terme, in provincia di Ascoli Piceno, nelle Marche. Dopo il terremoto, quasi tutti gli edifici sono stati notevolmente danneggiati. In futuro, sono previsti lavori complessi per ripristinarlo. In questo progetto era richiesto un modello necessario per avviare la discussione preliminare.

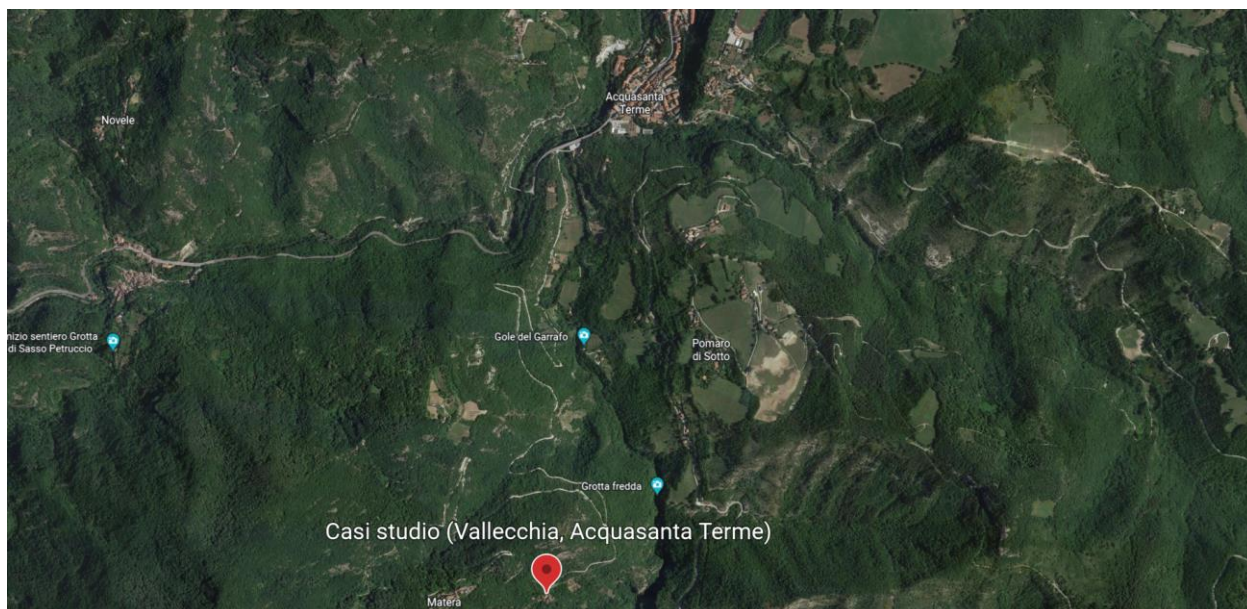


Figura 64 - Immagine satellitare della localizzazione di Frazione Vallecchia Monte Acuto rispetto a Acquasanta Terme. Dati Google Earth, 2022

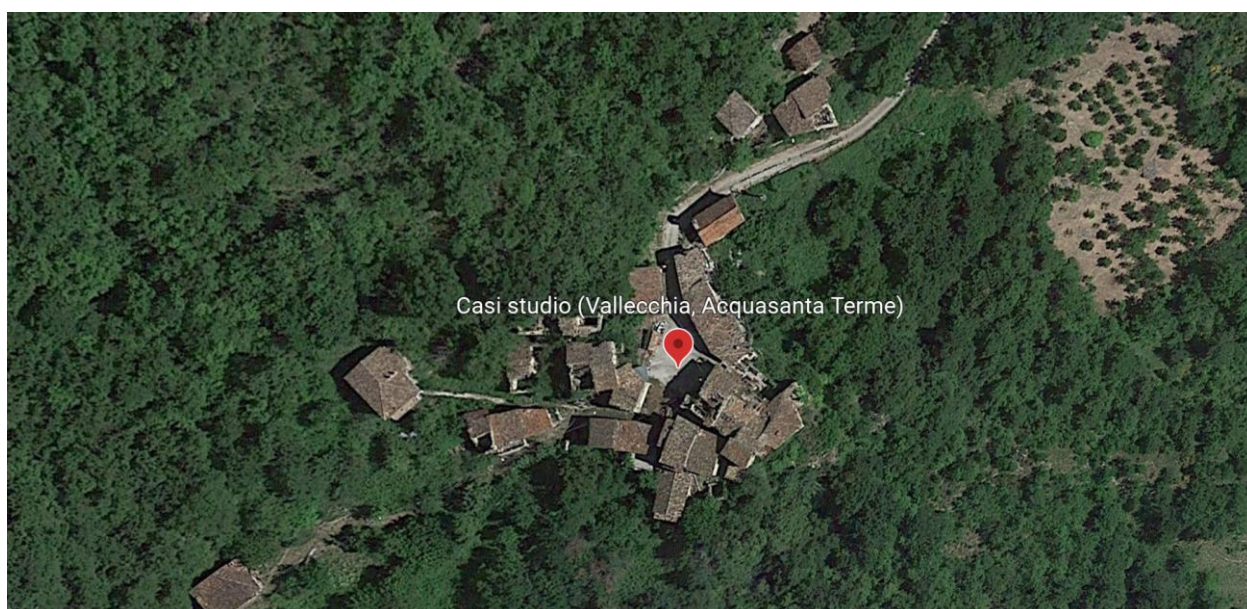


Figura 65 - Immagine satellitare di Frazione Vallecchia Monte Acuto. Dati Google Earth, 2022



Figura 66 - Foto da drone di Frazione Vallecchia Monte Acuto



Figura 67 – Nuvola di punti di Frazione Vallecchia Monte Acuto

Dal momento che il progetto non riguarda solo un edificio, ma un intero sistema di costruzioni situate su un terreno complesso, la soluzione migliore è stata quella di utilizzare la tecnologia BIM. Per avere dati più accurati si è deciso di utilizzare un laser scanner, che consente di ottenere una nuvola di punti dettagliata, sulla base della quale sono stati modellati gli edifici nel programma Revit. Un fattore importante è stata la necessità di poter aggiungere informazioni a ciascun edificio per classificarli in diverse categorie a seconda del grado di danno e della destinazione d'uso. Così, alla fine, è stato possibile ottenere non solo tavole rappresentative, ma un database in grado di essere aggiornato in qualsiasi momento. Inoltre, il design tridimensionale ha permesso di navigare meglio nel progetto e visualizzare i risultati del lavoro.

Prima di iniziare il lavoro, è stata eseguita la sua pianificazione, che comprendeva il calcolo del tempo necessario per la scansione degli edifici, l'individuazione delle fasi della modellazione e la determinazione del livello di dettaglio degli elementi.

L'edificio è stato scansionato utilizzando un laser scanner Faro Focus X 130 in bianco e nero, per velocizzare il più possibile il processo di scansione; e la precisione di scansione è stata impostata come "media". Il processo di scansione è durato 4 giorni ed è stato eseguito da due tecnici. La maggior parte degli edifici sono stati scansionati solo dall'esterno, poiché risultavano inagibili in seguito al sisma, ma è stato, comunque, possibile scansionare alcune aree interne posizionando lo scanner in prossimità di finestre e porte aperte. Al fine di ottenere informazioni delle parti non raggiungibili dai raggi del laser scanner, si è ricorso al drone.

La fase finale del rilevamento degli edifici è stata la ripresa di foto e video con macchina fotografica e drone, inoltre, sono state scattate delle foto panoramiche, che hanno permesso di navigare meglio nel progetto durante la modellazione, e successivamente sono state utilizzate per creare tour virtuali 3D. Con l'aiuto di una fotocamera convenzionale, sono state scattate foto generali degli edifici e dell'area, nonché foto dettagliate dei danni all'edificio.

La fase di modellazione è iniziata con la creazione di un file centrale. A questo file sono stati aggiunti collegamenti Revit che contenevano i singoli edifici. Tutti gli edifici sono stati modellati sulla base di nuvole di punti, facendo attenzione a rappresentare fedelmente tutti i danni e le strutture di messa in sicurezza e puntellamento realizzate dopo il terremoto. Una volta assegnati ad ogni edificio e ad ogni struttura i parametri del grado di distruzione e di destinazione d'uso, sono state create piante dove ogni edificio è stato contrassegnato con un colore diverso a seconda della categoria. Il modello finale, quindi, rappresenta un gemello digitale dell'area rilevata con tutti gli edifici e con tutti i dati necessari. Infine, sono stati realizzati dei video, rendering e tour virtuali utilizzando il programma Twinmotion.

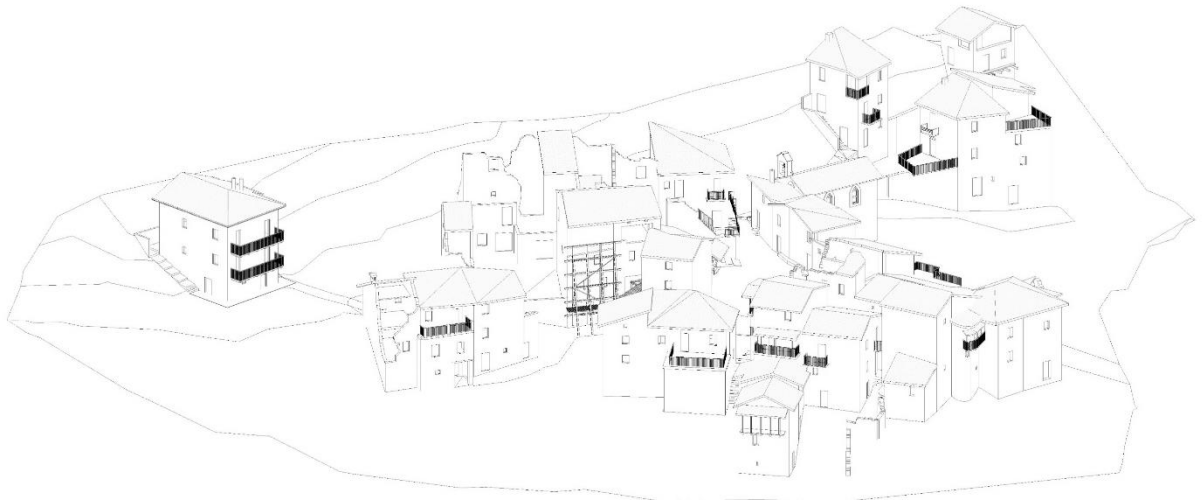


Figura 68 - Modello BIM di Frazione Vallecchia Monte Acuto

Visso (MC) – Frazione di Mevale

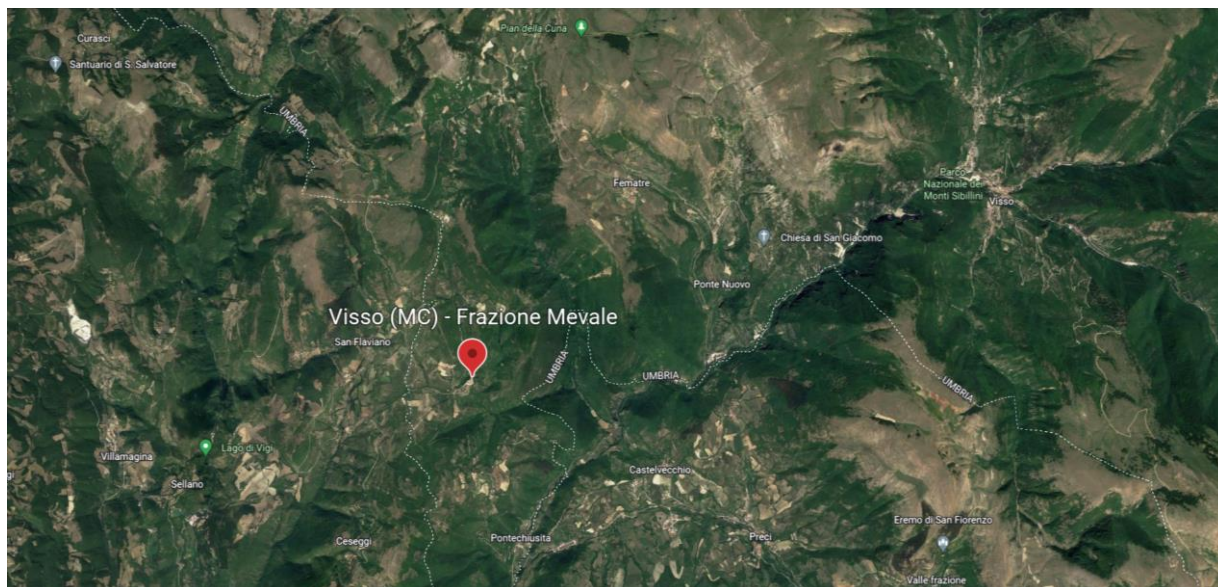


Figura 69 - Immagine satellitare della localizzazione della frazione di Mevale rispetto a Visso. Dati Google Earth, 2022



Figura 70 - Immagine satellitare della frazione di Mevale. Dati Google Earth, 2022

A seguito degli eventi sismici del 1997 in Umbria e Marche, la frazione Mevale del comune di Visso fu interamente distrutta, tanto da dover essere ricostruita nell'intero tessuto edilizio-urbanistico. L'incarico affidato allo studio Bocci and Partners è stato quello di effettuare un rilievo laser di tutti gli edifici del consorzio e delle aree ove si dovranno costruire gli edifici mancanti e verificare gli aspetti urbanistici ed economici dello stato realizzato con lo stato autorizzato.



Figura 71 - Foto da drone di Frazione Mevale.

I fattori decisivi a favore dell'utilizzo della modellazione BIM in questo progetto sono stati: la forma semplice degli edifici e il tempo limitato per lavorare. È stato interessante anche provare a utilizzare la tecnologia BIM non per creare un nuovo progetto, ma per verificare il processo di costruzione, che è in linea con la strategia di utilizzo del BIM in tutti i cicli di vita degli edifici.

Per catturare la geometria tridimensionale di edifici e terreni complessi, è stato utilizzato un laser scanner Faro Focus X 130. Le scansioni tridimensionali sono state registrate nel programma di elaborazione Recap; la nuvola di punti è stata esportata nel formato .rcp e la modellazione è stata eseguita in Revit.

L'accesso ai locali degli edifici era difficoltoso, in quanto non c'erano scale interpiano, pertanto, la scansione laser è stata eseguita principalmente all'esterno e ai piani inferiori degli edifici. L'utilizzo della scansione laser ha consentito di raccogliere informazioni del tetto e delle finestre del secondo e terzo piano che, in quanto inaccessibili, non sarebbero registrabili con gli strumenti di misurazione tradizionali.

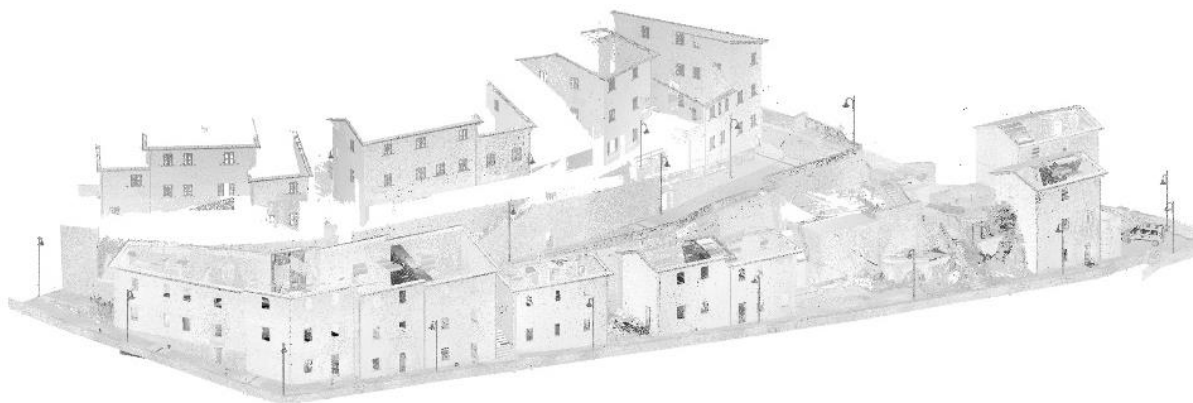


Figura 72 – Nuvola di punti di Frazione Mevale

Di conseguenza, è stato ottenuto un modello BIM accurato che rappresentava fedelmente la situazione attuale. Questo modello è stato confrontato con i disegni esistenti che ha permesso di produrre un report in cui sono state indicate tutte le alterazioni dal progetto.

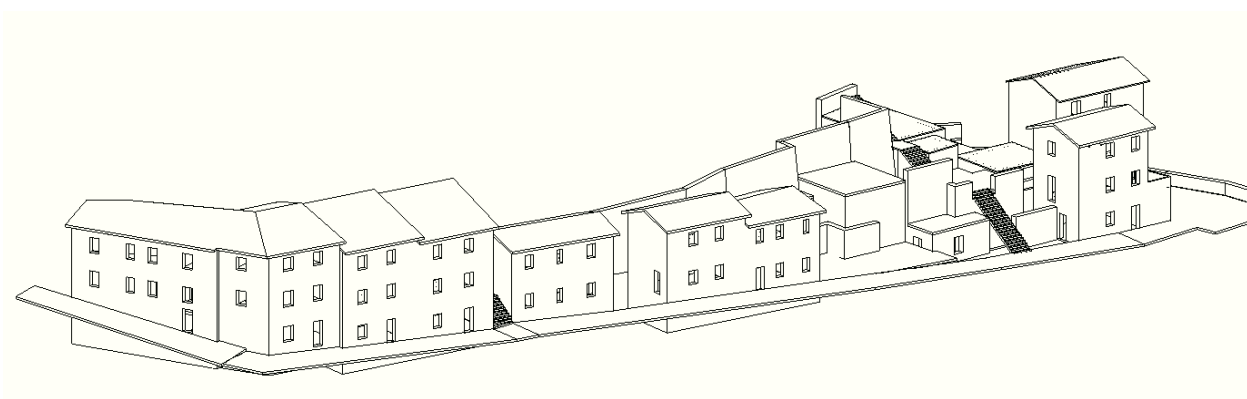


Figura 73 – Modello di Frazione Mevale

Pieve Torina (MC) – Chiesa S.Andrea

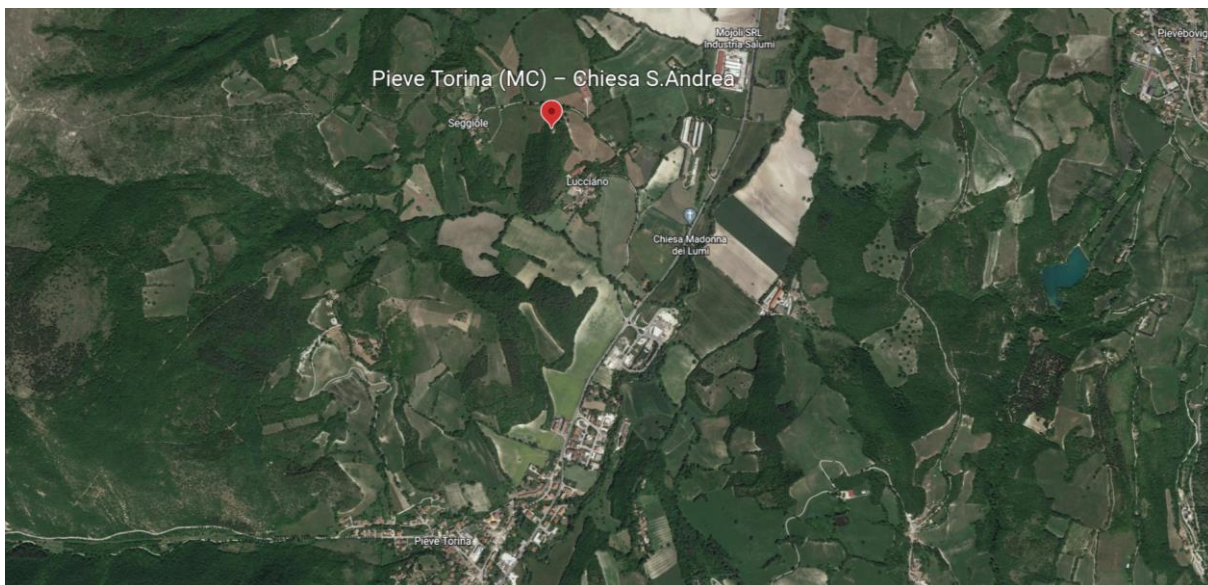


Figura 74 - Immagine satellitare della localizzazione della Chiesa S.Andrea rispetto a Pieve Torina. Dati Google Earth, 2022



Figura 75 - Immagine satellitare della Chiesa S.Andrea. Dati Google Earth, 2022



Figura 76 - Ripresa fotografica della Chiesa S.Andrea durante il rilevamento con il laser scanner Faro Focus X 130

La chiesa S.Andrea è una chiesa piccola e gravemente danneggiata in una località remota nella foresta. Alcune parti sono andate totalmente distrutte, come il campanile ed alcune mura.

Il compito era scansionare l'edificio e realizzare un modello 3D dettagliato rappresentante i danni. La scansione è stata eseguita utilizzando un laser scanner Faro Focus X 130. Dal momento che la chiesa è di dimensioni limitate, si è scelto di realizzare nuvole di punti a colori, consapevoli del fatto che ciò avrebbe più che raddoppiato i tempi di rilievo, ma che avrebbe garantito, allo stesso tempo, una migliore resa grafica. In seguito alla scansione, tutti i dati sono stati caricati in Recap e trasformati in una nuvola di punti, che è stata caricata in Revit. Qui è stato creato un modello accurato della chiesa esistente e sono stati selezionati i materiali in base alla nuvola di punti colorata. Sono state realizzate tavole con piante, prospetti e sezioni, indicanti tutti i danni dell'edificio.



Figura 77 – nuvola di punti della Chiesa S.Andrea

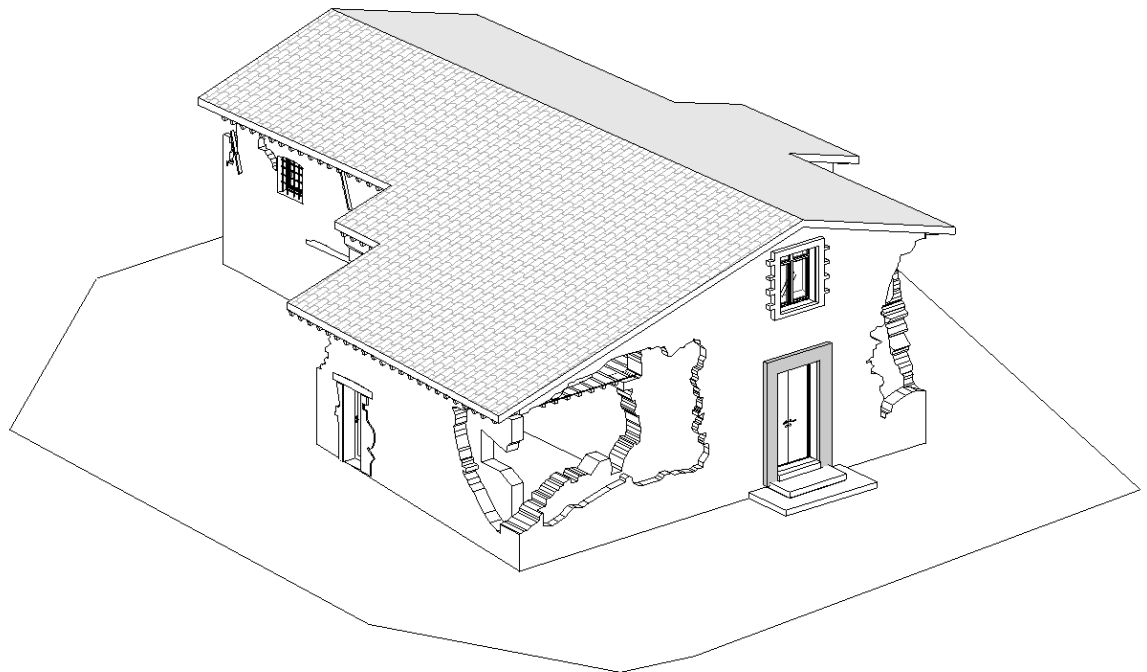


Figura 78 - Modello della Chiesa S.Andrea

Altare (SV) – Villa Rosa, Progetto vetrofanie³⁷

Villa Rosa, che oggi è la sede del Museo dell'Arte Vetraria Altarese, è un edificio in stile Floreale molto singolare. Di tutte le realizzazioni liberty di Altare, Villa Rosa è, infatti, quella che risulta stilisticamente più rappresentativa ed omogenea.

Fu dedicata dall'architetto e ingegnere Nicolò Campora alla sorella Rosalia, da cui il nome "Villa Rosa" e fu terminata nel 1906. La residenza divenne dimora estiva della famiglia Saroldi, ma col trascorrere del tempo iniziò ad essere frequentata per periodi sempre più brevi. Sottoposta a tutela a partire dal 1986: l'edificio fu, nel 1992, acquistato dal Ministero per i Beni Culturali e Ambientali. Nel 2004, dopo lunghi lavori di restauro, è stata riaperta al pubblico come sede del Museo e da allora ha acquisito un notevole rilievo per la cultura locale.³⁸

Su base quadrangolare e circondata da un ampio giardino, oggi la villa spicca con le sue raffinate decorazioni, le pitture su pareti e soffitti, la sua torretta-belvedere ed il pregevole bovindo circolare. Degne di nota sono anche le decorazioni dei caloriferi, delle ringhiere, delle maniglie in ottone e delle vetrate, realizzate in vetrofania o dipinte con colori a smalto. Gli stucchi, quasi sempre dipinti o dorati, seguono un repertorio iconografico naturalistico. Il tutto denota una coordinata eleganza stilistica di rara particolarità e l'attenzione per la "progettazione totale" seguita dall'architetto Campora, ma anche l'elevato livello delle maestranze locali.

