

POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Architettura

Corso di Laurea Magistrale
in Architettura per il Progetto Sostenibile

Tesi di Laurea Magistrale

BIM per il Construction Management
Metodologia applicata al progetto di una serra bioclimatica al
complesso del Trompone



Relatore

firma del relatore (dei relatori)

Prof.ssa Anna Osello

Correlatore

Ing. Matteo Del Giudice

Candidato

firma del candidato

Sara Rosato

Luglio 2018

INDICE

Abstract.....	1
Indice degli acronimi.....	2
1. Introduzione.....	3
1.1 Stato dell'arte del BIM	5
1.2 I benefici del BIM per il Construction Management	8
1.3 Bim for Healthcare	13
1.4 Caso studio	15
2. Metodologia.....	21
2.1 Software utilizzati.....	23
2.2 Una proposta operativa	24
2.2.1 L'intervista come strumento di indagine	25
2.2.2 Workflow della ricerca	46
2.3 Riferimenti progettuali.....	46
2.4 Strategie e scelte progettuali	54
2.5 CDE e condivisione dati	58
2.6 Coordinamento tra modelli	60
2.6.1 Il modello parametrico.....	64
2.6.2 Interoperabilità con il modello MEP	71
2.7 L'importanza della progettazione nel sistema di prefabbricazione	74
2.7.1 Scelta del sistema di prefabbricazione.....	75
2.8 Criteri di modellazione	80
2.8.1 Il sistema strutturale del progetto	86
2.8.2 Elementi del progetto architettonico	89
2.8.3 Famiglie parametriche: applicazione al caso studio	93
2.8.4 Stratigrafie di progetto	96
2.9 Redazione della Work Breakdown Structure (WBS)	109
2.9.1 Il codice WBS per l'interoperabilità.....	114
2.10 Redazione del codice per unità tecnologiche	118

3. Risultati	127
3.1 Gestione dei tempi e attività di coordinamento – BIM 4D	127
3.1.2 Gestione del modello su Naviswork	134
3.2 Gestione dei costi – BIM 5D.....	141
3.2.1 La gestione di abachi per la computazione	142
3.3 Visualizzazione da parte degli utenti	146
4. Conclusioni e sviluppi futuri	149
4.1 Considerazioni finali	149
4.2 Sviluppi futuri.....	151
5. Bibliografia	155
6. Sitografia	156
7. Allegati	
8. Ringraziamenti	

Abstract

L'oggetto di studio della tesi riguarda il progetto di una serra bioclimatica presso il complesso ospedaliero del Trompone di Moncrivello (VC). L'intervento si colloca all'interno di un lavoro su larga scala, poiché ogni componente di un gruppo tesisti ha contribuito allo sviluppo progettuale e alla gestione dei dati dei progetti dell'intero complesso ospedaliero in diversi ambiti, dando vita a modelli multidisciplinari e permettendo la collaborazione di tutti gli attori coinvolti. Il focus della tesi è la progettazione e la gestione degli outputs del processo costruttivo, con la proposta di una metodologia di lavoro attraverso il BIM a supporto del Construction Management applicata al caso studio, al fine di delineare le attività delle lavorazioni, con conseguenti computi e quantità, e il processo costruttivo, privilegiando le fasi di montaggio e i costi di realizzazione. Le scelte progettuali del fabbricato sono state veicolate da fattori importanti in un'ottica di BIM for Healthcare, ovvero la possibilità di rispondere alle particolari esigenze degli utenti attraverso un progetto funzionale e basato su ottime prestazioni energetiche, utilizzando sistemi costruttivi che permettono la realizzazione della struttura in tempi brevi.

The subject of study of the thesis is the project of a bioclimatic house at the hospital unit of Trompone di Moncrivello (VC). The work is part of a large-scale work, because each member of a group has a program of design development and data management, the entire hospital sector in different areas, giving rise multidisciplinary models and commitment the collaboration of all the actors in the whole project. The focus of the thesis is the project and management of the outputs of the construction process, with the proposal of a working methodology through the BIM a support of the Construction Management applied to the case study, in order to outline the work activities, with consequent computation and quantity, and the construction process, giving priority to assembly phases and construction costs. Project choices of the building were conveyed by important factors in a BIM perspective for healthcare, the possibility of responding to the needs of users through a functional project based on excellent energy performance, structure in a short time.

Indice degli acronimi

AIA American Institute of Architecture

BEP BIM Execution Plan

BIM Building Information Modeling

CAD Computer Aided Design

CDAI Centro Diurno per i malati di Alzheimer

CDE Common Data Enviroments

CM Construction Management

EIR Employer Information Requirements

IFC Industry Foundation Classes

LoD Level of Development

LOI Level of model information

MEP Mechanical, Electrical and Plumbing

NIBS National Institute of Building Sciences

WBS Work Breakdown Structure

WIP Work in progress

1. Introduzione

Con l'utilizzo della tecnologia BIM, la gestione dei tempi (4D) e dei costi (5D) di una commessa si sta dimostrando sempre più efficace e vantaggiosa, poiché una cattiva gestione di essa e un'errata analisi delle quantità può portare a molteplici rischi come un inevitabile incremento delle spese, ritardi di esecuzione e consegna, ed esubero e/o scarti di materiale richiesto. Il processo costruttivo di un fabbricato è la fase più delicata, in quanto possono emergere criticità e mancanze dettate da un'errata progettazione e pianificazione. Per tali ragioni è necessario avere particolare attenzione nei riguardi della redazione di un progetto, affinché si possa raggiungere un compromesso tra il livello di dettaglio prestabilito e le scelte progettuali che determinano la qualità dell'opera e delineare una metodologia che permetta un controllo più accurato nelle varie fasi di progettazione e conseguente realizzazione dell'opera.

Queste premesse sono oggetto di studio della disciplina di *Construction Management* che, negli ultimi anni, vede la tecnologia BIM il principale alleato nel monitoraggio del processo edilizio di un fabbricato.

Tutto parte dalla creazione di un modello parametrico e interoperabile dell'opera edilizia, contenente diverse informazioni in base alle finalità da raggiungere, potendo anche simulare le varie fasi del cantiere e raggiungendo aspetti che riguardano la manutenzione dell'edificio e il ciclo di vita, la settima dimensione del BIM.

Con l'introduzione del Nuovo Codice Appalti¹ e la Norma UNI 11337² in Italia, si assiste un cambiamento radicale nella progettazione di un edificio, toccando diversi aspetti del mondo costruttivo, soprattutto nel mondo della prefabbricazione che si pone come obiettivo la velocità delle tempistiche di consegna conseguenti al montaggio e la realizzazione del fabbricato stesso. Per tali ragioni, l'introduzione del BIM nelle filiere di costruzione rappresenta un'occasione per avere nuovi strumenti e competenze da parte delle aziende, ed essere più competitive nel mercato delle costruzioni, proponendo offerte che siano adeguate alle commesse, e soprattutto alle richieste desiderate.

Con la proposta progettuale di una serra bioclimatica all'interno del complesso ospedaliero di Moncrivello (VC) si è proceduto con la redazione di modelli parametrici in BIM, sperimentando la condivisione di essi tra diversi utenti, in un'area di lavoro con precise regole di applicazione e con la conseguente gestione dei dati output per le analisi relative alla quarta e la quinta dimensione BIM, ovvero costi e tempi di lavorazione.

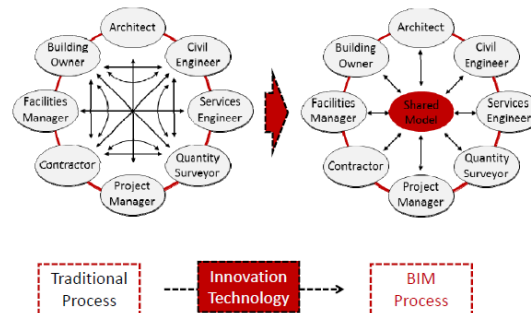
Per delineare le caratteristiche progettuali si è ricorso alla prima fase della progettazione partecipata che consiste nell'indagine e ascolto di utenti campioni coinvolti nella struttura (dal medico al singolo paziente), al fine di individuare le potenzialità e criticità del contesto rispetto agli obiettivi dell'intervento. Sulla base delle opinioni e proposte progettuali accolte è stato creato un modello parametrico sul software Revit vertendo su scelte costruttive e tecnologiche ecosostenibili, attraverso l'uso di pareti e sistemi costruttivi prefabbricati locali, al fine di ridurre i tempi di assemblaggio della struttura, i costi di trasporto e di ottenere risultati efficienti implicando l'uso di materiali naturali, in seguito a un'esperienza di tirocinio extra curriculare. Per tali premesse si è ricorso all'uso di una tecnologia a secco modulare, che prevede l'uso di pareti strutturali in legno con sistema a telaio (wood frame), in un'ottica di bioedilizia, comfort abitativo e di versatilità di costruzione. In questo modo si è potuto risolvere la relazione tra il modello parametrico e i diversi componenti modulari del fabbricato, fornendo tutti i dati utili per una facile lettura del progetto a tutti gli utenti coinvolti nella costruzione, ottimizzando le possibili modifiche future, requisito importante in una struttura sanitaria. Viste le delicate esigenze, particolare attenzione è stata dedicata al tipo di impianto da installare all'interno della serra per un buon controllo della qualità dell'aria, dando vita a un modello MEP gestito da un altro utente, collegato al modello architettonico e strutturale creato. In questo modo è stato possibile sperimentare la condivisione di file in rete, sostenendo l'interoperabilità e i processi collaborativi (workflow), poiché il modello della serra fa parte di un unico modello centrale costituente il lotto in esame, comprendente di tutti i singoli interventi gestiti dai diversi collaboratori. In un'ottica di pianificazione delle operazioni di realizzazione viene delineata una WBS (Work Breakdown Structure), ovvero una scomposizione gerarchica delle attività e delle fasi di

costruzione; ogni elemento di progetto viene identificato con un codice che racchiude i diversi livelli della WBS in modo da creare una relazione tra elemento di progetto e attività di lavoro. Per tanto si è proceduto attraverso la creazione di diverse fasi di lavoro, che ha richiesto l'uso di software aggiuntivi a Revit, per poter redigere una corretta gestione dei tempi delle lavorazioni. A tal proposito si è voluto sperimentare l'interoperabilità non solo tra diverse discipline, ma anche tra software diversi, attraverso l'importazione del progetto su Navisworks Manage, per un monitoraggio più efficace della costruzione. Attraverso la delineazione dei costi delle singole partizioni del fabbricato in esame, è stato possibile ottenere un computo dell'intera struttura, per poter avere una visione completa della gestione dei costi durante tutto il processo costruttivo, output importante per il raggiungimento della quinta dimensione BIM.

1.1 Stato dell'arte del BIM

Negli ultimi anni il BIM è oggetto di grandi discussioni per quanto riguarda la progettazione, poiché rappresenta un processo che permette di progettare in maniera disciplinare diversi elementi di un modello contenente diverse informazioni utili per tutto il ciclo di vita di un fabbricato. Si comprende lo sviluppo del progetto stesso, partendo dalla fase preliminare della modellazione di entità, ovvero gli input del processo, fino alla fase della gestione dei dati, gli output, da cui poter ottenere le analisi in base alle finalità volute. Il divario tra il progetto CAD (Computer Aided Design) e l'innovativa metodologia BIM è chiaro ormai da tempo, poiché nel primo caso, la progettazione risulta limitata, dove tutti l'insieme di viste e dati convergono in un progetto bidimensionale le cui entità rappresentate non contengono nessun tipo di informazione. Completamente diverso è il processo BIM, il cui punto di partenza è dato da un modello parametrico multidisciplinare (architettonico, strutturale e meccanico), dando vita ad entità che possono essere create attraverso un processo automatico, valore aggiunto per l'ottimizzazione dei tempi di progettazione richiesta ai giorni d'oggi per la velocità e prestanza. Questo non significa che il BIM sia una tecnologia semplice, anzi, risulta un sistema complesso che va usato

consapevolmente, proprio per non incorrere in errori, ed evitare perdite di tempo, nonché denaro, soprattutto perché non vi è un corretto coordinamento tra gli attori coinvolti e molto spesso uno scambio errato di informazioni (Salzano, 2015).



Schemi prodotti dalle slide del corso “Modellazione digitale parametrica” della prof.ssa A.Osello e M. Del Giudice del Corso di Laurea Magistrale Costruzione e Città.

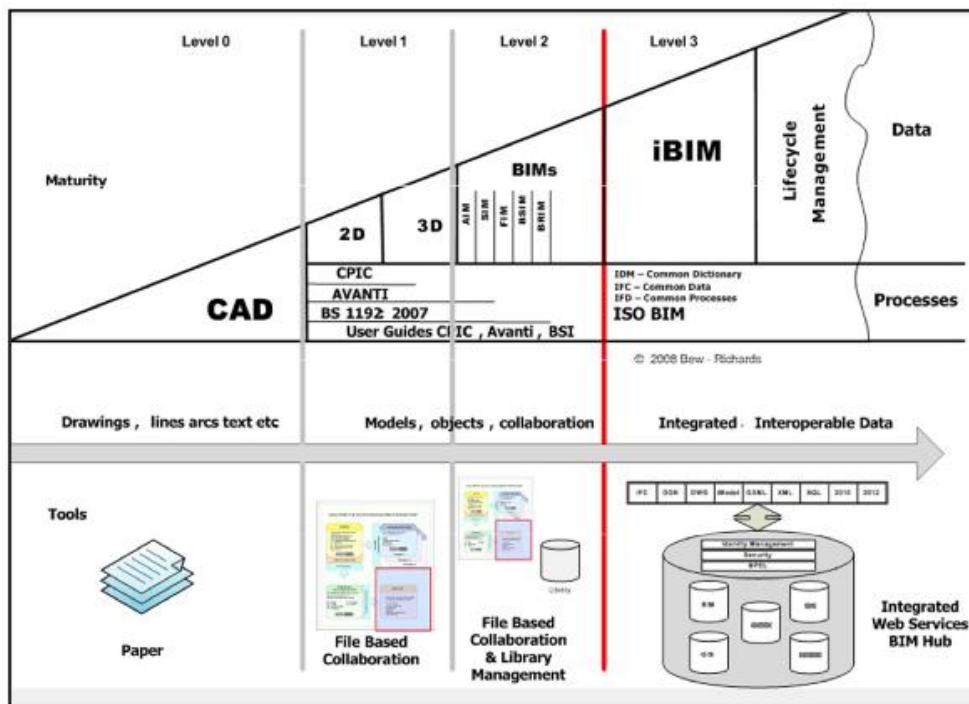
Fatte queste premesse, è bene dare una chiara definizione della metodologia BIM, realtà che sta influenzando anche il mondo delle imprese costruttive, indirizzandole verso la modellazione parametrica allontanandosi dal prodotto cartaceo del disegno 2D (Osello, 2012), soprattutto per la redazione di documentazione di cantiere.

Come spiegato dagli standard NIBS, *National BIM Standard*, il BIM acronimo di “Building Information Modeling” non rappresenta semplicemente un “model” ma uno strumento di applicazione all’interno delle aziende che utilizzano un processo integrato orizzontale e verticale che riguarda l’intero ciclo di un edificio, nonché le sue diverse fasi di lavorazione. Tutte le informazioni del modello sono considerate intercambiabili, applicando un processo di “interoperabilità” tra diversi attori coinvolti e tra diversi programmi e software utilizzati, determinando così una responsabilità di ruolo (National Building Information Modeling Standard, 2007).



Schema prodotto per illustrare le potenzialità del BIM.

Gli standard NIBS definiscono i livelli di maturità del BIM, al fine di determinare il grado di collaborazione e condivisione su cui si basa il processo interoperabile. Vengono definiti quattro livelli: il livello 0 non presenta alcun tipo di collaborazione, in quanto lo scambio di dati avviene in formato cartaceo o digitale di progetti redatti in 2D; il livello 1 presenta una progettazione 3D oltre quella tridimensionale, per una visualizzazione concettuale del lavoro, e i dati vengono condivisi su piattaforme come Dropbox, ma non vi è alcuna collaborazione tra le diverse discipline; il livello 2 definito dalla PAS 1192_2:2013³, prevede finalmente una collaborazione attiva tra attori, ovvero una vera e propria condivisione di dati, dove si inserisce la redazione del piano di esecuzione BIM, chiamato BEP, la definizione di un unico ambiente di lavoro e la definizione dell'utilizzo di software da utilizzare per l'interoperabilità; il livello 3, infine, prevede un unico modello che può essere raggiunto da tutti gli utenti, con la possibilità di collaborare in un repository centralizzato, entrando in gioco anche le informazioni inerenti al ciclo di vita, ottenendo il totale controllo della costruzione ottimizzando tutte le performance previste.



Livello di maturità del BIM, PAS 1192_2:2013

Come verrà spiegato più avanti, questo particolare caso studio assume un livello di maturità 2 del BIM, poiché vi è una collaborazione tra utenti utilizzando Revit, che permette anche uno scambio dati tra altri Software.

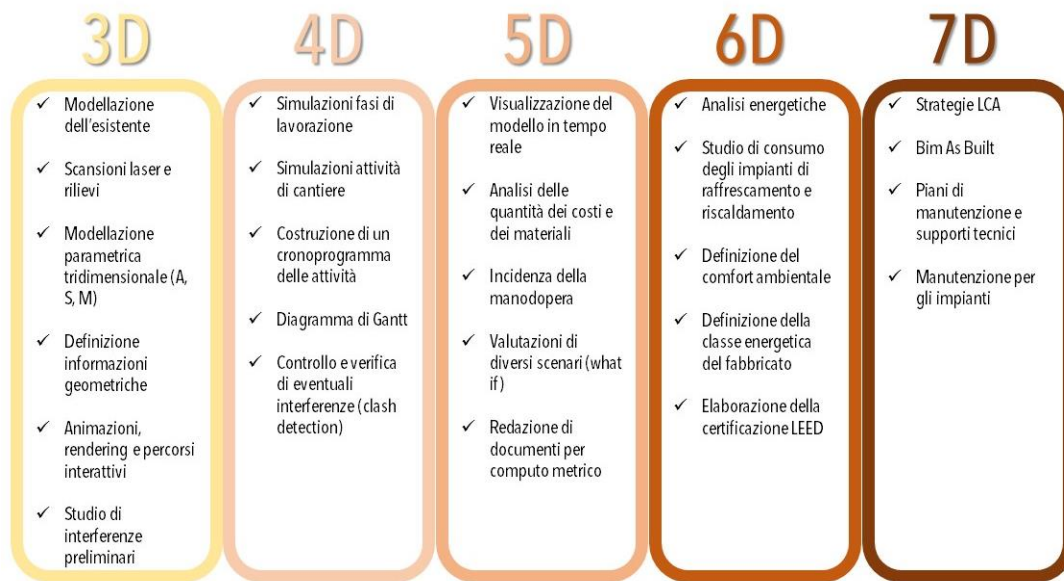
Quello che è importante precisare è che la “progettazione integrata” atta a controllare e gestire ogni fase del progetto ha come risultato finale l’innovazione, una prerogativa del mercato di oggi delle imprese del mondo delle costruzioni, per poter dare una svolta ai processi edilizi soprattutto in termini di sostenibilità ambientale. Attingendo ai principi della sostenibilità, non bisogna pensare alle sole prestazioni energetiche o l’impatto che l’edificio possa avere sul territorio, ma sarebbe giusto pensare in modo sostenibile ed efficiente fin dall’inizio della redazione stessa del progetto, monitorando soprattutto il processo costruttivo dove si hanno maggiori perdite in termini di tempo e denaro.

1.2 I benefici del BIM per il Construction Management

Come anticipato nel paragrafo § 1.1, il processo edilizio può trarre molti vantaggi dall’ utilizzo della metodologia BIM, poiché si possono ottenere progetti con una valida pianificazione a monte, con una conseguente gestione dei dati di output, sia nella fase di progettazione, che nella programmazione del processo costruttivo. In particolare due fasi molto delicate della costruzione sono quella di computo, ovvero gestione dei costi e quella della pianificazione delle attività, la gestione dei tempi di lavorazione. Queste attività interoperabili rientrano nelle potenzialità del processo BIM, distinguendo le cosiddette “dimensioni”:

- 3D > modellazione tridimensionale;
- 4D> pianificazione e gestione dei tempi;
- 5D> gestione dei costi;
- 6D> sostenibilità;
- 7D> manutenzione e facility management.

Si riportano le diverse dimensioni nel seguente schema esplicativo.

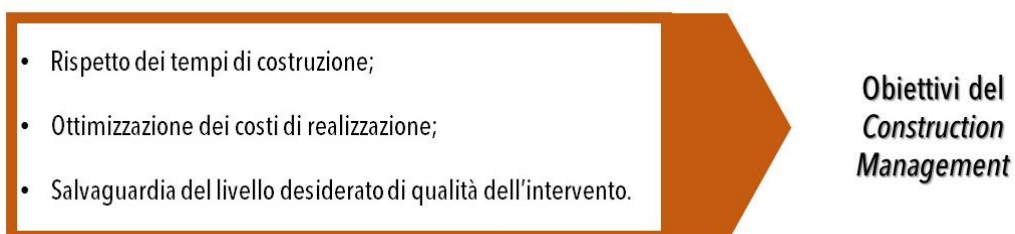


Schema prodotto per indicare le dimensioni del BIM.

Nello specifico le prime tre dimensioni sono al centro del “Construction Management”, disciplina che sfrutta le potenzialità del BIM soprattutto nella gestione dei cantieri di opere talvolta complesse, al fine di poter gestire le informazioni che servono per l'avanzamento dei lavori.

Nella sua definizione, il Construction Management (CM) rappresenta una disciplina i cui campi di applicazione sono la programmazione e il monitoraggio del processo costruttivo di un edificio, partendo dalle prime fasi di progettazione fino a quelle esecutive (Brad Hardin, 2009).

Le finalità del CM sono:

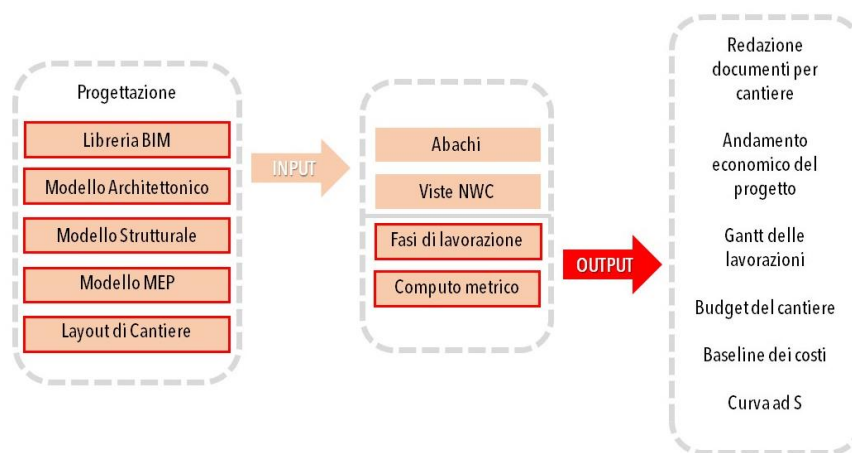


Obiettivi del Construction Management.

Come è possibile vedere dagli obiettivi del Construction, tempi e costi giocano un ruolo importante e la loro gestione avviene in modo interoperabile al fine di poter condurre le analisi relative al “Quantity

Takeoff”, ovvero le analisi delle quantità. La redazione del computo viene costantemente aggiornato con l’eventuale cambiamento di misurazioni degli elementi (Brad Hardin, 2009), avendo sempre sotto controllo l’andamento economico di un intervento per poterlo aggiornare o modificare dove è opportuno, ipotizzando eventuali e diverse comparazioni di valutazioni in fase decisionale e nel rispetto del profilo economico di un’azienda.

Quanto appena enunciato risulta molto vantaggioso per la gestione di una commessa, poiché aggiornando il modello BIM si aggiornano tutte le informazioni che esso contiene, ovvero i costi del computo metrico, applicando un’interoperabilità tra diversi software a supporto del CM. Ciò che contraddistingue la metodologia BIM è la possibilità di includere nella modellazione anche le fasi di lavorazione precedenti alla costruzione del fabbricato stesso, ma che fanno parte del processo edilizio, come scavi, opere provvisoriale e ingombri dei macchinari coinvolti nel trasporto e smontaggio dei materiali; per questo è necessario avere un’attenta pianificazione fin dalle prime fasi per evitare imprevisti in cantiere.



Schema prodotto rappresentante il 4D e 5D in fase di progettazione.

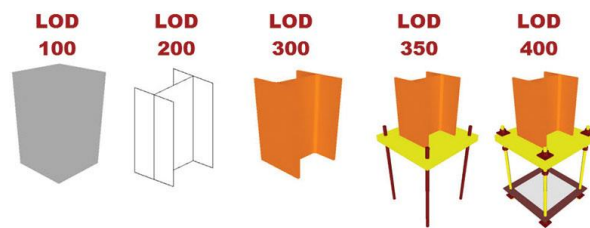
Alla base di un buon sviluppo del modello parametrico in Revit è necessario stabilire gli obiettivi di lavoro, definendo il tipo di informazione da estrarre e definire il livello di dettaglio degli oggetti modellati all’interno del progetto. Nelle fasi di progettazione si passa da un modello concettuale fino ad arrivare a un modello che presenta un livello di dettaglio alto, non solo da un punto di vista grafico ma informativo, chiamato “as built”, di fatto un modello costruttivo.

All'interno di questa cornice si introduce il concetto di LOD, definito nel protocollo *Building Information Modeling Protocol Exhibit*⁴ pubblicato nel 2008 da parte dell'AIA, l'American Institute of Architects. In questo protocollo è contenuta la Level Development Specification che si occupa di definire le caratteristiche degli oggetti all'interno della modellazione nei vari LOD. L'acronimo ha due diverse accezioni, entrambe valide, ovvero il Level of Detail e il Level Of Development; il primo descrive il livello di dettaglio dell'elemento nel modello mentre il secondo rappresenta il livello di sviluppo dell'oggetto nel modello nelle diverse fasi di progettazione. Come detto prima il LOD è utile per esplicitare gli obiettivi da raggiungere nelle diverse discipline BIM, per tanto viene definito in maniera precisa nel BEP, il BIM Execution Plan, un documento che illustra come vengono raggiunti gli obiettivi definiti in precedenza dal Committente nell'EIR, Employer's Information Requirement, un documento di gara che stabilisce i requisiti minimi che sono richiesti riguardo ai progetti specifici.

Il concetto di LOD viene ripreso nella Normativa inglese, la PAS 1192_2:2013 che definisce i diversi livelli di LOD nelle varie fasi di progetto, definendo due livelli: livello di dettaglio del modello (LOD), riguardante i contenuti grafici del modello, il livello di informazioni del modello (LOI), riferito al contenuto non grafico. Vengono definiti sei livelli di LOD che vengono riportati nella loro definizione reale:

USA CONVENTION	DESCRIPTION
LOD 100	<i>The Model Element may be graphically represented in the Model with a symbol or other generic representation, but does not satisfy the requirements for LOD 200. Information related to the Model Element (i.e. cost per square foot, tonnage of HVAC, etc.) can be derived from other Model Elements.</i>
LOD 200	<i>The Model Element is graphically represented within the Model as a generic system, object, or assembly with approximate quantities, size, shape, location, and orientation. Non-graphic information may also be attached to the Model Element.</i>
LOD 300	<i>The Model Element is graphically represented within the Model as a specific system, object or assembly in terms of quantity, size, shape, location, and orientation. Non-graphic information may also be attached to the Model Element.</i>
LOD 350	<i>The Model Element is graphically represented within the Model as a specific system, object, or assembly in terms of quantity, size, shape, orientation, and interfaces with other building systems. Non-graphic information may also be attached to the Model Element.</i>
LOD 400	<i>The Model Element is graphically represented within the Model as a specific system, object or assembly in terms of size, shape, location, quantity, and orientation with detailing, fabrication, assembly, and installation information. Non-graphic information may also be attached to the Model Element.</i>
LOD 500	<i>The Model Element is a field verified representation in terms of size, shape, location, quantity, and orientation. Non-graphic information may also be attached to the Model Elements.[4]</i>

Definizione dei livelli di LOD.



Schema rappresentante i LOD, riferiti alla Normativa americana.

Come dato storico, la Normativa UNI 11337:2017 ⁵ rappresenta la prima norma tecnica italiana sul BIM, dove nella Parte 4, viene enunciato il concetto di LOD, per determinare l'affidabilità del progetto.

Nella Normativa Italiana viene proposta una classificazione in una scala da "A" a "G", ovvero i Livelli di sviluppo degli Oggetti Digitali:

- LOD A- Oggetto simbolico;
- LOD B – Oggetto generico;
- LOD C- Oggetto definito;
- LOD D- Oggetto dettagliato;
- LOD E- Oggetto specifico;
- LOD F- Oggetto eseguito;
- LOD G- Oggetto aggiornato.

LOD A	LOD B	LOD C	LOD D	LOD E	LOD F	LOD G

Schema all'interno della Normativa Italiana 11337:2017 Parte 4.

Rispetto alla normativa inglese o quella americana vi è una codifica in lettere progressive, rappresentando una novità diversa agli altri paesi.

Ciò che si può notare è il livello del LOD D, dove l'elemento verticale presenta elementi di dettaglio come le stratigrafie, la struttura, gli spessori dei componenti e le finiture.

Affinché il modello sia realizzato in maniera corretta e che contenga le giuste informazioni per la fase costruttiva, si è stabilito che gli elementi all'interno del progetto dovessero presentare un livello di LOD D, corrispondente al LOD 350 della normativa americana.

Enunciati i criteri di modellazione, nel seguente caso studio, si è scelto di approfondire aspetti che riguardano la quarta dimensione e la quinta dimensione.

Ciò che si è valutato per il 4D è la pianificazione delle fasi di lavorazione già nel software Revit e la gestione di esse; l'assegnazione delle tempistiche di costruzione attraverso la redazione di un cronoprogramma, ovvero il diagramma di Gantt da Microsoft Project, e il monitoraggio nonché verifica delle possibili interferenze che si potevano creare, dettate dalla contemporaneità di alcune attività attraverso il software Navisworks che ha permesso di simulare l'operazione di costruzione.

Per il 5D invece, vi è stata un'attenta gestione e analisi dei costi e delle quantità, tabulati in Revit attraverso l'estrazione di abachi, con la redazione di un computo metrico che comprende l'incidenza della manodopera, estrapolando i prezzi da fonti attendibili. Infine la valutazione dei costi delle opere nei diversi settori del processo costruttivo, per determinare il fabbisogno necessario per realizzare l'opera utilizzando il programma Excel, utile per la gestione di dati economici.

1.3 Bim for Healthcare

Nella progettazione di strutture sanitarie l'utilizzo della metodologia BIM porta i suoi vantaggi soprattutto per la pianificazione dei costi e dei tempi, poiché uno dei punti fondamentali è il controllo della qualità degli interventi. La possibilità di avere un modello con molteplici informazioni è importante per strutture così complesse, poiché permette di avere una supervisione non solo dei processi costruttivi ma anche del flusso di persone che vi possono accedere e del sistema distributivo.

Ciò che determina l'importanza dell'uso del BIM nella mappatura di edifici in ambito sanitario è l'efficienza della programmazione del processo costruttivo, poiché vi è maggiore coordinazione tra gli attori

coinvolti e soprattutto la possibilità di poter rendere partecipi i futuri fruitori attraverso la visione immediata delle scelte effettuate.

Un punto cruciale è rappresentato senza dubbio dalla modellazione dell'impianto, poiché ha un ruolo fondamentale all'interno di una struttura sanitaria e per tanto necessita di scelte ponderate e una resa progettuale efficiente; tutte le interferenze generate tra la modellazione dell'impianto e il sistema strutturale possono essere monitorate, eliminando così le successive modifiche sia progettuali che la messa in opera dell'impianto stesso; questo sicuramente incide nella riduzione dei costi di manodopera e nella possibilità di avere sistemi costruttivi prefabbricati.

Il modello integrato rappresenta una valida opportunità di comunicazione con il personale medico, avendo la possibilità di poter visionare i progetti in 3D, valutare gli spazi delle stanze dei pazienti e i possibili impatti che i macchinari possono avere all'interno dei reparti o il comportamento del sole per l'illuminazione durante il giorno, essenziale in ambito sanitario.

Per tali ragioni il caso studio presentato si inserisce nella cornice del *BIM for Healthcare*, ovvero il BIM per l'assistenza sanitaria, dove la modellazione in quarta e quinta dimensione, non riguarda solo il monitoraggio di tempi e costi, ma anche un modo per coinvolgere attivamente il cliente nel processo di costruzione, dove sicuramente si ha uno scambio di informazioni a doppia entrata, sia in campo medico-logistico che in campo edilizio.

Esiste una community online, la *BIM for Healthcare Owners*, che si mette a disposizione per lo sviluppo del BIM in ambito sanitario, dove è possibile discutere di progetti e obiettivi da raggiungere nel campo.



Logo della community "Bim for Healthcare Owners".

1.4 Caso studio

Lo sviluppo progettuale del fabbricato si inserisce in ambito sanitario, come anticipato, nel complesso ospedaliero del Trompone a Moncrivello in provincia di Vercelli, un edificio storico di tre piani dove è inserita una struttura di riabilitazione attiva dal 1970 gestita dai Silenziosi Operai della Croce.

L'edificio è stato costruito intorno al Santuario del Trompone risalente alla fine del 500, elevato a Santuario Diocesano.

Il complesso si compone di diversi poli con diverse destinazioni d'uso. Nel 2011 sono stati avviati i lavori per recuperare la manica storica esposta a nord, al fine di inserire una Residenza Sanitaria Assistenziale (RSA), chiamata RSA Virgo Potens, per ospitare pazienti con malattie degenerative, affetti da patologie neurologiche e da distrofia muscolare.

Per tanto il servizio offerto è caratterizzato da assistenza continua, poiché gli ospiti sono incapaci di un'autonomia propria e necessitano l'uso di macchinari e attrezzature speciali, che ne determinano la costante vicinanza e urgenza. Antistante all'edificio storico vi è la casa di cura, che si occupa di ospitare la rieducazione motoria, fisioterapia, riabilitazione cardiologica e logopedia.

In seguito a diverse iniziative da parte dell'amministrazione della struttura stessa e del Laboratorio del Dipartimento del DISEG "Drawing TO the future", presso il Politecnico di Torino, si è proceduto con la volontà di riqualificare alcune aree e fabbricati obsoleti presenti nell'area di interesse, al fine di dar vita a nuove strutture polivalenti e creare nuovi poli attrattivi in questa clinica molto dedita e aperta a iniziative culturali. ospedaliero in diversi ambiti, dando vita a modelli multidisciplinari e permettendo la collaborazione di tutti gli attori coinvolti.



Ortofoto da Geoportale, del complesso ospedaliero, con evidenziati i casi studio di lavoro.

In questa cornice si è inserito un team di lavoro su larga scala, poiché ogni componente di un gruppo tesisti ha contribuito allo sviluppo progettuale e alla gestione dei dati dei progetti dell'intero complesso

Come si può vedere nell'immagine sopra sono stati presi come caso studio per una nuova destinazione d'uso, 1. la serra che si affaccia sul cortile del lato sinistro del complesso in rosso, 2. il cortile interno adiacente alla RSA in grigio, il fabbricato a sinistra della manica monumentale in giallo.

Le proposte progettuali avanzate sono rispettivamente:

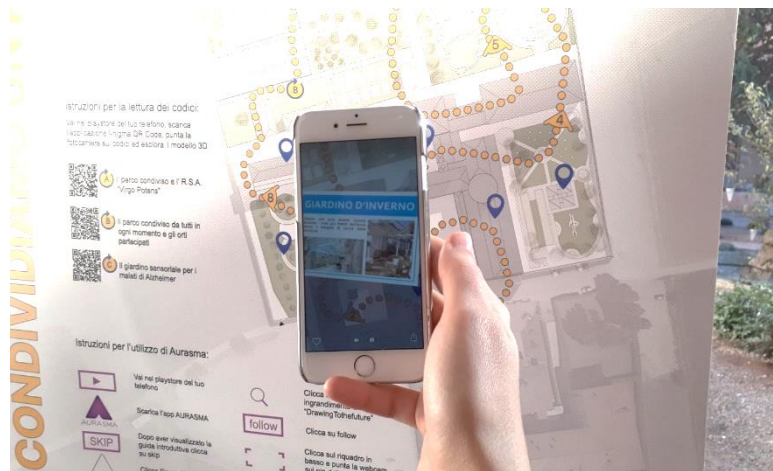
1. Una serra abitabile;
2. Un giardino d'inverno;
3. Un centro diurno per i malati di Alzheimer (CDAI).

Per far conoscere queste nuove proposte è stata organizzata una serata al Trompone dove sono stati espone le proposte progettuali in fase conoscitiva, attraverso la redazione di tavole e immagini multimediali, con il supporto di Aurasma, un portale web dove poter inserire contenuti da visualizzare in realtà aumentata, scaricabile su un supporto mobile.

Le immagini sono state caricate sulla pagina “DrawingTOthefuture’s Public Auras”, creando degli screenshot di una mappa di riferimento nominata “Condividiamo un percorso” su cui poter visionare delle suggestioni di progetto. Ogni immagine caricata sul portale è in relazione a uno screenshot di un’area circoscritta della mappa, per tanto posizionando il telefono o qualsiasi altro visore in corrispondenza del punto dell’area, è possibile visionare i contenuti.



A sinistra vi è il logo di Aurasma, a sinistra il contenuto multimediale da visionare tramite l'applicazione.



Una foto dell'evento al Trompone con la visualizzazione delle immagini in realtà aumentata.

Nella seguente tesi, sono stati sviluppati una proposta progettuale e la gestione dei dati del processo costruttivo per la serra, come anticipato, prevedendo un nuovo fabbricato, ipotizzando la conseguente demolizione di quello esistente.

Sono stati effettuati diversi sopralluoghi per poter visionare la serra esistente, raccogliendo impressioni per poter avanzare delle proposte di progetto. Vengono riportate, qui di seguito, le foto di un sopralluogo e la mappa con i coni ottici corrispondenti.



1. Ingresso del cortile della serra esistente



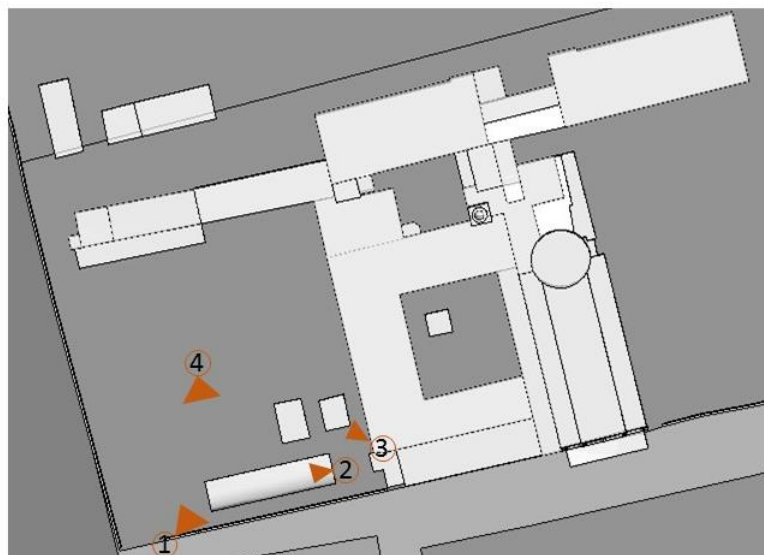
2. Interno della serra



3. Fabbricato antistante, dedicato all'area di stoccaggio e locale tecnico



4. Vista del cortile antistante la serra e secondo fabbricato riservato ad area cucina



Navigatore con ottici.

Come si può notare, l'edificio esistente si presenta in buono stato, con uno sviluppo regolare in lunghezza, affacciandosi sul cortile, con tre uscite di cui due d'emergenza con porte a spinta. La serra viene raggiunta passando per la lavanderia dell'ospedale, ma non è presente un passaggio coperto a riparo dalle intemperie durante l'anno.

La struttura portante è costituita da un telaio in acciaio e pannelli vetrati, intervallati da pannelli trasparenti in poliuretano. Come visibile nelle foto, sono presenti delle tende interne in corrispondenza della copertura, una soluzione per evitare l'irraggiamento solare diretto, purché non molto efficiente. Purtroppo non si era a conoscenza di dati tecnici riguardanti i pannelli vetrati, ma come si è potuto constatare dall'ultimo sopralluogo effettuato in primavera, si è potuto constatare che lo sbalzo termico dall'esterno all'interno era forte, in quanto la temperatura dentro la serra era molto alta rispetto all'esterno. Non è stato possibile effettuare un sopralluogo in inverno, ma gli utenti dell'ospedale lamentano le stesse problematiche.

La serra attuale ha una destinazione d'uso polivalente, in quanto viene utilizzata per eventi stagionali, cene ed iniziative socio culturali, ma per le problematiche di temperatura e raggiungimento prima enunciate, il fabbricato risulta per la maggior parte delle volte un luogo inutilizzato.

I fabbricati antistanti sono aree ancora in uso, soprattutto quello con destinazione d'uso di cucina di recente costruzione, per tanto non è stata ipotizzata nella proposta di progetto una demolizione di esse.

2. Metodologia

Come descritto nel capitolo 1.1, si parla di diversi livelli di maturità del BIM, e ciò che li contraddistingue sono i livelli di condivisione, gestione e implementazione di un elemento.

Il seguente caso studio si inserisce in un ambiente di lavoro di livello 2, incorrendo dunque in condivisioni e in uno scambio di informazioni tra diversi attori coinvolti.

