UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA CIVILE

CASE GATTI IN LOCALITA' CONTIGNACO, SALSOMAGGIORE T. (PR):
IL BIM PER LA GESTIONE DEI DATI DEL RILIEVO ARCHITETTONICO, DEL CALCOLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO E DELLA PROPOSTA DI RIUSO FUNZIONALE DEL COMPLESSO EDILIZIO

Case Gatti located in Contignaco, Salsomaggiore Terme (Parma): the B.I.M. for data management of architectural survey, energy requirements evaluation and the proposal of functional re-use of the housing complex.

Relatore:
Chiar.ma Prof.ssa Chiara Vernizzi

Correlatori:
Chiar.ma Prof.ssa Barbara Gherri

Tesi di Laurea di
Andrea Miguel Rigoni
Matr. 252031

Anno Accademico 2016 / 2017

INDICE

1. INTRODUZIONE

1.1. Finalità della tesi....1

1.2. Perchè Case Gatti....3

2. PANORAMICA SUL MONDO B.I.M.

2.1. Presentazione....5

2.2. Che cosa è il BIM....7

2.3. Gli oggetti e gli elementi BIM....13

2.4. I campi di attività del BIM....15

2.5. I livelli di maturità del processo BIM....16

2.6. Gli ambiti di applicazione del BIM....19

2.7. I vantaggi della tecnologia BIM....20

2.8. Interoperabilità.... 22

2.9. Come funziona un software BIM....26

2.10. Il BIM nel mondo e in Italia....29

2.11. Futuro del BIM.... 35

3. AUTODESK REVIT....36

3.1. Gli elementi di Revit: famiglia, tipo, istanza....37

3.2. Documentazione di un progetto....40

3.3. Scala e livello di dettaglio....43

3.4. Le fasi di progetto....44

3.5. Analisi solare....46

3.6. I locali....48

3.7. Rendering ed animazioni....49

3.8. Interoperabilità e condivisione....50

4. CASO STUDIO

4.1. STATO DI FATTO

4.1.1. Localizzazione geografica....52

4.1.2. Inquadramento urbanistico e catastale....53

4.1.3. Descrizione del complesso edilizio e del suo stato di conservazione....53

4.1.4. Il rilievo geometrico ed architettonico....57

4.1.5. La restituzione grafica dello stato di fatto....62

4.1.6. CADtoEarth for Autodesk Revit.....65
4.1.7. Gli elaborati grafici.....66
Tavole dalla 0 alla 19
4.2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....69
4.3. STATO DI PROGETTO
4.3.1. Finalità ed obiettivi 76
4.3.2. Scelte progettuali.....77
4.3.3. Progetto in Revit.....83
4.3.4. Gli elaborati grafici.....88
Tavole dalla 20 alla 43
4.4. CALCOLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO CON EC770
4.4.1. EC770 Integrated Technical Design for Revit…….....91
4.4.2. Normativa di riferimento.....96
4.4.3. Relazione tecnica di calcolo.....101
5. CONCLUSIONI.....102
SITOGRAFIA e BIBLIOGRAFIA.....105

1. INTRODUZIONE

1.1 FINALITA' DELLA TESI

Negli ultimi decenni il settore delle costruzioni, in particolare nell'ambito progettuale, ha subito un'importante trasformazione dovuta alla rivoluzione digitale che coinvolge ormai l'intero processo edilizio. Non si tratta infatti solamente di un'innovazione tecnologica legata alla produzione ed alla visualizzazione del progetto attraverso il passaggio dalla rappresentazione 2D a 3D, ma anche di un cambio di prospettiva e metodologia operativa. Protagonista recente di questa evoluzione è la diffusione della metodologia e dei software BIM (Building Information Modeling), capaci di creare modelli geometrici tridimensionali composti da oggetti digitali parametrici, in grado di raccogliere una corposa serie di dati, utili a tutti i diversi attori coinvolti nel processo edilizio, ed in tutte le sue fasi.

In questo elaborato di tesi si cercherà di far chiarezza sul termine BIM, acronimo e concetto a volte utilizzato a sproposito perché non sempre di facile definizione, data la sua continua evoluzione. Tramite riferimenti bibliografici ed informazioni raccolte sul web, si tenterà quindi di offrire una panoramica (in linea teorica) sul mondo del BIM, per poi "testarlo sul campo" attraverso una concreta applicazione dell'uso di alcuni dei suoi strumenti.

Si potrà notare come l'utilizzo degli strumenti BIM induca fortemente ad una progettazione integrata dell'edificio, che viene inteso non più come somma di componenti ed elementi separati, da affrontare in maniera sequenziale, ma concepito come un sistema interdipendente da approcciare in maniera sistematica. La progettazione integrata considera l'edificio lungo tutto il suo ciclo di vita, dalla progettazione, all'esecuzione, alla gestione e manutenzione. Tutto questo richiede necessariamente che, fin dalle prime fasi della progettazione, vi sia la partecipazione e la collaborazione tra tutti gli attori del processo edilizio. Ne consegue che tutti gli aspetti della progettazione procedano parallelamente, di pari passo (la progettazione architettonica con quella impiantistica, energetica, strutturale, ecc.). Questa visione organica e completa dell'edificio fa della progettazione integrata il processo più adatto per puntare anche alla sostenibilità ambientale.

Gli aspetti interessanti legati alla metodologia BIM sono quindi molteplici e, assieme al suo funzionamento, verranno presentati in seguito i vantaggi e le criticità.

Nel presente studio di tesi si è quindi voluto analizzare (da un punto di vista teorico, ma partendo da una circostanza reale) cosa comporti l'adozione di strumenti BIM, in particolare nella progettazione architettonica, negli studi solari, nell'analisi e nella simulazione energetica. Si è scelto come oggetto di studio un complesso di fabbricati esistente a funzione residenziale ex-rurale, la maggior parte dei quali in evidente stato di degrado avanzato, denominato "Case Gatti" sito in località Contignaco, nel comune di Salsomaggiore Terme, in provincia di Parma.

Partendo da un "caso studio" concreto, si è voluto quindi simulare l'uso di uno degli applicativi BIM più diffusi, Autodesk Revit (versione 2017), per il progetto di recupero ipotizzato. In particolare, ci si è posti nell'ottica di un progettista autonomo o di un piccolo studio professionale e di come potrebbe essere gestita l'intera fase di progettazione con l'impiego di Revit. Pertanto si è voluto sperimentare quali sono i vantaggi che si potrebbero trarre in termini di risparmio di tempo e di costi, di qualità del progetto, quindi del servizio offerto alla committenza; conoscere quali sono gli strumenti che il software e l'ambiente BIM possono offrire e mettere a disposizione del progettista; capire se e come, durante la creazione di un modello BIM, cambia la metodologia operativa di progettazione rispetto a quella "tradizionale", legata alla tecnologia ed il supporto CAD (sia esso 2D o 3D).

Chi scrive ha dunque realizzato il rilievo architettonico dei fabbricati appartenenti al complesso Case Gatti e, mediante la creazione di modelli BIM in *Autodesk Revit 2017*, ha proceduto alla restituzione grafica dello stato di fatto ed alla progettazione architettonica della proposta di recupero e riuso funzionale. Infine si è redatta l'analisi energetica di due degli edifici prescelti calcolandone il fabbisogno energetico allo stato di progetto. Si è voluto, infatti, approfondire maggiormente l'aspetto energetico dell'intervento oltre che quello architettonico, sperimentando gli strumenti messi a disposizione da Revit e quelli ad esso collegati, sia in fase di progettazione che di analisi e controllo. L'analisi ed il calcolo del fabbisogno energetico, infatti, sono stati realizzati mediante il programma *EC770 Integrated Design for Revit* appartenente alla software house di Edilclima S.r.l. che ha gentilmente concesso una licenza di prova gratuita prolungata. Il plug-in EC770 ha permesso un collegamento diretto con Revit, unendo il modello architettonico-strutturale con il modello energetico, sfruttando quindi i dati geometrici già inseriti in Revit e facendo esperienza della interoperabilità del software BIM.

La proposta di riuso funzionale che è stata avanzata e formulata in questa tesi prevede la parziale ristrutturazione per alcuni fabbricati, la necessaria demolizione e ricostruzione per altri, con ipotesi di destinazione d'uso residenziale in forma di co-housing. Sono state progettate quindi cinque abitazioni private di vario taglio ed un fabbricato è stato riservato agli spazi ad uso comune. L'idea di fondo, da cui nasce il tipo di progetto, immagina quindi di restituire a Case Gatti la possibilità di ospitare nuovamente un certo numero di famiglie, più o meno numerose, disponibili a recuperare gli immobili in oggetto (di conseguenza il presidio del territorio) e disposte a condividere spazi e servizi. La forma di co-housing che si ipotizza è quella in cui ciascun nucleo familiare mantiene la completa autonomia degli spazi e servizi ad uso esclusivo, ma è disponibile a condividerne altri ad uso collettivo con il resto degli abitanti.

1.2 PERCHE' CASE GATTI

Si è ricercato un caso studio che potesse rispecchiare un comune incarico che possa essere commissionato ad un piccolo studio professionale o di un singolo professionista. Il recupero di edifici esistenti è, infatti, senz'altro una tipologia di incarico frequente, soprattutto nell'attuale periodo che il settore edilizio sta vivendo.

E' importante per chi scrive sottolineare questo aspetto, in quanto determina la tipologia di "utente" che si presta ad utilizzare il software BIM. In questa condizione il BIM avrà infatti un livello di applicazione, di collaborazione e di condivisione (in seguito si parlerà in specifico di "livelli di maturità") che sarà senz'altro diverso rispetto a quello che si raggiunge, ad esempio, in un grande studio di progettazione che coinvolge numerose figure professionali che si occupano di discipline differenti ma che lavorano tutte su unico modello BIM condiviso.

L'entità del "livello BIM" raggiunto in questo lavoro di tesi non deriva da una scelta specifica, ma è diretta conseguenza della limitatezza delle tecnologie e degli strumenti in possesso di chi scrive, oltre che della ristrettezza del tempo a disposizione.

Nonostante i limiti di tale condizione, si riscontrerà che i benefici tratti dall'utilizzo di un applicativo come Revit sono tangibili. Si esamineranno i notevoli vantaggi misurati sperimentalmente e si accenneranno anche le potenzialità che il software potrebbe avere affidandosi a quanto trovato in letteratura.

Tramite l'uso di un programma BIM ed il concetto di progettazione integrata, si è voluto avanzare una proposta progettuale che mirasse alla sostenibilità ambientale ed economica dello stesso. A completare il quadro, si è ricercata una soluzione che puntasse anche ad una sostenibilità sociale e si è creduto che questa potesse essere rappresentata da una forma di abitare collaborativo come il co-housing, alla quale il complesso di Case Gatti si presta bene.

2. PANORAMICA SUL MONDO B.I.M.

2.1 PRESENTAZIONE

L'impiego di nuovi materiali con prestazioni strutturali ed energetiche più performanti e la progettazione di impianti e sistemi tecnici più efficienti (con l'integrazione delle energie rinnovabili) costituiscono l'essenza delle progettazione e della costruzione, sia per le nuove costruzioni che per le ristrutturazioni.

Nel processo progettuale e costruttivo aumenta sempre più il numero di attori coinvolti e, insieme ad esso, cresce l'interesse verso un progetto (ed una costruzione) "sostenibile" anche nelle fasi di gestione, conduzione e manutenzione.

Negli ultimi decenni il settore delle costruzioni sta subendo una forte rivoluzione digitale che coinvolge l'intero processo edilizio. Non si tratta solamente di un'innovazione tecnologica legata alla produzione ed alla visualizzazione del progetto attraverso il passaggio dal 2D al 3D, ma anche di un cambio di prospettiva e metodologia operativa. Lo sviluppo crescente di sistemi Building Information Modeling (BIM) permette l'integrazione nell'attività di progettazione, costruzione e gestione di informazioni di diversa natura ed il loro utilizzo sinergico.

Mediante BIM è possibile promuovere una metodologia di lavoro che comporta la generazione di un modello 3D dell'edificio capace di gestire i dati dell'intero ciclo di vita. A tale modello possono, infatti, essere connessi in modo dinamico diversi software di modellazione virtuale (analisi termofluidodinamiche, strutturali, illuminotecniche, acustiche, ecc.). Si passa poi alla dimensione 4D considerando il flusso di materiale e i tempi di esecuzione delle lavorazioni e al 5D con la valutazione economica. Si raggiunge il 6D con la simulazione e l'analisi, in fase di progettazione, delle prestazioni dell'edificio una volta realizzato (ad esempio: irraggiamento solare, ombreggiamenti, illuminazione, valutazione dell'impiego idrico, prestazioni termiche ed energetiche). Infine si parla di modellazione 7D quando il BIM viene sfruttato per la gestione delle problematiche relative al Facility Management (FM), vale a dire manutenzione dell'edificio e degli impianti (elettrico, idraulico, di condizionamento, d'illuminazione), controllo della qualità dei servizi, della sicurezza dei fruitori e dei lavoratori.

Tutto ciò allo scopo di sostenere una progettazione sostenibile, incrementando la produttività e l'efficienza, diminuendo i costi nelle fasi di progettazione e di costruzione, ottimizzando la gestione e la manutenzione dopo la costruzione.

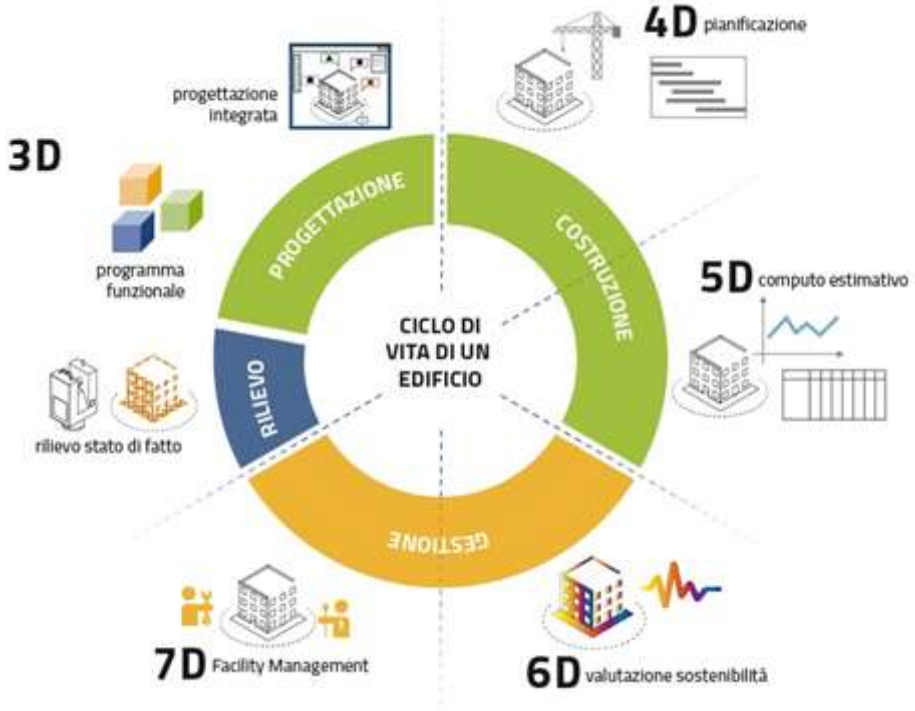


Figura 2.a : Le sette "dimensioni" del B.I.M. riferite al ciclo di vita dell'edificio.[1]

Un modello BIM può contenere qualsiasi informazione riguardante l'edificio o i suoi componenti. Le informazioni più comunemente raccolte riguardano la geometria, le proprietà dei materiali e degli elementi tecnici, le fasi di realizzazione, la localizzazione geografica, le operazioni di manutenzione, lo smaltimento di fine ciclo.

La metodologia BIM permette quindi di concepire il sistema edificio nella sua organicità e complessità, consentendo una progettazione integrata. Si abbandona la pratica professionale corrente: dove il processo di elaborazione del progetto avviene attraverso un percorso lineare; dove l'edificio viene inteso come semplice somma di componenti ed aspetti separati, che vengono affrontati in maniera sequenziale; dove la prima soluzione progettuale ritenuta accettabile stabilisce le basi per tutti gli sviluppi successivi non curando a sufficienza l'importante fase di analisi e valutazione di alternative progettuali.

[1] https://www.architetti.com/bim-summit-2017-digitalizzazione-e-revoluzione.html

Tramite la progettazione integrata, invece, si considerano le varie componenti di un edificio come elementi interdipendenti e interconnessi tra loro, in un modello in continua evoluzione nella fase di progettazione. Nell'ambiente BIM è possibile, in ogni fase decisionale, associare un momento di controllo, per verificare ed osservare gli effetti che le scelte prese producono sull'intero edificio. Perciò, grazie a questa medotologia, si ha la possibilità in ogni fase di rivedere le scelte progettuali condotte fino a quel momento, tramite un costante controllo in itinere.

Questo metodo di progettazione esige una maggiore cooperazione tra tutte le figure professionali che si occupano di diverse discipline e che sono coinvolte all'interno del processo edilizio, fin dalle fasi preliminari. Riconoscendo l'edificio come sistema organico, la progettazione architettonica, deve quindi procedere di pari passo con quella strutturale, ma anche con quella impiantistica, energetica, illuminotecnica e così via.

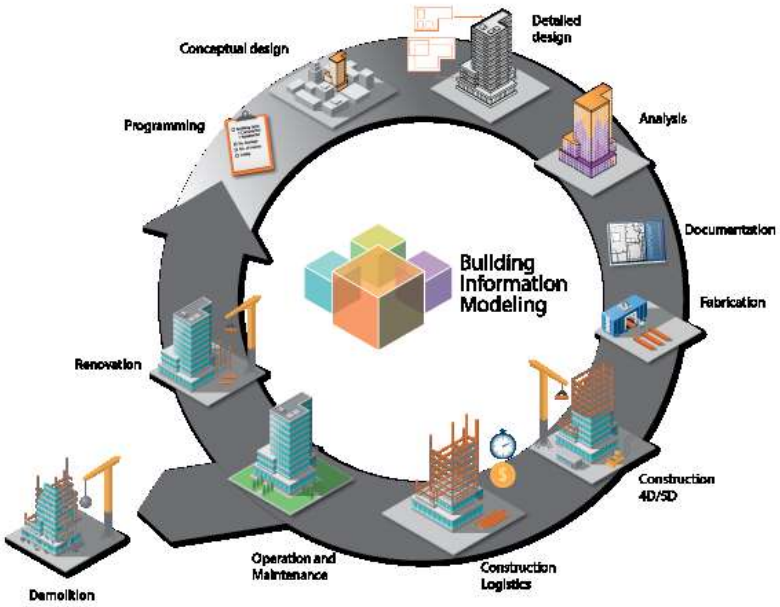


Figura 2.b : Il processo e la metodologia BIM .[2]

2.2 CHE COSA E' IL BIM

BIM, acronimo di Building Information Modeling (in italiano: Modello di Informazioni di un Edificio), indica un metodo per ottimizzare la pianificazione, la realizzazione e la gestione di costruzioni attraverso l'ausilio di un software. Tramite quest'ultimo, tutti i

[2] http://www.inframod.it/servizi-di-ingegneria/consulenza-bim.html

dati rilevanti di una costruzione possono essere raccolti, combinati e collegati digitalmente all'interno di un modello geometrico tridimensionale.

Il termine Building Information Modeling fu divulgato e reso popolare dall'americano Jerry Laiserin. L'espressione BIM ha assunto nel corso del suo utilizzo diversi signifcati, in funzione del tempo e del contesto di applicazione. Il termine molto spesso è oggetto di fraintendimenti ed in alcuni casi viene usato in modo non appropriato. BIM è anche un concetto in evoluzione, che si arricchissce di pari passo con il progresso tecnologico e la crescente popolarità unitamente alle molteplici pubblicazioni sul tema, stanno contribuendo ad elaborare una defnizione più o meno chiara e univoca del concetto.

Il General Service Administration (GSA) nelle sue guide sull'utilizzo del BIM lo definisce in questo modo:

> *Building Information Modeling is the development and use of a multi-faceted computer software data model to not only document a building design, but to simulate the construction and operation of a new capital facility or a recapitalized (modernized) facility. The resulting Building Information Model is a data-rich, object-based, intelligent and parametric digital representation of the facility, from which views appropriate to various users' needs can be extracted and analyzed to generate feedback and improvement of the facility design.*[3]

Il National Building Information Model Standard Project Committee definisce BIM come:

> *Building Information Modeling (BIM) is a digital representation of physical and functional characteristics of a facility. A BIM is a shared knowledge resource for information about a facility forming a reliable basis for decisions during its life-cycle; defined as existing from earliest conception to demolition.*
>
> *A basic premise of BIM is collaboration by different stakeholders at different phases of the life cycle of a facility to insert, extract, update or modify information in the BIM to support and reflect the roles of that stakeholder.*[4]

Inoltre il National Institute of Building Science nella prima parte della prima versione dei suoi National Building Information Modeling Standard da questa defnizione sul BIM:

> *BIM is an emerging process supported by a broader toolset and data standards for the creation and use of project and building lifecycle information. The changes in*

[3] h*ttp://www.gsa.gov/graphics/pbs/GSA_BIM_Guide_v0_60_Series01_Overview05_14_07.pdf*
[4] *http://www.buildingsmartalliance.org/index.php/nbims/faq/#faq1*

the tools support new processes allowing professionals to integrate intelligent and standardized data, graphics, databases, web services, and decision support methodologies changing the human-computer interaction and richness of data supported in the process.

Nelle defnizioni citate, si può notare che il BIM viene defnito in alcuni casi come attività, processo, metodologia (Building Information Modeling) ed in altri come modello di un edifcio (Building Information Model). Infatti, l'acronimo contiene tutti i due i concetti. BIM vuole signifcare sia il processo/metodologia di creazione e gestione della rappresentazione digitale delle caratteristiche fsiche e funzionali di una struttura, sia il modello generato da questo processo. Sono molti quelli che descrivono BIM come una mera modellazione e visualizzazione 3D. Questa descrizione anche se vera (BIM è anche modellazione 3D) è limitante, perché non tiene conto dell'I del BIM (I=Information). Il modello BIM possiede in realtà informazione grafca e non-grafca su una struttura in modo integrato. Il Building Information Modeling consente di avere modelli che danno una descrizione completa di un edifcio, non solo un modello 3D. Nella defnizione del NIBS, il BIM viene defnito come un processo che integra dati standardizzati e intelligenti. In questo contesto con dati intelligenti si intende dati che sono leggibili dal computer e che sono in relazione con altri dati, grafici e non-grafici, all'interno del database del progetto.[5] Si può anche aggiungere che con BIM non si intende il semplice possesso di alcune informazioni, ma l'attività di condivisione di quest'ultime.

I sistemi BIM sono capaci di gestire le diverse informazioni relative ad un edificio dalla geometria, alle relazioni spaziali, prestazioni energetiche, illuminotecniche e acustiche, alle informazioni geografiche, alle quantità e proprietà dei componenti, fino al project management e al facility management di post-costruzione. I dati in ambiente BIM sono in grado, quindi, di illustrare l'intero ciclo di vita dell'edificio, dall'ideazione e progettazione fino alla demolizione e al riutilizzo dei materiali.

Inoltre, la possibilità di gestione delle informazioni, viene integrata con la possibilità di visualizzazione di tutti i sistemi e i componenti, assemblati o in sequenza, in scale diverse rispetto all'intero progetto o a singoli elementi. I disegni in questo senso non sono nient'altro che viste variabili del modello, pertanto corrispondono sempre a

[5] https://www.edilclima.it/assets/repository/software/informazioni/ 770-approfondimentoBIM.pdf

rappresentazioni della progettazione architettonica accurate e coerenti fra loro. Non è richiesto alcuno sforzo aggiuntivo per mantenere sincronizzati i dati di progetto.

Figura 2.c : "Concept" di modello BIM.[6]

Passare ad una progettazione di tipo BIM va ben oltre il semplice passaggio ad un nuovo software. L'approccio BIM richiede una modifica della definizione delle fasi architettoniche tradizionali ed una maggiore condivisione dei dati (da parte dei professionisti coinvolti nella costruzione) rispetto alla consuetudine. Ciò rappresenta un grande cambiamento rispetto all'approccio CAD tradizionale.

Una proprietà essenziale consiste nell'**interoperabilità** del modello, rendendo necessario il coordinamento tra disegni, caratteristiche di costruzione, norme, regolamenti, specifiche di prodotto, costi e appalti, condizioni ambientali (dati di emissione), percorsi critici. L'intero processo prevede la raccolta di informazioni in un database, che poi diventa il cuore del BIM. Rispetto alla modellazione CAD 3D questo archivio mette a disposizione una ricca fonte di informazioni geometriche, visive, dimensionali, ambientali, tecniche e di processo. Metaforicamente parlando possiamo dire che se il software è l'interfaccia di un modello architettonico, il database è l'anima. Grazie alla gestione BIM si riducono le perdite di informazioni associate ai vari passaggi del progetto dal team di progettazione al team di costruzione o al proprietario. Si consente così ad ogni

[6] https://graphisoft.com

attore del processo costruttivo, non solo di aggiungere e modificare, ma di avere sempre i riferimenti di tutte le informazioni che vengono usate o create nel modello.
Ad oggi, l'associazione internazionale che si occupa della regolamentazione del BIM è la BuildingSMART Alliance, che certifica la interoperabilità dei software attraverso ISO 16739:2013. Essa definisce il concetto e identifica nell'acronimo tre funzioni distinte ma collegate tra loro.

- Il Building Information **Model** permette la rappresentazione digitale delle caratteristiche fisiche e funzionali dell'organismo complesso quale è il sistema edificio-impianto. Il modello diviene una risorsa di conoscenza condivisa delle informazioni sul progetto, formando una base affidabile per le decisioni durante il ciclo di vita dell'opera, dall'ideazione fino allo smaltimento.
- Il Building Information **Modeling** consente il controllo del processo per la creazione e l'utilizzo di dati di una costruzione per progettare, costruire e gestire l'edificio durante il suo ciclo di vita. Il BIM consente a tutti i soggetti interessati di avere accesso alle stesse informazioni nello stesso tempo, attraverso l'interoperabilità tra le piattaforme tecnologiche.
- Il Building Information **Management** è l'organizzazione a livello "politico" e il controllo del processo utilizzando le informazioni nel prototipo digitale per effettuare lo scambio di informazioni sull'intero ciclo di vita di un bene. I vantaggi includono la comunicazione centralizzata e visiva, l'esplorazione preliminare di opzioni, la sostenibilità, una progettazione efficiente, l'integrazione di discipline il controllo del sito, la documentazione as built, ecc. (in sintesi uno sviluppo efficace di un processo del ciclo di vita e un modello digitale dal concepimento alla dismissione finale dell'edificio).

Figura 2.d : Building Information Model, Building Information Modeling, Building Information Management.

Infine possiamo definire il BIM come una tecnologia di modellazione e un set associato di processi per produrre, comunicare e analizzare un modello di edificio, che è caratterizzato dai seguenti aspetti:

- tutti i componenti della costruzione vengono riprodotti come **oggetti parametrici** digitali (che contengono la rappresentazione grafica e gli attributi) e sono identificati nei vari software attraverso norme parametriche che permettono di manipolarli in modo intelligente;
- i componenti includono dati che descrivono il comportamento durante le analisi o i processi di lavoro (takeoff, prestazioni, analisi energetiche);
- i dati sono coerenti e non rindondanti in modo tale che le modifiche siano rappresentate in tutte le viste del componente e in tutti gli assemblaggi in cui è parte;
- i dati sono coordinati in modo tale che tutte le viste di un modello vengano rappresentati in modo coerente;
- i dati e i componenti fanno riferimento ad un unico database comune, in modo tale da mantenere aggiornata l'informazione e da minimizzare il rischio di errore.

Sul sito della BuildingSmart è pubblicato l'elenco dei software certificati IFC, riportato nella seguente tabella:

Vendor	Application
ACCA Software S.p.A	Edificius
ACCA Software S.p.A	EdiLus
ACCA Software S.p.A	Edificius
Autodesk-A	AutoCAD Architecture
Autodesk-R	Autodesk Revit Architecture
Autodesk-R	Autodesk Revit Structure
Autodesk-R	Autodesk Revit LT
Autodesk-R	Autodesk Revit MEP
Autodesk-R	Autodesk Revit Architecture
Autodesk-R	Autodesk Revit LT
Autodesk-R	Autodesk Revit MEP
Autodesk-R	Autodesk Revit Structure
Bentley Systems, Incorporated	AECOsim Building Designer
Bentley Systems, Incorporated	AECOsim Building Designer
Bentley Systems, Incorporated	AECOsim Building Designer
Bentley Systems, Incorporated	AECOsim Building Designer
Bricsys services	BricsCAD
CadLine Ltd	ARCHLine.XP
CadLine Ltd	ARCHLine.XP
Data Design System	DDS-CAD MEP
Design Data	SDS/2

Vendor	Application
Dlubal Software GmbH	RFEM/RSTAB
GRAPHISOFT	ArchiCAD
GRAPHISOFT	ArchiCAD
Glodon Software Company Limited	Glodon Takeoff for Architecture and Structure
Glodon Software Company Limited	Glodon Takeoff for Architecture and Structure
Glodon Software Company Limited	Glodon Takeoff for Architecture and Structure
Glodon Software Company Limited	Glodon Takeoff for Architecture and Structure
Kymdata Oy	CADS Planner MEP
NEMETSCHEK Allplan GmbH	Allplan
NEMETSCHEK Allplan GmbH	Allplan
NEMETSCHEK Scia	Scia Engineer
NEMETSCHEK Scia	Scia Engineer
NEMETSCHEK Vectorworks, Inc.	Vectorworks
NEMETSCHEK Vectorworks, Inc.	Vectorworks
Progman	MagiCad
RIB	RIB iTWO
Seokyoung Systems Corp.	NaviTouch
Solibri	Solibri Model Checker
Solideo Systems	ArchiBIM Server
Tekla	Tekla Structures
Tekla	Tekla Structures
Trimble Germany GmbH	Plancal nova
cadwork	Lexocad

Tabella I : Elenco dei software certificati IFC dalla BuildingSmart.[7]

Inoltre vi sono altri programmi che operano secondo lo standard IFC anche se non compresi nell'elenco dei Software Certificati da Building Smart, come:

- Primavera di Oracle;
- Midas;
- SAP;
- Graitec;
- Advance Steel;
- INFOR.

2.3 GLI OGGETTI E GLI ELEMENTI BIM

Il modello BIM di un edificio viene a sua volta creato partendo da modelli BIM degli elementi stessi che lo compongono, i quali possiedono informazioni ed attributi sulle prestazioni strutturali, costruttive, ambientali e sulla loro operatività e manutenzione.

[7] http://www.buildingsmart.org/compliance/certified-software/

Gli elementi architettonici BIM (come muri, solai, tetti, finestre, ecc.) sono oggetti parametrici che "conoscono" la loro natura, il loro scopo ed il modo in cui interagiscono con il resto del modello stesso. E questa "intelligenza" integrata consente al modello 3D di essere analizzato, visualizzato o quantificato come elemento costruttivo composto da materiali reali, con caratteristiche reali e relazioni funzionali. L'"intelligenza" del BIM è data dalla gestione automatica di queste relazioni. Il modello di costruzione e tutti i documenti di progettazione si trovano in un database integrato in cui tutto è interconnesso.

In termini di documentazione di un progetto, il modello e gli elementi BIM sono quindi una rappresentazione **coerente** delle informazioni della costruzione.

Recentemente molte aziende produttrici, con l'interesse di influenzare i propri interlocutori, stanno sviluppando elementi BIM con le informazioni richieste, mettendo così a disposizione i propri prodotti per l'utilizzo nelle diverse applicazioni BIM (come Revit, ArchiCAD e Tekla).

Lo schema riportato di seguito mostra un esempio di quali attributi possono essere associati ad un elemento BIM, quali parametri possono essere controllati, quindi quali informazioni possono essere contenuto in esso.

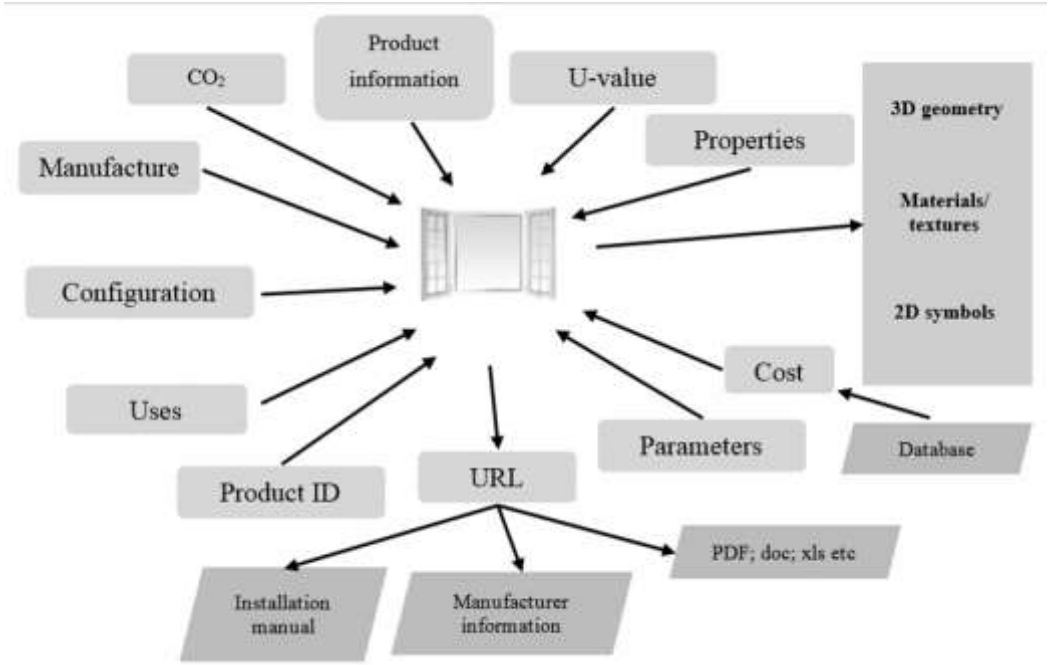


Figura 2.d : Esempio di attributi relativi all'oggetto BIM finestra.[8]

[8] http://www.gravicon.ee/BIMeng.html

2.4 I CAMPI DI ATTIVITA' DEL BIM

Le industrie di architettura, ingegneria e costruzione includono un gran numero di operatori del settore: proprietari, progettisti, legislatori, costruttori e fornitori di prodotti/servizi. Essi, a loro volta, generano un numero anche maggiore di "prodotti finali dell'industria edile": progetti, specifiche, strumenti, prodotti, servizi. Tutti questi operatori e prodotti finali possono essere suddivisi in tre campi diversi, ma che possono a volte essere sovrapposti.