³⁷ Questo progetto è stato realizzato in collaborazione con Fabrica Società Cooperativa, La Spezia. I contenuti sono stati concessi gentilmente da FABRICA Società Cooperativa

³⁸ http://www.museodelvetro.org/?page_id=2178

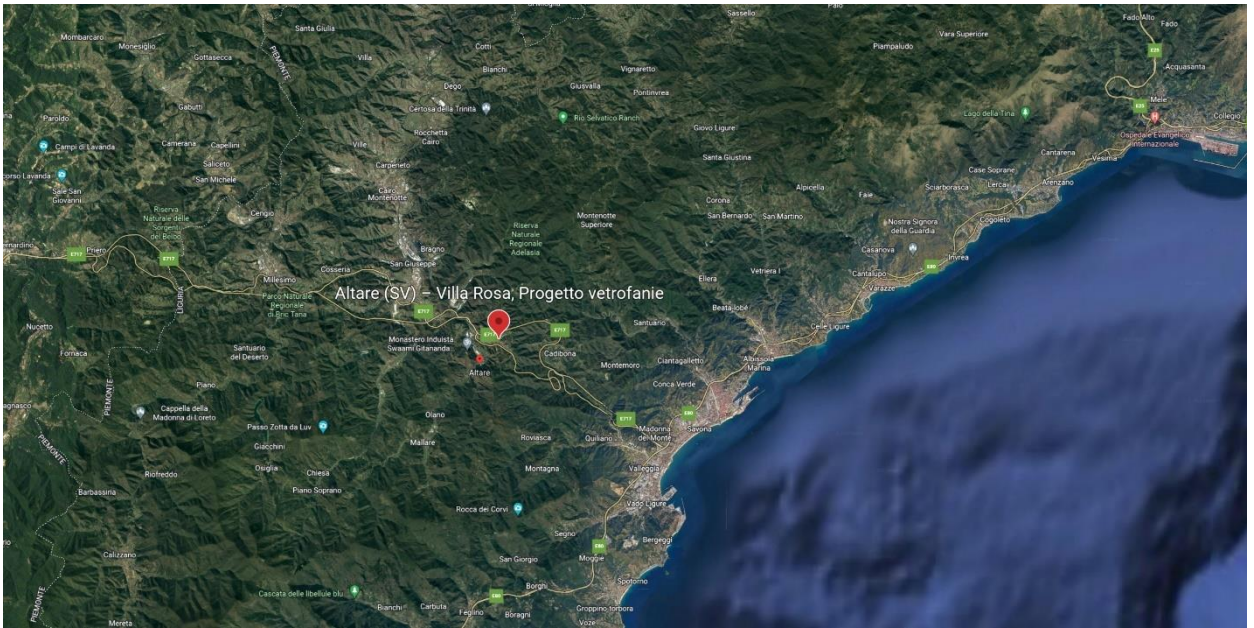


Figura 79 - Immagine satellitare della localizzazione di Villa Rosa. Dati Google Earth, 2022

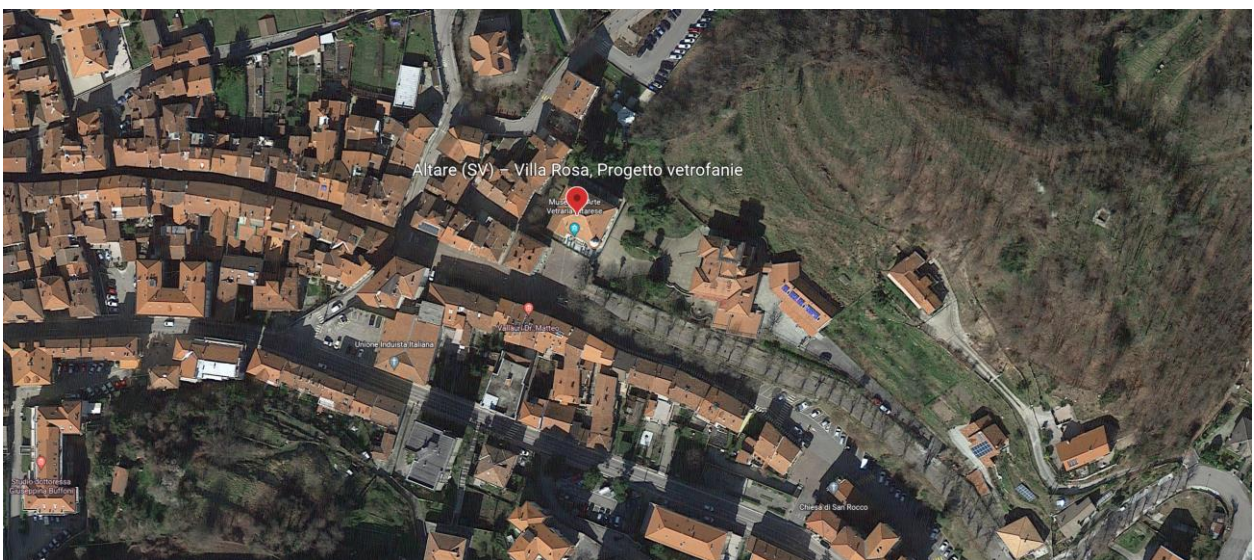


Figura 80 - Immagine satellitare di Villa Rosa. Dati Google Earth, 2022

La campagna di rilievo di un edificio così finemente decorato ha richiesto particolare attenzione nella scelta dei punti di stazioneamento del laser scanner a postazione fissa (Leica RTC360) per evitare di tralasciare dettagli importanti, o di avere punti ciechi nella nuvola di punti.

Successivamente, si è passati alla gestione ed elaborazione dei dati di rilievo per ottenere la nuvola di punti e fotografie a 360° tramite cui è stato possibile navigare all'interno del sito. Infine, sulla base della nuvola di punti ottenuta è stato realizzato il gemello digitale BIM dell'edificio.

Alla modellazione geometrica della struttura, dei muri e delle complesse decorazioni liberty è stata associata la modellazione informativa dell'edificio storico, volta a raccogliere e a custodire, via via, tutte le informazioni e documentazioni storiche ed artistiche dei suoi elementi. Step successivo è stata l'attività di ricerca di strategie orientate verso la realtà virtuale e di ricostruzione digitale ed idee verso la realtà aumentata.



Figura 81 – Nuvola di punti di Villa Rosa



Figura 82 - Modello BIM di Villa Rosa



Figura 83 - Render di Villa Rosa



Figura 84 - Render di Villa Rosa



Figura 85 - Render di Villa Rosa

L'obiettivo era quello di ripristinare digitalmente la vetrata del bow-window del primo piano, andata perduta nel tempo. Punto di partenza è stato quello di reperire fonti e dati storici per risalire all'antico aspetto delle vetrofanie. Ancora oggi, se si presta attenzione, è possibile individuare le tracce degli antichi disegni sui vetri.

Per simulare il motivo del vetro colorato è stato utilizzato il software BIM Revit. Questo programma ha permesso di modellare singolarmente e dettagliatamente ogni elemento della vetrata: fiori, foglie, grate e nastri; che poi sono stati assemblati in una "famiglia" finestra di Revit. Per fare in modo che i fiori potessero essere modellati correttamente, sono state utilizzate fotografie scattate durante la campagna di rilievo con il laser scanner RTC360, che hanno catturato gli ormai limitati contorni del motivo floreale. Queste fotografie sono state inserite nel programma e hanno fatto da supporto alla modellazione.

Dal momento che le vetrofanie sono quasi totalmente scomparse, ci sono state non poche difficoltà di riproduzione delle aree in cui il disegno era quasi invisibile. La ricostruzione fatta è, dunque, solo un'ipotesi e, in futuro, sarà necessario l'intervento di storici e altri specialisti per assicurare una modellazione più accurata.

Non semplice è stato, anche, determinare il colore, ora mera ipotesi, perché ad oggi sono visibili soltanto contorni e riempimenti grigiastri delle antiche vetrofanie. Negli angoli delle finestre, tuttavia, è ancora possibile intravedere qualche elemento con il pigmento originale. Partendo da queste rare testimonianze, è stato ipotizzato che tutte e

tre le vetrate del bow-window avessero stesso design e che le vetrofanie fossero realizzate nella stessa tavolozza di colori.

Quando tutte e tre le parti del bow-window sono state modellate, esse sono state inserite all'interno del gemello digitale dello stato di fatto di Villa Rosa, sostituendo automaticamente quelle attuali in tutte le viste, piante, facciate, sezioni. Una volta modificato il modello BIM in Revit, è stato caricato nel software Twinmotion per il rendering. Questo programma ha permesso di realizzare render di alta qualità in poco tempo e VR-tour accessibili da qualsiasi dispositivo: computer, telefono, tablet, ecc. o da visori per realtà virtuale.

Sarzana (SP) – Fortezza di Sarzanello³⁹

La Fortezza di Sarzanello è una fortificazione militare che sorge sulla collina di Sarzanello a Sarzana, in provincia della Spezia.

Il progetto viene affidato ad un'equipe capitanata dall'architetto Francesco di Giovanni detto "il Francione". I lavori iniziano nella metà del 1493 e si conclusero nei primi anni del 1500. L'impianto fortificato non è stato mai coinvolto in eventi bellici di grande portata e questo spiega come sia potuto giungere ai giorni nostri mantenendo il suo aspetto originario quasi intatto. Oggi la Fortezza è aperta alle visite tutto l'anno e sede di eventi pubblici e privati.

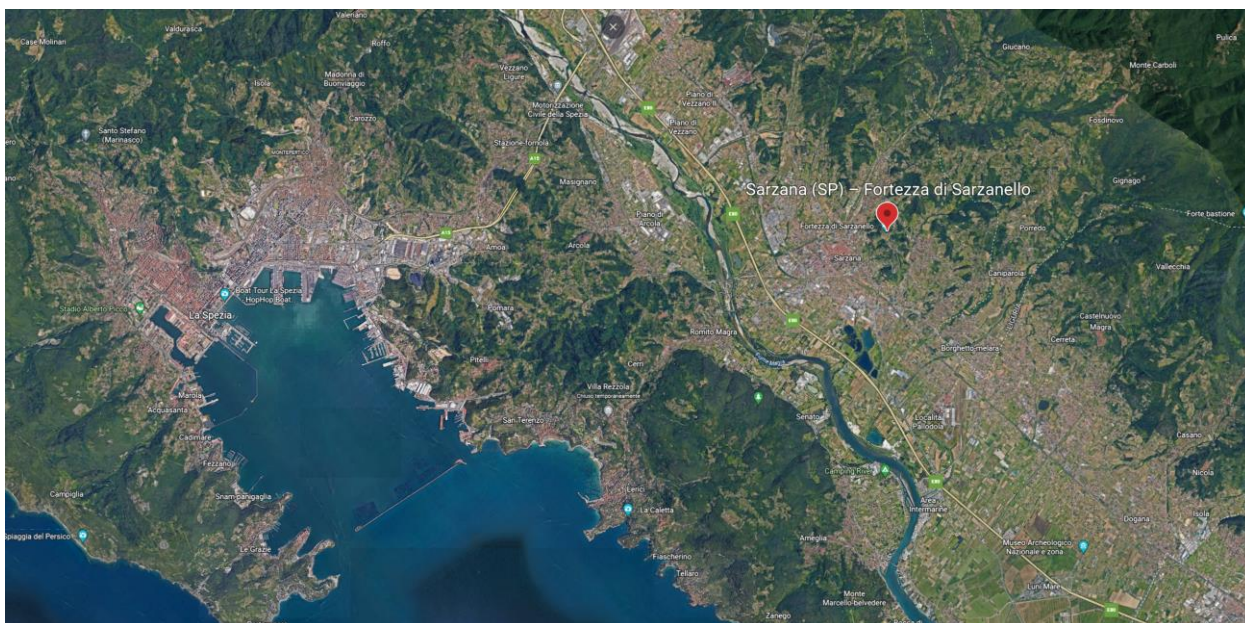


Figura 86 - Immagine satellitare della localizzazione della Fortezza di Sarzanello. Dati Google Earth, 2022

³⁹ Questo progetto è stato realizzato in collaborazione con Fabrica Società Cooperativa, La Spezia. I contenuti sono stati concessi gentilmente da FABRICA Società Cooperativa



Figura 87 – Immagine satellitare della Fortezza di Sarzanello. Dati Google Earth, 2022



Figura 88 – Nuvola di punti della Fortezza di Sarzanello

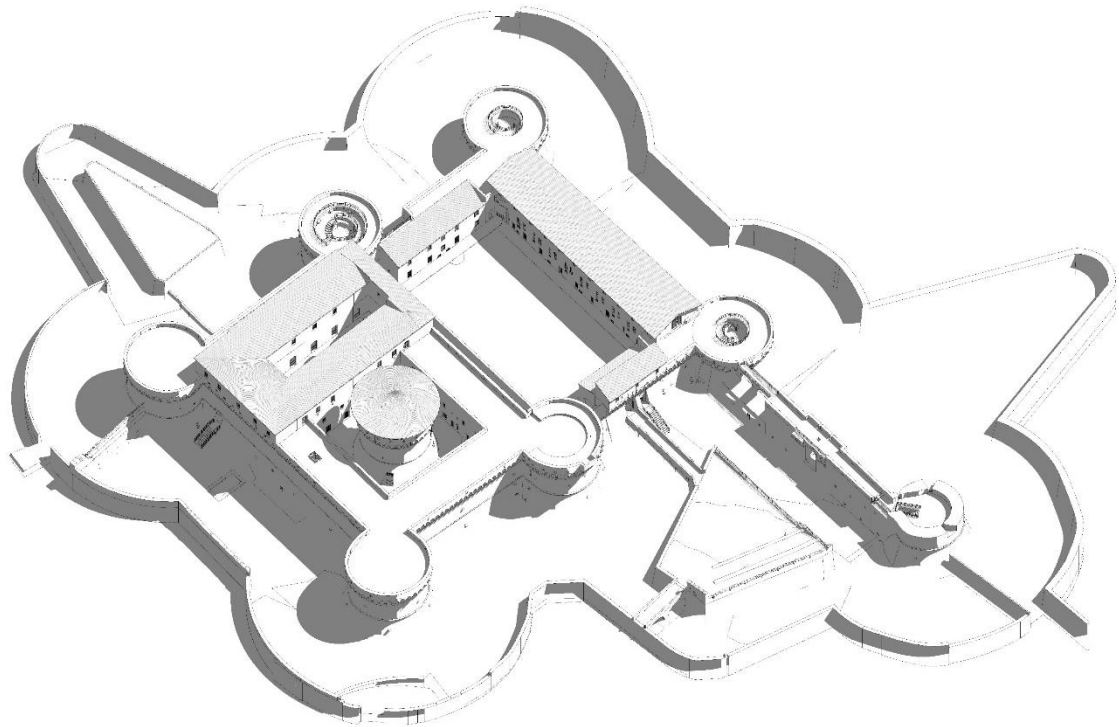


Figura 89 - Modello BIM della Fortezza di Sarzanello

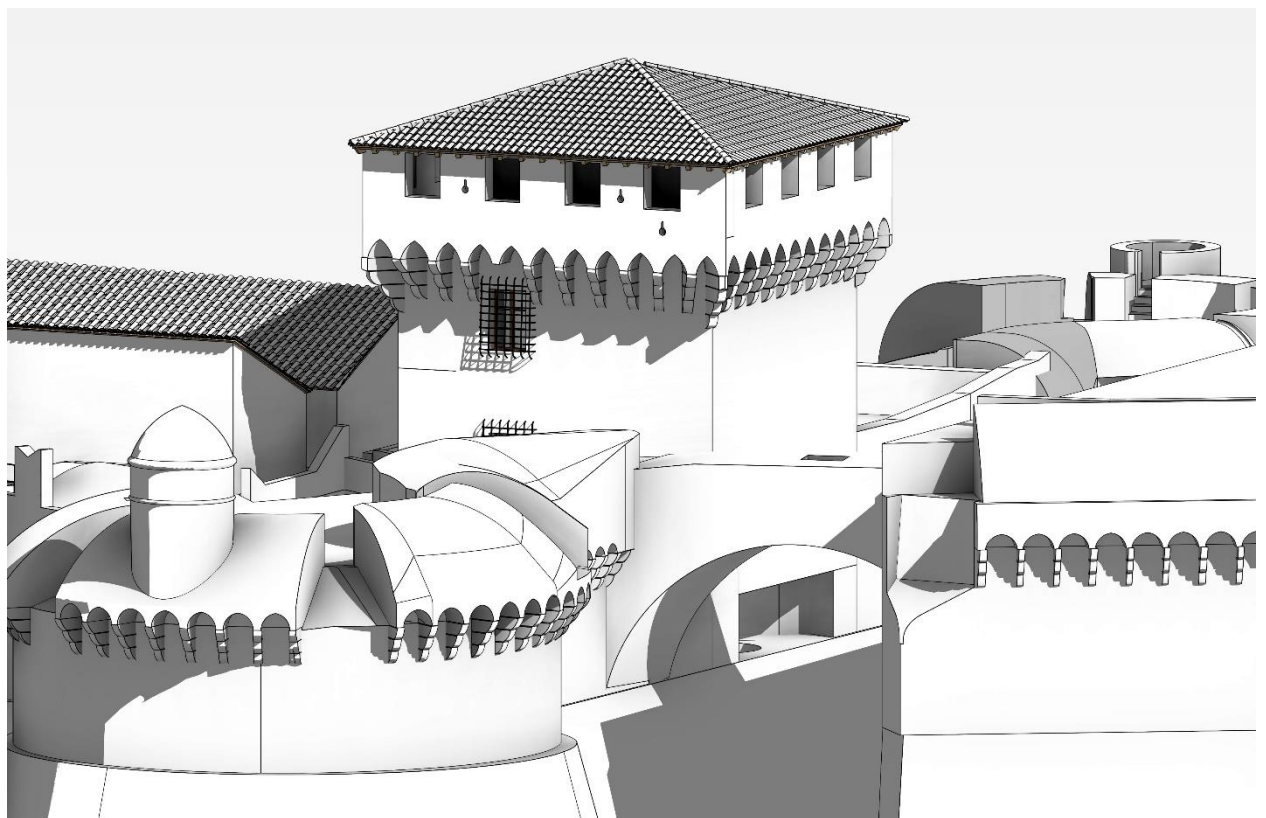


Figura 90 - Modello BIM di Fortezza di Sarzanello

Il lavoro svolto è partito dalla campagna di rilievo con strumento Laser Scanner Leica RTC360. Il numero di scansioni effettuate è di 482. Successivamente, si è passati alla gestione e elaborazione dei dati di rilievo per ottenere una nuvola di punti totalmente fedele alla realtà e fotografie a 360° tramite cui è possibile navigare all'interno del sito ed effettuare sopralluoghi virtuali. Infine, sulla base della nuvola di punti ottenuta è stato realizzato il gemello digitale BIM della Fortezza.

Il modello BIM permette una maggiore conoscenza del sito, fornendo un riferimento preciso per possibili interventi di progettazione e manutenzione.

Lerici (SP) – Castello di San Terenzo⁴⁰

Il Castello di San Terenzo sorge su un basso sperone roccioso affacciato sul mare nel borgo di San Terenzo, in provincia della Spezia. Esso venne probabilmente costruito nei secoli centrali del Medioevo.

In seguito, tra il XIX e il XX secolo, è stato utilizzato come caserma per soldati, marinai e guardia di finanza: fu, quindi, aggiunto un ulteriore edificio tra le mura di difesa tagliandole in parte e inglobando il torrione angolare che rivolge al borgo. La funzione di avamposto militare si è conservata fino all'inizio del XX secolo. Recentemente il castello è stato oggetto di grandi interventi di restauro volti a implementare la fruizione degli ambienti per manifestazioni e esposizioni culturali.⁴¹

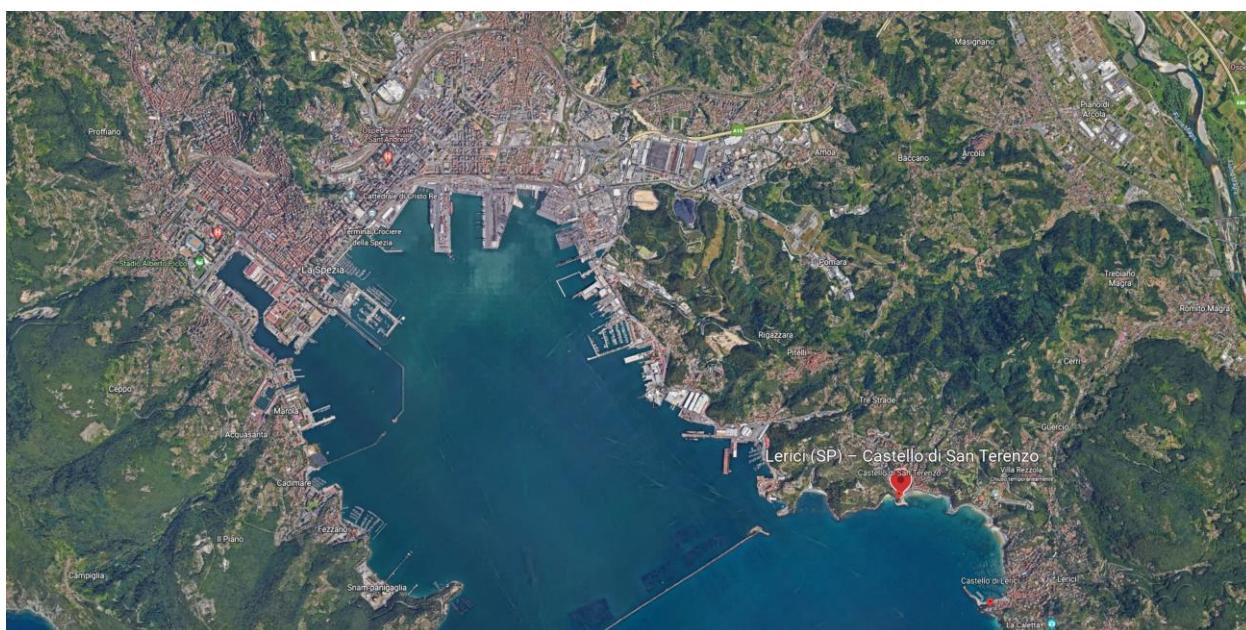


Figura 91 - Immagine satellitare della localizzazione del Castello di San Terenzo. Dati Google Earth, 2022

⁴⁰ Questo progetto è stato realizzato in collaborazione con Fabrica Società Cooperativa, La Spezia. I contenuti sono stati concessi gentilmente da FABRICA Società Cooperativa

⁴¹ <https://lericicoast.it/strutture/castello-di-san-terenzo/>

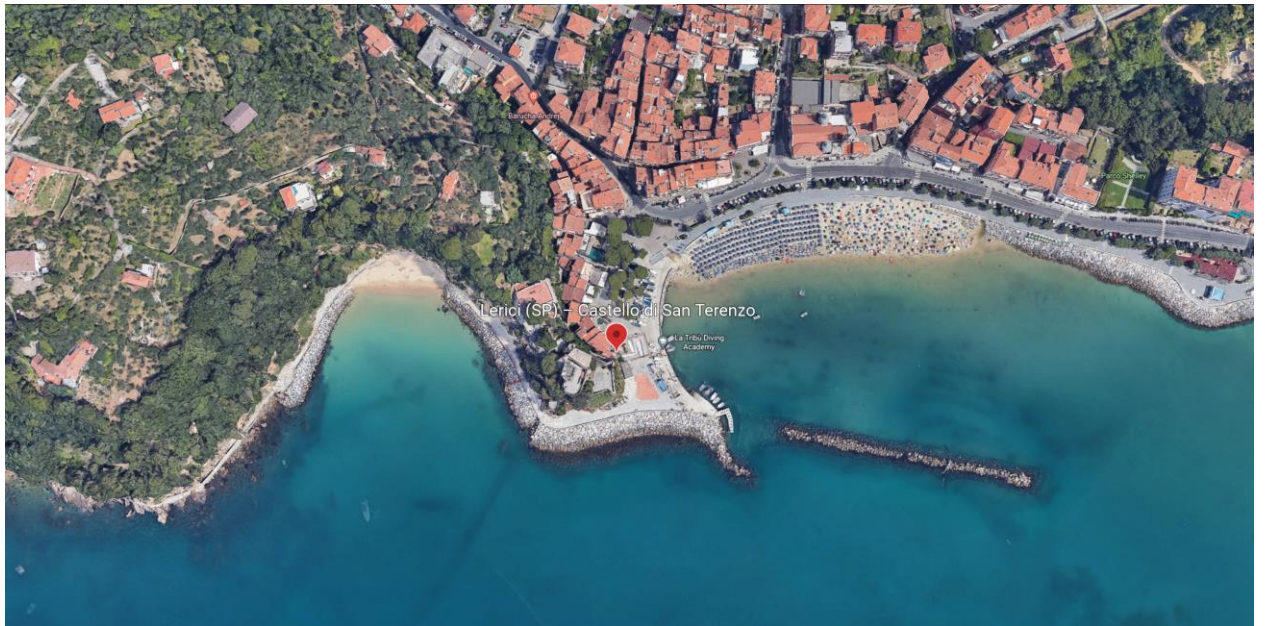


Figura 92 - Immagine satellitare del Castello di San Terenzo. Dati Google Earth, 2022



Figura 93 – Nuvola di punti del Castello di San Terenzo

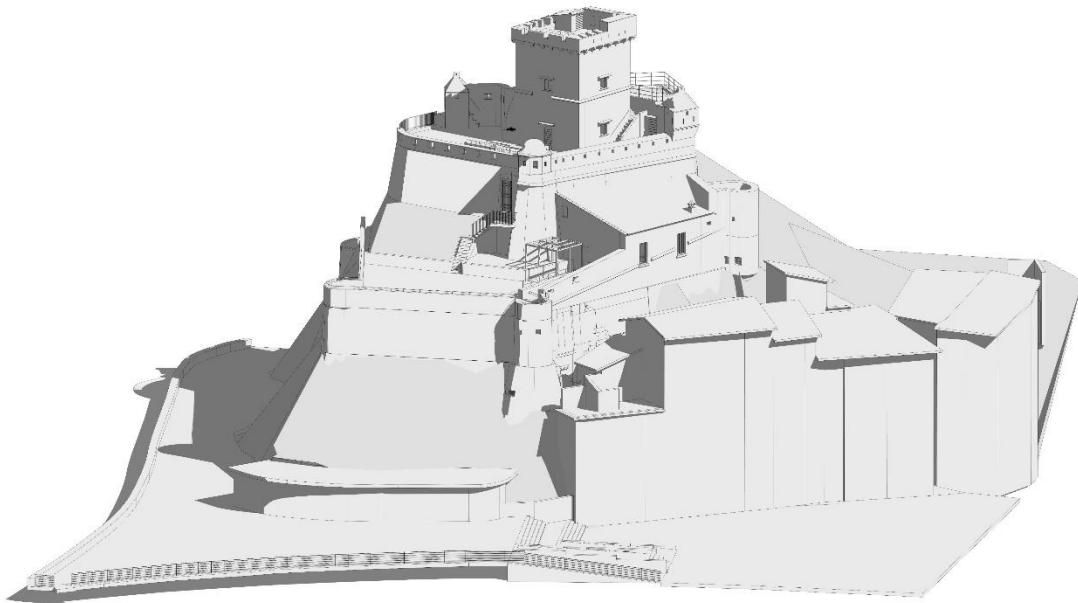


Figura 94 – Modello BIM del Castello di San Terenzo

Il lavoro svolto è partito dalla campagna di rilievo con strumento Laser Scanner Leica RTC360. Il numero di scansioni effettuate è di 101. Successivamente, si è passati alla gestione ed elaborazione dei dati di rilievo per ottenere la nuvola di punti e fotografie a 360° tramite cui è possibile navigare all'interno del sito. Infine, sulla base della nuvola di punti ottenuta è stato realizzato il gemello digitale BIM del Castello. Il modello BIM permette una maggiore conoscenza del sito, fornendo un riferimento preciso per possibili interventi di progettazione e manutenzione.