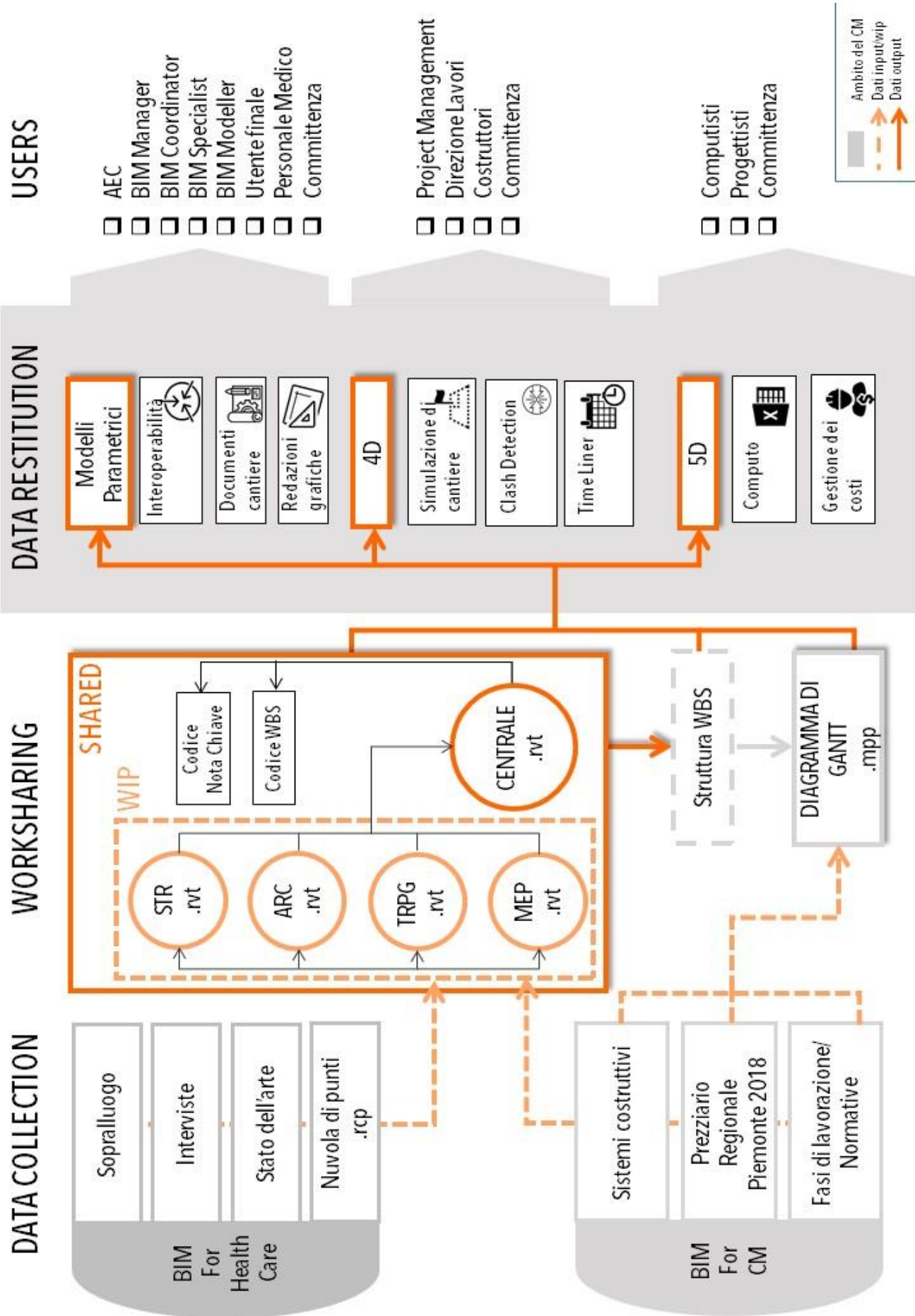
Il flusso di lavoro è partito con la modellazione e la successiva condivisione su una piattaforma di scambio dati in rete, di un modello di masse rappresentante la struttura principale del complesso ospedaliero del Trompone, questo modello è stato collegato a un file centrale. A quest'ultimo, ovvero il modello federato sono stati collegati i modelli multidisciplinari contenenti i progetti delle diverse aree di intervento.

In coerenza con il livello di maturità scelto, i vari modelli multidisciplinari contengono informazioni relative alla progettazione della costruzione dell'intervento e la gestione di essi.

Vista la complessità della gestione dei dati riferiti al caso studio in esame, è stato necessario stabilire una metodologia di lavoro che ha seguito questo iter nel rispetto del livello 2.

1. Indagine conoscitiva;
2. Elaborazione di scelte e strategie progettuali;
3. Modellazione dei modelli parametrici (architettonico/strutturale);
4. Sistema di condivisione a un modello federato multidisciplinare (architettonico/strutturale/MEP);
5. Sistema di condivisione a un modello federato centrale;
6. Interoperabilità verticale e orizzontale tra diversi software;
7. Gestione degli output.

Nello specifico si riporta il flusso di lavoro spiegato attraverso uno schema che rappresenta la metodologia scelta per il raggiungimento degli obiettivi preposti.



2.1 Software utilizzati

Si elencano i software in ordine di utilizzo, durante il flusso di lavoro che hanno permesso il raggiungimento degli obiettivi preposti:

Aurasma

Applicazione a supporto della Realtà Aumentata (AR), dove è possibile visionare contenuti multimediali anche su dispositivi come tablet e smartphone semplicemente puntando un oggetto reale, sfruttando risorse come fotocamera, GPS e bluetooth.

Revit 2018

Prodotto Autodesk funzionale per l'iter della pianificazione, progettazione e processo di costruzione in BIM. Questo software permette la collaborazione tra diversi utenti, definendo ruoli e responsabilità all'interno di un team attraverso la creazione di modelli multidisciplinari (architettonico, strutturale, MEP).

Wood Framing Walls

Componente aggiuntivo di Revit per la creazione automatica di strutture a telaio, attraverso l'impostazione di settaggi e misurazioni. Permette una progettazione più accurata e consapevole delle pareti portanti con sistemi costruttivi in legno, evitando errori nella modellazione in BIM.

BIM One – Import/Export Excel

Componente aggiuntivo a supporto del BIM, che permette l'esportazione e importazione su Excel di abachi redatti in Revit. Grazie a questo plug in è possibile modificare e reimportare tabulazioni, con conseguente aggiornamento.

Dynamo

Prodotto Autodesk a supporto della modellazione parametrica e la gestione dei dati; è uno strumento di programmazione visuale che permette la costruzione di codifiche attraverso la formazione di script.

Excel

Prodotto Microsoft per la gestione di fogli elettronici; utilizzato per l'interoperabilità con Revit, nell'esportazione, lettura e conseguente aggiornamento di abachi.

Microsoft Project

Prodotto Microsoft a supporto della pianificazione e gestione dei dati. Utilizzato per la redazione di cronoprogrammi di attività per la verifica delle tempistiche, assegnazione di risorse e gestione dei budget.

Naviswork Manage 2018

Prodotto Autodesk per il coordinamento e revisione dei risultati dei modelli in BIM. Permette l'analisi del processo costruttivo e delle clash detection, ovvero delle interferenze.

A360

Prodotto Autodesk per la condivisione e revisione in team di modelli BIM. Utilizzato per la visualizzazione 3D, come mezzo di comunicazione tra diversi utenti coinvolti nel processo edilizio.

2.2 Una proposta operativa

Per avere una visione più chiara delle necessità e delle problematiche riscontrate nell'utilizzo della serra si è voluto coinvolgere un numero ampio di persone che vivono l'Ospedale, al fine di poter offrire la migliore soluzione progettuale.

Come definito da Balducci⁶, “La progettazione partecipata è inoltre un viaggio comune attraverso i diversi aspetti di una situazione problematica di notevole complessità, fino alla convergenza su intendimenti e rappresentazioni condivise e vagliate attraverso i diversi apporti: altre esperienze, vissuto dei protagonisti, conoscenze tecnico-scientifiche”, per tanto tutte le suggestioni che emergono derivano da esperienze di diversa natura, perciò in un processo partecipativo è importante avere opinioni da soggetti di diverse età ed estrazione sociale. La progettazione partecipata cerca di comprendere i bisogni degli attori coinvolti che si traducono in risposte progettuali adeguate, per tanto è necessario che essi siano parte attiva del potere decisionale nella fase di progettazione.

Attraverso un sistema top down, vi è la possibilità di trattare problematiche e fornire proposte progettuali conformi alla legge, come obiettivo principale, il rispetto dell'opinione dei futuri fruitori.

2.2.1 L'intervista come strumento di indagine

Il processo partecipato adottato ha previsto la redazione di un questionario a risposta aperta, che visto come soggetti coinvolti:

- Medici e operatori sanitari dell'Ospedale;
- Personale dell'Associazione Silenziosi Operai della Croce (SOdc);
- Parenti dei degenti e malati;
- Degenti con capacità cognitive.

Le persone scelte sono state selezionate al fine di costituire un campione rappresentativo. Ovviamente la possibilità di partecipazione al questionario è stata resa libera per tutti, al fine di avere il massimo coinvolgimento per tutti i futuri utenti dell'intervento. Il coinvolgimento dei destinatari del processo partecipativo è stato di secondo livello (Bobbio 2004), poiché sono state formulate delle proposte d'intervento e delle scelte progettuali determinanti, tenendo conto così del loro potere decisionale. Con lo strumento dell'ascolto è stato possibile dialogare con alcuni degli utenti, ricorrendo in alcuni casi particolari all'interazione con il paziente attraverso macchinari di comunicazione; questo confronto è stato molto toccante, poiché si è rivelata un'opportunità utile per conoscere in prima persona i bisogni e i desideri del paziente e quindi poter determinare successivamente scelte progettuali che rispettano le diverse esigenze e problematiche riscontrate. All'interno di questa cornice, il progetto in primis si è orientato ad individuare i bisogni degli utenti, attraverso l'indagine sui servizi attualmente disponibili e delle eventuali richieste.

Raccolte le informazioni necessarie, si è potuto avviare un percorso di progettazione partecipata, che ha permesso di coinvolgere utenze di diverso genere e di mettere a confronto esperienze divergenti e culturalmente distanti, potendo così individuare gli obiettivi finali soprattutto nei bisogni del campo della non autosufficienza.

Il questionario è stato redatto scegliendo la modalità delle domande aperte, al fine di lasciare più spazio possibile alle persone intervistate nell'esprimere il proprio punto di vista ed eventuali proposte. Il metodo si è rivelato molto utile poiché per la fase preliminare di ricerca e della progettazione è stato necessario effettuare una ricerca preliminare per poter analizzare i contenuti delle risposte del questionario e soprattutto per poter analizzare i punti di forza della struttura esistente, e trovare una soluzione efficiente ai punti di debolezza.

Qui di seguito viene riportato il questionario con cui si sono svolte le interviste.

Da che parte della regione provenite? (Domanda riservata ai parenti dei pazienti)

Quali disagi avete riscontrato nella struttura?

Quali punti di forza?

Quante ore passate in media in struttura? (Domanda riservata ai parenti dei pazienti)

Riuscite a raggiungere facilmente tutti i punti della struttura?

Pensate che l'innovazione tecnologica possa essere d' aiuto o di conforto per gli utenti? (Realtà aumentata etc.) Se si, in che modo?

Quale servizio vorreste che non è presente e/o carente attualmente in struttura?

Sfruttate la serra? Se si, in quali ricorrenze?

Che tipo di servizio vorreste fosse offerto all'interno della serra? (Proposte progettuali)



INTERVISTA A UN MEDICO DELLA STRUTTURA OSPEDALIERA

Da che parte della regione provenite?

Parlo per i pazienti. Per quanto riguarda la loro ammissione, possono usufruire tutte le famiglie di tutta l'Italia. Non ci sono criteri di ammissione regionale o provinciale, è una struttura molto specializzata, non sono moltissime sul territorio italiano. Certo che una struttura collocata in frontiera tra due regioni può essere usfruita maggiormente per i pazienti. Questa struttura pecca di una comunicazione pubblica perché non esiste. Da qui passa il pullman che però ci collega solo con Torino, ne passano quattro in giornata non è l'ideale. La cosa migliore sarebbe un punto con la possibilità di arrivare con il treno. Questi sono problemi di una struttura collocata in periferia. Si dovrebbe avere un servizio che non abbiamo ancora, una navetta gratuita che può collegare la struttura con Santhià.

Quali disagi avete riscontrato nella struttura?

Allora, ti riporto un esempio della struttura qui di fronte, il centro di riabilitazione di San Luigi Novarese è stata fatta dopo una decina di anni che abbiamo svolto in questa struttura storica; e avendo all'epoca delle idee già in mente, abbiamo fatto per quella struttura, un progetto partecipato, un progetto realizzato dagli architetti, per due anni abbiamo discusso con la comunità, la direzione e con tutto il personale, ho verificato personalmente tutte le esigenze, e tutte queste cose sono state presentate agli architetti. Dopo dieci anni, io non avrei nulla da cambiare. Di fronte a una struttura così antica, non è possibile realizzare una cosa simile. Abbiamo dovuto accettare tante cose, essendo una struttura storica.

Quali punti di forza?

L'atmosfera non è quella di una struttura ospedaliera ma è un'atmosfera vivace, con anima. Questo è il grosso punto di forza. I familiari si sentono come a casa loro. Spesso le strutture nuove sono belle, e sono magari più facili da pulire e sanificare, però non trovi un'atmosfera come nella struttura storica.

Non ci sono particolari problemi di climatizzazione, perché c'è una climatizzazione controllata, al piano primo c'è un impianto di raffrescamento, non è aria condizionata. L'umidità è sempre controllata. Devono essere vestiti più o meno tutto il giorno uguale, perché porta via tempo ed energia svestirli e vestirli sempre.

Quante ore passate in media in struttura?

Parlo per i parenti dei pazienti. All'inizio ai parenti non abbiamo messo limiti di orari. Hanno il diritto di venire sempre, ci sono ragazzi anche di 20 anni. Abbiamo limitato recentemente l'orario di visita perché altrimenti non riusciamo a svolgere il nostro servizio, per somministrare terapie, igiene e anche per la privacy del paziente è giusto che sia così. E poi in questa maniera i genitori devono abituarsi alla situazione del loro caro e devono riprendere la loro vita, li obblighi a trovare uno spazio per loro nella giornata. Ci deve essere un senso di accettazione e disabilità del paziente in alcuni casi.

Riuscite a raggiungere facilmente tutti i punti della struttura?

Abbiamo pensato di fare tutte le modifiche nonostante le osservazioni di Belle Arti sono state concordate con loro. Ed è importate perché spostare pazienti in questo stato non è semplice.

La gestione di pazienti come quelli presenti in struttura richiede la presenza di attrezzature che non sono prevedibili e quindi averle già a disposizione, in modo che non siano visibili ma che vi puoi accedere subito, potrebbe essere molto utile. L'idea sarebbe quella anche di fare un montacarichi per poter nascondere all'occorrenza qualcosa che non vuoi vedere, per dar idea di ordine e pulito. Tutto questo per agevolare gli spostamenti del carrello delle urgenze, ti dà un senso di sicurezza sapere che è lì presente in reparto, ed è piacevole alla vista non vederlo.

**Pensate che l'innovazione tecnologica possa essere d' aiuto o di conforto per gli utenti?
(Realtà Aumentata etc.) Se sì, in che modo?**

In struttura abbiamo pazienti anche con livello di coscienza di primo e secondo livello, dovuto a malattie in stato neurologico degenerativa. Le persone invece che sono quasi in stato vegetativo sono persone vigili ma che non hanno relazione con l'ambiente. Un reparto molto

triste, per questo è molto importante dar sollievo ai familiari, uscendo fuori e sfruttando le tecnologie in un ambiente super protetto.

Quale servizio vorreste che non è presente e/o carente attualmente in struttura?

In questa struttura non ci sono magazzini, non c'è un sistema comodo e abbiamo dovuto collocare il materiale in spazi nascosti. Non avere le attrezzature in reparto ti complica la vita.

Ogni momento della giornata si mette tutto negli sgabuzzini e sembra tutto ordinato e pulito nella struttura davanti. Qui invece rimane tutto nei corridoi.

Sfruttate la serra? Se sì, in quali ricorrenze?

Sfruttiamo la serra soprattutto per organizzare eventi, ne facciamo diversi all'anno per esempio sotto Natale, in estate. È chiaro che sono spazi ristretti e spesso si rischia di star sul prato e muoversi con le carrozzine non è molto comodo. Si cerca di tener vivo l'ambiente, in modo di rendere l'ospedale dinamico in modo che non sia visto solo come polo ospedaliero.

Che tipo di servizio vorreste fosse offerto all'interno della serra? (Proposte progettuali)

L'ideale sarebbe inserire una specie di ascensore che colleghi la parte superiore della serra con un locale tecnico. Bisognerebbe capire i vincoli di altezza e capire se ci sono dei vincoli per ancorare la nuova struttura a quella esistente senza intaccare il muro.

Bisogna prevedere degli spazi che non siano visibili, ma che possano ospitare come detto prima tutte le attrezzature mediche. Bisognerebbe progettare spazi invisibili. L'intento è quello di dar vita a un ambiente confortevole che però non sia sotto l'attento occhio medico.

Dal punto di vista progettuale bisognerebbe dar vita a degli spazi di aggregazione indipendentemente dal gruppo, che sia una famiglia, che siano due persone, che allo stesso tempo dia l'idea di un luogo intimo. Un luogo versatile che si presta a diversi eventi; una progettazione al massimo flessibile.



INTERVISTA ALL' OPERATORE SANITARIO

Da che parte della regione provenite?

Vengo dal Piemonte, abito a Cigliano a 2,5 km dalla struttura e raggiungerla non è un disagio, anzi è comodo.

Quali disagi avete riscontrato nella struttura?

Cose molto banali, come lo spogliatoio che non è ubicato comodamente rispetto al luogo di lavoro, lo spogliatoio maschile è nella struttura antistante, e quindi bisogna fare un pezzo a piedi per raggiungerla, anche quando fa freddo.

Il fatto di essere sopra il convento, è un disagio perché non c'è molta intimità.

Spesso c'è qualche apparecchio non funzionante, ma abbiamo dei tecnici che sono sempre disponibili, quindi una manutenzione abbastanza repentina.

Quali punti di forza?

Sono presenti tutte le figure, dal manutentore, per qualsiasi cosa che si ha bisogno si cerca di risolverla il primo possibile e c'è molta disponibilità, soprattutto dalle sorelle.

Quante ore passate in media in struttura?

Mezza giornata quattro giorni, due giorni di riposo perché lavoriamo su turni. Quindi passiamo molto tempo qui dentro. Quindi a nome del personale, ci manca in struttura uno spazio nostro privato, perché è molto alla mercé di tutti. Sarebbe meglio potersi godere la pausa in un punto che sia dislocato dalla struttura, che non sia all'interno della struttura ospedaliera, tolti quei giorni in cui c'è un lavoro molto intensivo da svolgere e quindi l'ideale è rimanere nei paraggi.

L'ideale sarebbe che la serra avesse un passaggio coperto, per agevolare l'arrivo.

Riuscite a raggiungere facilmente tutti i punti della struttura?

Sovente dobbiamo portare i nostri pazienti in un reparto di radiologia e ti occorre una persona se non due che si staccano dal reparto perché hanno bisogno di particolari attenzioni infermieristiche, e ci vuole del tempo per raggiungere il luogo. La struttura è molto ampia, i punti sono facilmente raggiungibili ma con tempi lunghi.

Pensate che l'innovazione tecnologica possa essere d' aiuto o di conforto per gli utenti? (Realtà aumentata etc.) Se sì, in che modo?

Di strumenti innovativi siamo molto provvisti, siamo dotati di apparecchiature elettroniche ed è quasi scomparso il materiale cartaceo e utilizziamo computer e tablet. La sala multisensoriale viene purtroppo sfruttata poco perché serve del personale che stia lì fisso, e serve personale anche in reparto per preparare il paziente apposta per essere spostato.

Quale servizio vorreste che non è presente e/o carente attualmente in struttura?

Lo spogliatoio maschile sarebbe comodo avercelo ubicato nei paraggi del reparto e avere delle aree di magazzini vicini. Ci vorrebbe uno spazio comodo, che non sia piccolo come l'area vicino al cortile, dove ci sono le macchinette. L'ideale sarebbe unire la serra con un passaggio coperto per raggiungerlo facilmente anche nelle due ore di pausa, per avere un momento d'intimità. Poi l'ideale sarebbe che il paziente non soffrisse di questo sbalzo di temperatura per passare da un luogo all'altro.

Sfruttate la serra? Se sì, in quali ricorrenze?

La serra viene utilizzata solo quando vengono organizzati dei rinfreschi o delle cene, dei momenti di conviviali e si organizzano anche molti corsi e durante la pausa pranzo o caffè viene sfruttata la serra. L'abbiamo sfruttata anche noi come personale quando abbiamo voluto organizzare delle nostre feste, la cena di Natale per esempio invece di andare in altri posti più dispendiosi. Si potrebbe anche allargare e sfruttare lo spazio esterno del cortile.

Che tipo di servizio vorreste fosse offerto all'interno della serra? (Proposte progettuali)

Sarebbe comodo più che altro per i parenti per non fermarsi sul corridoio del reparto, poiché è uno spazio di passaggio anche in caso di chiamate urgenti.

La serra potrebbe essere organizzata anche settorialmente per dar vita a dei nuclei, dividendo gli spazi e per poter garantire un po' di intimità anche alle famiglie.



INTERVISTA ALLA DIRIGENTE DELL' OSPEDALE E A CAPO DEL SOdC

Da che parte della regione provenite?

Parlo per i pazienti. Sono pazienti che arrivano da diverse regioni di Italia. Sicuramente la maggior parte Piemonte, ma non è detto ci sono pazienti e parenti anche dalla Sardegna. È capitato che qualcuno si fermasse a dormire, infatti era mio desiderio dar vita a una foresteria perché purtroppo è capitato che qualcuno si fermasse nei paraggi della struttura, in modo che sia vicino per qualsiasi esigenza.

Quali disagi avete riscontrato nella struttura?

I disagi nella struttura per fortuna non sono presenti. Le problematiche riguardano soprattutto la serra, perché è difficile da raggiungere quando le condizioni climatiche non sono favorevoli. Manca sicuramente un collegamento aperto e un ampliamento, che possa contenere persone sia nel caldo che nel freddo, al caldo si arriva subito perché si riscalda subito, già a partire da aprile e maggio. Oltretutto non è uno spazio che può contenere molte persone; diventa piccola perché quando facciamo qualcosa di ricreativo oltre ai pazienti della struttura invitiamo anche i pazienti della struttura di riabilitazione per fare un pomeriggio tutti insieme.

Il fatto è che di là sono pazienti quasi tutti in carrozzina, qui sono carrozzine basculanti e molto più ingombranti e la serra diventa subito piccola. E molto bella e luminosa ha questo prato davanti, è in un punto di forza per organizzare eventi, si può mettere la musica non si disturba nessuna e non dà fastidio.

Quali punti di forza?

L'atmosfera che c'è nella struttura è molto domestica. Non si è voluto creare appositamente un rapporto freddo, tipico di strutture ospedaliere. I familiari dei pazienti si sentono a casa, e si sentono ascoltati. Facciamo sempre in modo di coinvolgerli all'interno di eventi e appuntamenti che ci sono qui. Penso questo sia importante.

Riuscite a raggiungere facilmente tutti i punti della struttura?

Dipende. Ci sono alcune aree pedonali che sono mal messe; come l'asfalto nel parco, da sistemare perché presenta diverse buche. Come percorsi sono abbastanza lineari; sono presenti anche ascensori capienti che permettono ai pazienti del 1° e 2° piano di essere portati sotto. Purtroppo passeggiare sul prato è difficile perché le carrozzine non sono adatte per attraversare aree verdi. Ma quello non è un limite, quello che manca è un percorso sicuramente coperto che unisce la struttura esistente con la serra.

Pensate che l'innovazione tecnologica possa essere d' aiuto o di conforto per gli utenti? (Realtà aumentata etc.) Se si, in che modo?

Se non c'erano questi mezzi come potevano comunicare. Ci sono pazienti intelligentissimi, con tante qualità e capacità intellettuali, se non c'era un mezzo del genere si chiudeva una porta. Nella sanità potrebbe servire tantissimo.

Quale servizio vorreste che non è presente e/o carente attualmente in struttura?

Per esempio nella corte interna, il mio desiderio è quello di fare un giardino di inverno, fare una copertura, perché è un posto in cui portare i pazienti e non si allontanano tanto; anche in mezzo alle piante in modo da godere del luogo e non lasciarli sempre in reparto, perché poi le giornate diventano tristi. Però se sono in un posto di cui possono godere del luogo e non rimanere nelle loro stanze, che hanno sempre vetrate luminose dove stanno tutto il giorno. D'estate i parenti dei pazienti del primo e secondo piano li portano giù nel parco, però d'inverno non possono portarli fuori. Abbiamo dei corridoi ampi ma serve un diversivo; abbiamo la serra in cui facciamo degli eventi, per esempio per Natale, sono già due anni che alla vigilia di natale facciamo la cena per i parenti e pazienti, solo che il primo anno non erano tanti e siamo rimasti al secondo piano e abbiamo fatto la cena, mentre il secondo anno abbiamo fatto la cena nel salone eravamo 120. Però se avessimo avuto uno spazio più grande senza dover togliere e mettere arredi sarebbe stato meglio.

Sfruttate la serra? Se si, in quali ricorrenze?

Per eventi, come il girono di natale abbiamo invitato anche i pazienti del centro sono venuti qui a pranzo ed è stato bello, l'idea è quella di

fare qualcosa di ricreativo, con tavoli che si aprono e chiudono che non ingombrano, tavoli da portare anche fuori nel giardino che ti danno la possibilità di liberare presto gli spazi.

Che tipo di servizio vorreste fosse offerto all'interno della serra? (Proposte progettuali)

Si potrebbe dar vita a uno spazio ricreativo per diversi eventi, per esempio abbiamo fatto dei concerti come lo zecchino d'oro con un gruppo di volontari, abbiamo portato giù tutti i pazienti e hanno cantato anche i pazienti, oppure facciamo la tombolata il gioco dell'oca, e ci siamo impegnati con un gruppo di volontari e una volta al mese si fa un pomeriggio ricreativo. Per esempio d'estate si va fuori, abbiamo anche delle attività con i bambini perché vengono dalle logopediste del centro, poiché parecchi sono autistici. D'inverno è più problematico perché sono bambini che hanno bisogno di spazio. L'ideale sarebbe avere uno spazio in cui convivano parenti e medici insieme.

In serra bisognerebbe avere sempre un medico e un infermiere, il 15 di agosto si fa sempre una grigliata perché abbiamo invitato anche gli altri pazienti. Abbiamo creato una cucina esterna con i volontari.

A livello progettuale mi piacerebbe una struttura stile campagnola con una copertura in legno. Si potrebbe fare un tetto ampio e delle vetrate scorrevoli con doppi vetri. Il legno dà idea di casa e comfort. Dar vita a una forma semplice ma farla in legno e vetro per renderla luminosa. La cucina nel cortile esterno in legno è un esempio di come mi piacerebbe, è molto attrezzata.

La serra prima era un deposito senza ordine e quindi abbiamo deciso di smantellarla, ma all'inizio avevano delle parti che si chiudevano e aprivano, abbiamo deciso poi di demolire perché non c'era più tempo di risistemare la zona. Eravamo al massimo dell'economia ed è stata fatta una cosa malfatta, perché avevamo urgenza di ospitare incontri.



INTERVISTA AI PARENTI DEI DEGENTI E DEI MALATI (campione 1)

Da che parte della regione provenite?

Arriviamo da Torino. Settimo Torinese.

Quali disagi avete riscontrato nella struttura?

Servizi intesi come servizi pubblici non ce ne sono molti. Per esempio arrivare non è molto semplice. Ultimamente gli orari sono stati ridotti e un po' di disagio c'è perché venire alla mattina non è più possibile. Il resto non c'è più problema. Come spazi ci vorrebbe una zona quando fa freddo per non stare tutti nel corridoio. Perché avere delle volte uno spazio esterno qui, quando arrivano degli amici di qualcuno, magari ridono, scherzano e possono dare fastidio. E quindi si potrebbe trovare uno spazio riscaldato, adeguato che potrebbe essere la serra se fosse facilmente accessibile e se si potesse avere un permesso per questioni antinfortunistiche; in modo che se la domenica arrivano dei parenti non si dà fastidio soprattutto dei giovani che ridono. Ad esempio se arrivano delle persone dopo l'orario di visita, per questioni lavorative, bisogna andare per forza giù nell'area, perché alle 18.30 tutti devono andare via. Se c'era la serra attrezzata poteva andare bene ma bisogna essere previdenti, ci deve essere sempre qualcuno di riferimento, un infermiere, con il carrello medico che ha un defibrillatore, un autorespiratore, un pronto intervento insomma che può usare solo un dottore.

Quali punti di forza?

Sicuramente se chiedo delle cose sono sempre molto disponibili. Non ho niente da dire a riguardo, nel limite delle cose che possono fare. Le sorelle sono sempre disponibili, mi hanno dato diverse volte il furgone per tornare a casa, quando non avevo disponibilità della macchina, per un bel po' di tempo. Sono sempre gentili e disposti a tutto. Non sembra di essere in una clinica.

Quante ore passate in media in struttura?

Veniamo tutti i giorni. Dalle 13.15 fino alle fine dell'orario di visita. Hanno sempre persone vicino, altre persone. Per chi ha il permesso possono avere qualcuno che rimane oltre l'orario di visita. Sicuramente è meglio avere flessibilità di orari e non essere vincolati. Sicuramente se ci fosse la possibilità di inserire una foresteria, una sorta di dormitorio sarebbe una bella idea, ovviamente per chi arriva da più lontano. In questo modo si evita anche di affittare delle camere in aree adiacenti l'ospedale.

Riuscite a raggiungere facilmente tutti i punti della struttura?

Purtroppo per raggiungere la serra non ci sono dei percorsi per carrozzine, che però la carrozzina nel prato non può andare, soprattutto se è umido. Può capire anche di perdere una gomma!

Pensate che l'innovazione tecnologica possa essere d' aiuto o di conforto per gli utenti? (Realtà aumentata etc.) Se sì, in che modo?

Siamo assolutamente a favore. Per puntatori, visori che permettono di "interagire" nei limiti del possibile. Anche con la domotica comandata dagli occhi, che ti consente anche di avere un po' di autonomia. Se con gli occhi non si riesce ad utilizzarlo, si può usare con il dito.

Quale servizio vorreste che non è presente e/o carente attualmente in struttura?

Si va a finire su questioni mediche e logistiche che non ti possono competere. Diciamo che potrebbe essere utilizzata la piscina, per idroterapia da gennaio. Forse fare più fisioterapia, ma si va incontro anche a spese maggiori. Gli spazi ci sono ma mancano anche i tempi. La serra viene sfruttata per eventi, ovviamente se si chiedono dei permessi. Ma evitiamo di andare perché fa sempre caldo. Serve una stanza ben riscaldata, confortevole.

Sfruttate la serra? Se sì, in quali ricorrenze?

Eventi che vengono organizzati durante l'anno. Come castagnata, tombolata, eventi comuni. Anche in base a quanta gente c'è, per esempio in inverno nella sala polivalente che è comunque più riscaldata. Per esempio il pranzo di Natale, organizzato nella sala polivalente. D'estate invece fa molto caldo, e quindi viene usato molto

lo spazio esterno con i gazebi. Ne mettono diversi. Per esempio se c'è musica, si organizzano eventi, ma altrimenti vengono allestiti tanti gazebi più piccoli che servono per la cucina e altri reparti. Per arrivare ai gazebi, le carrozzine con le ruote piccole incontrano degli ostacoli. Se si potesse sfruttare la serra, ovviamente con permessi potrebbe essere un'opportunità in più.

Che tipo di servizio vorreste fosse offerto all'interno della serra? (Proposte progettuali)

Ci vorrebbe un posto al caldo dove poter parlare, un luogo intimo. Il corridoio non può essere invaso, perché è di passaggio e se si è in tanti diventa complicato anche mantenere una certa privacy. Sicuramente deve essere sempre presente personale medico; non tutti i casi dei pazienti richiedono la presenza di infermieri. Bisogna essere pronti, possono anche avere un ricetrasmittente. Quando si organizzano eventi c'è sempre supervisione.

Sicuramente mantenere colori, vivace la situazione. Dar vita a uno spazio aperto, che sia però attrezzato che non dia la percezione di essere in un ospedale. Manca un servizio bar vicino, senza dover attraversare la strada e passare nel centro di riabilitazione, che ospita anche l'università e quindi più attrezzato.



INTERVISTA AI PARENTI DEI DEGENTI E DEI MALATI (campione 2)

Da che parte della regione provenite?

Noi siamo di Brandizzo.

Quali disagi avete riscontrato nella struttura?

Il fatto che il luogo sia anche un po' isolato non permette di avere qualche servizio in più a portata di mano. La cosa positiva è il fatto che la struttura si trova in un luogo avvolto dalla natura e quindi molto tranquillo, ma ci vorrebbe uno spazio per potersi distrarre un po'.

Quali punti di forza?

C'è molta disponibilità perché i pazienti vengono curati molto bene e gli operatori sanitari si dedicano molto a noi.

Quante ore passate in media in struttura?

Con il cambio d'orari siamo qui dalle 13.30 alle 20.00, tutto il tempo che si può dedicare.

Riuscite a raggiungere facilmente tutti i punti della struttura?

In estate riusciamo ad andare fuori, ma le strade sono un po' sconnesse quindi con la carrozzina è un po' difficile gestire alcuni passaggi.

Pensate che l'innovazione tecnologica possa essere d'aiuto o di conforto per gli utenti? (Realtà aumentata etc.) Se sì, in che modo?

Sicuramente il fatto che sia tutto computerizzato è molto d'aiuto, anche nell'interazione tra paziente e familiari.

Quale servizio vorreste che non è presente e/o carente attualmente in struttura?

Il sabato e la domenica sarebbe bello che ci fossero delle feste, perché a volte ci sentiamo soli e un po' di compagnia ci potrebbe aiutare moralmente. L'ideale sarebbe dar vita a delle attività in un luogo di aggregazione, perché noi passiamo molto tempo in struttura.

Il fatto che adesso ci sia un po' di movimento ci aiuta molto, a vedere anche volti e iniziative nuove.

Sfruttate la serra? Se sì, in quali ricorrenze?

Viene utilizzata per eventi, e per qualche festa durante il weekend. Bisognerebbe creare delle attività per movimentare le giornate, ovviamente la serra potrebbe essere il luogo ideale.

Che tipo di servizio vorreste fosse offerto all'interno della serra? (Proposte progettuali)

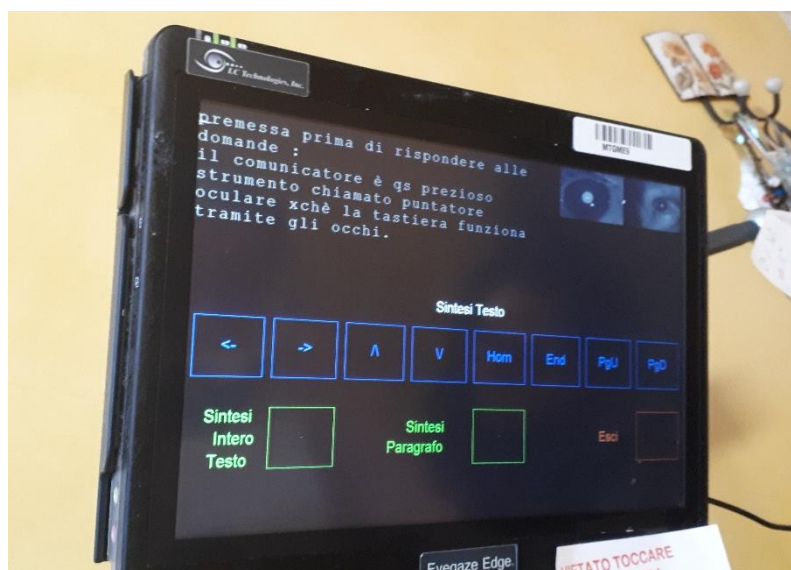
Come detto prima, l'ideale sarebbe dar vita a delle iniziative, quindi sicuramente pensare alla serra come uno spazio grande.

Sarebbe bello avere una struttura in legno, un materiale che crea familiarità e calore, prevedere una copertura che non permetta sbalzi di temperatura, in modo che la serra possa essere sfruttata sia d'estate che d'inverno.



INTERVISTA AI DEGENTI CON CAPACITA' COGNITIVE

La persona intervistata, affetta da una malattia neurodegenerativa, si è prestata gentilmente a rispondere al questionario; la comunicazione è avvenuta attraverso un puntatore oculare, uno strumento che legge il movimento degli occhi utilizzando una webcam. Le immagini riportano le sue risposte, trascritte al di sotto.



Premessa prima di rispondere alle domande: il comunicatore è questo prezioso strumento chiamato puntatore oculare perché la tastiera funziona tramite gli occhi.

Da che parte della regione provenite?



Biellese orientale, meglio forse dire basso biellese, vicino al lago di Viverone, ai piedi della Serra Morenica: Cavaglià, paese prettamente agricolo.

Quali disagi avete riscontrato nella struttura?

Ambiente accogliente, bello, colori caldi e vivaci, ma, vivendo il quotidiano, si scoprono gli umani difetti strutturali, al primo piano, nucleo...ci sono due camere adiacenti dove c'è un paravento anziché una porta, nell'apertura comunicante le due camere; questo è il disagio per la persona malata perché non viene rispettata l'intimità dell'ammalato, soprattutto durante le visite dei parenti. Inoltre i due malati si recano involontariamente vicendevole disturbo, specialmente durante le ore notturne (ventilatore che suona, ecc. ecc.).

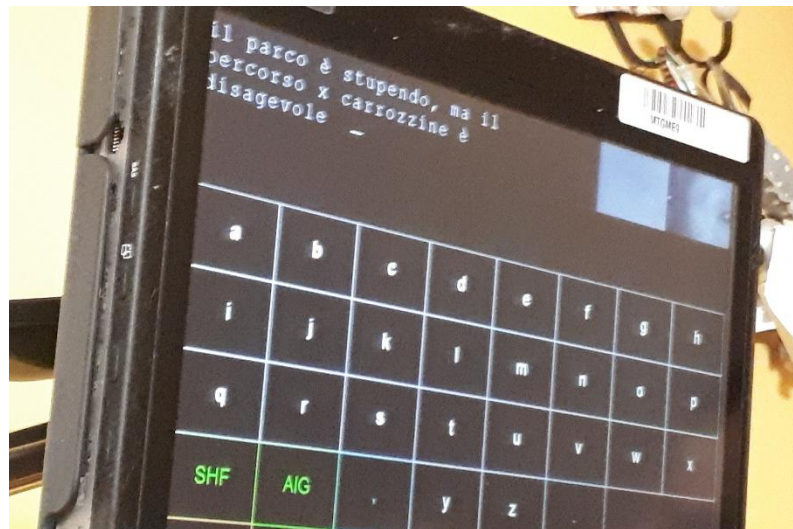
Le camere sono ampie, anche a due letti, capiente arredamento, ma pessimi i colori scelti, oserei definirli tenebrosi. Inoltre le camere sono penalizzate da finestre che sì sono ampie, ma altissime: impossibile per l'ospite o comunque il visitatore godere della luce e del paesaggio esterno, a malapena si scorge il cielo con luna e stelle dalla posizione supina a letto (ma questo credo sia stato un problema strutturale che non era possibile modificare).

Quali punti di forza?



Il personale come risorsa umana, le camere sono state adattate con gusto raffinato e grazioso, allegro, però lo spazio è ridotto, ma non si poteva fare diversamente. Il secondo piano RSA è dotato di un accogliente e luminoso ingresso, ma è pur sempre un luogo di passaggio. Il salone, spazioso, abbastanza luminoso con arredamento vivace, piccolo angolo da salotto, ha molteplici funzioni: aggregazioni per svariate attività occupazionali, momento dispensa pasti e momenti di preghiera (messe...).

Riuscite a raggiungere facilmente tutti i punti della struttura?

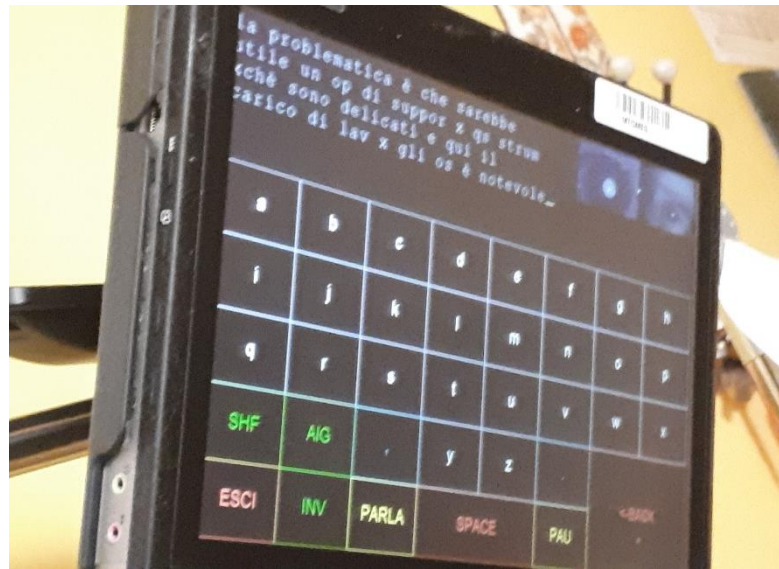


Il parco è stupendo, ma il percorso per carrozzine è disagiata.

Quale servizio vorreste che non è presente e/o carente attualmente in struttura?

Tutte le camere sono dotate di bagno spazioso. Il piano è dotato di aria condizionata, perché non è stato pensato anche per il primo piano? Inoltre funzionava in ambedue i piani il sistema ricambio aria automatizzato, perché non pensare da un umidificatore d'aria per il periodo invernale?

Sfruttate la serra? Se sì, in quali ricorrenze?



Eventi. La problematica è che sarebbe ostile un operatore di supporto per questa struttura, perché sono delicati (i pazienti) e qui il carico di lavoro per gli OSS è notevole.

Che tipo di servizio vorreste fosse offerto all'interno della serra? (Proposte progettuali)

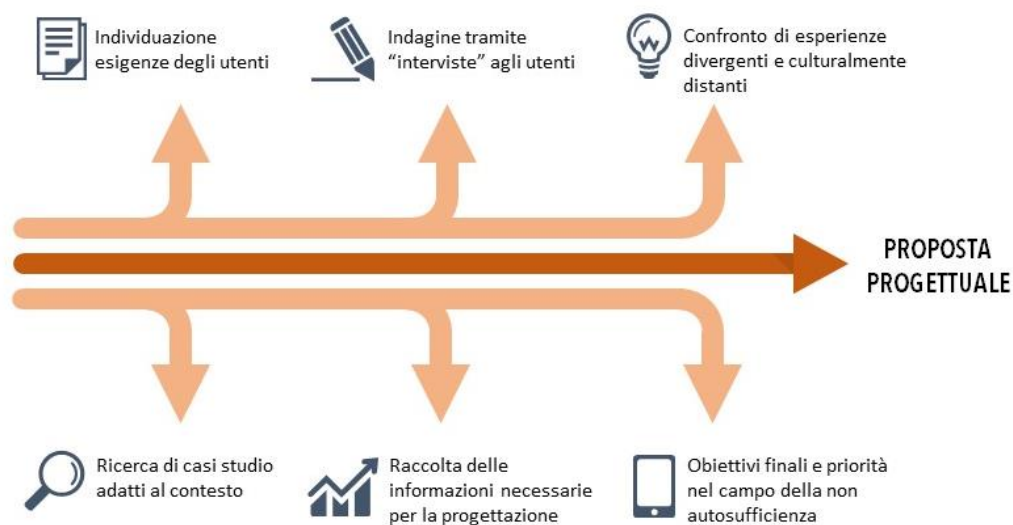


L'ideale sarebbe una struttura semplice in legno e vetro, per rendere gli spazi luminosi. Servirebbe un passaggio coperto che colleghi l'ospedale con la serra. Certo, ricordo un hotel a Baveno al Lago Maggiore dopo Stresa, Hotel Dino, aveva un allacciamento di questo tipo per le sale conferenze; un hotel di 5 stelle.

