



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea triennale in Ingegneria Edile

**Sviluppo di strutture di dati a supporto della coordinazione in fase di
progettazione operativa dei lavori di costruzione**

**Development of data models to support coordination in the job site planning
phase for the construction industry**

Relatore:

Prof. **Alessandro Carbonari**

Tesi di Laurea di:

Dalila Del Moro

A.A. **2020/2021**

*I computer sono incredibilmente veloci, accurati e stupidi.
Gli uomini sono incredibilmente lenti, inaccurati e intelligenti.
L'insieme dei due costituisce una forza incalcolabile.*

Albert Einstein

Indice

1. Introduzione	4
2. Normativa volontaria per la gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni	6
2.1. Descrizione dei flussi informativi nei processi digitalizzati	6
2.1.1. Requisiti di base per gestione dei contenuti informativi	6
2.1.2. Requisiti di base per la gestione modelli grafici	6
2.1.3. Metodo di coordinamento modelli grafici	7
2.1.4. Approccio di gestione della risoluzione delle interferenze e delle incoerenze	7
2.1.5. Metodo di verifica dei dati, delle informazioni e dei contenuti informativi	8
2.1.6. Significato dell'Ambiente Condivisione Dati (ACDat)	9
2.1.7. Visione delle funzioni del processo digitale	9
2.2. Descrizione delle linee guida per la formazione del capitolato informativo	9
2.3. Descrizione dei requisiti di conoscenza abilità e competenza delle figure coinvolte nella gestione e modellazione informativa	11
2.3.1. Descrizione dei compiti e delle attività specifiche della figura e dell'attività professionale	11
2.3.2. Metodi per la valutazione e la convalida dei risultati dell'apprendimento	12
2.4. Conclusioni	13
3. Modellazione del progetto e coordinamento interdisciplinare	14
3.1. Introduzione al software Autodesk Revit per la modellazione delle discipline di progetto	14
3.2. Sviluppo modello architettonico	16
3.2.1. Modellazione volumetria di cantiere	16
3.2.2. Modellazione pavimenti architettonici	18
3.2.3. Modellazione chiusure esterne e divisori	20
3.2.4. Modellazione infissi e serramenti	23
3.2.5. Modellazione scale	28
3.2.6. Visualizzazione modello architettonico completo	29

3.3. Sviluppo modello strutturale	33
3.3.1. Modellazione platea di fondazione.....	34
3.3.2. Modellazione travi di fondazione	35
3.3.3. Modellazione travi in elevazione.....	36
3.3.4. Modellazione pilastri	37
3.3.5. Modellazione solai	39
3.3.6. Visualizzazione modello strutturale completo	40
3.4. Sviluppo modello impiantistico	44
3.4.1. Posizionamento apparecchi idraulici.....	45
3.4.2. Modellazione tubazioni	45
3.4.3. Posizionamento accessori per tubazioni.....	46
3.4.4. Visualizzazione modello impiantistico completo.....	48
3.5. Analisi delle interferenze	51
3.5.1. Analisi delle interferenze in Revit.....	52
3.5.2. Analisi delle interferenze in Navisworks Manage 2022	57
3.5.3. Confronto analisi delle interferenze tra Revit e Navisworks.....	66
3.6. Esportazione files in IFC	66
3.7. Visualizzazione file IFC tramite il software BIMvision	69
4. Conclusioni	74
5. Ringraziamenti.....	75
6. Indice delle figure.....	76
7. Bibliografia/Sitografia.....	79

1. Introduzione

BIM è l'acronimo di "Building Information Modeling" ovvero Modello di Informazioni di un Edificio, è definito come la rappresentazione digitale di caratteristiche fisiche e funzionali di un oggetto.

Il BIM è una metodologia operativa che permette la programmazione, progettazione, realizzazione e manutenzione di una costruzione che utilizza il modello informativo, che contiene tutte le informazioni riguardanti il suo intero ciclo di vita (dal progetto alla costruzione, fino alla sua demolizione o dismissione).

Una premessa di base del BIM è la collaborazione tra le diverse figure professionali interessate nelle diverse fasi del ciclo di vita di una struttura, al fine di inserire, estrarre, aggiornare o modificare le informazioni all'interno del modello. Dunque, grazie alla metodologia BIM l'edificio viene "costruito" prima della sua realizzazione fisica, mediante un modello virtuale, attraverso la collaborazione ed i contributi di tutti gli attori coinvolti nel progetto (architetti, ingegneri, progettisti consulenti, analisti energetici, etc.).

E' quindi possibile creare un modello virtuale di edificio che non è una semplice rappresentazione tridimensionale, ma un modello dinamico che contiene informazioni su: geometria, materiali, struttura portante, caratteristiche termiche e prestazioni energetiche, impianti, costi, sicurezza, manutenzione, ciclo di vita, demolizione, dismissione, ect.

Un modo assolutamente intuitivo per definire gli argomenti che entrano in gioco nella digitalizzazione dell'edilizia è quello di riferirsi alle "*dimensioni*", il cui concetto nel BIM assume un significato più ampio. Le *dimensioni* del BIM servono a schematizzare le potenzialità che l'informatizzazione del progetto permette. Infatti è possibile ricavare, combinare ed analizzare i dati che riguardano aspetti che vanno oltre la modellazione architettonica tradizionale.

Le 7 dimensioni del BIM sono:

- Modellazione geometrica (3D-Modellazione tridimensionale)
- Modalità di gestione della programmazione dei tempi (4D-Programmazione)
- Modalità di gestione informativa economica (5D-Computi, estimi e valutazioni)
- Modalità di gestione informativa dell'opera (6D-Uso, gestione, manutenzione e dismissione)
- Modalità di gestione delle esternalità (7D-Sostenibilità sociale, economica e ambientale)

La metodologia BIM permette la creazione di un database virtuale di informazioni che possono essere condivise con il team di progetto o con le imprese, all'interno di un unico modello. Rispetto al tradizionale metodo 2D, dove le informazioni vengono condivise tramite semplici passaggi con il rischio di perdita di alcuni di esse, il modello virtuale coordina automaticamente le informazioni e le modifiche in tempo reale con tutti gli enti facenti parte del processo edilizio. Le informazioni rimangono sempre aggiornate, evitando la confusione creata dalla ridondanza delle stesse e riducendo al minimo il rischio dovuto ad errori non segnalati.

Per assicurare un corretto coordinamento delle informazioni tra i diversi progettisti, è necessario creare una standardizzazione delle informazioni nel database condiviso, garantendo una corretta condivisione delle informazioni a tutti i partecipanti facenti parte del processo decisionale. Tutte le informazioni delle discipline coinvolte nel processo, sono parametriche e interconnesse tra loro tramite regole. Ogni modifica effettuata sugli oggetti viene immediatamente trasmessa all'intero modello. Tutto ciò permette un perfetto controllo qualitativo sulla coordinazione delle informazioni.

La filosofia BIM ha quindi un approccio altamente strategico, che offre la possibilità di analizzare l'oggetto realizzato e valutare le sue prestazioni già in fase progettuale. L'utilizzo di un software BIM consente notevoli vantaggi che si traducono in risparmio di tempo, riduzione degli errori e maggiore semplicità di progettazione. Questo nuovo approccio è reso possibile con l'introduzione della digitalizzazione nel settore delle costruzioni, che comporta una innovazione di natura strumentale e un cambio processuale radicale. Di conseguenza vengono introdotte anche nuove figure professionali per la gestione e organizzazione di questo nuovo processo, nonché nuovi documenti che regolano i rapporti tra il committente e l'affidatario dell'opera.

Nel capitolo 2 della suddetta tesi, verrà trattata una parte della legislazione che per prima si è occupata della gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni, la UNI 11337.

Nel capitolo 3 della presente tesi, si affronterà il tema della collaborazione e il coordinamento di tre diverse figure professionali coinvolte nella progettazione dell'edificio caso di studio. Si utilizzerà il software BIM Autodesk Revit per la modellazione delle discipline coinvolte. Verrà inoltre esposta una questione fondamentale della metodologia BIM, ovvero l'analisi delle interferenze tra le discipline di progetto. Le interferenze verranno individuate e confrontate con due software BIM: Revit e Navisworks.

Il modello multidisciplinare, verrà esportato in un formato dati aperto, verrà poi visualizzato utilizzando il software BIMvision. Infine verrà redatto un diagramma E-R che spieghi le relazioni attraverso le quali è possibile restituire l'analisi delle interferenze tra i modelli di un progetto.

2. Normativa volontaria per la gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni

L'adozione di una metodologia che permetta la creazione di un unico contenitore al quale diverse figure aggiungono ed estraggono informazioni, potrebbe essere definita indispensabile se si vuole avere anche nel campo delle costruzioni, i miglioramenti raggiunti nel campo dell'industria negli ultimi decenni.

Per questo motivo, negli anni anche la normativa si è adoperata per regolamentare il BIM. I riferimenti normativi più importanti sono: il Decreto Ministeriale 560/2017, che introduce dell'obbligatorietà del Building Information Modeling nell'ambito degli appalti pubblici; la UNI 11337, che definisce le linee guida da seguire nell'adozione di tale metodologia.

In questo secondo capitolo viene illustrata la UNI 11337. La suddetta normativa è un documento articolato in 10 parti. Nella presente tesi verranno trattati tre temi della normativa:

- 2.1. Descrizione dei flussi informativi nei processi digitalizzati;
- 2.2. Descrizione delle linee guida per la formazione del capitolato informativo;
- 2.3. Descrizione dei requisiti di conoscenza abilità e competenza delle figure coinvolte nella gestione e modellazione informativa.

2.1. Descrizione dei flussi informativi nei processi digitalizzati

La parte 5 della presente norma definisce ruoli, requisiti e flussi necessari alla produzione, gestione e trasmissione delle informazioni e la loro connessione e interazione nei processi di costruzione digitalizzati.

La definizione dei requisiti necessari avviene tramite la redazione di 3 documenti fondamentali:

- capitolato informativo (CI): documento con il quale il committente dell'opera esplicita tutte le sue esigenze informative da richiedere all'affidatario.
I requisiti richiesti devono essere specifici e (se possibile) misurabili, indicando i limiti di accettazione e tolleranza ammissibili. Questo documento è indispensabile e propedeutico per la redazione dell'offerta per la gestione formativa (oGI);
- offerta per la gestione informativa (oGI): documento con il quale le imprese interessate all'appalto, di risposta alle richieste effettuate nel CI, formulano le proprie offerte per la gestione informativa. Ogni affidatario amplia e approfondisce la propria offerta di gestione informativa. Il committente dovrà quindi scegliere a quale impresa affidare l'incarico;
- piano gestione informativa (pGI): piano di gestione consolidato, ottenuto tramite la revisione da parte del committente e dell'affidatario dell' oGI. E' un documento che viene sistematicamente aggiornato dall'affidatario.