Finale Ligure (SV) – Forte San Giovanni⁴²

Il Forte San Giovanni, o Castel San Giovanni, è una fortezza nel comune di Finale Ligure, in provincia di Savona, situata sulla collina sopra Finalborgo ad un'altitudine di circa 50 m s.l.m.

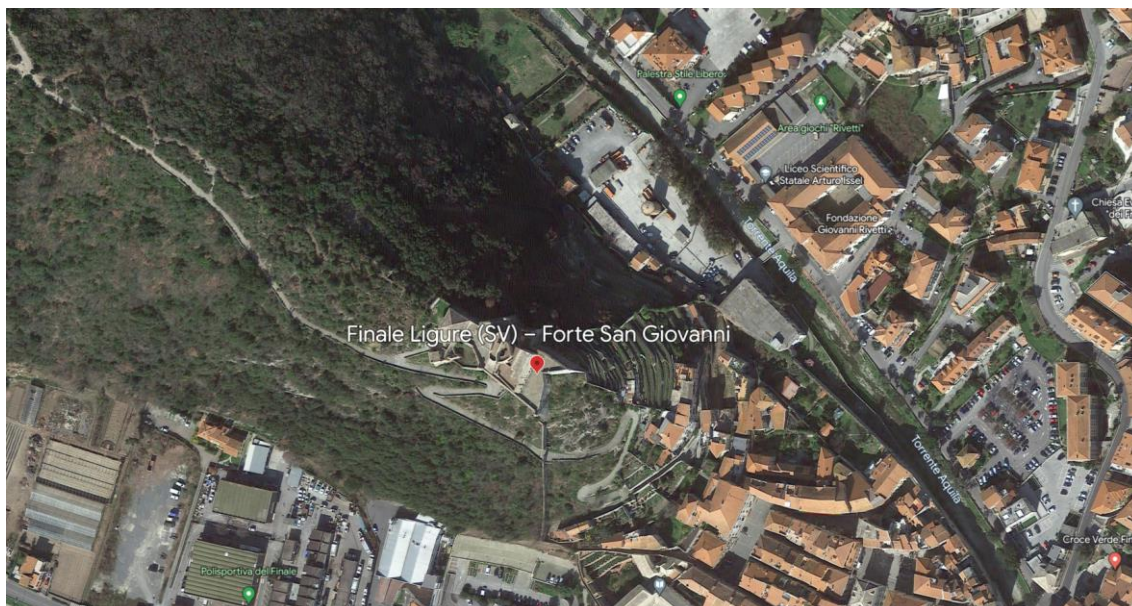


Figura 95 - Immagine satellitare della localizzazione di Forte San Giovanni. Dati Google Earth, 2023

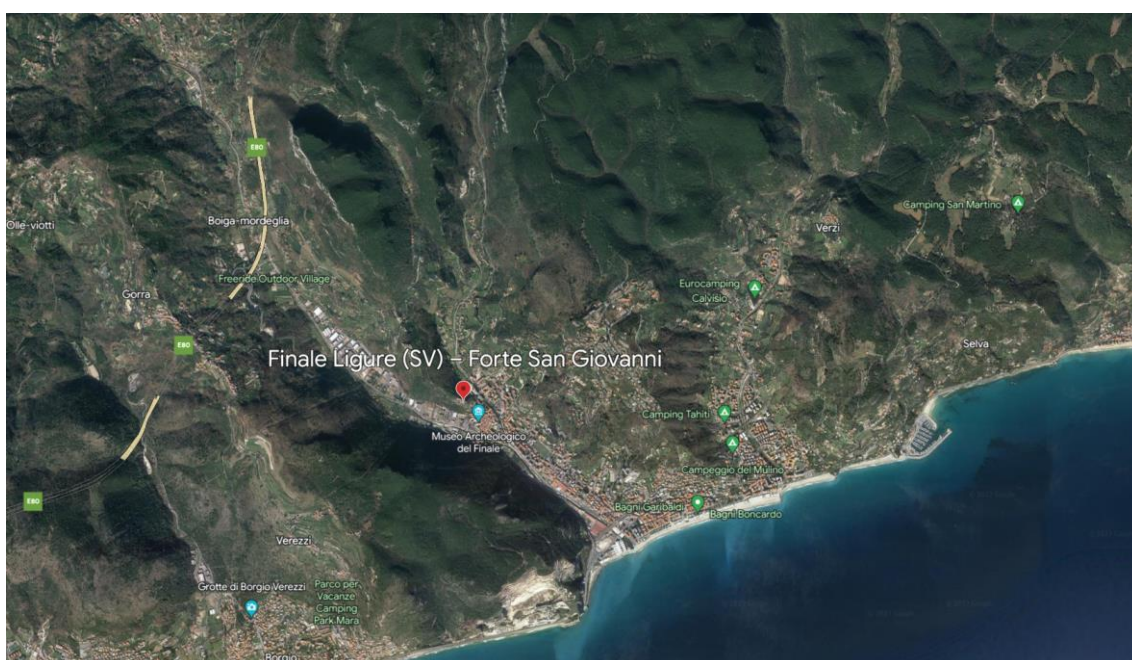


Figura 96 - Immagine satellitare di Forte San Giovanni. Dati Google Earth, 2023

⁴² Questo progetto è stato realizzato in collaborazione con Fabrica Società Cooperativa, La Spezia. I contenuti sono stati concessi gentilmente da FABRICA Società Cooperativa

La fortificazione, progettata da Francesco Prestino, ingegnere militare al servizio dello Stato di Milano, assunse la sua forma definitiva nel 1644. Nella costruzione, realizzata grazie all'impiego giornaliero di centinaia di uomini, venne inglobata l'antica torre difensiva del Becchignolo, di epoca medioevale.

Il Forte fu potenziato più volte dagli spagnoli nel corso del Seicento. Nel 1713 i genovesi smantellarono l'artiglieria e ne demolirono alcune strutture con l'obiettivo di renderlo inutilizzabile. Nel secolo successivo, dopo un lungo periodo di abbandono, l'edificio venne destinato ad ospitare un carcere femminile che fu poi dismesso nel primo dopoguerra del secolo scorso.

Il Forte è stato oggetto di un attento restauro, concluso nel 1999, che ha consentito di recuperare l'antico aspetto della costruzione spagnola, ma ha anche preservato alcuni elementi legati al tempo in cui la struttura fu prigione. Forte San Giovanni è oggi un sito del Ministero della cultura, aperto al pubblico dal 2018 e ospita mostre e eventi temporanei.⁴³



Figura 97 - Foto da drone di Forte San Giovanni

⁴³ <https://www.beniculturali.it/luogo/forte-san-giovanni?page=2>



Figura 98 – Nuvola di punti di Forte San Giovanni

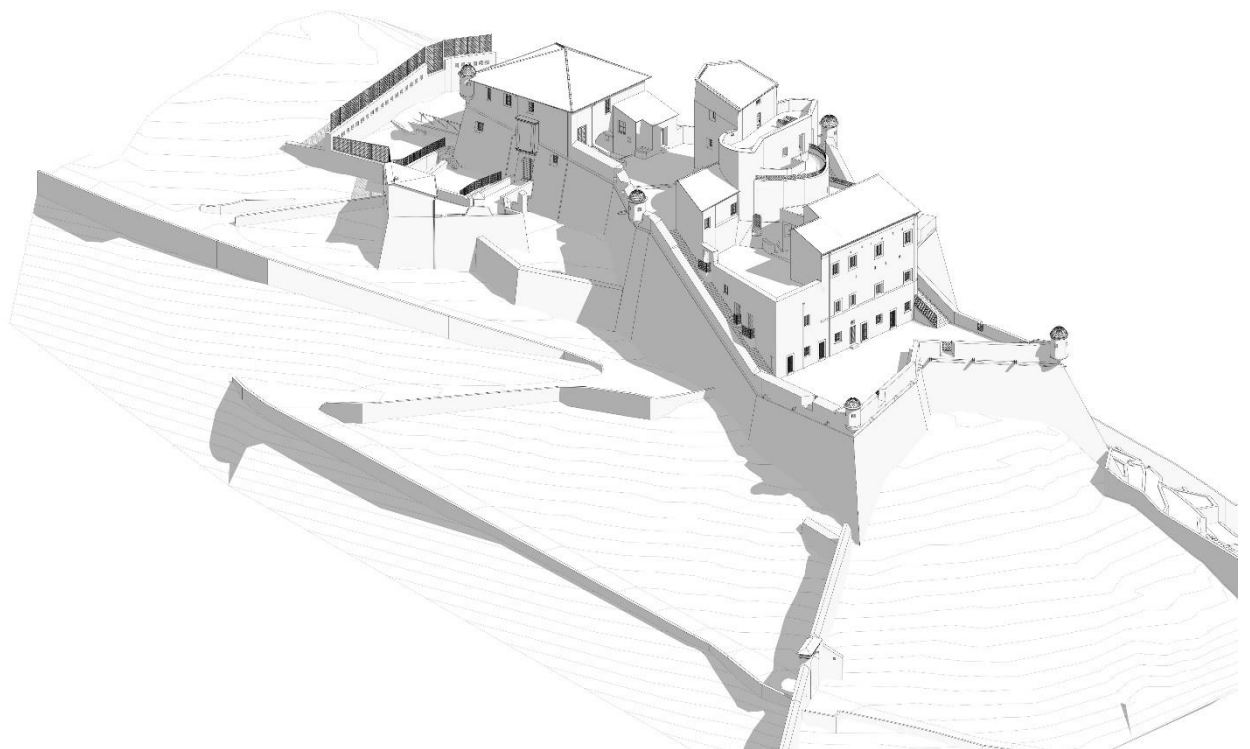


Figura 99 - Modello BIM di Forte San Giovanni



Figura 100 - Render di Forte San Giovanni

Il lavoro svolto è partito dalla campagna di rilievo con l'utilizzo combinato di più strumenti. È stato utilizzato il Laser Scanner a postazione fissa RTC360 per l'acquisizione degli interni, delle terrazze e della strada di accesso ed il Laser Scanner Leica BLK2FLY per il rilievo delle coperture, non rilevabili in altro modo. Il numero di scansioni effettuate con lo strumento Laser Scanner RTC360 è di 201. Successivamente, si è passati alla gestione ed elaborazione dei dati di rilievo per ottenere una nuvola di punti totalmente fedele alla realtà e fotografie a 360° tramite cui è possibile navigare all'interno del sito ed effettuare sopralluoghi virtuali. Infine, sulla base della nuvola di punti ottenuta, è stato realizzato il gemello digitale BIM del Forte.

Sarzana (SP) – Fortezza Firmafede⁴⁴

La Fortezza Firmafede, chiamata anche Cittadella, è una fortificazione militare situata nel centro storico della Città di Sarzana, in provincia della Spezia.

Fu edificata nel 1249 e durante il periodo genovese subì diversi interventi.

Nel XIX secolo, con l'annessione della Repubblica di Genova al regno Sabauda e con i radicali mutamenti delle strategie difensive, la fortezza venne utilizzata prima come caserma di polizia e successivamente come carcere fino agli anni '70 del XX secolo.

Tra il 1985 ed il 2003, l'allora Ministero dei Beni e delle Attività Culturali finanziò un ciclo di restauri che hanno contribuito a rendere il sito militare un luogo di riferimento per molteplici attività culturali di richiamo anche nazionale.

La Fortezza è oggi di proprietà del Ministero della cultura ed è utilizzata come sede di manifestazioni culturali e di mostre.⁴⁵

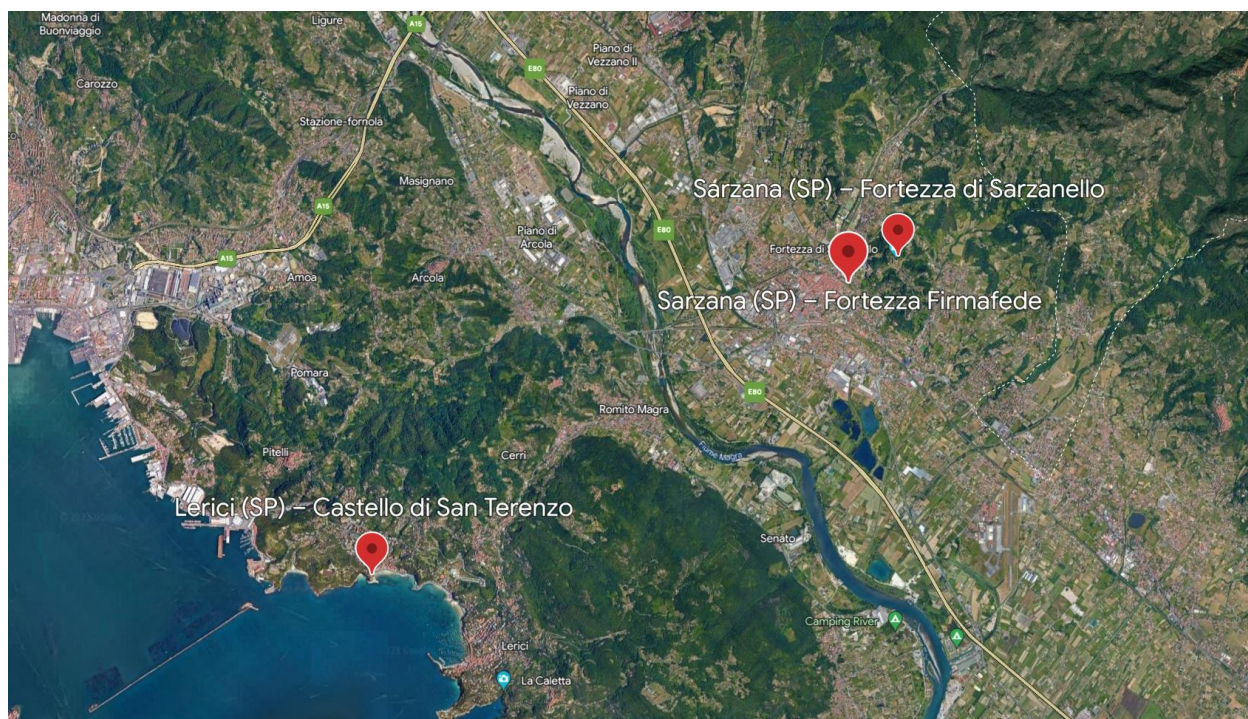


Figura 101 - Immagine satellitare della localizzazione della Fortezza Firmafede. Dati Google Earth, 2023

⁴⁴ Questo progetto è stato realizzato in collaborazione con Fabrica Società Cooperativa, La Spezia. I contenuti sono stati concessi gentilmente da FABRICA Società Cooperativa

⁴⁵<http://musei.beniculturali.it/musei?mid=4523&nome=fortezza-firmafede#:~:text=La%20fortezza%20Firmafede%2C%20detta%20anche,roccaforte%20militare%20della%20signoria%20fiorentina>



Figura 102 - Immagine satellitare della localizzazione della Fortezza Firmafede. Dati Google Earth, 2023

Il lavoro svolto è partito dalla campagna di rilievo con l'utilizzo combinato di più strumenti. È stato utilizzato il Laser Scanner a postazione fissa RTC360 per l'acquisizione degli interni, del fossato accessibile e delle terrazze ed il Laser Scanner Leica BLK2FLY per il rilievo delle coperture e delle mura perimetrali, non rilevabili in altro modo. Il numero di scansioni effettuate con lo strumento Laser Scanner RTC360 è di 768. Successivamente, si è passati alla gestione ed elaborazione dei dati di rilievo per ottenere una nuvola di punti totalmente fedele alla realtà e fotografie a 360° tramite cui è possibile navigare all'interno del sito ed effettuare sopralluoghi virtuali. Infine, sulla base della nuvola di punti ottenuta è stato realizzato il gemello digitale BIM della Fortezza.

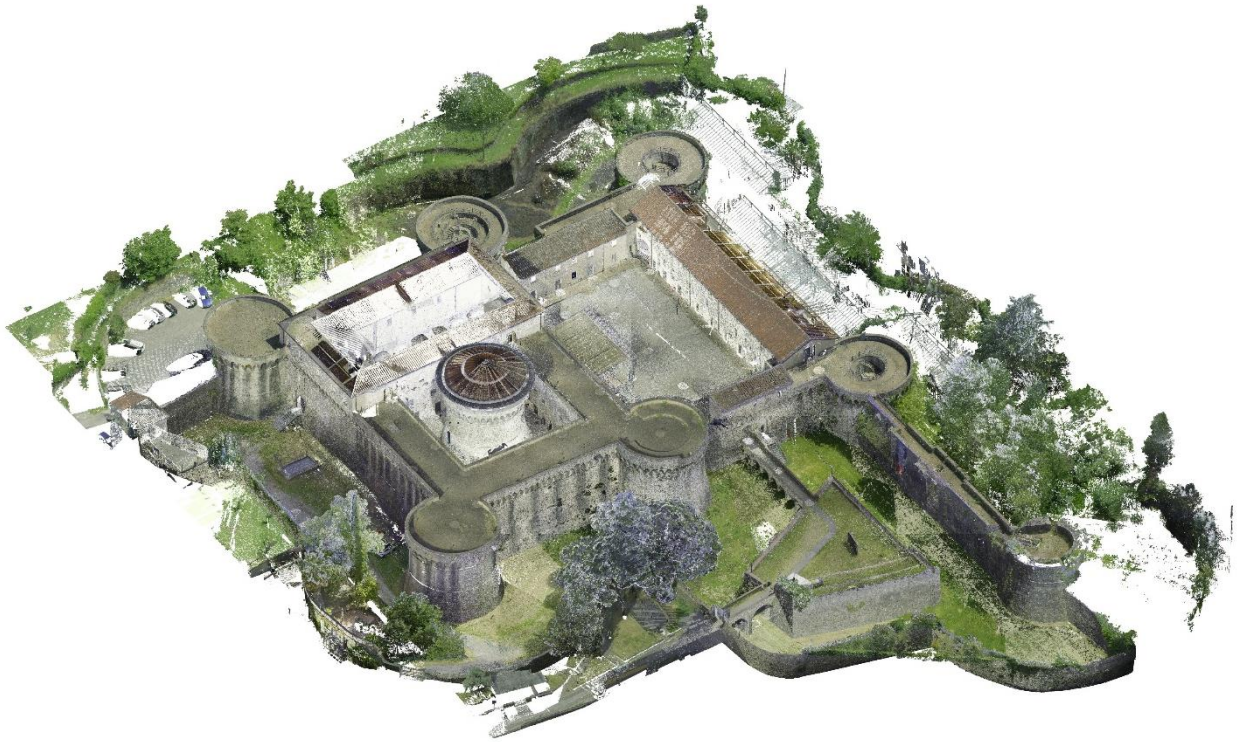


Figura 103 –Fortezza Firmafede, risultati della scansione laser

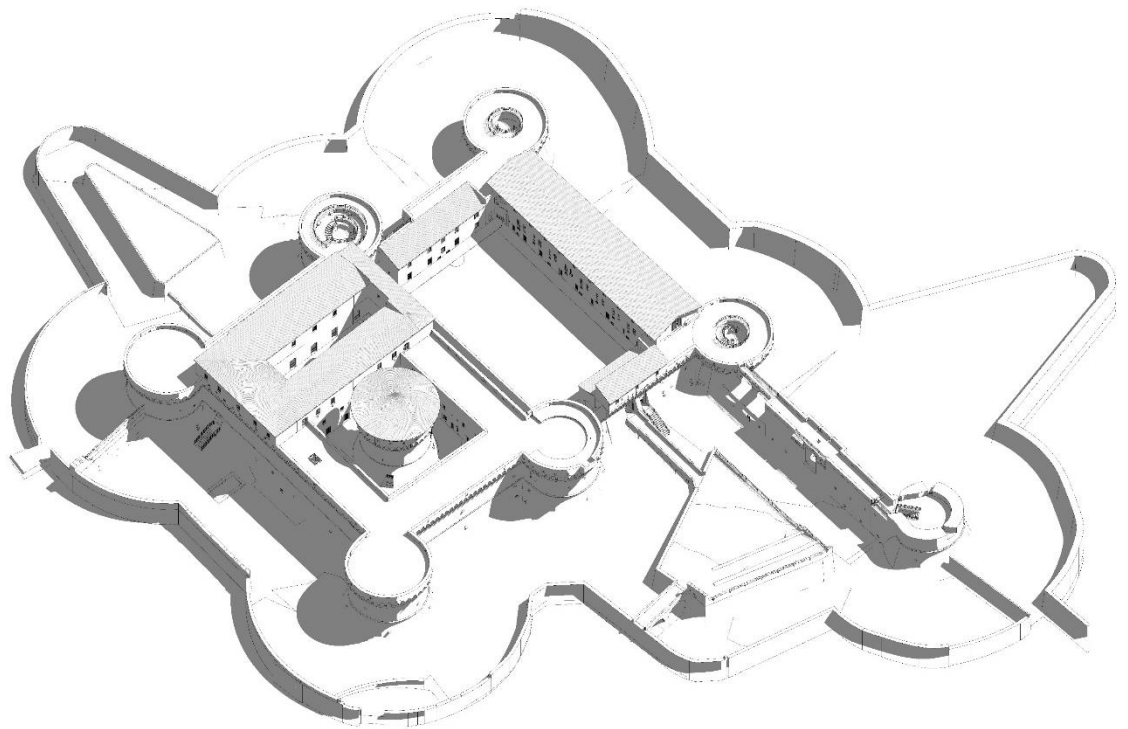


Figura 104 - Modello BIM della Fortezza Firmafede



Figura 105 - Render della Fortezza Firmafede

Il progetto è abbastanza grande e per modellarlo sono stati coinvolti molti specialisti. Per questo, in Revit ci sono funzioni per lavorare insieme su un singolo file, come la condivisione del lavoro. Questa funzione non solo consente di lavorare contemporaneamente, ma offre anche altri vantaggi, come la possibilità di monitorare la percentuale di lavoro di ogni progettista. Ognuno ha il proprio set di lavoro e questo viene assegnato ad ogni elemento. Se un elemento è già stato lavorato da uno specialista, non sarà possibile modificarlo da un altro utente senza autorizzazione. In tal modo si evitano errori nella modellazione e situazioni in cui più persone lavorano sulla stessa parte del progetto. Inoltre, lavorando sulla propria parte del modello, lo specialista ha sempre a disposizione la versione più recente del progetto e può, dunque, lavorare in maniera più efficiente.

Nelle strutture storiche, come questa, la modellazione comporta molte sfide, soprattutto se è necessario un progetto dettagliato di alto livello. Ad esempio, anche se le finestre della fortezza “reale” sembrano uguali hanno delle differenze sostanziali che devono essere illustrate nel modello digitale. Quindi, in tali progetti è di solito molto difficile usare una singola famiglia Revit per un tipo di finestra. Ci sono, in genere, due soluzioni che possono essere prese in considerazione.

La prima è creare una famiglia molto complessa con la possibilità di modificarla. Uno dei vantaggi di questo metodo è che tutte le modifiche possono essere effettuate in un'unica famiglia. La seconda soluzione è creare molte famiglie semplici simili, ma con

solo le modifiche necessarie all'interno. Questo metodo ha il vantaggio semplificare la modellazione delle famiglie in modo significativo, ma lo svantaggio di rendere la libreria delle famiglie molto grande.

Nel corso di questo progetto è stato utilizzato un metodo combinato, che ha portato a una serie di vantaggi. Innanzitutto, questo ha consentito una riduzione significativa del tempo necessario per la modellazione. Inoltre, l'uso di questo metodo ha evitato di aggiungere una sovrabbondanza di famiglie al database di Revit. Ciò ha portato a una riduzione della complessità del lavoro, visto che la libreria di famiglie è stata gestita in modo più efficiente.

Crevalcore (BO) - Condominio di Via Solferino 110

L'edificio è localizzato a Crevalcore (BO) in Via Solferino. Presenta una forma compatta e regolare sia in pianta che in elevazione. La pianta è rettangolare, con scala centrale, e si eleva su 4 piani fuori terra, che ospitano otto appartamenti, più un piano seminterrato, dove ci sono le cantine e il sottotetto. La copertura, a padiglione, è stata rifatta di recente con una struttura lignea e due grandi travi in cemento armato. Dopo le scosse del 20 e 29 maggio 2012, i condòmini hanno provveduto autonomamente alla riparazione alcuni danni subiti, lavori che sono consistiti semplicemente nel rifacimento dell'intonaco nelle porzioni di muratura, esterna e interna, lesionate. Il danno si è concentrato principalmente sullo spigolo sud del fabbricato. La lesione era ben visibile sulla zona intonacata al piano rialzato, ma è tuttora riscontrabile anche nel basamento in mattoni, che non è stato oggetto di intervento. All'interno, sul vano scala si è osservato il distacco di alcuni gradini, delle lesioni all'incrocio tra l'intradosso della soletta e il muro e qualche fessura in corrispondenza degli accessi ai singoli appartamenti. Nel sottotetto si riscontrano danni che interessano l'appoggio centrale di una trave oltre a carenze relative ai nodi tra le travi in cemento e quelle lignee. Nel piano seminterrato sono presenti lesioni che interessano sia le murature che, in alcuni punti, i solai.