- Il campo del **processo** del BIM raggruppa tutti gli attori coinvolti nella progettazione, nella costruzione, nella fabbricazione, nell'uso, nelle procedure di gestione, manutenzione e funzionamento (proprietari, progettisti, imprenditori, facility manager e chiunque sia coinvolto nel ciclo di vita di un progetto).
- Il campo delle **tecnologie** del BIM include sviluppatori di strumenti necessari alla creazione e gestione di modelli di informazione di edifici e altre tecnologie di operazione di design e costruzione. Questi includono sviluppatori software, fornitori di hardaware, fornitori di servizi e prodotti tecnologici attivi nel settore edile.
- Il campo delle **strategie (o delle politiche**) del BIM riunisce tutti gli operatori responsabili della generazione di standard e linee guida, della gestione delle questioni normative e contrattuali. E' costituito quindi da coloro che gestiscono le pratiche, conducono le ricerche, assegnano le responsabilità, riducono i conflitti e regolano la consegna delle strutture (compagnie di assicurazione, centri di ricerca, istituti scolastici, organismi di regolamentazione.

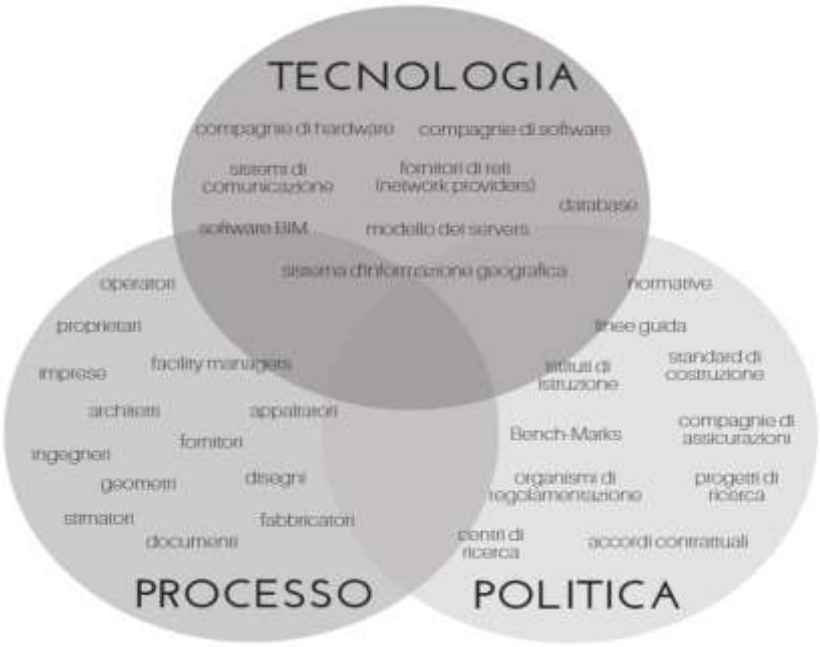


Figura 2.e : I tre campi di attività del B.I.M. .

Ogni gruppo include insiemi specifici di operatori che necessitano di interagire tra loro e con operatori di altri gruppi. Per esempio, i progettisti interagiscono con i costruttori per creare servizi (interazione interna al campo di processo) e, ad esempio, con i vigili del fuoco, o altri organismi di regolamentazione, per assicurare la conformità con i rispettivi standard e codici (interazione esterna tra il campo di processo e il campo strategico).

2.5 I LIVELLI DI MATURITA' DEL PROCESSO BIM

Si può dire che non esiste un solo Building Information Modeling, in quanto il BIM ha diversi livelli di applicazione e di collaborazione, che spesso vengono definiti come "livelli di maturità". Il Governo del Regno Unito ha definito diversi livelli di maturità del processo di progettazione e costruzione attraverso un indice basato su livelli da 0 a 3 per classificare il tipo di processo tecnico e di collaborazione relativi all'adozione di sistemi BIM. Al crescere del livello di maturità aumentano i vantaggi, ottenuti grazie all'ambiente BIM, e le complessità, date dal dover considerare in fase progettuale tutti gli elementi del processo.

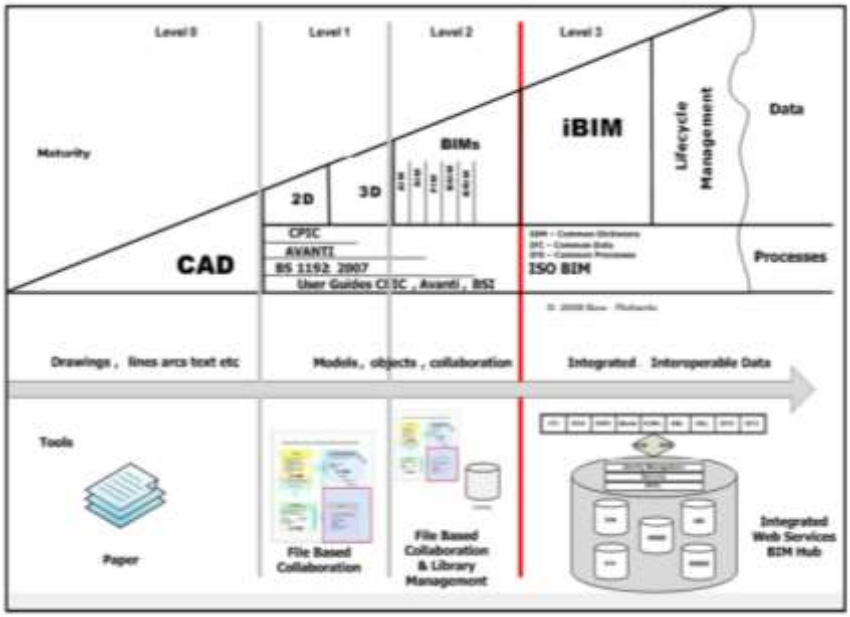


Figura 2.f : I livelli di maturità del processo progettuale costruttivo BIM (Department of Business, Innovations and Skills, 2011, p.16). [9]

Il **livello 0:** è caratterizzato da disegni CAD 2D, con la carta come supporto di scambio dati più probabile. Essenzialmente questo è un tavolo da disegno digitale senza la possibilità di collaborare con altri utenti. E' la forma più semplice di BIM, ma in fondo non si tratta ancora di "vero BIM".

Il **livello 1**: a questo livello di applicazione del BIM il CAD comincia ad essere formalmente gestito, con la crescente introduzione di funzioni di coordinamento spaziale, strutture e formati standardizzati. Possiamo semplificare il concetto pensando che il BIM di livello 1 comprende una miscela di CAD 3D per quanto riguarda la fase di progettazione e di 2D per quanto riguarda la documentazione e le informazioni di produzione. Nel livello 1 i modelli non sono ancora condivisi tra i membri del team di progetto.

Il **livello 2:** finalmente il team comincia a collaborare realmente. Tutte le parti utilizzano i propri modelli CAD 3D, ma non stanno necessariamente lavorando su un unico modello condiviso. La collaborazione si presenta sotto forma di modalità di scambio delle informazioni tra le varie parti. Le indicazioni per la progettazione sono condivise attraverso un formato di file comune che consente a qualsiasi organizzazione di essere in

[9] http://www.ingenio-web.it/Articolo/3143/BIM_livello_1__2_o_3_:_cosa_significano_questi_numeri.html

grado di combinare i dati usati con loro al fine di rendere un modello BIM federato, e di effettuare controlli interrogativi su di esso. Di fatto, il livello 2 del BIM è un ambiente 3D gestito con dati allegati, ma creato in modelli basati su discipline separate, e anche se i modelli separati sono assemblati in modo da formare un modello federato, questi non perdono la loro identità o l'integrità. I dati possono includere informazioni sulla programma di costruzione (4D) e sui costi (5D).

Il **livello 3:** è il livello più elevato che rappresenta la piena e completa collaborazione tra tutte le discipline. Viene utilizzato un **unico modello progettuale condiviso tramite un repository centralizzato,** che dovrà essere conforme con le norme IFC. Con il livello 3 entrano in gioco anche le informazioni sul progetto del ciclo di vita (6D) e il modello unico a cui tutti lavorano diventa il vero luogo di condivisione delle competenze.

Tale livello è caratterizzato da un processo integrato BIM nel quale i dati openBIM sono condivisi durante il ciclo di vita complessivo della struttura grazie a servizi web. Ciò significa avere un processo completamente aperto e un'integrazione dei dati abilitata per "servizi web" conformi alle norme emergenti IFC/IFD, gestiti da un server in maniera collaborativa. Per fare questo è necessario, però, avere a disposizione un sistema che consenta di lavorare in collegamento digitale in modo reale ed efficace (con una banda larga diffusa e, ad esempio, un wi-fi reale nei cantieri).

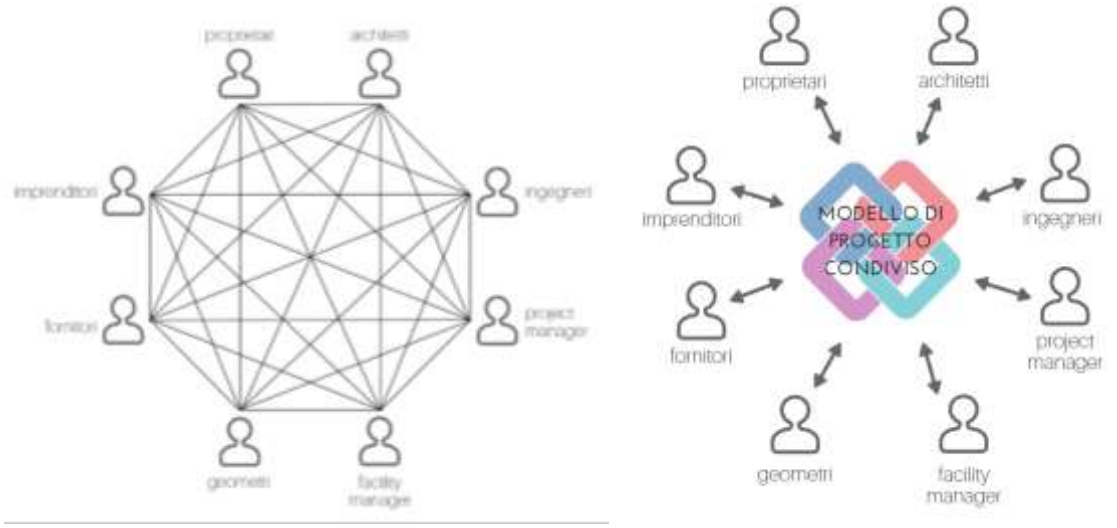


Figura 2.g : Confronto fra lo schema di cooperazione tra le parti coinvolte nel processo edilizio in un progetto "tradizionale" (a sinistra) e in un progetto BIM (a destra).

2.6 GLI AMBITI DI APPLICAZIONE DEL BIM

Nel settore dell'architettura, dell'ingegneria e delle costruzioni, il Building Information Modeling ha diverse applicazioni.

Le pubblicazioni "Common BIM Requirements 2012" (COBIM, 2012) raccolgono una serie di documenti che illustrano tutte le finalità legate all'uso del BIM, analizzando gli obiettivi delle nuove costruzioni e ristrutturazioni, nonchè l'uso e il facility management degli edifici.

Si prosegue, quindi, elencando in maniera schematica tutti gli ambiti di applicazione del BIM, da esse definiti.

Progettazione dell'edificio: il BIM viene adottato per progettare le parti architettoniche, strutturali e MEP della struttura, oltre alla zona circostante (COBIM 2012, Serie 2-5).

Coordinamento: nel momento in cui vengono sfruttati diversi software per creare oggetti di diverse discipline e si possono unire per trovare possibili conflitti (**interferenze**). Tuttavia la soluzione migliore consisterebbe nell'uso di modelli collegati fin dall'inizio, ad esempio utilizzando tecnologie di cloud computing.

Estrazione di disegni 2D: è possibile estrarre dal modello i disegni 2D in ogni momento del processo di progettazione, con la sicurezza che questi siano sempre aggiornati e coerenti (COBIM 2012, Serie 13).

Visualizzazione e comunicazione: la creazione di un modello tridimensionale è molto utile per una migliore comprensione delle soluzioni progettuali, sia per i progettisti della stessa disciplina, ma anche per le diverse parti interessate che non hanno familiarità con il lavoro di altri esperti. E' possibile camminare all'interno del modello, creare animazioni e visualizzare le immagini 3D o render ottenuti dal modello (COBIM 2012, Serie 8). Immaginabili sono le potenzialità raggiungibili tramite l'incontro e la fusione, ormai già in atto, con le tecnologie della realtà virtuale, capaci di creare delle visualizzazioni altamente immersive. Oppure, più semplicemente, si può pensare all'utilizzo del BIM come ottimo supporto per gli agenti immobiliari nella vendita, attraverso una forte visualizzazione ed una facile personalizzazione del design della casa da parte degli acquirenti.

Supporto per le decisioni: potendo verificare e controllare gli effetti prodotti sull'intero processo, di ogni modifica apportata ed ogni scelta presa, il BIM può divenire uno strumento adottato per studiare diverse alternative, confrontando diversi aspetti e parametri quali funzionalità, ambiti e costi.

Garanzia di qualità: il controllo del progetto è uno delle più potenti utilizzazioni di BIM, perchè permette di scoprire e risolvere problemi in fase di progettazione anziché durante la costruzione. Grazie agli strumenti di controllo del modello è possibile approvare l'edificio con un software di validazione rule-based basato su regole che sono state definite in conformità con i requisiti BIM (COBIM 2012, Serie 6). Questo approccio è utile anche per il cliente, che può controllare se i requisiti sono stati rispettati.

Quantità Take-off (QTO): il BIM può essere utile per estrarre quantità durante la fase di offerta e per gli acquisti durante la fase di costruzione (COBIM 2012, Serie 7).

Pianificazione: è possibile collegare le quantità per la pianificazione e generare simulazioni 4D (Barker, 2011).

La stima dei costi: collegando prezzi a quantità, può essere ottenuta la valutazione dei costi (COBIM 2012, Serie 7). Inoltre i modelli 5D permettono lo studio dell'evoluzione dei costi durante l'intero processo.

Analisi: il BIM può aiutare i progettisti a simulare le prestazioni del ciclo di vita dell'edificio. Possono essere effettuate diverse analisi, ad esempio di tipo strutturale, MEP (COBIM 2012, Serie 9), energetico (COBIM 2012, Serie 10), acustico e di illuminazione.

Costruzione: il BIM viene adottato anche per la pianificazione della sicurezza e per studiare il layout di cantiere, facendo attenzione alle interazioni con le aree circostanti. Inoltre, le simulazioni 4D sono utili ad esempio per controllare le sequenze di installazione dei componenti, la pianificazione della produzione, per le revisioni di costruibilità e per visualizzare lo stato di costruzione (COBIM 2012, Serie 13).

Facility Management (FM): il BIM può essere adottato come supporto durante il funzionamento e la manutenzione della struttura, come per i lavori di ristrutturazione e progettazione degli spazi (COBIM 2012, Serie 12).

2.7 I VANTAGGI DELLA TECNOLOGIA BIM

Diversamente dalla pratica tradizionale, la tecnologia BIM è in grado di rispondere alle crescenti pressioni dovute alla maggiore complessità (del processo, delle tecnologie, del prodotto), uno sviluppo più veloce, una migliore sostenibilità, una riduzione del costo della costruzione e del suo successivo utilizzo.

La ragione più convincente per adottare la tecnologia BIM è il vantaggio intrinseco della rappresentazione 3D durante la fase di progettazione e di preparazione della

documentazione di un progetto. La rappresentazione 3D permette al team di progettazione una migliore comprensione, visualizzazione e risoluzione dei problemi durante tutto il processo. Il coordinamento all'interno di un unico modello è notevolmente migliore rispetto a quello richiesto da più documenti 2D. L'approccio BIM consente di migliorare l'intero processo di costruzione con benefici come una diminuzione dei costi di progetto, una consegna del progetto più veloce e una maggiore qualità del progetto.

Altri vantaggi correlati sono:

- processi più rapidi e più efficaci: le informazioni sono più facilmente condivise, possono essere un valore aggiunto e possono essere riutilizzate;
- migliore progettazione: le proposte di progetto possono essere rigorosamente analizzate, possono essere eseguite in modo rapido simulazioni e prestazioni dei benchmark, consentendo soluzioni migliori e innovative;
- controllo dei costi dell'intero ciclo di vita e dei dati ambientali: la prestazione ambientale è più prevedibile, i costi del ciclo di vita vengono meglio compresi;
- migliore qualità della produzione: la documentazione finale è flessibile e sfrutta l'automazione;
- assemblaggio automatizzato: i dati digitali di prodotto possono essere sfruttati in processi down stream (cioè nel processo produttivo interno all'azienda) e possono essere usati per la produzione e l'assemblaggio dei sistemi strutturali;
- migliore servizio al cliente: attraverso una visualizzazione più dettagliata e accurata le proposte possono essere meglio meglio comprese;
- dati del ciclo di vita: informazioni su requisiti, progettazione, costruzione e manutenzione possono essere utilizzati per facility management.

Il CIFE (Center of Integrated Facilities Engineering) dell'Università di Stanford, ha effettuato un'indagine su 32 grandi progetti che utilizzano BIM e ne ha indicato i vantaggi legati al miglioramento nella gestione del processo edilizio:

- l'eliminazione di cambiamento di budget fino al 40%;
- precisione di stima dei costi entro il 3%;
- riduzione fino all'80% del tempo richiesto per generare un preventivo di spesa;
- risparmio fino al 10% del valore del contratto attraverso clash-detections;
- riduzione nel tempo del progetto fino al 7%.

2.8 INTEROPERABILITA'

Prerogativa e caratteristica essenziale di un ambiente BIM per essere definito tale è l'interoperabilità. Nelle attività del settore Archittettura-Ingegneria-Costruzioni sono di tipo collaborativo e non esiste un'applicazione software in grado di gestirle tutte, sono necessari strumenti che consentano lo scambio dei dati tra i vari professionisti e tra i vari software. L'interoperabilità del software identifica lo scambio continuo di dati a livello di software fra applicazioni diverse, ognuna delle quali può avere una propria struttura dati interna.

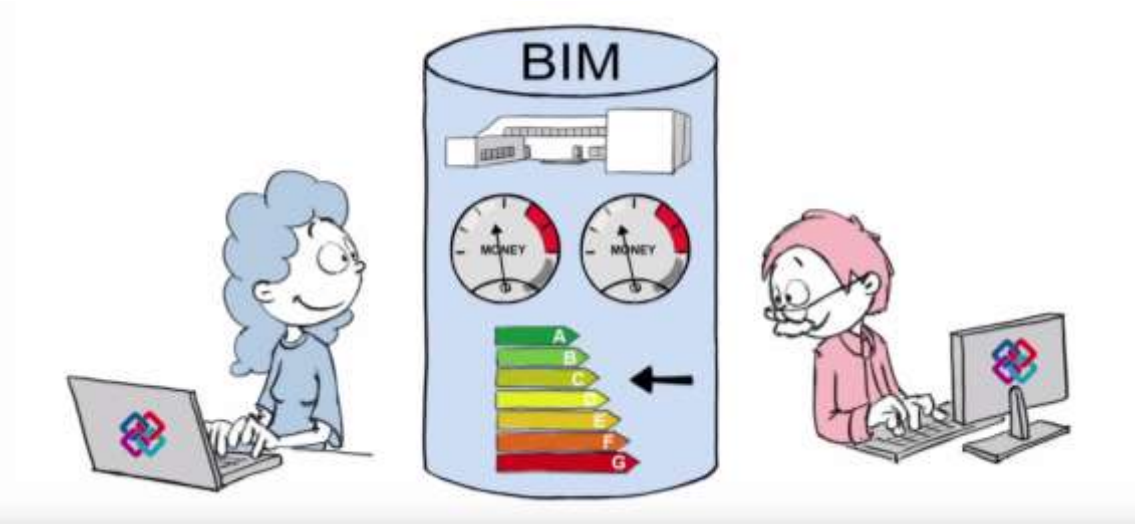


Figura 2.h : L'interoperabilità nel sistema B.I.M. [10]

Il principale obiettivo dell'interoperabilità consiste nella possibilità di avere i dati giusti, nel formato giusto, al momento giusto e, soprattutto, cercando di eliminare sprechi nelle fasi di recreating, editing e converting dei dati della costruzione durante l'intero processo, durante il quale viene infatti creata un'elevata quantità di informazioni.
L'interoperabilità è il requisito centrale affinché il BIM si diffonda e venga effettivamente impiegato come metodologia, non solo come modello semplificato utilizzato durante la fase di progettazione. Lo scambio automatico dei modelli e di altri dati tra diverse piattaforme di software è uno dei principali cambiamenti richiesti dal settore Archittettura-Ingegneria-Costruzioni per una completa integrazione e collaborazione tra i diversi attori del processo edilizio.

[10] https://www.youtube.com/watch?time_continue=149&v=2m_IL99WOzQ

Il concetto viene chiaramente espresso nella ormai nota rappresentazione grafica elaborata da Patrick MacLeamy ("curva di MacLeamy"), che fu presentata alla conferenza AIA del 2005 proprio come tematica legata alla progettazione integrata.
Il diagramma mette in relazione gli sforzi progettuali con la linea del tempo, mettendo a confronto il processo di progettazione tradizionale (traditional design process) con quello della progettazione integrata (Integrated Process Delivery, IPD). Il grafico che ne risulta presenta la classica curva a campana del processo di progettazione tradizionale con il picco di sforzi e risorse al centro della fase di costruzione e documentazione. E mostra come il BIM muove il picco di utilizzo delle risorse alla fine della fase di progettazione preliminare.

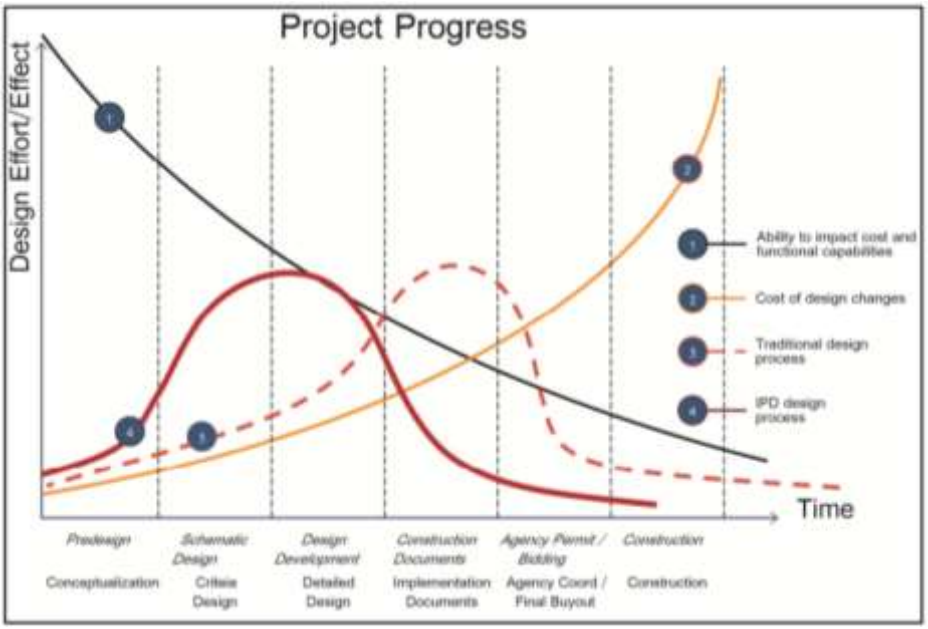


Figura 2.i : "Curva di MacLeamy": schema dei processi di progettazione a confronto.[11]

Si evidenzia anche come lo sforzo progettuale concentrato nelle fasi iniziali della progettazione incida in maniera positiva in termini di costi, a fronte di quello che abitualmente constatiamo nella realtà, dove il tradizionale processo vede l'ultimazione e il perfezionamento del progetto in fasi più avanzate con costi decisamente maggiori.
Non si tratta di ridurre gli sforzi progettuali, in quanto l'impegno non può che essere commisurato alla qualità di ciò che si intende realizzare (i punti di massimo delle due

[11] http://www.ingenio-web.it/Articolo/3889/Riflessioni_sulla_Collaborazione_nella_Modellazione_Progettuale_e_Informativa.html

curve rappresentative dei due diversi sono pressoché identici), ma di anticipare nel tempo tali sforzi.

Prende vita, dunque, un nuovo modo di affrontare la progettazione, frutto della sua "percorribilità tecnica" resa possibile dalla disponibilità del modello virtuale dell'edificio, ma soprattutto della convenienza economica conseguente alla sua messa in campo. La convenienza è ben evidente analizzando l'andamento della curva relativa ai costi delle modifiche progettuali, via via più bassi all'anticiparsi delle correzioni e integrazioni.

A partire, dunque, dal prototipo, stanno prendendo forma nuovi processi di tipo collaborativo grazie alla metodologia BIM, che richiedono la compresenza di tutti gli attori della progettazione e, possibilmente, anche della realizzazione, sin dalle prime fasi della ideazione dell'intervento edilizio. Progettisti, impresari e anche grandi subappaltatori (impiantisti e strutturisti) sono richiamati ad un lavoro di squadra sin dalle prime fasi di progettazione.

Diventa indispensabile definire le condizioni di scambio delle informazioni in maniera rigorosa, sono necessari dettagliati standard tecnici, dato che gli utenti che trasferiscono i dati utilizzano diversi tipi di software. Tali software devono quindi contenere al loro interno degli standard, nascondendone la complessità all'utente e facendo in modo che essi siano messi in atto automaticamente dal sistema.

I problemi di interoperabilità si manifestano nei tanti software utilizzati da diversi utenti e per questo motivo è stato sviluppato dall'associazione buildingSMART il programma OpenBIM: si tratta di "un approccio universale di collaborazione nelle fasi di progettazione, costruzione e gestione degli edifici basato su standard e flussi di lavoro aperti".[12]

Questa integrazione tra le piattaforme è resa possibile grazie al formato IFC (Industry Foundation Classes), principale modello di dati basato su standard che rappresenta il formato di scambio dati preferenziale per tutto il mondo della progettazione BIM oriented. Le caratteristiche principali del formato IFC sono la esigua dimensione dei files, il contenuto tridimensionale identico all'originale e soprattutto la capacità di trasmettere ad altre piattaforme BIM le informazioni aggiuntive degli oggetti inseriti senza bisogno di ulteriori trasformazioni. Il formato IFC è di tipo open-source e free, è registrato dalla ISO e segue i requisiti ISO 16739:2013, oltre ad essere supportato da numerosi software

[12] http://www.buildingsmart.org/

(Graphisoft, Autodesk, Nemetschek). La possibilità di condividere files nel formato IFC permette ad architetti, ingegneri, consulenti, utenti ed altri professionisti, a non dover essere vincolati ad un unico fornitore o piattaforma.

Esiste anche il formato gbXML (Green Building XML), che è un open schema sviluppato da Green Building Studio Inc. per il trasferimento dei dati da un modello BIM a strumenti di analisi e simulazione energetica. Questo formato, quindi, potenzia numerosi software di simulazione energetica disponibili sul mercato, perchè permette di integrare la fase di progettazione e la gestione dell'edificio e delle risorse: consente infatti una descrizione dettagliata della costruzione utilizzabile per la determinazione del costo di funzionamento, dell'inquinamento prodotto, del fabbisogno energetico e del comfort. Esso consente l'interoperabilità dei dati tra le applicazioni CAD 3D e modelli BIM e programmi di analisi dell'edificio.

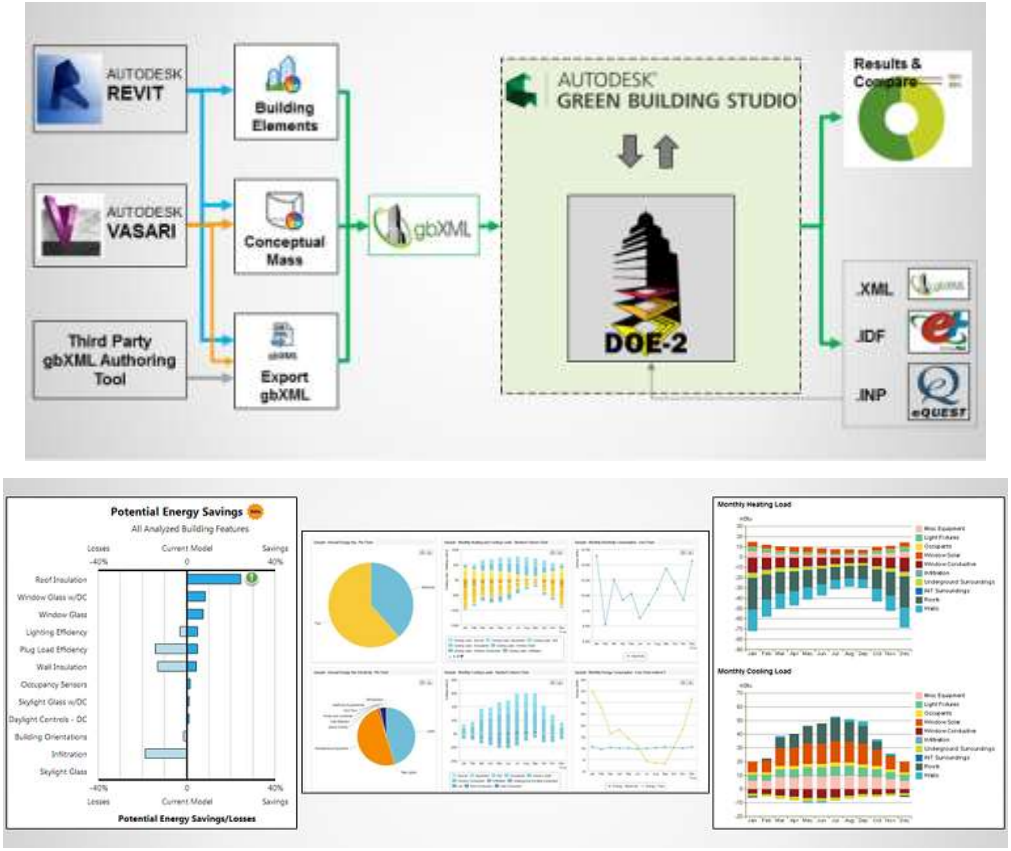


Figura 2.1 : Trasferimento dei dati in formato gbXML da un modello BIM a strumenti di analisi e simulazione energetica.[13]

[13] http://help.autodesk.com/view/BUILDING_PERFORMANCE_ANALYSIS/ENU/?guid=GUID-E85A114E-BA0D-4811-B1A5-4EE26462708A

2.9 COME FUNZIONA UN SOFTWARE BIM

Un software BIM produce ancora disegni 2D o 3D, ma il processo non si basa più su linee vettoriali, forme e caselle di testo. Esso si fonda, invece, su insieme di dati che descrivono gli oggetti virtualmente, imitando il modo in cui saranno gestiti fisicamente nel mondo reale. Tuttavia, la vera novità che il metodo BIM offre consiste nell'essere un sistema veramente interoperabile, che permette piena integrazione, consentendo ai vari professionisti e specialisti coinvolti in ogni fase del ciclo di vita di lavorare insieme, senza conflitti di dati o di processo.

La programmazione 4D in BIM consente ai progettisti e ai manager di individuare i problemi di pianificazione legati alla durata dei lavori e di analizzare le sovrapposizioni e l'accessibilità più efficacemente che attraverso grafici standard di Gantt. Tutto questo in maniera dinamica e non statica come avviene in un modello di edificio standard. Ad esempio, facendo un collegamento tra le tempistiche e i componenti strutturali, è possibile effettuare un'analisi relativa alla parte strutturale utilizzando un modello BIM reale. Se l'analisi del flusso di lavoro del modello viene effettuata in fase di progettazione, si può determinare il migliore tipo di materiale e la relativa metodologia di costruzione al fine di risparmiare tempo e denaro.

Uno degli usi BIM più apprezzato, promosso e diffuso è il rilevamento di conflitti ed interferenze (**clash detection**). Esso consiste sostanzialmente nell'unire in un unico modello i vari progetti provenienti delle varie discipline (architettonico, ingegneristico, impiantistico, ecc.) per identificare le interferenze e le "collisioni". Questo permette di anticipare i problemi che altrimenti si verificherebbero in cantiere, divenendo più onerosi e di più difficile risoluzione.