2.1.1. Requisiti di base per gestione dei contenuti informativi

Nel processo costruttivo è importante che tutti i contenuti informativi (schede, elaborati, etc. per ogni disciplina e fase del processo) garantiscano correttezza, trasmissibilità congruenza di tutti i dati e le informazioni che contengono.

2.1.2. Requisiti di base per la gestione modelli grafici

Il modello grafico aggregato di progetto o di rilievo di una qualunque opera è dato dall'insieme dei vari modelli grafici singoli prodotti nel tempo, distinti per disciplina od uso/obiettivo. Le informazioni scambiate

con i modelli grafici non sono solamente di natura grafica, ma contengono anche dati, che devono sempre essere coerenti con i dati contenuti negli altri elaborati del progetto.

2.1.3. Metodo di coordinamento modelli grafici

Le informazioni e i dati di diversi modelli grafici provenienti da precisi processi digitali delle costruzioni, vengono coordinati tra loro o tra modelli grafici e gli elaborati/regolamenti/vincoli, in accordo con le regole di riferimento.

Il coordinamento si esegue attraverso:

- analisi e controllo interferenze fisiche e informative (clash detection);
- analisi e controllo incoerenze informative (model code checking);
- risoluzione di interferenze e incoerenze.

Vi sono tre diversi livelli di coordinamento per l'analisi delle interferenze e le incoerenze:

- LC1 - coordinamento di primo livello (LC1): coordinamento dati all'interno di un modello singolo;
- LC2 - coordinamento di secondo livello (LC2): coordinamento dati tra più modelli grafici singoli;
- LC3 - coordinamento di terzo livello (LC3): coordinamento dati/informazioni generati da modelli grafici e dati/informazioni/elaborati non generati da modelli grafici (ex: CAD, relazione di calcolo, etc.).

Viene poi eseguita una verifica di coordinamento attraverso degli specifici software che, al termine della stessa, restituiscono un report delle loro analisi. Può essere svolta in via automatizzata o da un soggetto incaricato a cui vengono fornite le indicazioni sulla natura del report di coordinamento da redigere.

2.1.4. Approccio di gestione della risoluzione delle interferenze e delle incoerenze

Non appena terminate le analisi sopra indicate, viene redatto un rapporto in cui vengono indicate tutte le incoerenze e interferenze rilevate. Se l'interferenza e/o incoerenza è attribuibile ad un solo soggetto responsabile, si procede con la risoluzione per quell'oggetto specifico. Se invece l'interferenza e/o l'incongruenza coinvolge più soggetti, allora viene indetta una riunione di coordinamento per un confronto tra le varie parti coinvolte, così da stabilire come procedere per eliminarle.

Per comprendere il percorso attraverso il quale le informazioni arrivano ad ogni figura interessata, si riporta di seguito il flusso informativo di coordinamento dell'affidatario (*Figura 1*).

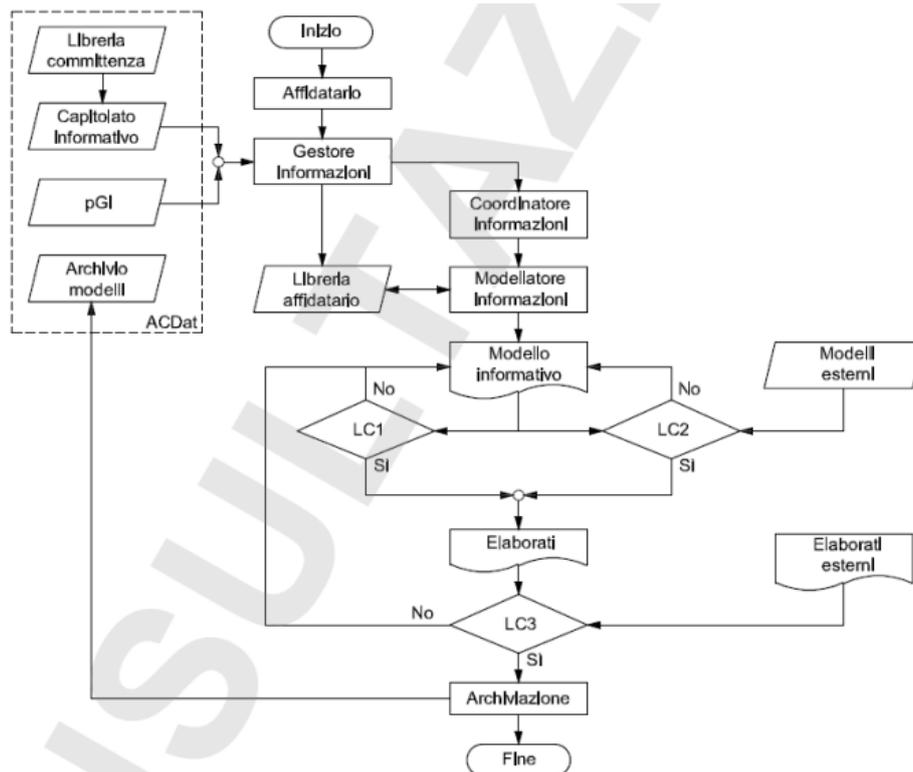


Figura 1 - Flusso informativo

Il flusso informativo inizia dall'affidatario, che comunica con il gestore delle informazioni a partire da due documenti fondamentali: il capitolato informativo (CI) e il piano gestione informativa, i quali racchiudono le informazioni necessarie per portare a termine la prestazione richiesta.

Il gestore delle informazioni è il CD manager, che è colui che gestisce la libreria dell'affidatario. Collabora con il coordinatore delle informazioni, il BIM manager, ovvero colui che gestisce i processi digitalizzati. Il BIM manager a sua volta coopera con il modellatore delle informazioni, il BIM specialist, il quale si occupa della gestione e modellazione informativa.

Dopodiché le informazioni prodotte vengono coordinate attraverso i vari livelli di coordinamento.

2.1.5. Metodo di verifica dei dati, delle informazioni e dei contenuti informativi

La verifica dei dati, delle informazioni e dei contenuti informativi, viene condotta sul modello informativo dell'opera. Può essere effettuata nel suo complesso e/o sui singoli modelli, elaborati o oggetti per ogni stadio, in relazione alla fase del processo da verificare.

Ci sono 3 livelli di verifica:

- LV1 - verifica interna, formale: verifica della correttezza della produzione, consegna e gestione dei dati, delle informazioni e dei contenuti informativi;
- LV2 - verifica interna, sostanziale: verifica dei modelli disciplinari e specialistici, intesa come verifica della leggibilità, della tracciabilità, della coerenza dei dati;
- LV3 - verifica indipendente, formale e sostanziale: verifica della tracciabilità della leggibilità e della coerenza delle informazioni contenute nei modelli, negli elaborati, nelle schede e negli oggetti, presenti nell'ACDat e nell'ACDoc.

2.1.6. Significato dell'Ambiente Condivisione Dati (ACDat)

L'ACDat è una infrastruttura informatica di raccolta e gestione organizzata di dati, avente una sua procedura di utilizzo. E' molto importante ai fini della gestione digitalizzata di un processo costruttivo, perché questo ambiente condiviso permette ad ogni soggetto coinvolto nel progetto di condividere le informazioni prodotte (con delle regole prestabilite).

L'uso di questa piattaforma porta molti vantaggi: l'automazione del coordinamento informativo, migliore comunicazione tra le parti interessate, la trasparenza di queste, riduzione delle ridondanza di dati e i rischi ad essa associati.

2.1.7. Visione delle funzioni del processo digitale

Ai fini della gestione digitalizzata dei processi costruttivi, è necessaria l'individuazione di nuove funzioni professionali ad essa preposti. Queste nuove figure si occupano:

- a livello gestionale: gestione processi informativi, gestione dei flussi informativi ACDat, coordinamento flussi informativi di commessa;
- a livello operativo: la modellazione informativa.

Le suddette figure professionali verranno definite nella capitolo 2.3., che tratta la parte 7 della normativa UNI 11337.

2.2. Descrizione delle linee guida per la formazione del capitolato informativo

La parte 6 della UNI 11337 si occupa di definire una traccia per la redazione del capitolato informativo, il quale è un documento contrattuale di commessa tra il committente e l'affidatario. Tale strumento si rende necessario affinché il committente possa fornire le informazioni per l'identificazione del progetto e indicare le caratteristiche generali che i principali soggetti affidatari coinvolti dovranno rispettare. E' il documento che permette la "comunicazione" tra le due parti coinvolte. Senza questo documento, che chiarisce univocamente le richieste del committente e gli obblighi dell'affidatario, la gestione del flusso informativo non sarebbe possibile.

Il presente capitolo deve fungere da guida di aiuto per la redazione di un capitolato informativo (CI) per un generico committente e da traccia per la redazione di oGI e pGI. Si illustreranno gli aspetti fondamentali sui quali le due figure interessate devono accordarsi per permettere, oltre che la definizione degli obiettivi di progetto, anche la fluidità nello scambio di informazioni.

Il committente nel capitolato informativo definisce:

- gli obiettivi informativi e gli usi dei modelli e degli elaborati, relativamente a ciascuna fase del processo;
- le proprietà dei modelli, degli elaborati e degli oggetti che l'affidatario dovrà rispettare;
- gli elaborati grafici minimi richiesti, per ogni disciplina e per ciascuna fase del progetto;
- gli elaborati informativi minimi richiesti, per ogni disciplina e per ciascuna fase del progetto (fatto salvo quelli necessari da normativa);
- il livello di sviluppo grafico e informativo degli oggetti per ogni modello disciplinare in ragione delle diverse fasi del progetto;
- l'organizzazione dei modelli e degli elaborati che l'affidatario sarà tenuto a rispettare (identificazione dei modelli in base alle discipline e alla fase di progetto).
- una codifica comune per l'identificazione di tutti i documenti;

- le scadenze entro le quali l'affidatario dovrà portare a termine il lavoro di coordinamento tra i modelli e tra modelli ed elaborati;
- ulteriori specifiche, oltre alla legislazione vigente, volte alla tutela e alla sicurezza del contenuto informativo digitale prodotto;
- le caratteristiche delle infrastrutture di condivisione dati, informazioni e contenuti informativi che l'affidatario dovrebbe utilizzare e/o predisporre e /o mettere a disposizione.

Il committente e l'affidatario si accordano, tramite il CI, per garantire l'interoperabilità e congruenza:

- sui riferimenti normativi a cui fare riferimento per l'esecuzione della prestazione richiesta;
- sulle caratteristiche della struttura hardware, software, di gestione e archiviazione dei dati che verranno utilizzate come riferimento per l'esecuzione della prestazione richiesta;
- sull'evoluzione informativa del processo e ovviamente quella dei modelli ed elaborati ad essa congruente;
- sul formato dei files con i quali effettuare lo scambio dati;
- sul riferimento per la denominazione dei files che l'affidatario adotterà per ogni fase di condivisione degli stessi;
- sul sistema comune di riferimento da utilizzare, atto alla redazione di modelli grafici, specificando sistemi di misurazione da utilizzare per i modelli ed elaborati;
- sui sistemi spaziali di riferimento per i diversi oggetti all'interno del modello;
- sul sistema di classificazione e denominazione di ciascun oggetto costituente i modelli.