2.2.2 Workflow della ricerca

Dall'attenta analisi di queste interviste sono emersi diverse considerazioni, riguardanti esigenze da parte dei pazienti e soprattutto dei parenti.

In particolare si è percepito è 1. la volontà di avere uno spazio polivalente che permetta l'organizzazione di eventi all'interno, ma che allo stesso tempo siano previste delle aree private, per condividere momenti con le famiglie dei pazienti; 2. Avere uno spazio confortevole da poter sfruttare sia in estate che in inverno; 3. La possibilità di poter raggiungere questo spazio senza alcun limite architettonico o tecnico; 4. Avere uno spazio dall'aspetto familiare, che non abbia le caratteristiche di un ospedale, potendo nascondere i macchinari d'emergenza in locali appositi. Al tal proposito, tutte le scelte di progetto effettuate sono state fatte sulla base di questi utili confronti, se ne riporta il flusso di lavoro che ha determinato la proposta progettuale.



Dal processo partecipativo alla proposta progettuale; schema autoprodotta che individua il flusso di lavoro.

2.3 Riferimenti progettuali

Aver raccolto le informazioni utili tra le future utenze ha permesso, durante la ricerca, la selezione di casi studio che mostravano caratteristiche rilevanti per la redazione del progetto finale.

I casi studio selezionati sono suddivisi in:

- strutture agibili per pochi pazienti, pensati per la lungodegenza;
- strutture adibite ad attività collettive e di aggregazione.

Esistono numerose realtà che hanno come obiettivo primario quello di dar vita a spazi accoglienti immersi nella natura, soprattutto in ambito sanitario. Il Maggie's Centre a Manchester (Regno Unito) è un chiaro esempio di centro medico specializzato, che ha saputo trasformare un ambiente ospedaliero in un ambiente domestico e vivace. Il centro di educazione ambientale Tartu Nature House in Tartu (Estonia) è un centro educativo; esso riprende la forma della serra con struttura in legno, sfruttando il passaggio della luce naturale che entra da ampie vetrate, con sistemi oscuranti in legno, rendendo così gli ambienti molto luminosi.



Maggie's centre

Località

Manchester, UK

Progettista

Foster + Partners

Proprietà'

The Christie Hospital

Anno di costruzione

2016

Superficie costruita

500 mq

Tecnologia edilizia

Legno e pareti

prefabbricate

Destinazione d'uso

Centro medico

Il Maggie's Cancer Center è un centro medico che nasce dalla volontà di fornire uno spazio accogliente «lontano da casa», un rifugio dove le persone malate di cancro possano trovare aiuto non solo pratico, ma anche emotivo. Situato nel parco del Christie Hospital a Manchester (UK), centro oncologico rinomato, il Maggie's si sviluppa su un solo livello, immerso in un grande giardino, dando vita a un'atmosfera domestica.

Il progetto si ispira alla serra, per la controventatura in legno e per la forte presenza di aperture vetrate che permettono alla luce naturale di illuminare i vari ambienti e al verde circostante di interagire con la struttura.

IDEA PROGETTUALE

L'idea parte dall'approccio di Maggie Keswick Jencks, secondo cui l'architettura ha una grande influenza sul percorso terapeutico e morale del paziente.

CARATTERISTICHE ARCHITETTONICHE E COSTRUTTIVE

La struttura è a contatto con una serie di cortili panoramici, accessibile da una serie di porte scorrevoli. Il verde nel Maggie's Center ha un ruolo fondamentale, in quanto è il luogo dove i pazienti possono godere degli effetti terapeutici della vita all'aria aperta e dedicarsi al giardinaggio.

Ogni sala comunica con l'esterno con porte scorrevoli e verande private che permettono l'uscita a riparo dalla pioggia. La facciata a sud dell'edificio comunica con una serra, uno spazio intimo dove poter godere di luce naturale e potersi dedicare all'ortoterapia.

Il cuore della struttura è la cucina che si sviluppa attorno a un tavolo comune, fonte di aggregazione. Gli spazi all'interno della struttura sono diversi, poiché è presente una biblioteca, palestre terapeutiche e sale per il tè.



Vista aerea Maggie's centre.



Sezione trasversale sul nucleo centrale.



Sistema costruttivo in legno del Maggie's centre.



Sistema costruttivo in legno del Maggie's centre.

La progettazione della struttura ha previsto l'uso di materiali naturali e caldi come il legno, per evitare appositamente l'effetto "ospedale", eliminando corridoi e segnaletica, rendendo lo spazio domestico e meno asettico possibile.

L'edificio si sviluppa su un solo piano, in modo da mantenere altezze compatibili con gli edifici dei quartieri limitrofi.

La copertura è caratterizzata da lucernari triangolari e travi in legno che separano gli ambienti interni.



Vista dall'alto del centro immerso nella natura.

TARTU NATURE HOUSE



Tartu Nature House

Località

Tartu, Estonia

Progettista

Karisma Architects

Proprieta'

Tartuloodusmaja school

Anno di costruzione

2013

Superficie costruita

1600 mq

Tecnologia edilizia

*Struttura portante in
muratura ed elementi
puntuali in legno
lamellare*

Destinazione d'uso

*Centro di educazione
ambientale*

Lo studio Karisma con sede a Tallin in Estonia ha dato vita al progetto per un centro di educazione ambientale, la Tartu Nature House in Estonia, aperto verso un futuro sostenibile, come la struttura insegna.

IDEA PROGETTUALE

Il sito riprende le caratteristiche del territorio, caratterizzato da una particolare conformazione geologica mentre la forma dell'edificio richiama i rami di un albero, conferendo una forma a Y, voluta sia per un richiamo alla natura, sia per una valenza funzionale e bioclimatica. Il centro rappresenta un passo verso un futuro più green, in quanto viene insegnato un approccio ecosostenibile rappresentato dalla struttura stessa, in quanto per garantire il giusto comfort termico sono state fatte dalla Tallin Technial University delle simulazioni energetiche atte a garantire migliori prestazioni, progettando così una quantità di aperture e sistemi di aperture a seconda delle necessità bioclimatiche del posto; inoltre sono stati pensati a monte del progetto dei pannelli solari per l'autoproduzione di

pannelli solari per l'autoproduzione di energia.

CARATTERISTICHE ARCHITETTONICHE E COSTRUTTIVE

Dall'atrio centrale si sviluppano tre rami che ospitano a nord e ovest gli ambienti per l'apprendimento come aule e biblioteche, mentre a sud si trovano gli spazi per attività comuni e c'è la volontà di creare una connessione tra interno ed esterno non solo visiva ma anche funzionale, sono previste infatti delle zone per la sosta e il relax.

C'è un forte richiamo a forme naturali ed iconiche poiché vi è la volontà di dare un senso di familiarità e accoglienza nella scuola.

Il tetto infatti, ha una volontaria forma semplice a capanna, che ogni bambino ricordi.

La forte verticalità delle aperture vuole ricordare la scansione naturale degli alberi e serve per garantire una buona illuminazione degli ambienti. Esso si alterna in facciata ad elementi lamellari in legno, mentre la struttura portante è in muratura, cemento armato ed elementi in legno lamellare, come i pilastri che sorreggono i telai in acciaio.

Anche nell'interno il legno è il materiale prevalente, utilizzando anche nei pavimenti e negli oggetti d'arredo.



Interno Tartu Nature House, particolare sistema costruttivo dei pilastri in legno lamellare e rivestimento pareti in legno.

2.4 Strategie e scelte progettuali

Dalle indagini è emerso che vi è una grande volontà da parte dei pazienti e soprattutto dei loro familiari di avere uno spazio coperto fruibile in ogni mese dell'anno, che non susciti l'idea di trovarsi in un ambito ospedaliero. L'idea per tanto è quella di sostituire il fabbricato esistente con una serra bioclimatica, caratterizzata da un buon comfort termico, sfruttando il più possibile l'illuminazione solare.

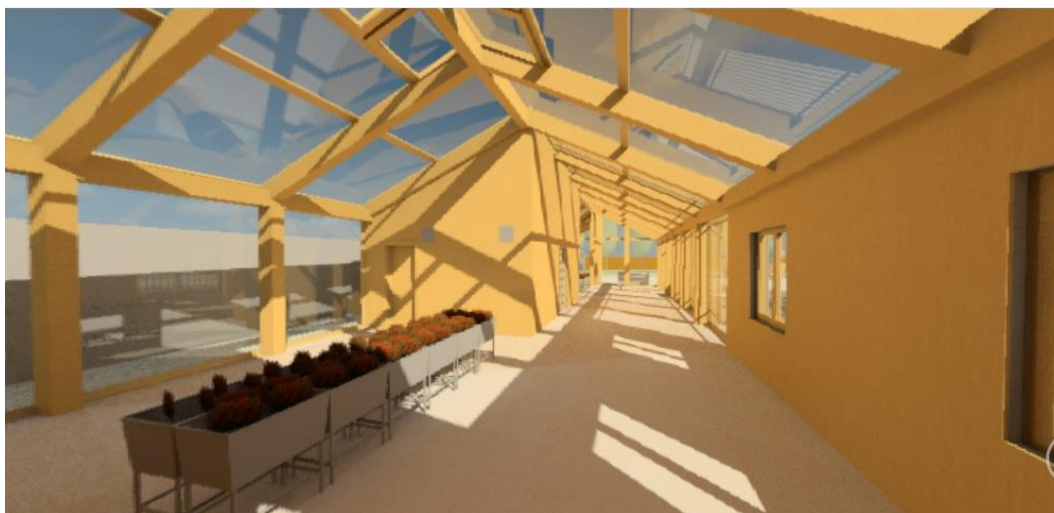
La serra bioclimatica è uno spazio abitabile caratterizzata dalla forte presenza di vetrate che permettono il passaggio della luce naturale. Le caratteristiche che deve avere una serra bioclimatica o solare sono:

- L'esposizione a sud, per garantire un ottimo apporto di calore sia in inverno che in estate;
- La qualità dei materiali degli infissi, in modo da permettere l'irraggiamento solare e che si limiti la dispersione termica, tra cui il PVC, legno e alluminio;
- Buona efficienza energetica, poiché sfrutta le fonti rinnovabili come richiesto dalla normativa UNI/TS 11300 rappresentando un'ottima soluzione per la bioedilizia;
- Il comfort abitativo, poiché viene studiato un ambiente termoregolato caldo d'inverno e fresco d'estate.

Per la proposta progettuale si è cercato di coniugare ciò che si è appreso dalle interviste e i requisiti fondamentali che deve avere una serra bioclimatica.



Render assometrico; vista dal parco.

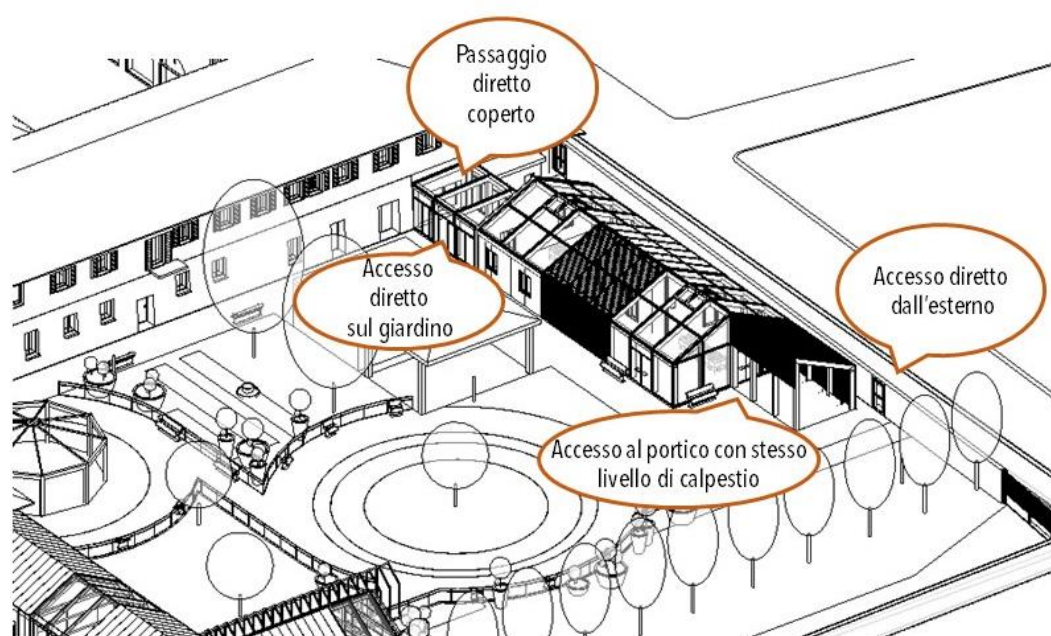


Vista d' interni renderizzata.

Come visibili dalle immagini, il fabbricato si compone di un sistema strutturale portante in legno, formato da un sistema di travi e pilastri in legno lamellare, intervallato da pareti portanti in legno con sistema costruttivo a telaio. Ciò che predomina è la presenza di ampie vetrate per sfruttare la luce solare, senza però generare discomfort. Infatti, dovendo rispondere alle esigenze di comfort termico e visivo per il particolare e delicato contesto, la serra presenta una parte opaca in corrispondenza dei vani centrali (bagno, locale tecnico, deposito attrezzi), e una schermatura leggera fissa costituita da brise soleil in legno, per garantire il comfort visivo. Poiché in BIM vi è una progettazione integrata tra le varie discipline, la corretta disposizione e percentuale di parti opache costituita dai brise soleil è stata valutata in parallelo in un'analisi di verifica del comportamento termico dell'edificio, che concerne un altro lavoro di tesi in fase di sviluppo. La struttura quindi si compone di tre blocchi: un vano vetrato principale, il corpo centrale e il portico esterno.

Il vano centrale è stato pensato per poter garantire una continuità con l'edificio storico, offrendo un passaggio dall'attuale lavanderia. L'idea è quella di garantire un passaggio diretto coperto, con un'inclinazione della copertura del 4% per lo scolo delle acque, al fine di non creare nessun tipo di barriera architettonica e per incoraggiare lo sfruttamento della serra. Il vano presenta due porte automatiche, per avere un accesso diretto sul giardino e per agevolare il passaggio nel caso in cui si volesse raggiungere direttamente l'edificio storico o il complesso del CDAI, senza dover imbattersi in percorsi lunghi. Per

tanto questo passaggio flessibile, caratterizzato da porte tagliafuoco, conferisce al vano vetrato caratteristiche di filtro in caso antincendio. La parte più importante della serra, presenta uno spazio open space e un corpo centrale costituito da tre vani, il bagno, un deposito per i macchinari medici e il locale tecnico. Il bagno presenta dimensioni che rispettano quanto enunciato nel DM dei lavori pubblici n.236⁷, in modo tale che sia accessibile da tutti compresi i disabili. Il locale tecnico è un vano che è stato previsto per gli impianti, ma essendo il modello MEP ancora in fase di elaborazione da parte di un altro utente, le dimensioni sono ancora da verificare. Il corpo aggettante determina così la creazione di due nicchie semi private, in modo da ottenere due spazi separati nel caso in cui si cercasse un'area più raccolta a disposizione per le famiglie che vengono a trovare i pazienti. Per queste ragioni sono stati previsti dei vasi contenenti le piante con un sistema di irrigazione, che non solo contribuiscono la privacy per queste due nicchie, ma possono stimolare la mente sfruttando i benefici dell'ortoterapia. La parte centrale è divisa da un altro ingresso dal vano vetrato principale per due ragioni: la prima è per non limitare l'accesso sul giardino anche in orari in cui la serra non è fruibile, in secondo luogo perché il doppio ingresso separato contribuisce a determinare un ambiente appartato, come se si fosse usciti dal complesso ospedaliero.



Accessi evidenziati per la struttura.

Il portico fuori riprende il sistema di brise soleil in facciata, avendo un pavimento esterno flottante ligneo che non presenta nessun tipo di ostacolo nel passaggio. Infatti si è rispettato volutamente il livello del piano di calpestio sia del fabbricato che del portico in modo da garantire un passaggio continuo in caso dell'utilizzo di carrozzine. Il portico, raggiungibile da altre uscite, garantisce un affaccio sul giardino e permette di godersi un momento di relax all'esterno. La volontà di caratterizzare la struttura con una forte presenza del legno è emersa dalle interviste, poiché insieme alla forma del tetto a doppia falda, si vuole riprendere il concetto di familiarità. Infatti si è voluto proporre uno spazio accogliente, sfruttando il colore caldo del legno, affinché si abbia la percezione di essere usciti da una struttura sanitaria. Per tali ragioni il vano centrale, presenta un'area di deposito nascosta per gli attrezzi e macchinari medici, poiché dalle interviste è emersa l'esigenza di avere sempre a portata di mano ogni attrezzatura medica d'urgenza, come defibrillatori o aste per la flebo. Questo deposito però rimane nascosto, proprio perché vi è la volontà di non tenere a vista nessun elemento che ricordi la lungodegenza.



Pianta dei locali.

Gli impianti previsti, oggetto di studio di un'altra tesi, comprendono:

- Ventilazione meccanica;
- Impianto di riscaldamento e raffrescamento;
- Impianto idrico sanitario;
- Impianto elettrico e antincendio;
- Ventilconvettori a pavimento;
- Collettori solari sulla copertura.

L'impianto è pensato per non essere invasivo nello spazio, per non dare la sensazione di essere in un contesto ospedaliero.

Vengono rispettate le norme igienico sanitarie, ma essendo uno spazio polivalente e non destinato alla lungo degenza, sono previsti dei requisiti diversi rispetto a una struttura ospedaliera ma più vicino a uno spazio abitabile.

Essendo una struttura in un ambiente ospedaliero, si sono volute inserire delle aperture sia in copertura che sulle pareti, in modo da garantire una ventilazione naturale sia in caso di guasti dell'impianto che in occasione di eventi straordinari per garantire un corretto ricambio d'aria previsto. Per tanto, nel caso in cui si verificasse un affollamento maggiore di quello previsto, superiore a 30 persone nella parte open space, si garantisce un ricambio d'aria idoneo, nel rispetto nella Norma UNI 10339⁸.

I collettori solari utilizzati per l'impianto idrico sanitario, presentano una copertura della percentuale idonea del livello di energia derivante da fonti rinnovabili, rispettando la pendenza delle falde⁹; il calcolo di verifica deriva dagli studi del modello impiantistico.

2.5 CDE e condivisione dati

Come anticipato in precedenza, lo scambio dei dati è avvenuto in un'area di deposito CDE, letteralmente "Common Data Environment"; nello specifico si è scelto Dropbox come server, seguendo le regole di condivisione come richiesto dal protocollo PAS 1192-2014. Il CDE è l'equivalente dell'attuale ACDat, ovvero "Ambiente di Condivisione Dati", definito dalla Norma UNI 11337 parte 5.

Come si può vedere dalle immagini seguenti, vi è una suddivisione di cartelle dove ognuna di esse ha diversi contenuti:

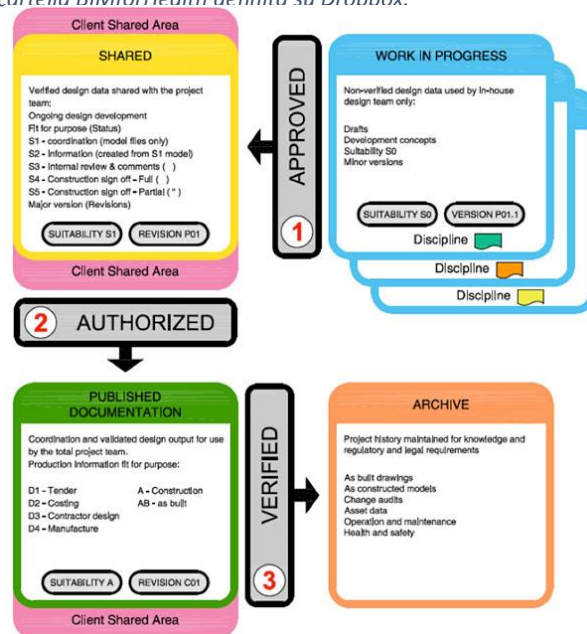
- WIP: "Work in progress", file in fase di modifica fino al raggiungimento di un determinato livello;
- SHARED: File Wip verificati e perciò messi in condivisione con gli altri team disciplinari;
- PUBLISHED: File Shared autorizzati e documentazione relativa al progetto che viene approvata dalla committenza;
- ARCHIVED: File archiviati dei progetti.

Nell'area di lavoro CDE sono contenuti i modelli parametrici riferiti ad ogni intervento di progetto; i modelli creati sono suddivisi per disciplina, ovvero architettonico, strutturale, MEP, al fine di poter controllare lo sviluppo di ognuno di essi nelle sue fasi di progettazione. In una prima fase si è lavorato nell'ambiente di lavoro "Wip", condividendo i propri file nella propria cartella di riferimento. Con la successiva implementazione dei singoli modelli disciplinari si è utilizzata l'area di lavoro "Shared"; ogni modello disciplinare e i rispettivi livelli sono stati nominati con una codifica, stabilita in precedenza da un utente del team di lavoro.

Dropbox ► BIMforHealth ►		
ella raccolta ▼	Condividi con ▼	Masterizza Nuova cartella
Nome	Ultima modifica	Tipo
DOCUMENTI	11/04/2018 11:06	Cartella di file
CDE	13/12/2017 15:30	Cartella di file

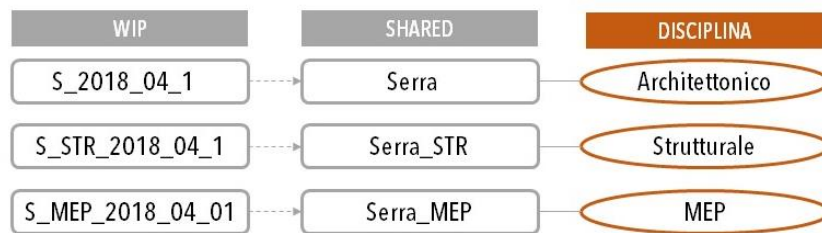
Dropbox ► BIMforHealth ► CDE ►		
ella raccolta ▼	Condividi con ▼	Masterizza Nuova cartella
Nome	Ultima modifica	Tipo
1_WIP	11/04/2018 11:06	Cartella di file
2_SHARED	24/06/2018 22:04	Cartella di file
3_PUBLISHED	28/09/2017 11:24	Cartella di file
4_ARCHIVED	28/09/2017 11:24	Cartella di file

Struttura della cartella BIMforHealth definita su Dropbox.



Regole di condivisione nel CDE, stabilite dalla BS1192:2007.

Si riporta uno schema di riepilogo per la nomenclatura del caso studio in esame:



Nomenclatura dei file in WIP e in SHARED.

2.6 Coordinamento tra modelli

I modelli creati, chiamati locali, essendo parte di un'unica area di intervento, necessitavano di avere un modello federato centrale, ovvero un modello di coordinamento a cui poter collegare i singoli progetti. Il modello centrale, si trova nell'ambiente di lavoro CDE, precisamente nell'area di lavoro dei file "shared".

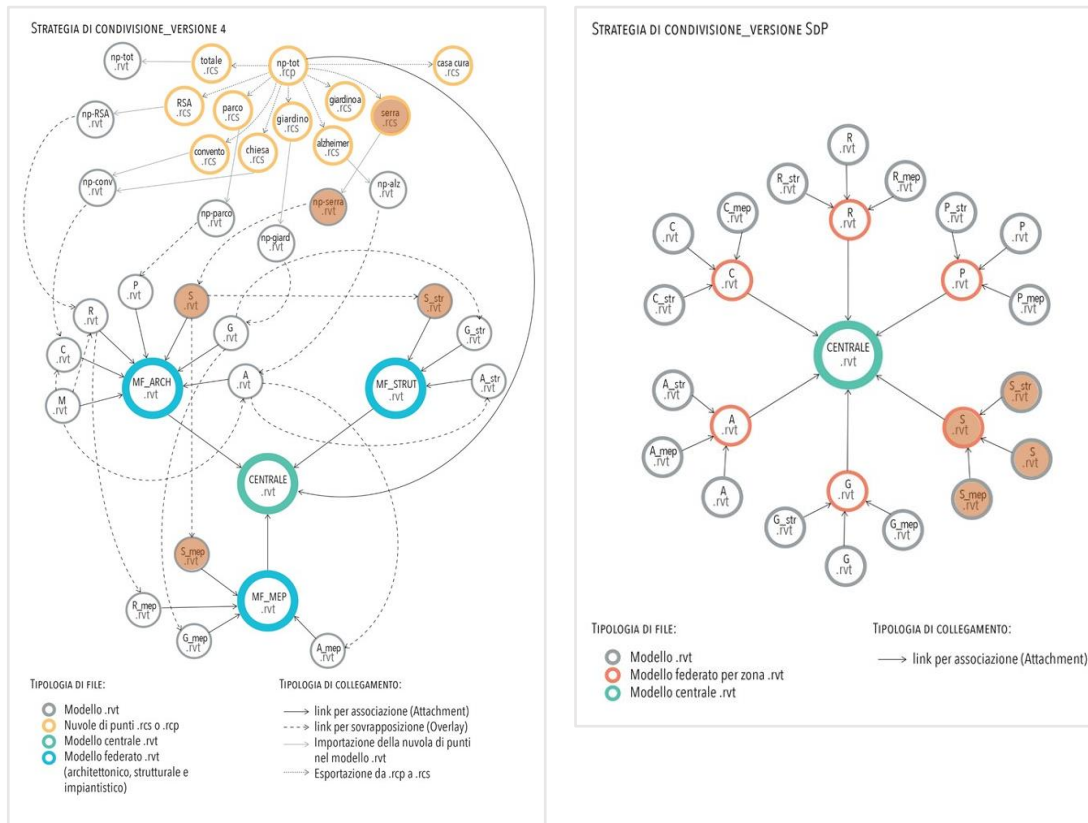
Per la creazione di questi modelli sono state stabilite delle regole da seguire e degli schemi di condivisione create da un utente interno al gruppo, chiamate "linee guida", presenti nell'area di lavoro CDE, affinché tutti i membri del team potessero seguirle.

Per la creazione del modello di coordinamento, in base al tipo di utilizzo e gestione finale dei modelli si sono ipotizzati due modi di condivisione diversi:

- Condivisione 1: creazione di modelli federati suddivisi per disciplina collegati al modello di coordinamento centrale;
- Condivisione 2: creazione di singoli modelli federati multidisciplinari rappresentanti i diversi interventi di lavoro, collegati al modello di coordinamento centrale.

Sia per la prima che per la seconda condivisione, i file collegati ai modelli federati di riferimento, vengono letti nel modello di coordinamento centrale.

Per tanto si è dato vita a questo flusso di lavoro e si riportano gli schemi di condivisione 1 e 2 evidenziando i modelli locali della serra.



A sinistra, schema di condivisione 1; a destra, schema di condivisione 2; evidenziati in arancione i file di progetto della serra.

Poiché spesso per una mancata connessione si possono generare problemi di salvataggio e perciò di sincronizzazione con i modelli federati, si è deciso di preferire i link ai workset, collegando per associazione (Attachment) i modelli federati al modello centrale e i singoli modelli locali ai modelli federati per disciplina. Questa scelta di link è dettata dal fatto che nel modello di coordinamento è necessario che vengano visualizzati i singoli modelli locali per disciplina, collegati anch'essi per associazione al modello federato. I modelli disciplinari di ogni intervento, per esempio "S", "S_str" ed "S_MEP", sono collegati tra di loro per sovrapposizione (Overlay), come si può vedere negli schemi sopra, poiché nei modelli federati è necessario che non vengano visualizzati i link di altre discipline, altrimenti si otterrebbe un link nidificato.

INSERIMENTO DELLA NUVOLA DI PUNTI

La nuvola di punti, inserita in Revit come collegamento, fornisce al progetto una restituzione precisa dello stato di fatto di un'area di interesse o d'intervento. La nuvola di punti rappresenta la partenza dei dati BIM, al fine di delineare le condizioni attuali per poi procedere con i diversi progetti riferiti al caso studio.

La modellazione delle proposte progettuali (Serra, Giardino d'inverno e CDAI) è avvenuta avendo come punto di partenza un modello delle masse del Trompone, precedentemente realizzato da un altro membro del gruppo di lavoro, essendo oggetto di un'altra tesi. Il percorso per tanto è stato inverso, in quanto si potuto avere una restituzione della nuvola di punti successivo al modello, per problemi logistici. La nuvola di punti è stata realizzata attraverso una scansione effettuata da un drone, comandato da uno dei componenti del laboratorio "Drawing TO the future", che ha permesso di restituire i dati rilevati utilizzando il software ReCap, un prodotto della casa Autodesk, con un formato .rcp dei file.

Per tanto si è proceduto con la sovrapposizione della nuvola di punti con il modello centrale, notando un forte divario tra il modello restituito del Trompone e la scansione. Poiché le proposte progettuali erano già in forte avanzamento del lavoro, si è cercato di adattare il modello creato precedentemente seguendo la nuvola di punti, al fine di avere una restituzione dello stato di fatto con un certo livello di affidabilità e poter procedere con le successive modifiche dei diversi casi studio di progetto. La nuvola di punti è stata suddivisa con ReCap in diversi file, in modo che ogni modello architettonico di progetto avesse come collegamento la nuvola di punti della propria area di interesse; per effettuare questo passaggio si è scelto di collegare il file in formato .rcs a un file .rvt, in modo tale che si potesse avere un link della nuvola di punti in formato Revit, da collegare al modello architettonico per sovrapposizione (come illustrato nello schema di condivisione 1).

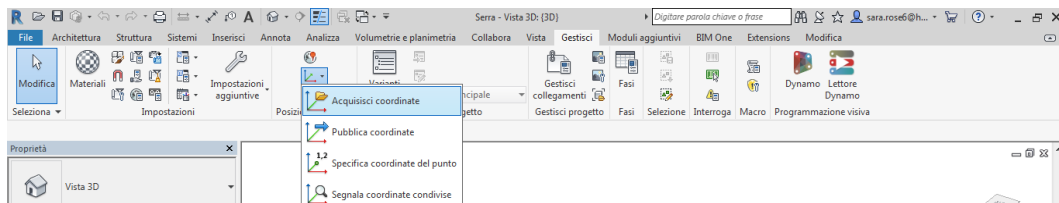
Si sono eseguite queste operazioni al fine di poter alleggerire i diversi modelli all'interno dell'area di condivisione dati, modificando la visibilità della nuvola di punti nelle diverse viste nella finestra "sostituzioni visibilità/grafica".

Come si può comprendere, la nuvola di punti ha avuto un ruolo di verifica della validità dello stato di fatto modellato, ma essendo un

complesso molto grande si è deciso di mantenere su tutta l'area una certa differenza rispetto alla scansione, ponendosi come obiettivo una successiva restituzione dell'esistente più accurata partendo dalla nuvola di punti.

ACQUISIZIONE DELLE COORDINATE

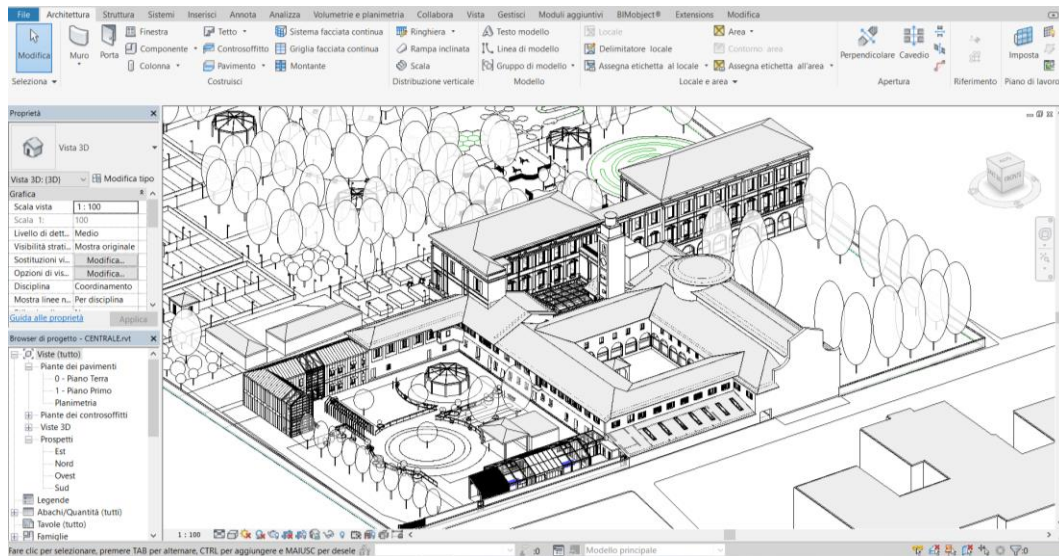
Affinché ogni modello di progetto avesse le stesse coordinate dell'area di interesse, è stato necessario procedere con la georeferenziazione dei diversi modelli. Ricevute le coordinate di rilievo affidabili, sono state eseguite due diverse fasi di lavoro. Per prima cosa si è dovuto cambiare il “nord di progetto” di ogni modello, inserendo manualmente il grado di rotazione del nord corretti del complesso ospedaliero. Determinate le coordinate del modello centrale, è stato necessario effettuare l'acquisizione coordinate per ogni modello federato disciplinare, ripetendo l'operazione per i singoli modelli disciplinari di progetto. In questo modo si è potuto ottenere un sistema di coordinate condivise e procedere con la modellazione.



Esempio di acquisizione coordinate dal modello federato architettonico

Il sistema di condivisione dati che avviene in CDE, ha permesso di rendere interoperabile il processo di lavoro. Non è stato seguito un template di partenza da seguire ma è bene precisare che, il modello centrale e i modelli federati seguono delle linee guida, come già anticipato, per quanto riguarda l'impostazione delle fasi di lavoro (stato di fatto, demolizione/costruzione e stato di progetto) contenute in ogni modello disciplinare, e l'impostazione delle linee guida per la creazione dei livelli.

Si riportano degli screenshot di parte del processo lavorativo di condivisione dati.



Vista assonometrica del modello centrale in Revit

Gestisci collegamenti						
Revit IFC Formati CAD Revisioni DWF Nuvole di punti						
Nome collegamento	Stato	Tipo di riferimento	Posizioni non salvate	Percorso salvato	Tipo di percorso	Alias locale
Alzheimer.rvt	Caricato	Associazione	<input type="checkbox"/>	..\modelli da linkare\Alzhe	Relativo	
Convento.rvt	Caricato	Associazione	<input type="checkbox"/>	..\modelli da linkare\Conv	Relativo	
Giardino.rvt	Caricato	Associazione	<input type="checkbox"/>	..\modelli da linkare\Giard	Relativo	
Giardino_Tpgr.rvt	Caricato	Associazione	<input type="checkbox"/>	..\modelli da linkare\Giard	Relativo	
Parco.rvt	Caricato	Associazione	<input type="checkbox"/>	..\modelli da linkare\Parco	Relativo	
RSA.rvt	Caricato	Associazione	<input type="checkbox"/>	..\modelli da linkare\RSA.r	Relativo	
Serra.rvt	Caricato	Associazione	<input type="checkbox"/>	..\modelli da linkare\Serra	Relativo	
Topografia Trompone.rvt	Caricato	Sovrapposizione	<input type="checkbox"/>	..\1_WIP\ISABELLA\Top	Relativo	

Condivisione per link dei modelli disciplinari al modello federato architettonico.

2.6.1 Il modello parametrico

Un modello parametrico è un file che contiene tutte le informazioni necessarie per creare un nuovo progetto. In base alle finalità desiderate si sceglie la tipologia di modello, che si divide in modello architettonico, strutturale e meccanico, per ottimizzare il processo progettuale.

Inizialmente è stato creato un modello che potesse contenere informazioni sia architettoniche che strutturali ma con

l'implementazione degli elementi e dati input è stato necessario fare una suddivisione tra modello architettonico e modello strutturale, per agevolare le analisi da compiere su di essi.

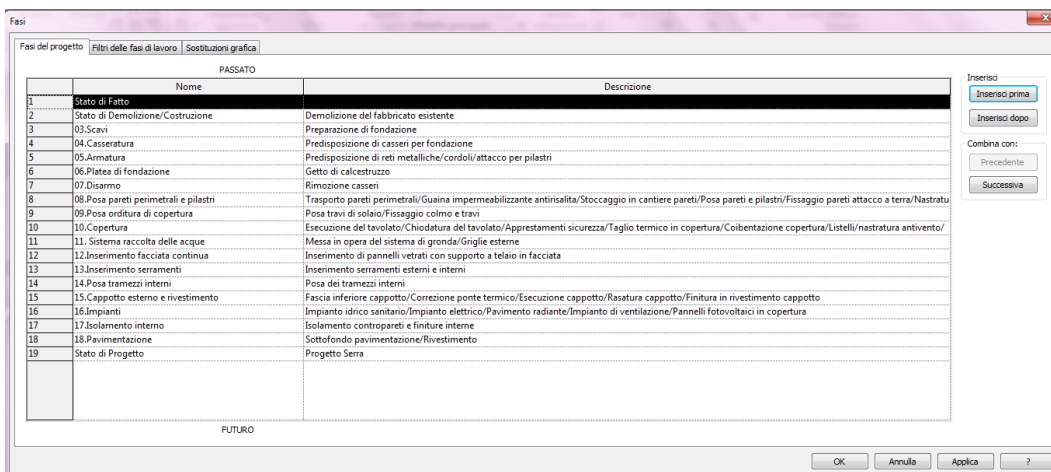
Per tali ragioni sono state settate diverse impostazioni per gestire il flusso di lavoro, riguardanti l'organizzazione del Browser di Progetto, i Modelli di Vista e le Fasi di Lavorazione, utili nella interazione tra i diversi modelli.

Browser di Progetto

Le viste vengono suddivise secondo una specifica struttura per una corretta organizzazione e visualizzazione del progetto. L'obiettivo è quello di creare delle viste rispetto alle funzionalità del modello.

Per il particolare caso studio, si è scelto di strutturare il browser per Fasi di creazione, settando l'interfaccia dell'utente. In questo modo in ogni vista, così suddivisa, sarà possibile visualizzare gli elementi di progetto appartenenti a una determinata fase di lavorazione.

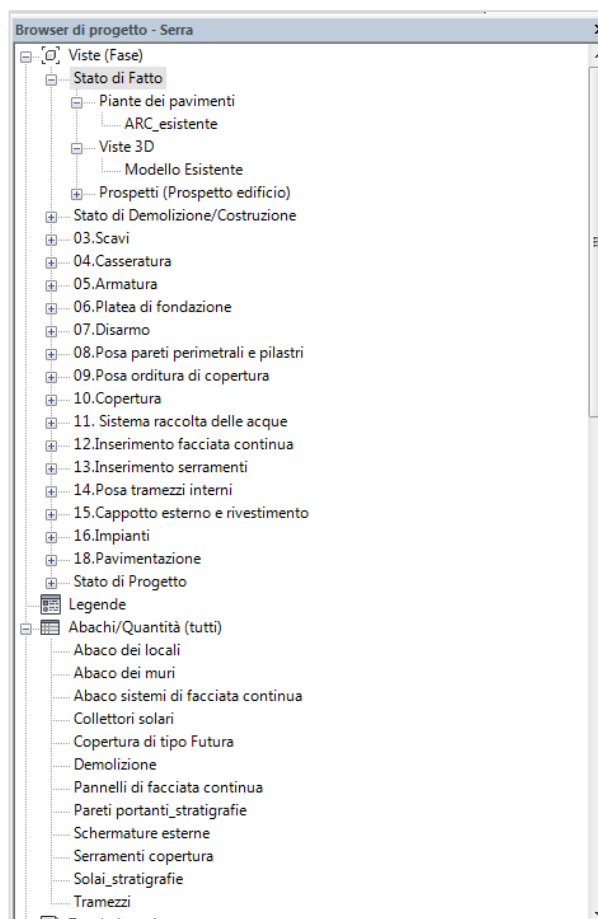
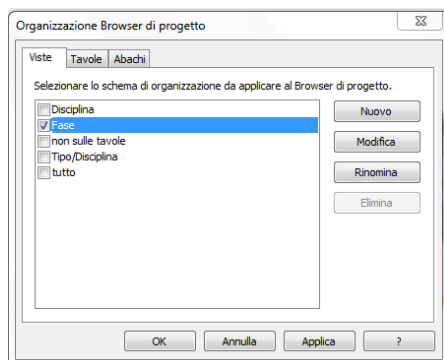
Per ogni fase sono state create delle viste allo scopo di avere una corretta visualizzazione della parte di modello corrispondente. Le viste comprendono viste di Pianta, viste di sezione, viste di prospetto e viste 3D. Queste viste possono essere modificate in base alle diverse necessità, per esempio sono state create diverse viste 3D in cui sono presenti le etichette attribuite alle pareti portanti, i pilastri e le travi; le prime due fanno parte della fase di posa delle pareti e pilastri perimetrali, mentre la terza della posa di orditura di copertura.



PASSATO	
Nome	Descrizione
1. Stato di Fatto	
2. Stato di Demolizione/Costruzione	Demolizione del fabbricato esistente
3. 03.Scavi	Preparazione di fondazione
4. 04.Cassieratura	Predisposizione di cascan per fondazione
5. 05.Armatura	Predisposizione di reti metalliche/cordoli/attacco per pilastri
6. 06.Platea di fondazione	Getto di calcestruzzo
7. 07.Disarmo	Rimozione casseri
8. 08.Posa pareti perimetrali e pilastri	Trasporto pareti perimetrali/Guaina impermeabilizzante antiristagno in cantiere pareti/Posa pareti e pilastri/Fissaggio pareti attacco a terra/Nastratura
9. 09.Posa orditura di copertura	Posa travi di solaio/Fissaggio colmo e travi
10. 10.Copertura	Esecuzione del tavolato/Chiodatura del tavolato/Apprestamenti sicurezza/Taglio termico in copertura/Coibentazione copertura/Listelli/nastratura antivento/
11. 11. Sistema raccolta delle acque	Messa in opera del sistema di gronda/Griglie esterne
12. 12.Inserimento facciata continua	Inserimento di pannelli vetrati con supporto a telaio in facciata
13. 13.Inserimento serramenti	Inserimento serramenti esterni e interni
14. 14.Posa tramezzi interni	Posa dei tramezzi interni
15. 15.Cappotto esterno e rivestimento	Fascia inferiore cappotto/Correzione ponte termico/Esecuzione cappotto/Rasatura cappotto/Finitura in rivestimento cappotto
16. 16.Impianti	Impianto idrico sanitario/Impianto elettrico/Pavimento radiante/Impianto di ventilazione/Pannelli fotovoltaici in copertura
17. 17.Isolamento interno	Isolamento contropareti e finiture interne
18. 18.Pavimentazione	Sottofondo pavimentazione/Rivestimento
19. 19. Stato di Progetto	Progetto Sera

FUTURO

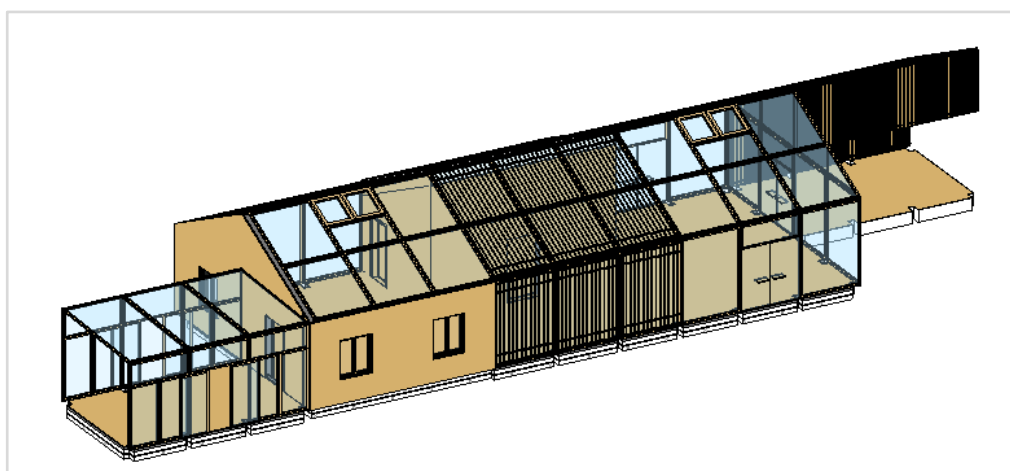
Dettaglio dei passaggi rilevanti per l'organizzazione del Browser e la creazione delle Fasi.