Il compito del progetto era scansionare l'edificio e creare un modello BIM per i successivi lavori di ricostruzione e sono stati necessari due giorni di scansione che è stata eseguita utilizzando un laser scanner Faro Focus X 130 in bianco e nero. Successivamente, i dati sono stati importati in Recap dove sono stati collegati e poi esportati come nuvola di punti. Il problema principale, in questo caso, era il collegamento della parte principale dell'edificio con il piano del sottotetto, poiché nel soffitto era presente solo un piccolo portello per il collegamento, che non era sufficiente per collegare i file. Pertanto, per risolvere questo problema, sono state esportate due nuvole di punti, collegate solo successivamente in Revit per coordinate comuni.

Sebbene l'ispezione visiva non abbia rivelato alcun danno nell'edificio; l'elaborazione dei dati di scansione ha permesso di scoprire che l'edificio ha una pendenza di 1 grado, provando quanto le scansioni laser scanner siano necessarie in alcuni casi.

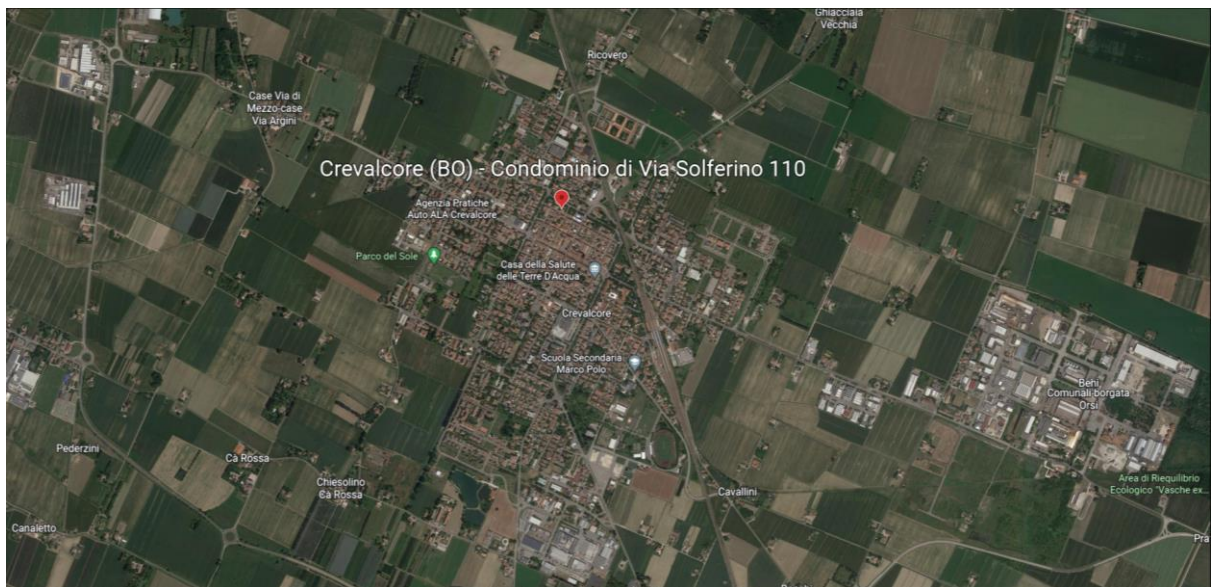


Figura 106 - Immagine satellitare della localizzazione del Condominio in Via Solferino a Crevalcore (BO). Dati Google Earth, 2022



Figura 107 - Immagine satellitare del Condominio in Via Solferino. Dati Google Earth, 2022



Figura 108 - Foto da drone del Condominio in Via Solferino



Figura 109 – Nuvola di punti del Condominio in Via Solferino

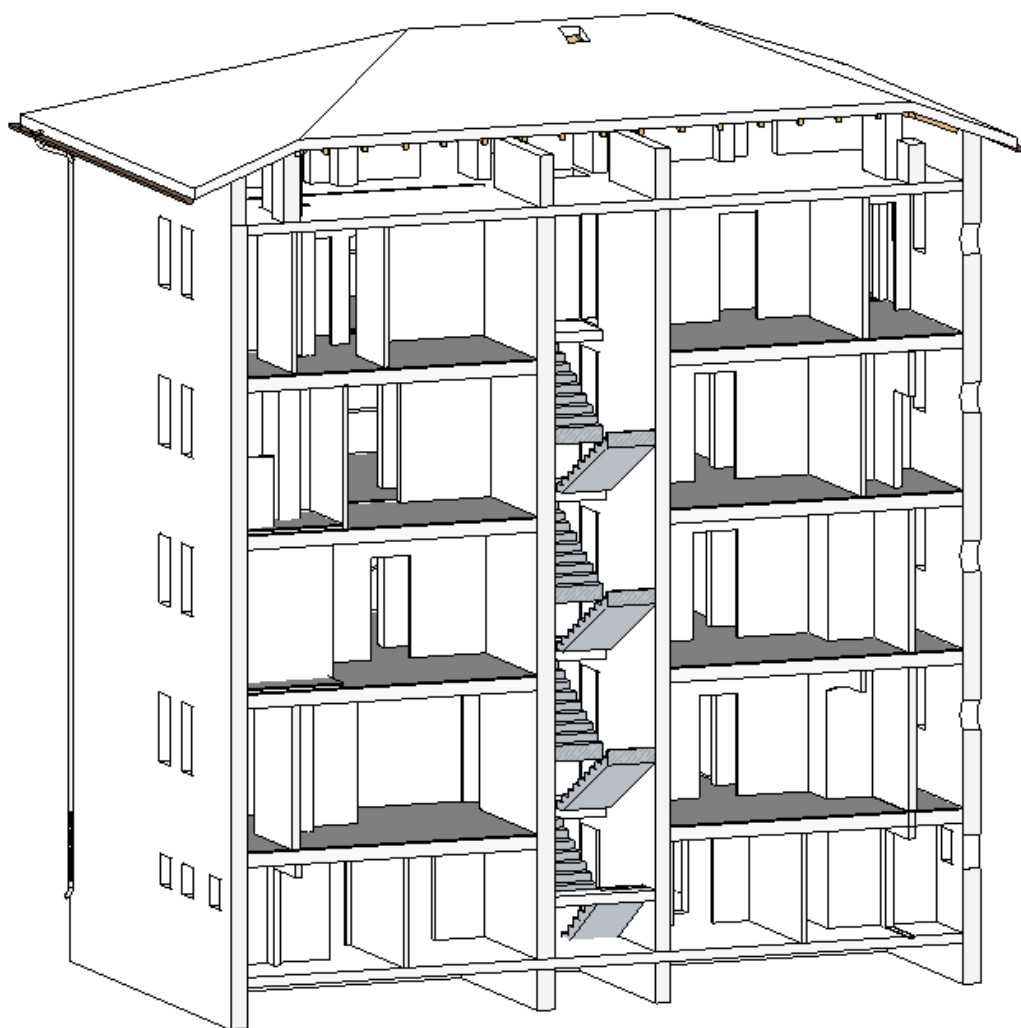


Figura 110 - Modello del Condominio in Via Solferino

San Martino (AQ) - Grotta Consorzio 23.SM

In questo progetto è stato necessario calcolare i volumi di due grotte che si trovano al di sotto di alcuni edifici e orientarle l'una rispetto all'altra.

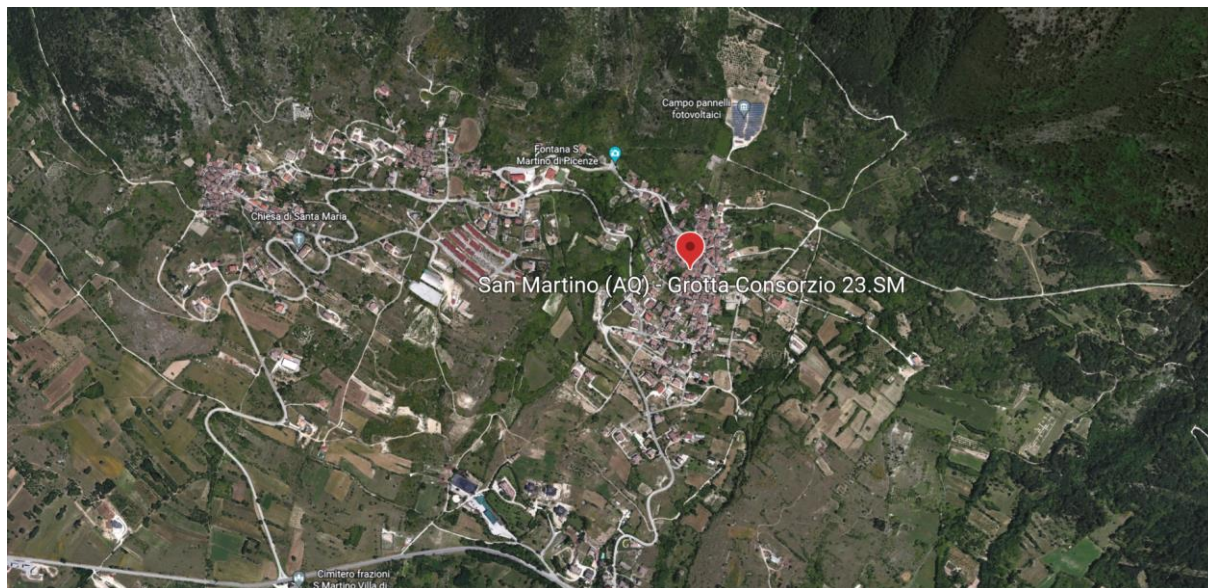


Figura 111 - Immagine satellitare della localizzazione di San Martino (AQ) - Grotta Consorzio 23.SM. Dati Google Earth, 2022



Figura 112 - Immagine satellitare della localizzazione di San Martino (AQ) - Grotta Consorzio 23.SM. Dati Google Earth, 2022

Per questo progetto sono stati utilizzati alcuni strumenti della modellazione BIM mentre per il rilievo è stata utilizzata la tecnologia di scansione laser per avere un'elevata precisione.

Per rilevare la geometria delle grotte è stato utilizzato uno scanner laser Faro Focus X 130. La scansione è stata eseguita in modo continuo: prima è stata scansionata la grotta con dimensione minore, poi è stato scansionato il percorso esterno che collega le due grotte, e poi è stata scansionata quella di dimensioni maggiori. A causa della mancanza di superfici piane, per realizzare la registrazione con successo, sono stati installati numerosi target. La scansione è stata completata in tre giorni.

Al termine della registrazione e la sistemazione della nuvola punti, i risultati sono stati esportati in Revit. Con un intervallo di un metro sono state create delle sezioni e in ognuna di esse è stato perimetrato il profilo della grotta. Calcolando le aree dai profilo delle sezioni e conoscendo l'intervallo tra una sezione e l'altra, il volume delle grotte è stato ottenuto con sufficiente accuratezza. Aree e volumi sono stati calcolati automaticamente in Revit.



Figura 113 - Foto della Grotta Consorzio 23.SM

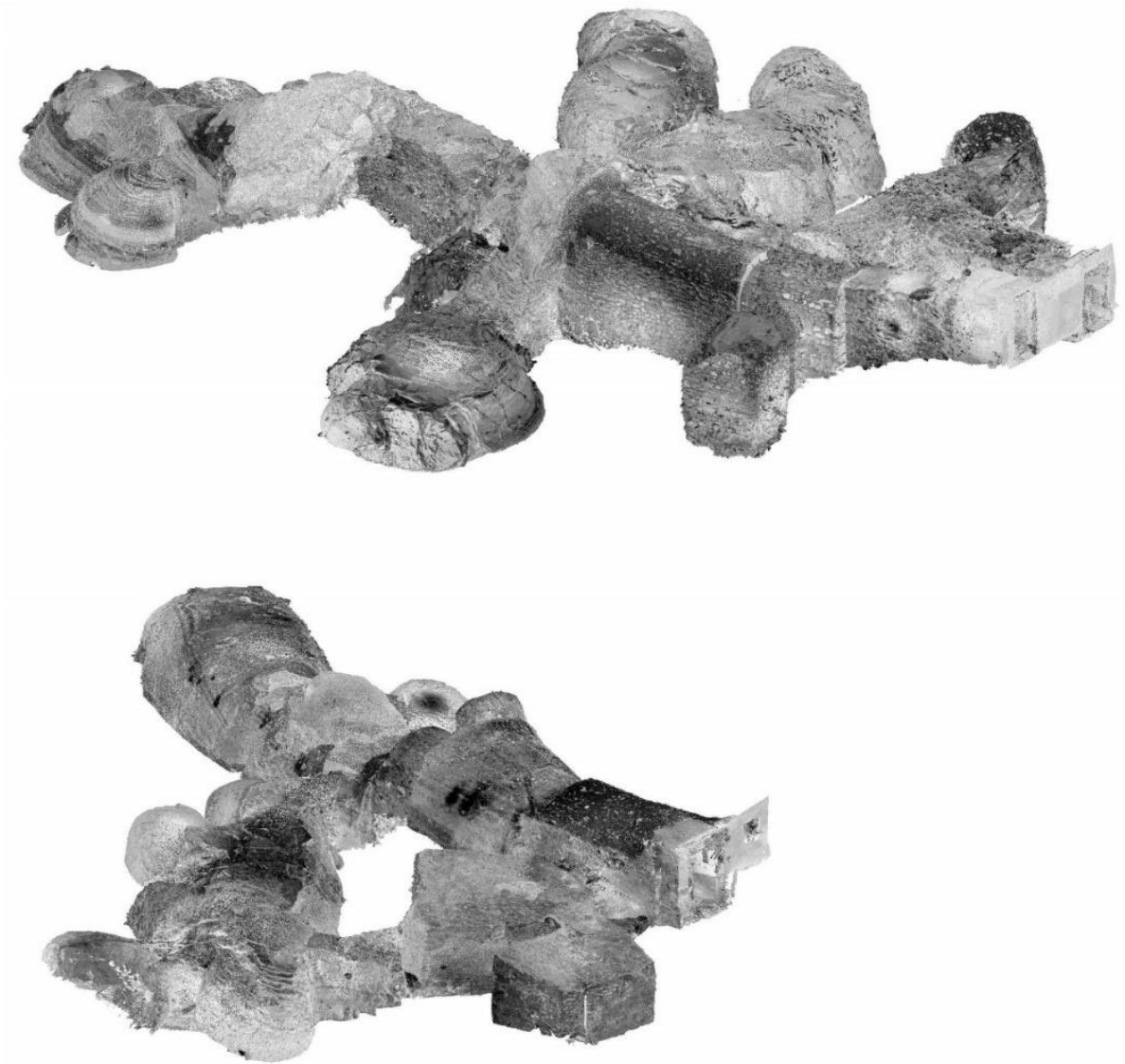


Figura 114 – Nuvola di punti della Grotta Consorzio 23.SM

È stato ottenuto un modello tridimensionale che permette una facile comprensione della conformazione ed una facile navigazione delle grotte e sono stati calcolati i volumi. La scansione laser ha richiesto tre giorni di lavoro da parte di due operatori mentre la realizzazione del modello ne ha richiesti due da parte di un solo BIM specialist.

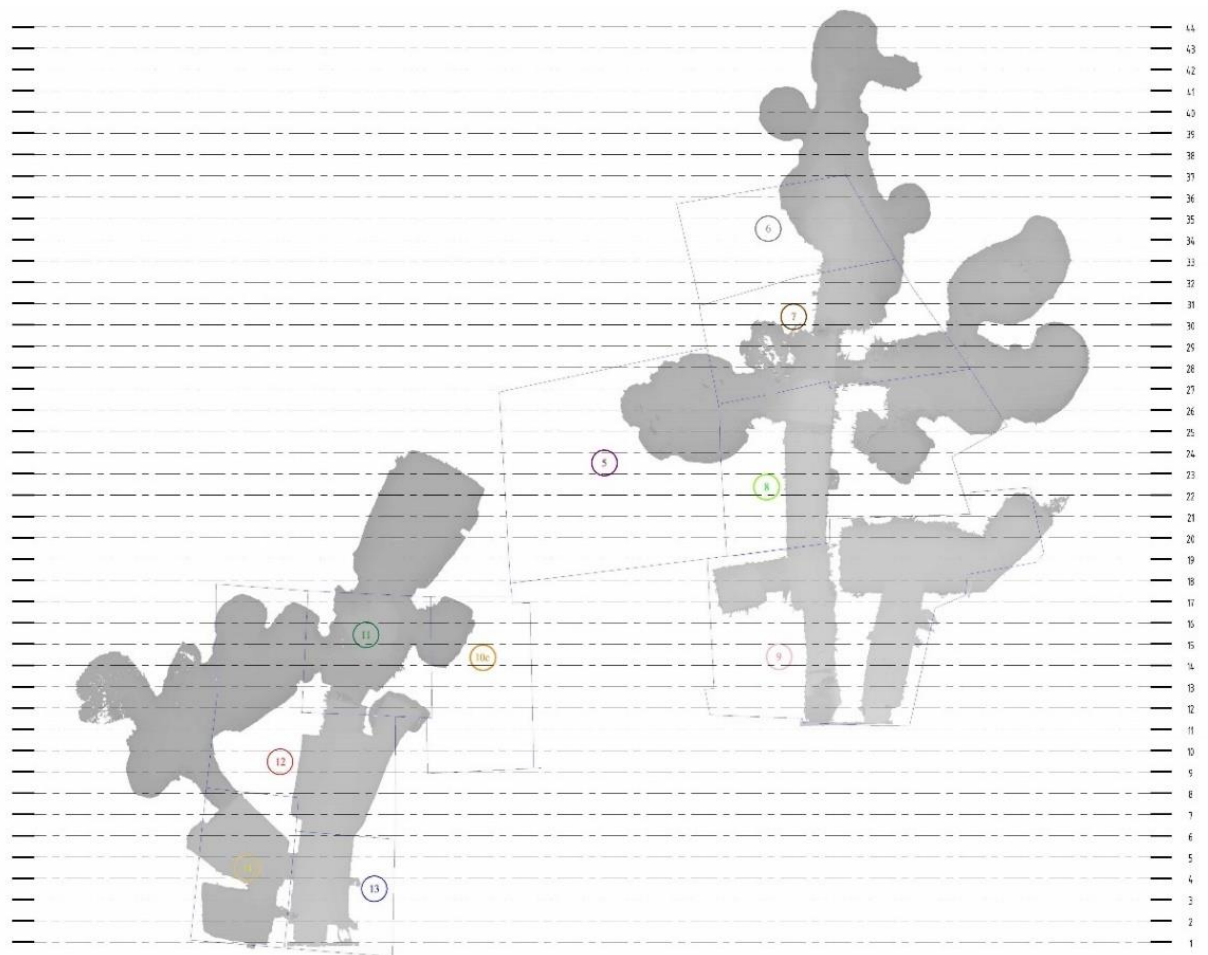


Figura 115 – Planimetria della Grotta Consorzio 23.SM

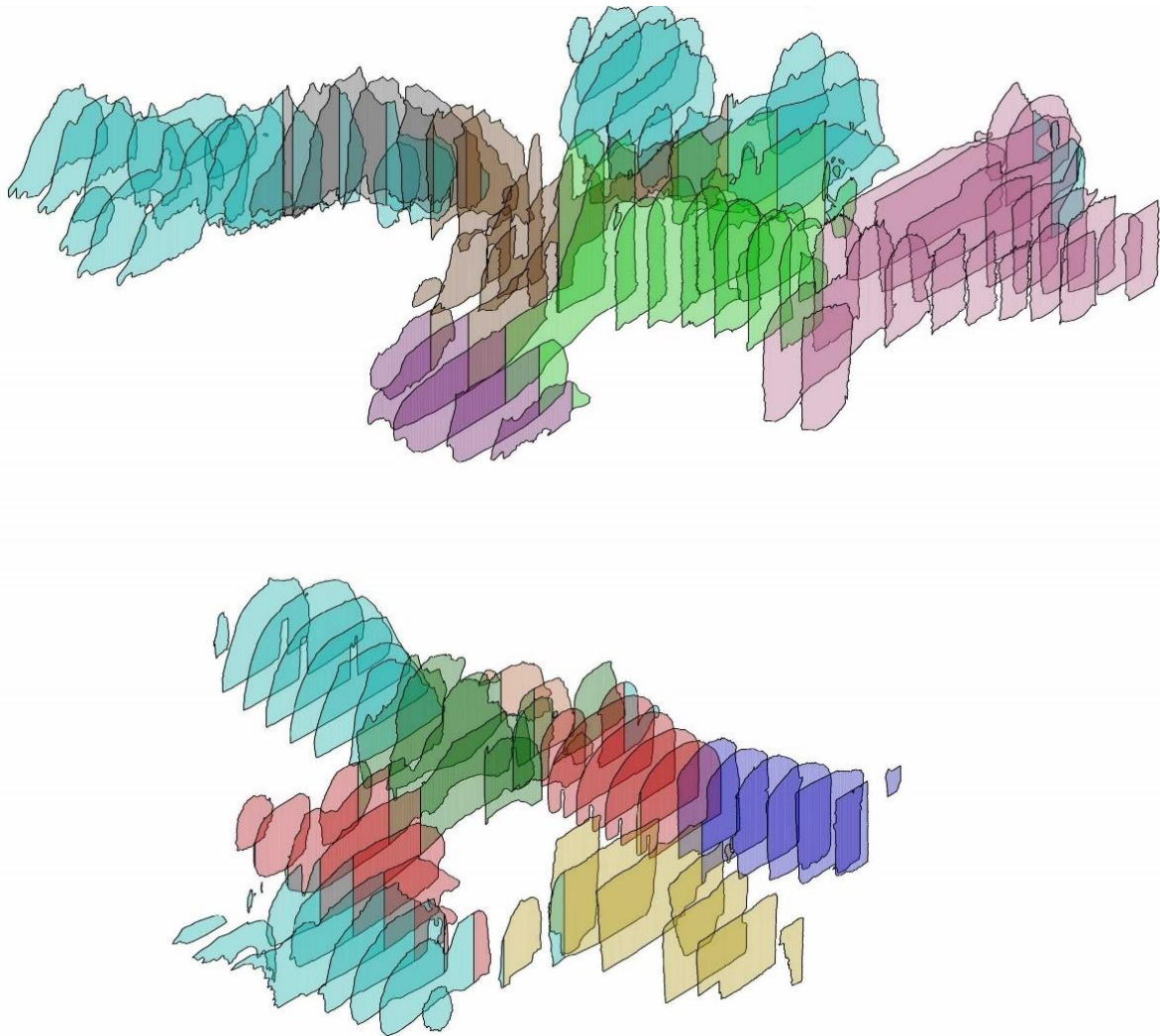


Figura 116 – Sezioni in Revit per il calcolo dei volumi della Grotta Consorzio 23.SM.

La mancanza di luce ha reso difficoltoso il lavoro degli operatori. Questo però non ha influito sui risultati ottenuti dal momento che il laser scanner può funzionare anche nella totale oscurità. La seconda problematica è scaturita dall'utilizzo di Revit che non è un software adatto alla modellazione di volumi complessi in modalità automatica, per cui è stato necessario effettuare calcoli in modalità semi-manuale. Esiste un software specifico per calcolare volumi di oggetti complessi ma per l'obiettivo di questo lavoro le funzionalità di Revit sono state sufficienti.