Il committente e l'affidatario descrivono la propria struttura informativa interna, indicando il flusso dei ruoli e le relazioni dei soggetti interessati. L'affidatario deve identificare e specificare i riferimenti di ogni figura professionale (ai fini informativi) facente parte della propria struttura aziendale.

Il committente richiede all'affidatario di redigere il cronoprogramma delle attività riguardanti la gestione informativa e la modellazione, nel rispetto delle indicazioni fornitegli dal presente capitolato e in coordinamento con gli altri documenti contrattuali.

Il committente richiede all'affidatario di indicare nella propria oGI, e successivamente nella propria pGI, la procedura di validazione per i modelli, le operazioni di verifica dei dati, delle informazioni e dei contenuti informativi, indicando le modalità di svolgimento. Il committente richiede che l'affidatario, al termine delle operazioni sopra riportate, rediga un documento riassuntivo.

Il committente indica le modalità con cui procederà alla verifica del corretto utilizzo da parte dell'affidatario del processo di determinazione e risoluzione delle interferenze e incoerenze informative.

Il committente richiede all'affidatario di dichiarare nella propria oGI, e successivamente pGI, la metodologia che intende utilizzare per la redazione e gestione dei dati riguardanti i diversi campi, ed il loro collegamento ai modelli grafici. I dati di interesse per i diversi ambiti sono i seguenti:

- 4D- Modalità di gestione della programmazione: dati di programmazione, schedulazione delle risorse e altro dell'intervento;
- 5D- Modalità di gestione informativa economica (compiti, estimi e valutazioni): dati di costo dell'intervento;
- 6D- Modalità di gestione informativa dell'opera (uso, gestione, manutenzione e dismissione): dati di uso, gestione e manutenzione del risultato finale dell'intervento;
- 7D- Modalità di gestione delle esternalità (7D- sostenibilità sociale, economica e ambientale): dati di sostenibilità dell'intervento.

Il committente richiede all'affidatario di dichiarare nella propria oGI, e successivamente nella propria pGI, il rispetto dei parametri e delle indicazioni relative alle modalità di archiviazione dei dati e di consegna dei modelli/oggetti/elaborati informativi. Stabilisce le condizioni di utilizzo del modello, specificando quali parti siano coperte da diritti di autore e limitate nell'utilizzo.

2.3. Descrizione dei requisiti di conoscenza abilità e competenza delle figure coinvolte nella gestione e modellazione informativa

A seguito della digitalizzazione del processo costruttivo, nascono nuove figure professionali. Ognuna di queste avrà dei compiti e dovrà rispondere a dei requisiti ben precisi che verranno indicati nella seguente norma. Tali nuove figure, dovranno imparare a collaborare tra loro. Perché questo accada, sono indispensabili i documenti contrattuali di commessa che fungono da guida per la realizzazione della prestazione richiesta. E' richiesta altresì la padronanza nella gestione e organizzazione del flusso informativo.

La normativa UNI 11337, nella sua parte 7, stabilisce i requisiti necessari alle attività professionali dei soggetti coinvolti nella gestione e nella modellazione informativa per l'opera. Tali requisiti sono suddivisi tra compiti e attività specifiche, in conformità al quadro europeo delle qualifiche (European Qualifications Frameworks - EQF), per:

- gestore dell'ambiente di condivisione dati (CDE manager);
- gestore dei processi digitalizzati (BIM manager);
- coordinatore dei flussi informativi di commessa (BIM coordinator);
- operatore avanzato della gestione e della modellazione informativa (BIM specialist).

I suddetti requisiti sono specificati in termini di conoscenza, abilità e competenza. Sono espressi in maniera tale da rendere omogenei i processi di valutazione e convalida dei risultati dell'apprendimento.

2.3.1. Descrizione dei compiti e delle attività specifiche della figura e dell'attività professionale

Nella presente norma vengono indicate le nuove figure professionali con le relative mansioni:

- CDE manager: è la figura incaricata della gestione e organizzazione dell'ambiente di condivisione dati (ACDat). La gestione dell'ambiente di condivisione dati ha come obiettivo mettere in relazione le informazioni contenute nei modelli informativi con gli altri dati/informazioni. Questo avviene introducendo, scambiando, gestendo e archiviando i dati, al fine di assicurare univocità, tracciabilità e coerenza delle informazioni, oltre che interoperabilità delle stesse.
Il CDE manager, in sintonia con la strategia organizzativa del BIM manager, deve garantire la correttezza e la rapidità dei flussi informativi tra le parti che collaborano al progetto.

- BIM manager: il BIM manager è il gestore e organizzatore dei processi digitalizzati. Definisce le istruzioni BIM e il modo in cui il processo di digitalizzazione impatta sull'organizzazione e sugli strumenti di lavoro.

Il BIM manager ha il compito di definire:

- le regole e le procedure per la gestione informativa;
- i criteri che presidono alla strutturazione dei livelli informativi;
- la struttura logica e funzionale degli ambienti di collaborazione
- i seti di attributi e dei documenti caratteristici;
- i modelli di configurazione dei flussi di lavoro digitalizzati all'interno dell'ACDat, da fornire ai BIM coordinator;

- la ottimale pianificazione e programmazione della consegna dei modelli informativi al committente/cliente.

E' incaricato di indicare uno o più BIM coordinator e di collaborare con loro per la definizione e gestione dei flussi informativi, dall'organizzazione interna alle singole commesse.

Collabora anche con il CDE manager, per l'evoluzione dell'ambiente di condivisione dei documenti a elaborazione dei dati.

Ha le competenze per redigere il capitolato informativo (CI) per il committente, l'offerta di gestione informativa (oGI) per l'affidatario e il piano di gestione informativa (pGI).

Il BIM manager definisce e formalizza gli aspetti contrattuali relativi alle attività di gestione dei flussi informativi e all'utilizzo degli ambienti di condivisione dati per ogni singola commessa.

- BIM coordinator: è la figura professionale che si occupa di coordinare i flussi informativi della singola commessa. Opera secondo l'organizzazione e su indicazione del BIM manager nella gestione complessiva dei processi digitalizzati. Supporta il BIM manager nella definizione e formalizzazione degli aspetti contrattuali riguardanti i suddetti processi.

Collabora con il responsabile di commessa, coadiuvandolo nell'assunzione delle decisioni e nell'individuazione delle risorse umane e strumentali per lo svolgimento della commessa.

Concorre a redigere o analizza, prima il capitolato informativo (CI), poi il piano di gestione operativa (pGI).

Coerentemente a questi due documenti, configura i flussi di lavoro digitale all'interno dell'ambiente di condivisione dati (ACDat), in modo che questi non subiscano perdite o snaturamenti.

E' incaricato di gestire la risoluzione di interferenze e incoerenze individuate nelle riunioni di coordinamento.

- BIM specialist: il BIM specialist è l'operatore avanzato della gestione e della modellazione informativa di una specifica commessa.

La sua preparazione avanzata sull'utilizzo degli strumenti di produzione e di aggiornamento dei modelli informativi, gli consente di inserire la propria attività all'interno dei flussi di lavoro digitale previsti dal BIM coordinator. Il BIM specialist contribuisce sia alla costruzione del contenuto informativo di commessa, che alla validazione della consistenza delle informazioni dei singoli oggetti dei modelli informativi. Collabora con il BIM manager e il BIM coordinator per individuare le risorse strumentali per lo svolgimento della commessa.

Analizza i principali contenuti del capitolato informativo (CI) e del piano di gestione informativa (pGI) per operare in accordo con essi.

Ogni figura professionale dovrà avere dei requisiti di conoscenza, abilità e competenza precisi che vengono specificati nella normativa.

2.3.2. Metodi per la valutazione e la convalida dei risultati dell'apprendimento

La valutazione e la convalida, cioè la conferma che i risultati di apprendimento ottenuti dalla persona corrispondano ai risultati richiesti per la qualifica, vengono eseguite sulla base delle conoscenze, abilità e competenze richieste.

Si possono applicare i seguenti metodi:

- analisi del "curriculum vitae" integrato da documentazioni comprovanti le attività lavorative e formative dichiarate dal candidato;
- esame scritto o orale per la valutazione delle conoscenze;
- prova pratica per la valutazione dell'utilizzo dello strumento informatico;

2.4. Conclusioni

Passando in rassegna i vari argomenti che vengono trattati nelle tre parti della normativa UNI 11337, si denota come il tema della digitalizzazione dei flussi informativi nelle costruzioni sia complesso e regolato da una moltitudine di aspetti che richiedono conoscenze specifiche. E' chiaro che la conoscenza e la piena padronanza delle norme assume un ruolo fondamentale, già dallo sviluppo delle prime ipotesi progettuali. L'obiettivo di questa norma è quello di fornire elementi essenziali per la certificazione del sistema di gestione BIM dell'organizzazione del committente e dell'affidatario dell'opera.

La normativa aspira alla piena operatività e alla perfetta collaborazione tra i vari soggetti coinvolti nel processo. Tutto questo è realizzabile grazie alla velocità, alla coerenza, congruenza e chiarezza delle informazioni scambiatisi. Considerando il continuo evolversi del processo normativo, così come gli sviluppi della metodologia trattata, è importante rimanere sempre al passo coi tempi.

3. Modellazione del progetto e coordinamento interdisciplinare

Sia che si lavori su un progetto di ridotta entità, sia che si lavori su grandi progetti, la metodologia di collaborazione e coordinamento che offrono i software BIM è ormai diventata indispensabile.

In questa sede viene mostrato l'utilizzo dell'applicativo Autodesk Revit 2021, software BIM sviluppato da Autodesk, che consente di realizzare il progetto dell'edificio bifamiliare caso di studio, sviluppandolo con grande precisione.

La suddivisione che viene naturale fare in un progetto, oltre a quella spaziale, è la divisione per discipline, poiché è plausibile supporre che le diverse discipline siano portate avanti da figure diverse. Nell'edificio nostro caso di studio, vengono trattate tre discipline: architettura, strutture e impianti. Ognuna di esse viene progettata e modellata da una figura professionale propria e pertanto si ottengono tre diversi modelli che compongono l'edificio: modello architettonico, strutturale e impiantistico.

Per creare un unico modello multidisciplinare, anche detto modello federato, le discipline coinvolte devono necessariamente collaborare e coordinarsi tra loro. Nella presente tesi si vedrà come, grazie ai software Autodesk Revit 2021, Autodesk Navisworks Manage 2022 e BIMvision, sia possibile la creazione del modello multidisciplinare dell'edificio bifamiliare caso di studio.