Organizzazione del Browser.

Il modello architettonico

Il modello architettonico si compone di una struttura in legno con facciate vetrate modellate come facciate continue e con un sistema di oscuramento ligneo discontinuo.



Modello architettonico.

Poiché attualmente nel cortile ovest è presente una serra, come descritto nel paragrafo § 1.1 , è stato necessario comprendere la fase di “stato di fatto” come presente nelle fasi del modello centrali e i modelli federati.

Il modello strutturale

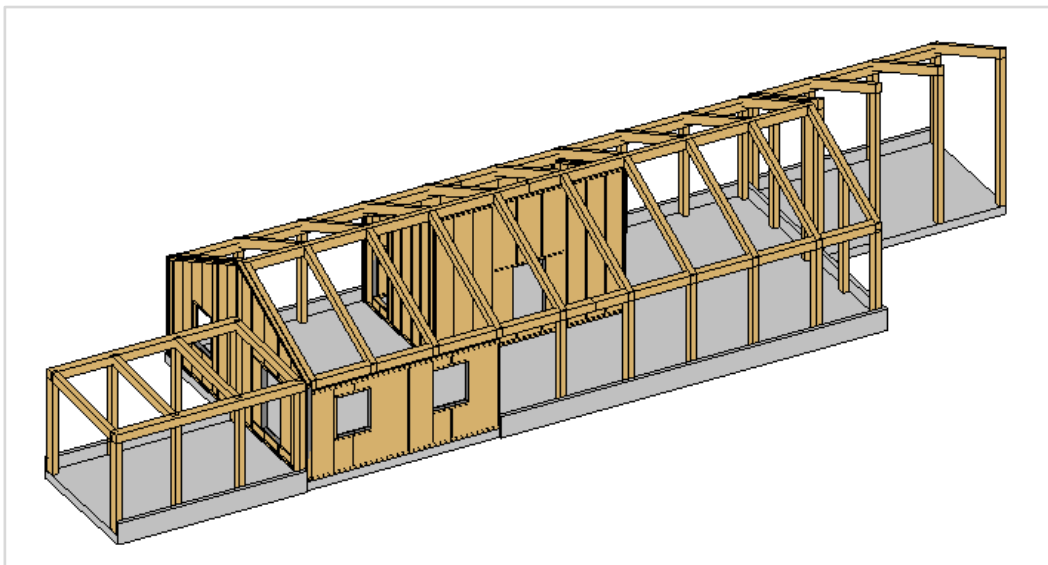
Il modello strutturale è stato modellato per dare informazioni aggiuntive riguardo il sistema portante che lo caratterizza al fine di mettere in condivisione il lavoro tramite link.

L'edificio si compone di un sistema misto poiché presenta una maglia strutturale a pilastri e travi a sezione costante, con pareti portanti a sistema a telaio, come verrà descritto nel paragrafo § 2.8.1.

Le pareti e i pilastri sono ancorati alla platea in calcestruzzo armata gettata in opera, con dei cordoli in calcestruzzo per favorire l'attacco della facciata continua e poter mantenere uguale il livello del terreno con il livello di progetto all'interno dell'edificio; tale soluzione progettuale ha portato a non avere la presenza di rampe e scale utile per un eventuale passaggio di carrozzine.

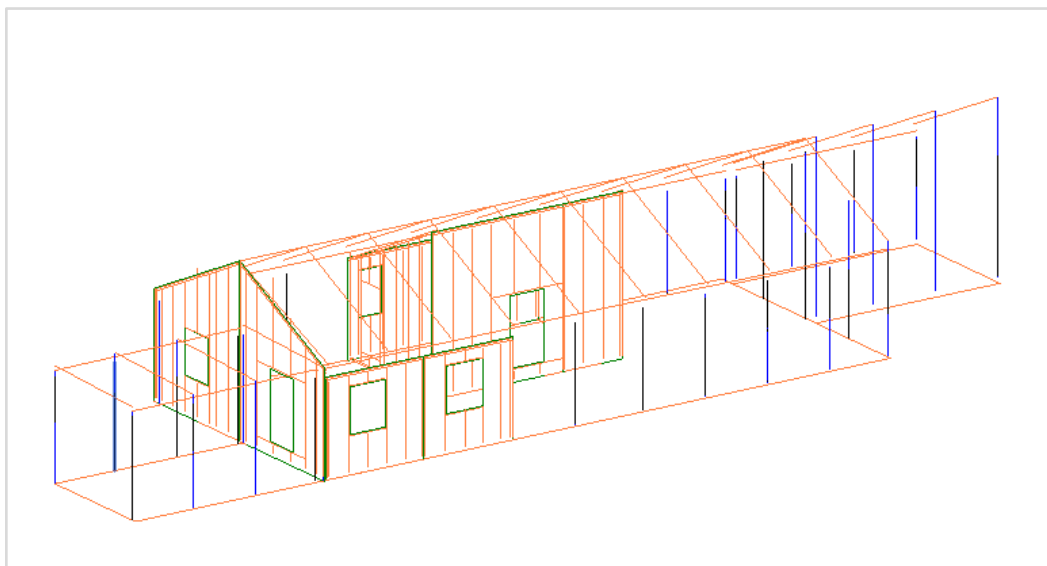
Sia per il modello architettonico che per quello strutturale tutte le stratigrafie vengono descritte nel paragrafo §2.8.4.

Si riportano qui di seguito due viste del modello strutturale, la prima rappresenta il modello 3D, mentre il secondo il modello analitico dove



Modello strutturale.

sono visualizzati gli assi analitici degli elementi, utile per i software di calcolo strutturale.



Modello analitico.

La fondazione continua del fabbricato prevede una platea in calcestruzzo armato dello spessore di 30 cm, posto al di sopra del magrone che costituisce la sottofondazione della platea.

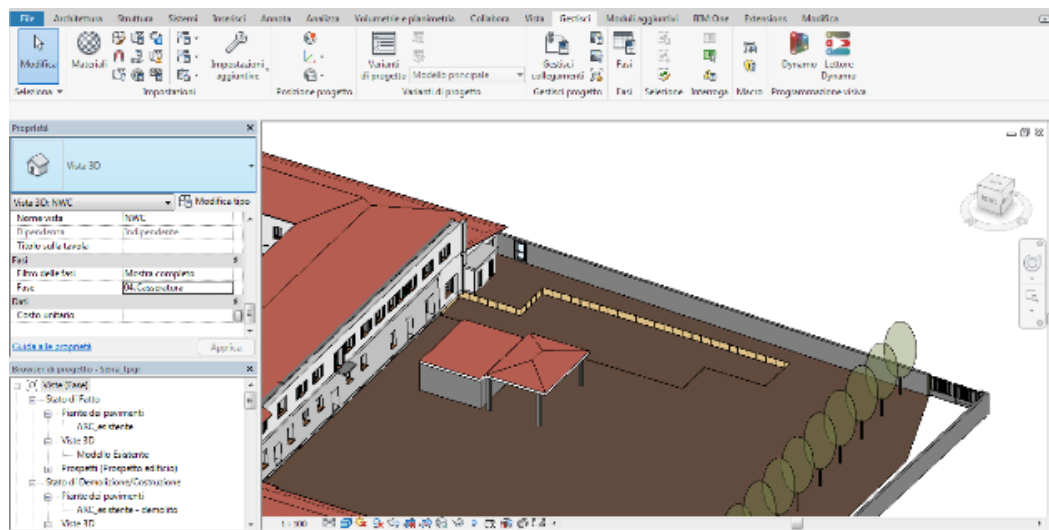
È stato possibile modellare la fondazione attraverso il comando “fondazione strutturale: platea”, della famiglia platea.

Successivamente è stato possibile inserire le armature, costituite da una doppia rete elettrosaldata, attraverso il comando “armatura su area strutturale” e tracciando il perimetro della platea, ipotizzando la dimensione dei tondini, poiché non è stato effettuato alcun predimensionamento di armature. Per tali ragioni si ha la consapevolezza che si dovrà prevedere un rinforzo di armatura in corrispondenza delle pareti portanti.

Il modello topografico

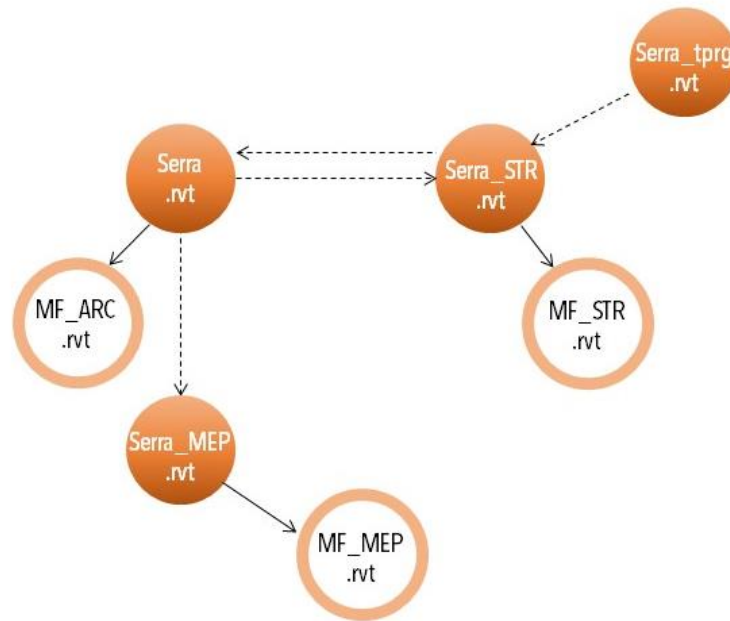
Poiché sono state previste le fasi di lavorazione inerenti alle opere di fondazione, è stato necessario creare una superficie topografica all'interno di un modello nuovo nominato “Serra_tpgr”. Quest'ultimo è stato collegato al modello strutturale della serra, per poter modellare lo scavo, avente come perimetro la platea del fabbricato, andando sul comando della barra tools “volumetrie e planimetria”. Nel modello sono state inserite le stesse fasi di lavorazione, materializzando lo

scavo e i casseri, poiché necessari per la simulazione di cantiere e il computo metrico.

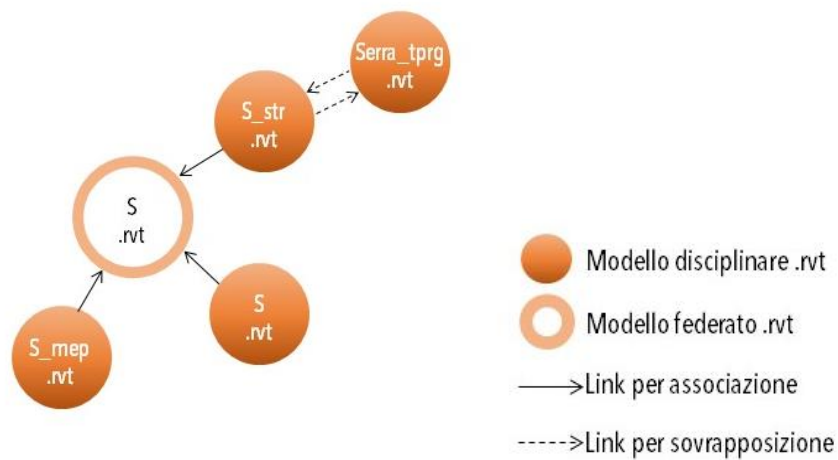


Dettaglio dello scavo con casseri annessi.

La realizzazione di questo modello è stata necessaria per poter inserire più informazioni possibili che riguardano il processo costruttivo dell'edificio. Per tanto la modellazione dei casseri e degli scavi si è rivelata importante per la definizione dell'area di stoccaggio e delle opere provvisorie, in termini di gestione dei costi e dell'attribuzione delle tempistiche alle fasi di lavoro relazionate. Per tanto, ne consegue il seguente schema di condivisione dei modelli della serra, nella condivisione 1 e condivisione 2, notando che il modello topografico non è collegato a quello federato, affinché non si sovrapponesse alla topografia esistente e per completare le analisi del caso studio.



Percorso serra, condivisione 1.

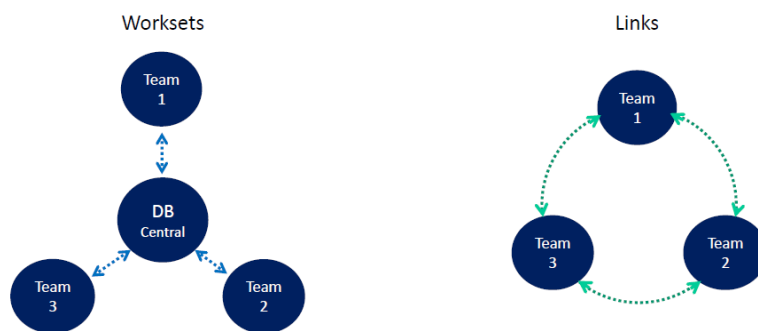


Percorso serra, condivisione 2.

Il processo di condivisione 1 è un'area di lavoro in fase di verifica, per questo motivo, la sua corretta posizione è nella cartella WIP. La condivisione 2 dovrebbe essere posizionata nella cartella "Shared", poiché si prevede la creazione di un modello federato multidisciplinare finalizzato al controllo da parte di un utente specializzato. Per un controllo ed una gestione più efficiente del modello federato, il metodo di condivisione 2 risulta essere ottimale rispetto al metodo 1.

2.6.2 Interoperabilità con il modello MEP

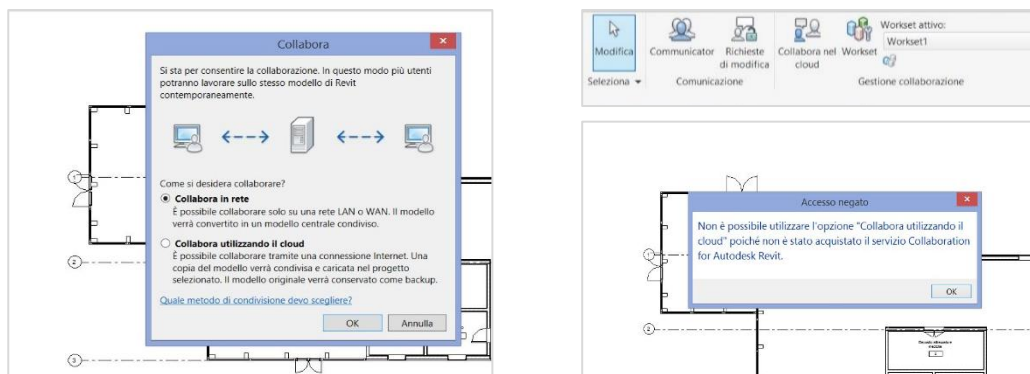
Applicando il principio di interoperabilità al caso studio, si è sperimentata la condivisione dei dati in rete (*worksharing*) attraverso due modi di collaborazione: i *Workset* e i *Link*. Nei workset ogni utente condivide le informazioni sincronizzando i file locali ad un file centrale di riferimento che viene aggiornato mostrando l'avanzamento lavori degli utenti coinvolti in tempo reale. Nel caso dei link il modello centrale non viene utilizzato ma ogni utente condivide i dati senza poter visionare l'avanzamento lavori degli altri modelli.



Schemi prodotti dalle slide del corso "Modellazione digitale parametrica" della prof.ssa A. Osello e M. Del Giudice, corso di Laurea Magistrale Costruzione e Città.

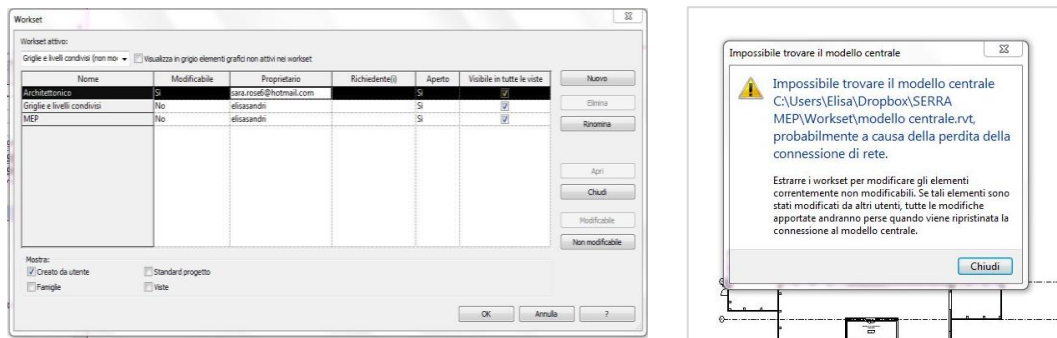
PROVA 1 – WORKSET

In fase sperimentale si è provato a condividere sulla piattaforma Dropbox attraverso Workset, il file locale contenente il MEP e il file locale contenente l'architettonico e strutturale, attivando il modello centrale.



Dettaglio dei passaggi rilevanti della prova effettuata con i workset

Non è stato possibile collaborare in Cloud per la mancanza di acquisto del servizio Collaboration per Autodesk Revit. Si è proceduto per Workset.



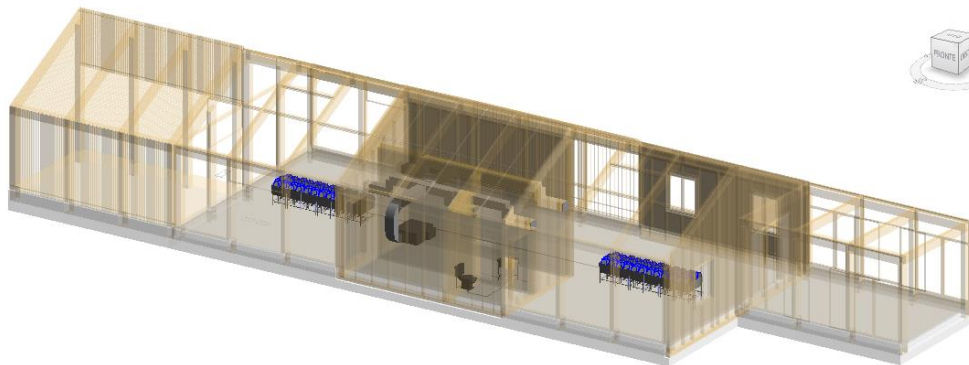
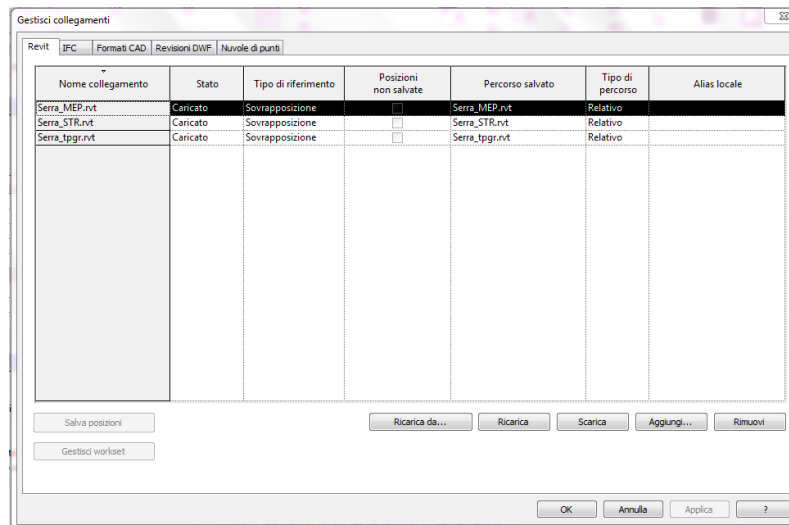
Dettaglio dei passaggi rilevanti della prova effettuata con i workset.

Procedendo per Workset si è utilizzato Dropbox come piattaforma di condivisione, dove avviene la sincronizzazione dei file locali con il modello centrale; purtroppo fin da subito si sono verificati dei problemi di connessione che non hanno permesso la continuazione di aggiornamento dati, rischiando di perdere le informazioni condivise. Per tali ragioni, si è deciso di procedere per Link.

PROVA 2 – LINK

Il modello MEP è stato collegato al solo modello architettonico, poiché inizialmente conteneva anche le parti strutturali; quando si è deciso di avere due modelli distinti (Serra e Serra_STR) il modello MEP è stato collegato a entrambi i modelli per sovrapposizione, in modo tale che non si verificassero collegamenti nidificati all'interno del modello centrale. Il modello MEP, segue le stesse linee guida individuate per la condivisione 1 e la condivisione 2, effettuando i link anche in fase di avanzamento lavori WIP e poi in SHARED.

Si riportano, i passaggi di condivisione effettuati tra i modelli.

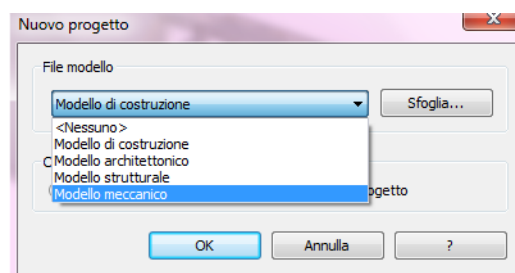


Passaggi rilevanti della prova effettuata con i link

Il modello MEP, segue le stesse linee guida individuate per la condivisione 1 e la condivisione 2, effettuando i link anche in fase di avanzamento lavori WIP e poi in SHARED.

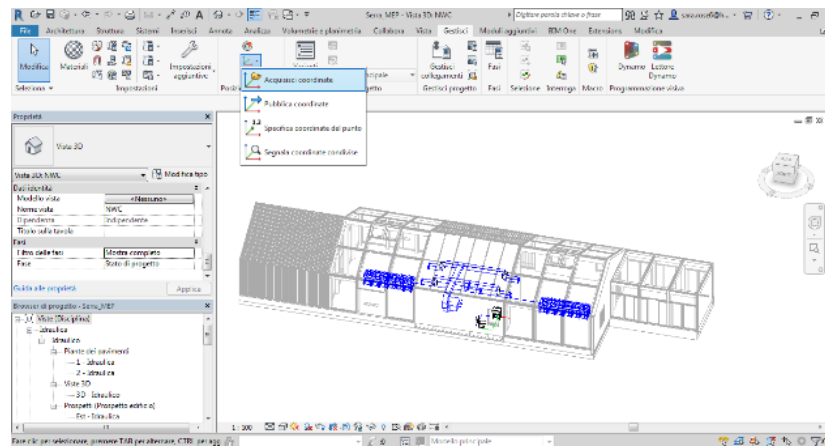
ACQUISIZIONE DELLE COORDINATE

Il modello MEP è stato creato da un file nuovo partendo da un template meccanico, chiamato “modello meccanico”.



Affinché i modelli avessero le stesse coordinate, si è proceduto con l'acquisizione di queste ultime dal modello federato della Serra, rispettivamente in condivisione 1 e condivisione 2.

Si riporta qui di seguito i passaggi più importanti del procedimento.



Passaggi rilevanti dell'acquisizione delle coordinate

2.7 L'importanza della progettazione nel sistema di prefabbricazione

Durante la fase di progettazione uno dei fattori più importanti dell'ingegnerizzazione di un edificio è la valutazione in primis della tecnica costruttiva da utilizzare, ovvero il nucleo del progetto che ne determina la qualità e il valore in termini di tempo, costi, manodopera e finiture.

Con l'introduzione di sistemi sempre più performanti, il mercato dell'edilizia sostenibile, in particolar modo della prefabbricazione, è una realtà destinata ad imporsi. L'uso sempre più frequente del legno e dei sistemi costruttivi a secco offrono delle soluzioni atte al risparmio energetico. Variabili come la riduzione dei tempi di lavorazione, riduzione dei costi di cantiere e personale necessario per l'assemblaggio delle parti hanno reso i sistemi di prefabbricazione competitivi sul mercato.

Al vertice dei fattori che determinano la qualità di un manufatto prefabbricato vi è la corretta progettazione di esso, per evitare di commettere il minor numero possibile di errori in fase di cantiere. Nella situazione attuale la competizione delle aziende è fortemente sentita nei metodi di progettazione e innovazione nell'uso dei

software, poiché alcune strategie rendono i processi di modellazione e gestione delle attività più veloci, fluidi e controllati.

Nel settore della prefabbricazione molte sono le realtà che investono in metodi innovativi di progettazione riguardanti le diverse fasi di lavoro, cercando di trarre vantaggio nelle diverse attività coinvolte.

Tutte le parti strutturali che costituiscono un edificio con sistema costruttivo in legno vengono realizzate su misura e trasportate in loco, pronte per essere assemblate e questo determina l'importanza della coincidenza delle singole parti per evitare imprevisti che rallentino il cantiere o che ne determinano l'aumento delle spese iniziali previste.

2.7.1 Scelta del sistema di prefabbricazione

Le strutture prefabbricate vantano tempi di realizzazione brevi rispetto a sistemi tradizionali, ponendo particolare attenzione alla fase di montaggio che deve basarsi su una modellazione che riporti il minimo degli errori possibili; se l'entità dell'errore è trascurabile è possibile fare eventuali correzioni in fase di cantiere, ragion per cui è consigliabile predisporre in fase di progettazione la giusta modulazione dei pannelli prefabbricati. Numerose sono le aziende negli ultimi dieci anni che sono nel settore dell'edilizia prefabbricata, che si differenziano per i loro sistemi costruttivi e prezzi comunque competitivi. Ogni azienda produce il proprio pannello strutturale e/o di tamponamento con diversi materiali e tecniche di assemblaggio ma tra i più utilizzati vi sono il sistema a telaio e il sistema con X Lam.

La scelta costruttiva adoperata è stata dettata da diverse ragioni:

- la possibilità di riduzione dei costi di trasporto (in sicurezza ed efficienza);
- scegliendo aziende produttive delle pareti strutturali di riferimento, nel raggio di 150 km dal sito del caso studio;
- la scelta dei materiali utilizzati per la produzione che determinano la sostenibilità dell'edificio;
- la resistenza strutturale del pannello portante che rende la struttura antisismica;
- la possibilità di realizzare in tempi rapidi la struttura poiché è da assemblare in loco;

- la performance energetica poiché presenta una buona coibentazione;
- l'innovazione tecnologica che porta questo tipo di sistema costruttivo.

Nella progettazione del caso studio i pannelli sono stati modellati in una condizione efficiente di trasporto, per ottimizzare i tempi di assemblaggio dei vari componenti, in particolare facendo riferimento a un sistema costruttivo di un'azienda produttiva del nord Italia, che si occupano della progettazione e costruzione di edifici prefabbricati in legno.

L'azienda di riferimento, per questa tesi, dei pannelli portanti è E-Costruire radicata nel territorio Canavese, che si occupa dell'ingegnerizzazione e costruzione di sistemi innovativi per un'edilizia sostenibile e a basso impatto ambientale, proponendo anche soluzioni chiavi in mano, secondo le esigenze del cliente.



Montaggio dei pannelli prefabbricati in cantiere

Come anticipato, si è deciso di adottare un sistema costruttivo in legno, in particolare il sistema portante a telaio, dall'inglese *wood frame*, dove l'ossatura portante è costituita da montanti in legno, nello specifico abete rosso di derivazione europea per le sue proprietà strutturali, disposti a una distanza ravvicinata. Questo sistema presenta bassi consumi energetici in fase di lavorazione e elevate capacità strutturali, assorbendo carichi provenienti dalla copertura e dal solaio di piano e i carichi orizzontali del vento che agisce sulle

pareti. Inoltre è un sistema molto utilizzato per edifici su due piani, ma con un aumento della sezione del telaio è possibile arrivare a quattro piani fuori terra. I singoli elementi del sistema sono in legno massiccio KVH, giuntati a pettine ed essiccato artificialmente che lo rende un materiale utilizzato in ambito strutturale. Gli elementi in KVH presentano la certificazione PEFC, ovvero la “certificazione della gestione forestale”, che attesta la sostenibilità del sistema di gestione forestale.

Viene creato un sistema di irrigidimento dato dai pannelli di *OSB* (Oriented Strand Board), ovvero pannelli a scaglie orientate che ne aumentano la resistenza, che vengono montati su entrambi i lati attraverso connessioni metalliche sui montanti stessi del telaio, posti ad interasse ridotto, per ridurre sfridi dei pannelli di chiusura e del materiale isolante interposto tra i montanti. In questo caso studio l'intercapedine è di 60 cm, variando dove necessario. In alternativa ai pannelli di OSB vi è il tavolato in legno con fibre orientate a 45°, con uno spessore leggermente superiore che conferisce sempre rigidità al sistema a telaio. Ovviamente il reticolo è flessibile, in quando l'interasse può variare a seconda delle misure del pannello di OSB e materiale isolante utilizzato. In corrispondenza delle aperture sono presenti altri montanti che le delimitano. Tra i montanti viene interposto il materiale isolante scelto a seconda delle valutazioni termiche ed economiche, posto già in officina, che rendono la parete un elemento coibentato. Questi pannelli permettono la realizzazione di pareti, solaio e copertura che possono essere prodotti in officina utilizzando sezioni standard dei materiali, a seconda dei diversi livelli di prefabbricazione e successivamente montati in cantiere. Questi valori determinano un rapido assemblaggio della struttura, facendo fede al fatto che ci sia a monte una buona progettazione e pianificazione del lavoro prima dell'inizio dei lavori, come detto in precedenza. In cantiere vengono nastrati i giunti delle pareti assemblate per evitare ogni infiltrazione.

Tutte le finiture e i sistemi di coibentazioni a ridosso delle pareti vengono aggiunti in fase di cantiere, prevedendo sul lato esterno della parete un telo per la tenuta all'aria, per evitare infiltrazioni di aria ed acqua dall'esterno. All'interno della parete invece è prevista un'intercapedine con un telaio metallico per il passaggio degli impianti, che può essere ulteriormente isolato con materiali naturali, chiuso da un pannello in fibrogesso o cartongesso. Tra il modulo

portante e l'intercapedine degli impianti viene posto un telo di barriera al vapore, per evitare la condensa all'interno della parete. Qui di seguito sono riportate alcune fasi di costruzione e montaggio dei moduli prefabbricati.



1. Posa del materiale isolante in fase di assemblaggio in officina.



2. Montaggio delle pareti in loco.



3. Nastratura delle pareti.



4. Intercapedine per passaggio impianti



5. Predisposizione apertura su parete.



6. Completamento montaggio parete.



Sistema di trasporto delle pareti portanti; alcune con pannello OSB di chiusura, altre pareti con sistemi di chiusura in opera

I moduli sono divisi in metrature tali da essere facilmente trasportati nell'area di cantiere con mezzi su gomma. Per tali ragioni si è deciso di suddividere i pannelli con dimensioni non superiori a 5 metri di altezza e 2,40 di larghezza. Ovviamente anche il trasporto di tutti gli elementi che costituiscono il fabbricato deve avere una certificazione di conformità CE previsti dalla legge. Alla fine del montaggio vi è anche il collaudo e la redazione della documentazione che certifica la provenienza del legno utilizzato, le caratteristiche del fabbricato e le varie attività e fasi legate alla costruzione di esso.

DAR VOCE ALLE REALTÀ ARTIGIANE DEL TERRITORIO

I vantaggi dell'uso del BIM all'interno di una realtà artigiana sono molteplici, nonostante si debba far fronte ad un investimento riguardante il tempo della formazione e l'eventuale costo. Sicuramente uno dei punti fondamentali per aziende produttrici soprattutto nel campo della prefabbricazione è la possibilità di monitorare il processo costruttivo del manufatto, fornire indicazioni sulla futura manutenzione attraverso la visualizzazione del modello e prevedere i tempi di lavorazione e redazione dei documenti necessari all'assemblaggio degli elementi preparati in officina, in conformità con le normative.

Per tali ragioni il BIM si dimostra uno strumento utile in queste realtà per risparmiare del tempo per la lettura delle informazioni necessarie

per l'assemblaggio delle pareti, ad esempio è possibile identificare subito l'elemento, senza l'applicazione di etichette cartacee che inevitabilmente si usurano con il tempo.

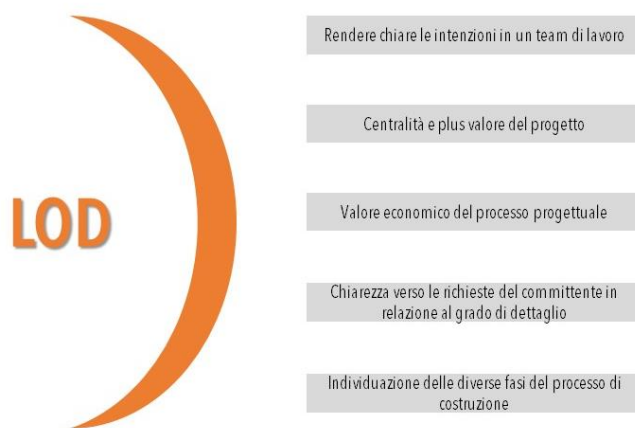
Ciò che si vuole proporre in questo particolare caso studio è anche la volontà di avvicinare il mondo dell'artigianato radicato nel territorio piemontese con processi innovativi come il BIM, privilegiando realtà con grande potenziale per la qualità dei prodotti e con distanze ridotte di trasporto, che però non riescono ad emergere nel mondo dell'edilizia prefabbricata.

2.8 Criteri di modellazione

Definire i LOD nella progettazione è sicuramente un vantaggio, poiché permette di rendere chiare le intenzioni e il grado di dettaglio richiesto all'interno di un team di lavoro; questa chiarezza si presenta anche di fronte alla committenza, in quanto maggior precisione richiede più tempo e quindi aumentano i costi legati al progetto, determinando così l'importanza del e la centralità del progetto.

In questo modo la committenza può determinare il livello di dettaglio più idoneo alle proprie necessità.

I LOD infine, sono utili per individuare le diverse fasi del processo di costruzione, poiché maggiori sono i dettagli, più è facile comprendere quali sono i componenti del progetto, le lavorazioni legate ad essi e gli attori coinvolti, un tassello essenziale per il *Construction Management*.



Schema prodotto per illustrare i vantaggi del LOD.

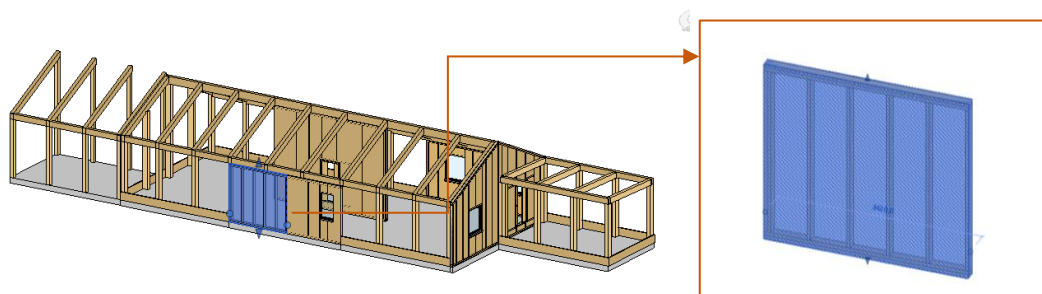
Per il progetto si è cercato di mantenere il livello di sviluppo degli elementi ad uno standard di LOD 350, ovvero un LOD D nella normativa italiana, raggiungendo in alcuni casi degli standard più alti. Il LOD 350 proposto ha permesso di rendere chiari l'individuazione della tipologia dei diversi elementi architettonici e strutturali, le informazioni allegate, i costi, le quantità e le stratigrafie presenti e soprattutto il posizionamento e il montaggio, poiché il caso studio presenta l'uso di pareti prefabbricate, evidenziando l'importanza della scansione dei componenti (pareti, travi e facciate continue) e del corretto assemblaggio di essi.

Nella fase di modellazione in alcuni casi si è constatato la presenza di LOD non sempre conformi al livello da raggiungere per il modello costruttivo, in quanto vi erano delle finalità differenti da raggiungere, per mancanza di applicativi nell'area di lavoro Revit, come verrà spiegato nel capitolo delle conclusioni.

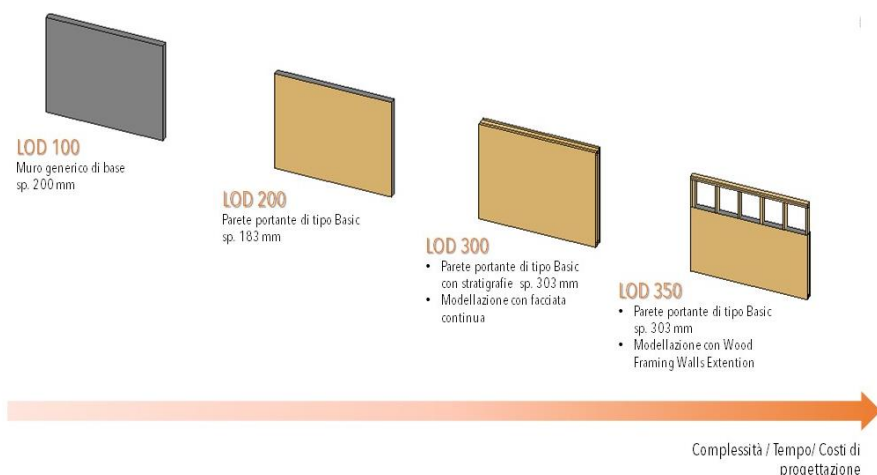
Per tanto è bene precisare che si parla di LOD degli elementi di progetto e non del progetto stesso. Il LOD del progetto dovrebbe essere valutato in base alle finalità e gli obiettivi del modello e non in base al LOD degli elementi che lo compongono.

In relazione al processo di modellazione, è utile riportare delle prove che hanno determinato il metodo di modellazione vincente in un caso particolare, ovvero alla creazione dei muri portanti con sistema a telaio in legno. E' stata presa una parete come campione su cui poter fare le considerazioni.

Per la modellazione delle pareti strutturali si è partiti da un modello generico di base, per poi dettagliare l'elemento strutturale definendo le stratigrafie e gli elementi che lo compongono, determinando un LOD 350.

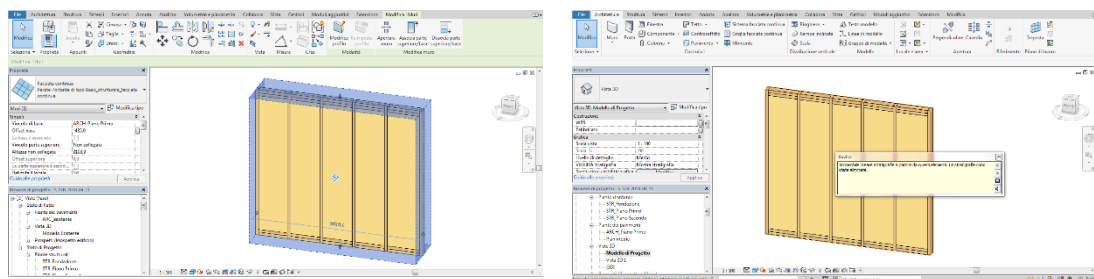


Modellazione del muro portante con sistema a telaio.



Schema dell'evoluzione del processo di modellazione del campione in esame

Come enunciato nello schema, successivamente si è ricorso all'utilizzo della facciata continua, sostituendo i pannelli vetrati di *default* con i pannelli di lana di roccia, editabili nelle proprietà della facciata continua. Viene inserita una griglia di facciata continua per inserire i doppi montanti sul lato inferiore e superiore della parete.



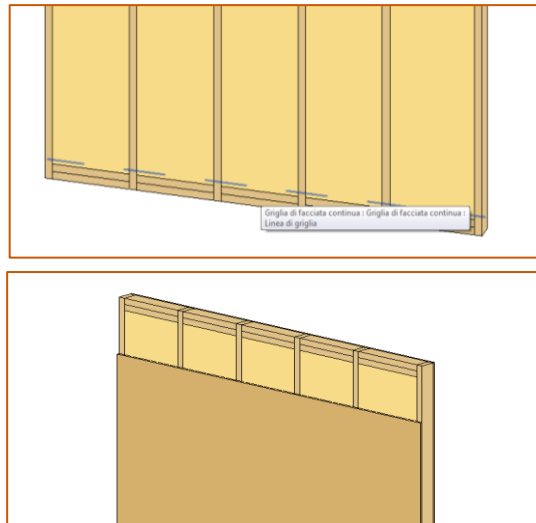
Passaggi rilevanti della modellazione della parete portante, con sistema di telaio in legno

Non potendo definire una stratigrafia sovrapposta alla facciata continua, i pannelli di chiusura sono stati modellati come elementi muro, perciò disgiunti; in questo modo l'elemento è composto da tre elementi distinti.

Successivamente è stato estratto un abaco delle quantità per comprendere se gli elementi rappresentati fossero stati computati correttamente.

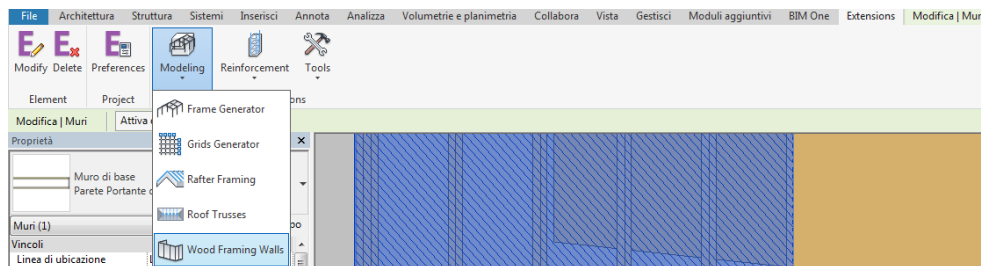
Il risultato è stato un abaco contenente le giuste quantità dei pannelli di isolante, le quantità dei pannelli di OSB (sp. 18 mm) e del tavolato in legno (sp. 25 mm), ma come si può vedere dalle immagini non è

stato possibile controllare le giunzioni del telaio in legno, ottenendo quindi uno scarto in eccesso dei metri lineari di telaio (KVH).



Ulteriori passaggi rilevanti della modellazione della parete portante con sistema di telaio in legno

Al fine di modellare correttamente la struttura delle pareti portanti in legno prefabbricate, si è utilizzato un'estensione di Revit, *Wood Framing Walls*.