Il rilevamento di conflitti può essere suddiviso in tre categorie: Hard clash, Soft clash/clearance clash, 4D/workflow clash.

I primi avvengono quando gli oggetti occupano lo stesso spazio: ad esempio, un tubo che passa attraverso una parete dove non ne è indicata l'uscita.

I soft clash (o clearance clash), invece, si riferiscono a tolleranze ammissibili o di spazio: per esempio, zone "cuscinetto" tra i componenti lasciate per fornire lo spazio necessario alla manutenzione.

Infine, quelli appartenenti alla categoria dei workflow clash riguardano le sovrapposizioni riferite alla pianificazione 4D o al flusso di lavoro, quindi alla programazione dei diversi

team di lavoro alla fornitura di attrezzature e materiali o altre problematiche legate alla tempistica.

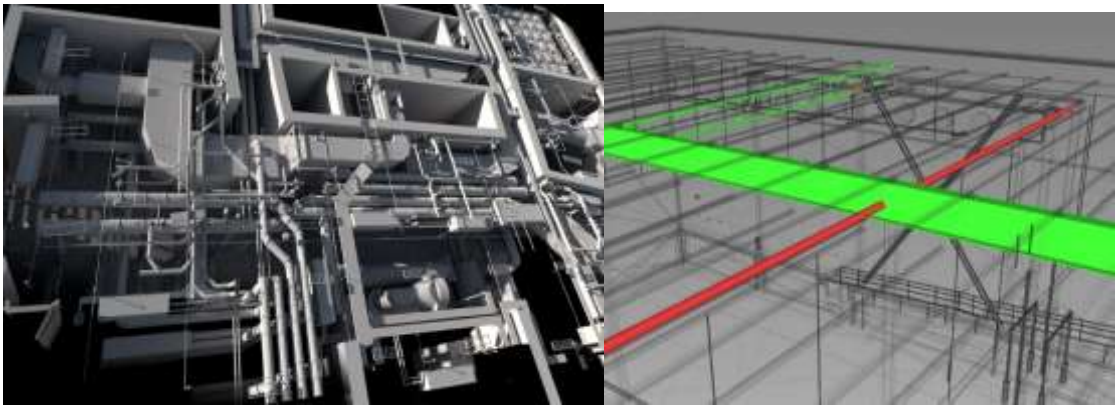


Figura 2.m : Individuazione di interferenze, collisioni, conflitti (clash detection). [14]

Il livello di BIM utilizzato è spesso relazionato al livello di maturità del team di progettazione. E' ancora raro quindi l'utilizzo del 4D completamente integrato con il 5D, soprattutto a causa dei costi del software e dell'attuale poca formazione. Tuttavia, la certezza delle quantità generate dal modello BIM permette di fare diverse valutazioni nel trovare le soluzioni più efficaci prima della costruzione: modellare in BIM significa infatti che la pianificazione delle quantità può essere prodotta immediatamente.

Alla domanda: che tipo di software dovrebbe utilizzare un professionista per sfruttare al meglio il BIM? La risposta non è univoca, oppure potrebbe essere "non solo uno".
Tra i software BIM più utilizzati si possono citare Autodesk Revit, ArchicAD, ALLPlan, Edificius, Vectorworks; ciascuno di essi ha caratteristiche e limitazioni che li qualifica. Per questo motivo spesso conviene ricorrere alla combinazione dell'uso di più applicazioni. Esistono software che possono essere sfruttati in fase di concept per creare un modello importato poi in un'applicazione BIM. In fasi successive, possono essere utilizzati altre applicazioni in grado di analizzare i dati di un modello BIM per la modellazione energetica, per le fasi di costuzione o per altri scopi. Ancora una volta è lampante come il requisito della interoperabilità sia essenziale, quando questo viene a

[14] http://www.webbersmith.com/portfolio-item/3455/
https://www.graphisoft.com/it/soluzioni/

mancare nascono i problemi. Per questo motivo è stato sviluppato il programma OpenBIM.

Le applicazioni BIM sono state sviluppate essenzialmente come strumento di progettazione parametrica object-base per creare e gestire informazioni legate alla fase di progettazione, cantiere e di manutenzione.

La maggior parte dei software BIM hanno anche interfacce per altre applicazioni come rendering, analisi energetica, stima dei costi, e altre.

Alcune forniscono anche funzionalità multiutente che consentono a più utenti di coordinare il proprio lavoro.

Grandi imprese e studi di progettazione in genere gestiscono e integrano numerosi tipi di applicazioni per l'utilizzo dei loro dipendenti.

E' importante specificare come le diverse applicazioni sono concepite e organizzate attraverso una possibile gerarchia di termini che spiega l'uso BIM.

BIM tool (strumento): si tratta di un software che genera uno specifico risultato; per esempio sono strumenti quelli per generazione del modello, produzione di disegni, stima dei costi, clash and error detection, analisi energetica, rendering, programmazione e visualizzazione. Il tipo di output è spesso stand-alone, come rapporti, disegni, tuttavia, talvolta può essere esportato ad altre applicazioni di tipo tool, come ad esempio quantità takeoff o stime dei costi o nodi strutturali da applicare a dettagli costruttivi.

BIM platform (piattaforma): è un'applicazione, di solito per la progettazione, che genera dati per molteplici usi. Fornisce un modello con le informazioni principali che sono caratterizzanti la piattaforma, per esempio quelle geometriche. La maggior parte delle piattaforme BIM incorpora internamente anche funzionalità come generazione di disegni, verifica di clash and error detection. Di norma, incorporano interfacce di altri BIM tool con vari livelli di integrazione.

BIM environment (ambiente): permette la gestione dei dati di più flussi di informazioni che integrano le varie applicazioni (strumenti e piattaforme) all'interno di un'organizzazione. Rispecchia e sostiene le policies e le pratiche organizzandone le disposizioni e richieste. Spesso l'ambiente BIM non è "concettualizzato" e cresce in maniera ad hoc dalle necessità interne della società o del gruppo di lavoro. La funzione principale degli ambienti BIM è la generazione automatica e la gestione di più set di dati provenienti da strumenti BIM. Inoltre, quando si utilizzano più piattaforme, e, quindi, i modelli di dati, è necessario un altro livello di gestione dei dati e di coordinamento.

Gli ambienti BIM sono rivolti come le piattaforme al monitoraggio e al coordinamento del progetto, ma offrono l'opportunità di svolgere molto più ampie forme di informazione rispetto al solo modello, per esempio video, immagini, registrazioni audio, email. Le piattaforme BIM non sono impostate per gestire tali informazioni così eterogenee. I server BIM per esempio sono nuoi prodotti mirati a supportare ambienti BIM e che troveranno sempre maggiore sviluppo.
Inoltre l'ambiente BIM include librerie di oggetti e di sistemi di montaggio per il recupero di edifici, oppure interfacce e collegamenti a sistemi di gestione aziendale e di contabilità. Le piattaforme BIM dispongono di informazioni sufficienti per supportare le operazioni di progettazione e di creazione e di modifica di oggetti. Attraverso regole parametriche mantengono la correttezza spaziale di un modello di edificio.
Possono avere più strumenti integrati per la modellazione 3D, per il computo metrico, per il rendering, e per la semplice produzione di disegni. Gli strumenti BIM invece non hanno la struttura e le regole per aggiornare correttamente la progettazione degli edifici. Essi forniscono analisi e pacchetto di dati per costi o pianificazioni e creano schede tecniche e possibilmente rendering o animazioni. Le piattaforme sono spesso usate anche in modo informale come ambiente BIM poiché è possibile basarsi su una sola piattaforma per fornire tutti i servizi all'interno di un'organizzazione, ed è quello che succede quando si propone all'aquirente un'offerta con la "soluzione completa".
Nel capitolo successivo, sarà presentata a grandi linee la piattaforma di Revit, dato che Autodesk Revit 2017 è il software parametrico basato su tecnologia BIM che è stato utilizzato e sperimentato in questo lavoro di tesi.

2.10 IL BIM NEL MONDO E IN ITALIA

Con la Direttiva 2014/24/EU, l'Unione Europea ha introdotto alcuni indirizzi ai paesi membri sull'utilizzo del sistema BIM nella progettazione e realizzazione delle opere pubbliche. Viene quindi fortemente incoraggiato il sistema BIM quale mezzo per accrescere l'efficacia e la trasparenza delle procedure di appalto. È importante sottolineare che nel testo della direttiva non si ha esplicito richiamo all'uso di particolari software, quanto piuttosto alla creazione di metodologie di gestione e verifica dei dati costituenti tutto il processo edilizio. L'Europa fissa inoltre un periodo di trenta mesi per il recepimento di tali direttive da parte degli Stati membri.

Per quanto riguarda la diffusione della procedura BIM presso gli operatori europei (progettisti e imprese), dai dati diffusi nel 2013 dalla compagnia di consulenza europea Arch-Vision (Q4 2013 European Architectural Barometer), emergono forti differenze a seconda dei paesi. Lo Stato all'avanguardia risulta essere i Paesi Bassi, con il 51% dei progettisti che già utilizza il BIM, seguito dal Regno Unito (33%). L'Italia si colloca nelle ultime posizioni della statistica, con il solo 10% dei progettisti che già impiegano le procedure BIM.[15]
A livello mondiale, alcuni siti indipendenti raccolgono periodicamente un elenco di progettisti e imprese che già operano stabilmente con il sistema BIM. Un esempio è il database Revit Inside che contiene una lista di centinaia di soggetti in tutto il mondo accreditati come utilizzatori di Autodesk Revit.

Il *Regno Unito* è uno dei Paesi più attivi per quanto riguarda l'utilizzo del BIM. Già nel 2000 è stata avviata l'AEC (UK) CAD Standards Initiative, ricostituita nel 2009 per far fronte alla necessità nel settore dell'AEC (Architecture Engineering and Construction) del Regno Unito di uno standard per un ambiente di progettazione BIM. Nel 2011 il National Building Specification (NBS) ha annunciato lo sviluppo della National BIM Library per l'industria delle costruzioni del Regno Unito, una libreria digitale di oggetti gratuita e facilmente accessibile online da tutti i professionisti del settore delle costruzioni. Il Cabinet Office coordinerà gli sforzi del governo per lo sviluppo di standard che consentano a tutti i membri del processo edilizio di lavorare in modo collaborativo attraverso il BIM. Il Governo sta attuando un piano al fine di rendere obbligatorio l'utilizzo del BIM per la realizzazione di opere pubbliche.

La *Francia* già nel 2014 ha proposto l'uso del BIM. Nel 2015 il Ministero per l'Abitazione (Sylvia Pinel) ha finanziato una serie di progetti pilota in ambito BIM e costruzioni. Nell'anno in corso dovrebbe diventare obbligatorio per i progetti finanziati dallo Stato.

In *Norvegia* l'utilizzo del BIM è stato promosso dal "Norwegian Directorate of Public Construction and Property" con la conseguente richiesta di formati IFC (Industry

[15] https://it.wikipedia.org/wiki/Building_Information_Modeling

Information Classes) in tutti i progetti a partire dal 2010, adottando il BIM per la gestione di tutto il ciclo di vita degli edifici. Anche il settore industriale è stato spinto ad adottare il BIM ed il formato IFC. Inoltre sono state definite delle linee guida sotto forma di manuale BIM basato sugli standards CAD norvegesi ed in coordinamento con il National BIM Standards (NBIMS) statunitense. La progettazione di opere pubbliche è consentita unicamente mediante un approccio BIM-Based.

Figura 2.n : Paesi che hanno già reso obbligatorio il BIM. (Cadenas, 2017).[16]

In *Danimarca* ci sono tre enti pubblici che hanno iniziato a lavorare sul tema BIM per la gestione del patrimonio immobiliare pubblico: la Palaces and Properties Agency, la Danish University e la Defence Construction Service. Le prime istruzioni danesi specificano una metodologia di lavoro coerente e comune in tutte le fasi di un processo basata sulla pubblicazione nel 2006 del "3D Working Method" associata al "3D CAD Manual" che spiegano come un modello possa essere creato, scambiato e riutilizzato attraverso le fasi del progetto. Tuttavia attualmente in Danimarca i sistemi CAD non sono ancora BIM.

[16] https://www.cadenas.de/it/prodotti/catalogo-elettronico-dei-prodotti/mercati-verticali/bimcatalogs-net

La *Finlandia* è uno dei primi Paesi europei a sperimentare il BIM per il progetto e la realizzazione delle opere pubbliche. Il BIM è una realtà già conosciuta e consolidata.
Già dal 2001 la Senate Properties, l'azienda governativa responsabile del patrimonio immobiliare dello stato finlandese, ha iniziato ad utilizzare dei progetti pilota per sviluppare e studiare un numero significativo di modelli parametrici BIM. Verificata la possibilità di utilizzare la metodologia BIM nel lavoro ordinario, si è imposto l'uso di modelli BIM dal 2007. La realizzazione dei modelli ha permesso di definire delle linee guida che identificassero i requisiti per i Building Information Models. Il tutto è disciplinato dalle Common BIM Requirements 2012.

In *Svezia* l'uso del BIM per i progetti pubblici non è obbligatorio, ma le aziende hanno investito già da tempo nella tecnologia BIM. Nel 2010 lo Swedish Standards Institute ha sviluppato una guida pratica, dal titolo BIM för Byggmästare, che aiuta le piccole e medie imprese ad affacciarsi alla nuova metodologia BIM ed utilizzarla nei loro progetti.

Negli *Stati Uniti* diversi enti stanno lavorando sul tema BIM da alcuni anni. Nel 2003 la General Service Administration (GSA), attraverso il Public Building Service (PSBS) e l'Office of Chief Architect (OCA) ha stabilito il programma nazionale per il 3D e 4D BIM, pubblicando delle guide che descrivono la metodologia di lavoro nelle industrie delle costruzioni. Un ruolo importante è rivestito dal National BIM Standard-US Project Committe, un comitato di lavoro della buildingSMART, il cui mandato è quello di migliorare il processo di pianificazione, progettazione, costruzione manutenzione utilizzando un modello informativo standardizzato contenente tutte le informazioni create o raccolte lungo l'intero ciclo di vita di un manufatto, nuovo o vecchio, in un formato utilizzabile da tutti. Nel 2007 è stato pubblicato il National BIM Standard version1-Part1 che contiene informazioni relative agli standard minimi per un progetto BIM. Inoltre, a partire dal 2006, l'U.S. Army Corps of Engineers (USACE) ha presentato varie road map relative al BIM come utile riferimento per i proprietari immobiliari. In ultimo nel 2008, una specifica del Constryction Operations Building Information Exchange (COBIE) denota come le informazioni possano essere acquisite durante le fasi di progettazione e di realizzazione per poi essere fornite agli appaltatori che si occuperanno della gestione.

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

In *Canada* l'attenzione è stata rivolta all'individuazione degli strumenti utilizzati nelle varie fasi del processo edilizio che possono supportare l'implementazione del BIM. Questo lavoro è stato svolto nel 2011 dal National Research Council del Canada che ha pubblicato l'Environmental Scan of BIM Tools and Standard. Il rapporto individua complessivamente 79 software commerciali per fornire un rilievo dei software disponibili ed utilizzabili nel settore dell'AEC, distinguendoli in base alle fasi di pianificazione e progettazione, realizzazione e gestione. Dalla relazione emerge che l'utilizzo del BIM è maggiore nella prima fase legata alla progettazione anche attualmente altre discipline hanno iniziato a fare un uso significativo dei modelli BIM nello svolgimento delle proprie attività.[17]

Il *Italia*, il 19 aprile 2016, è entrato in vigore il nuovo Codice appalti (dlgs 50/2016), che riscrive la disciplina dei contratti pubblici sul territorio italiano.

[17] http://biblus.acca.it/bim-e-codice-appalti-ecco-la-situazione-in-italia-e-in-europa/

Uno degli obiettivi del nuovo Codice è senz'altro quello di favorire il progressivo utilizzo di strumenti elettronici, come la modellazione per l'edilizia e le infrastrutture, nel cui ambito rientra il BIM (Building Information Modeling). L'art. 23 comma 13 del Codice prevede esplicitamente che le stazioni appaltanti possano già richiedere per le nuove opere e per interventi di recupero, in maniera prioritaria per gli interventi più complessi, l'uso dei metodi e strumenti elettronici specifici, quali quelli di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture (il BIM)[18]. Il comma, inoltre, stabilisce che un decreto del Ministero delle Infrastrutture dovrà fissare le modalità e i tempi di **progressiva introduzione dell'obbligatorietà del BIM** sia per le amministrazioni sia per le imprese. Il percorso è da tracciare "in relazione alla tipologia delle opere da affidare" e alla strategia "di digitalizzazione delle amministrazioni pubbliche e del settore delle costruzioni".[19]

Il nuovo Codice definisce, sempre all'art. 23 comma 13, le caratteristiche che devono avere gli strumenti elettronici specifici: si deve trattare di piattaforme interoperabili e occorre utilizzare formati di file aperti e non proprietari.

Lo scopo è ovviamente quello di non limitare la concorrenza tra i fornitori di tecnologie. L'uso dei metodi e strumenti elettronici, inoltre, può essere richiesto soltanto dalle stazioni appaltanti dotate di personale adeguatamente formato.

Generalmente il livello di formazione *attuale si può considerare molto basso*. Mediamente, le stazioni appaltanti, le imprese e i professionisti non sono ancora sufficientemente pronti. **Ecco perché non si può pensare di rendere obbligatorio da subito il BIM, ma si intende farlo gradualmente** impostando tre momenti ben definiti. La prima fase prevede che entro il 2019 il BIM sia obbligatorio per tutte le opere dal valore superiore ai 100 milioni. Entro il 2021 dovrà essere compiuta la seconda fase, che obbliga l'uso del BIM per le costruzioni strategiche, con particolari standard di sicurezza (criterio non più legato, quindi, al valore ma alla complessità delle opere). Infine, terzo step, imporrà dal 2022 l'utilizzo del BIM per tutte le opere, tranne quelle che non presentano particolari problematiche di sicurezza (ad esempio: costruzioni residenziali).

[18] http://biblus.acca.it/bim-e-codice-appalti-ecco-la-situazione-in-italia-e-in-europa/
[19] https://www.ediltecnico.it/51786/bim-obbligatorio-2019-decreto/

2.11 FUTURO DEL BIM

Quello delle costruzioni è un settore tipicamente lento ad adottare cambiamenti, ma tutti gli operatori del settore delle costruzioni stanno maturando una maggiore consapevolezza in merito alle grandi opportunità e ai vantaggi apportati dal BIM, spinti anche dalla necessità di allineamento con i mercati internazionali. Il BIM, grazie all'ottimizzazione dei processi e alla trasparenza nelle procedure, rappresenta una risposta concreta all'attuale crisi dell'industria delle costruzioni.

Tutte le innovazioni che comportano un cambiamento nella gestione dei processi, sia nelle metodologie sia negli strumenti, affinché non siano viste come un ostacolo, ma come un'opportunità, devono obbligatoriamente essere supportate da un solido impianto normativo.

Tutto ciò implica un periodo, più o meno lungo, di adeguamento a nuove procedure caratterizzato dalla necessità di una formazione specifica sia in termini teorici, quindi di processo, sia in termini pratici e quindi di utilizzo di nuovi software a supporto della metodologia BIM.

Bisogna guidare gli operatori del settore verso un corretto utilizzo di quella che è una metodologia nuova ed è necessario che essi, per far fronte a tale fase di formazione e sviluppo, investano risorse economiche e tempo.[20]

Le potenzialità offerte dalla progettazione BIM-oriented aprono scenari d'interoperabilità sempre più articolati. E' in continua crescita lo sviluppo di applicazioni, strumenti e tecnologie che permettono un'integrazione dei software BIM sempre più forte in ogni settore ed attività, facilitando anche la collaborazione fra tutti gli attori coinvolti nel processo edilizio. Le applicazioni hardware, software e cloud stanno acquisendo una capacità di gestione delle quantità di informazioni in continua crescita e sempre più dettagliata.

[20] http://www.ingenio-web.it/Articolo/5087/Quale_futuro_per_il_BIMe_Sfide_e_opportunita_della_digitalizzazione_per_un_reale_passo_avanti_del_settore_delle_costruzioni .html

3. AUTODESK REVIT

Revit è il software più noto e l'attuale leader di mercato BIM nella progettazione architettonica. E' stato introdotto da Autodesk nel 2002; è una piattaforma completamente separata da AutoCAD, con una propria struttura diversa, e supporta il formato IFC import/export.

Revit è una piattaforma di progettazione e documentazione che supporta i progetti, i disegni e gli abachi necessari per la modellazione delle informazioni edilizie (Building Information Modeling). La modellazione delle informazioni edilizie fornisce informazioni relative a progetti, obiettivi globali di progettazione, quantità e fasi della progettazione in tempo reale.

Nel modello di Revit, ciascuna tavola di disegno, vista 2D o 3D e abaco costituisce una rappresentazione specifica di informazioni provenienti dallo stesso modello di edificio virtuale. In Revit, mentre si lavora nel modello di costruzione, vengono raccolte informazioni relative al progetto edilizio e coordinate in tutte le restanti rappresentazioni del progetto. Il coordinamento avviene mediante il motore di modifica parametrica di Revit, che estende automaticamente (senza nessun intervento dell'utente) le modifiche eseguite in un punto alle altre viste, tavole di disegno, abachi, sezioni e piante del modello garantendone la coerenza generale.

Il termine "modellazione parametrica" fa riferimento alle relazioni esistenti tra tutti gli elementi di un progetto, che consentono di eseguire operazioni di coordinamento e gestione delle modifiche. Le relazioni possono essere create automaticamente dal software o direttamente dall'utente nel corso delle operazioni.

Per intenderci, un esempio di relazione può essere: il bordo di un pavimento (o di un tetto) che è collegato al muro esterno in modo tale che, spostando il muro, il pavimento o il tetto rimangono connessi.

In questo capitolo si vuole descrivere a grandi linee quello che è possibile realizzare con l'ausilio di Revit, come è strutturato il programma, che tipo di "linguaggio" viene utilizzato, quale è la logica che ne gestice i comportamenti, quindi quali possono essere le potenzialità offerte dai suoi strumenti. Il contenuto di questa sezione vuole essere propedeutico a quanto verrà presentato successivamente, di modo che ciò che verrà scritto nei capitoli seguenti possa essere comprensibile da chi legge. Non si vuole quindi stilare

una guida esaustiva all'uso di Revit, compito che si demanda ai manuali dedicati e che non rientra nelle finalità della tesi.

3.1 GLI ELEMENTI DI REVIT: FAMIGLIA, TIPO, ISTANZA

Ogni elemento, dagli oggetti architettonici a quelli di documentazione, in Revit è considerato una **famiglia**. Una famiglia è definita come un gruppo di elementi con un insieme di proprietà comuni denominate parametri ed una rappresentazione grafica associata.

Nei progetti di Revit vengono utilizzati tre tipi di elementi: elementi del modello, elementi di riferimento ed elementi specifici della vista. In Revit, gli elementi vengono denominati anche famiglie. La famiglia contiene la definizione geometrica dell'elemento ed i parametri utilizzati dall'elemento stesso. Ogni istanza di un elemento viene definita e controllata dalla famiglia. Gli elementi di Revit si suddividono in elementi del modello, elementi di riferimento ed elementi specifici delle viste.

Gli **elementi del modello** rappresentano l'effettiva geometria 3D di un edificio e vengono visualizzati nelle viste pertinenti del modello stesso. Tra essi troviamo ad esempio: muri, finestre, porte, tetti, solai, rampe inclinate, ma anche lavabi, caldaie, condotti, estintori e quadri elettrici.

A loro volta, gli elementi del modello possono essere distinti in *host* (muri, pavimenti, tetti) e in *componenti del modello* (scale, finestre, porte, arredi, elementi strutturali, elementi MEP).

Gli **elementi di riferimento**, diversamente, sono quelli che contribuiscono a definire il contesto del progetto. Ad esempio griglie, livelli e piani di riferimento.

Infine, vi sono gli **elementi specifici delle viste**: ovvero quelli visualizzati solo nelle viste in cui vengono posizionati e che contribuiscono a descrivere o a documentare il modello. Tra questi vi sono gli *elementi di annotazione* e i *dettagli*. I primi sono componenti 2D che documentano il modello e mantengono la scala sulla carta. Ad esempio quote, etichette e note chiave sono elementi di annotazione. I dettagli, invece, sono elementi 2D che forniscono dettagli sul modello dell'edificio in una vista particolare. Alcuni esempi sono le linee di dettaglio, le campiture e i componenti dei dettaglio 2D.

A scopo illustrativo si riporta qui di seguito uno schema rappresentante la classificazione appena esposta.

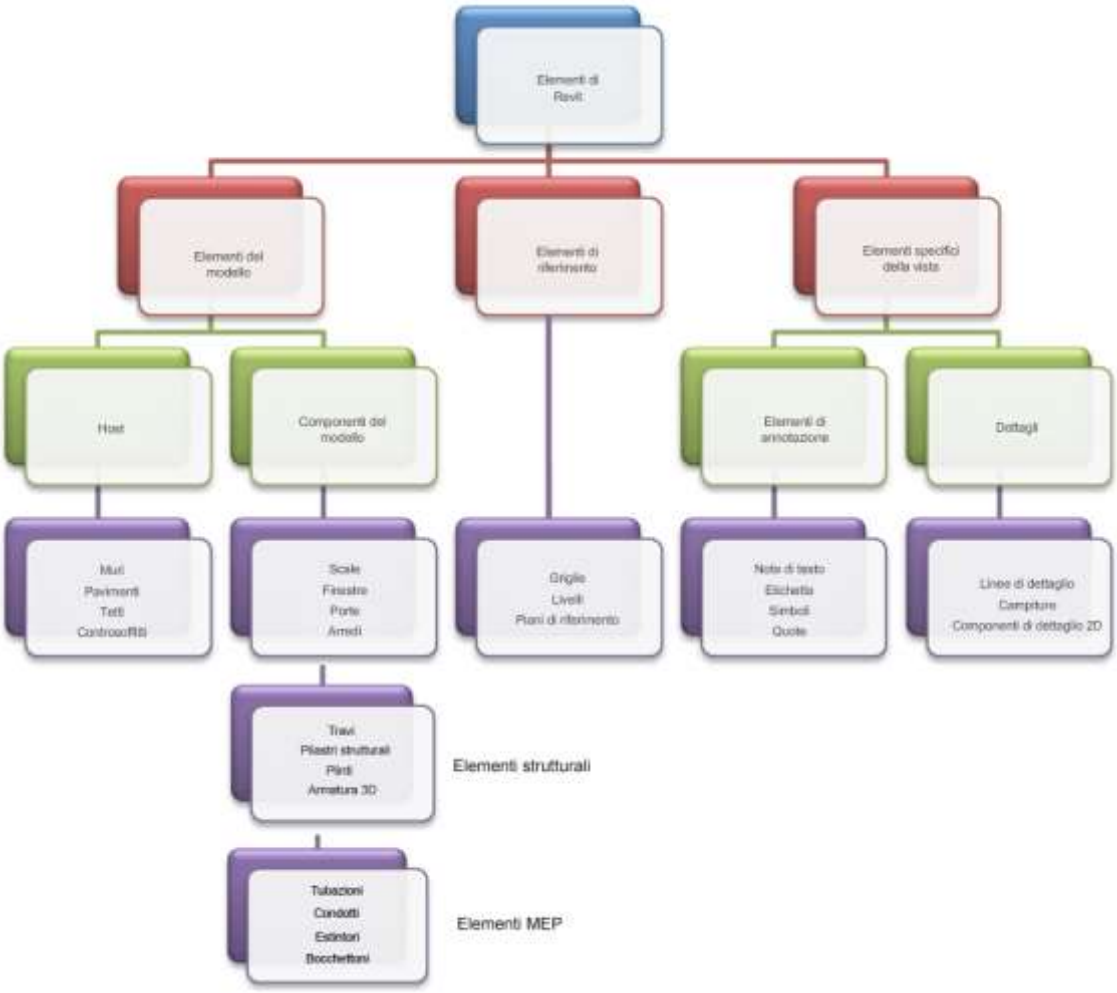


Figura 3.a : Come vengono classificati gli elementi di Revit.[21]

Una simile composizione garantisce più flessibilità ai progettisti. Gli elementi di Revit sono stati concepiti per essere creati e modificati direttamente dall'utente senza che ciò richieda alcuna attività di programmazione, pertanto in Revit chi si occupa del disegno può definire nuovi elementi parametrici.

Le famiglie di Revit possono essere suddivise ulteriormente in:

- famiglie di sistema, componenti dell'ambiente di Revit utilizzati per creare elementi di costruzione di base quali muri, tetti e pavimenti;
- famiglie caricabili, che vengono caricate nei modelli in base alle esigenze oppure vengono utilizzate per creare componenti di costruzione installati, nonché

[21] http://help.autodesk.com/view/RVT/2017/ITA/?guid=GUID-5BFA499A-5ACA-4069-852C-9B60C9DE6708

elementi di annotazione; vengono spesso ospitate da famiglie di sistema (ad esempio, le porte e le finestre sono ospitate da un muro);

- famiglie locali, ovvero elementi personalizzati creati nel contesto di un modello, utilizzati per lo più quando in un modello è necessario disporre di una geometria univoca che non si prevede di riutilizzare, oppure una geometria che deve mantenere una o più relazioni con altri componenti di geometria del modello; poiché gli elementi locali vengono progettati per un utilizzo limitato nei modelli, ciascuna famiglia locale contiene un solo tipo.

Ogni elemento inserito in un disegno rappresenta un'**istanza** di tipo di famiglia. Gli elementi presentano due gruppi di proprietà che ne controllano l'aspetto e il comportamento: le proprietà del tipo e le proprietà di istanza.
Un gruppo di **proprietà del tipo** è comune a tutti gli elementi di una famiglia e ciascuna proprietà presenta lo stesso valore per tutte le istanze di un tipo di famiglia specifico.
Ad esempio, tutti gli elementi che appartengono alla famiglia "Scrivania" presentano la proprietà "Larghezza", ma il valore di tale proprietà varia in base al tipo di famiglia. Pertanto, ciascuna istanza del tipo di famiglia "150 x 70 cm" all'interno della famiglia "Scrivania" ha un valore di larghezza pari a 150 cm, mentre ciascuna istanza del tipo di famiglia "180 x 70 cm" ha un valore di larghezza pari a 180 cm.
Pertanto, se si modifica il valore di una proprietà del tipo, vengono modificate tutte le istanze correnti e future di quel tipo di famiglia.
Un gruppo comune di **proprietà di istanza** si applica a tutti gli elementi appartenenti ad un tipo di famiglia specifico, tuttavia i valori di queste proprietà possono variare in base alla posizione di un elemento in un edificio o in un progetto.
Ad esempio, l'altezza e la larghezza di una finestra costituiscono le proprietà del tipo, mentre la quota altimetrica rispetto al livello è una proprietà di istanza. Allo stesso modo, le dimensioni della sezione trasversale di una trave sono proprietà del tipo, mentre la lunghezza della trave è una proprietà di istanza.
Contrariamente a quanto succede per le proprietà del tipo, se si modifica il valore di una proprietà di istanza, vengono modificati solo gli elementi selezionati o l'elemento che si sta posizionando.
Come si può intuire, in Revit è fondamentale capire se si sta facendo una modifica di una proprietà di tipo o su una proprietà di istanza. Attraverso di esse ogni oggetto può essere

descritto a 360° (caratteristiche geometriche, aspetto, materiale che lo costituisce, proprietà fisiche, ecc.) contenendo dati appartenenti a diverse discipline.

3.2 DOCUMENTAZIONE DI UN PROGETTO

Per prima cosa tramite Revit è possibile creare diverse viste del modello di edificio, ad esempio di pianta, di sezione, di prospetto e 3D. Si vedrà come anche un abaco è considerato una vista del modello. Infatti, nel modello di un edificio, ogni tavola di disegno, vista 2D, vista 3D e abaco costituisce una rappresentazione specifica di informazioni provenienti da un unico database del modello di edificio. Quando si modifica il modello di edificio in una vista di Revit, le modifiche vengono automaticamente applicate all'intero progetto (a meno che non si tratti di modifiche che cambiano le proprietà di visualizzazione e visibiltà grafica della vista stessa).

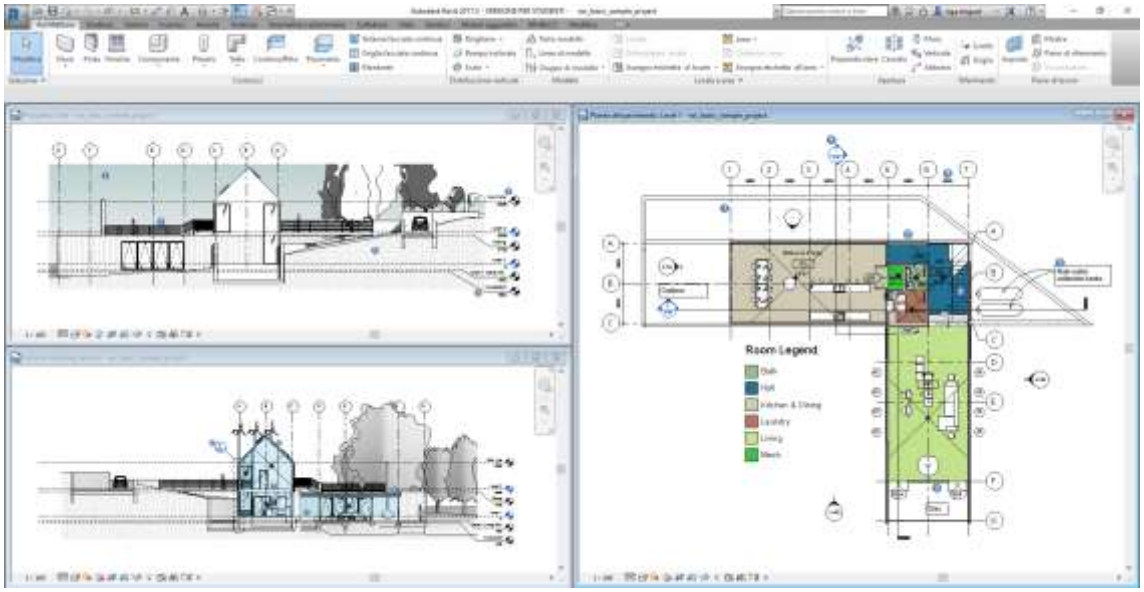


Figura 3.b : Esempio di schermata di Autodesk Revit 2017 con la tipica interfaccia grafica e con attive diverse viste.