San Martino (AQ) - Grotta Consorzio 10.SM

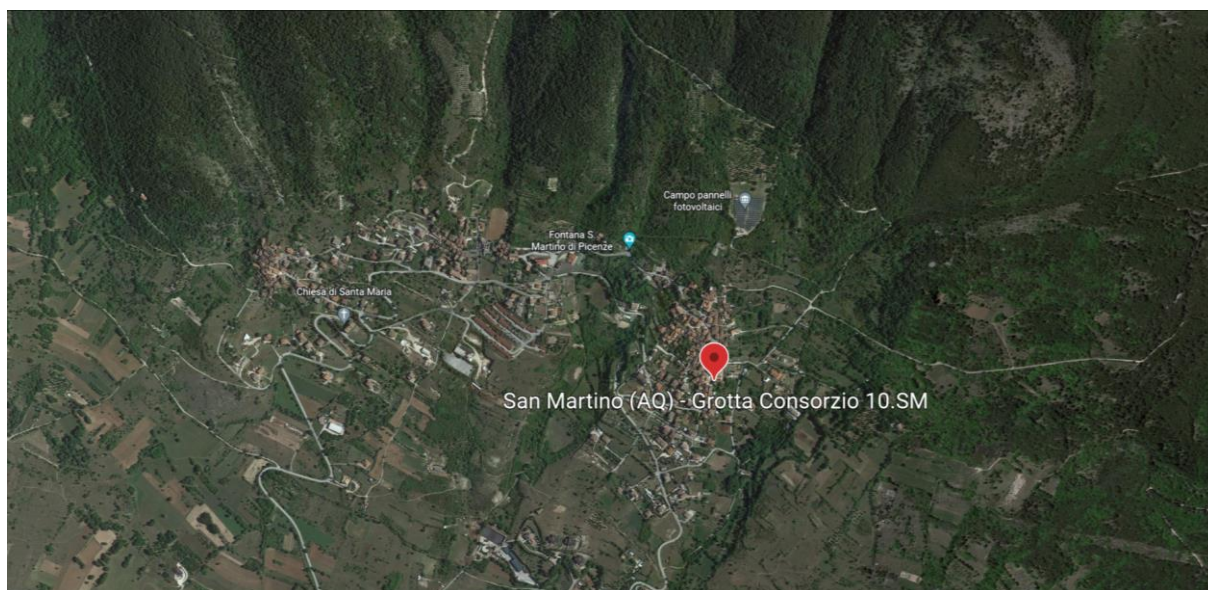


Figura 117 - Immagine satellitare della localizzazione di San Martino (AQ) - Grotta Consorzio 10.SM. Dati Google Earth, 2022

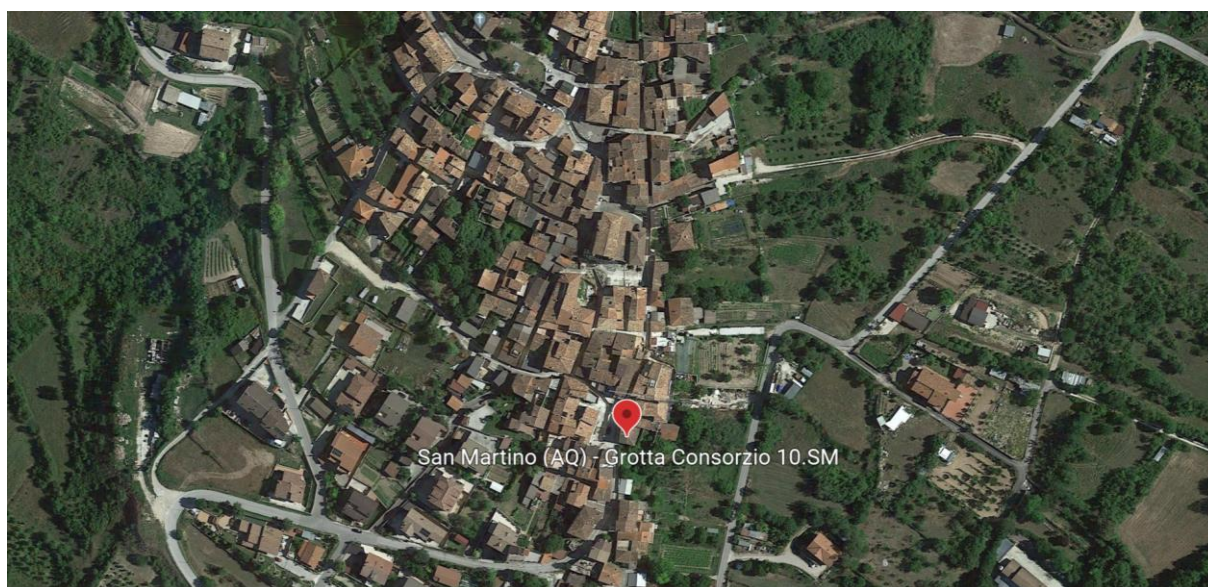


Figura 118 - Immagine satellitare della localizzazione di San Martino (AQ) - Grotta Consorzio 10.SM. Dati Google Earth, 2022

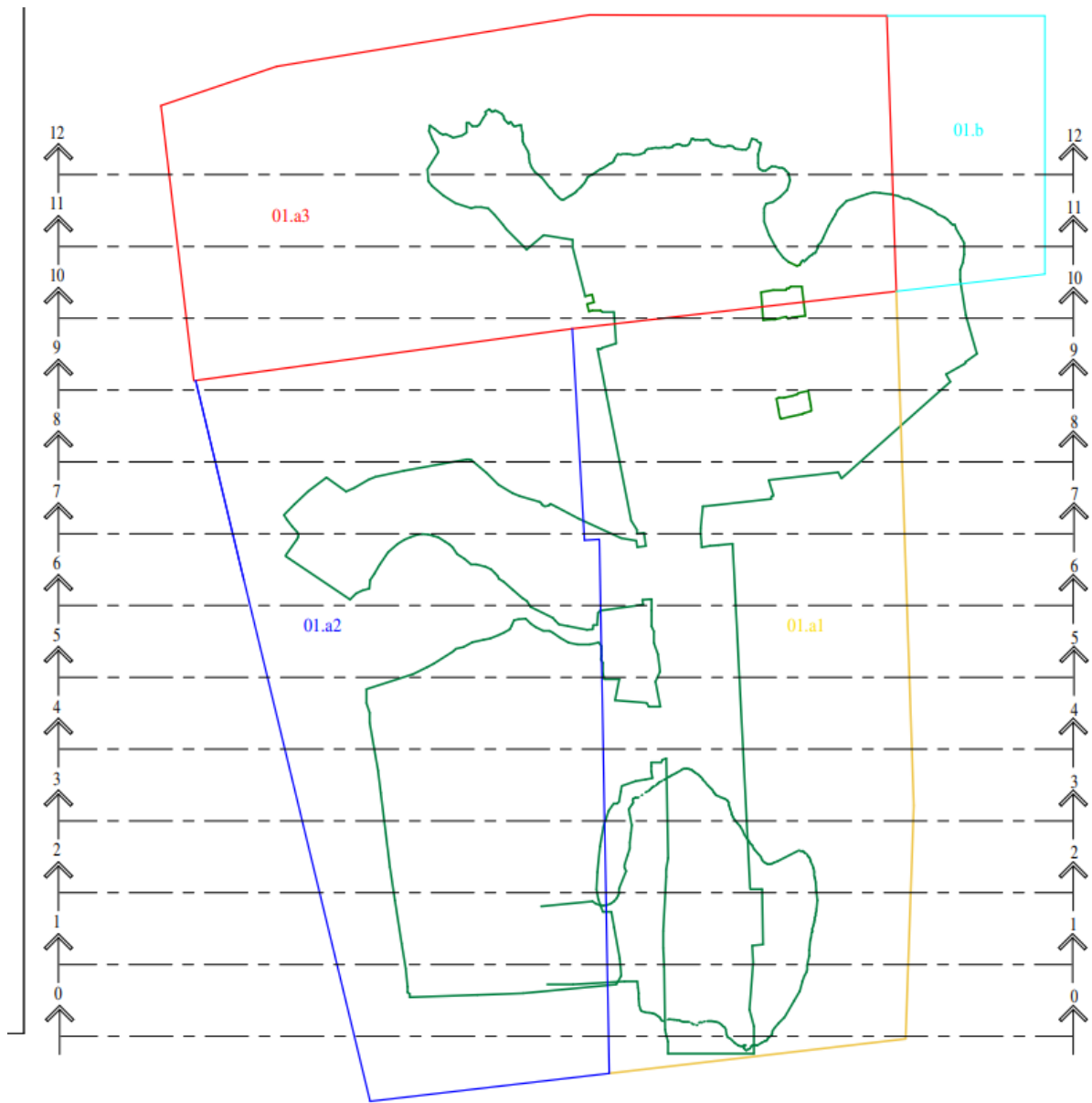


Figura 119 – Planimetria della Grotta Consorzio 10.SM

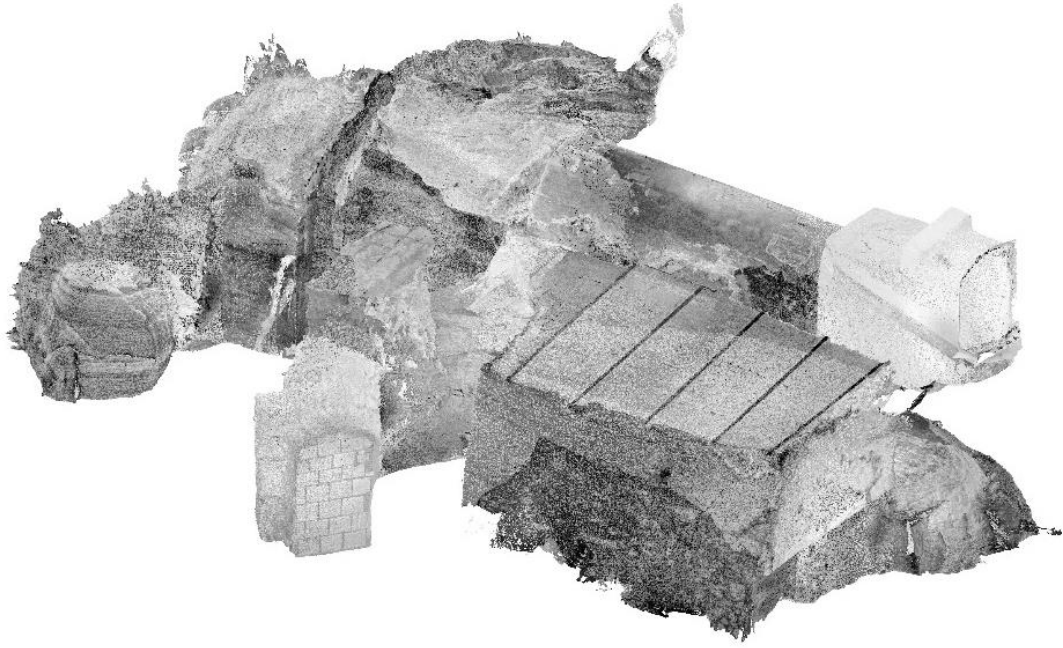


Figura 120 – Nuvola di punti della Grotta Consorzio 10.SM

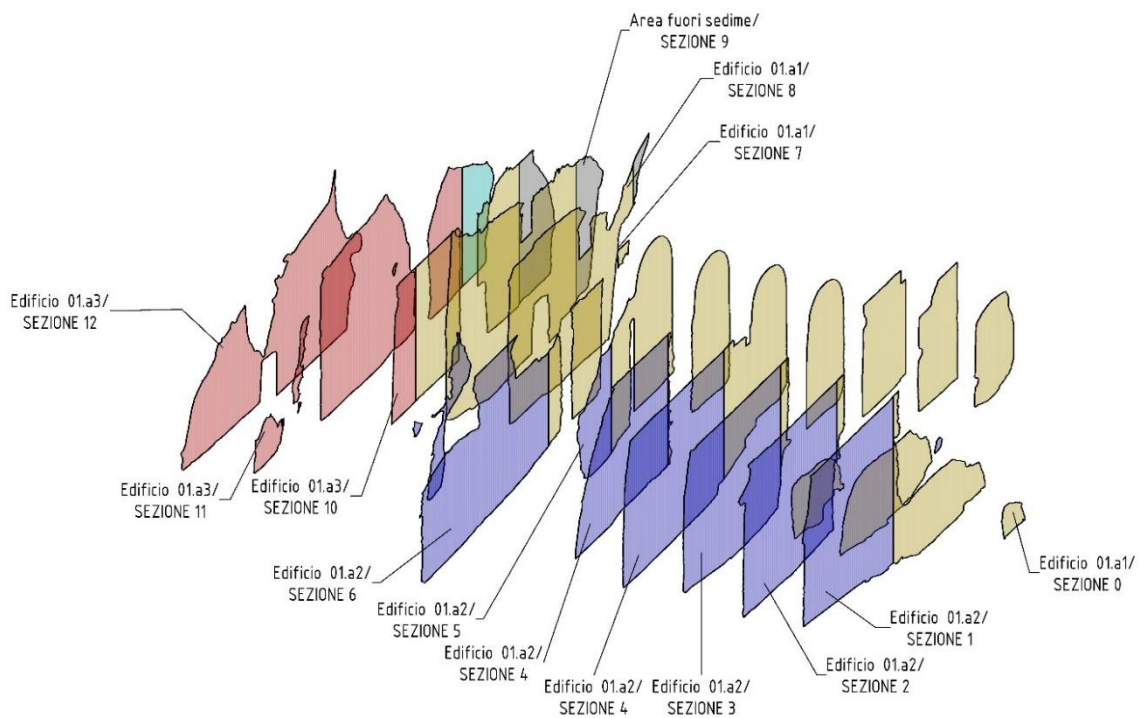


Figura 121 – Sezioni in Revit per il calcolo dei volumi della Grotta Consorzio 10.SM

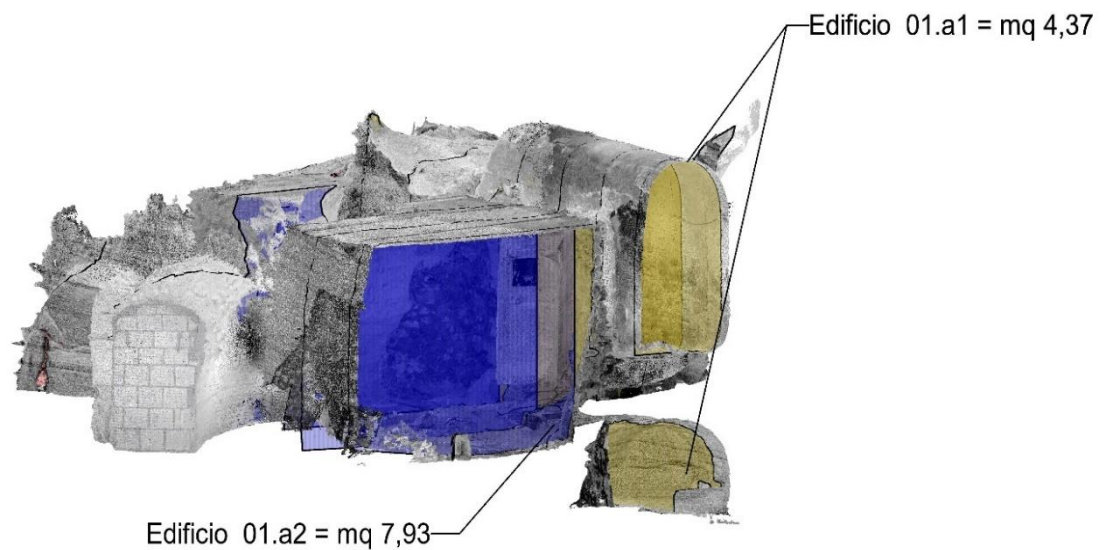


Figura 122 – Nuvola di punti e sezioni in Revit per il calcolo dei volumi della Grotta Consorzio 10.SM

Questo progetto è in buona parte simile al progetto precedente (San Martino (AQ) - Grotta Consorzio 23.SM). Una caratteristica aggiuntiva di queste grotte è esse sono su più livelli sovrapposti; quindi, i metodi di misurazione tradizionali sono praticamente impossibili. Pertanto, la scansione laser combinata con la modellazione BIM è la soluzione migliore per questo tipo di attività, considerando anche il fatto che non c'è illuminazione nelle grotte e il laser scanner può lavorare nella completa oscurità.

San Martino (AQ) - Grotta Consorzio 5.SM



Figura 123 – Foto della Grotta Consorzio 5.SM

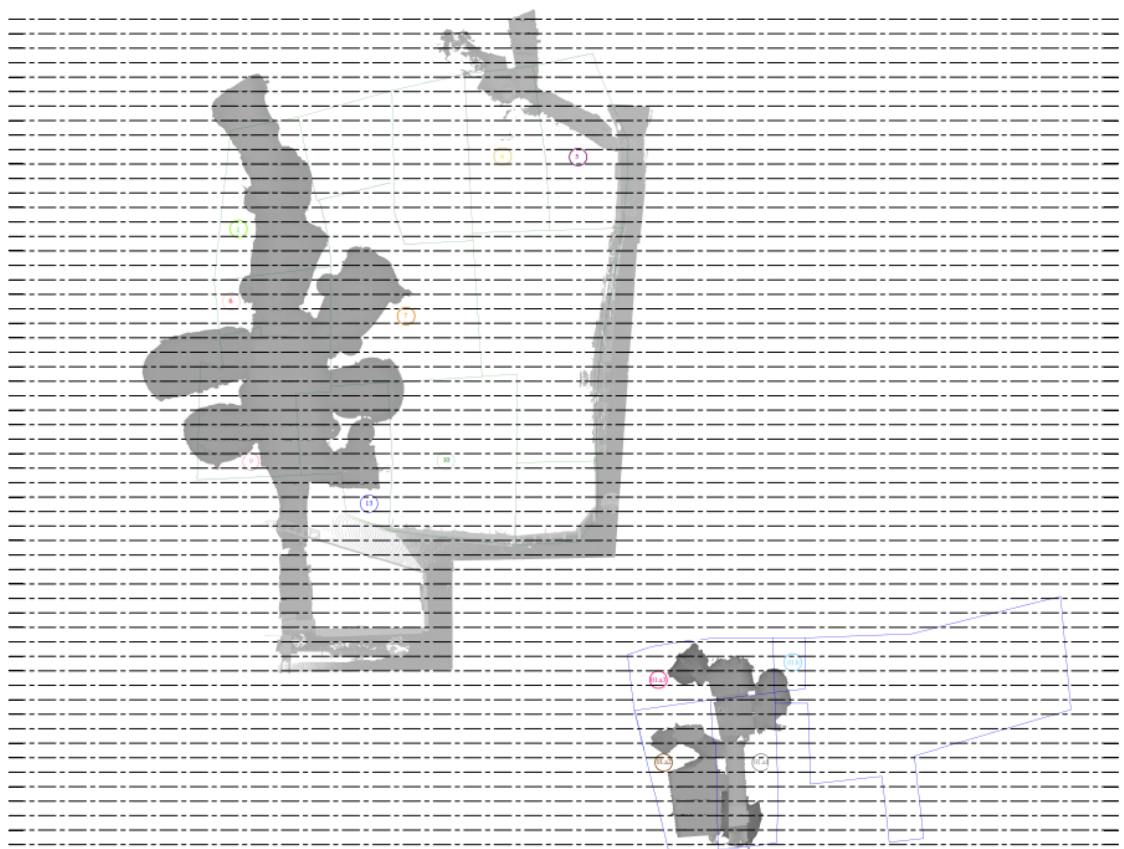


Figura 124 – Planimetria della Grotta Consorzio 5.SM

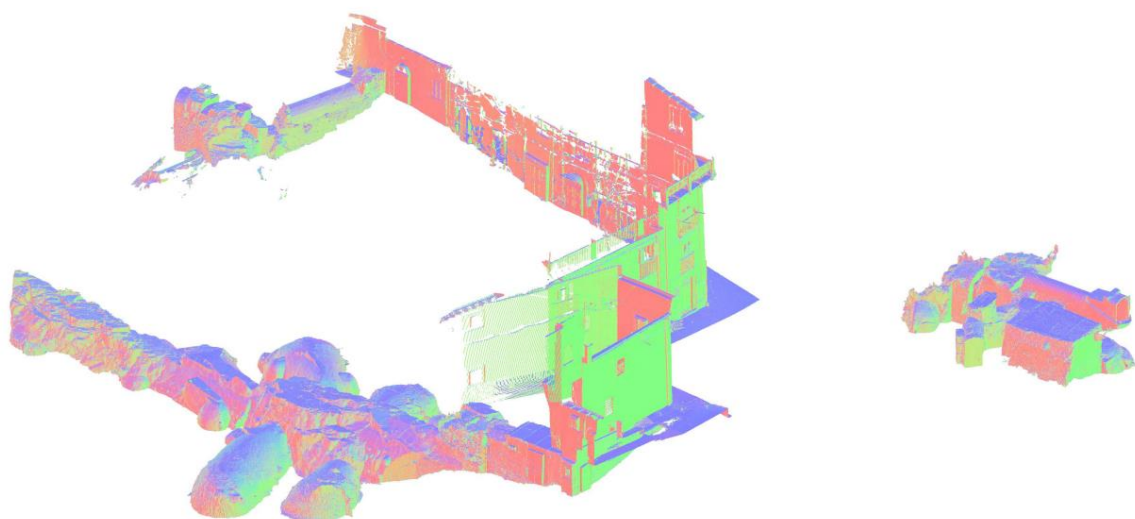


Figura 125 – Nuvola di punti della Grotta Consorzio 5.SM

Questo progetto è stato realizzato sulla base dei progetti precedenti (San Martino (AQ) - Grotta Consorzio 23.SM e Grotta Consorzio 5.SM).

La caratteristica principale di questo progetto è che le grotte sono divise in due parti non interconnesse nel sottosuolo e quindi, per avere l'esatta ubicazione di queste parti è stato necessario scansionare anche una parte del percorso in superficie che le collega. Anche in questo progetto, attraverso le coordinate generali, è stato aggiunto il progetto delle grotte "Grotta Consorzio 5.SM", poiché era necessario creare un quadro d'insieme.

San Martino (AQ) - Grotta Consorzio 9.SM



Figura 126 – Foto della Grotta Consorzio 9.SM



Figura 127 – Planimetria della Grotta Consorzio 9.SM

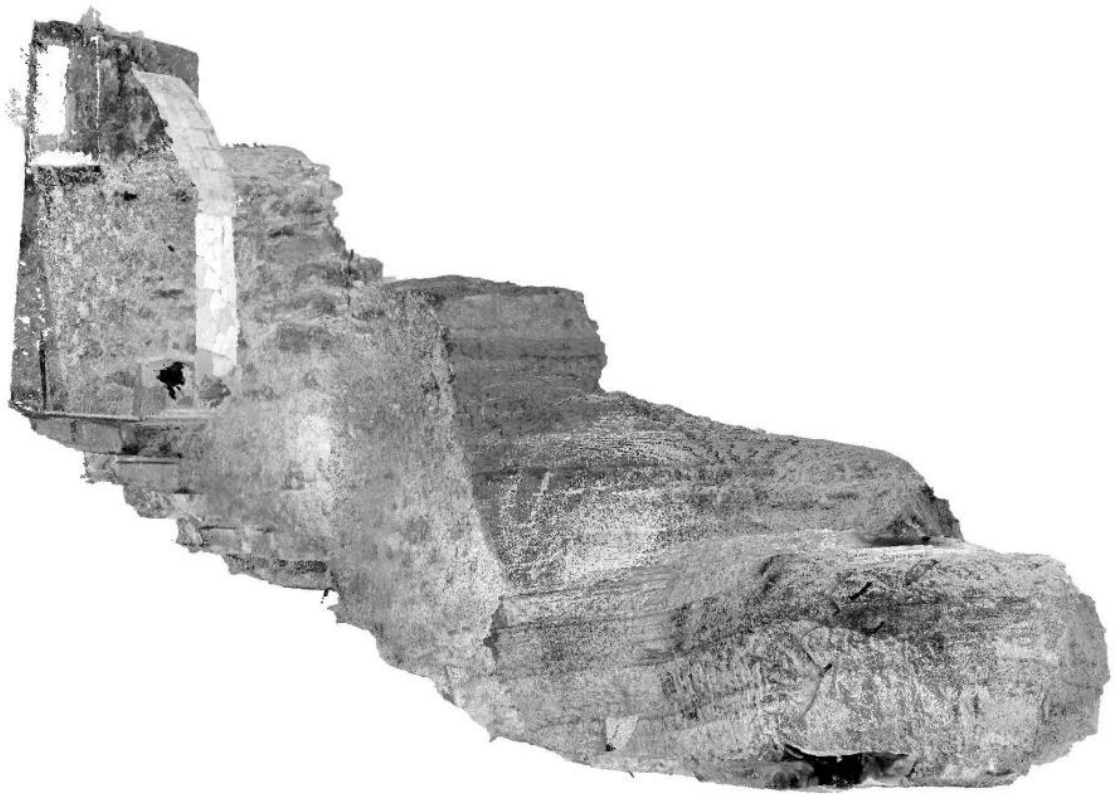


Figura 128 – Nuvola di punti della Grotta Consorzio 9.SM

Queste sono le grotte più piccole della serie di progetti, quindi sono state tracciate ed utilizzate solo cinque sezioni per calcolare i volumi. Il principio di funzionamento è stato descritto sopra nel progetto (San Martino (AQ) - Grotta Consorzio 23.SM).

1 Metodi, strumenti e tecnologie di restituzione digitale del patrimonio

I modelli BIM stanno diventando un nuovo paradigma per quanto concerne l'archiviazione e la condivisione di informazioni degli edifici. I modelli BIM creati da un rilievo diretto non possono contenere completamente tutti i dettagli dell'edificio. L'uso della tecnologia di scansione laser permette di ottenere nuvole di punti dense, dalla quale si ricavano tutte le misure che vengono elaborate manualmente per creare un modello BIM.

I gruppi di progettazione hanno bisogno di informazioni dell'edificio aggiornate, accurate e complete con le quali pianificare i lavori di ristrutturazione, i lavori di manutenzione dell'edificio e una sua eventuale demolizione⁴⁶⁴⁷. Sebbene importanti queste informazioni spesso non sono disponibili e i disegni realizzati in fase progettuale non riflettono correttamente lo stato attuale dell'edificio. Questo accade perché i disegni contengono errori e spesso non riflettono le modifiche apportate durante il ciclo di vita dell'edificio, infatti generalmente non vengono aggiornati successivamente, ad esempio per riflettere le riparazioni effettuate, e perdono rapidamente la loro importanza. Sebbene la pratica moderna si basi su disegni 2D per memorizzare e trasmettere informazioni di una struttura, esistono già molti esempi di utilizzo di modelli BIM come modelli parametrici e archivi di informazioni sulle strutture nel settore delle costruzioni⁴⁸. La raccolta manuale di informazioni sull'edificio utilizzando metri a nastro, stazioni totali e distanziometri che richiede molto tempo, è più facile commettere errori e quando si ha a che fare con edifici dalla geometria complessa, è difficile ricavare dei dati completi. Tutto questo comporta costi di progettazione elevati. Per risolvere i problemi legati all'ottenimento e al mantenimento di informazioni accurate sull'edificio durante tutto il ciclo di vita, i gruppi di progettazione sono interessati a metodi automatizzati di raccolta delle informazioni e alla successiva modellazione automatizzata basata su tali informazioni.