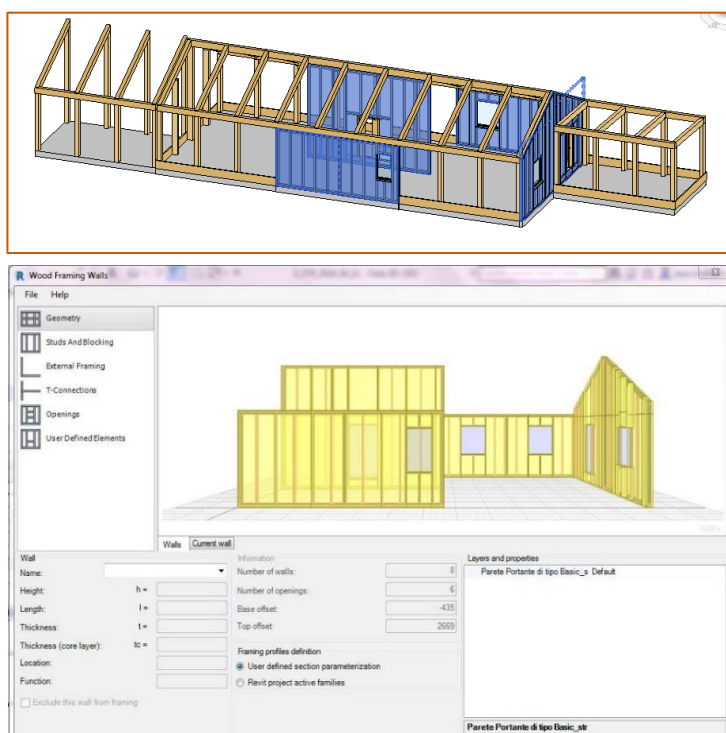
Ulteriori passaggi rilevanti della modellazione della parete portante con sistema di telaio in legno, utilizzando l'estensione di Revit: Wood Framing Walls

Attraverso questa estensione è stato possibile definire il telaio delle pareti portanti in legno multistrato, attraverso un processo automatico e flessibile, evitando di commettere errori nella fase di progettazione in BIM. In questo modo è possibile ottenere anche la giusta documentazione per la fabbricazione e costruzione delle pareti nel luogo di produzione.



Pareti portanti strutturali all'interno del progetto, a supporto della documentazione per la fabbricazione e costruzione delle pareti.

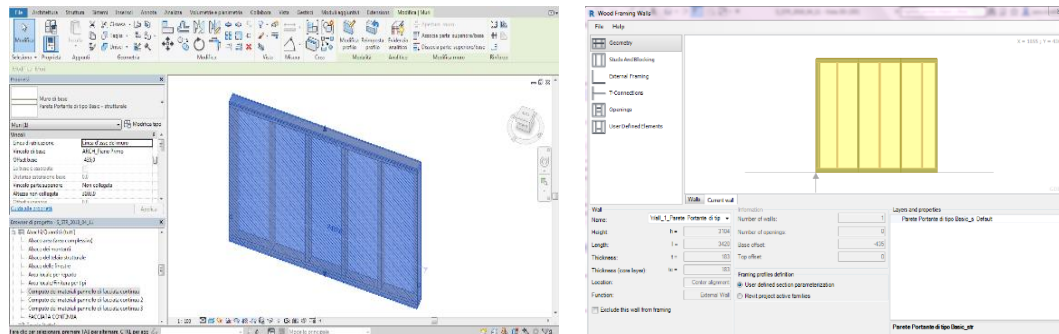
Qui di seguito sono riportate le pareti portanti all'interno del progetto visualizzate nel Software.



Visualizzazione delle pareti portanti selezionate all'interno dell'estensione Revit: Wood Framing Walls

Il modello del telaio viene creato in modo automatico dal Software, selezionando le pareti interessate, impostando liberamente l'interesse e le dimensioni degli elementi che compongono il telaio, le cui proprietà sono editabili in qualsiasi momento. Inoltre è stato possibile

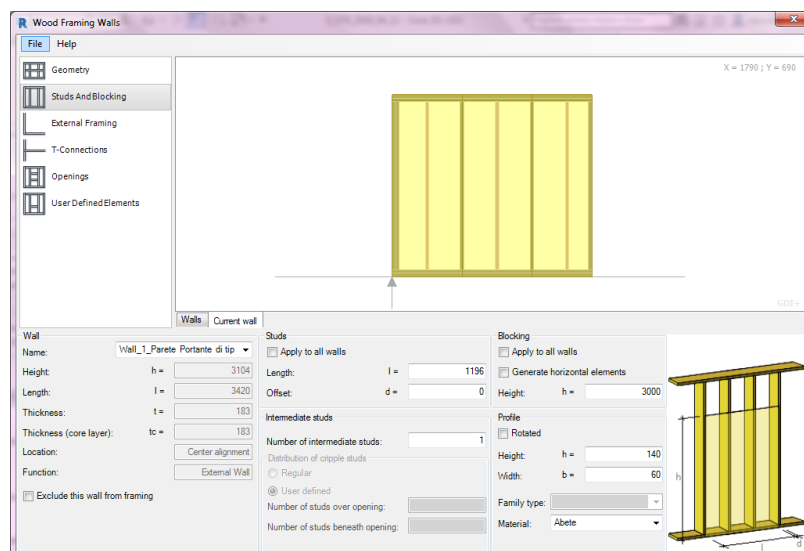
attribuire delle proprietà analitiche al sistema telaio per eventuali analisi strutturali, attribuendo alla parete proprietà portanti. Riproponendo la parete presa precedentemente in esame, si è potuto testare i vantaggi dell'utilizzo del software rispetto al sistema di facciata continua.



Passaggi rilevanti della modellazione della parete portante con sistema a telaio in legno, utilizzando l'estensione di Revit, Wood Framing Walls.

L'estensione ha permesso di creare un telaio con interasse costante, posizionato nello strato strutturale della parete portante.

Come mostrano l'interfaccia dell'estensione, è stato possibile determinare la dimensione degli elementi che costituiscono il telaio, il tipo di materiale e la quantità di elementi da posizionare in testa, alla base e ai lati del muro e in corrispondenza delle aperture.

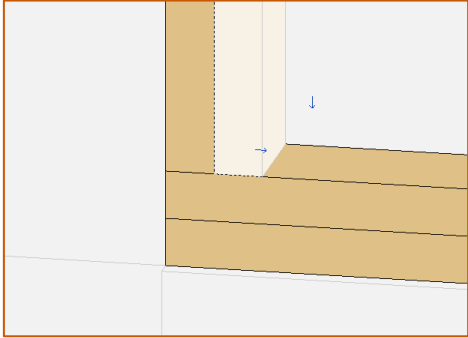


Passaggi rilevanti della modellazione della parete portante con sistema a telaio in legno, utilizzando l'estensione di Revit, Wood Framing Walls.

Successivamente è stato estratto un abaco delle quantità per comprendere se gli elementi rappresentati fossero stati computati

correttamente. Il risultato è stato un abaco contenente le stesse quantità degli elementi estratte dall'abaco del muro modellato in facciata continua, avendo l'opportunità di controllare le giunzioni del telaio, ottenendo quindi una corretta computazione degli elementi che lo compongono.

<Pannelli isolante>	
A	B
Tipo	Area
Pannello lana di roccia_isolante	2 m²
Pannello lana di roccia_isolante	2 m²
Pannello lana di roccia_isolante	2 m²
Pannello lana di roccia_isolante	2 m²
Pannello lana di roccia_isolante	2 m²



Estrazione di un abaco delle quantità del muro campione e il controllo dei giunti del telaio utilizzando l'estensione di Revit, Wood Framing Walls.

Le seguenti ragioni hanno determinato più vantaggioso l'uso dell'estensione *Wood Framing Walls*, in quanto permette di avere una corretta modellazione delle pareti e una precisa computazione delle quantità in un'ottica di costruzione delle pareti nel luogo di produzione.

	Sistema facciata continua	Wood Framing Walls
Controllo dei giunti degli elementi del telaio		x
Elementi stratigrafia uniti		x
Precisione nella modellazione		x
Rapidità nella modellazione	x	
Corretta computazione delle quantità degli elementi		x

2.8.1 Il sistema strutturale del progetto

La struttura portante del fabbricato come detto in precedenza si compone di pareti portanti a telaio in legno e una maglia strutturale a pilastri e travi in legno lamellare. Questo sistema si presta a un edificio monopiano, con un'elevata resistenza alle azioni sismiche e

risponde alle richieste di prefabbricazione degli elementi in officina, con tempi rapidi di montaggio in cantiere. Essendo elementi puntuali si ha una progettazione senza vincoli strutturali, in quanto è stato possibile avere una scansione omogenea dei pilastri e travi e perciò pannelli di facciata continua a dimensione costante.

Alla base di questo sistema non vi è stato un predimensionamento della maglia strutturale, per tanto le dimensioni si sono scelte in base alle dimensioni del fabbricato e la luce da coprire delle rispettive travi.

Il sistema si compone dei seguenti elementi:

- Pilastro in legno_str 200x300;
- Trave in legno_str_cordolo 300x300;
- Trave in legno_str_rettangolare 200x300;
- Trave in legno_str_sagomata 200x300;
- Trave in legno_str_colmo 200x400.

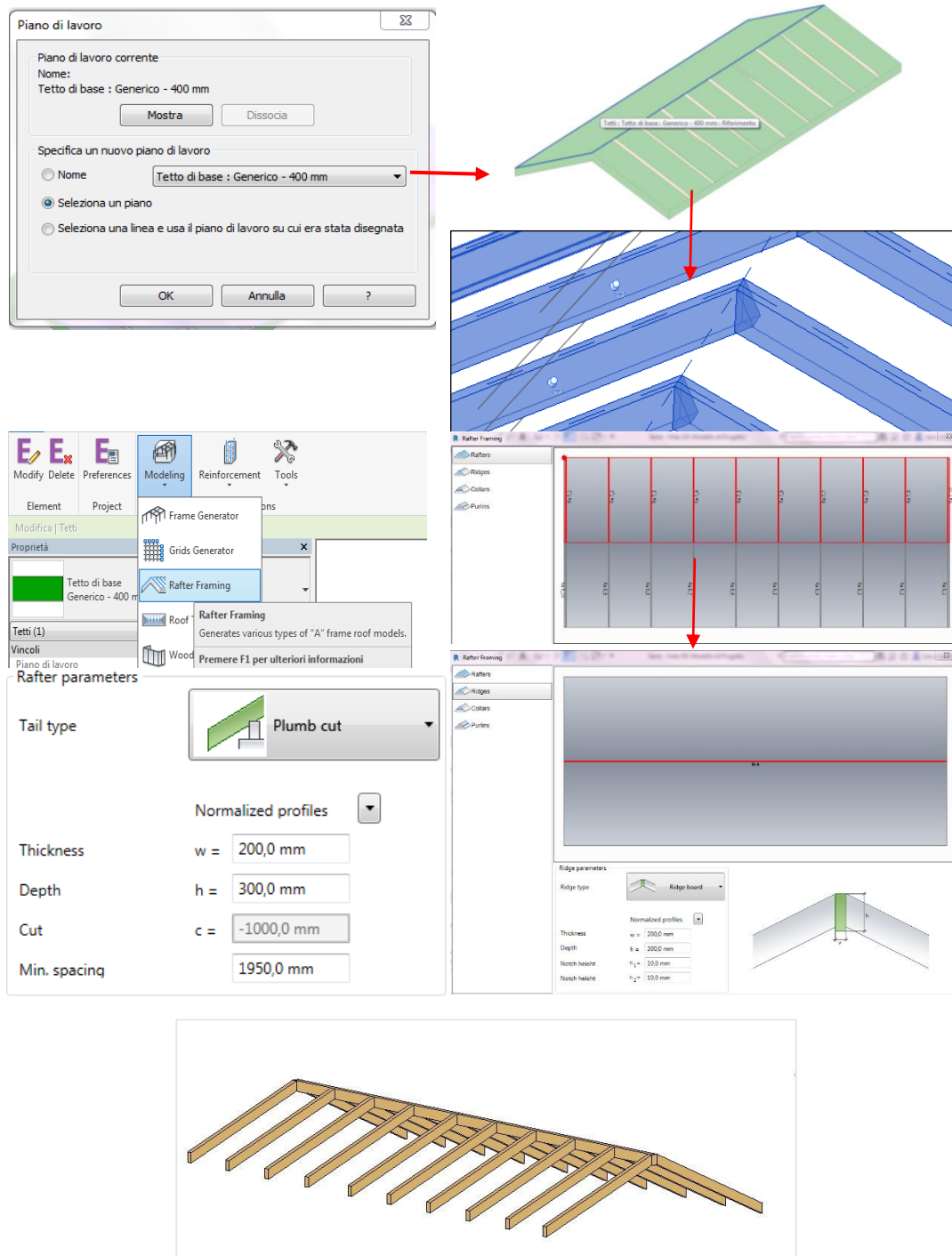
I pilastri presentano un'anima metallica che permette l'ancoraggio alla platea e raggiungono i 3 metri di altezza fino all'altezza del cordolo, dove vi è l'ancoraggio dei puntoni, arrivando a 4,60 di altezza in corrispondenza del colmo. Quest'ultimo viene diviso in tre parti per agevolare il montaggio, poiché copre una luce di 19,80 metri, scaricando il peso per 1/3 sulle pareti portanti centrali. Le travi coprono invece una luce rispettivamente di 4,40 metri ancorandosi al colmo, con incastro a coda di rondine.

Sia alle travi che ai pilastri sono state attribuite proprietà strutturali, attivando il modello analitico, come per le pareti portanti.

MODELLAZIONE DELL' ORDITURA DI COPERTURA CON PLUG IN "RAFTER FRAMING"

Per la modellazione della copertura inizialmente si è creato un sistema di travi, avente come piano di lavoro una copertura della famiglia tetto di base, modello generico, poiché non inseribile nella copertura vetrata inclinata, con la forma e pendenza della copertura del fabbricato, avendo la possibilità di scegliere la direzione della trave.

Questo tipo di sistema non permette il controllo dei giunti e prevede l'inserimento del colmo manualmente. Per tali ragioni si è scelto di modellare l'orditura attraverso l'uso del Plug in "Rafter Framing" per la creazione automatica del sistema di travi. Come mostra l'interfaccia dell'estensione, è stato possibile determinare la dimensione delle travi e del colmo, il tipo di taglio delle travi, l'interasse e il tipo di giunzione in corrispondenza del colmo.



Passaggi di modellazione dell'orditura di copertura.

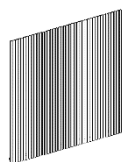
Il risultato è un'orditura con interasse regolare, con la possibilità di aver controllato i giunti.

2.8.2 Elementi del progetto architettonico

Si riportano gli elementi del progetto architettonico. I solai verranno spiegati nel paragrafo delle stratigrafie.

Serramenti	Tipo
	Finestra_doppia anta 1200x1400 n.3
	Finestra_una anta 800x1400 n.1
	Porta_una anta 900x2100 n.2
	Finestra copertura_apertura a vasistas 2100x100
	Porta scorrevole automatica_doppia anta 100x2100 n.1
	Porta scorrevole_doppia anta 100x2100 n.1

	<p>Porta scorrevole automatica_doppia anta_chiusura tagliafuoco 4000x2100 n.2</p>
	<p>Porta_doppia anta 2100x2100 n.3</p>
	<p>Pannello_facciata continua 2100x2900 n.18</p>
	<p>Pannelli_copertura vetrata 2100x2100 n.33</p>
	<p>Schermatura esterna 20,16 mq</p>
	<p>Schermatura esterna_copertura 29 mq</p>
	<p>Schermatura esterna_portico 33 mq</p>



Schermatura esterna_portico_copertura 30 mq

Gli elementi sono stati modellati come famiglie, tranne la porta a un'anta, la porta a doppia anta, presenti nella libreria di Revit e la porta scorrevole interna in quanto scaricabile, perché messa a disposizione sul web dalla stessa casa produttrice Eclisse.

Serramenti esterni

Per i serramenti esterni si è scelto un sistema che presenta un telaio ligneo verso l'interno, un materiale naturale in linea con le altre scelte progettuali, e un telaio in PVC all'esterno con buone proprietà isolanti, con doppio vetro basso emissivo con doppia intercapedine riempita da argon, al fine di ridurre i costi di riscaldamento in inverno e proteggere dal calore estivo. Il tipo di vetro scelto, con una trasmittanza di $0,8 \text{ W/ m}^2\text{K}$ permette una buona trasmissione della luce naturale, riducendo il bisogno di apporti di sistemi di raffrescamento, fattori determinanti per una struttura in ambito sanitario.



Tipo di serramento scelto, con PVC esterno e telaio in legno interno della Finstral.

Il tipo di serramento (telaio e vetro) scelto per i pannelli di facciata e copertura della casa Finstral risponde ai requisiti di trasmittanza voluta, in quanto presenta:

- trasmittanza termica di $0,96 \text{ W/ m}^2\text{K}$ rispettando i requisiti minimi degli edifici delle prestazioni energetiche, del DM del 26 giugno 2015, per la definizione della trasmittanza termica delle strutture trasparenti verso l'esterno di $1,80 \text{ W/ m}^2\text{K}$, soddisfacendo anche i valori previsti per il 2021, ovvero di $1,40 \text{ W/ m}^2\text{K}$;

Il tipo di serramento scelto per i serramenti a una e doppia anta della casa Finstral risponde ai requisiti di trasmittanza voluta, in quanto presenta:

- trasmittanza termica di $1,02 \text{ W/ m}^2\text{K}$ rispettando i requisiti minimi degli edifici delle prestazioni energetiche, del DM del 26 giugno 2015, per la definizione della trasmittanza termica delle strutture trasparenti verso l'esterno di $1,80 \text{ W/ m}^2\text{K}$, soddisfacendo anche i valori previsti per il 2021, ovvero di $1,40 \text{ W/ m}^2\text{K}$.

Porta scorrevole automatica doppia anta_chiusura tagliafuoco

Per la porta scorrevole tagliafuoco si è fatto riferimento a un prodotto della casa produttrice Gilgen Door System. La porta antincendio automatica permette di agevolare i flussi di passaggio delle persone e garantisce un'uscita di sicurezza, senza barriere architettoniche. Inoltre, in ambienti sanitari permette il passaggio senza il contatto delle porte, in modo da non diffondere i germi.

E' stata scelta una porta REI30, che risponde ai requisiti dell'attività 68 del D.P.R. 151/2011, ovvero "strutture sanitarie che erogano prestazioni in regime di ricovero ospedaliero ...ad uso prevalente per persone che presentano disabilità".

La porta presenta delle guarnizioni che non permettono il passaggio dell'ossigeno ed è collegata ad un sistema di automazione attivato dall'impianto antincendio.



Porta automatica scorrevole a doppia anta tagliafuoco

Schermatura esterna

Per la schermatura esterna si è fatto riferimento all'azienda Ravaioli che propone soluzioni per proteggere dal soleggiamento diretto.

Il sistema si compone di listelli verticali in legno di abete, in linea con il rivestimento esterno delle pareti, con dimensioni 20x30 e interasse 12 cm.

Lo stesso sistema ma con listelli 20x50 e interasse 2 cm, rivestono il portico esterno anche in copertura. Il sistema si presta perché è modulare e perciò maneggevole nella posa a secco.



Esempio di brise soleil in doghe verticali in facciata.

2.8.3 Famiglie parametriche: applicazione al caso studio

Viene riportato un procedimento di creazione di famiglia del pannello del sistema di schermatura esterna.

Per la modellazione dei brise soleil si è preferito creare una nuova famiglia parametrica. Seppur un processo che richiede tempo, permette di ottenere un componente architettonico parametrico, con dimensioni e configurazioni personalizzate utilizzate nel progetto.

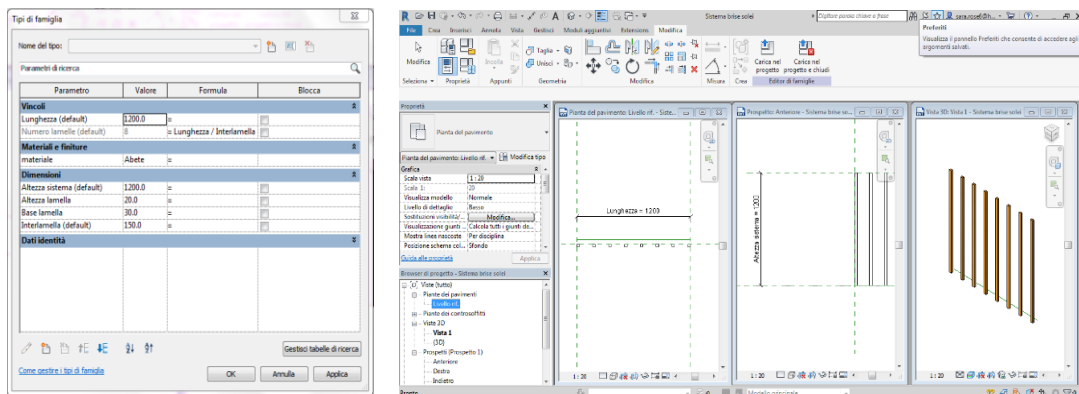
E' stato possibile definire la geometria del componente utilizzando un modello di famiglia in Revit, salvato come un file *.rfa*, per poterlo caricare nel modello architettonico.

Per realizzare l'elemento di brise soleil si è ricorso all'uso del "modello generico metrico basato su linea" per poter gestire e controllare lo spazio variabile tra le lamelle, dando vita a una famiglia con componenti nidificati composta da:

- famiglia del sistema brise soleil;
- famiglia del pannello brise soleil.

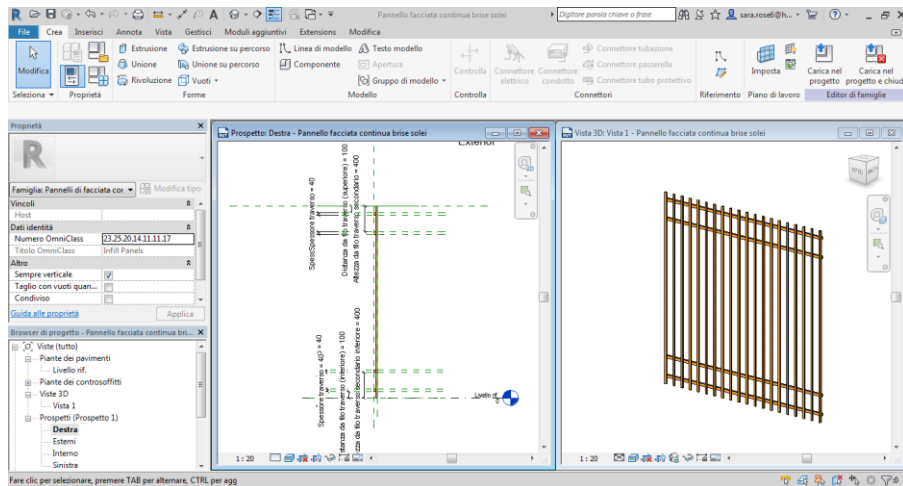
La prima famiglia è quella relativa al sistema delle lamelle che compongono il pannello di brise soleil, per tanto si è partiti da una famiglia di modello standard (ovvero caricabile in Revit), individuando la categoria di partenza, (in questo caso il “modello generico metrico basato su linea”).

Successivamente è stata creata una singola lamella per estrusione, definendo le dimensioni con i parametri di tipo in quanto legati al sistema brise soleil; attraverso il comando matrice è stato possibile creare un sistema di ripetizione delle lamelle con un numero preciso determinato dal parametro di istanza “n. lamelle” e con interasse regolare determinato dal parametro di istanza “interlamella”. Infine è stata inserita la formula “Lunghezza/ Interlamella” per controllare lo spazio tra le singole lamelle al variare della lunghezza del sistema. Il parametro “altezza di sistema” sarà di istanza in quanto ogni lamella si potrà cambiare direttamente all’interno del progetto a seconda dell’altezza voluta del sistema.



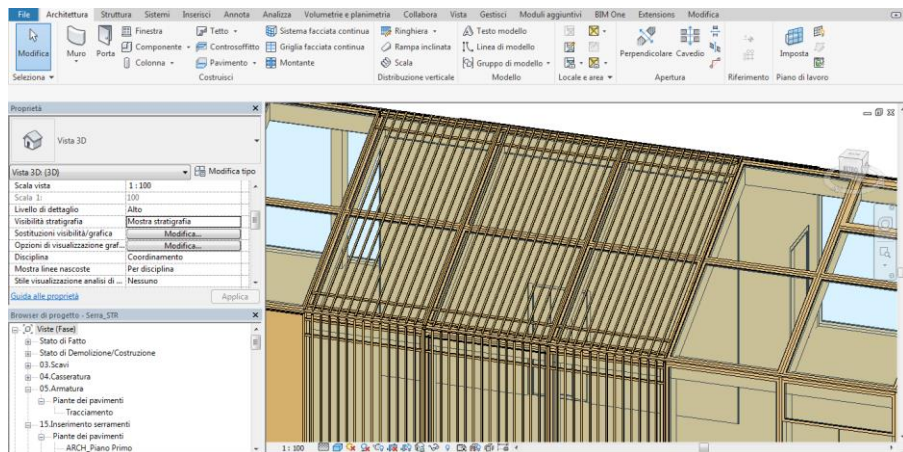
Passaggi rilevanti della modellazione del sistema facciata continua di brise soleil.

Il file “sistema di brise soleil” viene caricato su una nuova famiglia che darà vita al “pannello facciata continua brise soleil” contenente montanti e traversi. In questo modo, è possibile caricare il pannello all’interno di una facciata continua, determinando così la suddivisione dei pannelli, utile per la computazione delle quantità.



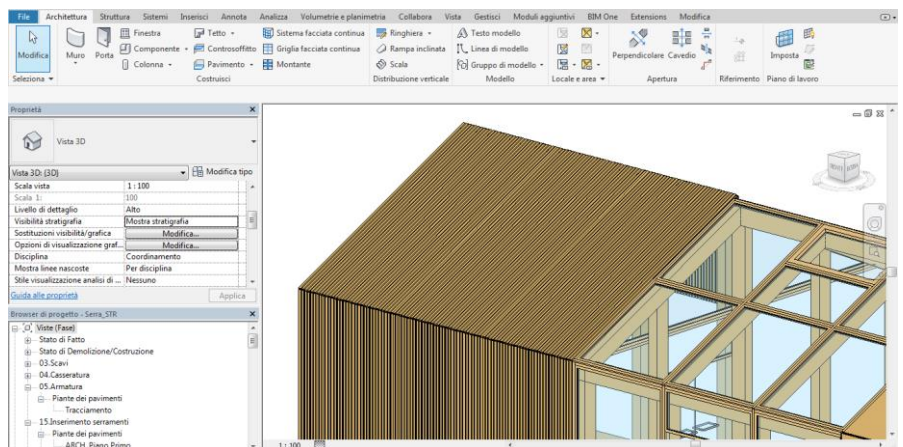
Passaggi rilevanti della modellazione del sistema facciata continua di brise soleil.

Impostati i principali piani di riferimento e i parametri legati ai traversi, la famiglia è stata caricata sul progetto architettonico.



Passaggi rilevanti della modellazione del sistema facciata continua di brise soleil.

Lo stesso procedimento è stato eseguito per la creazione dei brise soleil in corrispondenza del portico, modificando gli appositi parametri creati delle lamelle e il loro interasse.



Passaggi rilevanti della modellazione del sistema facciata continua di brise soleil.

2.8.4 Stratigrafie di progetto

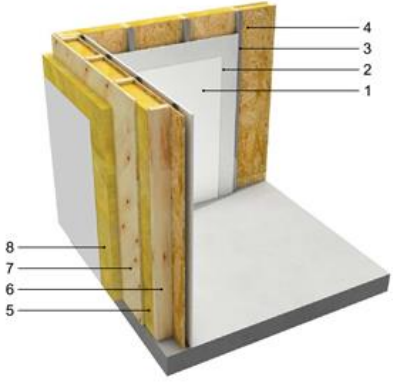
Gli elementi composti che costituiscono il fabbricato sono stati modellati editando le stratigrafie e gli spessori di progetto, al fine di garantire le prestazioni strutturali ed energetiche prestabilite. Ad ogni strato è stata attribuita una funzione che permette di stabilire le priorità per le unioni delle varie stratigrafie. Gli strati vengono modificati a livello di tipo, editabili nella finestra “modifica assieme” nelle proprietà di tipo, con la possibilità di definire il nucleo che corrisponde alla parte portante del sistema costruttivo.

Sono riportati qui di seguito i componenti all'interno del progetto.

Parete Portante di tipo Basic

Come descritto nel precedente paragrafo, è stato scelto un sistema portante a telaio in legno, in particolare facendo riferimento a un sistema costruttivo dell'azienda E-Costruire, poiché soddisfa i requisiti strutturali e termici voluti, la Parete Basic – P1B.

Il modulo presenta la seguente stratigrafia:

 <p>Stratigrafia dal sito web E-Costruire.</p>	Stratigrafia elementi	
	1. Rasatura superficiale a base gesso	ZONA CLIMATICA E
	2. Lastra in fibro gesso sp. 12.5 mm e barriera al vapore	
	3. Intercapedine impianti costituita da orditura metallica	U PERIODICA (W/mqk) 0.030
	4. Pannello OSB 3 con nastratura sp.18 mm	Sfasamento (ore) 9h 51'
	5. Pannello in lana di roccia densità media 40 kg/mc	U di PROGETTO (W/mqk) 0.144
	6. Struttura a telaio in legno KVH 60x140 mm	
	7. Tavolato in legno a 45° sp. 25 mm	

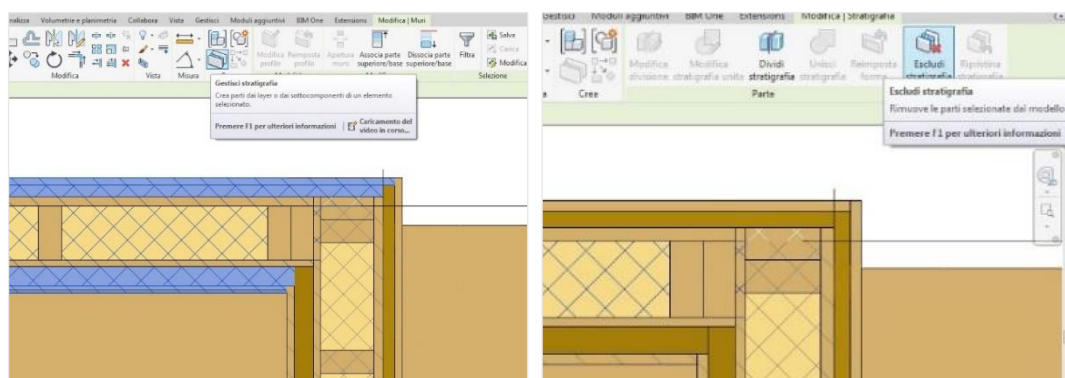
	8. Cappotto in lana di roccia densità 90 kg/mc e con doppia rasatura superficiale e intonaco di finitura o rivestimento ligneo	
--	--	--

L'intonaco esterno e quello interno è stato sostituito con un rivestimento in doghe di abete, inserendo tra la rasatura esterna e il cappotto in lana di roccia una membrana traspirante.

Per la definizione della stratigrafia delle pareti portanti, sono stati creati due muri sovrapposti, con diverse funzioni:

- muro portante nel modello strutturale;
- muro composto con stratigrafie nel modello architettonico.

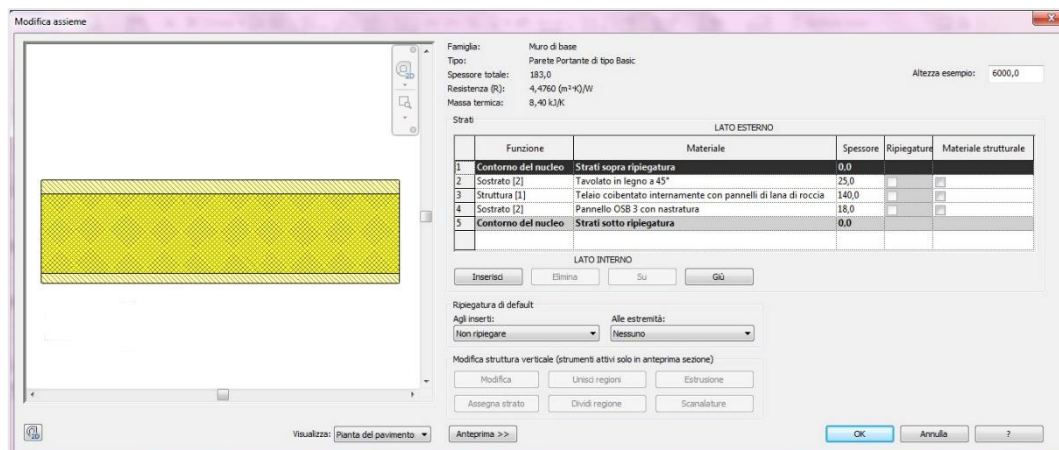
In questo è stato possibile attribuire diverse proprietà ai due muri e gestire le singole stratigrafie nelle loro diverse fasi di lavorazione. I due muri non creano interferenze poiché è stato possibile escludere la stratigrafia del muro portante da quella del modulo nel modello architettonico, da “gestisci stratigrafia”.



Passaggi rilevanti della definizione delle stratigrafie dei sistemi di parete scelti.

Parete Portante di tipo Basic_str

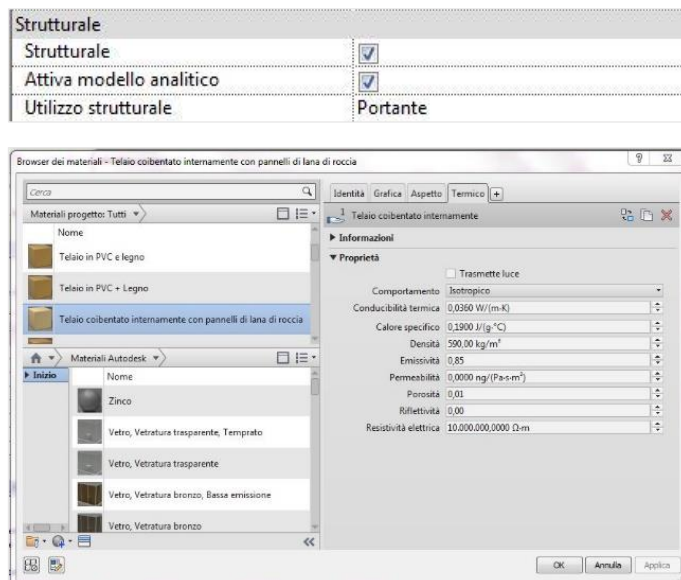
Il modulo portante è stato modellato nelle sue varie stratigrafie partendo dalla famiglia “Muri di base”. L'intero modulo è compreso nel nucleo in quanto strutturale. È stato possibile editare anche le proprietà termiche dei singoli strati, con particolare attenzione sugli strati termici.



Passaggi rilevanti della definizione delle stratigrafie dei sistemi di parete scelti

Al modulo è stata attribuita la proprietà strutturale, attivando il modello analitico, mentre per le proprietà termiche non è stato possibile editare la trasmittanza termica, dato necessario per i programmi di calcolo atti alla valutazione energetica.

Per lo strato di isolante è stata considerata la densità totale della lana di roccia e del sistema telaio, modellato in seguito con il plug in di Revit *Wood Framing Wall*, in modo tale da agevolare eventuali calcoli per valutazioni energetiche.



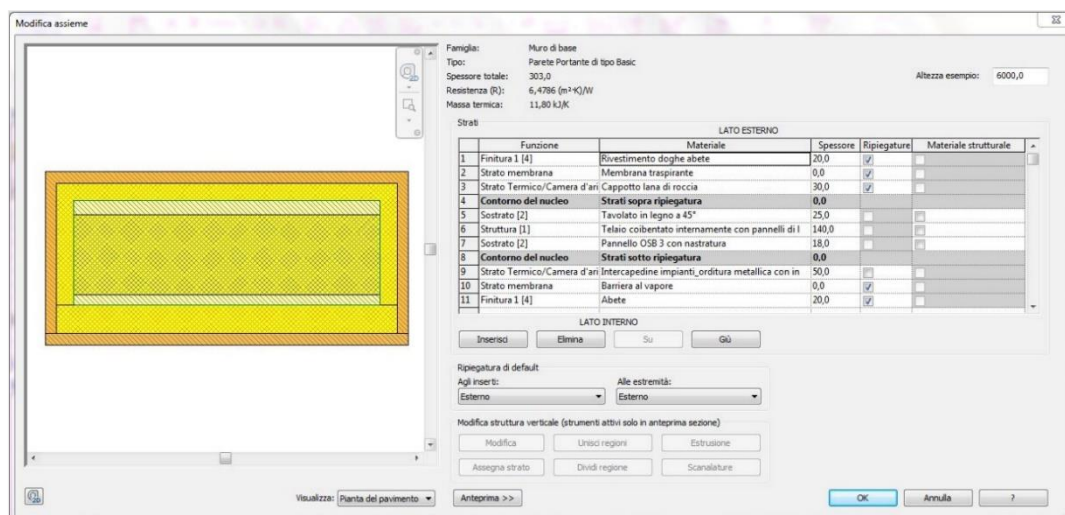
Passaggi rilevanti della definizione delle stratigrafie dei sistemi di parete scelti.

Parete Portante di tipo Basic

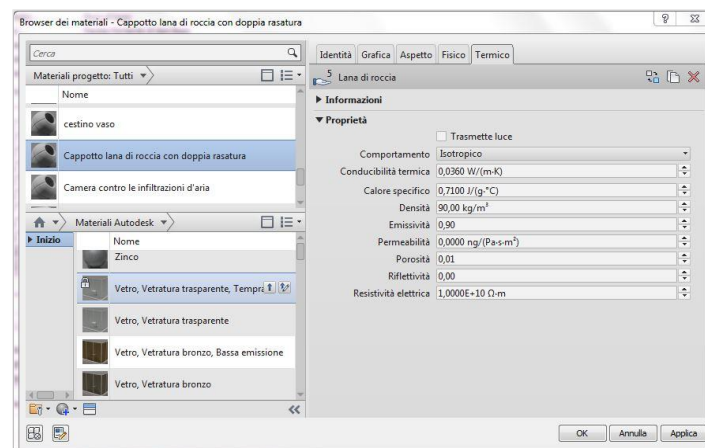
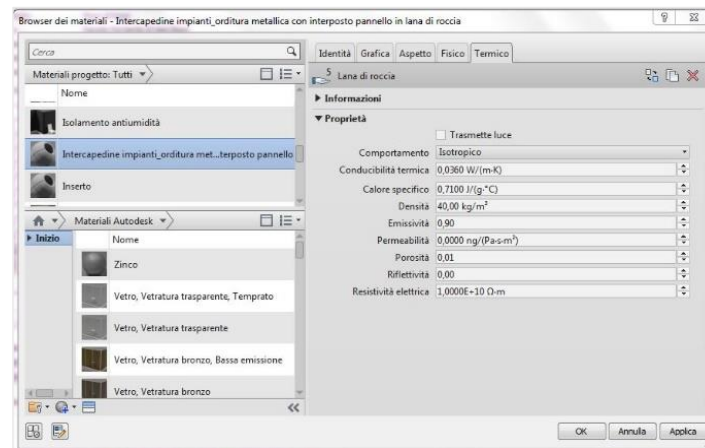
Come anticipato in precedenza, il modulo comprende le stratigrafie a ridosso del modulo portante, con le seguenti caratteristiche dall'esterno verso l'interno:

1. Rivestimento esterno con doghe di abete;
2. Membrana traspirante anti-vento;
3. Cappotto lana di roccia con densità 90 kg/mc;
4. Tavolato in legno a 45°;
5. Telaio coibentato internamente con pannelli di lana di roccia con densità 40 kg/mc;
6. Pannello in tavole a fibre orientate OSB 3 con nastratura;
7. Intercapedine per il passaggio degli impianti, orditura metallica con interposto pannelli di lana di roccia con densità 40 kg/mc;
8. Barriera al vapore;
9. Rivestimento interno con doghe di abete.

Il muro non presenta caratteristiche strutturali, in quanto composto dalle stratigrafie che costituiscono l'involucro del pannello portante, escludendo l'elemento, come spiegato in precedenza. Per tutti gli strati membrana viene dato uno strato zero di default, poiché di spessori ridotti.



Passaggi rilevanti della definizione delle stratigrafie dei sistemi di parete scelti.



Passaggi rilevanti della definizione delle stratigrafie dei sistemi di parete scelti.

Il modulo risponde ai requisiti di trasmittanza voluta, in quanto presenta:

- trasmittanza termica di $0,15 \text{ W/ m}^2\text{K}$ rispettando i requisiti minimi degli edifici delle prestazioni energetiche, del DM del 26 giugno 2015, per la definizione della trasmittanza termica delle strutture opache verticali di $0,30 \text{ W/ m}^2\text{K}$, soddisfacendo anche i valori previsti per il 2021, ovvero di $0,26 \text{ W/ m}^2\text{K}$. Nelle scelte di progetto dei materiali isolanti vi sono i pannelli della casa produttrice leader Rockwool:

- Cappotto lana di roccia con densità 90 kg/mc.



Pannello Rockwool con densità 90 kg/mc

L' applicazione è prevista per sistemi termoisolanti a cappotto, contribuisce al miglioramento delle prestazioni fonoisolanti, non subisce variazioni dimensionali al variare delle condizioni termiche e igrometriche, incombustibile e previene la propagazione del fuoco, permeabile al vapore.

- Pannello per intercapedine in lana di roccia con densità 40 kg/mc.



Pannello Rockwool con densità 40 kg/mc.

L' applicazione è per l'isolamento termico e acustico di intercapedine di pareti divisorie, contribuisce al miglioramento delle prestazioni fonoisolanti, non subisce variazioni dimensionali al variare delle condizioni termiche e igrometriche, incombustibile e previene la propagazione del fuoco, permeabile al vapore.

Per il rivestimento esterno si è preso come riferimento il sistema di facciata ventilata in legno "Woodwrap" dell'azienda Ravaoli soluzioni in legno con le seguenti caratteristiche:

- Basso impatto ambientale e materiale riciclabile;
- Edificio più salubre, senza fenomeni di condensa e batteri;
- Non produce rifiuti tossici durante la posa;
- Ingombri limitati e modulare;
- Buon isolamento termico, poiché non crea ponti termici;
- Pratica posa a secco, senza collanti.

Per la facciata esterna è stato scelto un rivestimento in legno che oltre ad avere un effetto decorativo, protegge la struttura da agenti atmosferici esterni. Come mostrato nella stratigrafia è previsto per tanto un rivestimento isolato e ventilato, poiché nello spessore del legno di abete è prevista un'intercapedine che permette la ventilazione, dove viene posizionato il telaio a sostegno del rivestimento, con giunti per evitare le infiltrazioni di acqua.