Le viste 2D rappresentano il metodo tradizionale per la visualizzazione di un modello. Tali viste includono le **piante** del pavimento, le piante del controsoffitto e le piante strutturali. È possibile poi visualizzare viste di **prospetto** interne o esterne di un modello da quattro direzioni predefinite o da altre direzioni specificate.

Nelle viste di prospetto sono generalmente riportate le linee di livello. Per ogni linea di livello disegnata, viene creata una vista di pianta corrispondente.

È possibile creare viste di **sezione** di edifici, muri e dettagli. Ogni tipo comporta una visualizzazione grafica univoca ed è elencato in una posizione differente nel "browser di progetto".

Ad una vista di pianta, sezione o prospetto è possibile aggiungere e visualizzare una vista ingrandita di una parte specifica del modello, chiamata **vista di dettaglio**, fornendo maggiori informazioni o dettagli su tale parte del modello di edificio.

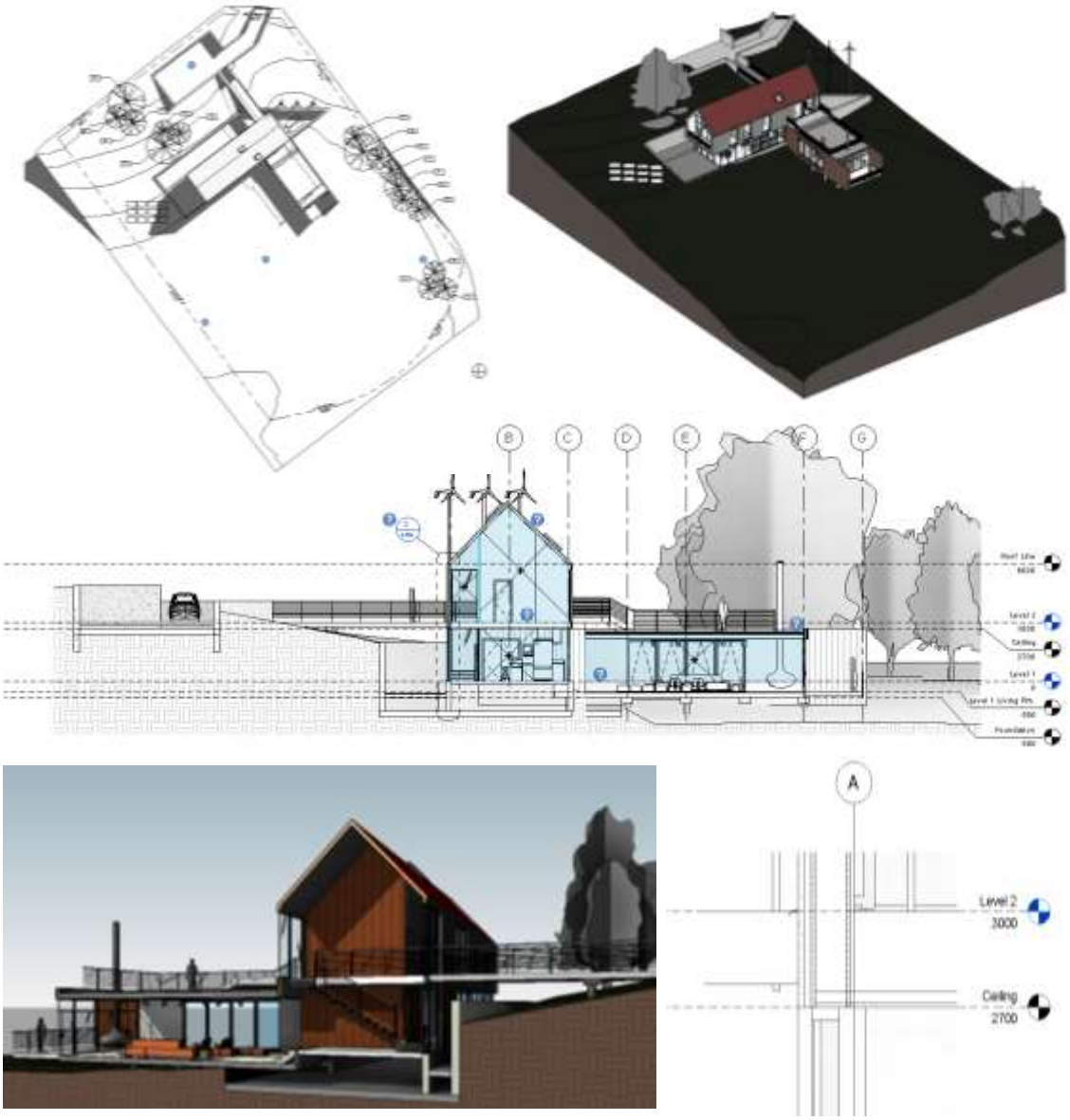


Figura 3.c: Esempio delle diverse viste ottenute con Revit (assonometria, pianta, sezione, prospettica, vista di dettaglio).

È possibile creare viste **ortogonali** e **prospettiche 3D** e migliorarle aggiungendo uno sfondo, regolando la posizione della cinepresa o le estensioni oppure modificando le proprietà della vista.

Per ciascuna vista del progetto, Revit permette di controllare la visibilità e la visualizzazione grafica di elementi del modello, riferimenti ed elementi specifici delle viste. Ad esempio, è possibile sostituire le impostazioni di visualizzazione di taglio, proiezione e superficie per filtri e categorie del modello. Gli elementi o le categoria del modello possono quindi essere nascoste, visualizzate o visualizzate in maniera differente (colore, trasparenza, livello di dettaglio, ecc.), a seconda delle impostazioni di visualizzazione della vista stessa.

Figura 3.d: Vista visualizzata con diversi stili di visualizzazione (Wirefrime, Linea nascosta, Colori omogenei).

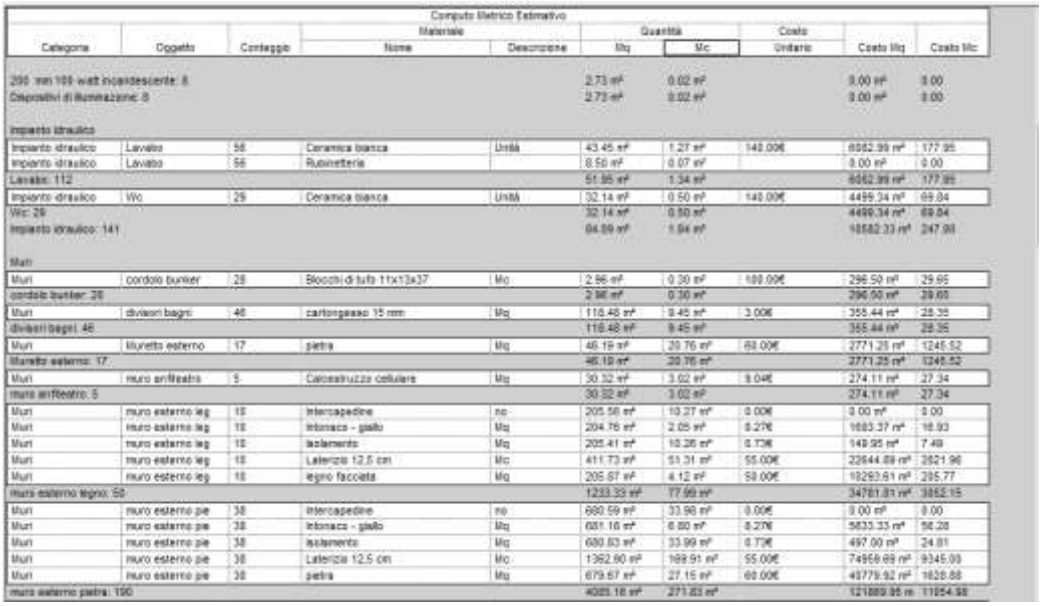
È possibile creare **abachi**, computi delle quantità e dei materiali e analizzare i componenti e i materiali utilizzati in un progetto. Come anticipato in precedenza, anche un abaco rappresenta un tipo di visualizzazione del modello, seppur in forma alternativa.

Un abaco è una raccolta di informazioni (quali aree, volumi, quantità) estratte dalle proprietà degli elementi di un progetto e visualizzate in una tabella. In un abaco si possono elencare tutte le istanze del tipo di elemento che si intende inserire nell'abaco oppure comprimere più istanze in un'unica riga in base ai criteri di raggruppamento dell'abaco.

La creazione di un abaco può avvenire in qualsiasi momento del processo di progettazione e quando al progetto si apportano modifiche che hanno effetto sull'abaco, quest'ultimo viene aggiornato automaticamente in modo da riflettere tali cambiamenti. Simmetricamente, gli abachi possono essere utilizzati per modificare i dati nel progetto.

L'utilità di un abaco può essere sfruttata anche, e soprattutto, in fase di esportazione: un abaco, infatti, può essere esportato in un altro programma o applicazione, come ad esempio un foglio elettronico.

Nelle caselle degli abachi di Revit possono essere presenti cifre numeriche, stringhe di testo ed anche immagini.



Computo Metrico Estimativo

Categoria	Oggetto	Conteggio	Materiale: Nome	Materiale: Descrizione	Quantità: Mq	Quantità: Mc	Costo: Unitario	Costo Mq	Costo Mc
200 lampadine 100 watt incandescente: 8					2.73 m²	0.02 m²		0.00 m²	0.00
Dispositivi di illuminazione: 8					2.73 m²	0.02 m²		0.00 m²	0.00
Impianto idraulico									
Impianto idraulico	Lavabo	56	Ceramica bianca	Unità	43.45 m²	1.27 m²	140.00€	6082.99 m²	177.95
Impianto idraulico	Lavabo	56	Rubinetteria		8.56 m²	0.07 m²		0.00 m²	0.00
Lavabo: 112					51.95 m²	1.34 m²		6082.99 m²	177.95
Impianto idraulico	Wc	29	Ceramica bianca	Unità	32.14 m²	0.50 m²	140.00€	4499.34 m²	69.84
Wc: 29					32.14 m²	0.50 m²		4499.34 m²	69.84
Impianto idraulico: 141					84.09 m²	1.84 m²		10582.33 m²	247.80
Muri									
Muri	cordolo bunker	28	Blocchi di tufo 11x13x37	Mq	2.96 m²	0.30 m²	100.00€	296.50 m²	29.65
cordolo bunker: 28					2.96 m²	0.30 m²		296.50 m²	29.65
Muri	divisori bagni	46	cartongesso 15 mm	Mq	118.48 m²	9.45 m²	3.00€	355.44 m²	28.35
divisori bagni: 46					118.48 m²	9.45 m²		355.44 m²	28.35
Muri	Muretto esterno	17	pietra	Mq	46.19 m²	20.76 m²	60.00€	2771.25 m²	1245.52
Muretto esterno: 17					46.19 m²	20.76 m²		2771.25 m²	1245.52
Muri	muro anfiteatro	5	Calcestruzzo cellulare	Mq	30.32 m²	3.02 m²	9.04€	274.11 m²	27.34
muro anfiteatro: 5					30.32 m²	3.02 m²		274.11 m²	27.34
Muri	muro esterno leg	10	Intercapedine	no	205.56 m²	10.27 m²	0.00€	0.00 m²	0.00
Muri	muro esterno leg	10	Intonaco - giallo	Mq	204.76 m²	2.05 m²	0.27€	1683.37 m²	16.93
Muri	muro esterno leg	10	Isolamento	Mq	205.41 m²	10.26 m²	0.73€	149.95 m²	7.49
Muri	muro esterno leg	10	Laterizio 12,5 cm	Mc	411.73 m²	51.31 m²	55.00€	22644.69 m²	2821.96
Muri	muro esterno leg	10	legno facciata	Mq	205.87 m²	4.12 m²	50.00€	10293.61 m²	205.77
muro esterno legno: 50					1233.33 m²	77.99 m²		34781.81 m²	3052.15
Muri	muro esterno pie	38	Intercapedine	no	680.59 m²	33.98 m²	0.00€	0.00 m²	0.00
Muri	muro esterno pie	38	Intonaco - giallo	Mq	681.16 m²	6.80 m²	0.27€	5633.33 m²	56.28
Muri	muro esterno pie	38	Isolamento	Mq	680.83 m²	33.99 m²	0.73€	497.00 m²	24.81
Muri	muro esterno pie	38	Laterizio 12,5 cm	Mc	1362.80 m²	169.91 m²	55.00€	74969.69 m²	9345.00
Muri	muro esterno pie	38	pietra	Mq	679.67 m²	27.15 m²	60.00€	40779.92 m²	1628.88
muro esterno pietra: 190					4085.18 m²	271.83 m²		121889.95 m	11054.98

Figura 3.e : Esempio di abaco di Revit.

3.3 SCALA E LIVELLO DI DETTAGLIO

Una delle potenzialità presenti in Revit risiede nella possibilità di associare la rappresentazione degli oggetti al livello di dettaglio impostato (basso, medio, alto). Nella

progettazione tradizionale, supportata dalla tecnologia CAD, la rappresentazione nelle diverse scale di dettaglio con i relativi dati, avviene in tempi successivi. In Revit è possibile definire un oggetto univoco e utilizzaarlo per le diverse scale di rappresentazione e le diverse fasi progettuali, semplicemente modificando e personalizzando la visualizzazione della sua geometria.

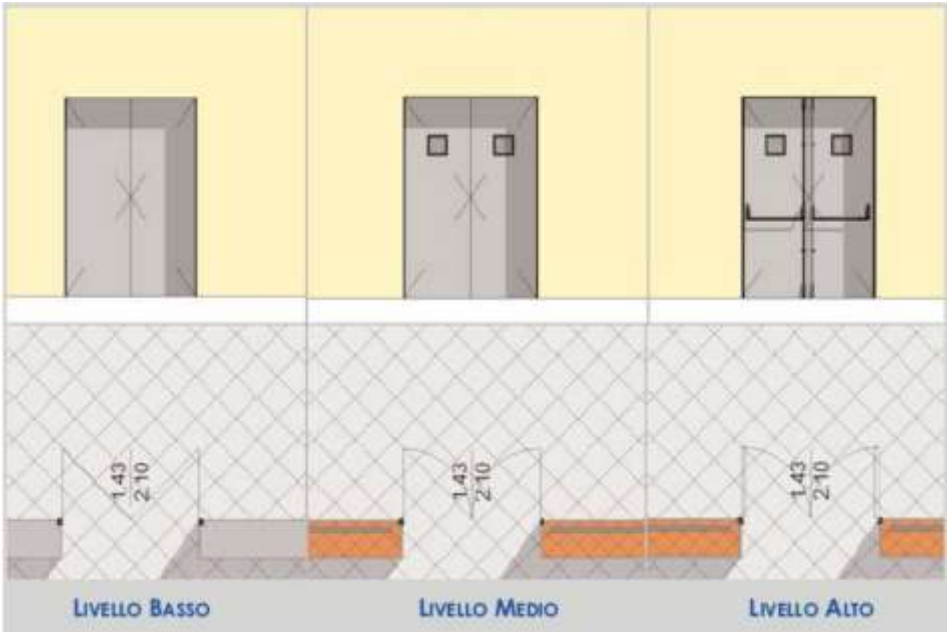


Figura 3.f : Elementi visulizzati secondo diversi livelli di dettaglio.[22]

Perciò, non è necessario creare diversi disegni a seconda della scala di rappresentazione, quindi dei dati che si vogliono illustrare, ma è sufficiente fornire agli oggetti generati tutte le informazioni utili affinché essi possano essere rappresentati graficamente ai diversi livelli di dettaglio e conseguentemente modificare la visualizzazione delle viste di progetto.

3.4 LE FASI DI PROGETTO

In molti progetti, come ad esempio le ristrutturazioni, gli oggetti in costruzione possono "vivere" fasi differenti (stato di fatto, demolizione, nuova costruzione, stato di progetto).

[22] Prof. Massimiliano Lo Turco – Dipartimento di Architettura e Design (DAD) Politecnico di Torino Rappresentazione e gestione infografica di progetto e di processo. Introduzione al Building Information Modeling

Le fasi di progetto (o fasi di lavoro) rappresentano una delle funzionalità più interessanti tra quelle offerte dal programma.

Revit, infatti, permette di gestire le diverse fasi progettuali all'interno di un unico modello, quindi di un unico file, potendo visualizzare il suo stato nei diversi periodi di vita del progetto. Genericamente questo avviene: assegnando ad ogni oggetto la fase in cui è stato creato (se già esistente o se di nuova realizzazione) e quella in cui verrà eventualmente demolito; gestendo i filtri di fase delle viste.

Il filtro delle fasi è un criterio che si applica ad una vista per gestire la visualizzazione degli elementi in base allo stato della fase.

Revit quindi consente di tenere traccia delle fasi in cui le viste o gli elementi vengono creati o demoliti.

Grazie a questa funzionalità si possono gestire le possibili varianti di progetto, ma anche creare delle viste comparative.

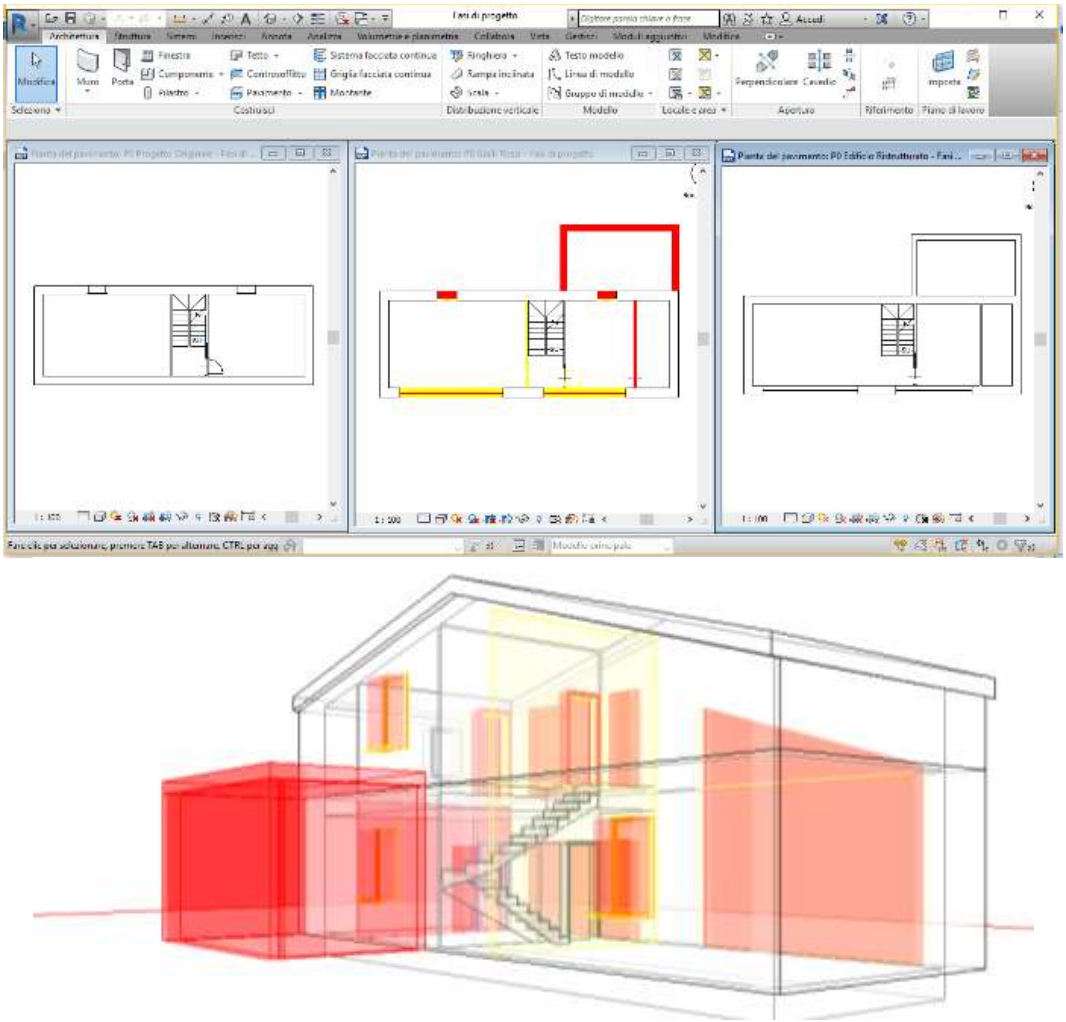


Figura 3.g : Esempio di gestione delle fasi: sopra, pianta rappresentata allo stato di fatto, in vista comparativa, allo stato di progetto; sotto, vista prospettica comparativa.

Se è possibile impostare le viste (piante, prospetti, ecc.) in maniera che riportino lo stato dell'edificio in un preciso momento, allora è possibile farlo anche con gli abachi che, come si è visto, sono viste che documentano l'edificio sotto forma di tabelle. Potendo puntare un abaco su di una precisa fase, in relazione a quella fase è possibile conoscere, per esempio, la quantità degli oggetti demoliti o costruiti, distinguere tra serramenti nuovi ed esistenti, ecc. Pensando un po' più in grande, anziché impostare le fasi dal punto di vista progettuale, lo si potrebbe fare in base all'esecuzione dei lavori in cantiere: per ogni stadio si potrebbe conoscere la tipologia e la quantità dei materiali necessari alla costruzione, pianificando meglio la successione degli ordini ai fornitori ed, eventualmente, gli anticipi in funzione dello stato di avanzamento dei lavori.

3.5 ANALISI SOLARE

Revit Architecture mette a disposizione alcuni strumenti che consentono di contestualizzare l'edificio virtuale, tra cui quelli che permettono di ricreare la topografia del sito in cui verrà inserito il progetto e quelli che lo geo-localizzano.

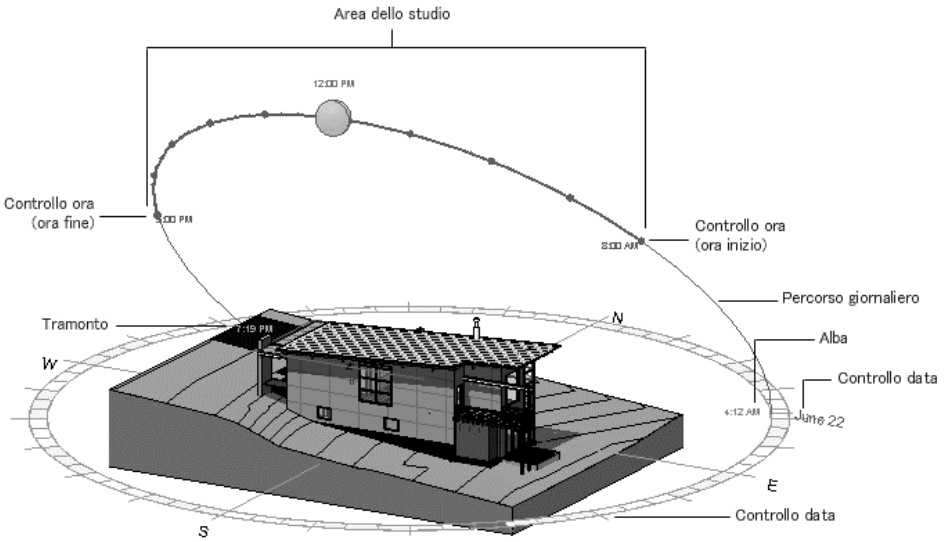


Figura 3.h : Esempio di studio solare in modalità "Un giorno".

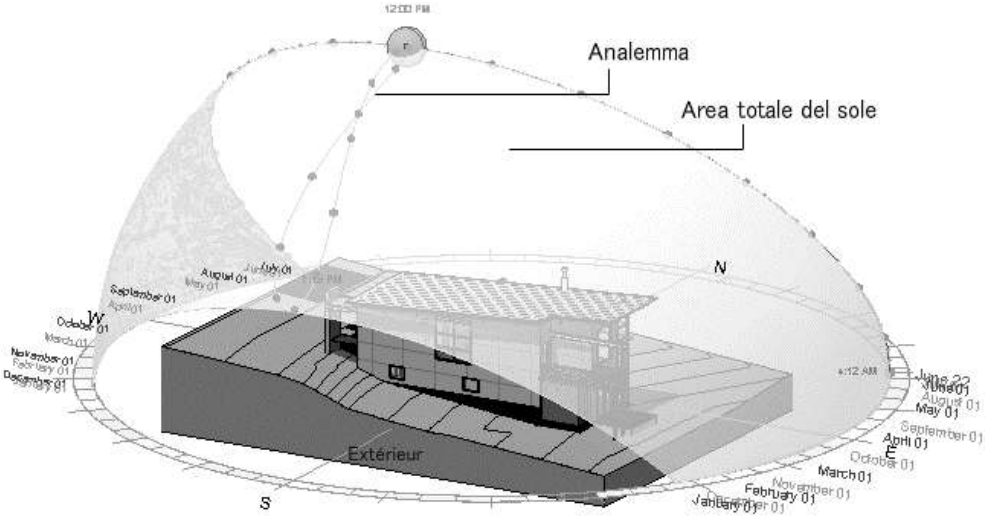


Figura 3.h : Esempio di studio solare in modalità "Fisso".[23]

E' possibile creare e modellare superfici topografiche "liberamente"; creare una superficie topografica da un file CAD importato; oppure, in altro modo ancora, importare superfici topografiche ricavate da Google Earth (ad esempio) tramite applicativi specifici. Impostando una collocazione geografica precisa, è possibile attivare la traiettoria del sole in rapporto alla localizzazione del progetto ed i periodi dell'anno specificati. Questo strumento permette di effettuare degli studi solari che forniscono informazioni utili per un'efficiente progettazione solare passiva. In ogni ora, giorno e mese dell'anno, conoscendo la posizione del sole, è possibile osservare le ombre create da eventuali sporti, da edifici circostanti, dalla vegetazione e dal terreno. L'utente è in grado quindi di compiere precise scelte progettuali riguardanti, ad esempio l'orientamento dell'edificio, la creazione di vetrate o di appositi aggetti (orizzontali e verticali) ed altri elementi ombreggianti.

È possibile esportare uno studio sulla luce solare in diversi formati di file, per la condivisione con colleghi e clienti. I tipi di file di esportazione supportati includono i formati AVI, JPEG, TIFF, TARGA, BMP e PNG.

Oltre allo studio solare Revit mette a disposizione altri strumenti per l'analisi energetica, ma anche per quella strutturale e dei carichi di riscaldamento e raffrescamento.

[23] http://help.autodesk.com/view/RVT/2017/ITA/?guid=GUID-CA024825-3211-4354-AC06-D81751AADA1A

3.6 I LOCALI

Uno degli aspetti fondamentali durante lo sviluppo di un progetto è sicuramente quello di conoscere e controllare le dimensioni dell'edificio e delle sue parti interne in termini di superfici e volumi. I locali sono gli elementi preposti alla definizione delle superfici e dei volumi dei vani in un progetto e, pur non avendo essi una consistenza "fisica", in Revit sono considerati come oggetti, alla pari di muri, pavimenti, porte, ecc. Pertanto anche i locali possiedono dei parametri ed è possibile assegnargli etichette, elencarli in abachi, ecc.

Un locale rappresenta, in sostanza, il vuoto delimitato dagli elementi della costruzione, proprio per questo motivo non può esistere senza che abbia dei contorni. Le principali famiglie in grado di fornire un contorno valido per un locale sono muri, pavimenti, tetti e pilastri. Questo significa che il locale è delimitato anche in altezza, quindi che è un oggetto tridimensionale che può restituire anche informazioni sui volumi.[24]

I locali possono essere utilizzati, ad esempio, dagli architetti per suddividere un modello di edificio in base all'uso, al tipo di occupazione o ad altri criteri. Oppure possono essere utili agli ingegneri che progettano impianti di riscaldamento e raffreddamento.

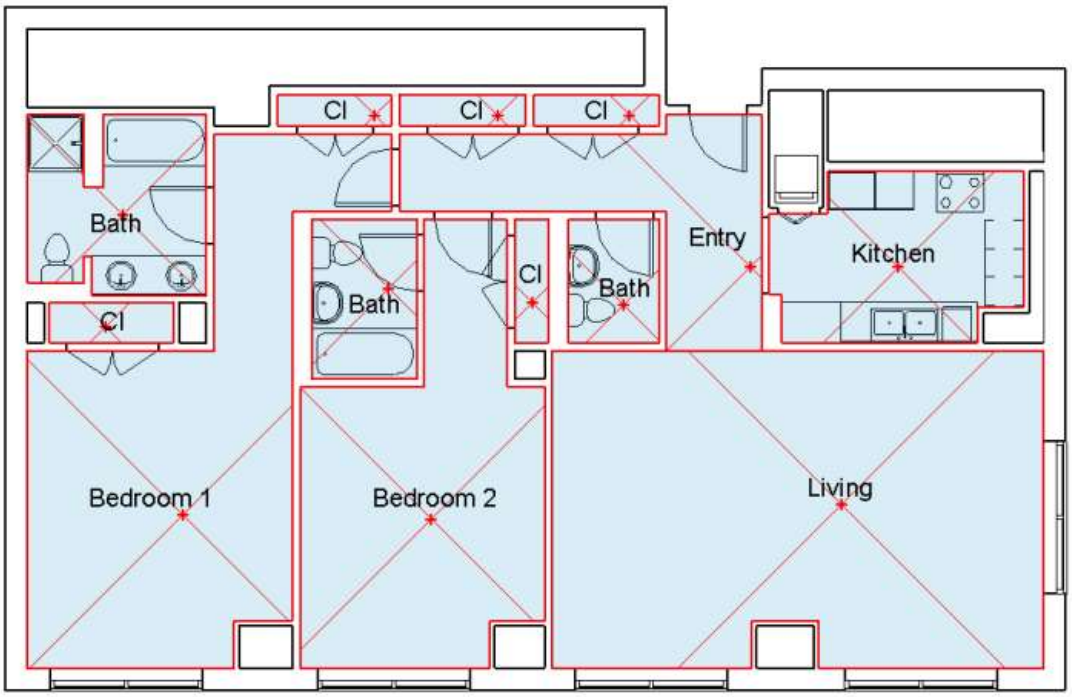


Figura 3.i : Esempio di locali visualizzati in una vista di pianta.

[24] Simone Pozzoli, Marco Bonazza, "Autodesk Revit Architecture 2016 – Guida alla progettazione BIM", Tecniche nuove, Milano 2015, p. 415.

3.7 RENDERING ED ANIMAZIONI

L'utilizzo di immagini di **rendering** è una pratica ormai consolidata nella progettazione architettonica. Revit consente a chiunque possegga un minimo di conoscenze sulla materia, di ottenere immagini fotorealistiche di un modello di edificio, di qualità sufficientemente buona da coprire grande parte delle esigenze dei progettisti. Revit Architecture 2017 può contare su due motori di rendering: Autodesk Raytracer e NVIDIA mental ray. Quest'ultimo in particolare è integrato in tutti i maggiori software Autodesk; ma, contrariamente a quanto avviene su altre piattaforme che ne fanno uso, l'interfaccia d'uso che è stata implementata risulta essere molto più semplificata.

Entrambi i motori di rendering sono basati su principi fisici. Il processo di rendering quindi simula il flusso di luce sulla base di equazioni fisiche e modelli di ombreggiatura/illuminazione realistici per rappresentare accuratamente materiali reali (metallo, mattone, plastica, vetro, ecc.). Molteplici sono i parametri messi a disposizione per la gestione dei materiali nella libreria di Revit: caratteristiche che ne gestiscono il comportamento quando l'oggetto è sottoposto al processo di rendering, informazioni per definirne l'aspetto grafico, ma anche proprietà fisiche, dati generali, ecc.

Quando si progetta un edificio, è possibile posizionare luci artificiali all'esterno e all'interno dello stesso per soddisfare le esigenze di illuminazione e pianificare l'impatto visivo delle luci. È inoltre possibile definire i dispositivi di illuminazione e le relative sorgenti luminose, nonché posizionarli nel modello di edificio per ottenere l'effetto migliore. Prima di eseguire il rendering, è possibile accendere o spegnere singoli dispositivi di illuminazione o gruppi di luci per ottenere l'effetto desiderato.

Quando si esegue il rendering di una vista 3D di un modello di edificio, è possibile quindi utilizzare la luce naturale, quella artificiale o entrambe per illuminare l'edificio.

Per la luce naturale, si specifica la direzione della luce solare, oppure il luogo, la data e l'ora del giorno allo scopo di ottenere una rappresentazione realistica della luce del sole sull'edificio.