⁴⁶ C. Eastman, C.M. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks

BIM Handbook: A Guide to Building Information Modelling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors

(2nd ed.) John Wiley & Sons, New Jersey, USA (2011)

⁴⁷ L. Klein, N. Li, B. Becerik-Gerber

Imaged-based verification of as-built documentation of operational buildings

Autom. Constr., 21 (2012), pp. 161-171

⁴⁸ F. Leite

NYS DOT KEW Gardens Project: BIM as an As-built Record

US Department of Transportation Federal Highway Administration

Alcuni studi dimostrano che l'uso di modelli BIM permette di ridurre i costi del progetto architettonico poiché è più semplice creare alternative progettuali differenti e poi scegliere la migliore.⁴⁹ Ulteriori vantaggi sono il minor numero di richieste di informazioni durante il ciclo di vita di un edificio, il miglioramento della comunicazione tra le diverse parti interessate e la massimizzazione del riutilizzo dei materiali esistenti dopo la demolizione.⁵⁰ Nonostante il potenziale dell'uso dei modelli BIM come archivio centrale di dati, permangono sfide significative nella creazione di modelli BIM accurati che riflettano pienamente lo stato attuale della struttura. L'uso di tecnologie di raccolta dati sulle condizioni dell'edificio in 3D (scansione laser, fotogrammetria) con il successivo trasferimento delle informazioni al software per la creazione di modelli BIM, offre il potenziale per una creazione di modelli rapida, accurata e virtualmente priva di errori. Queste tecnologie raccolgono dati sotto forma di nuvole di punti con un elevato livello di dettaglio che aiutano a visualizzare le condizioni attuali dell'edificio e del sito. Tuttavia, questi dati contengono solo informazioni geometriche e non informazioni semantiche, categorie e materiali⁵¹. Pertanto, è necessario convertire le nuvole di punti in oggetti per poi dotarli di informazioni, un processo comunemente chiamato Scan-to-BIM. Lo Scan-to-BIM consiste in tre fasi: la raccolta dei dati (scansione) durante la quale si raccolgono le misure utilizzando il laser scanner; la registrazione delle scansioni che consiste nel combinare le singole scansioni in un'unica nuvola di punti con un unico sistema di coordinate e quindi eliminare gli oggetti e gli artefatti in eccesso; la modellazione BIM durante la quale la nuvola di punti viene trasformata in un modello BIM semanticamente ricco.⁵²

Questa pratica può essere utilizzata non solo per supportare la ricostruzione, ma anche per il controllo della qualità delle costruzioni⁵³, per la valutazione dell'avanzamento dei

⁴⁹ S. Azhar

Building information modelling (BIM): trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry

⁵⁰ M.E. Esfahani, E. Eray, S. Chuo, M. Sharif, C. Haas

Using scan-to-BIM techniques to find optimal modelling effort; a methodology for adaptive reuse projects

Proceedings of the 36th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, ISARC 2019, 2019, pp. 772–779

⁵¹ I. Brilakis, M. Lourakis, R. Sacks, S. Savarese, S. Christodoulou, J. Teizer, A. Makhmalbaf.

Toward automated generation of parametric BIMs based on hybrid video and laser scanning data

Advanced Engineering Informatics, Elsevier (2010), pp. 456-465

⁵² H. Hajian, B. Becerik-Gerber

Scan to BIM: factors affecting operational and computational errors and productivity loss.

International Symposium on Automation and Robotics in Construction, 27 (2010), pp. 265-272

⁵³ R. Maalek, D.D. Lichti, J.Y. Ruwanpura

Automatic recognition of common structural elements from point clouds for automated Progress monitoring and dimensional quality control in reinforced concrete construction

Remote Sens., 11 (2019), p. 1102

lavori⁵⁴, per la ricerca scientifica, ecc. Numerosi studi sostengono che l'accuratezza dei modelli BIM creati da Scan-to-BIM è molto elevata, ma per i modelli con requisiti di dettaglio elevati, ad esempio in alcuni siti del patrimonio culturale, gli errori inevitabili rappresentano un grande problema⁵⁵. In ogni fase possono verificarsi errori che si ripercuotono sul modello BIM finale. La fase più difficile e lunga è la modellazione, che può essere eseguita manualmente o automaticamente. La modellazione manuale dipende dalle competenze dello specialista BIM e i processi automatizzati presentano attualmente gravi limitazioni e non possono essere utilizzati per creare un modello BIM completo.

Le capacità professionali degli specialisti BIM nella modellazione manuale di edifici del patrimonio culturale è fondamentale, il che porta alla necessità di una formazione di qualità degli specialisti⁵⁶. La difficoltà della modellazione Scan-to-BIM per i cantieri che riguardano il patrimonio culturale è la mancanza di standard e linee guida per la creazione di modelli BIM basati su nuvole di punti. Attualmente, infatti, mancano ricerche sulla valutazione della qualità della modellazione in questi edifici.

Tecnologia all'avanguardia per lo Scan-to-BIM

Metodi di raccolta dati automatizzati per Scan-to-BIM

I moderni metodi di raccolta dei dati 3D per gli edifici sono principalmente tecnologie ottiche e senza contatto che consentono di raccogliere i dati puntuali in un tempo relativamente breve⁵⁷. Ad esempio scansione laser, fotogrammetria, SLAM (Simultaneous Localization And Mapping).⁵⁸

La fotogrammetria consente la ricostruzione 3D basata sulla posizione 2D di un punto in due immagini diverse, tenendo conto della posizione e dell'orientamento della

⁵⁴ T. Gao, B. Akinci, S. Ergan, J.H. Garrett Jr

Constructing as-is BIMs from progressive scan data

Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction., 29 (2012), p. 1

⁵⁵ B. Becerik-Gerber, F. Jazizadeh, G. Kavulya, G. Calis

Assessment of target types and layouts in 3D laser scanning for registration accuracy

Autom. Constr., 20 (2011), pp. 649-658

⁵⁶ P. Tang, D. Huber, B. Akinci, R. Lipman, A. Lytle

Automatic reconstruction of as-built building information models from laser-scanned point clouds: a review of related techniques

Autom. Constr., 19 (2010), pp. 829-843

⁵⁷ Z. Zhenhua, B. Ioannis

Comparison of optical sensor-based spatial data collection techniques for civil infrastructure Modelling

J. Comput. Civ. Eng., 23 (2009), pp. 170-177

⁵⁸ P. Kim, J. Chen, Y.K. Cho

SLAM-driven robotic mapping and registration of 3D point clouds

Autom. Constr., 89 (2018), pp. 38-48

telecamera e delle caratteristiche dell'obiettivo⁵⁹. È un metodo poco costoso e relativamente semplice ma, a causa della sua bassa precisione, non consente di creare un modello dettagliato dell'oggetto.

Raccolta dati tramite scansione laser

Uno scanner laser può catturare oggetti a una distanza di oltre 100 metri con una precisione di pochi millimetri altamente accurata e consente di creare una nuvola di punti densa determinando le coordinate 3D dei punti sulla superficie degli oggetti all'interno del campo visivo dello scanner.

Una singola scansione può contenere diversi milioni di punti 3D. Poiché nessuna singola postazione di scansione può fornire la visualizzazione di tutte le superfici dell'edificio, le scansioni devono essere eseguite da più postazioni. Si utilizza anche una fotocamera digitale per catturare le immagini, che possono poi essere combinate con i dati 3D per aiutare il processo di modellazione.

Tuttavia, è un metodo costoso e non può funzionare con oggetti trasparenti e specchiati. Inoltre, in edifici soggetti a crolli, in stato di abbandono o fisicamente molto lontani è necessario effettuare misurazioni da grandi distanze per ottenere informazioni sulle loro condizioni. Per questo motivo, la tecnologia di scansione laser è attualmente il metodo migliore per la raccolta dati, ma è possibile utilizzare altri metodi anche in combinazione.

Pre-elaborazione dei dati

Una volta completata la fase di scansione, le nuvole di punti vengono rappresentate come file separati nel sistema di coordinate locali. Tutti i dati devono essere uniti e allineati secondo il sistema di coordinate globale: questo processo è chiamato registrazione. Al momento, la maggior parte delle registrazioni viene effettuata in modo semi-automatico ma in genere, l'utente deve determinare manualmente le posizioni approssimative dei target necessari per la registrazione⁶⁰. La pre-elaborazione dei dati permette un filtraggio manuale o automatico per rimuovere i dati superflui, come i punti di oggetti in movimento, i riflessi o gli artefatti del sensore. Alcuni laser scanner non richiedono la registrazione (ad esempio BLK2GO) e funzionano con la tecnologia SLAM, ovvero la mappatura sequenziale dello spazio mentre lo strumento si muove.

⁵⁹ H. Son, C. Kim, Y. Turkan

Scan-to-BIM-an overview of the current state of the art and a look ahead

Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction., 32 (2015)

⁶⁰ GSA, "GSA BIM Guide For 3D Imaging, version 1.0." vol. 3 <http://www.gsa.gov/bim>: U.S. General Services Administration (GSA), 2009

Modellazione Scan-to-BIM

La modellazione BIM tramite nuvola di punti comporta tre fasi: la modellazione della geometria degli elementi, l'assegnazione delle categorie e delle proprietà dei materiali a un componente e la creazione di relazioni tra gli elementi. Queste fasi possono essere eseguite in sequenza o in parallelo. Lo scopo della modellazione geometrica è quello di creare semplici elementi costruttivi adattando primitive geometriche ai dati delle nuvole di punti.

Agli elementi modellati viene assegnata una categoria di oggetti. Le categorie BIM standard comprendono muri, solai, tetti, colonne, travi, ecc. È inoltre possibile creare categorie di elementi personalizzate in base al progetto. Inoltre a ogni oggetto possono essere assegnati parametri e materiali.

I collegamenti tra gli elementi nel BIM sono molto importanti, e solitamente la loro creazione nel software di modellazione BIM è automatizzata.

Nella modellazione Scan-to-BIM si utilizzano metodi di modellazione sia manuali che semi-automatici, che richiedono l'intervento umano per garantire la qualità del modello. La scelta del metodo di modellazione dipende dagli obiettivi del progetto e dai requisiti di accuratezza della modellazione. Per gli specialisti BIM la modellazione manuale dell'oggetto da ricostruire è relativamente facile; tuttavia, richiede più tempo se è necessario modellare elementi di forma complessa o elementi che presentano deviazioni dalle forme geometriche ideali (ad esempio la pendenza delle pareti o la deflessione dei solai), e a causa di essi si possono verificare errori e imprecisioni⁶¹.

A differenza della modellazione manuale, che si basa sull'allineamento visivo degli elementi, la modellazione automatizzata utilizza algoritmi. Tuttavia, le moderne tecniche di modellazione automatizzata si basano ancora sull'inserimento manuale dei dati per completare il modello. Per le ristrutturazioni o i siti del patrimonio culturale, la modellazione manuale è attualmente preferibile a causa della complessità dei modelli.

Modellazione automatica e manuale Scan-to-BIM

Poiché lo Scan-to-BIM è un concetto relativamente nuovo, nessun singolo software è in grado di automatizzare completamente la creazione di un intero modello BIM; i software mancano di capacità di modellazione semantica e non sono in grado di elaborare correttamente i set di dati provenienti da una nuvola di punti. Per risolvere questo problema, gli specialisti BIM utilizzano software diversi ma quando trasferiscono il modello tra un software all'altro spesso vengono perse informazioni e si verificano errori.

⁶¹ L. DeLuca, P. Veron, M. Florenzano

Reverse engineering of architectural buildings based on a hybrid modeling approach.
Computers & Graphics, 30 (2) (April 2006), pp. 160-176

La fase di modellazione richiede solitamente fino al 90% del lavoro totale⁶² ed è la più importante in termini di accuratezza e affidabilità dei risultati finali della modellazione. Gli elementi semplici del modello (pareti, pavimenti, tetti) sono modellati con strumenti parametrici, mentre gli oggetti con geometria complessa, come gli elementi decorativi, sono modellati in modo non parametrico con strumenti contestuali.

L'imprecisione del modello BIM influisce su moltissimi aspetti: nella fase di progettazione più compromettere i calcoli strutturali termici e sull'aspetto architettonico ma influisce anche sulla qualità del monitoraggio sia nell'avanzamento della ricostruzione e sia nelle condizioni post-costruzione. Pertanto, è necessario verificare l'accuratezza del modello.

La creazione di modello per mezzo del processo manuale richiede tempo e spesso personale specializzato. Modellare singoli elementi può essere semplice e veloce, ma un modello BIM può essere composto da migliaia di elementi e per i grandi progetti di ricostruzione il tempo totale dedicato alla modellazione può arrivare a diversi mesi. Il modello è costituito in gran parte da elementi primitivi ripetitivi. Allo stesso tempo, gli oggetti della ricostruzione sono spesso pieni di elementi complessi, per la cui modellazione è necessario rivolgersi a uno specialista esperto. Il processo di modellazione è soggettivo poiché la qualità dei modelli dipende dall'esperienza dello specialista e può variare notevolmente da specialista a specialista. Ad esempio, dalla stessa nuvola di punti possono essere sviluppati modelli BIM completamente diversi dal punto di vista geometrico, basati sulla percezione soggettiva degli autori. Un tecnico può allineare le pareti ai punti estremi, un altro può allineare una parete al centro tra i punti, un modello può essere usato per identificare le deviazioni delle pareti dall'allineamento verticale, mentre un altro può essere usato per calcolare l'area media di una stanza e gli approcci saranno corretti. Proprio per questo motivo in futuro il sistema ideale sarebbe quello di creare un modello BIM con tutti i parametri richiesti da una nuvola di punti in modo completamente automatico. Al momento si tratta di un compito difficile, poiché i progetti di ristrutturazione sono spesso pieni di numerosi oggetti non direttamente collegati al progetto, come l'arredamento, che oscurano gli elementi edilizi di interesse e comportano la perdita delle informazioni. Un altro problema è la geometria complessa difficile da modellare automaticamente. Man mano che queste lacune verranno colmate, gli algoritmi per la creazione automatizzata di modelli BIM entreranno gradualmente nei software più usati.

⁶² A.W. Fitzgibbon, D.W. Eggert, R.B. Fisher
High-level model acquisition from range images.
Computer-Aided Design, 29 (4) (1997), pp. 321-330

È inoltre necessario che la ricerca futura unifichi e standardizzi i processi da cui dipende l'accuratezza del modello BIM. Per ottenere ciò è necessario un sistema di certificazione unificato per i risultati delle scansioni. Inoltre è necessario standardizzare i processi di modellazione manuale in scan-to-BIM, soprattutto nel campo della ricostruzione.

Nel corso del lavoro di ricerca sono stati effettuati dei test di ricostruzione di edifici con uno scanner laser per la modellazione BIM e sono stati individuati i seguenti vantaggi:

- Elevata precisione di misura;
- Metodo non distruttivo per acquisire informazioni;
- Alta produttività;
- Alto grado di automazione del processo di misurazione e parziale automazione dell'elaborazione dei risultati della scansione;
- Non necessità recarsi in loco per ottenere ulteriori dati, poiché lo scanner acquisisce tutte le informazioni che vede;
- Metodo remoto per ottenere informazioni sull'oggetto e che consente ai professionisti di lavorare lontano da aree pericolose;
- Condizioni di illuminazione ininfluenti poiché lo scanner utilizza un laser per effettuare le misurazioni;
- Uso versatile dei risultati della scansione laser.

Sono state inoltre individuate le seguenti carenze:

- Costo elevato dello scanner;
- Misurazione dei soli oggetti visibili dallo scanner;
- Rischio di danneggiare lo scanner quando si lavora in spazi stretti e ingombri;
- Dipendente da fonte di energia;
- Difficoltà nel sostituire lo strumento in caso di guasto o rottura a differenza dei semplici strumenti di misura;
- Problemi nell'acquisizione dei risultati della scansione laser;
- Problemi con le superfici riflettenti che devono essere corretti pulendo la nuvola di punti.

Combinazione di una nuvola di punti e un modello BIM

La fotogrammetria, oltre alla tecnologia di scansione laser, può essere utilizzata per ottenere informazioni riguardo il sito dell'edificio oggetto di scansione, informazioni che solitamente vengono perse nello sfondo della scansione laser.

La fotogrammetria ha molte applicazioni come nel campo del restauro e della conservazione del patrimonio culturale. Tuttavia, è raramente utilizzata per raccogliere informazioni all'interno degli edifici.

Negli ultimi anni si è assistito a un rapido sviluppo dei veicoli aeromobili a pilotaggio remoto (UAV), il cui basso costo e la cui accessibilità hanno aperto nuove possibilità in molti campi di applicazione e ha portato a un loro ampio utilizzo nella raccolta di informazioni 3D su edifici e strutture.⁶³

Utilizzando gli UAV ed elaborando le fotografie con i metodi della fotogrammetria è possibile ottenere, ad esempio, un modello 3D di una città come illustrato nella Figura.



Figura 129 - Combinazione di una nuvola di punti e un modello BIM, città di Helsinki⁶⁴

Un esempio concreto dell'uso di queste tecnologie ce lo mostra l'azienda Bentley e il suo lavoro con la città di Helsinki⁶⁵. Grazie all'uso della fotogrammetria obliqua combinata con scansione laser supporta il modello 3D della città attraverso modelli della superficie del terreno e delle mesh realistiche degli edifici di tutta la città.

⁶⁴ <https://kartta.hel.fi/3d/#/>

⁶⁵ <https://www.bentley.com/company/esg-user-project-city-of-helsinki/>

Un altro studio è stato condotto da Emmanuel P. Baltsavias nel 1999, il quale ha confrontato l'uso della fotogrammetria e della scansione laser nel suo lavoro. L'autore conclude che la scansione laser aviotrasportata è un concorrente della fotogrammetria e la sta gradualmente sostituendo in alcuni casi, ma in molti altri le tecnologie rimangono intercambiabili. Inoltre, la loro integrazione può aprire nuove aree di applicazione e migliorare significativamente la qualità delle informazioni ottenute.⁶⁶

I risultati di uno studio svolto nel 2016 dall'Istituto di geodesia e geoinformatica dell'Università di Scienze Ambientali della Polonia, dimostrano che i droni forniscono un'elevata precisione nei progetti di costruzione di modelli edilizi. Infatti questi soddisfano i requisiti di precisione e affidabilità e risultati dimostrano che le immagini UAV possono essere una fonte di dati molto efficace per la costruzione 3D degli edifici.⁶⁷

Un altro studio è stato condotto dal dipartimento di ingegneria svolto dall'Università di Ferrara circa l'applicazione della fotogrammetria ai siti del patrimonio culturale⁶⁸. Sulla base di un esperimento condotto su un castello del XV secolo, i risultati del test hanno dimostrato che le differenze tra le nuvole di punti ottenute con la fotogrammetria e con la scansione laser, eccetto alcuni casi, non superano i 3 cm. Con la fotogrammetria si ottengono dei risultati in ogni modo precisi ma sono necessari ulteriori miglioramenti.

Gli autori della ricerca osservano che i lati positivi dell'uso della fotogrammetria sono la semplicità e l'economicità e, sebbene perda in accuratezza rispetto alla scansione laser, può essere utilizzata anche come unico metodo di rilievo anche se l'uso combinato di scansione laser e fotogrammetria apre una maggiore precisione e nuove possibilità di applicazione.

⁶⁶ Baltsavias E.P.

A comparison between photogrammetry and laser scanning
ISPRS J. Photogramm. Remote Sens., 54 (2–3) (1999), pp. 83-94

⁶⁷ Jarzabek-Rychard M. and Karpina M.

Quality Analysis On 3d Buidling Models Reconstructed From Uav Imagery
Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLI-B1, 1121–1126

⁶⁸ M. Bolognesi, A. Furini, V. Russo, A. Pellegrinelli, and P. Russo

Accuracy of cultural heritage 3D models by RPAS and terrestrial photogrammetry
Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XL-5, 113–119

Fotogrammetria, vantaggi e applicazioni

La fotogrammetria è la scienza che studia i metodi per determinare la forma, le dimensioni, la posizione spaziale e il grado di variazione nel tempo di vari oggetti a partire dalle misure delle loro immagini fotografiche. Gli argomenti di studio della fotogrammetria sono le proprietà geometriche e fisiche delle immagini, i metodi di acquisizione e di utilizzo per determinare le caratteristiche quantitative e qualitative degli oggetti fotografati, nonché gli strumenti e i prodotti software utilizzati per l'elaborazione.

La fotogrammetria presenta i seguenti vantaggi⁶⁹:

- Elevata precisione dei risultati, in quanto le immagini degli oggetti vengono scattate con fotocamere digitali di alta qualità e poi elaborate secondo rigorosi algoritmi matematici;
- Elevata produttività, ottenuta grazie al fatto che non misurano gli oggetti stessi, ma le loro immagini (ciò consente di automatizzare il processo di misurazione e i calcoli successivi);
- Sicurezza delle prestazioni lavorative, poiché l'oggetto viene rilevato a distanza, il che è importante in aree pericolose per le persone o se l'oggetto si trova a una distanza fisica;
- La possibilità di studiare oggetti del patrimonio culturale già perduti utilizzando le immagini rimaste.

Metodo per ottenere una ricostruzione tridimensionale

È importante osservare le seguenti regole quando si scattano fotografie:

- La fotocamera deve avere una risoluzione elevata (8 megapixel o più);
- La lunghezza focale deve essere compresa tra 20 e 80 mm. Tutte le fotografie devono essere scattate alla stessa lunghezza focale;
- È necessario impostare il valore ISO più basso possibile;
- Il formato dei dati RAW convertito in TIFF è preferibile per la riduzione del rumore;
- È preferibile scattare con un'apertura minima per ottenere la massima profondità di campo;
- Scegliere un tempo di posa veloce;

⁶⁹ http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=19548

- Gli obiettivi grandangolari sono consigliati perché forniscono maggiori informazioni rispetto ai teleobiettivi. Le fotografie scattate con uno di questi strumenti sono più adatte a far coincidere i soggetti tra le inquadrature;
- Le foto devono essere nitide, si consiglia l'uso di un treppiede.
- Il numero di foto per una stanza deve essere superiore a 100. È meglio scattare molte foto;
- Gli oggetti riflettenti e trasparenti devono essere evitati quando si scattano foto;
- Una buona illuminazione migliora la qualità del risultato. Tuttavia, è necessario evitare l'abbagliamento e l'uso del flash è sconsigliato;
- Le foto devono essere scattate con una sovrapposizione del 60-80%;
- Gli stessi elementi devono essere fotografati da diverse angolazioni;
- Per georeferenziare il modello 3D ricostruito in un sistema di coordinate relative, è necessario posizionare dei marcatori a terra all'interno della scena, in base ai quali verrà costruito il sistema di coordinate relative e ricostruita la scala.

2 L'interoperabilità nella modellazione BIM

L'uso delle tecnologie BIM l'edilizia industriale e civile richiede un efficace scambio di informazioni in un ambiente complesso di sistemi informativi utilizzati nella progettazione, costruzione, organizzazioni operative e utilizzati dal cliente. È importante organizzare correttamente il trasferimento di informazioni, utilizzare i formati di dati necessari, ovvero risolvere il problema dell'interoperabilità quando si lavora con la tecnologia BIM.

Quando si garantisce l'interoperabilità, è possibile migliorare la qualità dei progetti e ridurre i tempi attraverso l'uso di approcci standard.

L'interoperabilità a livello organizzativo

Per garantire l'interoperabilità a livello organizzativo è necessario coordinare i processi di progettazione e la programmazione degli stessi. Questo deve essere fatto sia all'interno dell'azienda che con aziende esterne con le quali vengono scambiati i dati. La standardizzazione dell'interoperabilità a livello organizzativo si ottiene attraverso lo sviluppo e l'adattamento di documenti organizzativi, tecnici e normativi.

Per il buon funzionamento di un'azienda, è necessario disporre di un insieme coerente di standard organizzativi sia per le relazioni interne tra i diversi reparti e i dipendenti, e sia per le interazioni con terze parti.

Al fine di garantire l'interoperabilità a livello organizzativo è necessario adattare e sviluppare i seguenti documenti:

- Documenti normativi che regolano le fasi del ciclo di vita di un edificio;
- Documenti che regolano quali informazioni bisogna trasmettere in ogni fase del ciclo di vita;
- Standard che descrivono il lavoro collettivo su un progetto BIM;
- Forme standard di contratti e accordi per lo sviluppo di un progetto BIM;
- Termini di riferimento per lo sviluppo di un progetto BIM;
- Standard che descrivono il metodo di scambio dei dati;
- Altri documenti richiesti.

L'interoperabilità a livello semantico

Un modello BIM è costituito da un gran numero di singoli elementi e gruppi di elementi che svolgono funzioni diverse. Affinché si possa navigare in questa grande quantità di dati diversi, è necessario creare un unico linguaggio per lo scambio di informazioni.

I moderni programmi per la modellazione BIM funzionano con informazioni orientate agli oggetti, che consentono di indicare l'appartenenza degli elementi del modello a qualsiasi sistema di classificazione.

Per supportare l'intero ciclo di vita di un edificio, è necessario utilizzare o un unico sistema di classificazione di risorse, di processi, ecc., o più sistemi di classificazione. Un sistema di classificazione deve essere disponibile per tutti i partecipanti al progetto durante l'intero ciclo di vita dell'edificio. Con l'aiuto dei sistemi di classificazione, viene stimato il costo di realizzazione del progetto. Per fare ciò, il sistema di classificazione deve contenere informazioni sul costo delle risorse e della manodopera e lavorare sul loro utilizzo. Queste informazioni sono poi correlate con gli elementi del modello.

I nuovi programmi BIM consentono di scomporre complessi gruppi di elementi in elementi separati e rappresentare in un unico modello dell'edificio sotto forma di abachi dettagliate delle risorse, che vengono poi combinate con i sistemi di classificazione. Come risultato di questa combinazione, è possibile ottenere il valore dell'edificio in qualsiasi fase del ciclo di vita dell'edificio.

Utilizzo dei sistemi di classificazione

I sistemi di classificazione rendono facile ed efficiente il raggruppamento e classificazione dei dati BIM. Oltre il sistema di classificazione IFC, esistono vari sistemi di classificazione nazionali e internazionali:

- UniFormat;
- OmniClass/MasterFormat;
- ASTM E1557;
- FICM.

UniFormat è un sistema di classificazione adottato da una fusione delle associazioni no-profit nordamericane "Construction Specification Institute" (CSI) in USA e "Construction Specifications" (CSC) in Canada. La classificazione UniFormat è un metodo per organizzare le informazioni sull'edificio sulla base di elementi funzionali, o parti di un oggetto, caratterizzate dalle loro funzioni, indipendentemente dai materiali e dai metodi utilizzati per implementarli. Questi elementi sono spesso indicati come sistemi o nodi.