Tramezzo Interno

Per il tramezzo interno è stato scelto lo stesso sistema strutturale della parete portante, ovvero con telaio coibentato internamente con lana di roccia, con pannelli di chiusura in gesso. È stato previsto un ulteriore isolamento interposto nell'intercapedine degli impianti e finitura in intonaco bianco verso il deposito e il bagno, con densità di 40 kg/mc. Le facce esterne invece prevedono un rivestimento in legno di abete.

Modifica assieme

Famiglia: Muro di base
 Tipo: Tramezzo Interno
 Spessore totale: 250,0
 Resistenza (R): 5,4616 (m²K)/W
 Massa termica: 5,31 kJ/K

Altezza esempio: 6000,0

Strati	Funzione	Materiale	Spessore	Ripiegature	Materiale strutturale
1	Finitura 1 [4]	Finitura - Bianca	15,0	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Strato Termico/Camera d'ari	Pannello di lana di roccia	50,0	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Contorno del nucleo	Strati sopra ripiegatura	0,0		
4	Sostrato [2]	Gesso rinforzato con fibra di vetro	15,0		
5	Struttura [3]	Telaio coibentato internamente con pannelli di lana di roccia	140,0		
6	Sostrato [2]	Gesso rinforzato con fibra di vetro	15,0		
7	Contorno del nucleo	Strati sotto ripiegatura	0,0		
8	Finitura 2 [5]	Abete	15,0	<input checked="" type="checkbox"/>	

LATO INTERNO

Inserisci Elimina Su Giù

Ripiegatura di default: Agli inizi: (Non ripiegare) Alle estremità: (Nessuno)

Modifica struttura verticale (strumenti attivi solo in anteprima sezione)

Modifica Unisci regioni Estrusione Assegna strato Dividi regione Scalalature

Visualizza: Pianta del pavimento Antepima >> OK Annulla ?

Strutturale	
Strutturale	<input type="checkbox"/>
Attiva modello analitico	<input type="checkbox"/>
Utilizzo strutturale	Non portante

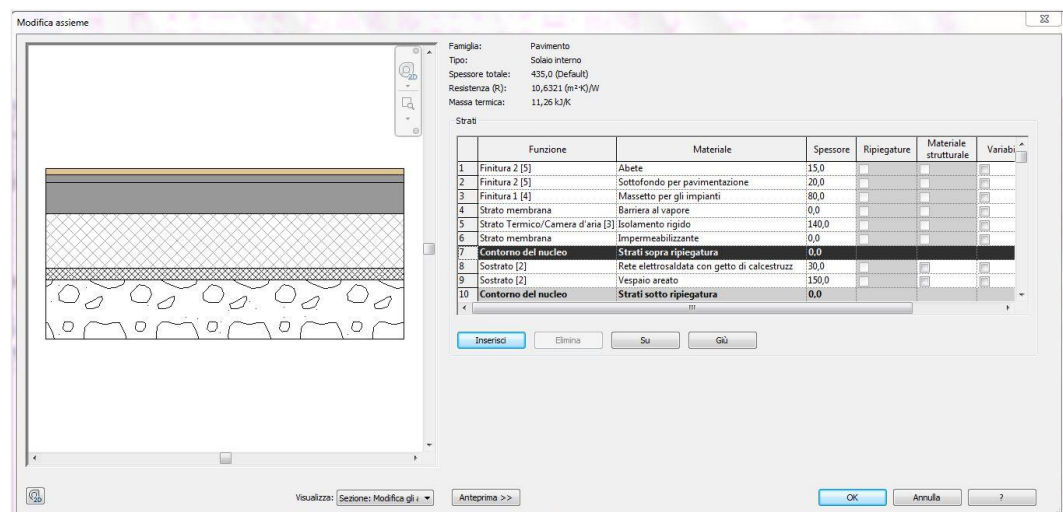
Passaggi rilevanti della definizione delle stratigrafie dei sistemi di parete scelti.

Non avendo proprietà portanti non sono state attivate le proprietà strutturali dei tramezzi interni.

Solaio interno

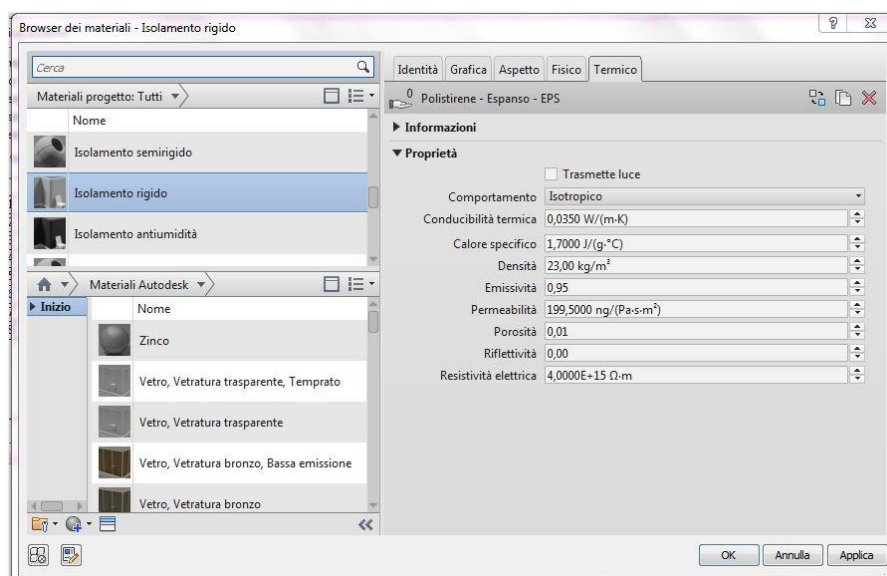
Tutti gli strati del solaio interno sono stati modellati al di sopra della platea di fondazione, per tanto non è presente nessun strato con funzione strutturale. Si è scelto un solaio che presenta il vespaio areato, al fine di separare la soletta dal sedime, per evitare qualsiasi tipo di deteriorazione.

Qui di seguito viene riportata la stratigrafia del solaio, tenendo conto della membrana impermeabilizzante antirisalita, del massetto porta impianti e della barriera al vapore in fogli di polietilene, per limitare il passaggio del vapore per evitare fenomeni di condensa.

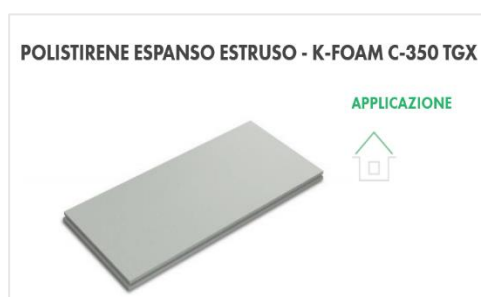


Passaggi rilevanti della definizione delle stratigrafie del tipo di solaio scelto.

Per il pavimento è stato previsto un rivestimento in legno, mentre per il sistema isolante sono stati previsti dei pannelli di polistirene espanso estruso con spessore di 80 mm e 60 mm, del totale di 140 mm. Il riferimento scelto è il pannello isolante di tipo K-FOAM C350 della casa produttrice Knauf con buone capacità termiche e alta resistenza a compressione.



Le immagini seguenti mostrano il settaggio delle proprietà isolanti per il pannello di polistirene espanso nel pacchetto del solaio



Pannello di polistirene espanso nel pacchetto del solaio.

Solaio esterno

Per il solaio esterno è stato scelto un pavimento flottante montato a secco, con le fughe tra i pannelli aperti che permettono lo scivolamento dell'acqua piovana nell'intercapedine sotto il rivestimento, posato direttamente sulla platea con una guaina impermeabilizzante.

Il sistema a cui si fa riferimento è di tipo UniFlair, della casa Schneider che presenta una struttura regolare e modulabile che raggiunge altezze fino a 62 cm e che garantiscono un piano livellato, in asse con il rivestimento interno della struttura, per evitare qualsiasi tipo di ostacolo nel passaggio.

Modifica assieme

Famiglia: Pavimento
 Tipo: Solaio esterno
 Spessore totale: 235,0 (Default)
 Resistenza (R): 8,7667 (m²K)/W
 Massa termica: 0,99 kJ/K

Strati

	Funzione	Materiale	Spessore	Ripiegature	Materiale strutturale	Variabile
1	Contorno del nucleo	Strati sopra ripiegatura	0,0			
2	Finitura 2 [5]	Abete	20,0			
3	Strato Termico/Camera d'aria [3]	Aria	215,0			
4	Contorno del nucleo	Strati sotto ripiegatura	0,0			
5	Strato membrana	Impermeabilizzante	0,0			

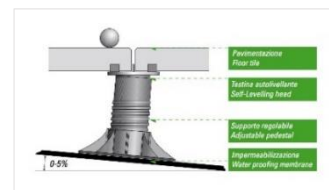
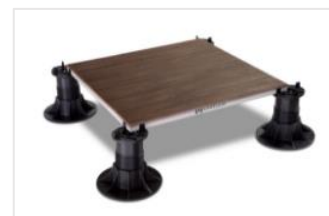
Inserisci Elimina Su Giù

Visualizza: Sezione: Modifica gli i Antepriima >> OK Annulla ?

Passaggi rilevanti della definizione delle stratigrafie del tipo di solaio scelto.



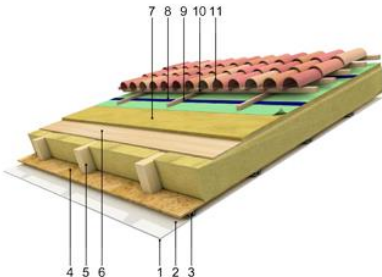
Pavimento flottante Schneider.



Copertura di tipo Futura

Per la stratigrafia della copertura opaca è stato scelto un sistema portante a telaio in legno, in particolare facendo riferimento a un sistema costruttivo dell'azienda E-Costruire come per le pareti portanti, la Copertura Futura – CF1, poiché soddisfa i requisiti strutturali e termici voluti.

Il modulo presenta la seguente stratigrafia:

 <p>Stratigrafia dal sito web E-Costruire.</p>	Stratigrafia elementi	
	1. Rasatura superficiale a base gesso	ZONA CLIMATICA E
	2. Lastra in fibro gesso sp. 10 mm e barriera al vapore	
	3. Orditura metallica per fissaggio fibro gesso con interposto pannello in lana di roccia sp. 50 densità media 40 kg/mc	U PERIODICA (W/mqk) 0.002
	4. Pannello OSB 3 con nastratura	Sfasamento (ore) 20h 49'
	5. Puntoni in legno lamellare piallati e trattati, sezione media pari a 12×24 con interposto pannello in fibra di legno densità media 110 kg/mc	U di PROGETTO (W/mqk) 0.101
	6. Tavolato continuo in tavole di legno sp.20 mm con giunti a maschio e femmina	
	7. Pannello in lana di roccia sp. 60 densità media 150 kg/mc	
	8. Telo di protezione traspirante e impermeabile con nastratura dei giunti	
	9. Strato di ventilazione sotto tegola costituito da listelli distanziali sovrapposti all'isolante	
	10. Listello portategola	
	11. Manto di copertura ad elementi discontinui	

Il manto di copertura è stato sostituito dalla posa dei collettori solari termici su parte dell'area della copertura, utilizzato per scaldare l'acqua sanitaria, che hanno come supporto i listelli in legno con vasca collettore in alluminio integrata.

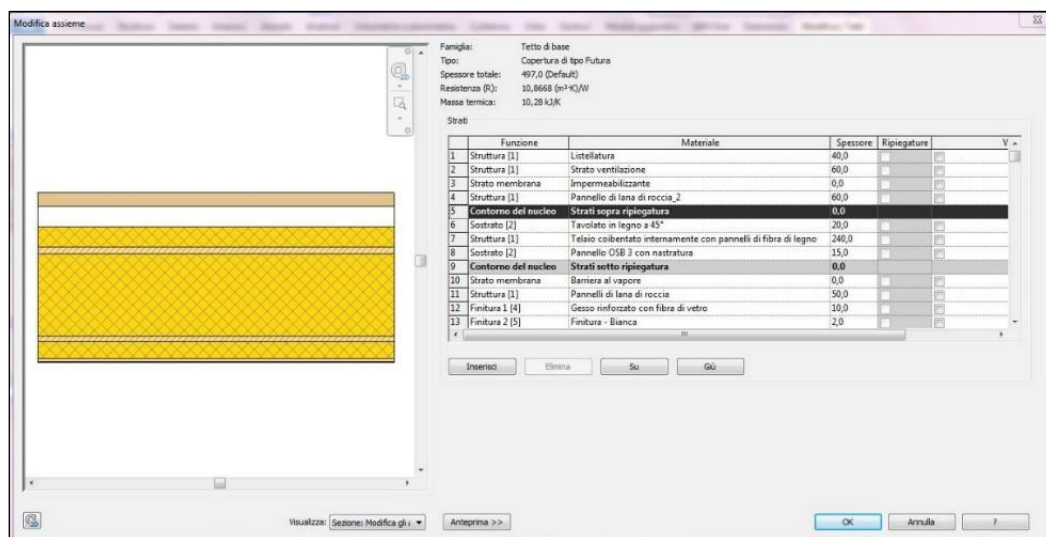
I pannelli, essendo mezzo per la produzione di energia termica, sono parte integrante del modello MEP, per tanto non sono stati considerati a livello di modellazione nella stratigrafia della copertura.



Esempio caso di posa del collettore solare termico su un'abitazione, con listellatura di sostegno e listellatura portategola.

Il modulo comprende le stratigrafie con le seguenti caratteristiche dall'esterno verso l'interno:

1. Pannelli solare termico con superficie in vetro captante selettiva;
2. Vasca e intercapedine debolmente ventilata;
3. Listellatura in legno per rivestimento e supporto dei collettori solari;
4. Strato di ventilazione costituito da listelli distanziali sovrapposti all'isolante;
5. Guaina impermeabilizzante;
6. Pannello in lana di roccia densità media 150 kg/mc;
7. Tavolato in legno a 45°;
8. Telaio coibentato internamente costituito da puntoni in legno lamellare piallati e trattati, con sezione media pari a 120x240 con interposto pannello in fibra di legno con densità media 110 kg/mc;
9. Pannello in tavole a fibre orientate OSB 3 con nastratura;
10. Barriera vapore ritardante la fiamma;
11. Pannelli in lana di roccia con densità 40 kg/mc;
12. Gesso rinforzato con fibra di vetro con orditura metallica per fissaggio delle lastre;
13. Intonaco di finitura bianca.



Passaggi rilevanti della definizione delle stratigrafie del sistema di copertura scelto.

Il modulo risponde ai requisiti di trasmittanza voluta, in quanto presenta:

- trasmittanza termica di $0,119 \text{ W/ m}^2\text{K}$ rispettando i requisiti minimi degli edifici delle prestazioni energetiche, del DM del 26 giugno 2015, per la definizione della trasmittanza termica delle strutture opache orizzontali di $0,25 \text{ W/ m}^2\text{K}$, soddisfacendo anche i valori previsti per il 2021, ovvero di $0,22 \text{ W/ m}^2\text{K}$.

Nelle scelte di progetto dei materiali isolanti vi sono i pannelli della casa produttrice Naturalia-bau:

- Isolante in fibra di legno con densità 110 kg/mc .

2.9 Redazione della Work Breakdown Structure (WBS)

Come anticipato nel capitolo 1.2 la quarta dimensione del BIM porta dei benefici a supporto del Construction Management, nell'ottimizzazione dei processi costruttivi e pianificazione delle tempistiche di lavoro nelle diverse fasi, avviando processi di coordinamento tra diversi attori coinvolti e i costruttori stessi.

Il workflow si pone di legare tutti le entità del progetto, che sono state oggetto di modellazione, con una WBS, la Work Breakdown Structure, ovvero “struttura di scomposizione del lavoro” uno strumento essenziale per la pianificazione e gestione del lavoro in un team progettuale, puntando a una programmazione delle attività di lavoro efficiente.

Riguardo quanto appena enunciato, la WBS è uno strumento utile per chiarire tutte le informazioni e obiettivi legati al processo costruttivo, al fine di ottenere un modello relazionato alla valutazione dei costi degli elementi, delle attività coinvolte e dei tempi di lavorazione riferite agli elementi di progetto.

Per la redazione della struttura WBS si è proceduto per livelli, secondo uno schema “top down”, dove il primo livello rappresenta l'obiettivo del progetto, i livelli successivi rappresentano le attività che sono legate alle fasi di lavorazione del processo costruttivo del progetto, specificando la disciplina di appartenenza e esplicitando la tipologia dell'entità. A tal proposito sono stati individuati i diversi livelli della struttura, in base agli obiettivi preposti ovvero Fabbricato, Disciplina, Tipologia, Fase, Posa.

FABBRICATO

Il primo livello rappresenta il caso studio, ovvero l'area di interesse di cantiere. Si è ritenuto esplicitare l'area di interesse in quanto in un'ottica di team progettuale e di modello federato, ogni cantiere avrà una sua struttura WBS, poiché le tempistiche di lavoro possono essere diverse.

DISCIPLINA

Il secondo livello rappresenta la funzione, (architettonico, strutturale, impiantistico) degli elementi all'interno del progetto e la priorità nel processo costruttivo.

TIPOLOGIA

Il terzo livello rappresenta la categoria di appartenenza dell'elemento, già identificati nella "Tipologia di categoria" del codice di nota chiave.

FASE

Il quarto livello rappresenta la fase di creazione degli elementi, ovvero l'attività di lavoro in cui avviene la costruzione o il montaggio di essi.

POSA

Il quinto ed ultimo livello rappresenta il progressivo della posa dei singoli elementi, per garantire l'ordine e una gerarchia di essi all'interno della stessa fase di lavorazione.

Pur essendo unico il cantiere, ogni livello ha un'ulteriore suddivisione per inquadrare al meglio l'elemento, poiché sussistono diverse discipline di appartenenza, diverse tipologie che verranno enunciate anche con il codice di nota chiave, molteplici fasi di lavoro di cui si è un numero progressivo di posa per ogni elemento.

Questa suddivisione viene riportata nella seguente tabella riferita alla struttura della WBS.

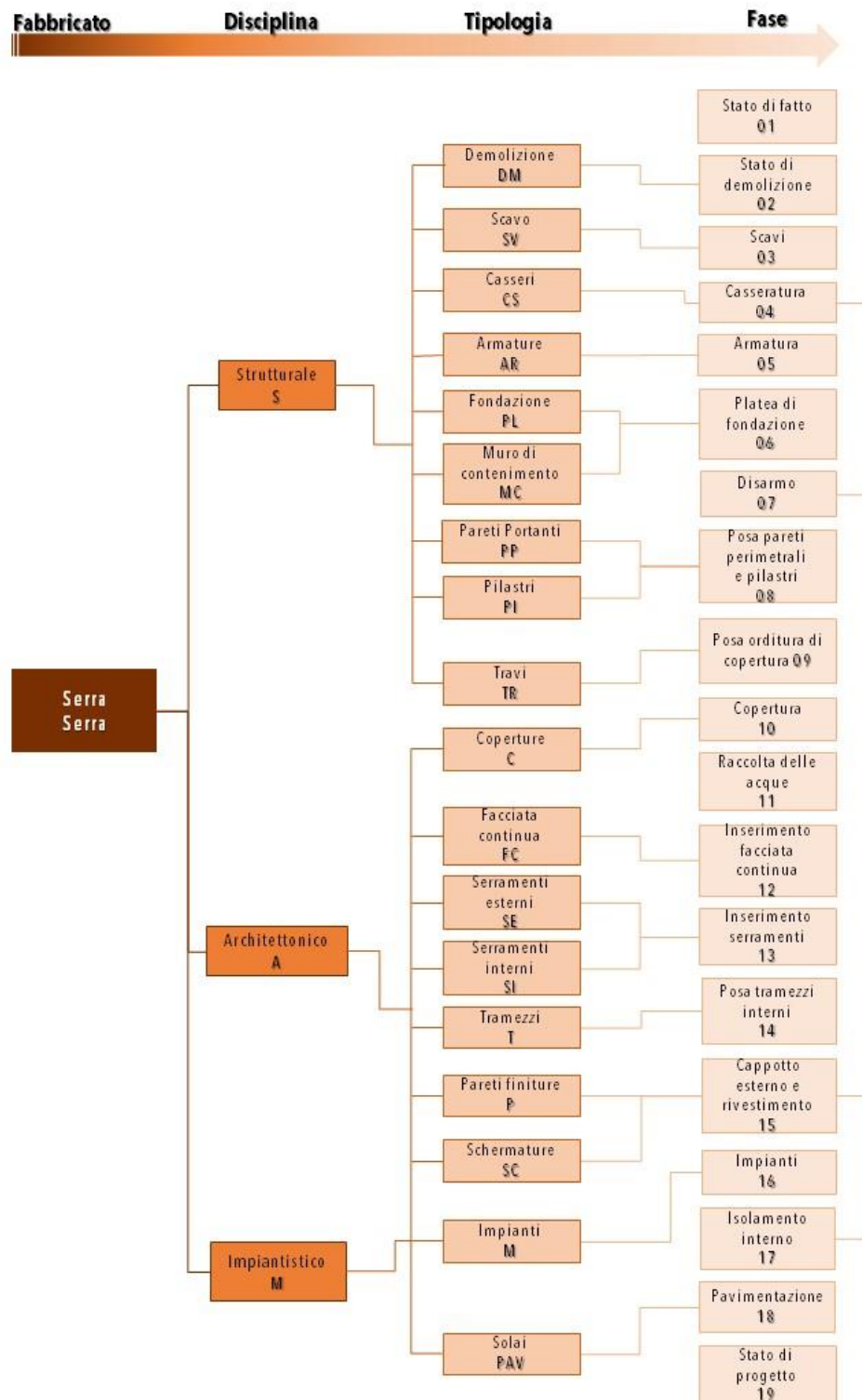
Livello WBS	Dati	Nome	Sigla
Livello 1	Fabbricato	Serra	Serra
Livello 2	Disciplina	Strutturale Architettonico MEP	S A M

Livello 3	Tipologia	Demolizione	DM
		Scavi	SV
		Casseri	CS
		Armature	AR
		Fondazione	PL
		Muro di contenimento	MC
		Pareti Portanti	PP
		Pilastr	PI
		Travi	TR
		Coperture	C
		Facciata Continua	FC
		Serramenti esterni	SE
		Serramenti interni	SI
		Tramezzi	T
		Pareti finiture	P
		Schermature	SC
		Impianti	M
		Solai	PAV
Livello 4	Fase	Stato di fatto	01
		02.Stato di demolizione/costruzione	02
		03.Scavi	03
		04.Casseratura	04
		05.Armatura	05
		06.Platea di fondazione	06
		07.Disarmo	07
		08.Posa pareti perimetrali e pilastri	08
		09.Posa orditura di copertura	09
		10.Copertura	10
		11.Sistema raccolta delle acque	11
		12.Inserimento facciata continua	12
		13.Inserimento serramenti	13
		14.Posa tramezzi interni	14
			15

		15.Cappotto esterno e rivestimento	16 17
		16. Impianti	18
		17.Isolamento interno	19
		18.Pavimentazione	
		Stato di progetto	
Livello 5	Posa	Posa 1	01
		Posa 2	02
		Posa 3	03
		Posa 4	04
		Posa 5	05
	
		Posa 33	33

A differenza dai codici di nota chiave sono stati inseriti anche codici riguardanti elementi che rappresentano una fase di lavoro e per tanto sono stati materializzati, come la fase di demolizione e di casseratura.

Si riporta anche il diagramma Top Down della struttura WBS.

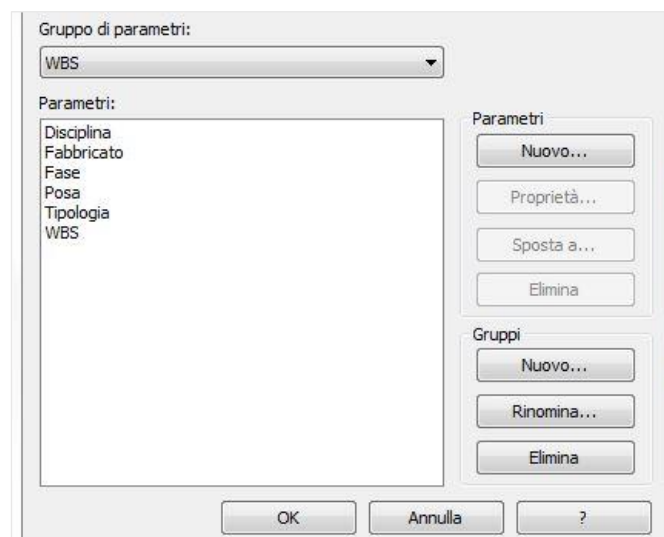


2.9.1 Il codice WBS per l'interoperabilità

Il codice è il rappresentativo della WBS, dove ogni fase viene associata a un elemento, rendendo quindi ovvia l'esigenza della modellazione anche nelle sotto fasi di lavoro, come illustrato in precedenza. Per tali ragioni, specificare il livello di progetto da raggiungere è molto importante, in modo da essere in linea con le attività elencate del caso studio. In particolare attraverso la redazione del codice, si sono voluti perseguire i seguenti obiettivi:

- Associare le attività di lavoro e le informazioni legate ad esse agli elementi, all'interno del progetto;
- Creare una corrispondenza univoca di ogni elemento, esplicitando la categoria di appartenenza secondo la tipologia;
- Individuare la quantità degli elementi, nel rispetto del livello di progetto, al fine di ottenere una progressione della loro costruzione;
- Determinare la successiva pianificazione delle lavorazioni e la messa in sequenza di esse.

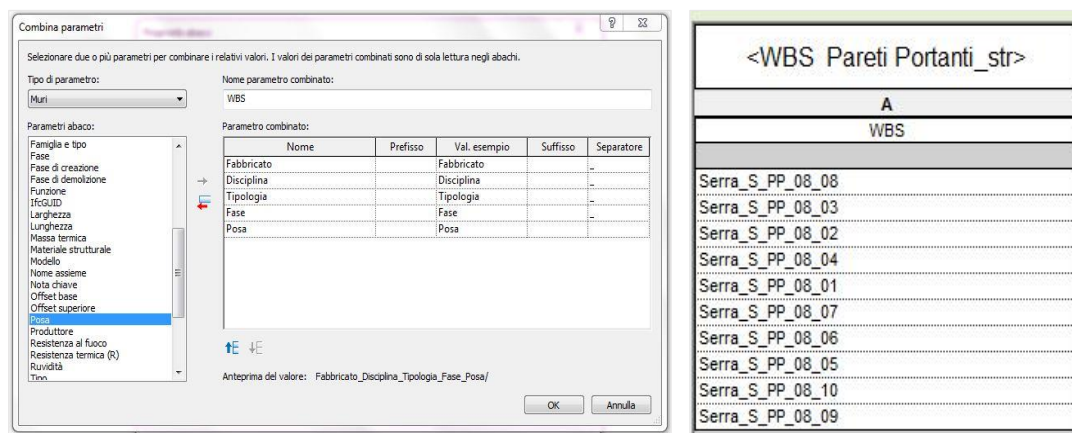
Per la redazione del codice che identifica i singoli elementi in tutto il processo costruttivo, è stato necessario creare dei parametri condivisi rappresentanti i livelli della WBS descritti in precedenza.



Creazione del gruppo di parametri condivisi WBS.

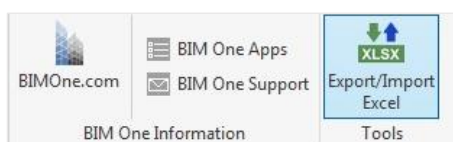
La compilazione dei singoli campi è avvenuta manualmente, specificando la sigla corretta per ogni livello della WBS.

Inizialmente si è cercato di raggiungere un codice WBS completo senza dover ricorrere a Software esterni a Revit, utilizzando la funzione “combina parametri”, al fine di ottenere un abaco dei codici. Ciò che ne ha impedito l’uso è stata l’impossibilità di avere una compilazione automatica del campo del parametro WBS, dovendo inserire quindi manualmente i diversi codici prodotti, un processo lungo e che avrebbe potuto risultare rischioso avendo molti elementi e soprattutto molti progressivi di posa. Inoltre nel caso in cui ci fossero state delle modifiche, si sarebbe dovuto trascrivere il codice giusto.

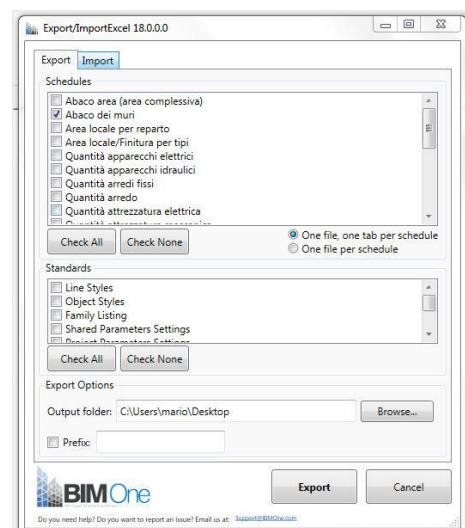


Prova n.1-Creazione del codice WBS con la funzione combina parametri.

Sempre per avere una compilazione automatica, si è cercato di esportare l’abaco ottenuto in un foglio Excel con l’applicativo BIM One, cercando poi di importare in Revit il file ottenuto, sempre ai fini della compilazione dei campi, utile nel caso in cui si volessero fare delle modifiche sui codici dei singoli parametri.



Prova n.2-Esportazione dell’abaco creato e importazione del file di scambio Excel con l’ausilio di BIM One.

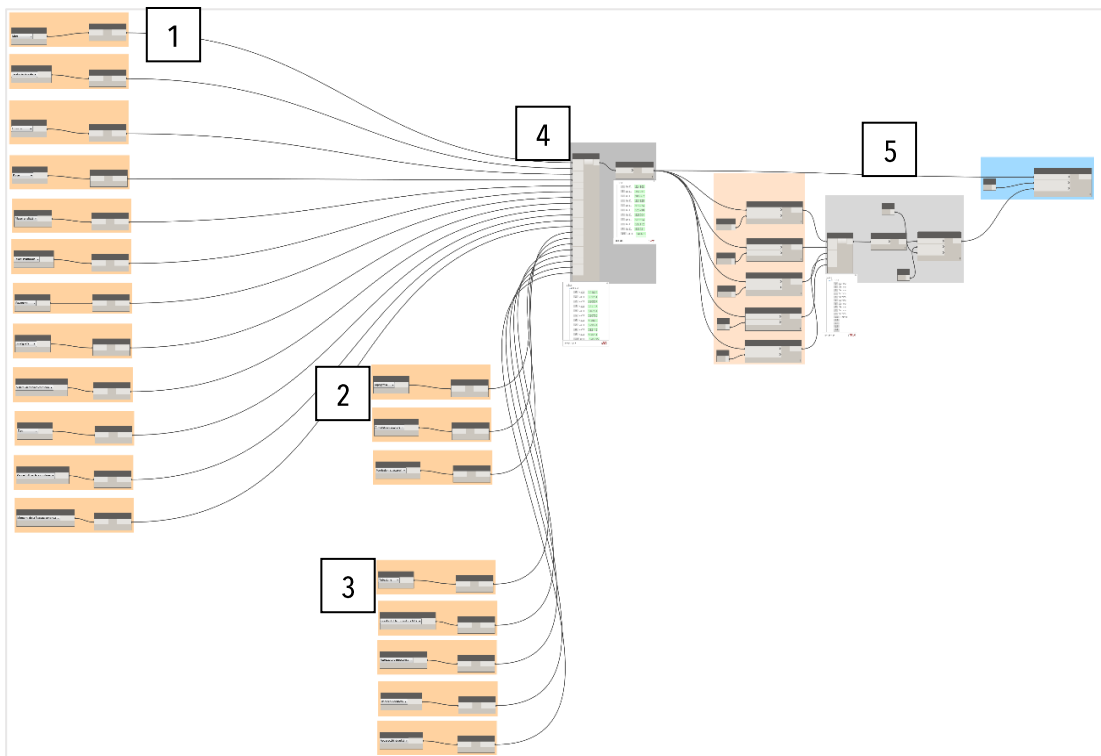


L' esportazione con BIM ONE non permette la visualizzazione di parametri combinati e calcolati, ma soltanto la modifica dei contenuti dei singoli parametri modificabili, ottenendo così un processo unilaterale.

Un ultimo tentativo è stato fatto attraverso l'esportazione degli abachi attraverso il percorso "esporta>rapporti>abachi" in un foglio di lavoro Excel, estraendo un file .txt da inserire nel programma, ma si presentava lo stesso problema.

Per tali ragioni, si è proceduto con l'utilizzo di Dynamo, che ha permesso la compilazione automatica del codice WBS, così da poter gestire tutte le informazioni degli elementi necessari. È possibile che molti elementi con stessa tipologia presentino lo stesso codice WBS, essendo quest'ultimo legato alla fase di lavorazione in cui sono presenti gli elementi; ciò che li diversificherà saranno i numeri progressivi di posa.

Viene riportato lo script utilizzato per la compilazione automatica del codice WBS con Dynamo. (Prova n. 3).

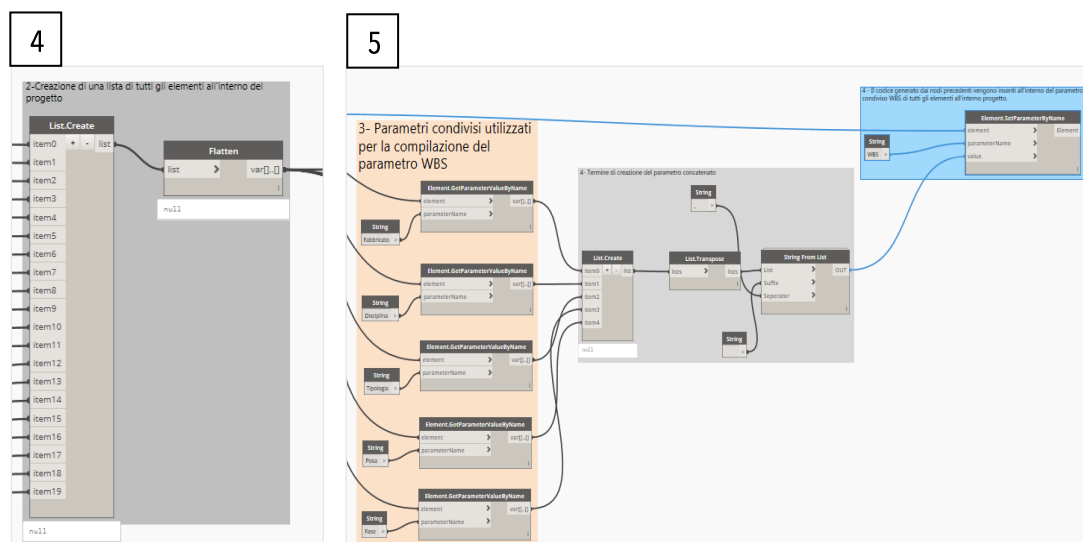


Script di Dynamo per la creazione del codice WBS.



Prima parte dello script.

Nella prima figura in alto sono mostrati gli elementi rappresentanti le unità tecnologiche, nelle figure in basso, gli elementi riguardanti gli impianti, nella terza gli elementi delle fondazioni strutturali.



Seconda parte dello script.

Nella prima figura vi è la lista contenente tutti gli elementi del progetto. Nella seconda figura vi sono i settaggi per la creazione del codice WBS, unendo i parametri condivisi creati.

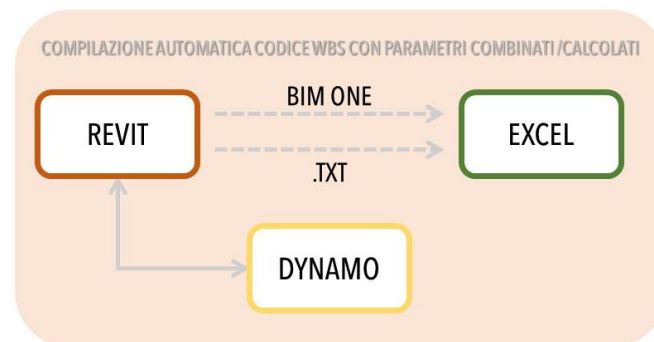
Come si può vedere nell'esempio dell'immagine seguente, si ottiene la compilazione automatica del codice nel campo del parametro condiviso WBS.

Costruzione	
WBS	Serra_S_PP_08_01
Fabbricato	Serra
Disciplina	S
Tipologia	PP
Fase	08
Posa	01

Creazione del codice WBS.

La volontà di ricorrere all'utilizzo di Dynamo è stata dettata dal fatto che vi era la necessità di identificare i diversi elementi nelle diverse fasi di lavorazione, per avere un progresso di tutte le attività coinvolte, evitando rischi che derivano da un cattivo monitoraggio del processo costruttivo.

Si riporta uno schema del flusso di lavoro per la compilazione automatica del codice WBS.



Computazione automatica codice WBS con parametri combinati calcolati.

2.10 Redazione del codice per unità tecnologiche

Un nodo fondamentale del controllo e pianificazione della progettazione in BIM è la possibilità di poter monitorare le informazioni tecniche ed economiche nelle varie fasi del progetto, attraverso la produzione automatica di documenti ai fini della gestione

dei costi, avendo come dati input il modello architettonico, il modello strutturale e quello impianti.

Per agevolare il flusso di computazione e l'individuazione dei costi relazionati agli elementi è stato necessario creare un codice identificativo utile per la redazione di abachi per la stima dei costi, attraverso la creazione di un parametro di nota chiave, il cui valore può essere ricavato da un file .txt che contiene tutte le note chiave riferite ai singoli elementi presenti nel progetto.

La fase di computazione, in questo modo prevede l'applicazione del costo unitario dell'elemento, nonché oggetto parametrico in Revit, le misure annesse e il costo delle lavorazioni derivanti da prezziari di riferimento.

Determinata la funzione del codice per il caso studio si è proceduto con la sua composizione, dove ogni sigla rappresenta un contenuto diverso, al fine di individuare:

- **Classificazione** dell'elemento in base alla normativa UNI 8290;
- **Disciplina** di appartenenza dell'elemento;
- **Tipologia di categoria** dell'elemento in base alla sua funzione;
- **Tipologia dell'elemento** all'interno della categoria di riferimento.

Per tali ragioni si ottiene il seguente codice:

0.0.0.X.YY.00

La prima parte del codice, come anticipato in precedenza, riprende la classificazione delle unità tecnologiche prevista dalla Normativa UNI 8290, sezione 1, ovvero riferita all' "edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Classificazione e terminologia".

Ogni elemento della sigla numerica rappresenta un livello di scomposizione del sistema edilizio:

- Classi di unità tecnologiche (primo livello);
- Unità tecnologiche (secondo livello);
- Classi di elementi tecnici (terzo livello).

Si è voluto inserire la classificazione determinata dalla normativa come prima parte del codice di nota chiave al fine di categorizzare gli

elementi in un quadro di riferimento normativo, ponendo ogni elemento presente nel progetto all'interno di una classe di unità tecnologica elencate nella normativa.

A monte di questa scelta, vi è stato un confronto tra i diversi sistemi di classificazione in uso e riconosciuti a livello nazionale. Il primo sistema analizzato è quello Omniclass, che si basa sulle regole della norma "ISO/FDIS 12006-2:2001. Sono previste delle tabelle di classificazione degli elementi costruttivi, con la possibilità di combinare diverse voci per ottenere una classificazione più esaustiva. Ma proprio questo aspetto dell'assegnazione di diverse descrizioni ad un elemento determina la creazione di una classificazione difficilmente gestibile perdendo l'unicità del codice attribuito.

Il secondo sistema riguarda la Unifomat II, che riprende la scomposizione gerarchica della Norma UNI 8290, in base alle unità funzionali; all'interno della schematizzazione dei livelli non vi è una corrispondenza con gli elementi all'interno del progetto, soprattutto per gli elementi strutturali puntuali.

Il terzo e ultimo sistema analizzato è la Norma UNI 8290, che classifica gli elementi in base alla loro funzione, determinando classi di unità tecnologiche e unità tecnologiche stesse rappresentate dagli elementi costruttivi, intese come elementi funzionali al fine di raggiungere le prestazioni volute. Per tali ragioni si è scelto quest'ultimo come sistema di classificazione per l'utilizzo della nota chiave, non solo perché è l'unica norma italiana di classificazione dei componenti di un sistema edilizio ma soprattutto perché si è voluto creare una relazione tra voce di costo ed elementi individuati in base alla loro funzione all'interno del fabbricato.

La suddivisione della normativa non è sembrava esaustiva per il tipo di codice cercato, per tanto si è deciso di completarlo con altri riferimenti.

La seconda parte del codice descrive la disciplina di appartenenza dell'elemento ovvero, Architettonico (A) o Strutturale (S) o Impiantistico (M) in modo da poter fare una previa distinzione tra le unità tecnologiche.

La terza parte del codice rappresenta la categoria di appartenenza dell'elemento a seconda della sua funzione. Questa suddivisione è stata già utilizzata per la compilazione del codice WBS.

Si riporta qui di seguito l'elenco in cui ogni sigla corrisponde a una determinata categoria.

Codifica	Categoria
PP	Pareti Portanti
MC	Muro di contenimento
FC	Facciata continua
P	Pareti finiture
C	Coperture
PAV	Solai
PI	Pilastrì
TR	Travi
T	Tramezzi
SE	Serramenti esterni
SI	Serramenti interni
SC	Schermature
PL	Fondazione
AR	Armature

La quarta parte del codice, caratterizzato da un numero progressivo, serve a identificare la tipologia dei diversi elementi in base alle proprietà geometriche all'interno di un'unica categoria. Per molte categorie sono presenti diverse tipologie di elementi, pertanto è stato necessario fare questa ulteriore suddivisione. Di seguito è stato riportato, come esempio, nota chiave, riferito a un tipo di trave in legno strutturale.

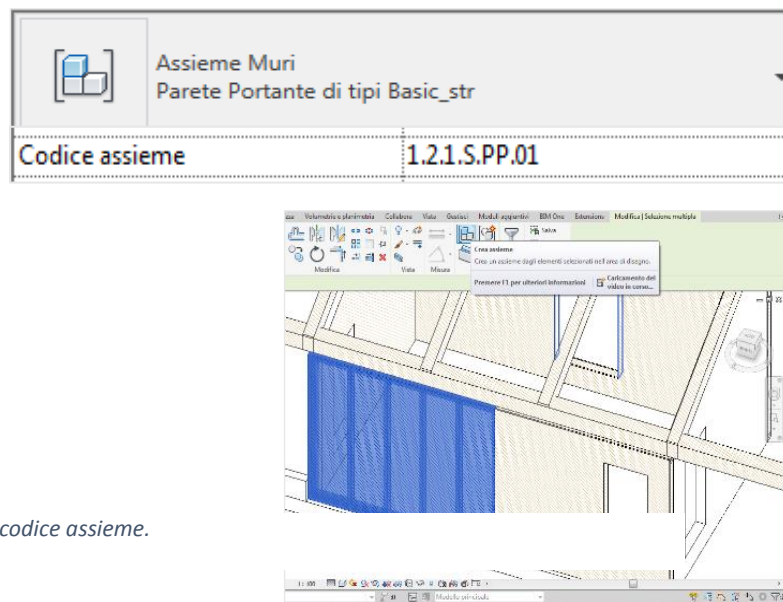
Nota chiave	1.2.2.S.TR.03
--------------------	----------------------

Figura 1 Esempio di codice di nota chiave.