Tramite Revit è possibile presentare un progetto ai clienti o condividerlo con gli altri membri del team di progettazione, anche utilizzando lo stile di visualizzazione "Realistico", che fornisce una rappresentazione realistica di materiali e composizioni in tempo reale. In alternativa, è possibile esportare una vista 3D e utilizzare un'altra applicazione software per eseguire il rendering dell'immagine.

Revit permette, inoltre, di definire e di creare una vera e propria **animazione** (o una serie di immagini) attraverso la quale l'utente può "camminare" e muoversi all'interno del modello virtuale.
Si vuole precisare, però, che Autodesk Revit 2017 non è un software specifico per la renderizzazione di immagini. Per far ciò esistono una serie di programmi dedicati e Revit non rientra in tale categoria. Si può dire quindi che, oltre alla possibilità di estrarre tutti i tipi di documentazione precedentemente presentati, Revit è in grado anche di produrre viste fotorealistiche. Avendo definito Revit un software BIM, sarebbe infatti riduttivo pensarlo come programma per la generazione il rendering. Un'immagine, per quanto fotorealistica sia, risulta essere una rappresentazione statica dell'edificio; il modello BIM, invece, consiste in una rappresentazione che si può definire dinamica, in quanto è possibile interagire con essa per comprendere al meglio l'edificio ed estrapolare informazioni su di esso.
I software di grafica ed animazione possono eventualmente sfruttare e partire da un modello creato in Revit in quanto è possibile la sua esportazione ed importazione.

3.8 INTEROPERABILITA' E CONDIVISIONE

Come piattaforma Revit è il più grande insieme di applicazioni associate, come collegamenti diretti o attraverso IFC o altri formati di scambio.
Le funzionalità di Revit possono essere estese con l'introduzione di moduli aggiuntivi o plug-in e con l'affiancamento di altri software. Fra quest'ultimi si possono citare: Revit Structure (strutturale); Revit MEP (meccanico); **Revit Live** (navigazione nel progetto BIM, Realtà Virtuale e Realtà Aumentata); Infraworks (infrastrutture); Ecotect, EnergyPlus, IES, Green Building Studio (energia e ambiente); Mental Ray, 3D Max, Piranesi (visualizzazione); Autodesk FMDesktop, Archibus (facility management).
Revit supporta i seguenti formati di file: DWG, DOF, DGN, SAT, DWF/DWFo, ADSK, html, OSA, gbXML, IFC e ODBC.
Revit è in grado inoltre di importare i modelli di strumenti di progettazione concettuale come SketchUp, Rhinoceros, Google Earth, e altri sistemi che esportano i file DOF.
Revit include quindi funzionalità per tutte le specializzazioni coinvolte in un progetto edilizio.

In Revit un modello di progetto può essere condiviso. Con la condivisione del lavoro, diversi membri del team possono lavorare contemporaneamente a un progetto utilizzando un modello condiviso centralmente.
Quando architetti, ingegneri e professionisti delle costruzioni lavorano su una piattaforma unificata, il rischio di errori di conversione dei dati può essere ridotto e il processo di progettazione può essere più prevedibile.
Ad esempio, è possibile che a diversi membri del team vengano assegnate attività relative a diverse aree funzionali del progetto, quali: interni, esterni e planimetria per gli architetti e gli ingegneri strutturali; riscaldamento, ventilazione e aria condizionata, impianti elettrici o impianti idraulici, per gli ingegneri di impianti e sistemi. Una volta che un progetto del team è stato attivato per la condivisione del lavoro, è possibile creare workset per organizzare gli elementi in raccolte e consentire ai membri del team di visualizzare e modificare workset specifici.
Con il servizio Collaboration for Revit, ad esempio, è possibile estendere la condivisione del lavoro di Revit ai team di progetto ovunque si trovino, consentendo a più utenti di collaborare nel cloud quindi far partecipare tutti i gruppi di lavoro al processo BIM.

4. CASO STUDIO

4.1 STATO DI FATTO

4.1.1. Localizzazione geografica

Il complesso di Case Gatti è situato in località Contignaco, nel comune di Salsomaggiore Terme, in provincia di Parma. L'ex-nucleo abitativo è quindi collocato in un contesto rurale, lontano dall'ambiente urbano, immerso nella zona pre-collinare dell'Appenino Parmense e circondata da campi erbosi ed aree boschive.

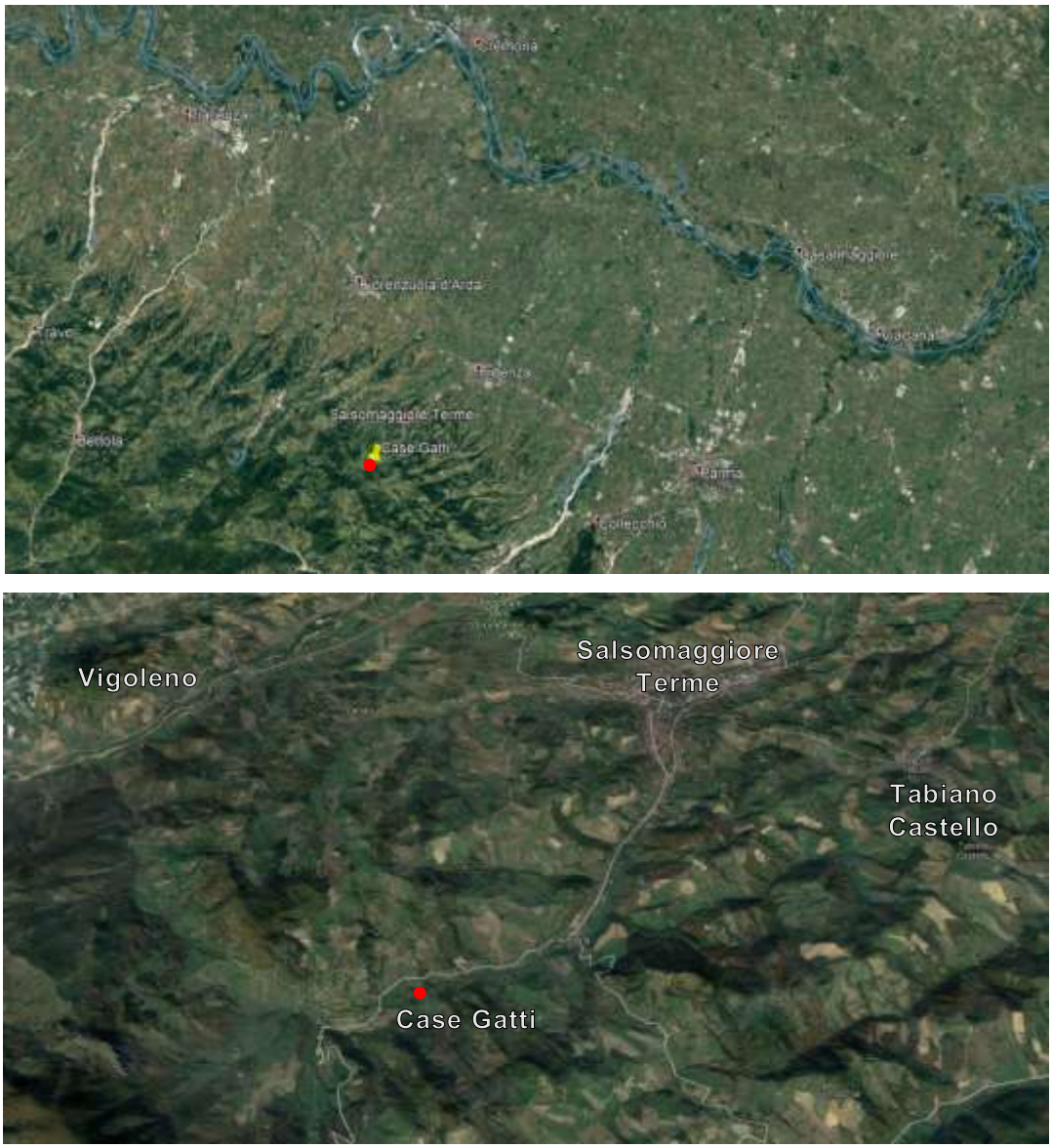


Figura 4.a - Individuazione di Case Gatti sulla mappa satellitare.

4.1.2. Inquadramento urbanistico e catastale

I cinque fabbricati considerati sono rappresentati al Nuovo Catasto Edilizio Urbano del Comune di Salsomaggiore Terme al Foglio 71 mappali 39, 43, 315, 369, 384, 391, 392, 482. L'area ospitante il complesso edilizio è classificata dal R.U.E. tra gli "*insediamenti annucleati*" (art. 7.4.2) come "*area residenziale edificabile in territorio ru*rale" (art. 7.4.5.2.). Su di un fabbricato in particolare è imposto il vincolo di *"edifici e complessi con interesse storico testimoniale"* (VST, art. 5.3.3.).
Inoltre, l'insediamento è collocato in un ambito del territorio rurale destinato dal R.U.E. allo "*sviluppo di attività integrative ed alternative all'agricoltura*" (art. 7.3.5.).

4.1.3. Descrizione del complesso edilizio e del suo stato di conservazione

Il complesso edilizio è formato da cinque edifici, di cui uno, essendo abitato e di recente ristrutturazione, non sarà oggetto di studio e sarà escluso dall'intervento di recupero proposto, ma verrà ugualmente considerato facente parte dell'ipotetico co-housing. I quattro fabbricati rimanenti sono composti da due edifici ex-colonici e due ex-rustici.
Una breve ricerca storica circa la formazione e l'evoluzione del complesso non ha fatto emergere elementi di rilievo vista la quasi totale mancanza di dati documentali di riferimento.
Per maggior chiarezza, i sopra citati fabbricati sono stati di seguito individuati come corpi A, B, C, D ed E, come dalla figura sottostante.

Figura 4.b - Il nucleo di fabbricati di Case Gatti.

Il Corpo A trattasi di una barchessa a pianta rettangolare, costituito da un locale in muratura originariamente adibito a stalla con soprastante fienile ed antistante portico, nonchè da un piccolo fabbricato già utilizzato come pollaio. L'ex-stalla presenta una struttura muraria in pietra mista a mattoni pieni in cotto; quest'ultimi sono utilizzati per realizzare gli elementi d'angolo dell'edificio, di cornice alle aperture e come elemento strutturale e decorativo interponendosi orizzontalmente alla muratura in pietra. La copertura a due falde con struttura in legno e manto in coppi è sorretta da una serie di pilastri in mattoni pieni a vista, otto dei quali sono distribuiti lungo il perimetro della ex-stalla ed i restanti sette sono allineati lungo la parete piena che delimita il portico. Il solaio tra ex-stalla ed ex-fienile è costituito dalla tipica struttura in ferro e cotto a "*volterrane*". L'edificio si trova complessivamente in discreto stato di conservazione ad eccezione della copertura che si presenta in un peggiore stato di degrado.

Figura 4.c - Il Corpo A, partendo da in alto a sinistra e procedendo in senso orario: il prospetto nord, il prospetto ovest, l'ex-stalla, l'ex-fienile.

Il Corpo B si articola in diversi volumi accostati, probabilmente realizzati in tempi diversi, per questo motivo facilmente individuabili. Il volume più a sud, probabilmente il

più antico, a funzione residenziale con sviluppo su due piani, è realizzata in pietra con copertura a struttura lignea e manto in coppi. Il volume centrale, sempre ad uso residenziale, è composto da due unità immobiliari, di diversa altezza. Come nel Corpo A la struttura muraria è in pietra mista a mattoni pieni in cotto, ma con solai interpiano in latero cemento e copertura sempre in legno e manto in coppi. Il volume più a nord si svluppa su tre livelli: al seminterrato cantine, oltre ad un'abitazione distribuita al piano primo e sottotetto, il tutto oggetto di più recenti forti manomissioni (sovralzo, parziale intonacatura, tamponamenti con laterizi forati). Tutto il Corpo B si presenta in pessimo stato di degrado con ampie zone crollate o in pericolo di crollo, tanto che tale situazione ha di fatto impedito l'accesso all'interno e conseguentemente la possibilità di misurazione e restituzione grafica accurata dell'edificio, al quale si è sopperito utilizzando principalmente la documentazione catastale e fotografica.

Figura 4.d - Il Corpo B: il volume a nord (in alto a sinistra), il volume centrale (in alto a destra) e il volume a sud (in basso).

Il Corpo D è costituito da un fabbricato a due livelli, rispettivamente ex-stalla ed ex-fienile, oltre a due porticati antistanti due lati contigui. Appare di più recente realizzazione

rispetto ai precedenti corpi a motivo dei materiali e delle tecnologie utilizzate. Esso, infatti, poggia su una zoccolatura in cemento armato, presenta una struttura in elevazione in mattoni pieni di recente fattura, un solaio laterocementizio ed una copertura di tipo tradizionale. Anche i porticati risultano eterogenei essendo sostenuti uno da pilastri in mattoni pieni, copertura lignea e manto in lamiera gracata (lato sud), l'altro da pilastri e struttura di copertura in cemento armato prefabbricato con tavelle e manto in coppi (lato ovest). Lo stato di conservazione delle strutture risulta complessivamente accettabile fatte salve le finiture e parte delle coperture.

Figura 4.e - Il Corpo D, partendo da in alto a sinistra e procedendo in senso orario: il prospetto est, il porticato a sud, il prospetto sud, il prospetto nord.

Il Corpo E, costituito originariamente da una residenza con annessa stalla e fienile, vedeva l'ex-colonico distribuito su tre livelli, realizzato con struttura verticale in pietra, solaio e copertura in legno, pavimenti e copertura in cotto. L'ex-stalla e l'ex-fienile risultano attualmente quasi completamente crollati. Anche l'ex-colonico vede l'impossibilità di un accesso all'interno per evidenti motivi di sicurezza. Lo stato di conservazione, infatti, risulta oramai completamente compromesso. Come nel caso del Corpo B, si è sopperito

al rilievo per la restituzione grafica con l'utlizzo della documentazione catastale e fotografica.

Figura 4.f - Il Corpo E: il prospetto sud (a sinistra) ed il prospetto ovest (a destra) della ex-residenza.

4.1.4. Rilievo geometrico ed architettonico

Per la redazione degli elaborati grafici rappresentanti lo stato di fatto del complesso edilizio, si è proceduto con la fase di rilievo architettonico e fotografico dei fabbricati.
Per evidenti ragioni di opportunità il rilievo dei fabbricati è stato effettuato in maniera diretta, ovvero con l'impiego di distanziometro laser, metri a nastro e metri in legno.

Figura 4.g - Gli strumenti utilizzati in fase di rilievo.

Inizialmente si sono procurate le planimetrie catastali, utili ad estrarre la forma complessiva degli edifici e le proporzioni tra le parti che li compongono. In seguito ad un primo sopralluogo, momento nel quale si prende conoscenza con l'oggetto del rilievo, si

sono redatti tutti gli eidotipi (schizzi a mano libera) delle piante dei vari livelli, delle sezioni e dei prospetti, quindi si è svolto il prelievo delle misure. I suddetti eidotipi sono necessari alla successiva rappresentazione grafica delle opere, perciò sono schemi che devono essere compilati con assoluta chiarezza e con ricchezza di informazioni e particolari. Con essi si disegnano gli oggetti da rilevare riproducendone, seppur a mano libera, tutti i particolari con le relative dimensioni e, possibilmente, proporzioni con la massima cura. Su di essi si sceglieranno e si disporranno con ordine tutte le misure che successivamente saranno rilevate.

Per il prelievo delle misure di ogni corpo si è proceduto con l'ordine seguente: pianta del piano terra, pianta dei piani superiori, sezioni, prospetti. Per le piante del piano terra, si sono rilevate prima le misure sui prospetti esterni, con il metodo delle misure parziali, poi quelle relative agli interni adottando, invece, il metodo per trilaterazione (misura dei quattro lati e delle diagonali per ogni locale).

Come già anticipato, il Corpo B ed il Corpo E si presentano in pessimo stato di degrado con ampie zone crollate o in pericolo di crollo; perciò, per evidenti motivi di sicurezza e di inaccessibilità degli interni, non si è potuto procedere alla misurazione e restituzione grafica accurata dell'edificio. A tale impedimento si è sopperito utilizzando principalmente la documentazione catastale e fotografica, integrata dove possibile con alcune misure di dimensioni in altezza e in lunghezza rilevate sul posto e che hanno favorito la riproduzione dei prospetti e del perimetro esterno dei fabbricati.

Per quanto riguarda il Corpo B, è stato possibile effettuare in sicurezza (impiegando gli opportuni dispositivi di protezione) alcune misurazioni del volume più a sud, ricostruendo in maniera approssimativa l'ingombro in pianta dell'edificio ed il "profilo" del prospetto sud. Lungo il perimetro esterno del piano terra sono state prelevate le misure di lunghezza complessiva, mentre in facciata sono state misurate le altezze all'intradosso delle travi di copertura (trave di colmo e travi di bordo) rispetto al suolo sottostante.

Si è proceduto in maniera similare per il Corpo E, anch'esso non accessibile all'interno. In questo caso, però, ad ostacolare ulteriormente (se non a impedire totalmente) tali operazioni è la presenza di una folta vegetazione che circonda quasi tutto il perimetro del fabbricato e che non permette di avvicinarsi a sufficienza per effettuare delle misurazioni. Sostanzialmente, l'unico lato raggiungibile è quello orientato verso sud-ovest, del quale è stata misurata la lunghezza complessiva e sul quale sono state prelevate le dimensioni (altezza e larghezza) di alcune aperture presenti al piano terra.

In entrambi i casi, sia per il Corpo B che per il Corpo E, si è provveduto ad integrare i scarsi dati reperiti con il rilievo diretto, con un'opportuna documentazione fotografica, utile per dedurre alcune misure e dimensioni in maniera indiretta (ad esempio, utilizzando la tecnica del fotoraddrizzamento delle immagini).

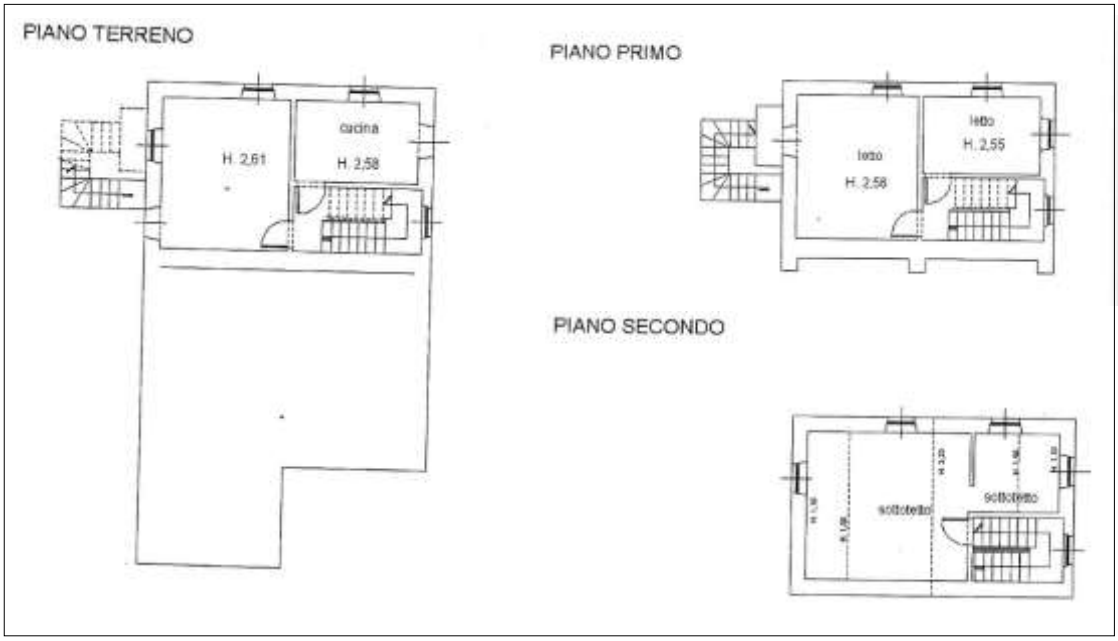


Figura 4.h – Esempio di piante estratte dalla documentazione catastale (Corpo E).

Contrariamente, per i rilievi del Corpo A e del Corpo D non si sono presentati problematiche dello stesso genere.

Per entrambi i corpi, si è dapprima effettuato un sopralluogo per prendere conoscenza con l'oggetto del rilievo e si è poi proceduto con la stesura (sul posto) dell'eidotipo della pianta del piano terra. Per assicurare la correttezza dell'impostazione dei disegni a mano libera, si è fatto in parte affidamento anche alle planimetrie catastali. Spesso la loro esattezza non è esemplare, ma possono essere utili per comprendere la forma complessiva del fabbricato, oltre che le proporzioni tra le parti che lo compongono.

La pianta del piano terra rappresenta l'elemento fondamentale di tutto il rilievo, in quanto da essa è possibile estrarre informazioni utili anche nel rilievo della pianta del piano superiore, oltre che delle sezioni e dei prospetti.

Il piano di sezione orizzontale utilizzato per ottenere le piante dei piani è stato posizionato, in entrambi i casi, ad un altezza di circa 1,80 m dal pavimento del piano a cui la pianta si riferisce. Ciò affinchè il piano di sezione orizzontale fosse in una zona

compresa tra il bancale e l'architrave delle finestre, assicurando la presenza di tutte le aperture nella rappresentazione in pianta.
Il rilievo della pianta del piano terra è iniziato con il prelievo delle misure lungo il perimetro esterno dei corpi e, successivamente, si proceduto alla rilevazione dell'interno del fabbricato (ex-stalla) partendo in corrispondenza di una porta d'accesso per facilitare il collegamento delle due parti: esterno con interno. Come già anticipato, se per il rilievo del perimetro esterno è stato adottato il metodo dell misure parziali, nei locali interni si è agito, invece, con il metodo per trilaterazione, misurando quindi i quattro lati e le due diagonali per ogni locale. La misura di entrambe le diagonali crea una situazione di sovrabbondanza di dati necessari alla riproduzione grafica, in quanto sarebbe sufficiente misurare la lunghezza di una sola diagonale (oltre che i quattro lati), ma ciò permette di controllare la qualità del lavoro svolto.
Gli spessori dei muri sono stati misurati direttamente in corrispondenza delle aperture oppure ricavati indirettemente per differenza di misure.
Completato il piano terra si è proseguito con la redazione della pianta del piano superiore, trattasi, sia per il Corpo A sia per il Corpo D, di un ex-fienile facilmente raggiungibile con una scala a pioli.
Successivamente si sono realizzati gli eidotipi delle sezioni, opportunamente redatti con riferimento alle piante. Importante, in questo caso, è la scelta della posizione del piano di sezione, affinchè esso passi attraverso le aperture esterne, finestre e porte, mettendo in evidenzia le loro dimensioni, l'altezza del parapetto e rendendone così possibile la rappresentazione in fase di resituzione grafica. A tale scopo, per il Corpo A si sono scelti tre piani si sezione: uno longitudinale, uno trasversale in corrispondenza del porticato, uno trasversale in corrispondenza dell'ex-stalla e dell'ex-fienile. Per il Corpo D, invece, si è scelto un piano di sezione longitudinale passante per l'ex-stalla e due piani di sezione trasversale: uno passante per il porticato ad ovest, l'altro in corrispondenza dell'ex-stalla e dell'ex-fienile.
Lo spessore del solaio presente tra l'ex-stalla e l'ex-fienile, è stato ottenuto in entrambi i fabbricati per differenza di misure in altezza.
In ultimo, si è completata la fase di rilievo dei corpi A e D con la stesura degli eidotipi dei prospetti e con la conseguente acquisizione delle misure. In entrambi i casi, per le misure di altezza nei prospetti, si è assunto come livello di riferimento quello dell'estradosso dei solai tra ex-stalla ed ex-fienile, rispetto al quale sono state rilevate, ad

esempio, le altezze dell'intradosso delle travi di copertura e gli "attacchi a terra" lungo il perimetro esterno dei fabbricati.

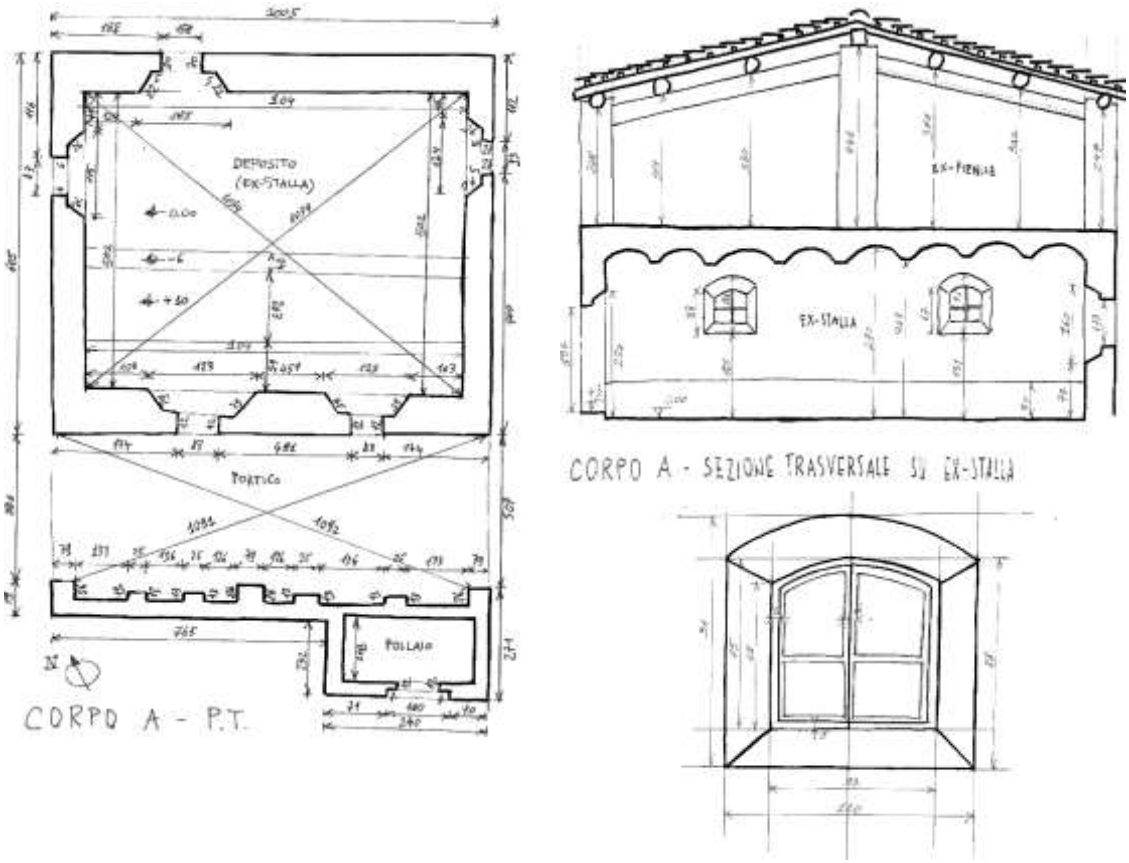


Figura 4.i : Alcuni degli eidotipi prodotti in fase di rilievo in riferimento al Corpo A (pianta del piano terra, una sezione, prospetto interno di una finestra).

A causa degli strumenti in dotazione alla parte scrivente, le fasi di rilievo delle sezioni e dei prospetti sono state sicuramente le più complicate. Le problematiche sorgono soprattutto per l'altezza alla quale giacciono molti elementi, in particolare quelli di copertura. La maggior parte di quest'ultimi, inoltre, sono componenti lignei (travi, travetti, ecc.) dalla geometria irregolare e disuniforme.

Altra complicanza è stata procurata dall'andamento piuttosto irregolare del terreno circostante i fabbricati. Per ragioni legate alla limitatezza delle tecnologie e strumentazioni adottate, non è stato possibile effettuare un rilievo topografico dell'area ospitante i fabbricati. Nelle pagine successive verrà illustrato come, in base ai fini che ci si è preposti in questo elaborato di tesi, si è sopperito a tale mancanza per ricostruire l'andamento della superficie del terreno, quindi la diversa collocazione altimetrica dei vari corpi.

Chi scrive è ad ogni modo al corrente dell'esistenza di tecniche innovative e sistemi di acquisizione tridimensionale (rilievo laser scanner 3D) che ben si integrano con i sistemi BIM.

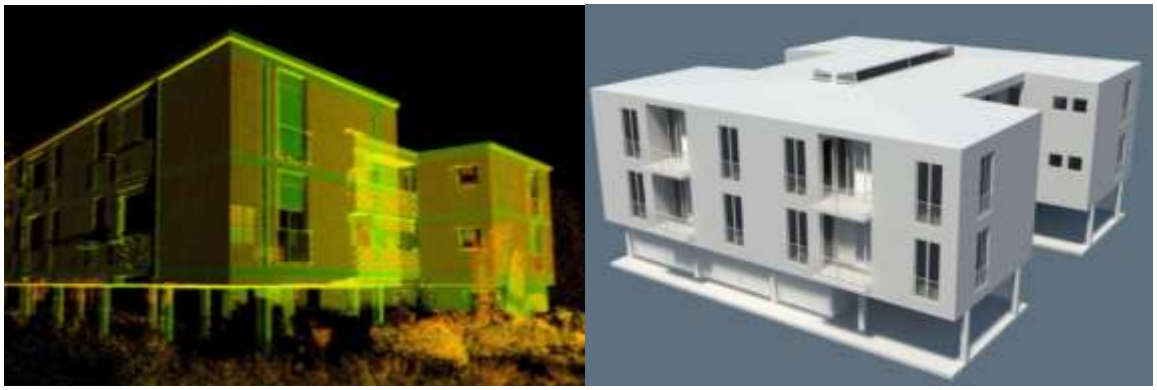


Figura 4.j : Applicazione del rilievo laser tridimensionale su edifici abitativi Ina-Casa, presso il quartiere Barca a Bologna.[25]

L'orientamento dei diversi corpi e la loro collocazione in planimetria sono stati ricostruiti effettuando alcune rilievi con il metodo di trilaterazione (dove le distanze tra i fabbricati e l'assenza di interferenze hanno reso possibile le operazioni di misura) ed integrando tali dati con la documentazione catastale e le mappe satellitari.

4.1.5. La restituzione grafica dello stato di fatto

La restituzione grafica in formato digitale degli eidotipi prodotti è avvenuta utilizzando dapprima *AutoCAD*, in modo tale da verificare più semplicemente l'eventuale presenza di incongruenze o errori in fase di rilievo.

In certi casi, per la totale o parziale mancanza di misure di altezza o per controllare la qualità del lavoro svolto, si è adottato il fotoraddrizzamento fotografico utilizzando il software *RDF*, in grado di compiere una trasformazione proiettiva per via geometrica di un immagine digitale.
Dal punto di vista proiettivo, infatti, la fotografia è una proiezione centrale dove gli oggetti cambiano dimensione in funzione della loro distanza dal centro di presa. Per eliminare la deformazione delle immagini fotografiche è possibile utilizzare il

[25] http://www.ingenio-web.it/Articolo/ 2102/Integrazione_tra_sistemi_BIM_e_sistemi_di_acquisizione_tridimensionale:_prospettive_per_lo_sviluppo.html

procedimenti del fotoraddrizzamento. Tale metodo è applicabile solo a oggetti perfettamente piani o con differenze altimetriche tali da generare errori di altezza trascurabili alla scala della rappresentazione. Il fotogramma viene trasformato in una proiezione centrale dell'oggetto, che è uguale, a meno di un fattore di scala, alla proiezione ortogonale dell'oggetto stesso. L'obiettivo, quindi, è quello di raddrizzare il piano a cui appartengono gli elementi che caratterizzano, ad esempio, la facciata di un edificio. Il metodo geometrico del fotoraddrizzamento attuato da RDF consiste nell'individuazione di due rette orizzontali e due rette verticali appartenenti al fotopiano.

Foto originale.

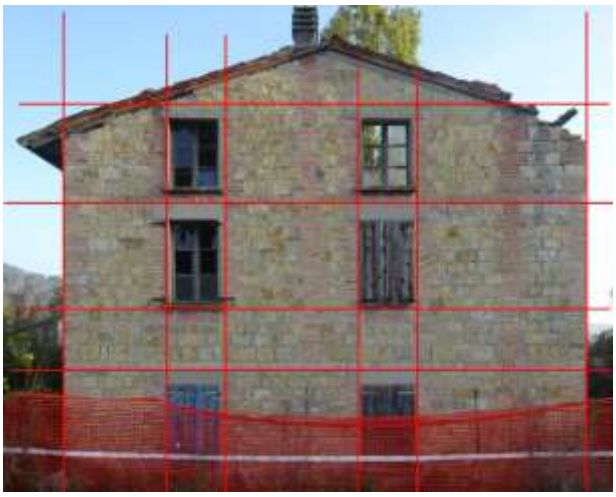


Foto raddrizzata.

Figura 4.k : Esempio di fotoraddrizzamento di un immagine utilizzato per la riproduzione grafica della facciata del prospetto sud del Corpo E.

Sul posto è necessario rilevare due misure ortogonali tra loro per poter stabilire, una volta raddrizzato il fotogramma, il rapporto tra la x e la y. Naturalmente molti fattori

influiscono sulla bontà della restituzione, ad esempio la risoluzione dell'immagine di partenza e la precisione nell'individuazione delle direzioni orizzontali e verticali.[26]

Le immagini ottenute dai fotoraddrizzamenti sono state successivamente importate in AutoCAD come base per riprodurre alcuni prospetti dei corpi rilevati.