3.1. Introduzione al software Autodesk Revit per la modellazione delle discipline di progetto

Revit è un software che attraverso la creazione di modelli, permette la pianificazione di tutte le fasi relative alla realizzazione e alla gestione di un progetto di tipo edilizio. Esso supporta il processo di progettazione multidisciplinare, infatti può essere utilizzato da impiantisti, ingegneri strutturisti, architetti, costruttori, montatori, collaudatori ed altre figure professionali. E' un software che favorisce la collaborazione.

Oltre le potenzialità per la progettazione di cui dispone il software Revit, è importante comprendere la sua struttura dei dati e delle informazioni. In tutti i software per la modellazione informativa, i dati e le informazioni rispettano una precisa organizzazione gerarchica.

Il modello Revit che viene realizzato è sostanzialmente un insieme di informazioni, cioè è un database relazionale grafico che ha una sua gerarchia di informazione. Se ne riporta un esempio nell'immagine sottostante (Figura 2).

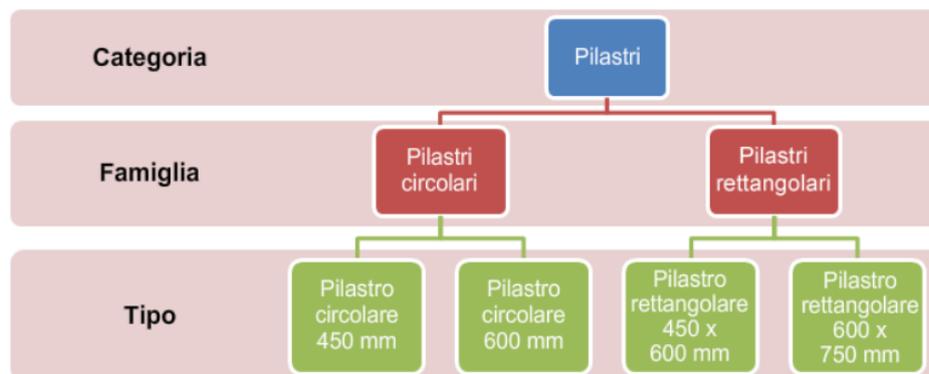


Figura 2 - Gerarchia di informazione Revit

La *categoria* identifica la classificazione degli oggetti al primo livello. Rappresenta l'insieme degli elementi che svolgono la stessa funzione all'interno del software e del progetto. Nell'esempio sopra riportato si vede la *categoria* Pilastrì.

La *famiglia* specifica ulteriormente la *categoria*, classificando gli elementi della stessa ad un secondo livello. Rappresenta l'insieme degli oggetti con una serie di parametri comuni (proprietà). La *famiglia* "Pilastri circolari" differisce dalla *famiglia* "Pilastri rettangolari" per forma, ma hanno anche alcune proprietà in comune.

Le famiglie all'interno di Revit possono essere di tre tipologie:

- Famiglie di sistema: comprendono tutti gli elementi strutturali di un edificio. Sono predefinite in Revit, perciò non è possibile caricarle nei progetti da file esterni, né è possibile salvarle in percorsi esterni al progetto.
- Famiglie caricabili: comprendono l'insieme degli elementi non strutturali di un edificio. Le famiglie caricabili vengono create in file esterni e poi importate o caricate nei progetti. Sono delle famiglie che Revit include una sua libreria dei contenuti. Queste famiglie vengono spesso modificate per adattarle al singolo progetto.
- Famiglie locali: sono tutti gli oggetti unici, che vengono modellati proprio per un singolo progetto. Tipicamente sono oggetti di forme particolari, che difficilmente saranno riutilizzabili per altri modelli.

Il *tipo* identifica la classificazione degli oggetti ad un terzo livello, definendo un insieme di diversi elementi della stessa *famiglia* con le medesime caratteristiche. Fornisce un set di informazioni che descrivono dettagliatamente l'oggetto. Nell'esempio in figura si vedono due tipi di pilastro per ogni *famiglia*. La *famiglia* "Pilastri circolari" si suddivide in due tipi che si diversificano tra loro per le dimensioni, "Pilastro circolare 450 mm" e "Pilastro circolare 600mm". Questi due tipi contengono tutte le informazioni che sono necessarie alla precisa definizione dell'oggetto.

L'istanza è il singolo oggetto nel modello dell'edificio e secondo la gerarchia dell'informazione è una classificazione degli oggetti di quarto livello. Quindi un'istanza è ciascun oggetto presente del progetto, che appartiene ad una *categoria*, una *famiglia* e ad un determinato *tipo*.

Una caratteristica centrale di Revit è la modellazione parametrica, la quale offre la possibilità di coordinare le modifiche e di garantire la coerenza in ogni fase del progetto. La modellazione parametrica è intesa sia in senso geometrico, che informativo.

Tutti gli oggetti BIM sono definiti con dei parametri geometrici detti anche vincoli. Grazie a questi vincoli, gli oggetti riescono a correggere la loro struttura in seguito alla modifica del valore attribuito ai parametri o vincoli. I parametri geometrici degli oggetti sono pertanto delle regole, e con il variare delle stesse, l'oggetto cambia e si aggiorna in automatico.

La modellazione parametrica informativa è la vera e propria trasformazione della tecnica di modellazione che ha portato ad una grande innovazione nel settore delle costruzioni. Permette di realizzare oggetti che si possono definire "intelligenti", perché contengono al loro interno moltissime informazioni. Tali informazioni possono essere di tipo geometrico, riguardanti il materiale, relativi alle opere di manutenzione nonché alle regole di interazione con gli altri oggetti del modello. Queste informazioni vengono combinate all'interno dei vari oggetti tramite dei parametri.

Si può quindi dire che il modello BIM realizzato è il combinarsi della rappresentazione tridimensionale del progetto, con un sistema di informazioni perfettamente strutturato (database).

Revit è un software BIM dalle grandi potenzialità. Nei capitoli successivi si tratterà passo passo lo sviluppo dei singoli modelli delle discipline di interesse (architettonica, strutturale e impiantistica) mediante il suo utilizzo. Si illustrerà come le figure coinvolte nel progetto interagiranno per la realizzazione del modello federato.

3.2. Sviluppo modello architettonico

Il modello architettonico contiene al suo interno parti che riguardano l'aspetto esteriore ed interiore dell'edificio. Generalmente, la figura professionale che si occupa della progettazione e modellazione di questa disciplina è l'architetto.

La parte architettonica è sempre la prima parte dell'edificio ad essere progettata e poi modellata, quindi si può dire che funge da traccia per la progettazione degli elaborati delle altre discipline.

L'edificio bifamiliare caso di studio che viene modellato si sviluppa su due piani in elevazione e presenta una copertura piana. Il progetto si compone di due unità immobiliari indipendenti. Per distinguerle tra loro, si sceglie di attribuirgli un nome, appartamento "NORD" e "SUD", prendendo spunto dal loro orientamento geografico. Le due abitazioni hanno il piano terra speculare tra loro, composto da un'ampia zona giorno e dei locali di servizio. La pianta del piano primo non si mantiene la stessa nei due appartamenti, ma entrambi sono dotati di 2 camere da letto e 2 bagni. I due terrazzi presenti nell'edificio appartengono all'appartamento "NORD". Si riportano di seguito tutti gli elementi architettonici che compongono il modello architettonico.

3.2.1. Modellazione volumetria di cantiere

Il primo elemento modellato è il terreno esistente, quindi il terreno del lotto non livellato, dove si erigerà l'edificio. Si disegna la superficie topografica inserendo le misure del lotto (*Figura 3*).

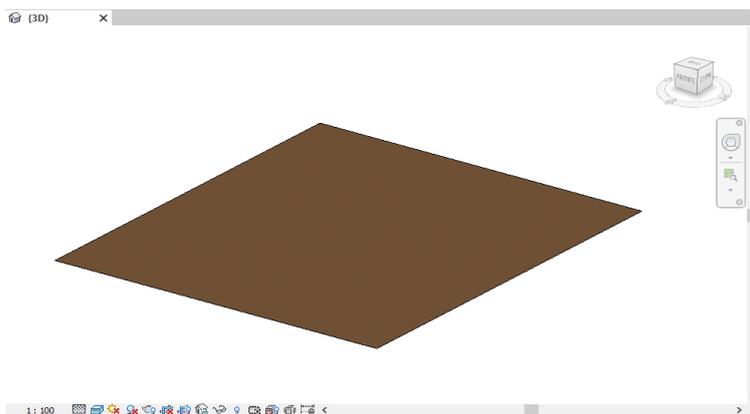


Figura 3 - Vista tridimensionale terreno esistente (3D)

In seguito si crea un nuovo terreno, identico a quello esistente, e si modifica la copia creata così da poter realizzare la regione livellata su cui sorgerà lo stabile (Figura 4).

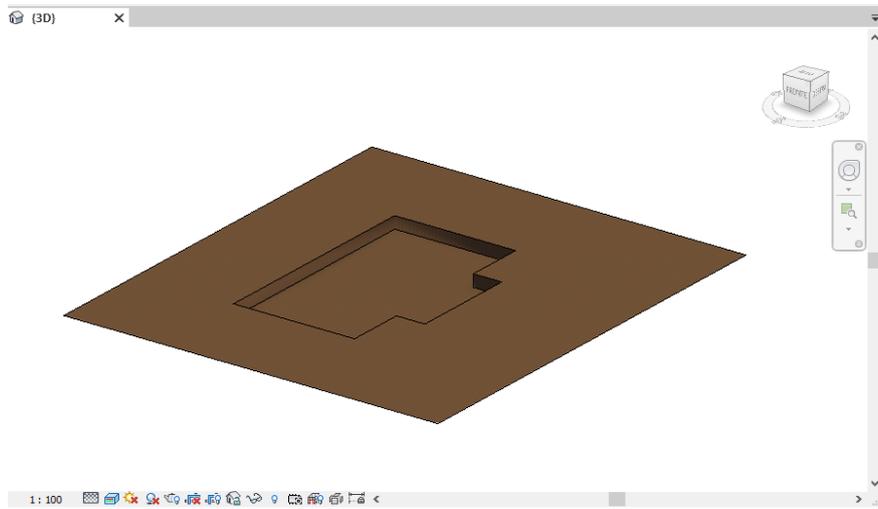


Figura 4 - Vista tridimensionale terreno livellato (3D)

Visualizzando l'abaco della volumetria di cantiere è possibile conoscere l'area totale del lotto e quantificare i m³ di terreno scavati o riportati durante il livellamento dello stesso (Figura 5):

<Abaco volumetria cantiere>	
A	B
Area superficie	Scavo/riporto netto
192 m ²	-191.91 m ³
692 m ²	0.00 m ³

Figura 5 - Abaco volumetria cantiere

Una volta creato il terreno, si posiziona la fondazione strutturale. Il progetto di quest'ultima è però di competenza dell'ingegnere strutturista, perciò si sceglie di posizionare una platea di spessore fittizio, come fondazione provvisoria (Figura 6).