INSERIMENTO CODICE CON IL PARAMETRO NOTA CHIAVE

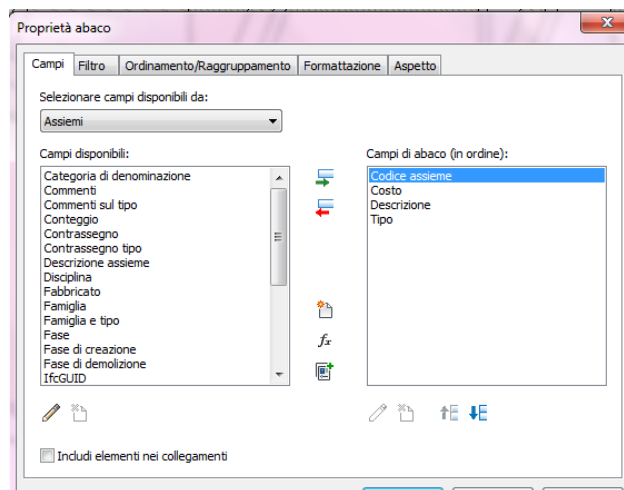
Per l'inserimento del codice di alcuni elementi composti, come per esempio le pareti portanti, che contengono il telaio strutturale, si è proceduto eseguendo due diverse prove, ovvero attraverso il codice assieme e successivamente con il codice di nota chiave. Il codice assieme permette di combinare diversi elementi in un unico oggetto, utile nel caso della parete composta.

Facendo una prova di validazione con una parete, si è inserito il codice assieme, di seguito si riporta il tentativo:



Prova del codice assieme.

Successivamente si è estratto un abaco con i campi compilati interessati e si è constatato che non era disponibile la voce “area” da poter inserire nell’abaco, essendo un elemento composto. Questo

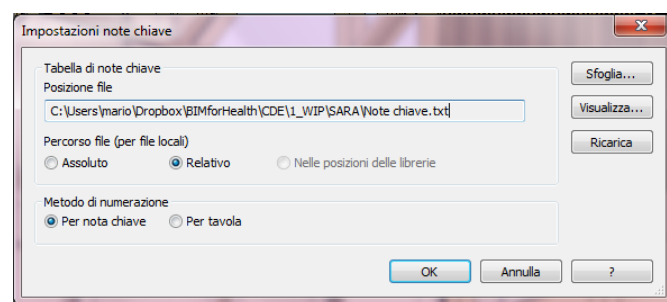


Estrazione di abachi con il codice assieme, non disponibile la voce “area”.

sarebbe stato limitante in quanto sarebbe stato necessario creare un ulteriore parametro “area” da compilare manualmente, per poter moltiplicare il costo unitario per i metri quadri delle singole pareti.

A tal proposito si è scelto di utilizzare il codice nota chiave, più esaustivo ai fini della computazione.

Tutti i codici prodotti riferiti ai diversi elementi all’interno del progetto sono stati inseriti in un file *.txt* con un particolare settaggio di scrittura, per permetterne la lettura da Revit. Caricato il file di testo, è stato possibile rintracciare il codice d’interesse per la compilazione della voce di nota chiave.



Annota, Nota chiave.

Questo metodo ha permesso di associare l’elemento, il codice attribuito e la descrizione presente nel file di testo rendendo più semplice la lettura e l’individuazione dell’oggetto di interesse in presenza di diverse tipologie all’interno di una stessa categoria. In un’ottica di stima dei costi è utile avere questa distinzione, soprattutto in fase di avanzamento di modellazione per una possibile comparazione dei costi di diverse proposte, per esempio le finiture e aggiornamento e/o incremento di codici.

Alcuni componenti, come per esempio gli elementi di topografia, non dispongono della voce nota chiave, per questo è stato necessario inserire un parametro in Dati, dove poter inserire il codice.

Poiché vi era l’esigenza di poter gestire le diverse stratigrafie dei muri e nei solai anche nella computazione, e perciò inserire un codice di nota chiave per ogni finitura, si è dovuto ricorrere alla creazione di un parametro d’istanza nominato “stratigrafia” in Dati. Ogni finitura, visibile attivando la visibilità “mostra stratigrafia” presenta il suo codice nota chiave determinato secondo la dicitura spiegata in

precedenza. Qui di seguito viene riportato un esempio di nota chiave per un tipo di stratigrafia.

Dati	
Stratigrafia	2.1.1.A.P.04

Esempio di nota chiave per le stratigrafie.

Nella pagina seguente è possibile visionare tutti i codici di nota chiave che sono stati utilizzati all'interno del progetto, comprese le stratigrafie.

Note chiave - [C:\Users\mario\Dropbox\BIMforHealth\CDE\1_WIP\SARA>Note chiave.txt]	
Valore chiave	Testo nota chiave
AR	Armatura
1.2.2.S.AR.01	Armatura platea
C	Coperture
2.4.1.A.C.01	Copertura di tipo Futura
2.4.2.A.C.01	Copertura vetrata
FC	Facciata continua
2.1.1.A.FC.01	Pannello_facciata continua
FO	Fondazione
1.1.1.S.PL.01	Platea in c.a_str
M	Muri
1.2.1.S.PP.01	Parete Portante di tipo Basic_str
1.3.1.S.MC.01	Muro di contenimento_attacco facciata continua
P	Pareti Finiture
2.1.1.A.P.01	Rivestimento legno esterno
2.1.1.A.P.02	Cappotto in lana di roccia densità 90 kg/mc con doppia ras...
2.1.1.A.P.03	Intercapedine impianti costituita da orditura metallica e lastra...
2.1.1.A.P.04	Rivestimento interno legno
2.1.1.A.P.05	Intonaco su rinzafo
PAV	Solai
2.3.1.A.PAV.01	Pavimento flottante_solaio esterno
3.2.1.A.PAV.01	Vespaio areato
3.2.1.A.PAV.02	Rete elettrosaldata con getto di calcestruzzo
3.2.1.A.PAV.03	Isolamento EPS
3.2.1.A.PAV.04	Massetto per gli impianti
3.2.1.A.PAV.05	Sottofondo per pavimentazione
3.2.1.A.PAV.06	Rivestimento abete
PI	Pilastr
1.2.1.S.PI.01	Pilastr in legno_str
S	Serramenti
2.1.2.A.SE.01	Finestra_doppia anta_
2.1.2.A.SE.02	Finestra_una anta
2.1.2.A.SE.03	Porta scorrevole automatica_doppia anta_chiusura tagliafu...
2.1.2.A.SE.04	Porta_doppia anta
2.4.2.A.SE.01	Finestra copertura_apertura a vasistas
3.1.2.A.SI.01	Porta scorrevole_doppia anta
3.1.2.A.SI.02	Porta scorrevole automatica_doppia anta
3.1.2.A.SI.03	Porta_una anta
3.1.2.A.SI.04	Porta scorrevole automatica_doppia anta
3.1.2.A.SI.05	Porta_una anta
SC	Schemature
2.1.1.A.SC.01	Schematura esterna_portico
2.4.1.A.SC.01	Schematura esterna_portico_copertura
2.4.1.A.SC.02	Schematura esterna_copertura
4.1.1.A.SC.01	Schematura esterna
T	Tramezzi
3.1.1.A.T.01	Tramezzo interno
TR	Travi
1.2.2.S.TR.01	Trave in legno_str_cordolo
1.2.2.S.TR.02	Trave in legno_str_rettangolare
1.2.2.S.TR.03	Trave in legno_str_sagomata
1.2.2.S.TR.04	Trave in legno_str_colmo
Testo nota chiave:	
Rivestimento abete	
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Annulla"/> <input type="button" value="?"/>	

Note chiave dei componenti di progetto.

3. Risultati

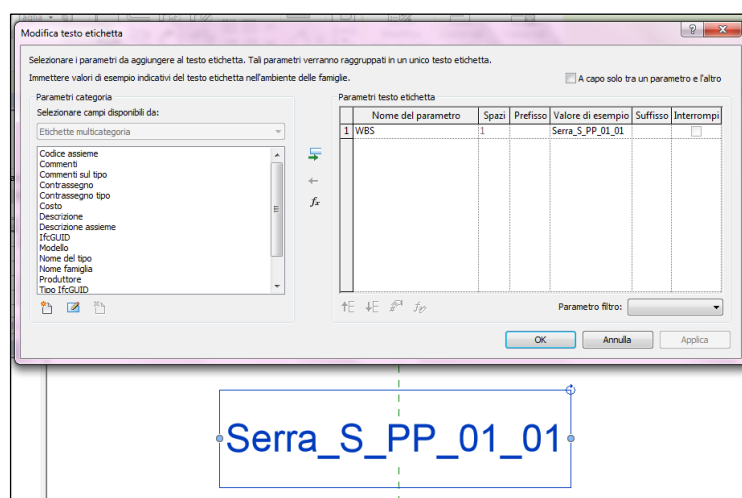
3.1 Gestione dei tempi e attività di coordinamento – BIM 4D

Come già spiegato, fin dalle prime fasi della progettazione è stato necessario individuare tutte le fasi di lavorazioni coinvolte nel processo edilizio determinate in ordine temporale in relazione al tipo di sistema costruttivo scelto, al fine di avere un diretto controllo delle singole attività.

CREAZIONE DELLE FASI SU REVIT

Le fasi individuate nei modelli federati sono state implementate nei modelli disciplinari riguardanti la serra; vista la molteplicità degli elementi, rilevante importanza è assunta soprattutto dalle fasi di montaggio in base alla tipologia degli elementi, stabilendo la successione delle lavorazioni già individuate nella redazione della WBS. La creazione delle fasi ha permesso di avere un'organizzazione ordinata del Browser di progetto, come già spiegato in precedenza, e poter creare delle viste per ottenere la documentazione grafica necessaria per il cantiere. Le fasi sono state individuate in seguito a una consultazione con degli esperti nel settore edile, nello specifico nel mondo della prefabbricazione, dove la gestione dei tempi e il rispetto del cronoprogramma sono uno dei punti cardine del cantiere.

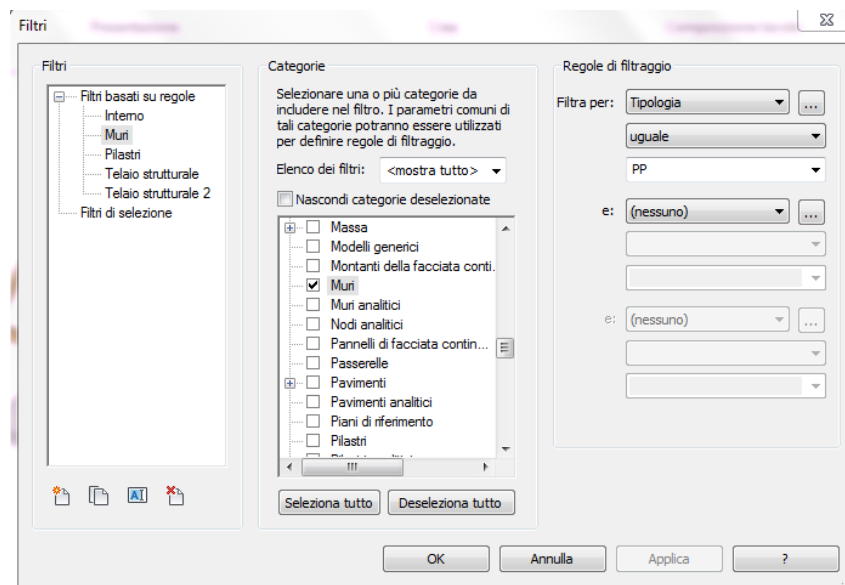
Come contrassegno per gli elementi nelle diverse fasi di montaggio, è stata creata una famiglia di “etichette” attribuendo nella famiglia il



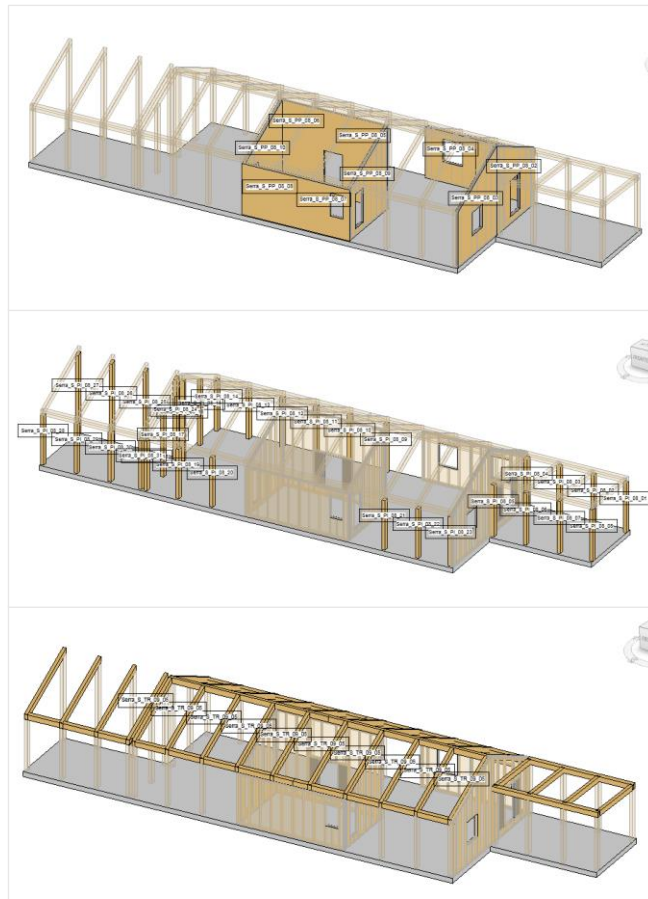
Creazione della famiglia di etichette contenente il codice WBS

parametro da individuare, in questo caso il parametro WBS, affinché ogni elemento sia contrassegnato dal relativo codice WBS.

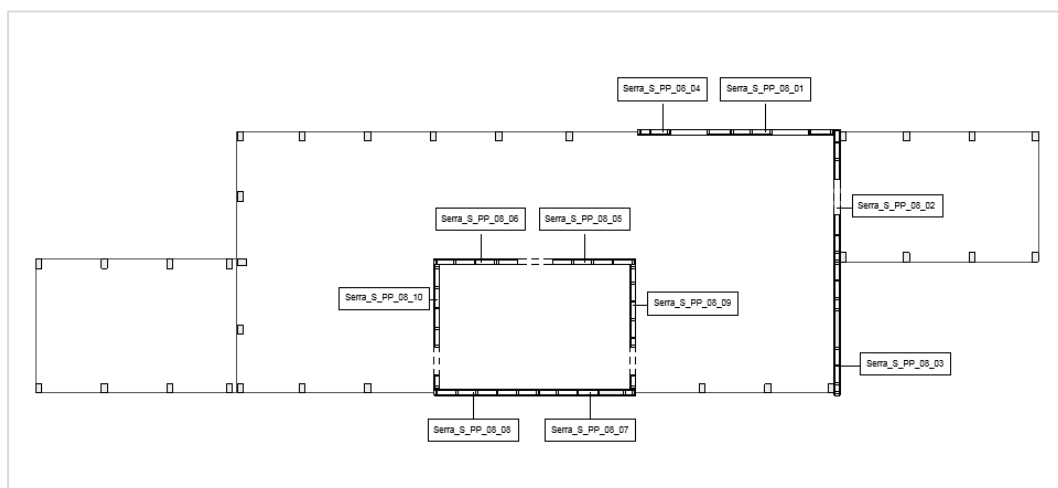
Questa operazione è stata fatta per individuare rapidamente, soprattutto in fase di cantiere, gli elementi strutturali portanti nelle diverse fasi di montaggio; per tali ragioni sono state create delle viste 2D e 3D con i pilastri, le pareti portanti e le travi con i relativi codici WBS contrassegnati. Nelle viste sono stati aggiunti dei “filtri” di visualizzazione, in modo da poter visionare la relazione tra gli elementi selezionati per tipologia e il rispettivo codice.



Creazione di filtri di visualizzazione.



Vista 3D con etichette WBS, in ordine: pareti, pilastri e travi.



Esempio di etichettatura per pareti portanti in pianta.

Un'altra documentazione utile per il cantiere che si è potuta ottenere è il tracciamento per la posa dei pilastri, attraverso l'inserimento di griglie, con numerazione progressiva a destra, e alfabetizzazione progressiva in alto. In questo modo è stato possibile ottenere la posizione esatta dei pilastri data dall'intersezione delle griglie, visibile nella finestra delle proprietà dei pilastri sotto la voce "contrassegno di posizione pilastro". Queste coordinate sono state inserite negli abachi al fine di avere l'immediata relazione del codice WBS univoco per ogni elemento, con conseguenze posizione e fase di appartenenza.

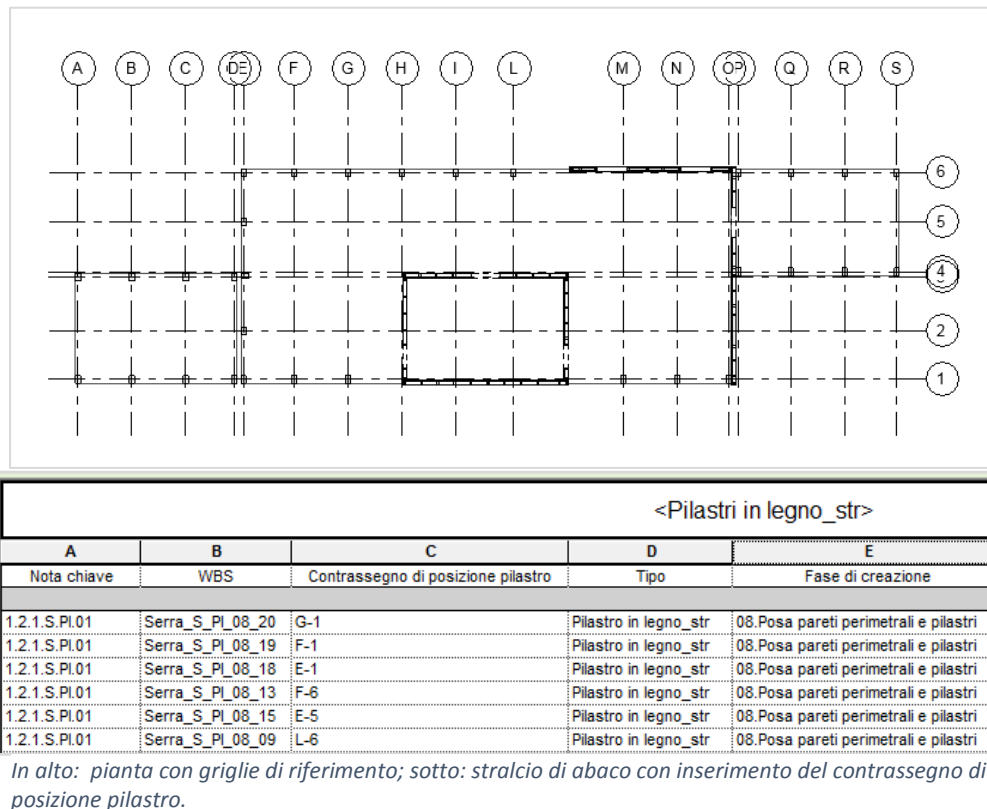


DIAGRAMMA DI GANTT

Le fasi temporali individuate su Revit sono state inserite in un foglio di lavoro in formato .mpp, di Microsoft Project in forma, software utile per la gestione dei dati temporali al fine di stilare un cronoprogramma delle attività. Il risultato atteso è il diagramma di Gantt, dove nella colonna a sinistra vengono inserite le diverse fasi di lavorazioni, mentre a destra vi è la scansione delle attività nella loro successione, rappresentate da barre colorate con un periodo di inizio e fine

determinato. Per tanto ciò che si ottiene è il tempo necessario per il processo costruttivo del fabbricato, monitorando la priorità di alcune attività rispetto ad altre.

Per il processo costruttivo della serra sono state fatte delle considerazioni a monte della pianificazione delle tempistiche riguardati il tipo di sistema costruttivo, il team di costruzione coinvolto, le ore lavorative e il periodo di costruzione stimato.

Il template del diagramma è stato impostato in base alle finalità desiderate, per tanto si è proceduto con alcuni settaggi delle impostazioni importanti per la redazione delle tempistiche di lavorazione.

Modifica delle opzioni correlate alla programmazione, i calendari e i calcoli.

Opzioni di calendario per il progetto: WBS

Inizio settimana: Lunedì

Inizio anno contabile: Gennaio

☐ Usa anno di inizio per la numerazione dell'anno contabile

Ora di inizio predefinita: 08:00

Ora di fine predefinita: 17:00

Ore giornaliere: 8

Ore settimanali: 40

Giorni mensili: 20

Questi orari vengono assegnati alle attività per le quali si specifica una data di inizio o di fine senza indicare l'ora. Se si modificano queste impostazioni, è consigliabile valutare l'opportunità di adeguarle al calendario del progetto utilizzando il comando Modifica orario di lavoro nella scheda Progetto sulla barra multifunzione.

Programmazione

☒ Mostra messaggi sulla programmazione ⓘ

Mostra unità di assegnazione come: Percentuale

Opzioni di programmazione per il progetto: WBS

Nuove attività: Programmazione automatica

Attività programmate automaticamente per il giorno: Data inizio progetto

Mostra durata in: Giorni

Mostra lavoro in: Giorni

Tipo di attività predefinita: A unità fisse

☐ Programma nuove attività in base alle risorse ⓘ

☐ Collega automaticamente attività allegate o spostate ⓘ

☒ Dividi attività in corso ⓘ

☒ Aggiorna attività programmate

☒ Rispetta sempre le date vincolo delle attività ⓘ

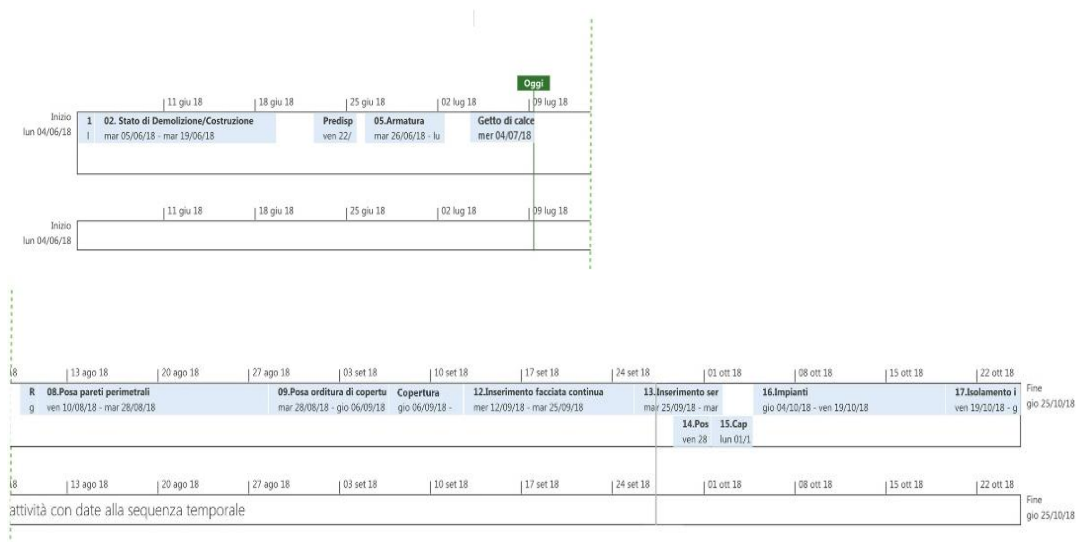
☒ Contrassegna attività programmate con durata stimata ⓘ

☒ Le nuove attività programmate hanno durata stimata

☐ Mantieni attività programmata per il giorno lavorativo più prossimo al passaggio alla modalità di programmazione automatica

Figura 2 Impostazioni del foglio di lavoro .mpp in base alle finalità attese.

Come si può vedere dall'immagine sono state impostate 8 ore lavorative, ovvero dalle 8.00 fino alle 17.00 prevedendo un'ora di pausa. Per le lavorazioni si è previsto un team di lavoro di quattro persone, al fine di poter determinare un periodo di cantiere consono alle costruzioni prefabbricate, ovvero di circa cinque/sei mesi, senza imprevisti o ritardi di lavorazione.



Periodo di costruzione del processo.

L'operazione avvenuta all'interno di Microsoft Project è stata necessaria per poter dettagliare maggiormente le diverse attività prese da Revit, raggruppate tenendo conto di una gerarchia.

Ogni fase di lavorazione presenta delle sottofasi di montaggio, in modo da poter dividere in blocchi le aree di cantiere e poterle gestire al meglio. Per esempio per le pareti si è partiti dalla fase "08. Posa pareti perimetrali e pilastri" inserita in Revit e si è suddivisa in "Posa pareti perimetrali", con il blocco delle pareti, "08.01 Posa pilastri perimetrali" riferiti al primo blocco di pilastri dell'atrio, "08.02 Posa pilastri perimetrali" del secondo blocco centrale, "08.03 Posa pilastri perimetrali" del terzo blocco del portico.

Serra_S_PP_08	08. Posa pareti perimetrali e pilastri	13 g			ven 10/08/18
	08.Posa pareti perimetrali	13 g			ven 10/08/18
Serra_S_PP_08_01	PP_01	2 h	19	23	ven 10/08/18
Serra_S_PP_08_02	PP_02	2 h	22	24	lun 13/08/18
Serra_S_PP_08_03	PP_03	2 h	23	25	lun 13/08/18

Esempio della gestione attività inerenti alle fasi di posa delle pareti.

La stessa procedura è avvenuta per la posa delle travi di copertura, impostando delle contemporaneità tra le fasi affinché si evitasse un allungamento delle tempistiche di lavorazione.

Le attività sono vincolate l'una con l'altra, impostando l'inizio di un'attività in prossimità della fine di quella precedente "Fine-Inizio (FI)", in modo che un eventuale ritardo di un'attività può determinare un ritardo in quella successiva. In alcune delle sottofasi è stato

necessario impostare la contemporaneità delle attività in modo tale da agevolare le operazioni di cantiere, evitando di incorrere in ritardi o allungamenti temporali.

Per le fasi di lavorazione riguardanti gli elementi strutturali è stato necessario determinare un ordine di posa, determinato dal codice WBS attribuito in precedenza su Revit in maniera univoca ad ogni entità del progetto.

Questo passaggio risulta molto importante nel montaggio dei sistemi costruttivi, ovvero delle pareti portanti, dei pilastri e delle travi di orditura. In particolare per le pareti prefabbricate, è stato necessario assegnare le tempistiche e la successione di montaggio per ogni singola parete, poiché presentano una gerarchia per motivi strutturali; ogni parete, come già spiegato nelle strategie progettuali, ha una funzione di controventatura per l'altra come si può vedere nelle pareti in prossimità degli angoli.

Il cronoprogramma redatto segue le regole della Work Breakdown Structure, creando una relazione tra le diverse fasi di lavorazione e gli elementi all'interno del progetto attraverso l'inserimento del codice WBS nell'apposita colonna a sinistra delle attività.

	01. Autorizzazioni/Cantiere	2 g			lun 04/06/18
	Permesso di costruzione	1 g		3	lun 04/06/18
	Preparazione al cantiere	1 g	2	5	lun 04/06/18
Serra_A_ST_01	02. Stato di Demolizione/Costruzione	11 g			mar 05/06/18
Serra_A_ST_01_01	Demolizione del fabbricato esistente	8 g	3	6	mar 05/06/18
Serra_A_ST_01_02	Rimozione elementi di smaltimento e demolizione	3 g	5	8	gio 14/06/18
Serra_S_SV_03	03.Scavi	3 g			mar 19/06/18
Serra_S_SV_03_01	Scavo di completamento	3 g	6	10	mar 19/06/18
Serra_S_CS_04	04.Casseratura	2 g			ven 22/06/18
Serra_S_CS_04_01	Predisposizione di casseri per fondazione	2 g	8	12	ven 22/06/18

Estratto del diagramma di Gantt.

Come si può notare è stato possibile inserire il codice WBS per ogni elemento in maniera univoca, affinché ci fosse una corrispondenza diretta tra fase di lavorazione ed entità. E' stato possibile implementare il cronoprogramma con delle attività precedenti al processo di costruzione, come la fase di Autorizzazioni Cantiere,

lasciando vuota la casella del codice wbs, poiché non vi è nessuna corrispondenza all'interno del modello Revit.

Il diagramma di Gantt ottenuto è possibile visionarlo negli allegati.

3.1.2 Gestione del modello su Naviswork

La creazione di una codifica a partire dai parametri condivisi della WBS, ha permesso di rendere interoperabile non solo il processo collaborativo tra i diversi modelli, ma anche tra diversi software. Si è già parlato nel capitolo precedente dell'inserimento del codice WBS nel cronoprogramma. Tale operazione ha permesso lo step di lavoro successivo, ovvero creare una relazione tra il modello esportato da Revit e la timeliner redatta in Microsoft Project.

L'obiettivo è quello di creare un ipotetico scenario del processo costruttivo, simulando la fase di costruzione del fabbricato in esame. Per ottenere questo risultato è stato utilizzato il software Naviswork, programma già illustrato nel capitolo dedicato alle applicazioni utilizzate per l'analisi. Naviswork si occupa della pianificazione dei tempi di costruzione nonché delle attività di coordinamento e di analisi, sfruttando le potenzialità del BIM. Si parla di coordinazione perché permette di compiere operazioni di verifica su diversi aspetti appartenenti a un progetto complesso, su cui possono lavorare diversi utenti.

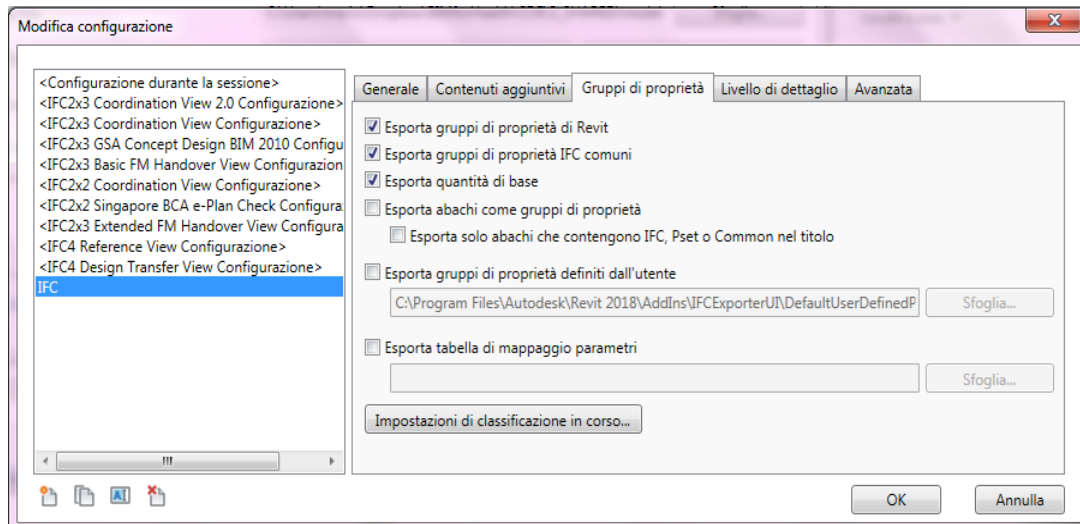
In quest'area di lavoro si inserisce la pianificazione dei tempi, ovvero la quarta dimensione del BIM, collegando ai modelli esportati da Revit il cronoprogramma.

ESPORTAZIONE DELLE VISTE DI MODELLO DA REVIT

La preparazione del modello di Revit per l'importazione in Naviswork è avvenuta facendo diverse prove di esportazione, affinché si potesse trovare il giusto formato per ottimizzare il flusso di lavoro da compiere sul software.

Nello specifico si è provato ad esportare i diversi modelli disciplinari di Revit della serra nei seguenti formati: IFC e NWC.

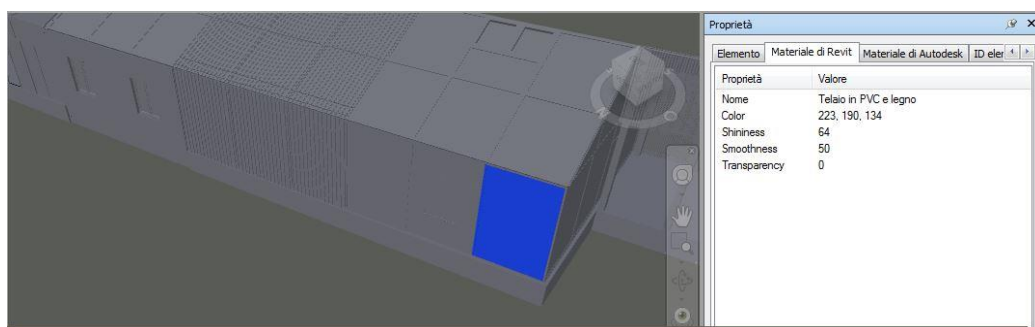
Prima di eseguire le esportazioni è stato necessario settare le opzioni affinché ci fosse una corretta lettura del modello Revit. Si sono impostate le modalità di esportazione del modello nel formato open IFC (Industry Foundation Classes), che permette di rendere interoperabile lo scambio di dati tra diversi software.



Impostazioni per esportazione del modello in formato IFC.

Come visibile nell'immagine è stata creata una nuova configurazione, settando le impostazioni desiderate.

L'importazione del modello in formato IFC in Naviswork, è andato a buon fine. Si è notato però che c'è stata una cattiva importazione dei materiali del modello, come si può vedere nell'immagine seguente riferito a un pannello di facciata continua, dove il pannello vetrato non viene riconosciuto.



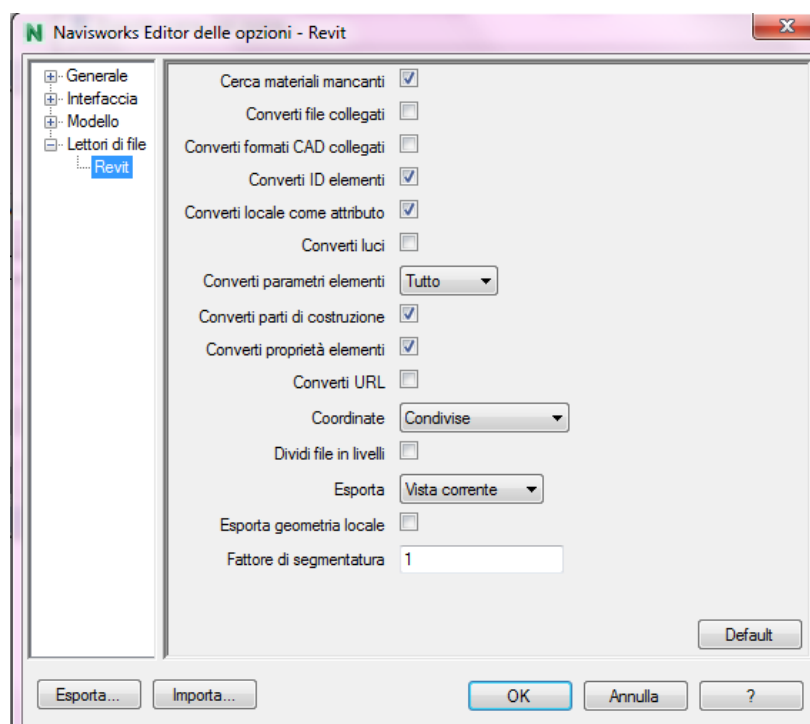
Esempio di importazione in Naviswork del modello Revit in formato IFC.

Fatte le prove, si è scelto di esportare le viste dei modelli disciplinari in un formato .nwc, perché tale formato riesce a supportare il trasferimento delle informazioni geometriche di tutti gli oggetti e anche i materiali. Questo particolare formato (Naviswork Cache)

permette l'aggiornamento automatico del file, nel caso in cui si effettuasse una modifica sul modello Revit e si sovrascrive un file .nwc di riferimento. Le viste dei diversi modelli vengono aggiunti nel software Naviswork, salvando poi il progetto in un formato .nwf.

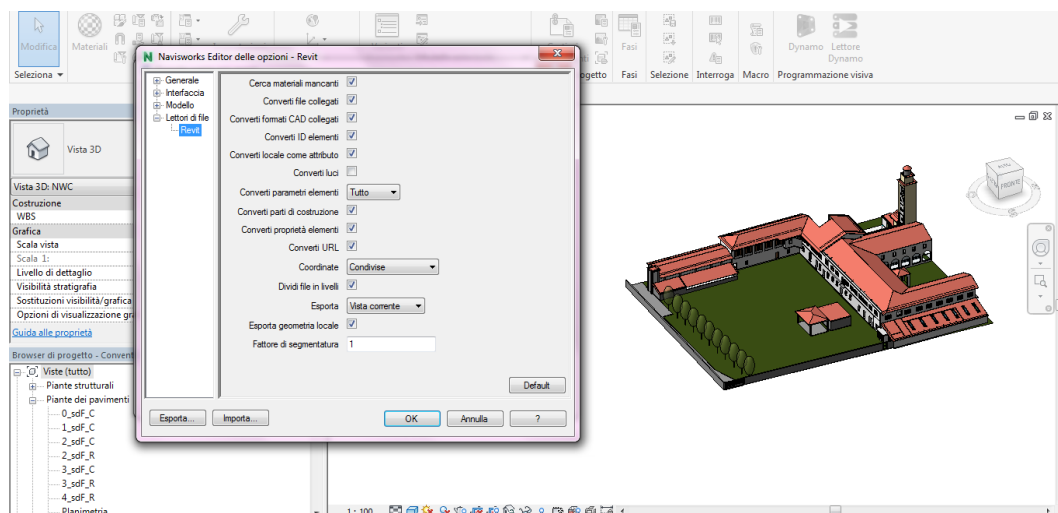
Come visibile dall'immagine, il settaggio delle impostazioni per l'esportazione delle viste è stato importante in questo particolare caso studio, poiché composto da diversi parti di costruzione, avendo quindi la possibilità di esportare e quindi gestire le diverse finiture e stratigrafie da progetto.

Per ogni modello disciplinare sono state create delle viste .nwc, compresa una vista dello stato di fatto del convento, per avere nella simulazione di cantiere l'area di intervento e poter intervenire sulla topografia dello stato attuale. Poiché i modelli parametrici contengono diverse fasi di lavorazione, è stato necessario esportare una vista che potesse contenere anche lo stato di fatto della serra, contenuto nel modello architettonico, e i casseri, contenuti nel modello topografia, che sono oggetto di demolizione nella fase successiva al getto di fondazione.

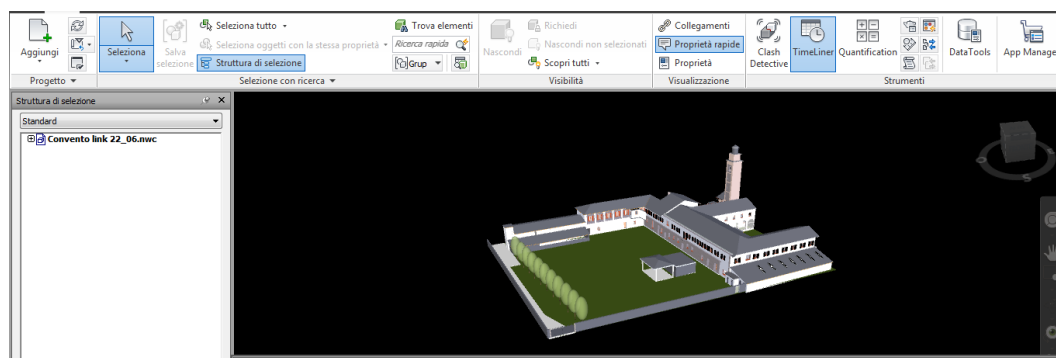


Settaggio per impostazioni di esportazione Naviswork.

E' stata fatta una prova di esportazione in Naviswork, collegando il modello del convento con il modello del progetto del centro Alzheimer visualizzando lo stato di fatto. E' possibile avere un'unica vista di diversi link, e per questo si è proceduto in questo modo per lo stato di fatto del contesto, ma per i singoli modelli componenti la serra, (strutturale, architettonico, MEP e topografia), si è preferito esportare diverse viste nwc. per avere un maggiore controllo dei singoli file.



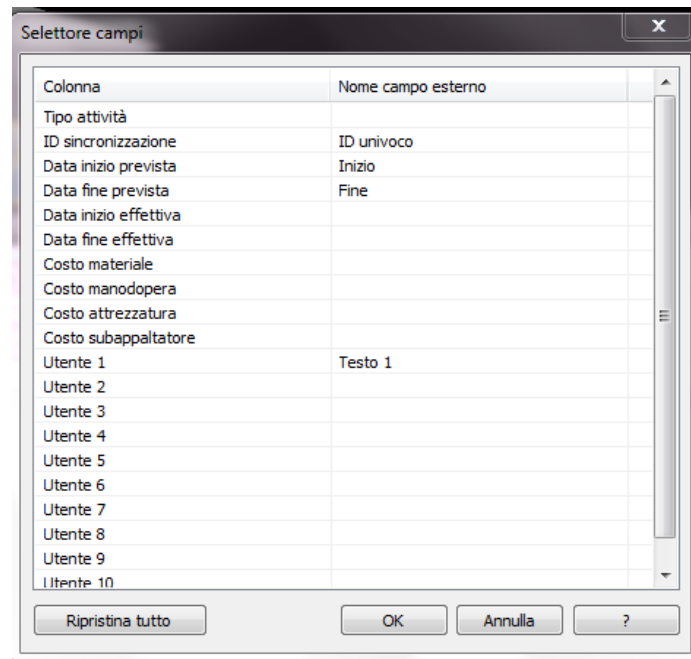
Esportazione della vista dei modelli collegati per link, dello stato di fatto dell'area di progetto per il CDAI, e il Convento.



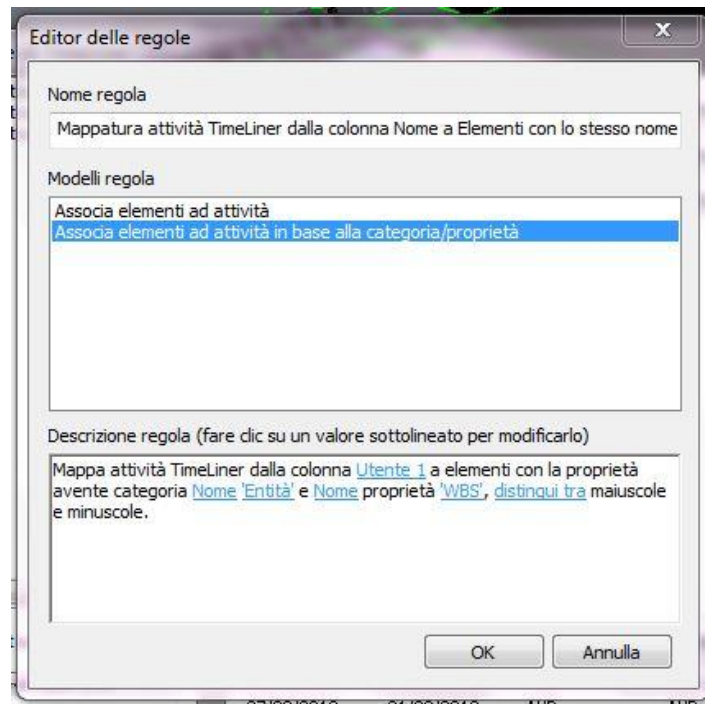
Importazione della vista dello stato di fatto in Naviswork, dei due modelli.