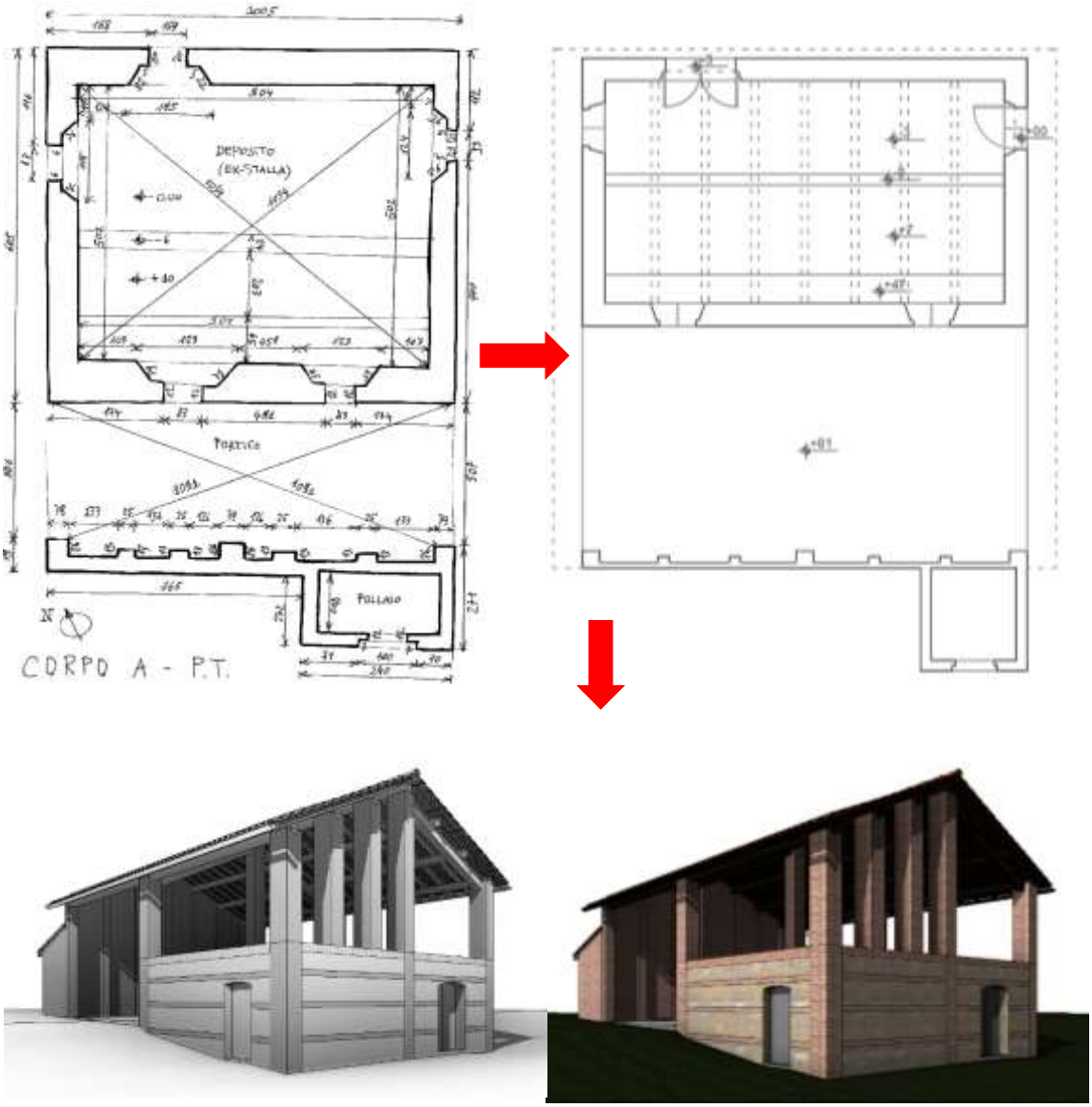


Figura 4.1 : I "passaggi" effettuati per la restituzione grafica: dall'eidotipo, al disegno 2D in AutoCAD, al modello 3D in Autodesk Revit.

Una volta completata la ricostruzione grafica delle piante, delle sezioni e dei prospetti, i files dwg sono stati importati in Revit ed utilizzati come base su cui costruire il modello

[26] http://www.federica.unina.it/architettura/applicazioni-di-geometria-descrittiva-e-rilievo-architettura/fotoraddrizzamento/

geometrico tridimensionale rappresentante lo stato di fatto. Per maggiore comodità operativa in fase di importazione si era provveduto precedentemente alla creazione di un file AutoCAD per ogni singola pianta, sezione o singolo prospetto. L'importazione dei file dwg in Revit è stata effettuata con la modalità "Collega CAD". Essa permette di creare un collegamento analogo a quello del comando Xref di AutoCAD: gli elementi contenuti nel file vengono resi disponibili nell'ambiente di lavoro di Revit, ma nel caso in cui il file venga modificato successivamente al suo collegamento, le modifiche verranno comunque aggiornate anche in Revit.

Essendo i vari corpi orientati in maniera eterogenea e preferendo lavorare sempre in condizioni di ortogonalità, si è scelto di creare un file Revit per ogni fabbricato. In ogni modello si sono fissati i livelli di vista di pianta e si sono generate, oltre alle viste di prospetto prestabilite di default all'apertura del file, le viste di sezione. Sono stati creati tutti gli elementi utili alla ricostruzione grafica dello stato di fatto, quindi Muri, Pavimenti, Tetti, Sistemi di travi, Pilastri, Finestre e Porte. E' stato necessario creare nuovi tipi di famiglie ed, in particolare, per riprodurre fedelmente porte e finestre, modellare nuove famiglie, dato che nella libreria di Revit non esistevano elementi simili.

4.1.6. CADtoEarth for Autodesk Revit

Come descritto in precedenza, il complesso di Case Gatti si trova in un territorio collinare. Il terreno circostante presenta discrete pendenze ed irregolarità. In mancanza di strumenti idonei al rilievo altimetrico dell'area interessata, per riprodurre all'interno del modello di Revit l'andamento della superficie topografica, si è ricorsi all'utilizzo dell'applicazione *CADtoEarth for Autodesk Revit*, plug-in messo a disposizione da *AMC Bridge*. Questo programma permette di esportare sezioni di superficie da Cesium (applicativo analogo a Google Earth per intenderci), ovunque essa siano localizzate geograficamente.

Sarebbe interessante verificare con che qualità CADtoEarth opera, quindi con quale precisione e fedeltà, vengono riprodotte le superfici esportate dall'applicativo. Per gli strumenti a disposizione ed ai fini di questo elaborato di tesi non si è approfondito questo aspetto. E' noto comunque a chi scrive che in merito esistono attualmente software specifici per l'inserimento di un modello BIM all'interno di un contesto territoriale realistico e tridimensionale, tra i quali si può citare *Autodesk InfraWorks 360*, dedicato soprattutto alla progettazione di infrastrutture.

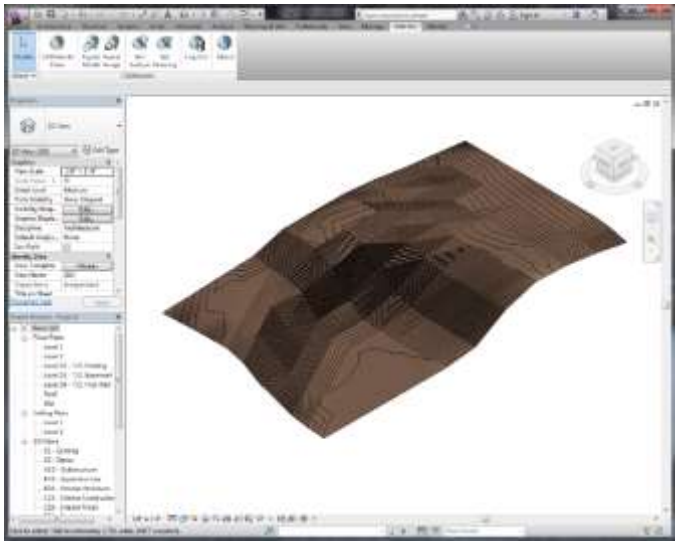


Figura 4.m : Esempio di superficie topografica importata in Revit da Cesium grazie all'applicazione CADtoEarth for Autodesk Revit.[27]

4.1.7. Gli elaborati grafici

Una volta modellato l'intero edificio, aggiunto annotazioni e quotature per documentare le varie viste, in Revit queste possono essere impaginate all'interno di tavole di progetto alla scala di rappresentazione desiderata. L'operazione di messa in tavola risulta piuttosto semplice rispetto alle procedure da eseguire utilizzando i programmi CAD tradizionali, in quanto Revit visualizza a schermo le viste così come verranno stampate ("quello che vedi è quello che ottieni"). Ciò significa che quanto impostato verrà stampato, senza la necessità di ulteriori interventi, se non con il semplice posizionamento di una vista all'interno della tavola desiderata. Per avere totale controllo della gestione delle tavole finali è necessario avere ben chiari alcuni aspetti di Revit, che possono risultare di non immediata comprensione. In particolare ci si sta riferendo alla gestione dell'aspetto degli oggetti nelle varie viste, della loro visibilità, degli stili/modelli/spessori di linea.

[27] https://apps.autodesk.com/RVT/it/Detail/Index?id=4910606560103189779&appLang=en&os=Win32_64

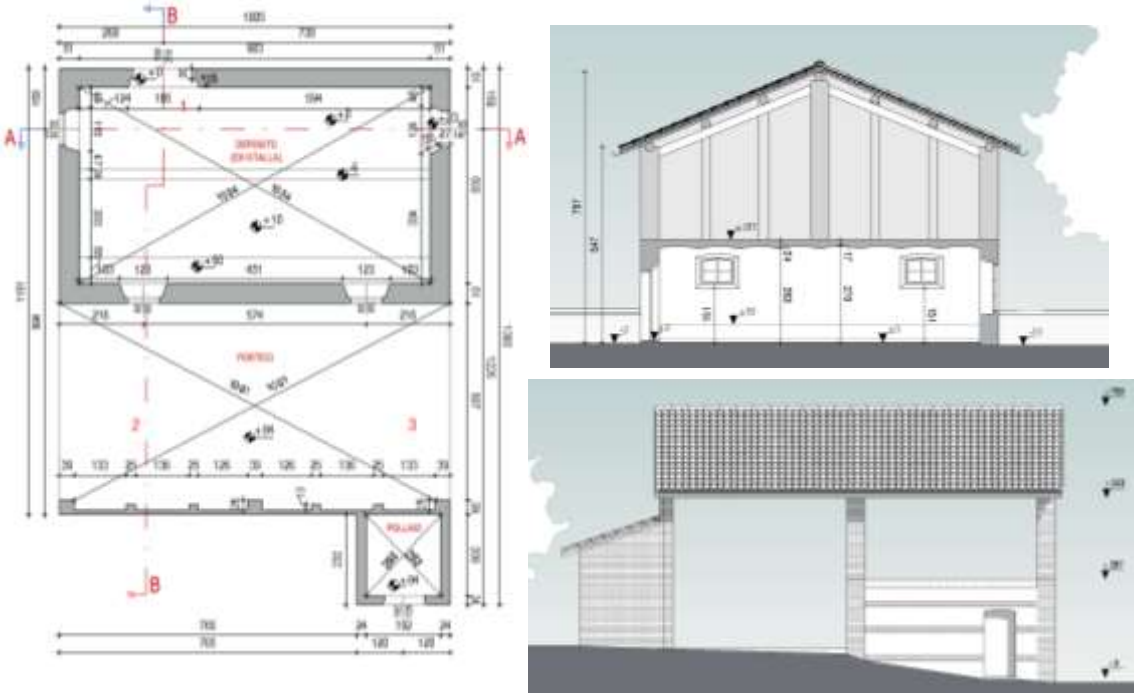


Figura 4.n : Esempio di alcune viste di pianta, di sezione e di prospetto di uno dei modelli realizzati in Revit.

Vengono ora mostrate le tavole contententi gli elaborati grafici realizzati con Revit e rappresentanti lo stato di fatto dei fabbricati. Esse sono state numerate dalla Tavola 0 (zero) alla Tavola 19 procedendo con ordine dalla rappresentazione del Corpo A a quella del Corpo E. La Tavola 0 presenta l'inquadramento generale del complesso di Case Gatti, riportando anche la mappa catastale e l'estratto dal R.U.E. di Salsomaggiore T.; nelle tavole successive, vengono mostrati per ogni corpo la documentazione fotografica, le piante, le sezioni ed i prospetti alla scala di rappresentazione 1:100.

sommario tavole

STATO DI FATTO

TAV.	**0**	*Inquadramento generale*	
TAV.	**1**	*Documentazione fotografica*	CORPO A
TAV.	**2**	*Piante rilievo geometrico*	
TAV.	**3**	*Piante rilievo architettonico*	
TAV.	**4**	*Sezioni*	
TAV.	**5**	*Prospetti*	
TAV.	**6**	*Documentazione fotografica*	CORPO B
TAV.	**7**	*Piante*	
TAV.	**8**	*Piante*	
TAV.	**9**	*Sezioni*	
TAV.	**10**	*Prospetti*	
TAV.	**11**	*Documentazione fotografica*	CORPO D
TAV.	**12**	*Piante rilievo geometrico*	
TAV.	**13**	*Piante rilievo architettonico*	
TAV.	**14**	*Sezioni*	
TAV.	**15**	*Prospetti*	
TAV.	**16**	*Documentazione fotografica*	CORPO E
TAV.	**17**	*Piante*	
TAV.	**18**	*Sezioni*	
TAV.	**19**	*Prospetti*	

4.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

In relazione alla normativa cui il progetto necessita fare riferimento, in questa sede si tralascia per brevità di riportare quanto previsto a livello nazionale e regionale, dando per impliciti la conoscenza ed il rispetto di tale normativa.
Al contrario vengono di seguito riportati gli stralci della normativa locale adottata dal Comune di Salsomaggiore Terme inerenti P.S.C., P.O.C., R.U.E. (variante Febbraio 2015 di quanto approvato nel Luglio 2005).
L'insediamento, come da Tavola R.U.E. 1_E del Territorio Rurale, risulta interessato dai seguenti articoli.

Art. 5.3.3- Edifici e complessi di interesse storico testimoniale (VST)
Fra gli edifici di pregio storico culturale e testimoniale il RUE individua gli edifici di interesse storico testimoniale: essi sono soggetti ad interventi di ristrutturazione edilizia con vincolo parziale (REV, art. 9.19). Gli interventi di manutenzione sono ammessi purchè coerenti con i caratteri storici e architettonici degli edifici.

Art. 7.3.5. Ambiti per lo sviluppo di attività integrative e alternative all'agricoltura
PSC
Si tratta di territori che, pur avendo una connotazione e destinazione prevalentemente agricola, per fattori localizzativi (prossimità a zone urbane, ad ambiti a parco, ad attrezzature di rilievo territoriale) ed ambientali, presentano una elevata suscettività all'insediamento o potenziamento di strutture turistico ricettive di nuovo impianto, orientati, anche per la gamma di servizi presenti e previsti, ad arricchire l'offerta ambientale del territorio rurale e ad innovare il prodotto turistico del territorio salsese. Gli ambiti individuati sono due:
- ambito di Cangelasio
– Scipione, ricadente all'interno della unità paesistica dello Stirone,
- ambito circostante il centro golfistico di Pontegrosso, ricadente nell'unità paesistica della collina interna.
Per tali ambiti valgono le seguenti direttive
Il POC può delimitare le zone urbanistiche nelle quali sia previsto l'insediamento di strutture ricettive di tipo alberghiero, eventualmente integrate da servizi strettamente

pertinenti a carattere sportivo o ludico ricreativo, stabilendone i parametri dimensionali. La determinazione dovrà essere basata su uno studio di idonea localizzazione, conveniente accessibilità, sostenibilità ambientale, inserimento paesistico, fattibilità tecnico economica generale.

La competenza della Provincia in ordine alla valutazione urbanistica della precisa collocazione degli interventi, del loro dimensionamento, delle caratteristiche funzionali, infrastrutturali e ambientali si esprimerà nell'ambito delle procedure previste dalla L. R. n. 20/2000 (accordi di programma, accordi territoriali, variante al PSC).

Il RUE detta per questi ambiti la disciplina relativa agli insediamenti esistenti e determina i limiti, le modalità e gli strumenti per gli interventi funzionali alle attività delle aziende agricole.

RUE

Negli ambiti per lo sviluppo di attività integrative e alternative all'agricoltura sono ammessi gli interventi edilizi relativi agli usi appartenenti alla funzione A alle seguenti condizioni:

a) i parametri edificatori sono definiti ai successivi artt. 7.5.1, 7.5.2., 7.5.3, 7.5.4, 7.5.5, 9.36, 9.37, 9.38;

b) i nuovi fabbricati abitativi, produttivi o di servizio alla azienda agricola devono essere ubicati nell'ambito del centro aziendale preesistente, ovvero, nel caso l'azienda sia priva di fabbricati, in luogo idoneo a consentire eventuali sviluppi futuri. I progetti che non rispettino tali condizioni possono essere respinti;

c) gli interventi conservativi e la demolizione e ricostruzione a parità di superficie utile degli edifici esistenti sono ammessi nell'ambito di un progetto che interessi l'azienda nel suo complesso;

d) il mutamento d'uso dei fabbricati esistenti è ammesso nei limiti stabiliti all'art. 7.4.3.1;

e) nel caso sia prevista la realizzazione di nuovi fabbricati abitativi la nuova superficie utile sommata a quella preesistente non dovrà eccedere la misura massima consentita dagli indici del RUE; in caso di eccedenza si dovrà procedere alla demolizione del fabbricato abitativo preesistente. Il mutamento d'uso a servizi agricoli è consentito solo nei casi di evidente inadeguatezza del fabbricato a rispondere ad esigenze abitative ed è subordinato alla esecuzione di opere di ristrutturazione interessanti l'intero fabbricato tese a renderlo idoneo al nuovo uso.

Negli ambiti a vocazione produttiva agricola gli interventi edilizi relativi agli usi non appartenenti alla funzione A sono soggetti alle seguenti disposizioni:
- nuove costruzioni possono essere consentite solo per gli usi N5 ed N6 nei limiti stabiliti dalle norme per i diversi usi al capo IV del titolo 1 della parte 2 delle presenti norme; gli interventi sugli edifici esistenti sono disciplinati dal successivo art. 7.4.3.1
Sono ammesse le attrezzature private di pertinenza (uso Z3) nelle aree cortilizie del fabbricato principale da ubicare entro il limite di circa mt. 100 dalle costruzioni esistenti.

<u>Art. 7.4.2. Insediamenti annucleati</u>
PSC
Si tratta di insediamenti, talora di impianto antico, risultanti da accrescimenti successivi di più unità edilizie disposte senza soluzione di continuità, che per caratterizzazione formale, funzionale e consistenza edilizia, non sono riconducibili ad insediamenti di tipo urbano. Le località interessate sono: Barborini, Bellaria, Belvedere (Salsominore), Belvedere (Tabiano), Ca' Zalaffi, Casali, Casana, Case Aldrisi, Case Baratta, Case Buonasera, Case Bussolieri, Case Caporal Donnini, Case Cornini, Case Fajeto, Case Faroldi, Case Gagliazzi, Case Gatti, Case Germino, Case Gerra, Case Marchini, Case Marcotti, Case Marini, Case Massari, Case Nuove, Case Savi, Case Tosini, Case Varani, Case Zamino, Case Ziraschi, Cella, Croce del Persico, Fornacchia, Gaviana, Gli Oppi, I Banzoli, I Casali, I Paroni, Il Baraccone, Il Portico, La Bocca, La Maestà, La Morsa, La Palazzina, La Volta, Laurano, Mirandola, Montebello, Pietra Nera, Rivazzuoli, Rossi, Tamburine, Vascelli Generalmente richiedono solo interventi di adeguamento dei fabbricati esistenti e di razionalizzazione delle aree di pertinenza.
Per tali insediamenti valgono le seguenti direttive
Il RUE specifica la disciplina edilizia per la conservazione, l'adeguamento, il recupero, la trasformazione funzionale dei volumi esistenti e per la riqualificazione delle aree non edificate, attenendosi ai seguenti principi:
a) sono normalmente consentiti gli interventi di recupero conservativo e quelli di trasformazione funzionale sui volumi riconosciuti idonei per caratteristiche tipologiche, dimensionali, tecnico costruttive, igienico ambientali;
b) gli interventi di ampliamento dei volumi esistenti sono ammessi nei limiti di un valore massimo incrementale rispetto alla superficie utile esistente e di un valore massimo di densità fondiaria ammissibile;

c) possono essere individuate particolari situazioni nelle quali in ragione della morfologia dei fabbricati, della loro fatiscenza e della segmentazione in più proprietà gli interventi di recupero possono essere incentivati con operazioni di sostituzione edilizia o modesta crescita volumetrica attraverso la formazione di progetti unitari di intervento;
d) possono essere individuate le aree, le opere e gli interventi necessari alla realizzazione delle dotazioni urbanizzative e territoriali, come pure le opere per gli adeguamenti delle infrastrutture viarie che interessano direttamente gli insediamenti;
e) gli interventi di completamento sui lotti interclusi sono assoggettati a specifici parametri di intervento al fine di conservare o ricostruire l'unitarietà formale e ambientale del nucleo.
L'intervento nell'area di completamento individuata con specifico perimetro e sigla A-IEUa in località Belvedere è assoggettato a Intervento Edilizio Unitario e sarà quindi previsto in sede di POC che stabilirà:
- una edificabilità non superiore a mq 800 di Su per la realizzazione di alloggi, usi, altezze, distanze e prescrizioni ecologiche ambientali come previsti dal RUE all'art. 7.4.2.2
- una dotazione urbanizzativa, non monetizzabile, pari a una superficie estesa mq 7.000 che sarà delimitata dal POC e localizzata, all'interno del territorio che comprende anche le aree N6b e N7b, in adiacenza alle aree pubbliche già esistenti o già in corso di acquisizione per consentire il potenziamento del parco attrezzato centrale di Tabiano Bagni
- la cessione al Comune dell'area di sedime della connessione viaria la cui realizzazione è messa dal PSC a carico dell'ambito N7
- l'assunzione delle misure di mitigazione stabilite nell'elaborato del PSC "Rapporto Ambientale" (individuazione Ad5.c). - il rispetto delle prescrizioni dell'elaborato "Integrazioni alla Relazione Geologica per i nuovi ambiti di inserimento" (individuazione Ad5.c)

RUE

<u>Art. 7.4.2.1 - Tipologia degli insediamenti</u>

Gli insediamenti annucleati sono individuati sulla cartografia del RUE con apposita simbologia. Gli ambiti interessati sono ripartiti nelle seguenti tipologie d'area

a. insediamenti riconosciuti come zone residenziali dal PRG previgente, per i quali si applica la disciplina di cui all'art. 7.4.5.2 successivo;
b. insediamenti riconosciuti come insediamenti storici extraurbani, per i quali si applica la disciplina di cui all'art. 5.2 precedente;
c. insediamenti rurali soggetti a disciplina particolareggiata cui si applica la disciplina del successivo art. 7.4.3.1;
d. aree di completamento degli insediamenti annucleati, cui si applica la disciplina dell'art. 7.4.2.2 seguente; e. aree a verde privato, cui si applica la medesima disciplina di cui all'art. 6.1.15.

Art. 7.4.5.2 – Aree residenziali
Le aree residenziali sono soggette alla seguente disciplina:
Identificazione: corrispondono alle zone residenziali individuate dal PRG previgente in territorio rurale
Edificabilità massima: si applica l'indice UF Uf = 0,3 mq/mq tranne che per gli edifici e complessi di interesse storico architettonico di cui all'art. 5.3.1, per gli edifici di interesse storico tipologico di cui all'art. 5.3.2, per gli edifici di interesse storico testimoniale di cui all'art. 5.3.3 e per le aree vincolate di cui all'art. 5.3.4. La possibilità di piena utilizzazione dell'indice è tuttavia subordinata al rispetto delle dotazioni urbanizzative, delle prescrizioni morfologiche e delle prescrizioni ecologiche ambientali sotto disposte. Ove l'edificazione esistente e la configurazione del lotto o particolari vincoli non lo consentano, è consentita la realizzazione di autorimesse di pertinenza in aree degli ambiti rurali immediatamente circostanti alle seguenti condizioni:
- la superficie accessoria così realizzata non superi i 25 mq/alloggio esistente;
- la costruzione sia compresa in una distanza non superiore a ml 30 dall'edificio di cui costituisce pertinenza.
Usi ammessi: A1, A2 - le superfici ammesse per tali usi dovranno rispettare gli indici del presente articolo e quelli previsti rispettivamente agli artt. 7.5.1 e 7.5.2 A6 C1, C3, C4 D2
Usi appartenenti alla funzione R S4, S6, S7 T1, T2, T3 Z1, Z3
Interventi ammessi: tutti i tipi di intervento
Modo di attuazione: attuazione edilizia diretta

Dotazioni urbanizzative: la monetizzazione delle aree di standard è ammessa a giudizio del Responsabile dello Sportello unico qualora la cessione delle aree risulti difficoltosa per particolari preesistenze o non utile ai fini della realizzazione di servizi efficienti.
Prescrizioni morfologiche: H max = 7,50 m. In ogni caso il numero massimo di piani fuori terra, compresi i piani accessori, non può essere superiore a due nei terreni in piano e sul lato a monte dei terreni in pendio e a tre sul lato a valle dei medesimi. Gli edifici si devono adattare alla morfologia del terreno producendo minime alterazioni del suo profilo.
Distanza dalle strade = 10 m, Nei casi in cui alla viabilità siano state apportate modifiche di tracciato in allontanamento dal sedime cartografato ovvero la viabilità, pur catastalmente individuata, non esista più, è consentito, a giudizio del Responsabile dello Sportello unico, far osservare una distanza diversa, comunque non inferiore a m. 5
Prescrizioni ecologiche ambientali:
- nel caso le aree siano interessate da vincoli soggiacciono alle prescrizioni ad essi relative;
- nel caso di nuova edificazione su lotti liberi è richiesta una superficie a verde privato arbustivo e/o alberato su almeno il 30% dell'area.

Art. 9.19 - Ristrutturazione edilizia con vincolo parziale (REV)

1. Intervento riguardante unità edilizie con elementi o parti ancora conservati nel loro assetto e nella loro configurazione originaria.
2. L'intervento prevede:

- *il restauro e ripristino dei fronti esterni per le parti originarie ancora conservate e per gli elementi di valore stilistico, mentre in generale deve essere salvaguardata l'unitarietà dei prospetti e la configurazione dei corpi edilizi,*
- *le opere necessarie per il riadeguamento degli ambienti interni, dei collegamenti verticali e orizzontali e per l'inserimento di impianti,*
- *il riordino dei prospetti per l'adeguamento e la trasformazione funzionale della unità edilizia,*
- *la demolizione delle parti incongrue o di quelle, prive di valore, strettamente necessarie ad assicurare la funzionalità dell'edificio e del complesso edilizio vi compreso l'accesso alle aree cortilizie,*

- *l'inserimento di elementi decorativi ed architettonici conformati secondo gli stili propri dell'edilizia storica presente nel contesto urbano (cornici, marcapiani, balconcini in stile di modesta dimensione).*

3. Le disposizioni di carattere igienico edilizio relative alla altezza minima dei locali, ai coefficienti di illuminazione ed aerazione, al contenimento dei consumi energetici possono essere derogati dietro dimostrazione che il loro rispetto comporterebbe l'alterazione degli elementi storico testimoniali dell'edificio.

4. Gli interventi di ristrutturazione edilizia con vincolo parziale, per gli edifici classificati di interesse storico architettonico, sono soggetti a permesso di costruire. Nei restanti casi, i medesimi interventi sono soggetti a Segnalazione Certificata di Inizio Attività.

5. Esclusivamente nel caso di perizia giurata di tecnico abilitato che dimostri la non fattibilità del recupero per ragioni di obsolescenza fisica, a fronte della necessità di messa in sicurezza sismica, è consentita in tutto o in parte la ricostruzione fedele, parziale o totale, con la riproposizione dei materiali e dei caratteri architettonici preesistenti. Rimane comunque fermo quanto stabilito alla deliberazione del C.C. n. 98 del 19.12.2013.

4.3 STATO DI PROGETTO

4.3.1 Finalità ed obiettivi

Le finalità e gli obiettivi di progetto sono stati desunti da quanto espresso dalla ipotetica committenza composta sia da proprietari di alcuni immobili che da persone interessate ad un eventuale insediamento o, semplicemente, sostenitori del progetto di recupero di Case Gatti. Tali istanze possono sinteticamente essere ricomprese in un concetto di abitare collaborativo che trova nella comunità intenzionali in generale e nel co-housing in particolare la propria definizione. Un approccio al tema dell'abitare caratterizzato quindi dalle relazioni tra gli abitanti che possono usufruire di spazi in proprietà esclusiva, in grado di soddisfare l'autonomia degli alloggi, ma anche di spazi e servizi collettivi, in grado di migliorare il benessere dei singoli attraverso relazioni di mutuo aiuto, solidarietà e condivisione. Da tale approccio deriva conseguentemente l'attenzione alla sostenibilità ambientale, economica, sociale da garantire attraverso un criterio sistemico attraverso processi decisionali fortemente partecipati.

In fase progettuale, tali criteri, sono stati recepiti e tradotti nel seguente modo:

- sostenibilità ambientale: bioecologicità dei materiali, bioclimatica, risparmio energetico, ottimizzazione degli apporti energetici passivi, recupero dell'edilizia rurale tradizionale pre-esistente, conservazione e manutenzione del territorio collinare, ecc.;
- sostenibilità economica: uso di tecnologie e materiali ad alto rapporto qualità/prezzo, razionalizzazione degli spazi, collettivizzazione di spazi e servizi, coworking, possibilità di attivare attività economiche integrative (ad esempio: agricoltura biologica, apicoltura, frutticoltura ed orticoltura, produzione da autoconsumo), ecc.;
- sostenibilità sociale: presidio del territorio, riproposizione di forti legami sociali (comunitari) tra gli abitanti, salubrità e benessere psicofisico, offerta di spazi di incontro e socializzazione, possibilità di condivisione di servizi e mutuo aiuto.

La forma del co-housing, richiedendo una forte partecipazione anche in fase progettuale e partendo da una iniziativa "dal basso" proposta dai futuri abitanti, scardina inoltre, conseguentemente, la sequenza del processo edilizio e del ruolo assunto dagli operatori negli ultimi decenni ponendo, in modo particolare, il progettista a diretto servizio degli

abitanti e l'impresa edile nel proprio specifico e ristretto ruolo di costruttore (con l'annullamento del rischio d'impresa).
Un ulteriore vincolo progettuale è stato posto spontaneamente da parte scrivente in ordine alla volontà di estendere un approccio conservativo di volumi, tecnologie, materiali rispettosi della tradizione locale e della pre-esistenza, anche ai fabbricati non gravati dal vincolo di VST imposto dal R.U.E. per il Corpo B.
Come già anticipato nelle pagine precedenti, l'edificio denominato Corpo C, in quanto già abitato ed in buono stato di conservazione, è stato stralciato dall'intervento progettuale e considerato solo come componente attiva del futuro co-housing.

4.3.2. Scelte progettuali

Le scelte progettuali effettuate hanno cercato di rispondere con la massima coerenza agli obiettivi individuati attraverso una opportuna proposta funzionale e distributiva, accompagnata dalla scelta di idonee tecnologie, materiali e impianti.
Sono state innanzitutto attribuite le destinazioni d'uso principali dei diversi corpi di fabbrica come di seguito descritti.
Il Corpo A prevede la trasformazione in residenza monofamiliare al piano primo (ex-fienile) e accessori al piano terreno con l'interposizione nello spazio a doppio volume dell'ampio porticato di un solaio in grado ampliare le superfici del piano primo. L'alloggio al piano primo, raggiungibile mediante la realizzazione di un nuovo collegamento verticale, risulta costituito da: soggiorno-cucina, disimpegno, disimpegno, servizio igienico e da due camere doppie. Mentre il piano terreno vede la destinazione a cantina-deposito e lavanderia (ex-stalla) e a patio (ex-porticato). L'orientamento dei locali cerca altresì di sfruttare al meglio gli apporti solari passivi posizionando la parte a giorno sul prospetto sud, le camere sui prospetti est ed ovest, il servizio igienico lato nord.
Nella proposta di progetto del Corpo A si è ipotizzato di conservare solo il volume della ex-stalla (murature e solaio), operando una demolizione con fedele ricostruzione delle parti restanti.

Figura 4.o : Il corpo A (viste prospettiche renderizzate e fotoritoccate).

II Corpo B, già con destinazione a residenza e accessori, ha presentato il maggior grado di difficoltà nella distribuzione interna in quanto composto da diversi volumi vincolati nella sagoma dal punto di vista normativo e pertanto vede la proposta della distribuzione di tre alloggi con tipologia "a schiera" così distribuiti:

- ala sud: alloggio distribuito su due livelli con al piano terreno cucina, disimpegno, servizio igienico, soggiorno con doppio volume, collegamento verticale e, al piano superiore, camera da letto matrimoniale con servizio igienico;
- corpo centrale: alloggio anch'esso distribuito su due livelli con al piano terreno cucina, disimpegno, servizio igienico, soggiorno con doppio volume, collegamento verticale e, al piano superiore, camera da letto matrimoniale con servizio igienico;

- ala nord: alloggio distribuito su due livelli, con al piano terra ampio soggiorno, cucina, servizio igienico, disimpegno, collegamento verticale e, al piano secondo, ripostiglio, servizio igienico e due camere da letto doppie.