OmniClass è un sistema di classificazione completo per il settore edile pubblicato negli Stati Uniti dal Building Specifications Institute (CSI). Fornisce un quadro di classificazione per database elettronici e software durante tutto il ciclo di vita del progetto.

L'interoperabilità a livello di software e hardware

Il BIM si basa su una rappresentazione digitale delle caratteristiche fisiche e funzionali di un oggetto.

Se tutti i partecipanti al processo di progettazione lavorano con lo stesso software, la collaborazione non è un problema e i dati vengono scambiati direttamente. Questo processo è chiamato BIM nativo. In questo caso gli strumenti che controllano la qualità dei dati sono integrati nei sistemi software di progettazione.

Su progetti complessi e di grandi dimensioni, con una struttura del team articolata, l'utilizzo del BIM nativo può essere difficile a causa dell'utilizzo del software diverso per eseguire le attività di progettazione. Per migliorare la collaborazione tra le piattaforme dei software, nel 1996 diverse aziende leader nel settore dell'architettura e delle costruzioni hanno fondato l'Industry Alliance for Interoperability (IAI). Lo sviluppo principale di questa alleanza è stato Industry Foundation Classes (IFC). Nel 2005, l'alleanza è stata ribattezzata buildingSMART.

L'IFC è la base per lo scambio di dati tra diversi team di progettazione e applicazioni attraverso flussi di lavoro openBIM per la progettazione, la costruzione, la fornitura in cantiere, la manutenzione e il funzionamento degli edifici. Secondo buildingSMART, "IFC, o "Industry Foundation Classes", è una descrizione standardizzata dell'ambiente costruito, inclusi edifici e infrastrutture digitali. È uno standard internazionale aperto (ISO 16739-1:2018), pensato per essere indipendente dal fornitore e utilizzabile su un'ampia gamma di dispositivi hardware, piattaforme software e interfacce per molti casi d'uso diversi."⁷⁰

Nel 2005, lo standard IFC (versione 2x3) è stato adottato come standard ISO (ISO 16739:2005). La versione ISO 16730:2017 è stata adottata dal Comitato Europeo di Standardizzazione, facendo dell'IFC uno standard europeo. Poiché l'obiettivo principale del formato IFC è consentire la collaborazione, buildingSMART ha sviluppato un programma per la certificazione di prodotti software.

⁷⁰ <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/>

Formati di file di dati IFC

I principali formati di file di dati IFC che forniscono l'esportazione e l'importazione di informazioni:

- ifc: formato di scambio IFC standard (standard internazionale ISO10303-21);
- ifcZIP: file di dati IFC che utilizza l'algoritmo di compressione ZIP (versione compressa di .ifc o .ifcXML);
- ifcXML: file di dati IFC che utilizza la struttura di un documento XML. Viene utilizzato quando altri programmi non leggono il formato ifc, ma possono funzionare con database xml (ad esempio computi, analisi energetiche, ecc.).

Metodologia dell'interoperabilità tecnica

Per interoperabilità tecnica si intende la capacità di scambiare dati tra i vari sistemi. Per la tecnologia BIM, l'interoperabilità tecnica è la standardizzazione dei formati dei dati di scambio tra i diversi software.

L'assenza di standard uniformi per lo scambio di dati o l'applicazione di standard chiusi porta a:

- Perdita di tempo per reinserire dati già codificati;
- Riduzione dell'efficienza del flusso di lavoro;
- Perdita di dati, incompatibilità e corruzione.

La tecnologia BIM implica il lavoro sul progetto da parte dei partecipanti interni ed esterni al progetto e la loro comunicazione è basata su un modello tridimensionale intelligente. Questo concetto implica la necessità di garantire il funzionamento interconnesso di vari prodotti software e lo scambio di dati tra di loro.

Pertanto, l'interoperabilità può essere definita come la capacità di gestire prodotti software e trasferire dati di progettazione durante la progettazione, la costruzione e il funzionamento, sia all'interno delle aziende che tra le aziende che lavorano insieme.

Tipi di interoperabilità tecnica

Per scambio di dati tra i vari software si intende la predisposizione e la rappresentazione di informazioni (geometriche e attributive) che soddisfino il formato.

Gli sviluppatori di software tendono a costruire la propria architettura di sistema su principi diversi; quindi, spostare i dati da un sistema all'altro risulta una procedura complessa. Quando si scambiano dati tra sistemi software di diversi produttori, vengono utilizzati vari metodi di trasferimento.

L'interoperabilità tecnica può essere:

- Interoperabilità tra sistemi software di un produttore basate su formati interni;
- Interoperabilità tra soluzioni software di diversi produttori basate su formati proprietari;
- Interoperabilità tra soluzioni software di diversi produttori basate su standard aperti e formati di dati.

Programmi di conversione per lo scambio di dati

Un modo per automatizzare il processo di progettazione consiste nell'utilizzare i plugin per convertire i dati nel formato del pacchetto software ricevente. Ad esempio, per calcolare la resistenza di una struttura, vengono trasmessi i dati necessari: i parametri geometrici e fisici del modello.

Quando si converte un tale file, le informazioni registrate vengono convertite nel formato dati del pacchetto software ricevente. Pertanto, quando si utilizza questo metodo di trasferimento dei dati del modello informativo, gli errori associati a un'interpretazione errata dei dati vengono ridotti al minimo. Tuttavia, il software di conversione dei dati deve essere modificato quando vengono rilasciate nuove versioni del software di ricezione e trasmissione.

BuildingSMART contribuisce in modo determinante allo sviluppo di standard aperti e specifiche per l'interoperabilità nel settore edile. Nel mondo il formato principale è IFC.

Lo standard IFC è destinato all'uso da parte di sviluppatori di applicazioni software e vari tipi di sistemi informativi, ovvero specialisti di tecnologia dell'informazione. Designer e architetti utilizzano lo standard IFC solo attraverso l'interfaccia di un particolare prodotto software per trasferire informazioni da e da un pacchetto software a un altro. Il formato prevede la memorizzazione e la trasmissione dei dati e non la creazione di un modello informativo. La modellazione viene effettuata per mezzo di prodotti software.

Tuttavia, lo standard IFC non garantisce che la trasmissione delle informazioni geometriche e spaziali venga eseguita senza errori.

Il problema del trasferimento dei dati attraverso il formato IFC è anche legato alla qualità dell'implementazione dei programmi di traduzione da formati proprietari sviluppati dai produttori di software. Poiché vengono costantemente rilasciate nuove versioni di software e nuove versioni del formato IFC, è necessario aggiornare costantemente i programmi del ripetitore. Questo, insieme alle carenze del formato IFC stesso, è un fattore aggiuntivo nella complessità e nell'inesattezza del trasferimento dei dati.

In vista delle prospettive di sviluppo della modellazione delle informazioni e dell'ulteriore desiderio della comunità internazionale di ingegneri nel passaggio dal secondo al terzo livello BIM (BIM Level 3), supporto da parte degli sviluppatori del formato IFC come scambio di dati aperti standard dovrebbe diventare una priorità nello sviluppo delle loro soluzioni software. Ciò richiede una cooperazione multilaterale tra gli sviluppatori di software.

Informazioni generali su IFC

IFC (Industry Base Classes) è un modello di dati orientato agli oggetti progettato per descrivere le componenti fisiche di edifici, prodotti edilizi, sistemi ingegneristici, nonché modelli di analisi strutturale ed energetica, programmi di lavoro e manutenzione, stime, ecc.

Per uno scambio di dati di successo in un progetto BIM, è importante soddisfare determinati requisiti, che devono essere stabiliti dal cliente/gestore BIM. Poiché è impossibile creare un file IFC universale per tutte le applicazioni, questo file deve essere generato in base alle esigenze specifiche. Tali esigenze dovrebbero essere specificate nei requisiti informativi del datore di lavoro (EIR).

BuildingSMART International aggiorna e sviluppa regolarmente nuove definizioni IFC. Prima di iniziare ogni progetto congiunto, i partecipanti devono scegliere una delle ultime versioni dello standard IFC con cui tutte le parti possono lavorare. Dovresti usare sempre l'ultima versione quando possibile. Attualmente, il formato IFC4, tra gli altri vantaggi, fornisce la migliore visualizzazione della geometria complessa.

Caratteristiche dell'applicazione IFC

IFC non è un formato di programma specifico come i formati open source (DOCX, JPEG, ecc.) o i formati proprietari (DWG, PDF, ecc.).

IFC è progettato come formato intermedio per lo scambio di dati tra altri formati software. Il formato IFC si differenzia dagli altri formati per il suo scopo: il formato del software è strutturato in base alla funzionalità del software, il formato di interscambio (IFC) è strutturato per trasferire i dati, non per supportare la funzionalità.

Quando si importano dati da file IFC, il software converte i dati nel proprio formato. Il software non ha la capacità di modificare effettivamente il file IFC. L'efficienza dell'Interchange Format (IFC) dipende dalla qualità dell'implementazione del processo di scambio del software.

Funzionalità del formato IFC

Il formato IFC non rappresenta la piena funzionalità del software del modello informativo. Ad esempio, contiene dati sulle quote, ma non contiene informazioni su quali oggetti geometrici controllano queste dimensioni. Pertanto, non può passare oggetti parametrici con supporto per la modifica dinamica dei loro parametri. Un'importazione IFC crea oggetti statici che non sono più modificabili. Ciò crea problemi che devono essere superati con lo sviluppo della modellazione dell'informazione. Il formato IFC non può contenere dati complessi che possono essere creati tramite software. La gamma di dati può aumentare nel tempo con il miglioramento del formato IFC, ma sarà sempre più piccola di quella disponibile nel software del modello informativo. Pertanto, è necessario creare strumenti di esportazione e importazione diretta per trasferire questi dati più complessi senza la partecipazione del formato IFC. Pertanto, il formato IFC necessita di uno sviluppo costante.

Utilizzo di un file IFC per l'archiviazione

Ad ogni nuovo aggiornamento, lo standard IFC subisce delle modifiche: alcune classi vengono rimosse, altre vengono modificate e ne vengono aggiunte di nuove. Vengono aggiornati anche i software, le loro funzioni, i formati dei dati. Pertanto, non vi è alcuna garanzia che tutti i file salvati vengano sempre letti correttamente dal software in futuro.

Poiché il formato IFC è un formato di interscambio che richiede altro software per implementare la capacità di crearlo e leggerlo, per supportare la capacità di leggere versioni precedenti di IFC, è necessario fare affidamento su software proprietario certificato in grado di leggere formati precedenti. Questo deve essere preso in considerazione quando si utilizza il formato IFC per l'archiviazione di dati digitali.

Utilizzo di IFC per i progetti completati

L'IFC è inefficiente da utilizzare come risorsa per futuri cambiamenti edilizi. Creato a scopo di scambio, il formato IFC è inefficiente per la modifica diretta. Il formato IFC, nella migliore delle ipotesi, può essere utilizzato solo come sfondo statico (underlay) nel software per rifinire parti del modello modificandole.

Quando si importa un modello di informazioni IFC statico, c'è un problema con l'affidabilità del trasferimento delle informazioni. Senza un controllo approfondito di ogni elemento, non si può essere sicuri della completa validità dell'intera quantità di dati del modello IFC. Quindi, una volta apportate le modifiche al modello informativo tramite software, anche l'esportazione in IFC è problematica. Se il modello IFC originale viene sostituito, sorgono problemi se il modello IFC deve essere utilizzato in altri sistemi software durante il processo di progettazione.

Difficoltà nella comprensione dello standard IFC

La descrizione del formato IFC è molto ampia ed è destinata ai programmatori. IFC è uno standard software, non uno standard per descrivere le regole per lavorarci. In teoria, un utente ordinario non dovrebbe imparare la struttura del formato IFC, ma in pratica gli utenti devono imparare questo formato, poiché il software esistente non automatizza completamente il lavoro con questo formato.

Calcoli strutturali

In genere, un modello informativo utilizzato per uno scopo specifico non richiede l'intero modello. L'analisi strutturale richiede solo componenti strutturali del modello. Il software di calcolo può utilizzare solo una parte del modello di informazioni sull'edificio.

Poiché i file IFC sono file in formato aperto, possono essere scomposti senza utilizzare il software che li ha creati. Poiché l'IFC è in genere più semplice del modellatore di informazioni proprietario e dei formati software di modifica, il software di analisi del progetto richiede meno dati per ottenere le informazioni richieste, semplificando l'elaborazione di tali dati prima dell'importazione. Ciò ti consente di utilizzare con successo il cloud computing.

Il formato IFC non consente di modificare il modello in base ai risultati dell'analisi.

Operazione di progetti di costruzione finiti

Quando si gestiscono edifici durante il ciclo di vita, non è necessario modificare facilmente la geometria dell'edificio nel modello. Un modello informativo viene utilizzato principalmente per visualizzare ed esplorare i dati in esso contenuti. In questo caso, l'uso del formato IFC presenta una serie di vantaggi: non è necessario utilizzare formati complessi, non è possibile apportare facilmente modifiche al modello, il formato IFC può essere aperto in diversi programmi.

Se deve essere utilizzato il formato IFC, è necessario eseguire il processo di aggiornamento della geometria dell'edificio prima che i dati vengano trasferiti al sistema di gestione della struttura.

Rilevamento delle collisioni

Il formato IFC è ampiamente utilizzato nei programmi di rilevamento delle interferenze perché non è necessario modificare il modello ed è adatto un modello statico. In futuro potrebbero apparire programmi per la ricerca di collisioni, in cui è possibile apportare modifiche e quindi il formato IFC dovrà essere sostituito con un altro.

Formato BCF

BCF è un formato di file per lo scambio di osservazioni/commenti su un progetto.

La qualità dello scambio di dati IFC può essere migliorata utilizzando il BIM Collaboration Format (BCF). BCF è un formato aperto ufficialmente approvato da buildingSMART e viene utilizzato in molti programmi di progettazione e verifica dei modelli. Usando questo formato, puoi aggiungere schermate, posizioni della telecamera e sezioni 3D a un modello IFC. Puoi creare commenti su elementi specifici del modello, utilizzando questa funzione puoi trovare facilmente elementi con commenti.

Formato COBie

Construction Operations Building Information Exchange (COBie) è un formato di scambio di dati basato su un foglio di calcolo contenente informazioni sull'edificio non geometriche. Utilizzando questo formato, il modello BIM trasferisce i dati necessari durante il funzionamento dell'edificio (elenco delle apparecchiature utilizzate, elenchi dei pezzi di ricambio, periodi di garanzia) Questi dati vengono utilizzati per il controllo tecnico, la manutenzione e la riparazione dell'edificio durante il funzionamento.

Il formato dati COBie è supportato da vari programmi per la progettazione, pianificazione, costruzione, messa in servizio, manutenzione e gestione degli edifici.

gbXML

gbXML: (Green Building XML) è un formato aperto basato su XML che viene utilizzato per archiviare e scambiare informazioni geometriche sugli involucri e le strutture degli edifici. Viene utilizzato per trasferire i dati dai modelli BIM ai programmi per i calcoli di ingegneria termica.

I formati di scambio possono essere suddivisi nei seguenti tipi:

Formati utilizzati nello scambio di dati BIM

- IFC - Industry Foundation Classes File;
- IFCXML - Industry Foundation Classes XML;
- IFCZIP - Industry Foundation Classes ZIP;
- BCF – BIM Collaboration Format;
- COBie - Construction Operations Building Information Exchange.

Formati CAD (2D/3D)

- DWG - Drawing Database File;

- DXF - Drawing Exchange Format;
- DGN - MicroStation Design File.

Formati di file di grafica vettoriale

- PDF - Portable Document Format file;
- DWF(X) - Drawing Web Format.

Formati di file 3D

- 3DS - 3D Studio Scene;
- OBJ - WaveFront File;
- FBX - Filmbox File;
- SKP - SketchUp Document;
- STL – StereoLithography.

Altri formati applicabili:

- CSV - Comma-Separated Values;
- gbXML - Green Building XML.

3 Best practice

Garanzia della qualità di un modello BIM

Aggiornamenti e supporto del modello

I modelli BIM devono essere costantemente aggiornati e supportati per funzionare in modo efficace. In assenza di questi si possono verificare degli errori nei modelli e nelle famiglie, che possono influire sulla qualità dei progetti. Il supporto dei modelli prevede il controllo e la pulizia dei modelli e l'eliminazione degli errori.

File centrale

Il file centrale può essere aperto solo per supportare e controllare il modello. Il file centrale deve essere ricreato e salvato come nuovo file centrale a intervalli regolari per evitare la generazione e l'accumulo di dati ridondanti. La frequenza di salvataggio è determinata in base alle dimensioni del modello.

I file locali vengono creati quotidianamente per migliorare l'efficienza del lavoro.

Comprimi file centrale

La compressione deve essere eseguita dal BIM Manager o dal BIM Coordinator.

La compressione del file centrale riduce le dimensioni del file. Il processo di compressione riscrive l'intero file e rimuove i dati obsoleti per risparmiare spazio. Il normale salvataggio aggiunge nel file centrale solo gli elementi nuovi e modificati nei file esistenti, aumentandone le dimensioni ma salvando più velocemente. Mentre la compressione dei file richiede più tempo del normale salvataggio, quindi questo strumento dovrebbe essere utilizzato solo durante le lunghe pause.

Importazione e collegamento

È necessario scaricare tutti i collegamenti inutilizzati per velocizzare il lavoro con il file.

Messaggi di avviso

I messaggi di avviso devono essere controllati e corretti regolarmente. Il BIM Manager o il BIM Coordinator deve gestire l'elenco degli avvisi. Non si dovrebbe accumulare un numero elevato di avvisi, poiché ciò può causare problemi con il modello.

Archiviazione del modello

Prima della pubblicazione, il modello deve essere archiviato. Utilizzare la funzione eTransmit per raccogliere modelli e file c.

“Il componente aggiuntivo eTransmit per Autodesk Revit consente di copiare un modello di Revit e i file ad esso associati in una singola cartella per la trasmissione tramite Internet.”

I modelli devono essere archiviati in ogni fase della pubblicazione della documentazione. Inoltre tutti i file correlati (pdf, dwg, ecc.) vengono aggiunti all'archivio. Questi file vengono archiviati in una posizione specifica.

Salvataggio di un modello

Il BIM manager o il BIM coordinator deve assegnare il numero necessario di backup. Il numero di backup dovrebbe essere 5 volte il numero di utenti. Se si sovrascrive il file centrale, tutti i backup precedenti andranno persi. È necessario archiviare il progetto prima di sovrascrivere il file centrale.

Ogni giorno deve essere creata una copia del file centrale.

Il comando Sincronizza con il modello centrale permette di salvare le modifiche locali nel modello centrale e deve essere eseguito almeno una volta all'ora. Il tempo di sincronizzazione dei modelli locali con il modello centrale dovrebbe essere coordinato con altri utenti. È possibile utilizzare lo strumento Worksharing Monitor per ottenere informazioni sullo stato delle sincronizzazioni.

L'intervallo del promemoria di salvataggio in Revit dovrebbe essere impostato su 30 minuti.

Nei file di progetto si può impostare la vista iniziale che permette di navigare rapidamente nel progetto.

Modi efficaci per creare un Revit Template

Consigli per la creazione di un modello template:

- È necessario creare una vista iniziale che si aprirà automaticamente all'apertura di un progetto. È possibile utilizzare una vista 2D con le note di testo necessarie e questo consentirà una navigazione più rapida e ridurrà il carico sul programma, mentre una vista 3D con un modello pesante non si aprirà;
- Caricare nel modello solo le famiglie necessarie per non aumentare le dimensioni del file;

- Le famiglie caricabili devono contenere i parametri necessari;
- Non caricare troppi tipi di muri;
- Impostare tutti i parametri per i tipi di muri;
- Creare viste di lavoro personalizzate e lavorare direttamente con queste;
- Creare modelli di vista;
- Personalizzare le specifiche standard degli abachi. Ciò consentirà di utilizzare queste specifiche personalizzate nel corso del lavoro;
- Creare viste di disegno con i dettagli necessari in 2d;
- Se si lavora frequentemente su progetti di ristrutturazione, definire le fasi del progetto e utilizzare il comando “Sostituisci grafica”;
- Utilizzare il comando “Trasferimento standard di progetto” per importare elementi da un modello all'altro;
- Prima di iniziare un nuovo progetto, aggiornare i modelli all'ultima versione di Revit.

Lista di controllo per la creazione di un Revit template architettonico

Impostazioni di base:

- Tavole: creare e personalizzare le tavole progettuali: dimensioni, dati nel cartigli, le viste da inserire ecc.;
- Stili di linea: impostare gli stili standard e rimuovere quelli non necessari;
- Spessori linea: impostare gli spessori standard e rimuovere quelli non necessari;
- Modelli di linea: impostare i modelli standard e rimuovere quelli non necessari;
- Stili di testo: impostare gli stili standard e rimuovere quelli non necessari;
- Stili di quota: impostare gli stili standard e rimuovere quelli non necessari;
- Tipi di muri: creare tipi standard;
- Tipi di tetti: creare tipi standard;
- Tipi di solai: creare tipi standard;
- Tipi di controsoffitti: creare tipi standard;
- Browser di progetto: personalizzare il modo in cui le viste e i fogli sono organizzati e visualizzati nel browser di progetto. Spesso questa organizzazione si basa sui parametri dell'utente;

- Parametri: definire e aggiungere tutti i parametri necessari;
- Famiglie di porte: creare e aggiungere al template le famiglie più comunemente utilizzate;
- Famiglie di finestre: creare e aggiungere al template le famiglie più comunemente utilizzate;
- Abachi/Quantità: creare e aggiungere al template i più comunemente utilizzati;
- Esportazione DWG: modificare le impostazioni di esportazione;
- Importazione DWG: modificare le impostazioni di importazione.
- Cartiglio: personalizzare il cartiglio;
- Unità di misura: impostare le unità di misura;
- Posizioni dei file: definire e salvare le posizioni dei file di progetto;
- Impostazioni planimetria: impostare la visualizzazione degli elementi della planimetria;
- Modelli di vista: creare i modelli di vista necessari;
- Modelli di retini: creare e caricare i modelli necessari;
- Materiali: creare materiali di uso frequente;
- Fasi: creare e personalizzare le fasi;
- Livelli: creare i livelli necessari nel prospetto;
- Campiture: creare le campiture necessarie;
- Filtri: impostare i filtri;
- Etichette: creare le etichette necessarie;
- Quote temporanee: impostare le proprietà delle quote temporanee;
- Snap: impostare le opzioni di snap;
- Tasti di scelta rapida: impostare i tasti di scelta rapida utilizzati di frequente;
- Livello di dettaglio: impostare il livello di dettaglio per le viste;
- Simboli di annotazione: creare i simboli di annotazione di uso comune;
- Componenti aggiuntivi: aggiungere al modello altre famiglie, mobili, ecc. di uso frequente.

Divisione di modelli

Quando si lavora con progetti complessi costituiti da più discipline è necessario dividere il modello BIM in parti. La divisione del modello è descritta nel BEP. È importante che la dimensione del file non superi i 200 megabyte.

È possibile collegare parti di un modello tramite il collegamento di file. Si può collegare file sia all'interno di una disciplina che con altre discipline. Quando si collegano i file, è bene tenere a mente i seguenti punti:

- È necessario suddividere il modello BIM in base alle attività svolte in modo da passare da un file all'altro il minor numero di volte;
- Il BIM manager o il BIM coordinator organizza la separazione dei modelli. Il principio della separazione dei modelli è descritto nel BEP;
- È necessario determinare le coordinate tra tutte le parti del modello;
- Le coordinate generali e la posizione del nord reale del progetto devono essere determinati in anticipo;
- Tutti i requisiti delle discipline devono essere descritti nel BEP;
- È necessario utilizzare strumenti di copia/controlla per griglie e livelli;
- È necessario determinare in anticipo chi possiede gli elementi del modello. Ad esempio, inizialmente gli architetti lavorano sui muri, dopodiché la proprietà dei muri passa agli strutturisti e gli architetti rimangono a verificare.

Quando si divide un file in sotto-modelli, è necessario seguire il flusso di lavoro seguente, mostrato nella figura.

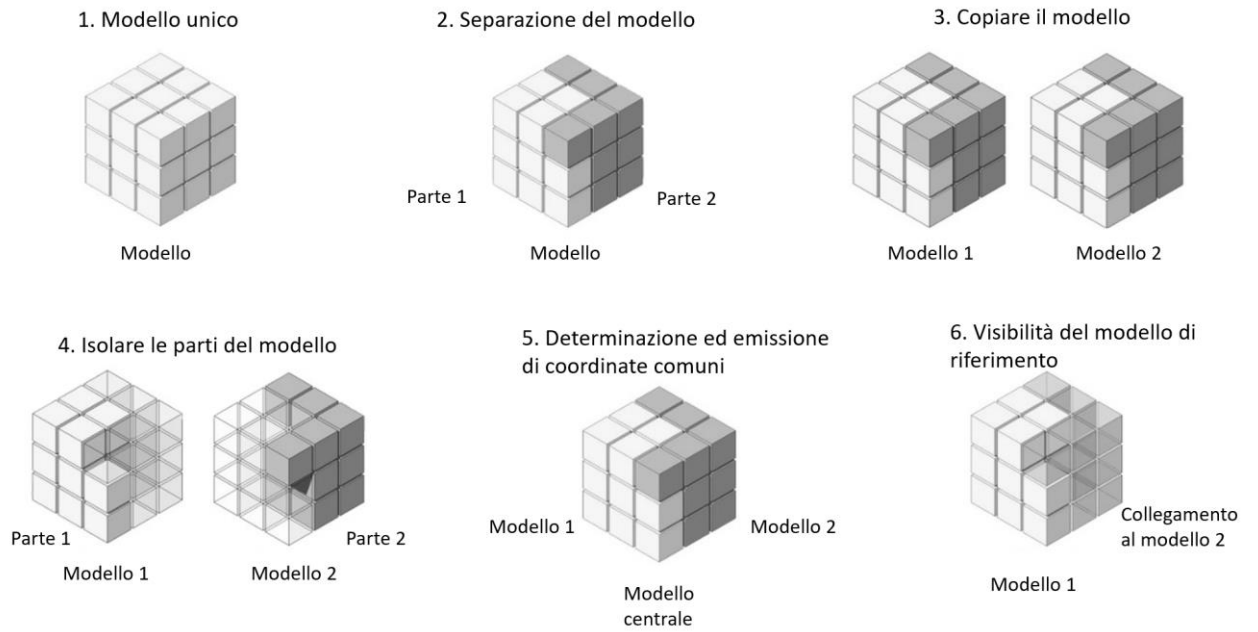


Figura 130 - Suddivisione del file in sotto-modelli

Ogni disciplina ha il proprio modello BIM. Le discipline possono essere collegate tra loro per ottenere le informazioni necessarie.