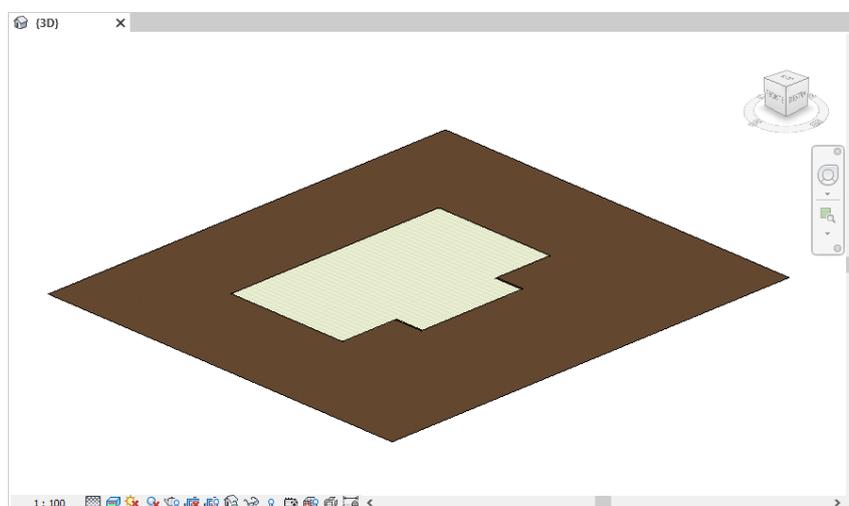


Figura 6 - Vista tridimensionale platea provvisoria (3D)

3.2.2. Modellazione pavimenti architettonici

I pavimenti architettonici utilizzati nel presente modello architettonico appartengono tutti alla *famiglia* "Pavimento", ma sono di *tipo* diverso. Ogni *tipo* ha la propria stratigrafia, che cambia a seconda della sua funzione nel progetto. Sono presenti tre tipi diversi di pavimenti, di cui si vedono le caratteristiche di seguito:

- Solaio PT/P1: è il solaio che è stato progettato per l'interno dell'edificio, da mettere in opera sia al piano terra che al piano primo. E' presente un massetto porta impianti e come finitura si utilizza un pavimentazione in quercia (*Figura 7*).

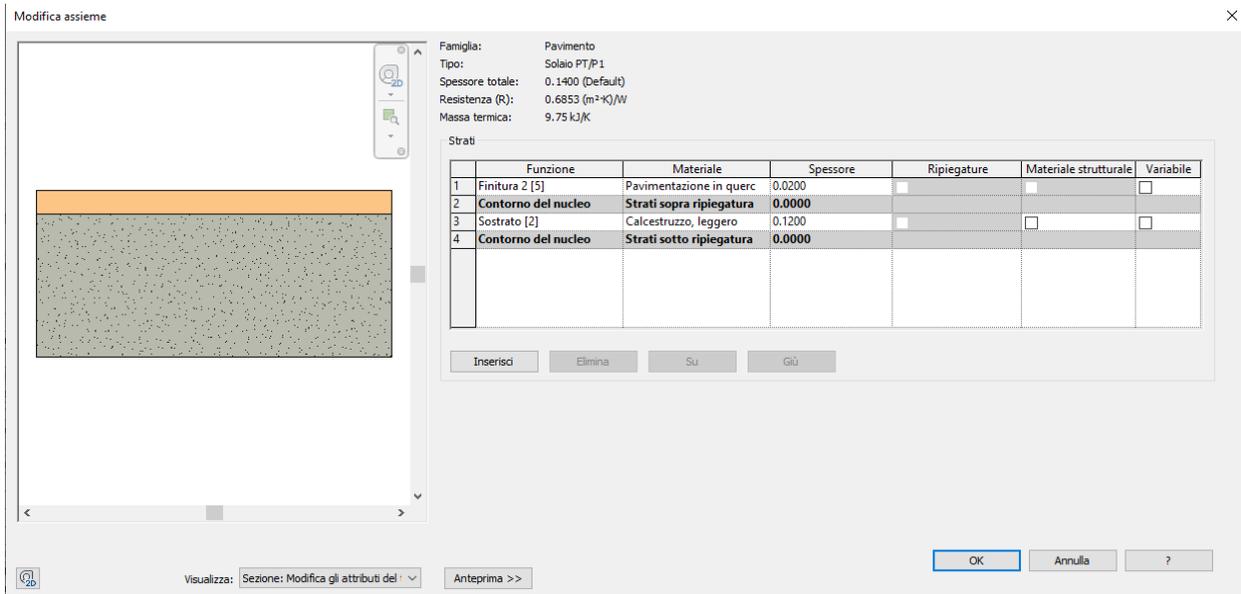


Figura 7 - Proprietà del tipo: Solaio PT/P1

- Solaio terrazzo: il solaio che viene impiegato per i due terrazzi dell'edificio è strutturato in maniera differente da quello visto in precedenza, in quanto è necessario mettere in opera elementi che proteggano l'edificio dalle intemperie. La stratigrafia, visibile nell'immagine sottostante (*Figura 8*), si compone del massetto porta impianti, uno strato di isolante termo-acustico, uno strato impermeabilizzante e una pavimentazione in cotto.

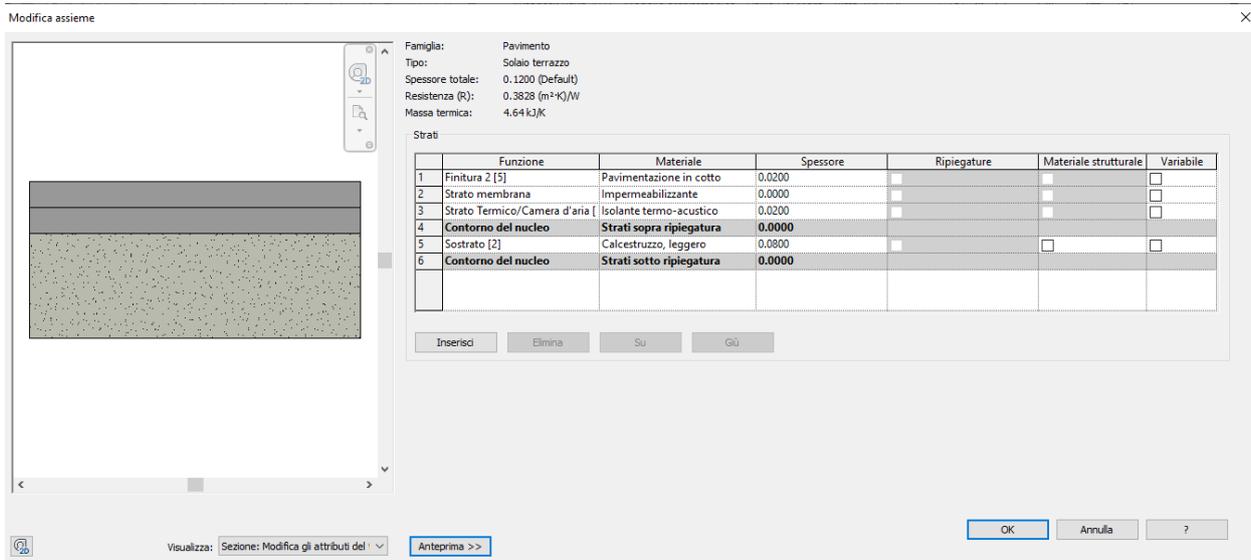


Figura 8 - Proprietà del tipo: Solaio terrazzo

- Solaio copertura: la copertura dell'edificio non è calpestabile, perciò la stratigrafia che si vede nell'immagine di seguito (*Figura 9*) è composta dal massetto porta impianti, uno strato impermeabilizzante, uno strato di isolante termo-acustico ed in fine una guaina impermeabilizzante adatta alla diretta esposizione agli agenti atmosferici.

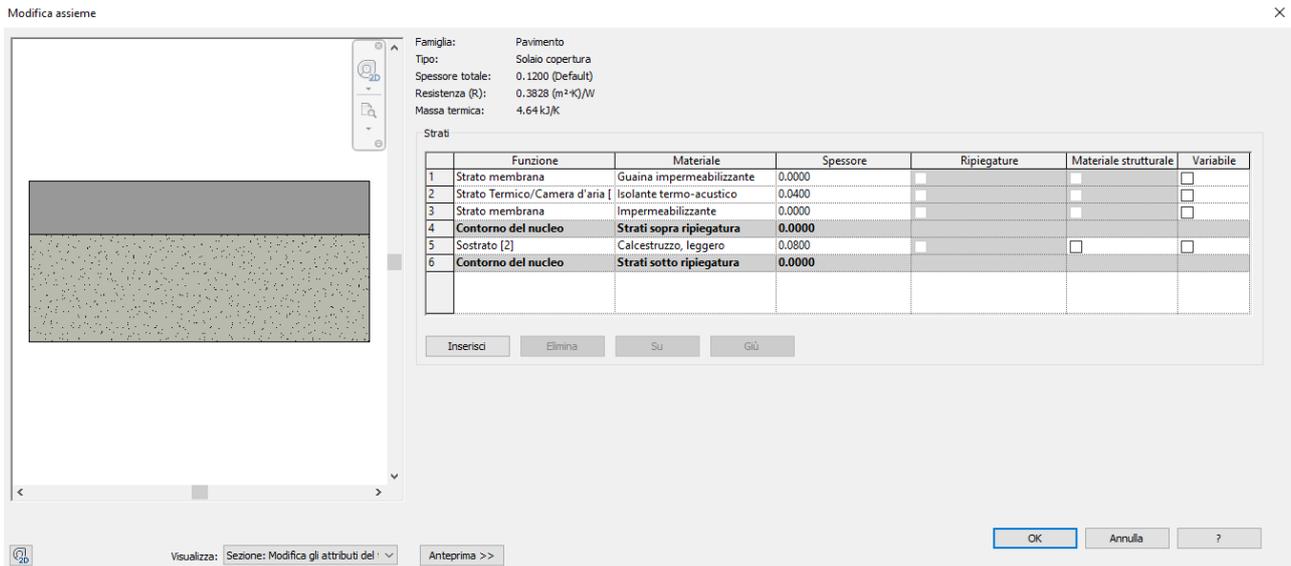


Figura 9 - Proprietà del tipo: Solaio copertura

All'interno della *famiglia* "Pavimenti", è presente anche il marciapiede, che corre lungo tutto il perimetro esterno dell'edificio. La sua stratigrafia, visibile in *Figura 10*, è data da un massetto e una pavimentazione in pietra.