Figura 4.p : Il corpo B (viste prospettiche renderizzate e fotoritoccate).

In questo caso, dato lo stato di avanzato degrado in cui si presenta il Corpo B, si è prevista la completa demolizione del fabbricato e la successiva fedele ricostruzione.

Il Corpo D, occupando una posizione piuttosto centrale all'interno del nucleo di fabbricati, prevede la trasformazione in struttura con spazi ad uso comune, "cuore pulsante" del co-housing, per gli abitanti luogo di incontro ed aggregazione, ma anche di eventuale lavoro (co-working). Il piano terra, infatti, vede a destinazione cucina-laboratorio, servizio igienico e locale impianti all'interno della ex-stalla; salone comune e deposito/serra nelle aree ex-porticato. Il piano primo (ex-fienile), raggiungibile mediante la realizzazione di un nuovo collegamento verticale, è adibito a sala multimediale e polivalente.

Come per il Corpo A, anche nel caso del Corpo D si è ipotizzato di conservare il volume della ex-stalla e di operare una demolizione con fedele ricostruzione delle parti restanti.

Figura 4.q : Il corpo D (viste prospettiche renderizzate e fotoritoccate).

II Corpo E, già con destinazione a residenza e accessori, prevede la trasformazione in residenza monofamiliare a due livelli con la zona giorno distribuita al piano terra, la zona notte al piano superiore e conservando la sagoma dei due volumi che lo compongono (ex-colonico ed ex-rustico). In particolare il piano terra risulta costituito da cucina, soggiorno, ripostiglio, servizio igienico, disimpegno, lavanderia e cantine. Al piano primo, invece, si trovano due camere da letto singole, due servizi igienici, camera matrimoniale e ampio studio entrambi con loggia.

Dato il pessimo stato di conservazione in cui si presenta anche il Corpo E, si è prevista la completa demolizione del fabbricato e la successiva fedele ricostruzione.

Figura 4.r : Il corpo E (vista prospettica renderizzata e fotoritoccata).

L'approccio progettuale in ordine alle tecnologie, agli impianti e ai materiali da utilizzare si è basato sui seguenti principali criteri:

- attenzione agli aspetti di inserimento paesaggistico e coerenza con l'architettura rurale tradizionale della zona;
- attenzione agli aspetti di bioecologicità, di sostenibilità ambientale e di efficienza energetica;
- attenzione agli aspetti prestazionali come a quelli di una razionalità costruttiva in grado di elevare il rapporto qualità/prezzo degli edifici.

I materiali dell'involucro esterno, dove non si è potuto intervenire con la conservazione, pur interpretati con modelli attuali (taglio dei vani finestra, rivestimenti in legno,ecc.), riprendono quelli presenti nella architettura storica locale: paramenti murari in cotto o pietra finiti faccia a vista o ad intonaco tinteggiato con colori naturali, coperture in legno e manto in coppi, serramenti con scuri. Anche le strutture sono proposte di tipo tradizionale.

Dal punto di vista della bioecologicità, della sostenibilità ambientale ambientale e di efficienza energetica, si è operato secondo una logica che parte dall'applicazione, per quanto possibile in un intervento relativo all'esistente, dei criteri della bioclimatica e del massimo sfruttamento degli apporti solari passivi tramite una corretta distribuzione dei locali interni, posizionamento delle vetrate e collocazione di elementi ombreggianti (aggetti verticali, aggetti orizzontali e frangisole). Ulteriore elemento favorevole ad una riduzione dei fabbisogni energetici è stato inoltre la scelta di mantenere le volumetrie preesesistenti aventi un buon rapporto superficie/volume (S/V).

Ovviamente anche l'involucro opaco è stato oggetto di specifiche attenzioni volte ad ottenere alti gradi prestazionali di isolamento termico, ma anche di traspirabilità ed ecologicità dei materiali con l'utilizzo principale di pannelli in fibra di legno di diverse densità a seconda del loro posizionamento (stratigrafia interna o esterna delle strutture verticali o delle coperture).
Infine è stato necessario proporre stratigrafie con posizionamento degli elementi isolanti differenziati, internamente od esternamente, a seconda dei diversi casi che si sono presentati (preesistenze, nuove costruzioni, tamponamenti, ecc.).
Gli elementi trasparenti dell'involucro (finestre, porte-finestre e vetrate) sono pensati con doppia camera e tripli vetri a bassa emissività e serramenti in legno.
A seguito delle scelte sopra descritte si ipotizza una riduzione significativa del fabbisogno energetico tale da rendere possibile la realizzazione di impianti di climatizzazione sia estiva che invernale con pannelli radianti a pavimento a bassa temperatura in grado di essere alimentati da pompe di calore aria-acqua di modesta potenza. Tale sequenza di operazioni progettuali sarà in grado quindi di permettere la completa copertura del fabbisogno energetico degli edifici con l'utilizzo di sole fonti rinnovabili (impianti fotovoltaici).

La distribuzione planimetrica dei diversi edifici, tutti preesistenti, e la scelta relativa all'attribuzione delle loro diverse destinazioni d'uso (abitazioni, accessori, locali comuni, ecc.), ha portato a proporre una conseguente sistemazione degli spazi esterni, della viabilità meccanizzata e della viabilità pedonale.
In modo particolare si è operato cercando di ridurre al massimo l'impermeabilizzazione del suolo attraverso la realizzazione di percorsi pedonali con elementi "a passi persi" e con la massima riduzione dei marciapiedi perimetrali. Tali percorsi pedonali creano i collegamenti e favoriscono le relazioni tra le diverse abitazioni oltre a convergere in uno spazio aperto centrale di uso collettivo per attività all'aperto.
La viabilità meccanizzata vede la proposta di:

- creazione di un nuovo collegamento sul lato est del nucleo insediativo, volta a eliminare l'attraversamento della viabilità estranea all'abitato;
- ripristino del percorso ad ovest, oggi temporaneamente interrotto, ma chiaramente indicato dalle proprietà catastale, volto a servire l'accesso alle singole unità.

I posti auto vengono proposti scoperti o, eventualmente in futuro, con pergolati verdi, con pavimentazione in prato armato e distribuiti in modo da servire le adiacenze delle diverse abitazioni.
Il verde si prevede essere destinato in parte ad orti comuni ed in parte a spazi ricreativi ed incontro per attività degli abitanti, ma aperti anche al territorio.

4.3.3. Progetto in Revit

Prima di presentare gli elaborati grafici si vogliono illustrare alcuni degli strumenti e delle applicazioni di Autodesk Revit 2017 che sono stati utilizzati per attuare le scelte e le proposte progettuali finora avanzate. Il principale obiettivo che ci si è posti in questo elaborato di tesi, è proprio quello di sperimentare l'uso di uno degli applicativi BIM più diffusi, calandosi nelle vesti di un progettista autonomo o di un piccolo studio professionale ed esaminando come questi potrebbero operare nella fase di progettazione utilizzando tale software. Durante questa "simulazione" si sono ricercati gli strumenti più interessanti messi a disposizione da Revit, i vantaggi che il progettista può trarre con il suo ausilio e le potenzialità offerte dal supporto BIM, ma anche le criticità che si possono presentare. E' qui che si giunge al nocciolo del tema affrontato dalla parte scrivente: studiare come cambia la metodologia operativa in fase di progettazione attraverso l'uso di un programma BIM, capire quali sono i benefici derivanti da esso, in termini di risparmio di tempo e di costi, di qualità del progetto.
Il primo capovolgimento di prospettiva per chi approda all'utilizzo di Revit dai software più tradizionali, deriva senz'altro dalla modellazione tridimensionale ed "intelligente": l'edificio progettato viene completamente ricostruito in modo virtuale attraverso un modello che simula e mantiene relazioni uguali a quelle dell'omologo reale. I canonici elaborati che lo descrivono vengono ricavati a partire da esso ed ogni modifica ad un elemento della costruzione viene aggiornata in tempo reale, in quanto le viste si limitano ad "osservare" il modello e a resituirlo graficamente, o numericamente nel caso degli abachi. Ogni informazione necessaria alla stesura della documentazione esplicativa del progetto (tavole tecniche, elenco dei quantitativi, ecc.) viene estrapolata da un unico modello, da un unico database.
Tutto questo non significa solo una maggiore velocità nella creazione degli elaborati, ma soprattutto una coordinazione totale in quanto questa viene eseguita automaticamente dal software, evitando così possibili errori ed incongruenze o, per lo meno, evidenziandoli

preventivamente. Se le viste di Revit sono "connesse" tra di loro (poiché inquadrano tutte lo stesso modello di dati), allora è possibile apportare modifiche al modello di edificio da una qualsiasi di esse, scegliendo liberamente quella più idonea al tipo di variazione da effettuare. In pratica, Revit, grazie al suo motore relazionale interno, si fa carico di tutte quelle operazioni di revisione e aggiornamento che altri software impongono all'operatore.[28]

Come già anticipato nei capitoli precedenti, gli oggetti che costituiscono il modello tridimensionale sono elementi parametrici, ovvero elementi definiti e controllati tramite parametri che raccolgono tutte le informazioni e i dati ad essi relativi. Ciò permette di applicare in maniera dinamica modifiche e variazioni ai singoli oggetti (*istanze*) o a gruppi di essi (*famiglie, categorie*).

Di seguito si vogliono presentare, in maniera riassuntiva, alcune delle interessanti applicazioni offerte da Autodesk Revit 2017 sperimentate, a raggiungimento degli obiettivi preposti o a solo titolo dimostrativo, durante il lavoro di tesi per il progetto "Case Gatti".

Modelli collegati

Nel progetto "Case Gatti" sono più di uno i fabbricati soggetti ad intervento, ciascuno dei quali con orientamento differente. Pertanto, per semplicità operativa, si è scelto di creare un modello per ogni Corpo, generando all'interno di ogni file di Revit le relative viste di pianta, sezione, prospetto, ecc. I diversi modelli sono stati poi collegati all'interno di un unico file per ricreare il complesso edilizio, posizionati ed orientati correttamente in planimetria, e per la progettazione degli spazi esterni (viabilità meccanizzata e pedonale, spazi comuni, posti auto, verde). Il collegamento con il quale i diversi modelli vengono inseriti all'interno del file è di tipo dinamico, ovvero se dopo la chiusura del file un modello viene modificato, alla riapertura il collegamento viene automaticamente aggiornato apportando le relative variazioni al modello oggetto di modifica.

Tale possibilità ha permesso di sviluppare di pari passo la progettazione dei vari corpi presi singolarmente con il progetto dell'insieme dei fabbricati.

E' inoltre facile intuire quanto il collegamento di modelli possa essere utile nel caso di parti di edifici progettate da team di progettazione diversi o destinate a serie di disegni

[28] Simone Pozzoli, Marco Bonazza, "Autodesk Revit Architecture 2016 – Guida alla progettazione BIM", Tecniche nuove, Milano 2015, pp. 2-4 .

distinti, oppure nel caso di coordinamento tra diverse discipline (modelli architettonici e modelli strutturali o di impianti).

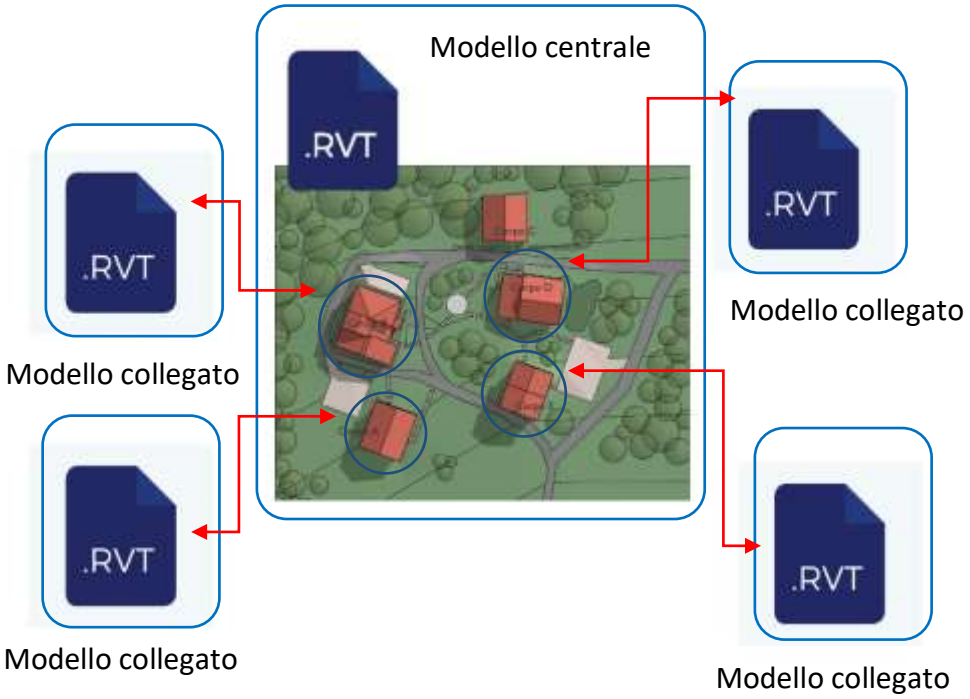


Figura 4.s : Schema rappresentante i modelli collegati.

<u>Analisi del soleggiamento</u>

Revit permette di geolocalizzare il proprio progetto, impostando le coordinate geografiche del sito in cui l'edificio è posizionato, e di definirne il preciso orientamento (Nord Reale). Tale impostazione risulta molto utile nel momento in cui si vuole effettuare uno studio sull'irraggiamento solare. E' possibile, infatti, attivare il percorso del sole in riferimento alla geolocalizzazione fissata ed osservare la proiezione delle ombre create dagli aggetti, verticali ed orizzontali, dell'edificio e dalle costruzioni, superficie topografica e vegetazione circostanti. Revit permette di conoscere e visualizzare ogni posizione assunta dal sole in ogni ora, giorno e mese dell'anno, offrendo quindi la possibilità all'utente di effettuare precise scelte progettuali al fine di controllare gli apporti solari passivi. Nella formulazione della proposta progettuale di Case Gatti si è cercato, entro i limiti imposti dai volumi esistenti, di orientare gli elementi trasparenti prevalentemente in direzione sud, in modo tale da massimizzare gli apporti solari passivi durante la stagione invernale, e di creare aggetti orizzontali (coperture) e verticali (setti murari) per ombreggiarli durante la stagione estiva. Il dimensionamento di tali sporti è avvenuto facendo un'analisi qualitativa dell'irraggiamento solare e delle ombre basandosi

proprio sulla conoscenza, grazie a Revit, del percorso del sole. Dove non è stato possibile originare gli opportuni aggetti, si sono ipotizzati serramenti dotati di sistemi oscuranti ad alta prestazione od elementi ombreggianti tipo frangisole.

Locali

Un altro strumento di Revit messo in atto nello sviluppo del progetto "Case Gatti" è stato quello relativo alla generazione dei locali. Quest'ultimi, come già illustrato nei capitoli precedenti, sono gli elementi di Revit preposti alla definizione delle superfici e dei volumi dei vani di un progetto, per conoscere e controllare le dimensioni dell'edificio e delle sue parti interne.

I locali sono stati utilizzati nelle viste di pianta e di sezione per identificare i diversi spazi interni agli edifici ed indicarne la loro destinazione d'uso tramite l'abbinamento di differenti colorazioni. In secondo luogo, per i Corpi A ed il Corpo D, la creazione di locali è stata necessaria ai fini del calcolo del loro fabbisogno energetico tramite l'uso dell'applicativo *EC770 Integrated Design for Revit* messo a disposizione da Edilclima S.r.l.. Il plug-in EC770, infatti, individua i locali di Revit e con essi acquisisce i diversi elementi che li delimitano, i componenti dell'involucro dell'edificio, le loro stratigrafie, le superfici disperdenti ed i diversi volumi, climatizzati e non. Tale processo verrà illustrato, in maniera più esaustiva e dettagliata, nei capitoli successivi dedicati alla presentazione dell'analisi energetica effettuata per i Corpi A e D.

Gestione delle fasi

Si è sperimentata, inoltre, la funzionalità relativa alla gestione delle fasi. Come già descritto in precedenza, tramite Revit è possibile stabilire diverse fasi di progetto, o di lavoro, per gestire le possibili varianti di progetto, creare viste di comparazione o, persino, pianificare l'esecuzione dei lavori in cantiere.

A titolo dimostrativo, tale funzionalità è stata sperimentata per la creazione di viste comparative. In particolare ciò è avvenuto creando all'interno del file di modello due diverse fasi, chiamate "Cantiere originale" e "Ristrutturazione"; assegnando ad ogni oggetto la fase in cui è stato creato e quella in cui è stato eventualmente demolito; gestendo i filtri di fase delle viste per ottenere l'effetto grafico voluto. In questo modo si è resa possibile la visualizzazione contemporanea degli edifici allo stato di fatto, allo stato di progetto e della vista comparativa (tavola gialli-rossi).

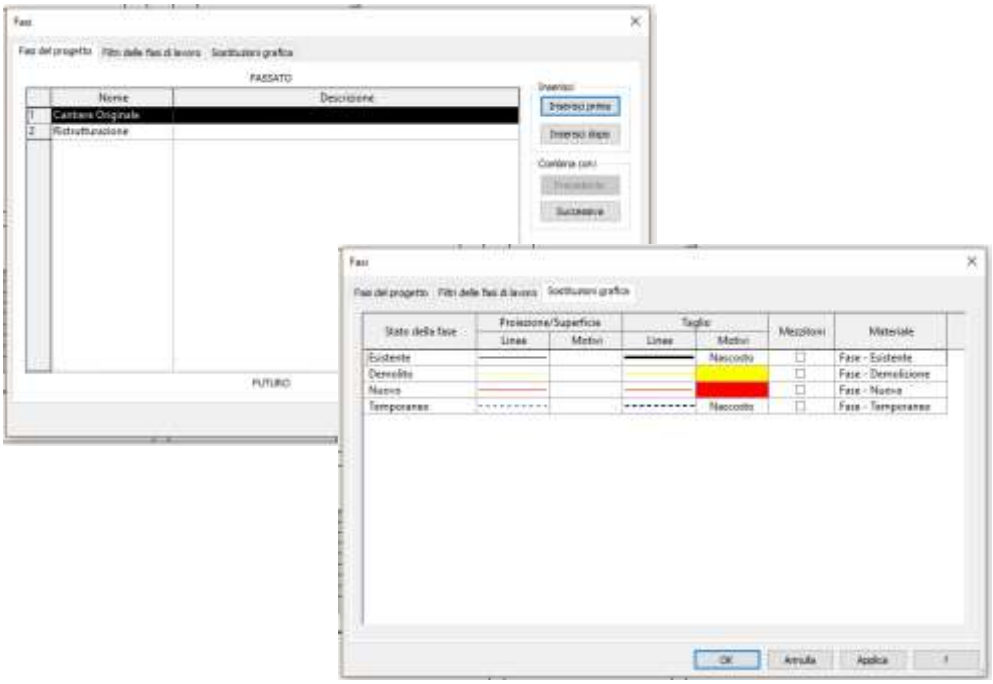


Figura 4.t : Gestione delle fasi.

<u>Abachi</u>

A scopo illustrativo si è anche utilizzato lo strumento degli abachi, funzionalità molto interessante soprattutto per il computo di materiali e quantità. Nello specifico per ogni corpo sono stati creati tre tipi di abaco: l'abaco dei locali, quello delle finestre e quello delle porte.

Nel primo sono stati elencati tutti i locali creati all'interno del modello, riportando la loro destinazione d'uso, i volumi netti e le superfici in pianta.

	ABACO DEI LOCALI		
	Destinazione d'uso	**Superficie del locale**	**Volume Netto**
1	CANTINA	17.1 m²	48.6 m³
2	LAVANDERIA	6.6 m²	18.8 m³
3	CANTINA	17.1 m²	48.6 m³
4	DISIMPEGNO	3.2 m²	9.1 m³
5	PATIO	27.8 m²	77.9 m³
6	CAMERA SINGOLA	16.9 m²	51.2 m³
7	DISIMPEGNO	4.7 m²	18.9 m³
8	CAMERA MATRIMONIALE	16.9 m²	51.3 m³
9	VANO SCALA	8.0 m²	47.1 m³
10	CUCINA - SOGGIORNO	28.4 m²	97.1 m³
11	BAGNO	5.2 m²	20.6 m³
		152.0 m²	489.2 m³

Figura 4.u : Abaco dei locali.

Nell'abaco delle finestre sono state catalogate tutte le finestre identificate e contrassegnate con un codice utile a risalire al posizionamento del serramento nelle viste di pianta. Oltre alle dimensioni di altezza e larghezza, nell'abaco delle finestre sono stati riportati il tipo di finestra e il livello (piano terra o piano primo) di riferimento.

ABACO DELLE FINESTRE				
Contrassegno	Larghezza	Altezza	Famiglia	Livello
F1	83 cm	136 cm	ad arco 2 ante con sguinci	0 - Piano Terra VT
F2	100 cm	190 cm	1 anta	1 - Piano Primo VT
F3	100 cm	190 cm	1 anta	1 - Piano Primo VT
F4	100 cm	190 cm	1 anta	1 - Piano Primo VT
F5	100 cm	190 cm	1 anta	1 - Piano Primo VT

Figura 4.v : Abaco delle finestre.

In maniera analoga è stato creato l'abaco delle porte, nel quale sono stati riportati il codice di contrassegno della porta, altezza e larghezza, tipo di porta, livello di appartenenza, oltre che funzione (interno o esterno).

ABACO DELLE PORTE					
Contrassegno	Larghezza	Altezza	Famiglia	Livello	Funzione
P1	159 cm	210 cm	doppio battente con sguinci	0 - Piano Terra VT	Esterno
P2	80 cm	210 cm	1 anta battente	0 - Piano Terra VT	Interno
P3	80 cm	210 cm	1 anta battente	0 - Piano Terra VT	Interno
P4	80 cm	210 cm	1 anta battente	0 - Piano Terra VT	Interno
P5	93 cm	200 cm	doppio battente con sguinci	0 - Piano Terra VT	Interno
P6	90 cm	210 cm	1 anta battente	0 - Piano Terra VT	Esterno
P7	80 cm	210 cm	1 anta battente	0 - Piano Terra VT	Interno
P8	90 cm	210 cm	1 anta battente	0 - Piano Terra VT	Esterno
P9	80 cm	210 cm	1 anta battente	1 - Piano Primo VT	Interno
P10	80 cm	210 cm	1 anta scorrevole	1 - Piano Primo VT	Interno
P11	80 cm	210 cm	1 anta battente	1 - Piano Primo VT	Interno
P12	90 cm	210 cm	1 anta battente	1 - Piano Primo VT	Esterno
P13	80 cm	210 cm	1 anta battente	1 - Piano Primo VT	Interno

Figura 4.w : Abaco delle porte.

4.3.4. Gli elaborati grafici

Vengono ora mostrate le tavole contententi gli elaborati grafici realizzati con Revit e rappresentanti lo stato di progetto dei fabbricati. Esse proseguono con la numerazione delle tavole dello stato di fatto, partendo dalla Tavola 20 fino alla Tavola 43 procedendo con ordine dalla rappresentazione del Corpo A a quella del Corpo E. La Tavola 20 presenta la planimetria ed i prospetti generali del complesso di Case Gatti dopo

l'intervento proposto. Nelle tavole successive, vengono mostrati per ogni corpo le viste prospettiche renderizzate e foto-ritoccate, le piante (quotate, con i locali e gli arredi), le sezioni ed i prospetti alla scala di rappresentazione 1:100. Nel caso del Corpo A e del Corpo D sono stati inoltre elaborati i fotoinserimenti paesaggistici, le tavole con le viste comparative ed alcuni particolari costruttivi.

sommario tavole

STATO DI PROGETTO

TAV	**20**	*Planimetria e prospetti generali*	
TAV	**21**	*Viste prospettiche*	CORPO A
TAV	**22**	*Piante*	
TAV	**23**	*Piante con arredi*	
TAV	**24**	*Piante gialli-rossi*	
TAV	**25**	*Sezioni e particolari costruttivi*	
TAV	**26**	*Prospetti*	
TAV	**27**	*Viste prospettiche*	CORPO B
TAV	**28**	*Piante*	
TAV	**29**	*Piante*	
TAV	**30**	*Piante con arredi*	
TAV	**31**	*Sezioni*	
TAV	**32**	*Prospetti*	
TAV	**33**	*Viste prospettiche*	CORPO D
TAV	**34**	*Piante*	
TAV	**35**	*Piante con arredi*	
TAV	**36**	*Piante gialli-rossi*	
TAV	**37**	*Sezioni e particolari costruttivi*	
TAV	**38**	*Prospetti*	
TAV	**39**	*Viste prospettiche*	CORPO E
TAV	**40**	*Piante*	
TAV	**41**	*Piante con arredi*	
TAV	**42**	*Sezioni*	
TAV	**43**	*Prospetti*	

4.4 CALCOLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO CON EC770

4.4.1 EC770 Integrated Technical Design for Revit

EC770 Integrated Technical Design for Revit è un applicativo che si integra in Autodesk Revit e permette di: definire e valutare le prestazioni energetiche, dispersioni e trasmittanze medie degli edifici disegnati; ed esportare tutti i dati necessari per effettuare calcoli di diagnosi e certificazione energetica dell'edificio, nel software Edilclima *EC700 Calcolo prestazioni energetiche degli edifici* con il quale effettuare le verifiche di legge. Attraverso EC770 è possibile:

- effettuare la verifica termoigrometrica per ogni struttura del progetto, controllando la possibile formazione di condensa superficiale ed interstiziale;
- determinare il valore della trasmittanza termica periodica, del fattore di attenuazione e dello sfasamento termico delle strutture utilizzate nel progetto;
- calcolare la trasmittanza termica degli infissi, tenuto conto delle caratteristiche del vetro e del telaio;
- ottimizzare termicamente le strutture, ai sensi delle più recenti normative sul risparmio energetico;
- ottimizzare il progetto architettonico per la successiva fase di progettazione termotecnica.
- esportare il progetto in EC700 Calcolo prestazioni energetiche degli edifici e procedere con i calcoli per il dimensionamento dell'impianto di climatizzazione invernale ed estiva ed per effettuare le verifiche imposte dal DPR n.59/09 e dal DLgs 28/11;
- utilizzare un progetto di Revit realizzato da un architetto o dal progettista edile per inserire rapidamente i dati ai fini dei calcoli di Legge 10.[29]

EC770 Integrated Technical Design for Revit, è corredato da archivi di supporto modificabili dall'utente, quali:

- archivio dei dati climatici degli 8000 comuni d'Italia: temperature esterne medie mensili, irradianze solari e pressioni di vapore, secondo le norme UNI 10349-1, 2 e 3: 2016;

[29] https://www.edilclima.it/software-termotecnica/prog-edile/scheda/770

- archivio dei materiali edili secondo UNI 10351, UNI 10355 e UNI EN 12524;
- archivio completo dei ponti termici lineari secondo UNI EN ISO 14683:2009 con disegni schematici atti a facilitarne la scelta.

Il plug-in EC770 inserisce nella barra principale di Revit una nuova scheda in cui sono elencati alcuni comandi specifici per la definizione dei parametri supplementari. Durante l'elaborazione del progetto in Revit occorre definire famiglie di muri, tetti e pavimenti con un'opportuna stratigrafia in modo da facilitare la successiva associazione dei materiali Revit ai materiali dell'archivio Edilclima. Inoltre, è indispensabile la creazione dei locali, affinché EC770 possa ricavare i volumi e le superfici necessari.
Una volta creato il modello in Revit, si seleziona la scheda "Moduli aggiuntivi" visualizzando la barra dei comandi di EC770 e mediante il comando "Parametri" si avvia l'analisi del modello, attraverso la quale il plug-in individua innanzitutto le strutture dell'edificio ed i locali presenti in esso. In questo primo passaggio l'utente deve distinguere i locali climatizzati da quelli non climatizzati (specificando in entrambi i casi se verso terreno) ed associarli alla zona climatica in cui ricadono. Questa prima operazione è facilitata dalla visualizzazione grafica tridimensionale dei locali.

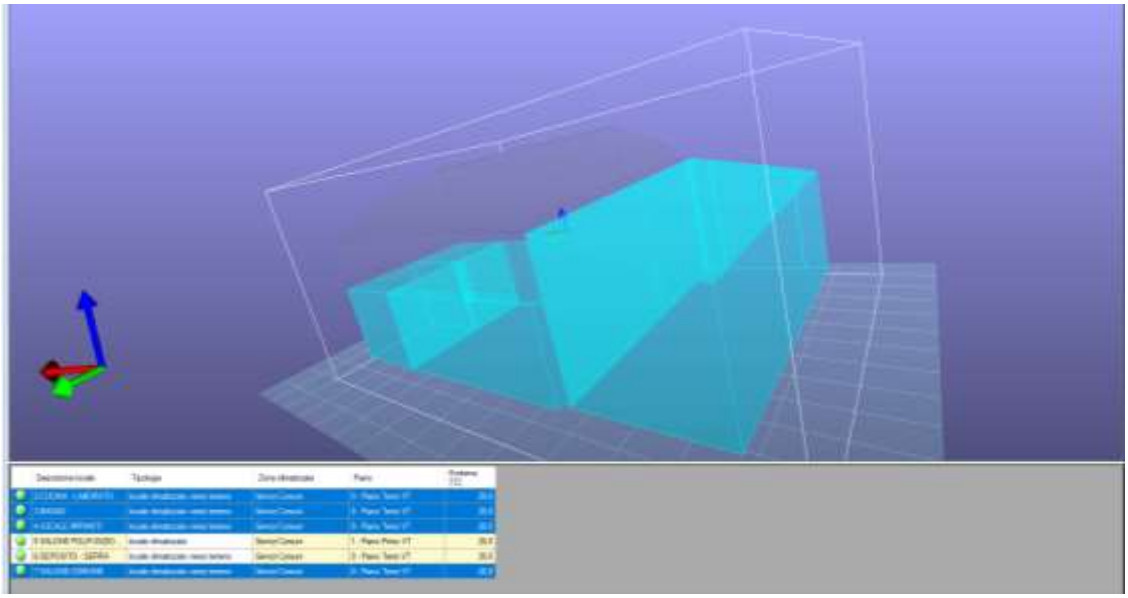


Figura 4.x : Maschera del comando "Parametri" dove vengono elencati e visualizzati i locali individuati.

Successivamente, mediante il comando "EC770" si avvia l'interfaccia del plug-in che permette di specificare i dati necessari per la caratterizzazione termica dell'edificio creato in Revit.

Nella scheda "Dati generali" vengono specificati i dati di progetto (committente, categoria edificio, tipo di calcolo, ecc.) e viene richiesta la località in cui è ubicato l'edificio: la scelta risulta facilitata dalla presenza dell'archivio in linea di tutti i comuni italiani, da cui richiamare i dati climatici di interesse (temperature esterne mensili, irradianze solari, ecc.).

All'interno della scheda "Associa materiali", invece, si abbinano i materiali utilizzati in Revit per le strutture del modello ai materiali dell'archivio di Edilclima, contenenti tutte le caratteristiche fisiche e termiche necessarie. Con tale associazione, EC770 compone e memorizza le stratigrafie di tutti i componenti opachi presenti nell'edificio: muri, pavimenti, tetti e porte.

La maschera "Componenti involucro" vengono elencati tutte le strutture presenti nel progetto raggruppate per categorie: muri, pavimenti, soffitti, ponti termici, componenti finestrati. Selezionando ogni singola struttura è possibile visualizzare i dettagli, ovvero i dati generali, stratigrafia ed esito della verifica termoigrometrica e della verifica di massa superficiale, effettuate da EC770 per controllare la possibile formazione di condensa superficiale ed interstiziale. I risultati della verifica termoigrometrica vengono presentati sia in forma grafica (diagrammi di Glaser) che tabellare. Con gli stessi dati di input, è possibile determinare le caratteristiche termiche in regime dinamico, utili per conoscere il comportamento termico del componente quando soggetto a flusso termico variabile. Viene quindi calcolato il valore della trasmittanza termica periodica, del fattore di attenuazione e dello sfasamento termico.
Nel caso di edifici termicamente isolati gli elementi strutturali che interrompono la continuità dell'isolamento termico (esempio: pilastri o solette intermedie) costituiscono altrettanti ponti termici. In Revit non sono previsti i ponti termici, pertanto il plug-in EC770 consente la creazione dei ponti termici e la loro associazione alle strutture disperdenti dell'edificio. La definizione di un ponte termico può avvenire mediante due differenti procedure: richiamando un ponte termico dall'archivio UNI EN ISO 14683 oppure attraverso l'inserimento di un valore noto per la trasmittanza termica lineare.
Nella sezione relativa ai componenti finestrati è necessario, inoltre, completare i dati non previsti in Revit (caratteristiche telaio, vetro, ecc.) per il calcolo della trasmittanza termica degli infissi.