PARTE IV - E-Permit BIM per la gestione amministrativa

Il processo di regolamentazione edilizia verifica se un edificio è stato progettato e costruito correttamente in riferimento ai permessi e le autorizzazioni in ambito edilizio, ai titoli abilitativi, alle autorizzazioni sismiche, ecc. È inoltre importante che questi controlli siano registrati, che si indichi quale procedura è stata eseguita e quando, e che tutte le procedure siano conservate in archivio.

Quando i documenti vengono presentati per via elettronica, i dati vengono scambiati tra il richiedente e la Pubblica Amministrazione (PA), in modo simile a una consegna cartacea. Pertanto, per garantire l'autenticità e la completezza dei dati inviati, viene utilizzata la tecnologia della firma elettronica. L'archivio delle informazioni deve essere generalmente in un formato non modificabile per evitare modifiche non autorizzate al suo contenuto e per garantire l'autenticità e l'integrità delle informazioni. Si raccomanda di utilizzare documenti in formato aperto per preservare la leggibilità dell'archivio.

La BS PAS 1192-2 definisce la gestione delle informazioni nelle varie fasi di un progetto di costruzione con riferimento all'uso del BIM. Il Common Data Environment (CDE) è presentato come un modello di gestione dei dati per il progettista e l'appaltatore, ma non riguarda la Pubblica Amministrazione e di conseguenza il CDE dovrebbe essere esteso.

Fasi dell'istituzionalizzazione del BIM

Fasi di applicazione del BIM alle procedure amministrative in edilizia:

- Creazione di una piattaforma e-permit BIM;
- Avvio di un processo di prova per l'e-permit BIM;
- Redazione e pubblicazione delle linee guida per la preparazione del modello BIM da presentare;
- Passaggio graduale dell'obbligatorietà di e-permit BIM;
- Ricerca di ulteriori campi di applicazione.

Creazione di una piattaforma elettronica per la presentazione delle domande

Questa è la prima fase della preparazione dell'ambiente applicativo elettronico e della transizione alle procedure elettroniche di supervisione della costruzione. Questa fase definisce la metodologia per lo scambio di informazioni, il trattamento delle informazioni dalla ricezione dei documenti all'archiviazione. In alcuni Paesi i sistemi di archiviazione elettronica sono precedenti alla diffusione del BIM.

Avvio del processo per la gestione elettronica dei documenti BIM

In una fase in cui la tecnologia BIM si sta diffondendo, le organizzazioni di progettazione iniziano a richiedere l'accettazione elettronica delle domande da parte dell'autorità di regolamentazione. Il motivo principale è la complessità di lavorare in parallelo con le tecnologie BIM e cartacee. A loro volta, le autorità di regolamentazione di solito rifiutano di accettare le domande elettroniche a causa di difficoltà tecniche nella conversione al flusso di documenti elettronici.

Affinché l'e-filing BIM possa essere implementato, è necessario che le autorità di vigilanza ottengano vantaggi significativi dal BIM. Ad esempio, un modello 3D può aiutare a dare un senso più rapido a elementi difficilmente leggibili su disegni 2D. I disegni creati con il BIM hanno un elevato grado di coerenza tra loro e sono praticamente privi di errori grafici. Questi vantaggi semplificano e migliorano il lavoro dell'autorità di vigilanza.

In questa fase l'autorità di vigilanza sta sperimentando una presentazione elettronica BIM come supplemento alla normale procedura. Ad esempio, i file del modello BIM possono essere allegati all'applicazione e la verifica del file consiste nell'utilizzo di viste 3D del modello. Ciò consente di avviare il processo di implementazione del BIM senza ricorrere ai consueti processi di archiviazione.

Un esempio di applicazione a Milano⁷¹ ha mostrato come applicare le funzioni di un software di model checking disponibile in commercio per il pre-controllo dei modelli BIM. Per prima cosa vengono impostate le regole di verifica nel software di controllo del modello. Poi, il richiedente verifica la conformità del modello alle norme edilizie utilizzando questo software e i risultati vengono inviati automaticamente sia al richiedente che all'autorità di vigilanza.

⁷¹ Muto, M. (Ed.). (2020)

E-submission common guidelines for introduce BIM to building process – e-submission common guidelines for introduce BIM to building process (Technical Report No. RR-2020-1015-TR) buildingSMART International

New workflow for building paperwork pre-checking

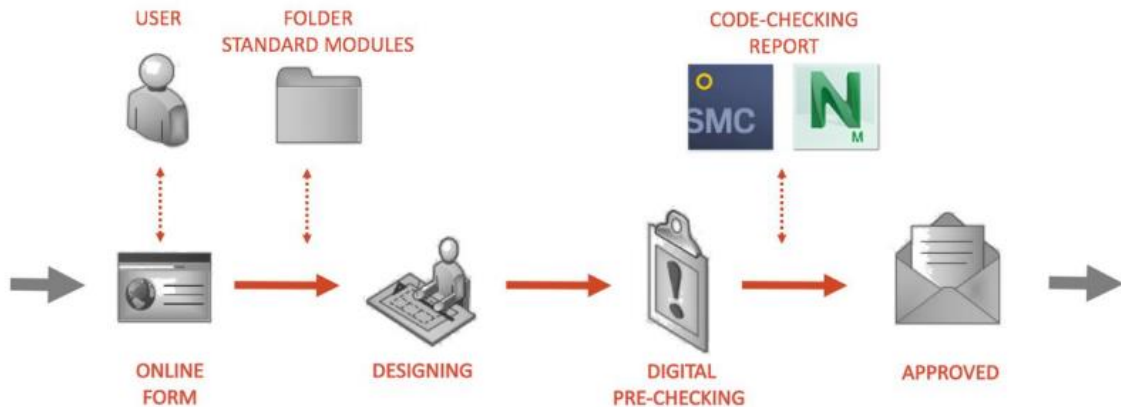


Figura 131 – Un esempio di applicazione a Milano (Technical Report No. RR-2020-1015-TR, BuildingSMART)

Adattamento della guida alla preparazione del modello BIM per la presentazione

In questa fase si stanno sviluppando le linee guida per l'implementazione dell'e-filing BIM. Al momento, sono pochi i Paesi che lavorano con la presentazione elettronica dei modelli BIM. Quando si presenta un modello BIM, non devono esserci ambiguità per non creare difficoltà al revisore. È necessario descrivere tutti i requisiti del modello nel documento. A Singapore, il Code of Practice for Building Information Modeling (BIM) e-Submission descrive tutti i requisiti per i modelli BIM. Questo documento è destinato ai progettisti e contiene tutti i dati necessari per la corretta creazione di un modello. Dal sito web è possibile scaricare anche modelli per Revit, ArchiCAD e Bentley AECOSIM, configurati secondo il "codice di condotta".

Code of Practice for Building Information Modelling (BIM) e-Submission

GENERAL REQUIREMENTS

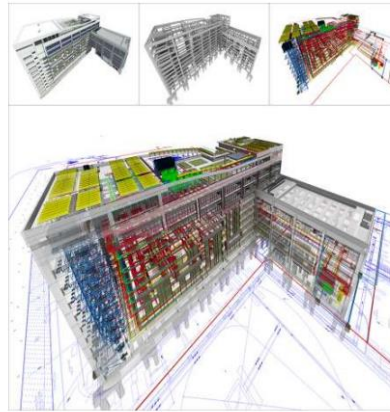


Figura 132 - Un esempio di applicazione a Milano (www.corenet.gov.sg)⁷²

Passaggio graduale all'archiviazione elettronica obbligatoria dei documenti

Questa fase è la continuazione del processo di transizione del processo. Ogni Paese ha approcci diversi per l'aumento della scala del BIM e-filing. Ad esempio, Singapore ha iniziato testando un numero ridotto di modelli grandi e complessi, per poi estendere gradualmente l'esperienza a progetti meno complessi, aumentandone il numero. Il Giappone, invece, è passato da progetti semplici a progetti più complessi.

Miglioramento dell'efficienza

Con l'implementazione diffusa dell'e-filing BIM, non solo è possibile scambiare informazioni, ma anche implementare il controllo automatico del codice (automatic code checking, ACC) e aumentare gradualmente la produttività nelle aree correlate.

Controllo automatico del codice (ACC)

Poiché i documenti in linguaggio naturale sono raramente normalizzati dal punto di vista matematico, l'ACC richiede un codice leggibile dalla macchina (e-Law), piuttosto difficile da creare. Esiste anche il problema della diffidenza nei confronti del codice macchina e quindi è importante garantire che i risultati abbiano lo stesso livello di visibilità di quando si utilizzano supporti cartacei.

⁷² Code of Practice for Building Information Modelling (BIM) e-Submission. www.corenet.gov.sg

Integrazione in settori correlati

Poiché è possibile gestire set di dati sulle proprietà degli elementi edilizi di un edificio approvato, questi dati possono essere utilizzati in aree aziendali correlate, con conseguente aumento della produttività aziendale.

CONCLUSIONI

L'esperienza acquisita con la tesi di dottorato apre le porte a nuovi orizzonti nella gestione dei progetti di ricostruzione. Sono evidenti le difficoltà di transizione verso nuovi metodi di progettazione e gestione, dovute alla riluttanza ad abbandonare i metodi di progettazione "tradizionali". Incoerenze, ritardi, errori nell'organizzazione del lavoro portano a perdite nelle fasi di esecuzione.

In Italia c'è un'urgente necessità di intervenire sul patrimonio edilizio esistente. Questa esigenza è legata alla necessità di rinnovare gli edifici dal punto di vista energetico, funzionale e tecnologico. Da un lato è economicamente conveniente ristrutturare gli edifici esistenti anziché costruirne di nuovi, dall'altro le possibilità di espansione dei centri urbani sono limitate.

Non è sempre facile, tuttavia, intervenire sul patrimonio edilizio esistente a causa della mancanza di documentazione di qualità, della discrepanza tra la documentazione e lo stato di fatto. Ciò dimostra che i metodi di lavoro tradizionali devono essere radicalmente rinnovati.

Negli ultimi anni, il BIM ha rappresentato una nuova metodologia di lavoro nel settore delle costruzioni che ha rivoluzionato la comprensione dell'intero processo di progettazione e gestione degli edifici. Ha aperto nuove opportunità per migliorare l'efficienza del lavoro e la qualità del prodotto finale, riducendo significativamente gli errori di progettazione. La riduzione dei tempi di progettazione e di modifica di un progetto comporta immediati vantaggi economici. Gli standard uniformi per la condivisione delle informazioni (IFC) riducono gli errori dovuti all'incoerenza tra i gruppi di lavoro e alla perdita di informazioni durante il trasferimento dei dati.

Dal lavoro di ricerca emerge chiaramente che, nonostante il gran numero di normative e i continui aggiornamenti del software, esistono ancora molti problemi dovuti alle difficoltà di comunicazione tra i programmi.

Il processo illustrato in questo lavoro dimostra che la tecnologia BIM può essere applicata ai progetti di ricostruzione. La creazione di standard, la formazione di specialisti e l'apprendimento di nuove tecnologie richiedono certamente molto tempo, ma con la giusta organizzazione è possibile trarre molti benefici dal modello BIM.

In base all'esperienza dello studio, la modellazione di edifici esistenti (compresi i siti del patrimonio culturale) è ancora difficile perché i software sono focalizzati soprattutto sulla progettazione di nuovi edifici e non sulla ricostruzione. I risultati di questo studio, tuttavia, mostrano che l'uso di questi programmi migliora il processo rispetto ai tradizionali metodi 2D non parametrici. La ricerca mostra anche il processo dell'uso della tecnologia di scansione laser in combinazione con la tecnologia BIM. Ciò consente un

notevole risparmio di tempo rispetto ai metodi di misurazione tradizionali. I modelli illustrati rispettano le forme geometriche reali e sono completi delle informazioni semantiche necessarie. Questi modelli possono essere, in futuro, utilizzati per supportare l'intero ciclo di vita di un edificio.

Lo studio ha anche testato la tecnologia BIM in combinazione con altre tecnologie come la realtà virtuale. I risultati dell'uso della realtà virtuale sono promettenti, ad esempio, questa offre nuove opportunità nella rappresentazione e comunicazione del patrimonio culturale, aumentando l'interesse del pubblico. Ci sono, ovviamente, anche alcuni svantaggi dovuti alle basse prestazioni dei computer, ma col progresso tecnologico dei prossimi anni, la realtà virtuale sarà attivamente sviluppata ed integrata nella tecnologia BIM. Il lavoro di tesi ha, poi, anche esplorato i metodi e le procedure per applicare il processo Scan-to-BIM per ottenere modelli partendo da nuvole di punti e da fotogrammetria. Sebbene, al momento, tutto il lavoro sia stato svolto manualmente, sono già in corso diverse ricerche per automatizzare il processo Scan-to-BIM.

Si può notare, quindi, che il processo proposto apre ad infinite strade che, con ulteriori attività di ricerca, saranno sicuramente percorse ed approfondite.

S. Antonopoulou, P. Bryan

BIM for Heritage: Developing a Historic Building Information Model

Historic England, Swindon (2017)

L. De Luca, C. Busayarat, C. Stefani, P. Véron, M. Florenzano

A semantic-based platform for the digital analysis of architectural heritage

Comput. Graph., 35 (2011), pp. 227-241

Bruno, M. De Fino, F. Fatiguso

Historic building information modelling: performance assessment for diagnosis-aided information modelling and management

Autom. Constr., 86 (2018), pp. 256-276

M. Radanovic, K. Khoshelham, C. Fraser

Geometric accuracy and semantic richness in heritage BIM: a review

Digit. Appl. Archaeol. Cult. Herit., 19 (2020)

Bew M., Underwood J., Wix J. e Storer G. Going

BIM in a Commercial World

eWork ed eBusiness in Architecture, Engineering and Construction: European Conferences on Product and Process Modeling (ECCPM 2008), Sophia Antipolis, Francia, pp. 139–150

L. De Luca, C. Busayarat, C. Stefani, P. Véron, M. Florenzano

A semantic-based platform for the digital analysis of architectural heritage

Comput. Graph., 35 (2011), pp. 227-241

H. England

BIM for Heritage: Developing the Asset Information Model

Historic England, Swindon (2019)

M. Murphy, E. McGovern, S. Pavia

Historic building information modelling (HBIM)

Struct. Surv., 27 (2009), pp. 311-327

N. Santopuoli, L. Seccia

Sviluppi delle tecniche analitiche e diagnostiche per la conservazione

G. Carbonara (Ed.), Trattato di Restauro architettonico (2nd ed.), Utet Scienze Tecniche, Torino (2008)

I. Aicardi, F. Chiabrando, A. Maria Lingua, F. Noardo

Recent trends in cultural heritage 3D survey: The photogrammetric computer vision approach

J. Cult. Herit., 32 (2018), pp. 257-266

M. Lo Turco, M. Mattone, F. Rinaudo

Metric survey and BIM technologies to record decay conditions

Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci., XLII-5 (2017), pp. 261-268

C. Santagati, D. Papacharalambous, G. Sanfilippo, N. Bakirtzis, C. Laurini, S. Hermon

HBIM approach for the knowledge and documentation of the St. John the Theologian cathedral in Nicosia (Cyprus)

J. Archaeol. Sci. Rep., 36 (2021), Article

M. Godinho, R. Machete, M. Ponte, A.P. Falcão, A.B. Gonçalves, R. Bento

BIM as a resource in heritage management: an application for the national palace of Sintra, Portugal

J. Cult. Herit., 43 (2020), pp. 153-162

C. Biagini, P. Capone, V. Donato, N. Facchini

Towards the BIM implementation for historical building restoration sites

Autom. Constr., 71 (2016), pp. 74-86

R. Volk, J. Stengel, F. Schultmann

Building information modeling (BIM) for existing buildings — literature review and future needs

Autom. Constr., 38 (2014), pp. 109-127

M. Pepe, D. Costantino, V.S. Alfio, A.G. Restuccia, N.M. Papalino

Scan to BIM for the digital management and representation in 3D GIS environment of cultural heritage site

J. Cult. Herit., 50 (2021), pp. 115-125

C. Eastman, C.M. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks

BIM Handbook: A Guide to Building Information Modelling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors.

(2nd ed.) John Wiley & Sons, New Jersey, USA (2011)

L. Klein, N. Li, B. Becerik-Gerber

Imaged-based verification of as-built documentation of operational buildings

Autom. Constr., 21 (2012), pp. 161-171

F. Leite

NYS DOT KEW Gardens Project: BIM as an As-built Record

US Department of Transportation Federal Highway Administration

S. Azhar

Building information modelling (BIM): trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry

M.E. Esfahani, E. Eray, S. Chuo, M. Sharif, C. Haas

Using scan-to-BIM techniques to find optimal modelling effort; a methodology for adaptive reuse projects

Proceedings of the 36th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, ISARC 2019, 2019, pp. 772–779

I. Brilakis, M. Lourakis, R. Sacks, S. Savarese, S. Christodoulou, J. Teizer, A. Makhmalbaf.

Toward automated generation of parametric BIMs based on hybrid video and laser scanning data

Advanced Engineering Informatics, Elsevier (2010), pp. 456-465

H. Hajian, B. Becerik-Gerber

Scan to BIM: factors affecting operational and computational errors and productivity loss.

International Symposium on Automation and Robotics in Construction, 27 (2010), pp. 265-272

R. Maalek, D.D. Lichti, J.Y. Ruwanpura

Automatic recognition of common structural elements from point clouds for automated Progress monitoring and dimensional quality control in reinforced concrete construction

Remote Sens., 11 (2019), p. 1102

T. Gao, B. Akinci, S. Ergan, J.H. Garrett Jr

Constructing as-is BIMs from progressive scan data

Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction., 29 (2012), p. 1

B. Becerik-Gerber, F. Jazizadeh, G. Kavulya, G. Calis

Assessment of target types and layouts in 3D laser scanning for registration accuracy

Autom. Constr., 20 (2011), pp. 649-658

P. Tang, D. Huber, B. Akinci, R. Lipman, A. Lytle

Automatic reconstruction of as-built building information models from laser-scanned point clouds: a review of related techniques

Autom. Constr., 19 (2010), pp. 829-843

Z. Zhenhua, B. Ioannis

Comparison of optical sensor-based spatial data collection techniques for civil infrastructure Modelling

J. Comput. Civ. Eng., 23 (2009), pp. 170-177

P. Kim, J. Chen, Y.K. Cho

SLAM-driven robotic mapping and registration of 3D point clouds

Autom. Constr., 89 (2018), pp. 38-48

H. Son, C. Kim, Y. Turkan

Scan-to-BIM-an overview of the current state of the art and a look ahead

Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction., 32 (2015)

L. DeLuca, P. Veron, M. Florenzano

Reverse engineering of architectural buildings based on a hybrid modeling approach.

Computers & Graphics, 30 (2) (April 2006), pp. 160-176

A.W. Fitzgibbon, D.W. Eggert, R.B. Fisher

High-level model acquisition from range images

Computer-Aided Design, 29 (4) (1997), pp. 321-330

Baltsavias E.P.

A comparison between photogrammetry and laser scanning

ISPRS J. Photogramm. Remote Sens., 54 (2–3) (1999), pp. 83-94

Jarzabek-Rychard M. and Karpina M.

Quality Analysis On 3d Buidling Models Reconstructed From Uav Imagery

Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLI-B1, 1121–1126

M. Bolognesi, A. Furini, V. Russo, A. Pellegrinelli, and P. Russo

Accuracy of cultural heritage 3D models by RPAS and terrestrial photogrammetry

Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XL-5, 113–119

Immagini di dimore storiche nei rilevamenti degli allievi della Facoltà di Architettura di Firenze

Mostra col patrocinio dell'Associazione delle Dimore Storiche Italiane, Firenze, Palazzo Antinori, 1/14 maggio 2005

Muto, M. (Ed.). (2020)

E-submission common guidelines for introduce BIM to building process – e-submission common guidelines for introduce BIM to building process (Technical Report No. RR-2020-1015-TR)

BuildingSMART International

ACCA software

<https://bim.acca.it/tutti-gli-acronimi-del-bim/>

System requirements for Revit 2022 products

<https://knowledge.autodesk.com/support/revit/learn-explore/caas/sfdarticles/sfdarticles/System-requirements-for-Autodesk-Revit-2022-products.html>

System requirements for Autodesk Navisworks 2022 products

<https://knowledge.autodesk.com/support/navisworks-products/learn-explore/caas/sfdarticles/sfdarticles/System-requirements-for-Autodesk-Navisworks-2022-products.html>

Autodesk Revit help

<https://help.autodesk.com/view/RVT/2022/ITA/>

Improving The Environment With A City-Scale Digital Twin. City Of Helsinki

<https://www.bentley.com/company/esg-user-project-city-of-helsinki/>

Bentley Systems a Singapore

http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=19548

Industry Foundation Classes (IFC)

<https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/>

CAM2 Focus Premium

<https://www.faro.com/it-IT/Resource-Library/Brochure/FARO-Focus-Premium>

Leica RTC360 3D Laser Scanner

<https://leica-geosystems.com/it-it/products/laser-scanners/scanners/leica-rtc360>

BLK2GO tecnologia

<https://shop.leica-geosystems.com/it/it-IT/leica-blk/blk2go/technology>

Leica BLK2FLY. Laser scanner autonomo

<https://shop.leica-geosystems.com/it-IT/leica-blk/blk2fly>

Mavic mini. Scheda tecnica

<https://www.dji.com/it/mavic-mini/specs>

Mavic Air 2. Scheda tecnica

<https://www.dji.com/it/mavic-air-2/specs>

Museo dell'Arte Vetraria Altarese

http://www.museodelvetro.org/?page_id=2178

Castello di San Terenzo

<https://lericicoast.it/strutture/castello-di-san-terenzo/>

Forte San Giovanni

<https://www.beniculturali.it/luogo/forte-san-giovanni?page=2>

Fortezza Firmafede

<http://musei.beniculturali.it/musei?mid=4523&nome=fortezza-firmafede#:~:text=La%20fortezza%20Firmafede%2C%20detta%20anche,roccaforte%20militare%20della%20signoria%20fiorentina>

BuildingSMART International. IFC certification participants

<https://www.buildingsmart.org/compliance/software-certification/certified-software/>

BuildingSMART International. IFC specifications database

<https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/ifc-schema-specifications/>

BuildingSMART International. IFC Formats.

<https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/ifc-formats/>

BuildingSMART International. Model View Definition (MVD) – An introduction

<https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/mvd/>

BuildingSMART International. MVD database

<https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/mvd/mvd-database/>

NORMATIVA TECNICA

ISO/TC 59/SC 13, ISO 19650:2018 *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM): Information management using building information modelling* (2018)

GSA, "GSA BIM Guide For 3D Imaging, version 1.0." vol. 3. U.S. General Services Administration (GSA), 2009

Code of Practice for Building Information Modelling (BIM) e-Submission

AEC (UK) BIM Technology Protocol v2.1.1. *Practical implementation of BIM for the UK Architectural, Engineering and Construction (AEC) industry*. 2015

Government Soft Landings. Executive summary. 2013

Digital Built Britain. Level 3 Building Information Modelling - Strategic Plan. 2015

National BIM Standard - United States™ V3. 2015

AIA E203-2013 *Building Information Modeling & Digital Data Exhibit*. 2013

AIA G201-2013 *Project Digital Data Protocol Form*. 2013.

AIA G202-2013 *Project Building Information Modeling Protocol Form*. 2013

Level of Development Specification. Version: 2016. BIMForum, 2016

The Contractor's Guide to BIM. 2010

ERDC SR-12-2. *The US Army Corps of Engineers Roadmap for Life-Cycle Building Information Modeling (BIM)*. 2012

AEC (CAN) BIM Protocol (2012). *CanBIM AEC (CAN) Designers Committee*. 2012

BIM PxP Toolkit. Institute for BIM in Canada (IBC). 2014

Boligprodusentenes BIM Manual 2.0. Boligprodusentene (Norwegian Home Builders' Association). 2012

GAEB DA XML 3.2. GAEB. 2013

NATSPEC National BIM Guide. Construction Information Systems. 2011

New Zealand BIM Handbook. Building and Construction Productivity Partnership. 2014

BIM Project Specification 3.0. HKIBIM (Hong Kong Institute of Building Information Modelling). 2011

CIC Building Information Modelling Standards (Phase One). CIC (Construction Industry Council). 2015.

Singapore BIM Guide Version 2.0. BCA (Building and Construction Authority)

BIM Essential Guide. For BIM Adoption in an Organization. BCA (Building and Construction Authority). 2013

BIM Essential Guide. For BIM Execution Plan. BCA (Building and Construction Authority). 2013

BIM Essential Guide. For Architectural Consultants. BCA (Building and Construction Authority)

BIM Essential Guide. For C & S Consultants. BCA (Building and Construction Authority). 2013

BIM Essential Guide. For MEP Consultants. BCA (Building and Construction Authority). 2013

BIM Essential Guide. For Contractors. BCA (Building and Construction Authority). 2013

UNI 11337-1: Modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti, processi

UNI 11337-2: Criteri di denominazione e classificazione di modelli, prodotti e processi

UNI 11337-3: Modelli di raccolta, organizzazione e archiviazione dell'informazione tecnica per i prodotti da costruzione

UNI 11337-4: Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati e oggetti

UNI 11337-5: Flussi informativi nei processi digitalizzati

UNI 11337-6: Linea guida per la redazione del capitolato informativo

UNI 11337-7: Requisiti di conoscenza, abilità e competenza per le figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informative

Decreto Ministeriale numero 560 del 01/12/2017

DECRETO LEGISLATIVO 31 marzo 2023, n. 36