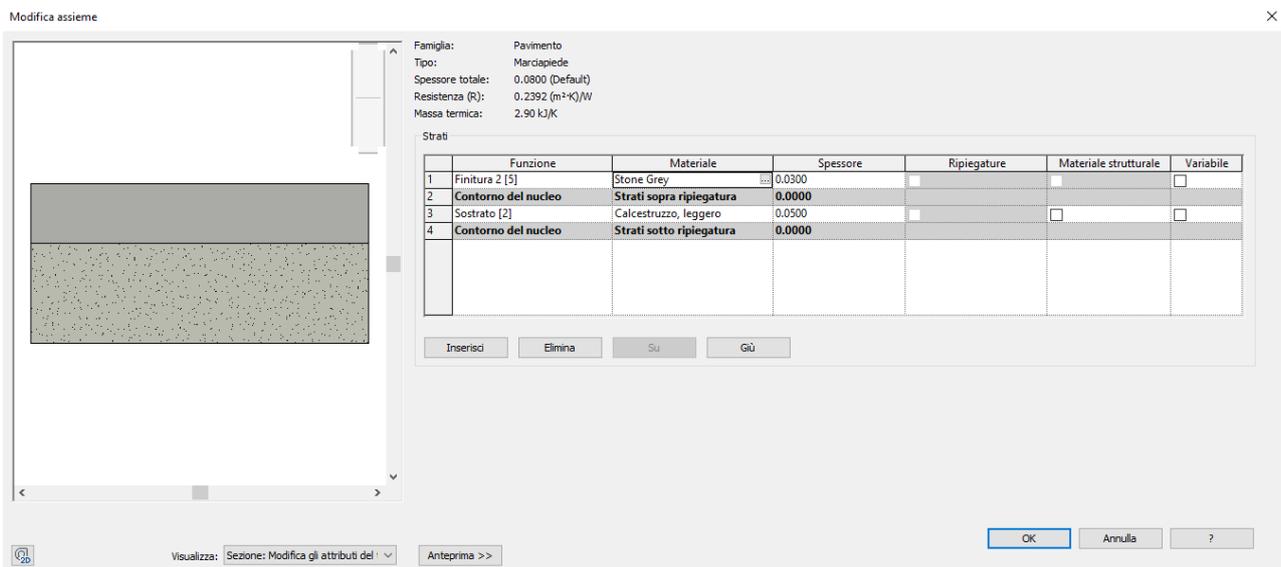


Figura 10 - Proprietà del tipo: Marciapiede

E' possibile visualizzare l'abaco dei pavimenti, per conoscere il livello, ovvero la posizione dei solai, con la relativa area ed il volume:

<Abaco pavimenti>				
A	B	C	D	E
Famiglia	Tipo	Livello	Area	Volume
Pavimento	Marciapiede	01- ARC PT	62 m ²	4.93 m ³
Pavimento	Solaio PT/P1	01- ARC PT	148 m ²	20.74 m ³
Pavimento: 2			210 m ²	
01- ARC PT: 2			210 m ²	
Pavimento	Solaio PT/P1	02- ARC P1	98 m ²	13.73 m ³
Pavimento	Solaio terrazzo	02- ARC P1	16 m ²	1.88 m ³
Pavimento	Solaio terrazzo	02- ARC P1	28 m ²	3.41 m ³
Pavimento: 3			142 m ²	
02- ARC P1: 3			142 m ²	
Pavimento	Solaio copertura	03 - ARC TETTO	118 m ²	14.16 m ³
Pavimento: 1			118 m ²	
03 - ARC TETTO: 1			118 m ²	

Figura 11 - Abaco pavimenti

3.2.3. Modellazione chiusure esterne e divisori

L'edificio bifamiliare caso di studio comincia a prendere forma quando si erigono le chiusure esterne e i divisori interni. All'interno di questo modello vengono utilizzati diversi tipi della famiglia "Muri". Si riportano di seguito i tipi e le proprietà di ognuno:

- Muro perimetrale 54 cm: muro che funge da involucro dell'edificio. Gli elementi edilizi utilizzati per la realizzazione dello stesso, a cominciare dalla faccia esterna, sono: mattoncini facciavista sabbiati, camera d'aria, isolamento termo-acustico, barriera al vapore, mattoni forati e intonaco come finitura interna (Figura 12).

Modifica assieme

Famiglia: Muro di base
 Tipo: Muro perimetrale 54 cm
 Spessore totale: 0.5400
 Resistenza (R): 3.8698 (m²·K)/W
 Massa termica: 36.48 kJ/K

Altezza esempio: 3.0000

LATO ESTERNO					
Strati	Funzione	Materiale	Spessore	Ripiegature	Materiale strutturale
1	Finitura 1 [4]	Mattoncini facciavista sabbiati	0.1200	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Strato Termico/Camera d'aria [Aria		0.0400	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Strato Termico/Camera d'aria [Isolamento termo-acustico	0.0600	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	Strato membrana	Barriera al vapore	0.0000	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	Contorno del nucleo	Strati sopra ripiegatura	0.0000		
6	Struttura [1]	Corso di mattoni verticali	0.3000		<input checked="" type="checkbox"/>
7	Contorno del nucleo	Strati sotto ripiegatura	0.0000		
8	Finitura 2 [5]	Intonaco	0.0200	<input checked="" type="checkbox"/>	

LATO INTERNO

Inserisci Elimina Su Giù

Ripiegatura di default:
 Agli inserti: Alle estremità:
 Non ripiegare Nessuno

Modifica struttura verticale (strumenti attivi solo in anteprima sezione)

Modifica Unisci regioni Estrusione
 Assegna strato Dividi regione Scanalature

Visualizza: Pianta del pavimento: Modifica gli Anteprima >>

OK Annulla ?

Figura 12 - Proprietà del tipo: Muro perimetrale 54 cm

- Muro di divisione 35 cm: muro che separa internamente i due appartamenti dell'edificio bifamiliare. Per garantire il comfort acustico, quindi far in modo di isolare acusticamente le due proprietà, la stratigrafia è speculare e composta dall'intonaco, mattoni forati per la parte resistente e isolante termo-acustico nella parte centrale (*Figura 13*).

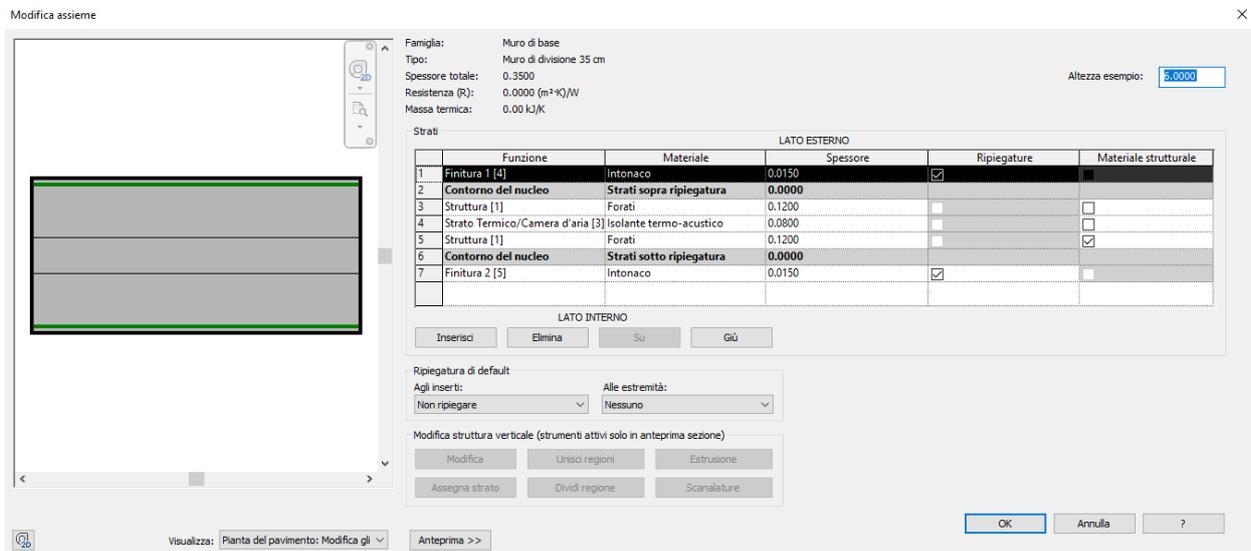


Figura 13- Proprietà del tipo: Muro di divisione 35 cm

- Tramezzo 15 cm: i tramezzi sono muri che vengono utilizzati per separare gli spazi interni dello stabile. Si utilizza l'intonaco come finitura e per la parte resistente si utilizzano dei mattoni forati, come visibile in *Figura 14*.

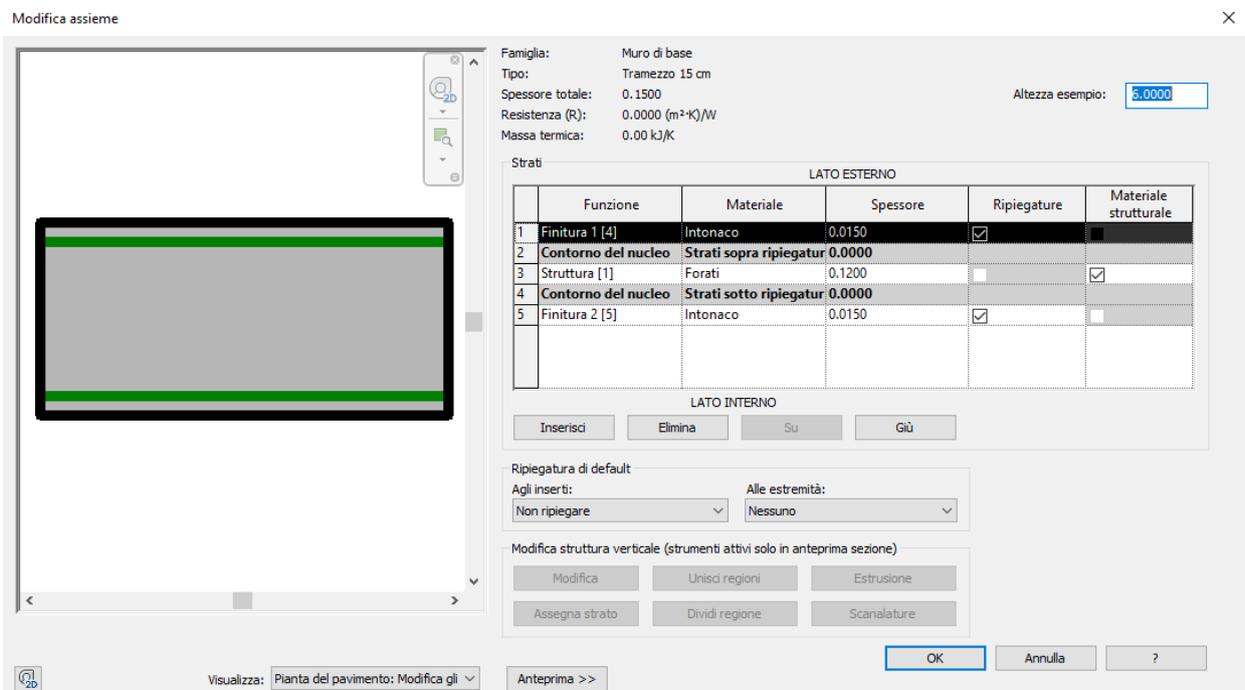


Figura 14 - Proprietà del tipo: Tramezzo 15 cm

- Tramezzo 10 cm: tramezzo utilizzato per delimitare un cavedio tecnico, ovvero uno spazio dedicato al passaggio di impianti. Si compone di mattoni forati per la realizzazione della parte resistente e si utilizza l'intonaco per rifinire la parte del tramezzo che rimarrà visibile dall'interno dell'edificio (Figura 15).