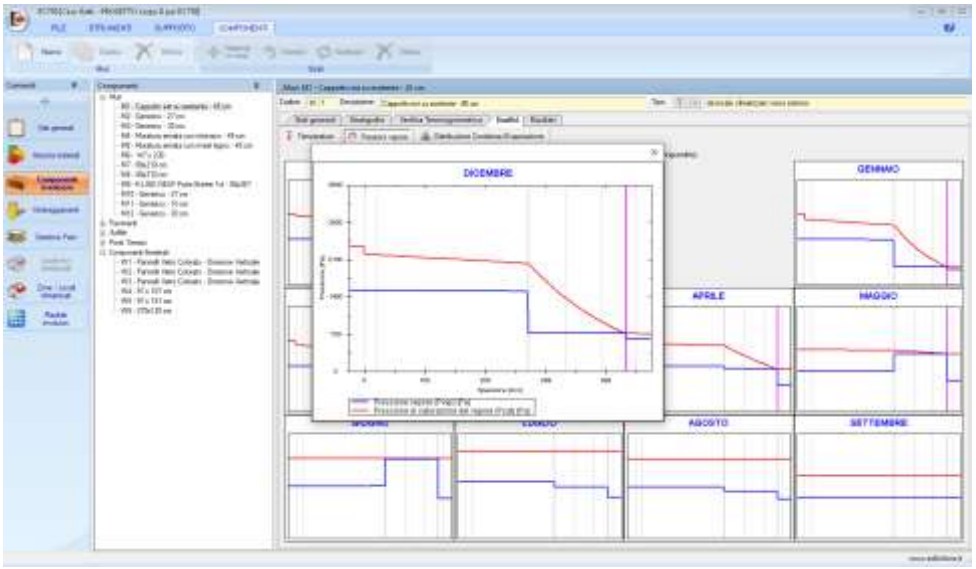


Figura 4.y: Diagrammi di Glaser per la verifica termoigrometrica di ogni struttura.

È inoltre possibile determinare i fattori di ombreggiamento delle strutture edili (comando "Ombreggiamenti"), caratterizzando gli eventuali ostacoli circostanti l'edificio che riducono il soleggiamento dei vari componenti (alberi, edifici vicini, aggetti orizzontali e/o verticali, ecc.).

Nelle sezioni "Locali non climatizzati" e "Zone/locali climatizzati" è possibile visualizzare l'elenco dei locali individuati e, selezionando ogni locale, attivare le schede che permettono di aggiungere dati complementari (presenza di ponti termici, ombreggiamenti, ecc.), consultare le strutture disperdenti e visualizzare la scheda con i risultati degli scambi termici nei vari mesi dell'anno.

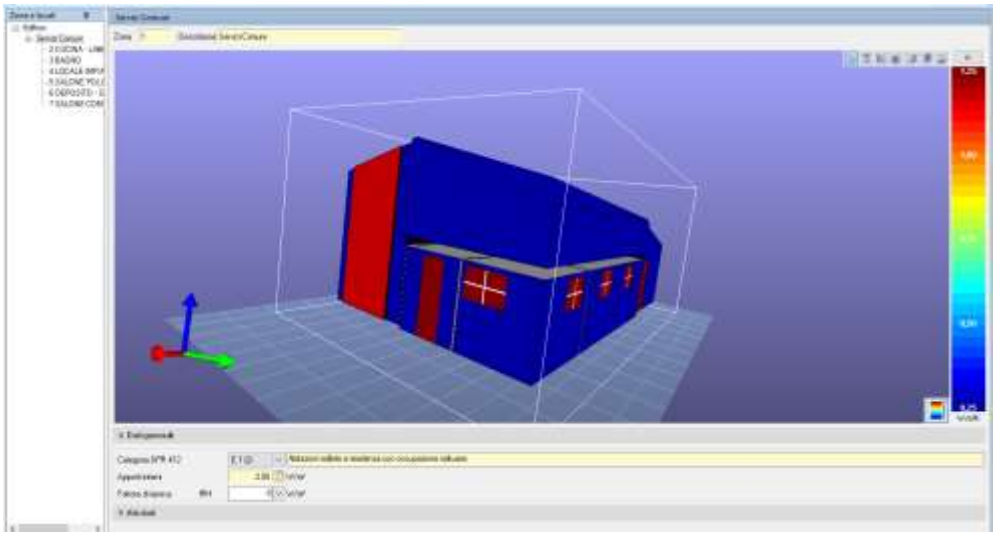


Figura 4.z : "Vista termica" dell'edificio nelle sezioni "Locali non climatizzati" e "Zone/locali climatizzati".

L'ultimo comando presente in EC770, "Risultati involucro", permette di mostrare i risultati di calcolo delle dispersioni in termini di potenza, come edificio o singola zona. E' possibile visualizzare le dispersioni per componente e per orientamento. Per ciascuna voce è riportata l'incidenza percentuale sulle dispersioni totali.

La scheda "Trasmittanze medie" mostra i valori medi delle trasmittanze di tutte le strutture opache e finestrate. Il comando "Stampa" permette di generare un file in formato .RTF contenente una relazione dettagliata dei risultati di calcolo e delle caratteristiche di tutti i componenti (strutture opache ed elementi finestrati). E' possibile, inoltre, esportare il progetto in *EC700 Calcolo prestazioni energetiche degli edifici* e procedere con i calcoli di potenza invernale ed estiva, per il dimensionamento dell'impianto di riscaldamento e di energia invernale ed estiva, per effettuare le verifiche imposte dal D.L. n. 311/06.

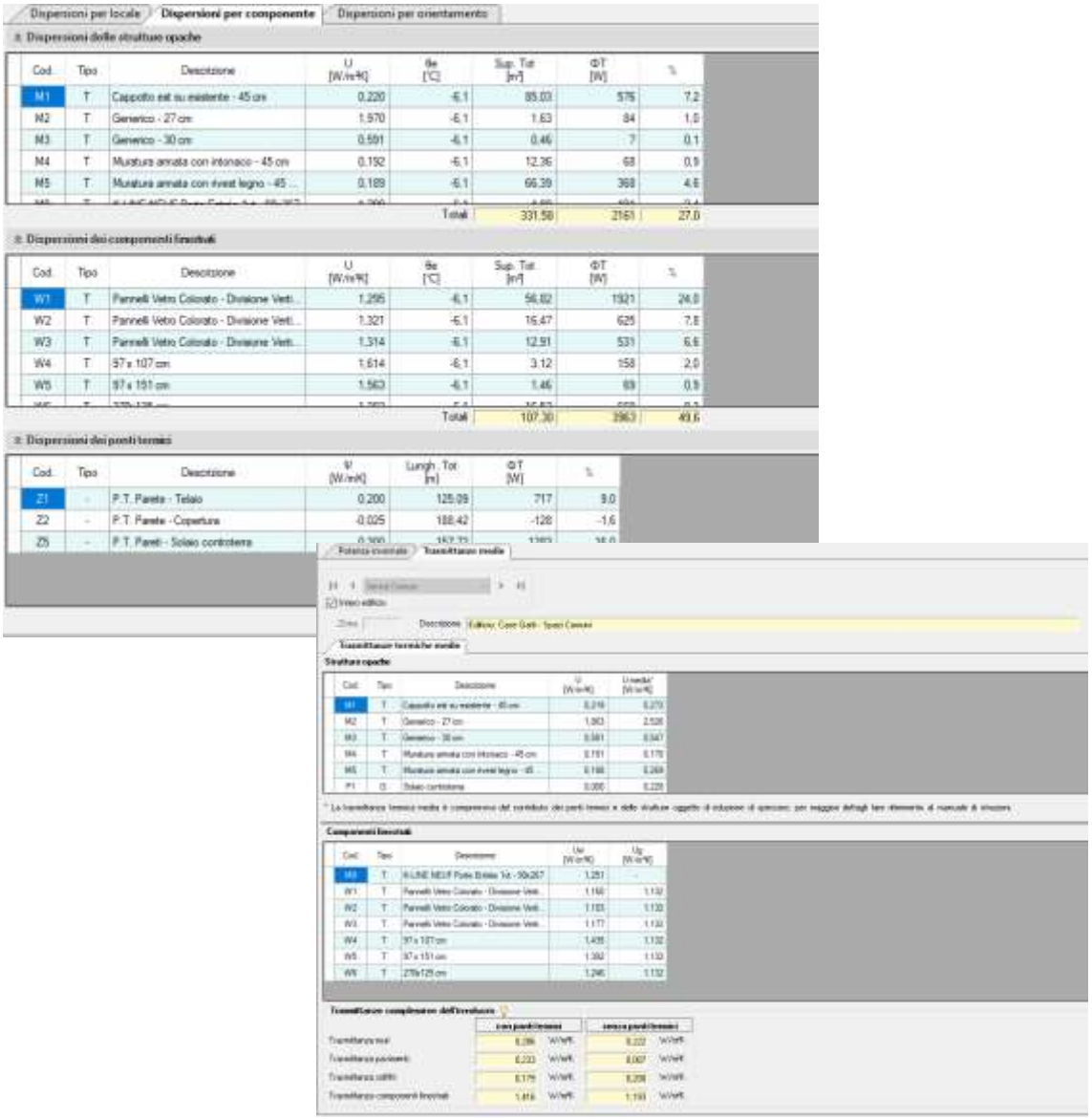


Figura 4.z :Tabelle delle dispersioni in termini di potenza, come edificio o singola zona.

4.4.2 Normativa di riferimento

Nella tabella di seguito sono elencati le principali norme tecniche di riferimento che il manuale di EC770 ritiene indispensabili per lo svolgimento del lavoro del professionista che vuole realizzare il proprio progetto energetico in modo corretto.

NORME TECNICHE

NORMA	DESCRIZIONE
UNI/TS 11300-1:2008	Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale.
EC 1-2010 UNI/TS 11300-1:2008	Errata corrige 1 del 22.7.2010 alla UNI/TS 11300-1:2008.
UNI 10339	Impianti aeraulici a fini di benessere - Generalità, classificazione e requisiti - Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura.
UNI 10349	Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici.
UNI 10351	Materiali da costruzione - Conduttività termica e permeabilità al vapore.
UNI 10355	Murature e solai - Valori della resistenza termica e metodo di calcolo.
UNI EN 12831	Impianti di riscaldamento negli edifici - Metodo di calcolo del carico termico di progetto.
UNI EN ISO 6946	Componenti ed elementi per l'edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo.
UNI EN ISO 10077-1	Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica - Parte 1: Generalità.
UNI EN ISO 10456	Materiali e prodotti per l'edilizia - Proprietà igrometriche - Valori tabulati di progetto e procedimenti per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto.
UNI EN ISO 13370	Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno - Metodi di calcolo.
UNI EN ISO 13786	Prestazione termica dei componenti per edilizia - Caratteristiche termiche dinamiche - Metodi di calcolo.
EC 1-2011 UNI EN ISO 13786	Errata corrige 1 del 15.3.2011 alla UNI EN ISO 13786:2008.
UNI EN ISO 13789	Prestazione termica degli edifici - Coefficienti di trasferimento del calore per trasmissione e ventilazione - Metodo di calcolo.
UNI EN ISO 14683	Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento.

In relazione alla normativa cui il calcolo del fabbisogno energetico dell'edificio necessita fare riferimento, in questa sede si tralascia per brevità di riportare quanto previsto a livello nazionale e regionale, dando per impliciti la conoscenza ed il rispetto di tale normativa.
Diversamente viene di seguito riportato uno stralcio della delibera n° 1715 del 24 ottobre 2016 "*Modifiche all'atto di coordinamento tecnico regionale per la definizione dei requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici*" pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Emilia-Romagna n° 329 del 3 novembre 2016, con il quale la Giunta della regione Emilia-Romagna ha apportato alcune modifiche rispetto alla deliberazione di Giunta n° 967 del 20 luglio 2015. In particolare viene riportata parte della "*Sezione B - requisiti e prescrizioni specifici per gli edifici di nuova costruzione o soggetti a ristrutturazione importanti di primo livello e requisiti degli edifici ad energia quasi zero*" cui il progetto "Case Gatti" risulta interessato.

SEZIONE B. - REQUISITI E PRESCRIZIONI SPECIFICI PER GLI EDIFICI DI NUOVA COSTRUZIONE O SOGGETTI A RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTI DI PRIMO LIVELLO E REQUISITI DEGLI EDIFICI AD ENERGIA QUASI ZERO

1. *Le disposizioni della presente Sezione B) si applicano agli interventi di cui alle categorie 1 e 2 dell'art. 1 del presente Allegato, aventi destinazione d'uso appartenenti alle categorie di cui all'articolo 3 del decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, fatte salve le eccezioni espressamente indicate.*
2. *Sono altresì riportate le caratteristiche in base alle quali individuare gli "edifici a energia quasi zero".*

B.1 CONTROLLO DELLE PERDITE PER TRASMISSIONE

1. Il requisito si intende soddisfatto se sono verificate le condizioni di cui ai seguenti punti B.1.1 e B.1.2:

B.1.1 COEFFICIENTE GLOBALE DI sCAMBIO TERMICO

1. Il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente H'T (coefficiente medio globale di scambio termico) determinato per l'intero involucro edilizio risulta inferiore al corrispondente valore limite (determinato in funzione della zona climatica e del rapporto S/V) riportato nella Tabella seguente:

RAPPORTO DI FORMA (S/V) (Tipologia Edilizia)	**Zona climatica**		
	D	E	F
S/V ≥ 0,7	0,53	0,50	0,48
0,7 > S/V ≥ 0,4	0,58	0,55	0,53
0,4 > S/V	0,80	0,75	0,70

2. La verifica si effettua calcolando il coefficiente medio globale di scambio termico H'T come:

$$H'T = Htr,adj / \Sigma k\ Ak\ [W/m2K]$$

dove:

- Htr,adj è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione dell'involucro determinato con la UNI/TS 11300-1 (W/K);

- Ak è la superficie del k-esimo componente (opaco o trasparente) costituente l'involucro (m2).

B.1.2. TRASMITTANZA TERMICA DEI COMPONENTI EDILIZI: PARETI DI SEPARAZIONE

1. Ad eccezione della categoria E.8, nonché in caso di realizzazione di pareti interne per la separazione delle unità immobiliari, il valore della trasmittanza (U) delle strutture edilizie di separazione tra edifici o unità immobiliari confinanti, fatto salvo il rispetto del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 5 dicembre 1997, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 297 del 22 dicembre 1997, recante determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici, deve essere inferiore o uguale a 0,8 W/m2K, nel caso di pareti divisorie verticali e orizzontali, e inclinate, ed inferiore a 2,80 W/(m2K) nel caso di chiusure trasparenti comprensive di infissi.

2. Il medesimo limite deve essere rispettato per tutte le strutture opache, verticali, orizzontali e inclinate, che delimitano verso l'ambiente esterno gli ambienti non dotati di impianto di riscaldamento, sempreché questi siano adiacenti ad ambienti a temperatura controllata o climatizzati. I limiti di cui sopra possono essere omessi qualora tali ambienti risultino aerati tramite aperture permanenti rivolte verso l'esterno.

B.2 PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E PARZIALE

1. I requisiti di prestazione energetica globale e parziale sono verificati con l'utilizzo del metodo dell'"edificio di riferimento". Per edificio di riferimento si intende un edificio identico in termini di geometria (sagoma, volumi, superficie calpestabile, superfici degli elementi costruttivi e dei componenti), orientamento, ubicazione territoriale, destinazione d'uso e situazione al contorno e avente caratteristiche termiche e parametri energetici predeterminati, nei confronti del quale viene effettuata la verifica dei requisiti propri dell'edificio oggetto di progettazione.

2. Nella tabella seguente sono riportati gli indici di prestazione (espressi in kWh/m2) e i parametri di rendimento oggetto di verifica ai fini del rispetto del requisito:

INDICI E PARAMETRI	DESCRIZIONE	OBBLIGO VERIFICA
$EP_{H,nd}$	**indice di prestazione termica utile per riscaldamento;**	**SI**
η_H [-]	**efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione invernale;**	**SI**
$EP_{H,tot}$	indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale espresso in energia primaria totale (indice "tot")	**NO**
$EP_{H,nren}$	indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale espresso in energia primaria non rinnovabile (indice "nren")	**NO**
$EP_{W,nd}$	indice di prestazione termica utile per la produzione di acqua calda sanitaria nell'edificio;	**NO**
η_W	**efficienza media stagionale dell'impianto di produzione dell'acqua calda sanitaria;**	**SI**
$EP_{W,tot}$	indice di prestazione energetica per la produzione dell'acqua calda sanitaria espresso in energia primaria totale (indice "tot")	**NO**
$EP_{W,nren}$	indice di prestazione energetica per la produzione dell'acqua calda sanitaria espresso in energia primaria non rinnovabile (indice "nren")	**NO**
$EP_{V,tot}$	indice di prestazione energetica per la ventilazione espresso in energia primaria totale (indice "tot")	**NO**
$EP_{V,nren}$	indice di prestazione energetica per la ventilazione espresso in energia primaria non rinnovabile (indice "nren")	**NO**
$EP_{C,nd}$	**indice di prestazione termica utile per il raffrescamento;**	**SI**
η_C	**efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione estiva (compreso l'eventuale controllo dell'umidità);**	**SI**
$EP_{C,tot}$	indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva (compreso l'eventuale controllo dell'umidità) espresso in energia primaria totale (indice "tot")	**NO**
$EP_{C,nren}$	indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva (compreso l'eventuale controllo dell'umidità) espresso in energia primaria non rinnovabile (indice "nren")	**NO**
$EP_{L,tot}$ (1)	indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale, espresso in energia primaria rinnovabile totale (indice "tot")	**NO**
$EP_{L,nren}$ (1)	indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale, espresso in energia primaria non rinnovabile (indice "nren")	**NO**
$EP_{T,tot}$ (1)	indice di prestazione energetica del servizio per il trasporto di persone e cose (impianti ascensori, marciapiedi e scale mobili), espresso in energia primaria rinnovabile totale (indice "tot")	**NO**
$EP_{T,nren}$ (1)	indice di prestazione energetica del servizio per il trasporto di persone e cose (impianti ascensori, marciapiedi e scale mobili), espresso in energia primaria non rinnovabile (indice "nren")	**NO**
$EP_{gl,tot} = EP_{H,tot} + EP_{W,tot} + EP_{V,tot} + EP_{C,tot} + EP_{L,tot} + EP_{T,tot}$	**indice di prestazione energetica globale dell'edificio, espresso in energia primaria totale (indice "tot")**	**SI**
$EP_{gl,nren,} = EP_{H,nren} + EP_{W,nren} + EP_{V,nren} + EP_{C,nren} + EP_{L,nren} + EP_{T,nren}$	indice di prestazione energetica globale dell'edificio, espresso in energia primaria non rinnovabile (indice "nren")	**NO**

(1) Questo indice non si calcola per la categoria E.1, fatta eccezione per collegi, conventi, case di pena, caserme, nonché per la categoria E.1(3)

3. Il requisito si intende soddisfatto se gli indici e i parametri di prestazione per i quali in tabella è indicato l'obbligo di verifica (SI nella colonna "obbligo verifica") risultano più performanti rispetto ai corrispondenti indici e parametri determinati con il metodo dell'edificio di riferimento.

4. Nel caso di edifici appartenenti alla categoria E.3, la verifica dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale deve essere effettuata mediante l'adozione di ricambi d'aria esterna convenzionali, equiparati, per le degenze, ai ricambi d'aria previsti per le residenze alberghiere e, per le restanti parti, ai ricambi d'aria previsti per gli uffici; sono pertanto scorporati i tassi di ventilazione eccedenti il minimo ricambio igienico, connessi alle peculiari necessità del processo ospedaliero e dei relativi ausiliari tecnici.

5. Ai fini della verifica del rispetto del requisito, in sede progettuale si applica quindi una procedura che comprende le seguenti fasi, dettagliatamente descritte nei paragrafi successivi:
FASE 1 - DETERMINAZIONE DEGLI INDICI E PARAMETRI DI PRESTAZIONE ENERGETICA DELL'EDIFICIO REALE
FASE 2 - DETERMINAZIONE DEGLI INDICI E PARAMETRI DI PRESTAZIONE ENERGETICA DELL'EDIFICIO DI RIFERIMENTO
FASE 3 - RAFFRONTO E VALUTAZIONE DEI VALORI

FASE 1 DETERMINAZIONE DEGLI INDICI E PARAMETRI DI PRESTAZIONE ENERGETICA DELL'EDIFICIO REALE
Si procede alla determinazione di tutti gli indici e i parametri di prestazione energetica riportati nella Tabella, effettuando gli appropriati calcoli nel rispetto delle disposizioni e dei metodi di cui all'Allegato 3 del presente provvedimento, con riferimento alle caratteristiche proprie del sistema edificio/impianti oggetto di verifica.

FASE 2 DETERMINAZIONE DEGLI INDICI E PARAMETRI DI PRESTAZIONE ENERGETICA DELL'EDIFICIO DI RIFERIMENTO
Si procede quindi alla determinazione di tutti gli indici e i parametri di prestazione energetica riportati nella Tabella, effettuando gli appropriati calcoli nel rispetto delle disposizioni e dei metodi di cui all'Allegato 3 del presente provvedimento, con riferimento ad un edificio di riferimento avente caratteristiche termo-fisiche e di rendimento impiantistico il cui valore è predeterminato sulla base delle seguenti indicazioni:

2.1 <u>Parametri relativi all'involucro dell'edificio di riferimento</u>
Per la determinazione degli indici di prestazione energetica dell'edificio di riferimento si utilizzano i valori di trasmittanza termica dei componenti dell'involucro indicati nelle tabelle seguenti. I valori sono indicizzati sulla base:
- della zona climatica
- della decorrenza a partire dalla quale devono essere applicati: dalla data di entrata in vigore del presente provvedimento per tutti gli edifici (valore della colonna "2015"), dal 1° gennaio 2017 per gli edifici pubblici e ad uso pubblico e dal 1° gennaio 2019 per tutti gli edifici (valori della colonna "2017/2019").

Trasmittanza termica U delle strutture opache verticali, verso l'esterno, gli ambienti non climatizzati o contro terra:

Zona climatica	U (W/m²K)	
	2015	2017/2019
D	0,34	0,29
E	0,30	0,26
F	0,28	0,24

Trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura, verso l'esterno e gli ambienti non climatizzati:

Zona climatica	U (W/m²K)	
	2015	2017/2019
D	0,30	0,26
E	0,25	0,22
F	0,23	0,20

Trasmittanza termica U delle opache orizzontali di pavimento, verso l'esterno, gli ambienti non climatizzati o contro terra:

Zona climatica	U (W/m²K)	
	2015	2017/2019
D	0,32	0,29
E	0,30	0,26
F	0,28	0,24

Trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e opache e dei cassonetti, comprensivi degli infissi, verso l'esterno e verso ambienti non climatizzati:

Zona climatica	U (W/m²K)	
	2015	2017/2019
D	2,00	1,80
E	1,80	1,40
F	1,50	1,10

Trasmittanza termica U delle strutture opache verticali e orizzontali di separazione tra edifici o unità immobiliari confinanti:

Zona climatica	U (W/m²K)	
	2015	2017/2019
Tutte le zone	0,8	0,8

Valore del fattore di trasmissione solare totale ggl.sh per componenti finestrati con orientamento da Est a Ovest passando per Sud:

Zona climatica	$g_{gl.sh}$	
	2015	2017/2019
Tutte le zone	0,35	0,35

Nel caso di strutture delimitanti lo spazio riscaldato verso ambienti non riscaldati, si assume come trasmittanza il valore della pertinente tabella, diviso per il fattore di correzione dello scambio termico tra ambiente climatizzato e non climatizzato, come indicato nella corrispondete tabella riportata nella norma UNI TS 11300-1, in forma tabellare. Nel caso di strutture rivolte verso il terreno, i valori delle pertinenti tabelle devono essere confrontati con i valori della trasmittanza termica equivalente calcolati in base alle UNI EN ISO 13370. I valori di trasmittanza delle tabelle si considerano comprensive dell'effetto dei ponti termici. Per le strutture opache verso l'esterno si considera il coefficiente di assorbimento solare dell'edificio reale. Per i componenti finestrati si assume il fattore di trasmissione solare dell'edificio reale. Per i componenti finestrati si assume il fattore di trasmissione globale di energia solare

attraverso i componenti finestrati g_{gl+sh} riportato in Tabella, in presenza di una schermatura mobile.

4.4.3 Relazione tecnica di calcolo

A scopo dimostrativo viene ora riportato la stampa generata in ultima istanza da EC770, nella quale vengono relazionati dettagliatamente i risultati di calcolo e le caratteristiche di tutti i componenti (strutture opache ed elementi finestrati).

Per maggior sinteticità viene riportata solamente la relazione di calcolo riferita al Corpo A.

5. CONCLUSIONI

Le attività di ricerca e sperimentazione, compiute dalla parte scrivente durante questo elaborato di tesi, si sono poste l'obiettivo di far chiarezza sulla metodologia B.I.M. (Building Information Modeling). Studiando i processi e le tecnologie relative a questo "mondo" si sono riscontrati notevoli vantaggi nell'applicazione di tale sistema nel campo della pianificazione, progettazione, costruzione e gestione degli edifici: qualità del progetto, progettazione integrata, interoperabilità, gestione e condivisione di dati, sostenibilità ambientale, risparmio in termini di tempo, riduzione dei costi, ecc..

L'utilizzo del software *Autodesk Revit 2017* per la restituzione grafica dello stato di fatto e la formulazione della proposta di progetto ha permesso, seppur in maniera parziale, di sperimentare direttamente le potenzialità di un applicativo BIM.

Nella fase relativa alla restituzione grafica dello stato di fatto, l'uso di Revit ha permesso di modellare ogni componente degli edifici esistenti, di visualizzarli nel loro contesto, attraverso anche l'impiego di materiali virtuali, e di facilitare una rapida e coerente produzione degli elaborati grafici richiesti (piante, sezioni, prospetti).

E' soprattutto in fase di progettazione che si sono apprezzati gli aspetti rilevanti di Revit, a partire dalla possibilità di: modellare in maniera "intelligente" tutti i componenti di costruzione; valutare alternative progettuali ottenendo in modo immediato gli effetti che le modifiche apportate hanno sull'intero progetto, quindi effettuando scelte più consapevolmente; risparmiare tempo e ridurre gli errori, grazie alla coerenza dei dati di progetto (ad ogni modifica che viene apportata, tutti gli elaborati, grafici e non, vengono aggiornati automaticamente); verificare le eventuali interferenze tra i vari componenti, grazie alla rappresentazione in 3D; avere un approccio organico nella progettazione del sistema edificio, gestendo e memorizzando numerosi dati di progetto appartenenti a diverse discipline (piattaforma interdisciplinare); importare, esportare e collegare dati aventi formati diversi; generare automaticamente e coerentemente viste di pianta, sezione, prospetto e creare rapidamente la documentazione di progetto insieme a viste 3D di forte impatto (rendering fotorealistici, viste prospettiche, esplosi e sezioni tridimensionali, ecc.); collocare il proprio progetto nel suo contesto; gestire le diverse fasi di progetto; partire dall'idea di progetto fino ad arrivare al disegno di particolari e dettagli costruttivi.

Attraverso l'applicazione *EC770 Integrated Technical Design for Revit* è stato possibile ottimizzare le prestazioni dell'edifici considerati fin dalle prime fasi del processo di progettazione ed effettuare, infine, il calcolo del fabbisogno energetico.
Il plug-in EC770 ha di fatto permesso l'integrazione fra la progettazione architettonica-strutturale con la progettazione termotecnica, quindi fra il modello virtuale realizzato in Revit ed il modello energetico. Sotto il punto di vista operativo, tale sperimentazione ha riscontrato alcune criticità nel processo di "collegamento" fra i due modelli derivanti sia dalla struttura di Revit che da quella del programma di Edilclima. In particolare, le verifiche condotte, hanno individuato alcuni elementi su cui porre attenzione nelle procedure di modellazione.
Si è osservato, ad esempio, che in Revit la geometria delle stratigrafie in corrispondenza dei nodi strutturali non risulta sempre di facile gestione, richiedendo un'abilità dell'utente piuttosto elevata nella modellazione dei relativi componenti. Diversamente, tale aspetto risulta avere riflessi negativi sul riconoscimento e sul calcolo delle superfici disperdenti in EC770.
Altra complicazione nasce dal fatto che Revit impone agli *Strati membrana* (solitamente utilizzati per identificare strati di guaina impermeabilizzante, freno al vapore, ecc.) uno spessore pari a zero, pertanto essi non vengono poi mostrati in EC770.
Un'altra considerazione può essere fatta riguardo all'associazione dei materiali di Revit con quelli dell'archivio di Edilcima che l'utente di EC770 Integrated Technical Design for Revit deve effettuare manualmente. Chi scrive ritiene che sarebbe vantaggioso trovare un sistema che eviti tale passaggio. Sarebbe utile, come per il trasferimento dei dati geometrici, che anche l'associazione dei materiali avvenisse in maniera automatica.
Una carenza osservabile in EC770 riguarda il calcolo dei ponti termici che, come già mostrato, avviene richiamando un ponte termico dall'archivio UNI EN ISO 14683 oppure attraverso l'inserimento di un valore noto per la trasmittanza termica lineare. Tale procedimento è da considerarsi non più in linea con la normativa vigente. Edilclima attualmente sopperisce a questa inadeguatezza predisponendo la procedura aggiornata nel software *EC700 - Calcolo prestazioni energetiche degli edifici*, nel quale vengono forniti abachi derivanti dal calcolo dei ponti termici agli elementi finiti.
Inoltre, si sono riscontrati alcuni problemi in EC770 nel determinare le superfici di alcuni componenti finestrati creati in Revit come elementi di *Facciata continua*.

In conclusione si può affermare che gli esiti di questa sperimentazione testimonia la necessità di ulteriori ricerche e nuovi sviluppi nel campo delle simulazioni energetiche basate su modelli BIM, mirati all'ottimizzazione del processo di condivisione dei dati, alla creazione degli standard relativi alle procedure di modellazione e di automatizzazione di processo. L'interoperabilità dei dati è, di fatto, un punto nodale se si intende operare un miglioramento dell'efficienza del processo edilizio.

Attualmente, numerose software house (ad esempio: Mc4Software Italia S.r.l.) stanno sviluppando ed immettendo sul mercato programmi e applicazioni che si integrano a Revit, per effettuare analisi e redigere certificazioni energetiche. Sarebbe interessante operare la medesima sperimentazione eseguita con EC770, per mettere a confronto i vari software e compiere una panoramica completa di ciò che il mercato attuale offre.

Rimane evidente che rispetto alla modellazione energetica tradizionale i vantaggi sono numerosi in termini di costi, tempi, efficienza e accuratezza dei risultati.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

http://biblus.acca.it/come-il-bim-cambia-il-nostro-modo-di-lavorare/

http://www.ingenio-web.it/Articolo/3143/BIM_livello_1_2_o_3_:_cosa_significano_questi_numeri.html

http://www.corviale.com/wp-content/uploads/2015/01/panoramica-sul-bim.pdf

https://www.orientatrium.net/progettazione-bim-oriented.html

https://it.wikipedia.org/wiki/Building_Information_Modeling

https://www.edilclima.it/assets/repository/software/informazioni/770-approfondimentoBIM.pdf

http://www.gsa.gov/graphics/pbs/GSA_BIM_Guide_v0_60_Series01_Overview_05_14_07.pdf

http://www.buildingsmartalliance.org/index.php/nbims/faq/#faq1

http://www.buildingsmart.org/compliance/certified-software/

http://www.gravicon.ee/BIMeng.html

http://www.ingenio-web.it/Articolo/3889/Riflessioni_sulla_Collaborazione_nella_Modellazione_Progettuale_e_Informativa.html

http://www.buildingsmart.org/

http://www.ibimi.it/condividere-informazioni-per-rilevare-scontri-clash-detection-the-bim-use-hit/

http://help.autodesk.com/view/RVT/2017/ITA/

https://ithinkbim.wordpress.com/bim-nel-mondo-2/

http://www.en.buildingsmart.kotisivukone.com/3

http://biblus.acca.it/bim-e-codice-appalti-ecco-la-situazione-in-italia-e-in-europa/

https://www.ediltecnico.it/51786/bim-obbligatorio-2019-decreto/

http://www.ingenio-web.it/Articolo/5087/Quale_futuro_per_il_BIMe_Sfide_e_opportunita_della_digitalizzazione_per_un_reale_passo_avanti_del_settore_delle_costruzioni.html

"*Autodesk Revit Architecture 2016 - Guida alla progettazione BIM*" Simone Pozzoli, Marco Bonazza, Tecniche Nuove, Milano, 2015

"Il futuro del disegno con il BIM per ingegneri e architetti" A. Osello, D.Flaccovio, Palermo,2012

RINGRAZIAMENTI

Vorrei ringraziare innanzitutto le mie relatrici e professoresse Chiara Vernizzi e Barbara Gherri, per avermi aiutato e guidato durante tutto il lavoro di tesi, per la disponibilità e la pazienza dimostratemi.
Ringrazio Edilclima S.r.l. per la possibilità offertami, per la gentile e paziente assistenza tecnica.
Desidero ringraziare Andrea e Giordano per la loro disponibilità e per avermi fatto conoscere il "sogno" di Case Gatti.
Un ringraziamento speciale ai miei genitori, per il loro sostegno costante, affettuoso e da sempre presente, anche in questo cammino. Un ringraziamento altrettanto particolare a mia moglie Lorenza, sempre al mio fianco, sopportandomi e riponendo costantemente fiducia in me, sostenendomi nelle difficoltà; ai miei fratelli Anna e Paolo, a Marco e a Chiara; a tutti i componenti della mia famiglia, che da poco può ritenersi "allargata".
Un ringraziamento sincero anche ai miei amici e compagni di studio, in particolare Matteo e Andrea, e a tutti i miei amici.

Andrea Miguel Rigoni