Successivamente si è dovuto importare il diagramma di Gantt precedentemente redatto in Microsoft Project; si è provato a esportare il file in un formato .csv, ma purtroppo non è stato possibile perché il programma ne ha impedito il salvataggio, poiché in un formato precedente rispetto all'anno del programma utilizzato.

Poiché il modello di Revit presenta la stessa codifica delle voci inserite nel diagramma di Gantt, nella colonna WBS, è stato possibile associare in maniera automatica gli elementi di progetto codificati alle varie attività di lavorazione del cronoprogramma, attraverso la creazione di una regola che determinasse questa associazione.

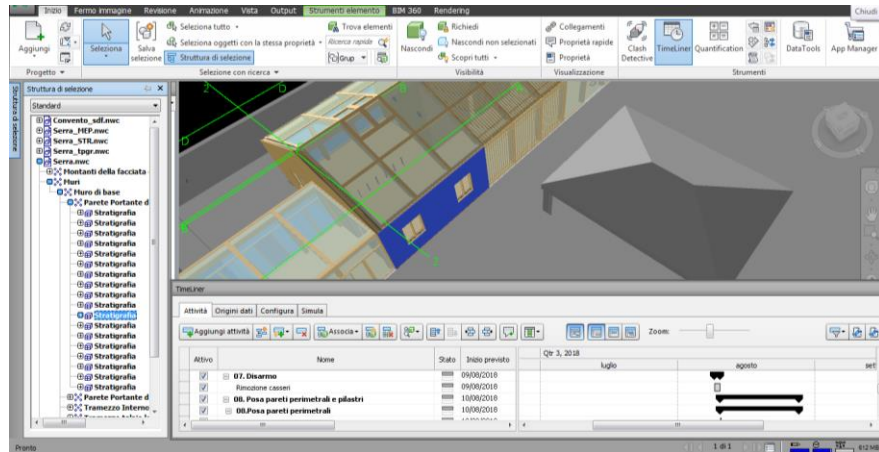


Creazione delle regole di associazione per il codice WBS, parte prima.

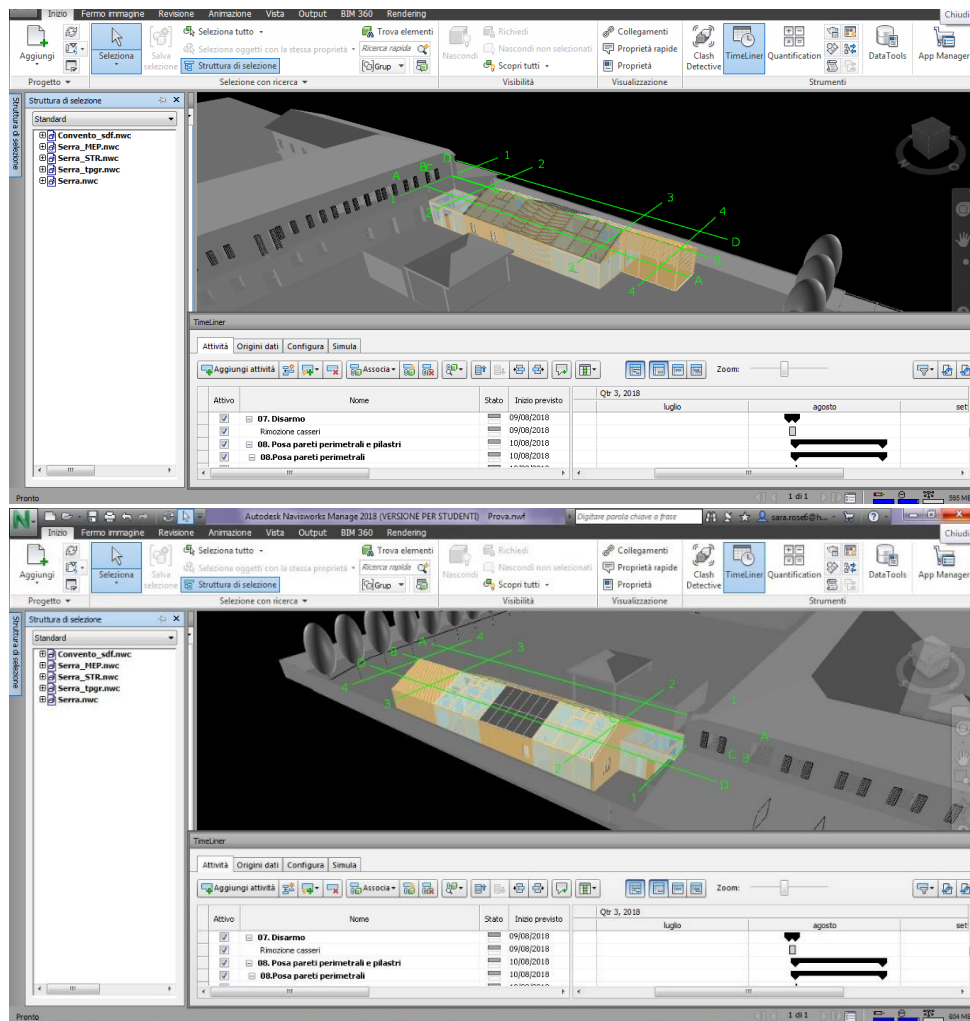


Creazione delle regole di associazione per il codice WBS, parte seconda.

La possibilità di poter gestire il metodo di esportazione, perciò le parti di costruzione ha permesso di poter non solo visualizzare tutte le stratigrafie di progetto, ma anche di poterne gestire le tempistiche, visibili nella fase di lavoro della realizzazione del cappotto esterno e dell'isolamento interno.



Gestione delle stratigrafie all'interno di Naviswork.



Vista dell'area di lavoro di Naviswork

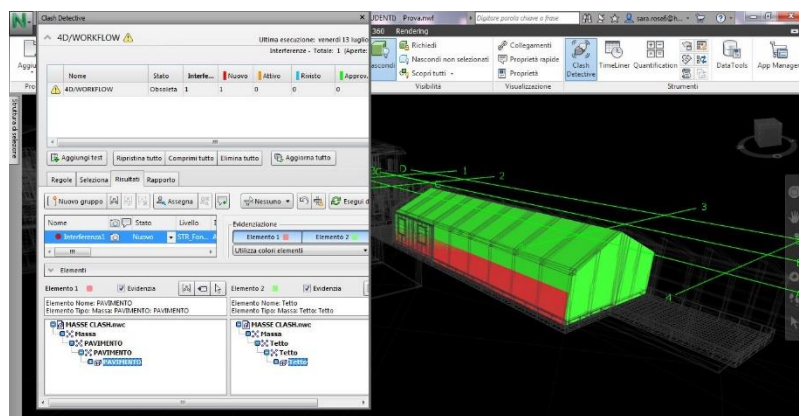
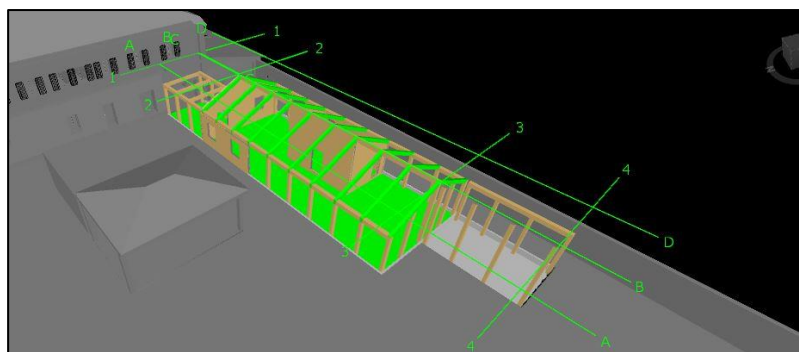
L'esportazione delle viste, non è stata così semplice, in quanto il numero degli elementi da controllare nelle singole fasi di lavorazione era alto, e per alcuni elementi l'associazione non è avvenuta in automatico; per tanto si è dovuto procedere attraverso l'associazione manuale, dell'oggetto alle fasi di lavorazione.

Al fine di avere una simulazione corretta, individuando le fasi di costruzione, demolizione e elementi temporanei, si è scelto un tipo di configurazione che permettesse di visualizzare gli elementi in base alle fasi di creazione: la prima in verde, la seconda in rosso e la terza in giallo.

SIMULAZIONE DEL PROCESSO COSTRUTTIVO E CONTROLLO INTERFERENZE

Definite le impostazioni si è proceduto con la simulazione del processo costruttivo, con la visualizzazione degli elementi rispetto alla durata delle diverse attività di lavoro. La simulazione si è rivelata utile per il controllo del cantiere, facendo attenzione che tutte le attività redatte sul cronoprogramma avessero una successione lineare. Per evitare allungamenti delle tempistiche di cantiere si è deciso di verificare un'ipotetica contemporaneità dettata da due fasi di lavoro, la posa dell'orditura delle travi e la realizzazione di una finitura architettonica orizzontale. Dalla simulazione del processo costruttivo è emersa un'interferenza legata a queste attività, per tanto si è proceduto con un controllo delle interferenze effettuando un clash detection. Si identificano tre tipi di interferenze, hard clash, soft clash e workflow clash (4D). Quest'ultima è quella che interessa le interferenze tra le attività del processo costruttivo; essa risulta essere difficile da gestire e risolvere poiché determina l'impossibilità che un'azione possa essere compiuta prima di un'altra.

Si è simulato l'ingombro degli operai che lavorano contemporaneamente alle due fasi distinte, creando due masse su Revit: la prima riguarda il team di lavoro per la finitura del pavimento con un'altezza d'uomo, la seconda massa per la posa di orditura, che arriva fino al pavimento come se fosse ipotizzata una caduta delle travi. Alle masse è stata associata l'attività corrispondente, valutando la clash per controllare l'interferenza generata dalla contemporaneità delle fasi, che avrebbe potuto risultare pericolosa per gli operai.



Interferenze per attività.

Questi test delle interferenze sono stati utili per individuare le problematiche e soprattutto per fornire una valida soluzione. L'eliminazione della contemporaneità dettata da due attività può portare a molteplici variazioni, come l'allungamento delle tempistiche di cantiere, la possibile rivisitazione del progetto, la previsione di altri mezzi speciali e/o risorse, che determinano l'aumento dei costi e inevitabilmente il ritardo nei tempi di consegna.

3.2 Gestione dei costi – BIM 5D

La parte di computo metrico estimativo è uno degli output che si ottiene in fase di progettazione e rappresenta la parte 5D, come anticipato nel capitolo dedicato al CM, per avere una previsione dei costi anche in base al budget prestabilito, e comprendere eventuali scenari in base alle scelte effettuate. Pertanto è stata necessaria l'estrazione di abachi di tutti gli elementi di progetto suddivisi per tipo, dove è possibile visionare le quantità, il costo unitario e il costo totale per ogni categoria.

3.2.1 La gestione di abachi per la computazione

Per avere una visione totale dei costi e delle quantità si è proceduto con l'estrazione di abachi contenente le informazioni di:

- Nota chiave;
- Codice WBS;
- Tipo;
- Area, Volume e/o Peso a seconda della tipologia dell'elemento;
- Costo unitario al metro quadro o al metro cubo;
- Costo totale dell'elemento;
- Costi riferiti al tipo di elemento.

Per ogni tipo di elemento strutturale o di chiusura, sono stati inseriti i codici di nota chiave precedentemente redatti, mentre per le opere di cantiere, si è preferito utilizzare il codice di riferimento del prezziario regionale Piemonte 2018, in quanto non è stato possibile avere una definizione di classe dettata dalla Normativa UNI 8290, poiché definisce classi di unità tecnologiche.

Avendo proceduto per fasi, è stato possibile estrarre gli abachi con i dati inerenti agli elementi presenti in quella determinata fase, selezionando le informazioni utili per la redazione dei computi. I costi attribuiti ad ogni elemento tengono conto dell'incidenza di percentuale della manodopera presa in riferimento dal prezziario regionale, comprendente il trasporto, la posa e montaggio, non potendo materializzare alcune attività lavorative.

<Trave in legno_str>							
A	B	C	D	E	F	G	H
vv	WBS	Tipo	Fase di creazione	Volume [m³]	Lunghezza [m]	Costo unitario [€/m³]	Costo totale [€]
1.2.2.S.TR.01	Serra_S_TR_09_05	Trave in legno_str_cordolo	09.Posa orditura di	0,9	9800,0	1.951,64	1721,3
1.2.2.S.TR.01	Serra_S_TR_09_02	Trave in legno_str_cordolo	09.Posa orditura di	0,6	6591,5	1.951,64	1141,7
1.2.2.S.TR.01	Serra_S_TR_09_01	Trave in legno_str_cordolo	09.Posa orditura di	0,6	6591,5	1.951,64	1141,7
1.2.2.S.TR.01	Serra_S_TR_09_07	Trave in legno_str_cordolo	09.Posa orditura di	0,6	6445,0	1.951,64	1132,0
1.2.2.S.TR.01	Serra_S_TR_09_03	Trave in legno_str_cordolo	09.Posa orditura di	0,9	9863,4	1.951,64	1716,4
1.2.2.S.TR.01	Serra_S_TR_09_06	Trave in legno_str_cordolo	09.Posa orditura di	0,9	9863,4	1.951,64	1732,5
1.2.2.S.TR.01	Serra_S_TR_09_04	Trave in legno_str_cordolo	09.Posa orditura di	0,9	9800,0	1.951,64	1721,3
1.2.2.S.TR.02	Serra_S_TR_09_10	Trave in legno_str_rettangolare	09.Posa orditura di	0,2	3862,6	1.951,64	452,3
1.2.2.S.TR.02	Serra_S_TR_09_09	Trave in legno_str_rettangolare	09.Posa orditura di	0,2	3862,6	1.951,64	452,3
1.2.2.S.TR.02	Serra_S_TR_09_11	Trave in legno_str_rettangolare	09.Posa orditura di	0,2	3862,6	1.951,64	452,3
1.2.2.S.TR.02	Serra_S_TR_09_08	Trave in legno_str_rettangolare	09.Posa orditura di	0,2	3862,6	1.951,64	452,3
1.2.2.S.TR.03	Serra_S_TR_09_33	Trave in legno_str_sagomata	09.Posa orditura di	0,3	4720,0	1.951,64	539,8
1.2.2.S.TR.03	Serra_S_TR_09_32	Trave in legno_str_sagomata	09.Posa orditura di	0,3	4720,0	1.951,64	539,8
1.2.2.S.TR.03	Serra_S_TR_09_31	Trave in legno_str_sagomata	09.Posa orditura di	0,3	4720,0	1.951,64	539,8
1.2.2.S.TR.03	Serra_S_TR_09_26	Trave in legno_str_sagomata	09.Posa orditura di	0,3	4720,0	1.951,64	539,8
1.2.2.S.TR.03	Serra_S_TR_09_25	Trave in legno_str_sagomata	09.Posa orditura di	0,3	4720,0	1.951,64	539,8

Estratto di abaco per le travi in legno strutturali.

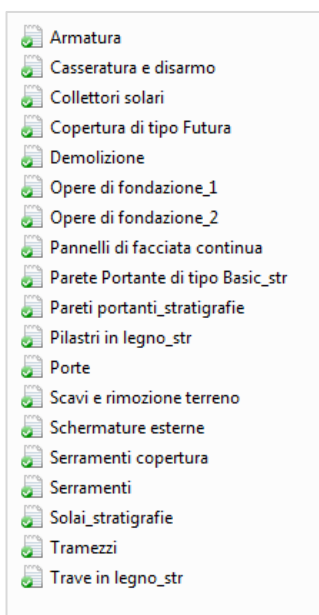
Per alcuni componenti di progetto si aveva a disposizione il prezzo unitario del sistema costruttivo intero, come per esempio le pareti strutturali e la copertura, presi in riferimento a prodotti di un'azienda produttiva del Canavese. Per tanto questi prezzi sono stati opportunamente nascosti, in quanto di derivazione privata. Altri sistemi come per esempio porte e schermature, non essendo presenti particolari tipologie nel prezziario, sono stati computati con prezzi di mercato di riferimento, per tanto viene specificato “di tipo” poiché con caratteristiche e proprietà simili ai prodotti in commercio.

Gli abachi redatti in Revit vengono estratti attraverso il percorso “esporta>rapporti>abaco” e vengono inseriti in un foglio di lavoro Excel attraverso l’inserimento di un file .txt in “carica dati esterni”. Questo processo interoperabile tra software ha permesso l’aggiornamento del foglio di lavoro Excel, attraverso la sovrascrittura del file .txt estratto da Revit, evitando perciò perdite di tempo nella modifica in Excel degli abachi. Tutti gli abachi ottenuti sono stati inseriti come allegati.

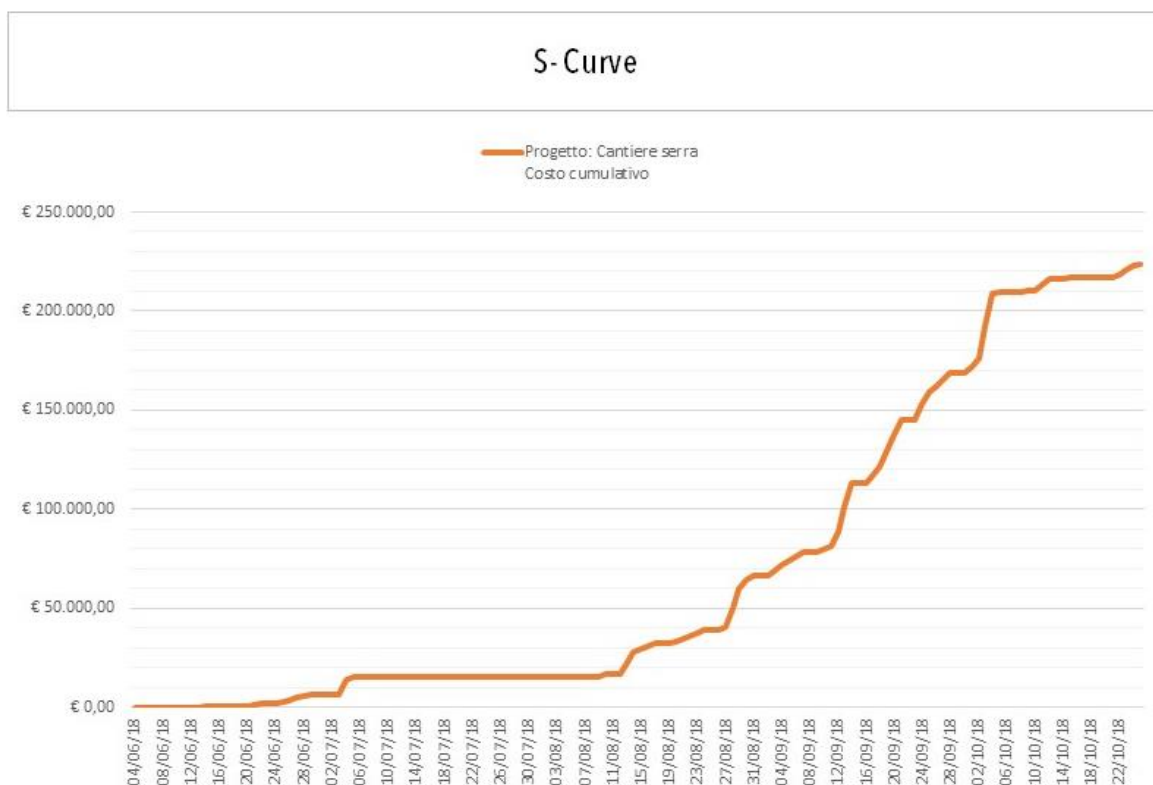
È possibile visualizzare, sempre negli allegati, la tabulazione dei prezzi che sono stati utilizzati per la computazione degli elementi, ad esclusione delle opere provvisoria, come i ponteggi.

Sono presenti anche i prezzi inerenti alla possibile computazione degli impianti, ma si è scelto di non procedere con tale operazione in quanto la modellazione MEP è ancora in fase di lavorazione, essendo argomento di analisi di un altro utente. Di seguito si riporta l’elenco degli elementi di cui si è fatto il computo metrico.

Elementi di progetto su cui è stata fatta la computazione.



S-CURVE

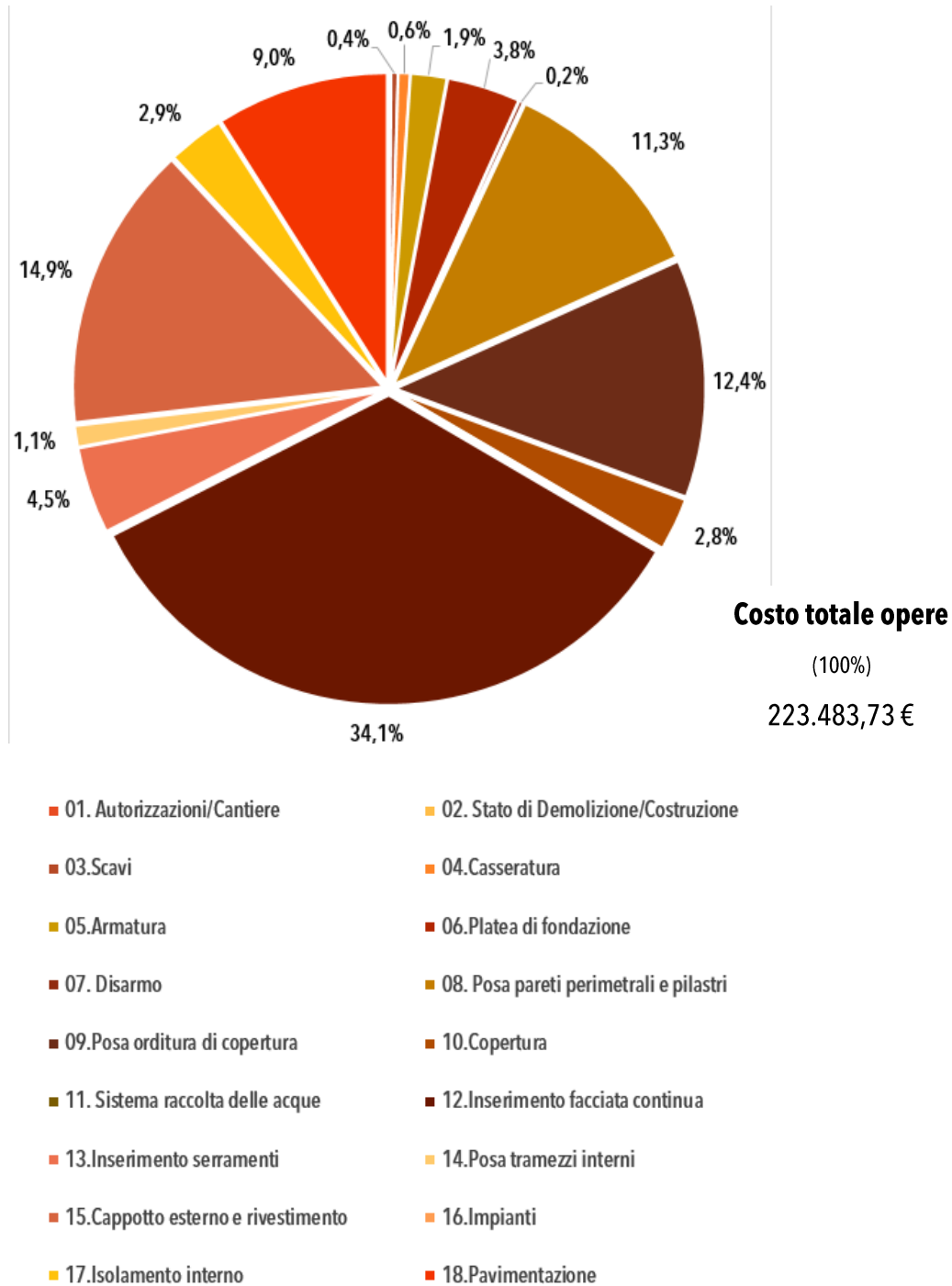


Sfruttando le potenzialità di Microsoft Project si è potuto inserire i costi ottenuti nell'apposita voce "costo". Quest'operazione è stata eseguita per ogni attività, avendo a disposizione i costi di ogni elemento, tenendo conto dell'incidenza della manodopera come detto in precedenza. Per tanto si è potuto estrarre un report che mostra l'andamento dei costi nel tempo, ovvero la S-Curve, che consiste in uno strumento utile nella previsione e gestione dei costi nella fase decisionale. La curva è il risultato di una somma automatica dei costi in relazione alle attività e in questo modo è possibile visionare i costi previsti per ogni fase di lavorazione.

Come si può notare, si raggiunge un picco dei costi nei livelli di attività intermedi e poi vi è un calo progressivo verso la fine del cantiere.

Attraverso la somma dei costi relativi alle singole attività, si è potuto constatare che il costo totale dell'opera è di 223.483,73 euro. Il costo totale non comprende come anticipato, alcune opere provvisionali (ponteggi), gli impianti, la fase di progettazione e autorizzazione ai lavori.

INCIDENZA DEI COSTI PER ATTIVITA'



Incidenze dei costi.

Come si può notare nel grafico a torta gli elementi costruttivi che impattano maggiormente sui costi sono rappresentati dal sistema di facciata continua, poiché la struttura è composta prevalentemente da superficie vetrata che ha un costo elevato dovuto alle sue prestazioni energetiche. Il grafico è stato estratto a partire dalle fasi enunciate

nel diagramma di Gantt e per tanto si possono estrapolare i costi suddivisi per ciascuna fase. Per tanto i report ottenuti possono rivelarsi molto utili nel confronto di diversi scenari, ipotizzando varie soluzioni progettuali o variazioni delle tempistiche di cantiere.

Quest' ultime possono essere dovute a vincoli, impedimenti o attrezzature coinvolte nella costruzione.

3.3 Visualizzazione da parte degli utenti

Un'operazione molto utile che sfrutta le potenzialità del BIM è la possibilità di poter rendere accessibili i progetti on-site da parte degli utenti interessati alla visione dei modelli. Se si è in possesso di un accesso autorizzato è possibile consultare e soprattutto condividere diversi modelli nell'area di lavoro A360, un applicativo della casa Autodesk. In questo modo è possibile avere una supervisione della progettazione e soprattutto avere un maggiore controllo da parte non solo del team di progetto, ma anche dalla committenza e dalla futura utenza se coinvolta in questo processo di consultazione.

Ciò che si è voluto sottolineare è l'importanza dell'eliminazione delle barriere virtuali, determinate dai siti internet che a volte risultano troppo complicati per la consultazione da parte di utenti che hanno poca dimestichezza nell'area web, scegliendo uno strumento di visualizzazione che abbia come solo mezzo di comunicazione l'immagine. Grazie all'interoperabilità tra Revit e l'area A360 si è deciso di rendere il progetto della serra accessibile affinché possa essere esplorato da tutti compresi i possibili futuri fruitori, che hanno partecipato attivamente nelle prime fasi decisionali di progetto.

In un'ottica di Construction Management, questo strumento si mostra molto utile nella visualizzazione dei diversi modelli disciplinari da parte del team di lavoro che comprende anche costruttori, fornitori e impiantisti.

Il progetto è stato esportato nell'area di lavoro A360, con la possibilità di fare l'aggiornamento ed è possibile interrogare gli elementi che compongono il progetto.

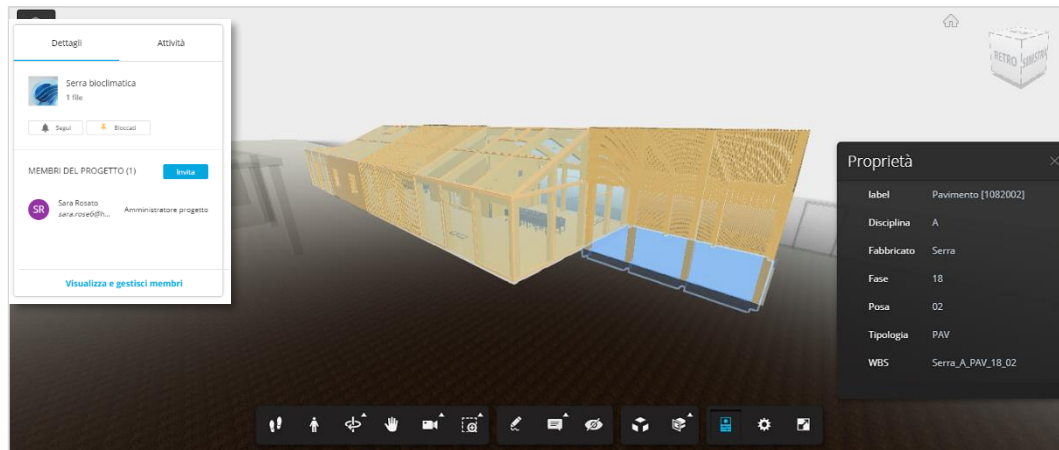


Figura 106. Visualizzazione A360.

4. Conclusioni e sviluppi futuri

4.1 Considerazioni finali

La seguente tesi si propone di indicare una metodologia di lavoro a supporto del Construction Management applicato a un caso studio; si sono individuati da un lato i benefici della tecnologia BIM e dall'altro le criticità riscontrate durante il workflow. Il progetto realizzato prevede un bacino d'utenza eterogeneo, ma in particolare è stato inserito e quindi adattato alle esigenze dell'ambiente in cui si è intervenuto. L'analisi dei requisiti ha tenuto conto dell'ambito ospedaliero in cui la struttura si inserisce e quindi delle delicate necessità della futura utenza.

Tali informazioni scaturite dalle analisi e dalle indagini effettuate sono state propedeutiche alla redazione della proposta progettuale, a cui è stato scelto di applicare la metodologia esposta per l'analisi del processo costruttivo che ha permesso di ottenere i dati di output per la gestione dei costi e delle tempistiche di lavoro del fabbricato oggetto di studio.

Durante l'elaborazione della tesi si sono potuti riscontrare molti fattori a favore della tecnologia BIM rispetto ai metodi tradizionali:

- interoperabilità tra diversi attori e simultaneità delle azioni;
- diminuzione degli errori legati alla fase progettuale;
- gestione delle tempistiche prestabilite; gestione dei costi e delle quantità;
- analisi delle interferenze delle attività (time 4D/workflow clash);
- riduzione delle tempistiche per la redazione e possibile aggiornamento del computo metrico estimativo;
- monitoraggio dei modelli e delle informazioni contenute in essi.

Alla base del processo operativo è stato necessario avere ben chiari gli obiettivi del processo operativo e quindi definire i dati input in funzione delle finalità da raggiungere. Man mano che si procedeva con la modellazione, ci si è resi conto che avere un modello unico portava delle difficoltà, in quanto la gestione delle molteplici stratigrafie sia

delle pareti che del solaio causava delle problematiche. Per tanto è bene precisare l'importanza della redazione dei modelli disciplinari, al fine di non incorrere in difficoltà a posteriori e di avere un disegno fin da subito chiaro e che risponda alle esigenze delle analisi da effettuare. E' possibile ottenere dal modello dati quantitativi e redazioni grafiche per la gestione dal cantiere, come il disegno del telaio strutturale per la redazione delle pareti in officina, per tanto questo processo si rivela utile anche per la costruzione delle pareti stesse, a supporto delle aziende che fanno parte del mondo della prefabbricazione.

Se si sfruttano le potenzialità di Revit è possibile ottenere buoni risultati, ma la creazione delle fasi non si è rivelata esaustiva perché non è stato possibile analizzare la contemporaneità di alcune fasi e perciò verificarne alcune possibili interferenze. Per tali ragioni è stato necessario ricorrere all'esportazione del modello in un altro software, e creare un cronoprogramma su Microsoft Project. In questo modo si è potuto dar vita alle sottofasi delle lavorazioni e attribuire le tempistiche di lavorazione ad ogni elemento.

Dopo aver eseguito dei test, l'esportazione del modello in formato .nwc da Revit si è rivelata ottimale, essendo compatibile con il software Navisworks, e poiché i software sono entrambi prodotti di Autodesk. Solo per alcuni elementi è stato necessario ricorrere all'associazione manuale, ma il grado di esportazione è stato soddisfacente per proseguire le analisi.

La creazione dei codici WBS con l'utilizzo di Dynamo è risultata più efficace, rendendo automatico il processo e senza incorrere in esportazioni e importazioni del codice con altri applicativi.

Questi processi possono risultare vantaggiosi se utilizzati all'interno di un team di lavoro, ma ovviamente per raggiungere un livello ottimale delle quantità del progetto è necessario garantire una formazione sul processo BIM in primis e in seguito sugli applicativi che sono stati utilizzati.

Dovendo compiere delle analisi nell'ambito della quarta e quinta dimensione BIM, si sono riscontrate alcune criticità nella definizione dei *Level of Development*. Il LOD degli elementi risulta differente da quello di progetto, in quanto la creazione di elementi con un LOD alto non corrisponde al conseguimento di un progetto con lo stesso LOD

degli elementi che lo compongono. Questa considerazione emerge in quanto la quantità e qualità delle informazioni che il modello contiene dipende dai dati input che vengono inseriti in base agli obiettivi da raggiungere.

Un' ultima considerazione è bene farla sulla computazione del fabbricato. Come si può evincere dai costi totali ottenuti, le scelte effettuate hanno determinato un aumento notevole del costo dell'intero fabbricato; un grande impatto è stato dettato dal tipo di serramento e dal tipo di sistema costruttivo, scelte ponderate dopo un'attenta analisi delle particolari esigenze dei futuri utenti e dalle richieste emerse dalle indagini fatte a monte delle scelte progettuali. Alcune determinate scelte sono state fatte per agevolare i flussi di passaggio e rendere la struttura facilmente raggiungibile in quanto la serra attuale risulta poco sfruttata perché mostra dei discomfort sia termici che spaziali. Per tanto è importante che il progettista sviluppi una forte sensibilità verso la computazione di una struttura, poiché molte scelte determinano una forte incidenza nei costi totali. E' bene quindi fare una valutazione delle scelte in funzione dell'opera da realizzare e soprattutto del contesto in cui si interviene.

4.2 Sviluppi futuri

In tale progetto di tesi sono state fatte alcune riflessioni sull'eventuale implementazione di alcuni aspetti che possono essere approfonditi, se ne riporta una catalogazione in base alle diverse tematiche.

GESTIONE DELL'AREA DI CANTIERE

Sfruttando l'interoperabilità tra software del sistema BIM, si è potuto conoscere le potenzialità per il monitoraggio del processo costruttivo di un fabbricato. Oltre alla gestione dei dati output riguardanti l'analisi dei costi e delle tempistiche di lavorazione, è possibile avere il totale controllo dell'area di cantiere. Possono essere effettuate le analisi delle interferenze sia tra gli elementi costruttivi stessi che tra le aree di intervento, ovvero analizzare il flusso del team di lavoro e/o il passaggio di automezzi coinvolti. Sulla base di quanto enunciato è

possibile ipotizzare diversi scenari tenendo conto degli imprevisti che si possono verificare durante il cantiere e analizzare le variazioni che si ripercuotono nelle tempistiche e nei costi.

CONSOLIDAMENTO DEL 2^ LIVELLO DI MATURITA' BIM

Partendo dall'attuale livello di maturità del BIM in cui si è operato, sarebbe stato possibile con delle opportune scelte a priori passare a un livello di maturità 2 più completo. Per tanto risulta necessaria l'impostazione di alcune regole più precise per raggiungere un'omogeneità dei dati nella loro condivisione; come per esempio: la definizione di un unico template, l'utilizzo di una libreria di famiglie e materiali condivisi e l'adozione di un unico sistema di codifica per il progetto nella sua totalità.

SVILUPPO DEL MODELLO PARAMETRICO BIM

In base alle finalità definite, si è scelto di concentrare maggiore attenzione su alcuni aspetti della modellazione rispetto ad altri. Al fine di ottenere un modello completo vi è la necessità di approfondire la modellazione e la gestione di molti elementi in relazione alle loro fasi lavorative. Tra questi ultimi si potrebbe approfondire un efficiente progettazione del sistema di raccolta delle acque per il loro ipotetico riutilizzo e un aumento di dettaglio della modellazione delle armature della fondazione. Inoltre il modello MEP è da implementare, poiché argomento di studio da parte da un altro utente. Un'altra possibilità di sviluppo riguarda il sistema costruttivo, per tanto si potrebbe applicare uno studio più dettagliato sui nodi e giunti, portando gli elementi di progetto a un LOD 500 in base alle esigenze. Inoltre il modello MEP è da implementare, poiché argomento di studio da parte da un altro utente.

BIM A SUPPORTO DEI SISTEMI IN LEGNO

Come si è potuto constatare, la modellazione in BIM per strutture con sistemi costruttivi in legno in alcuni casi è risultata limitante, poiché è meno sviluppata rispetto alle costruzioni in acciaio o cemento armato. Per tanto, per raggiungere livelli di dettaglio e obiettivi

preposti nella modellazione, l'ideale sarebbe poter disporre di librerie di connessioni apposite per i sistemi lignei, senza dover ricorrere all'utilizzo di onerosi plug in esterni.

BIM E MONDO DELLE IMPRESE

Nonostante al giorno d'oggi il BIM rappresenta uno dei topic più discussi nei processi costruttivi e la sua applicazione risulterà necessaria a partire dal 2019 negli Appalti Pubblici in Italia, non vi è ancora un approccio consapevole alla progettazione innovativa. A tal proposito si critica una scarsa formazione in ambito universitario che si ripercuote inevitabilmente nelle imprese. Quest'ultime si trovano impreparate a questo processo innovativo soprattutto nella progettazione sostenibile, utilizzando metodi ormai obsoleti che rallentano la fase progettuale e perciò costruttivo. Questo determina la necessità di implementare l'utilizzo di questa metodologia di lavoro in ambito universitario e lavorativo.

BIM FOR HEALTHCARE

L'utilizzo del BIM può portare benefici all'interno di una struttura sanitaria, poiché gli amministratori potrebbero godere di ottimi risultati nella gestione degli spazi e dei flussi, contenere lo storico e i monitoraggi nel tempo riguardanti la struttura stessa.

Interessante potrebbe essere la pianificazione riguardanti le attrezzature mediche, per quanto riguarda la gestione degli spazi destinati ad essi e il loro aggiornamento che implica un piano distributivo all'interno dei complessi ospedalieri costante. Per tali ragioni si potrebbe raggiungere un tipo di infrastruttura che punta alla flessibilità, per poter inviare costantemente aggiornamenti riguardo la gestione degli spazi e poterli modificare in fase progettuale senza risultare un processo frustrante.

REALTA' AUMENTATA

La realtà aumentata rappresenta una soluzione avanzata poiché permette all'utente di "visitare" virtualmente il fabbricato, sia in fase

di progettazione che in fase di cantiere, con l'utilizzo di un visore apposito. Questo strumento può avere una duplice funzione, ovvero costituisce una realtà immersiva per i possibili futuri fruitori della struttura progettata, coinvolgendoli nel processo decisionale; in secondo luogo potrebbe essere utile in fase di costruzione per monitorare eventuali interferenze o visionare e interrogare particolari elementi costruttivi e/o impianti, consultando i dati relazionati.

5. Bibliografia

Balducci, Articolo *Progettazione partecipata in urbanistica: le ragioni di un ritorno ai soggetti sociali e il caso del Piano Frazioni di Vicenza*, Pubblicazioni di Sandro Balducci, 1996.

Bim Forum, *Level of Development Specification*, 30 Ottobre 2015.

Ferrara A., Feligioni E., BIM e Project Management, Guida pratica alla progettazione integrata, Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2016.

Hardin B., *BIM and Construction Management*, Wiley, 11 maggio 2009.

Horwitz-Bennett, Articolo web *Best of 2014: Modular Construction Delivers Flexibility to Healthcare*, Healthcare design, Dicembre 2014.

Osello A., *Il futuro del disegno con il BIM per ingegneri e architetti*, Dario Flaccovio Editore, Palermo, Maggio 2012.

PAS 1192-2:2013 – Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling – bsi

Pollara A., Tesi *Sistemi di classificazione*, Milano, 2017.

Salzano A., Tesi *Metodologie BIM per la progettazione integrata di interventi di riqualificazione e rinforzo strutturale orientati alla sostenibilità ambientale*, Napoli, 2015.

6. Sitografia

<https://www.ascoltoattivo.net/blog/luigi-bobbio/>

Ultima consultazione: 20 febbraio 2017

<http://www.promolegno.com/tecnologia/sistemi-costruttivi/telaio/>

Ultima consultazione: 10 aprile 2017

<http://cic.org.uk/admin/resources/ralf-moslerthe-future-of-how-healthcare-buildings-are-maderm020615final-manchester.pdf>

Ultima consultazione: giugno 2017

<http://www.bimforum.org/lod>

Ultima consultazione: 9 maggio 2017

<https://www.nationalbimstandard.org/faqs>

Ultima consultazione: 9 maggio 2017

<http://www.ibimi.it/bim-4d-e-5d-in-progettazione-di-antonio-ortenzi/>

Ultima consultazione: 10 giugno 2017

NOTE:

¹ Decreto n.560 del 1 dicembre 2017.

² Norma UNI 11337:2017 Edilizia e opere di ingegneria civile – Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni.

³ Norma tecnica PAS 1192-2. PAS sta per “Publicly Aivable Specification” e fornisce le regole per la gestione collaborativa delle informazioni che vengono scambiate in un ambiente BIM nel livello di maturità 2.

⁴ Documentazione per la definizione di LOD da parte dell’AIA, American Institute of Architects.

⁵ Norma UNI 11337-1:2017 Edilizia e opere di ingegneria civile – Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni. Nella parte 4 viene definita la definizione del LOD.

⁶ Balducci in “Progettazione partecipata in urbanistica: le ragioni di un ritorno ai soggetti sociali e il caso del Piano Frazioni di Vicenza” espone un caso studio in cui si è coinvolta la società per attuare un progetto partecipativo per lo sviluppo della città di Vicenza.

⁷ Decreto Ministeriale – Ministero dei Lavori Pubblici 14 giugno 1989, n. 236, per le prescrizioni tecniche dell’accessibilità, al fine di eliminare il superamento delle barriere architettoniche.

⁸ Norma UNI 10339 da indicazioni sulla classificazione e definizione dei requisiti minimi per gli impianti aeraulici per il benessere della persona in edifici chiusi.

⁹ UNI/TS 11300 fornisce le regole per la determinazione delle prestazioni energetiche degli edifici, imponendo l’obbligatorietà di una percentuale di produzione di energia da parte di fonti rinnovabili.