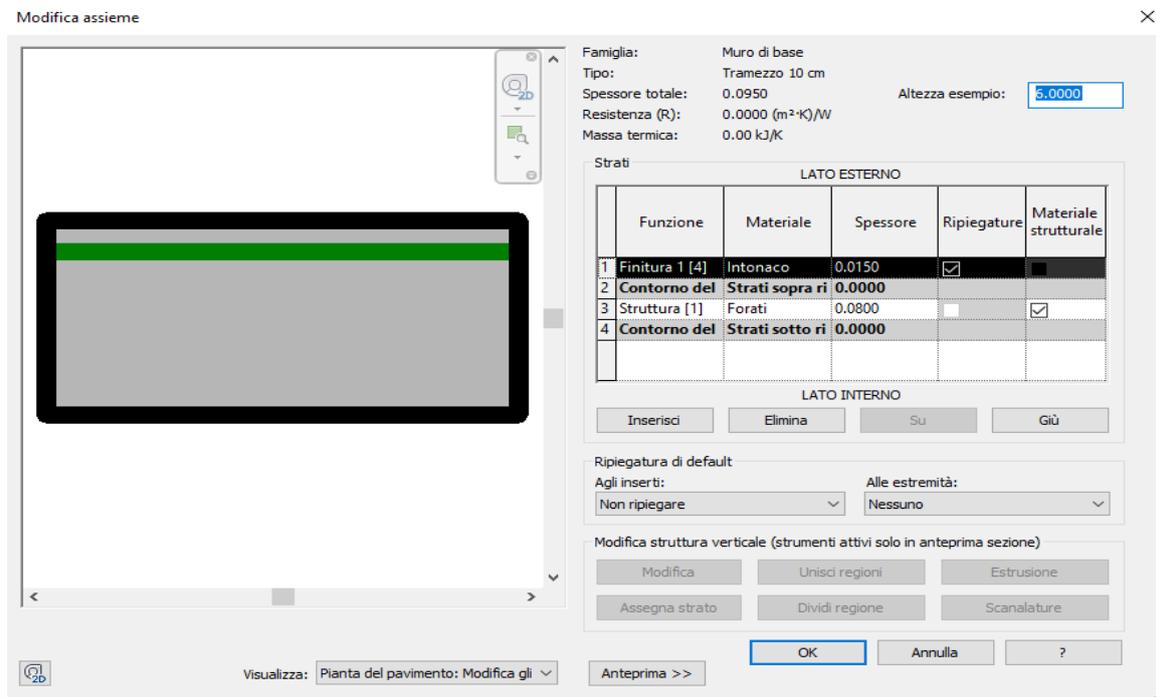


Figura 15 - Proprietà del tipo: Tramezzo 10 cm

Si riporta l'abaco muri per conoscere il vincolo di base, l'area e il volume relativi ad ogni *tipo* di muro:

<Abaco muri>				
A	B	C	D	E
Famiglia	Tipo	Vincolo di base	Area	Volume
Muro di base	Muro di divisione 35 cm	01- STR PT	26 m ²	9.06 m ³
Muro di base	Muro perimetrale 54 cm	01- STR PT	152 m ²	72.89 m ³
Muro di base	Tramezzo 10 cm	01- STR PT	7 m ²	0.65 m ³
Muro di base	Tramezzo 15 cm	01- STR PT	74 m ²	11.09 m ³
Muro di base: 27			259 m ²	93.69 m ³
01- STR PT: 27			259 m ²	93.69 m ³
Muro di base	Muro di divisione 35 cm	02- STR P1	30 m ²	10.43 m ³
Muro di base	Muro perimetrale 54 cm	02- STR P1	127 m ²	60.53 m ³
Muro di base	Tramezzo 10 cm	02- STR P1	6 m ²	0.53 m ³
Muro di base	Tramezzo 15 cm	02- STR P1	111 m ²	16.58 m ³
Muro di base: 36			274 m ²	88.08 m ³
02- STR P1: 36			274 m ²	88.08 m ³

Figura 16 - Abaco muri

Una volta eretti i muri e realizzato i solai, l'edificio appare come si vede nell' immagine sottostante (Figura 17).

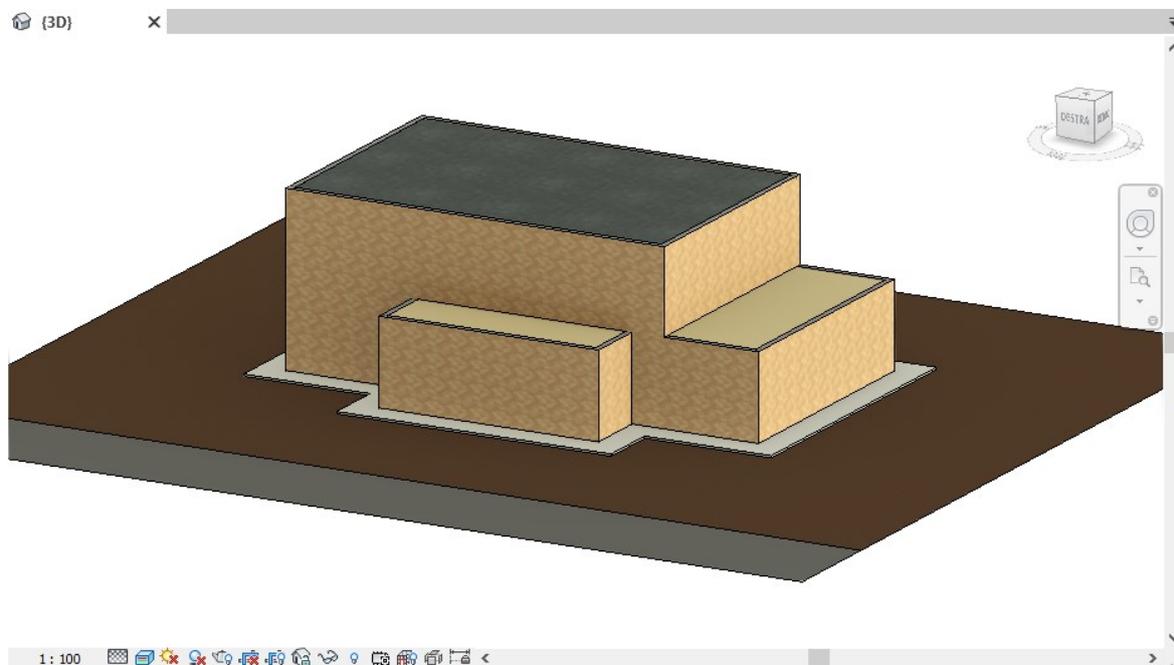


Figura 17 - Vista tridimensionale pavimenti e muri (3D): Modello architettonico

3.2.4. Modellazione infissi e serramenti

Si posizionano gli infissi e i serramenti, così da completare la modellazione della parte esterna dell'edificio. Nel modello architettonico che viene sviluppato, sono presenti vari *tipi* di finestre e di porte. Si possono vedere nelle immagini di seguito, tutte le *famiglie* ed i *tipi* utilizzati:

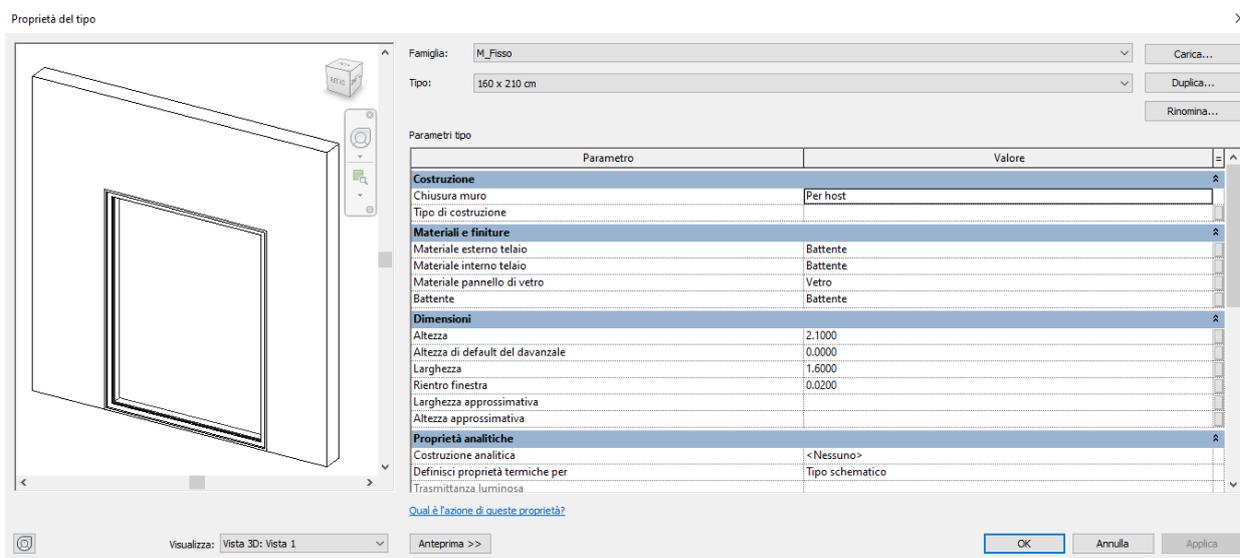


Figura 18 - Proprietà del tipo: Finestra 160x210 cm

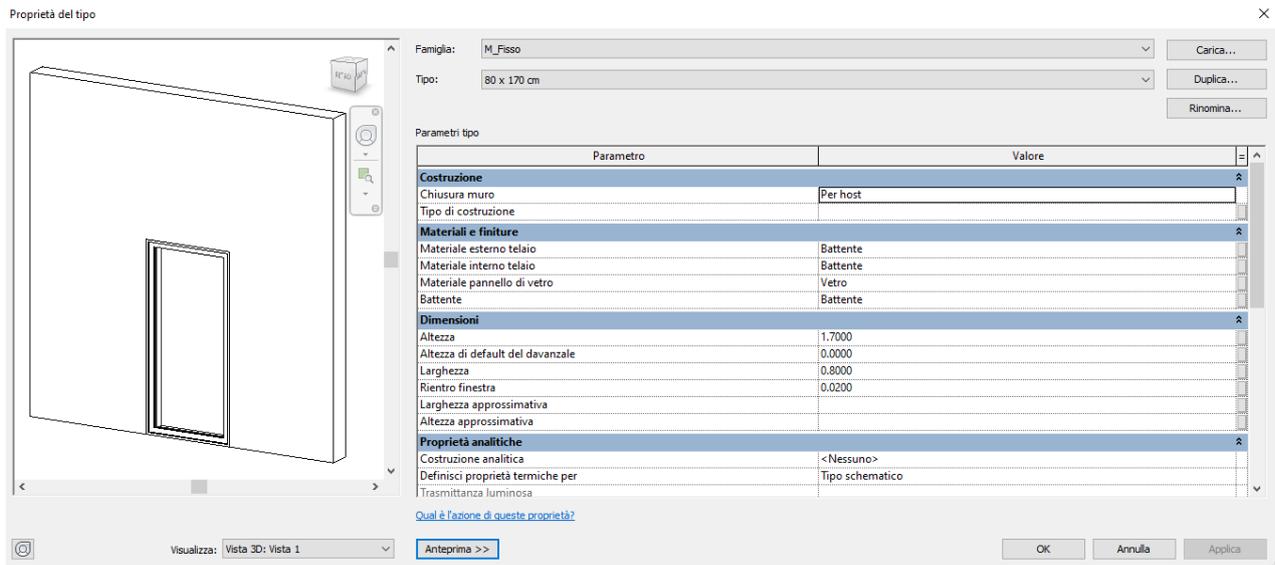


Figura 19 - Proprietà del tipo: Finestra 80x170 cm

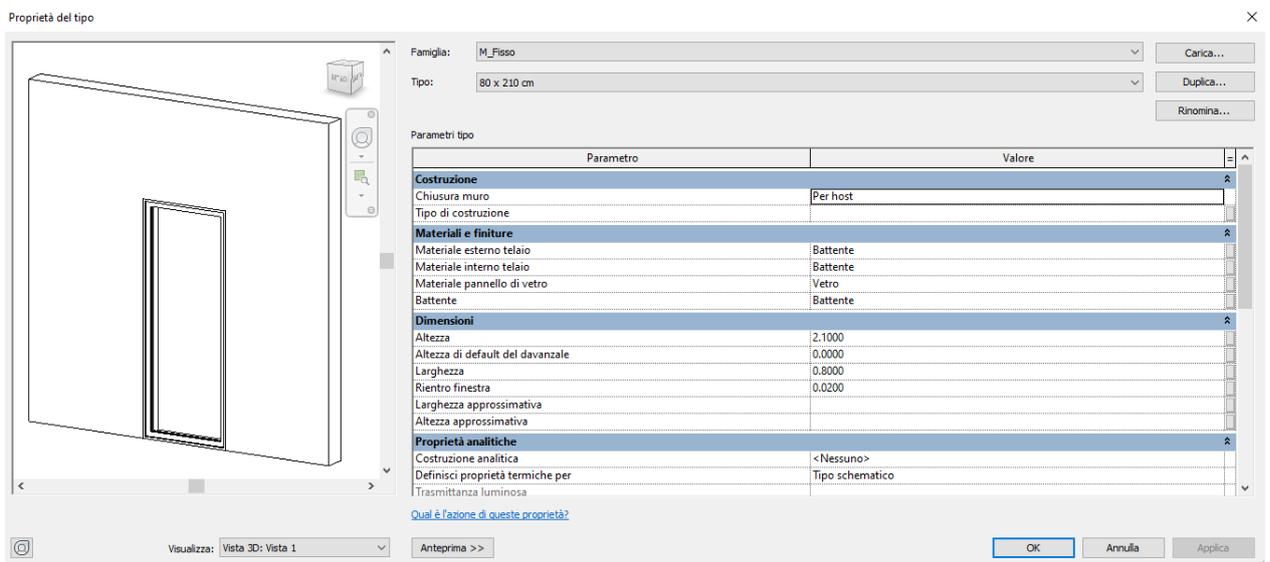


Figura 20 - Proprietà del tipo: Finestra 80 x 210 cm

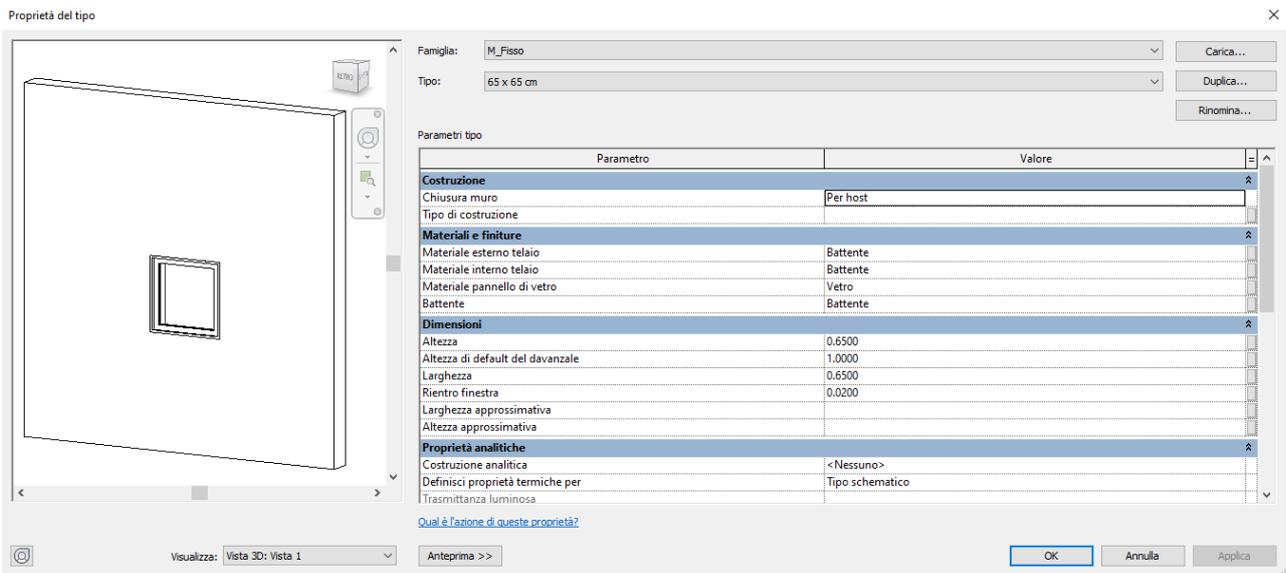


Figura 21 - Proprietà del tipo: Finestra 65 x 65 cm

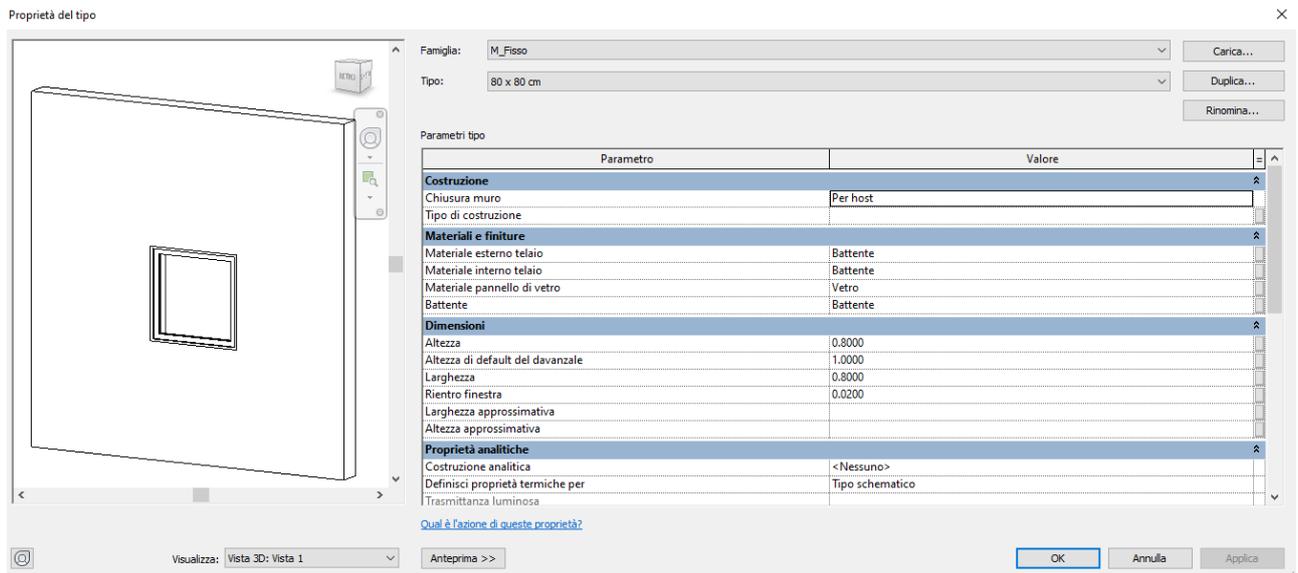


Figura 22 - Proprietà del tipo: Finestra 80 x 80 cm

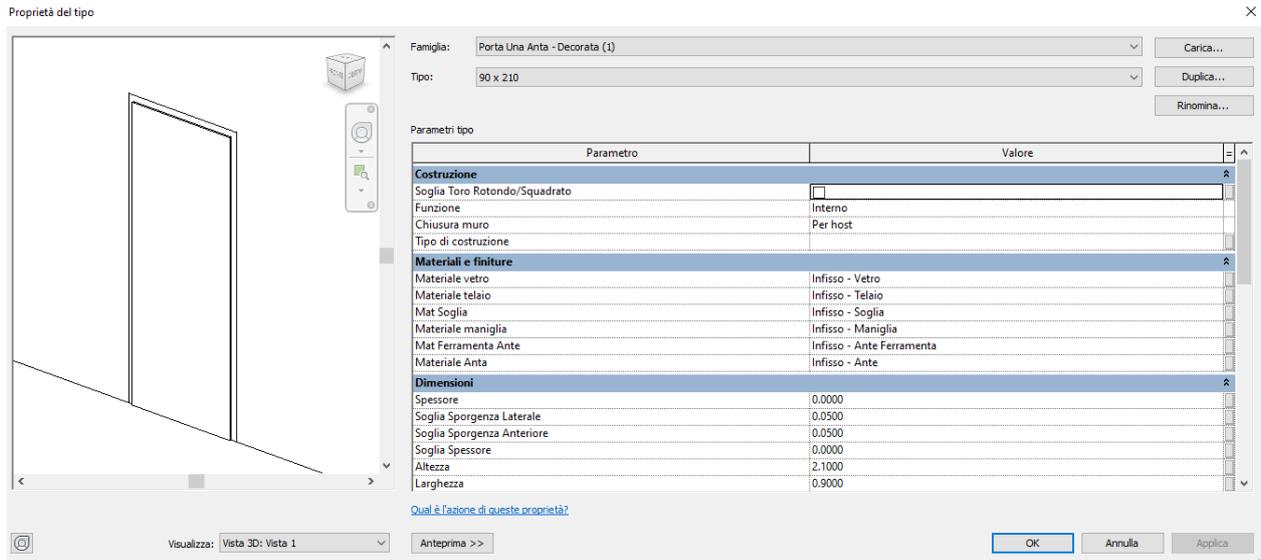


Figura 23 - Proprietà del tipo: Porta esterna 90 x 210 cm

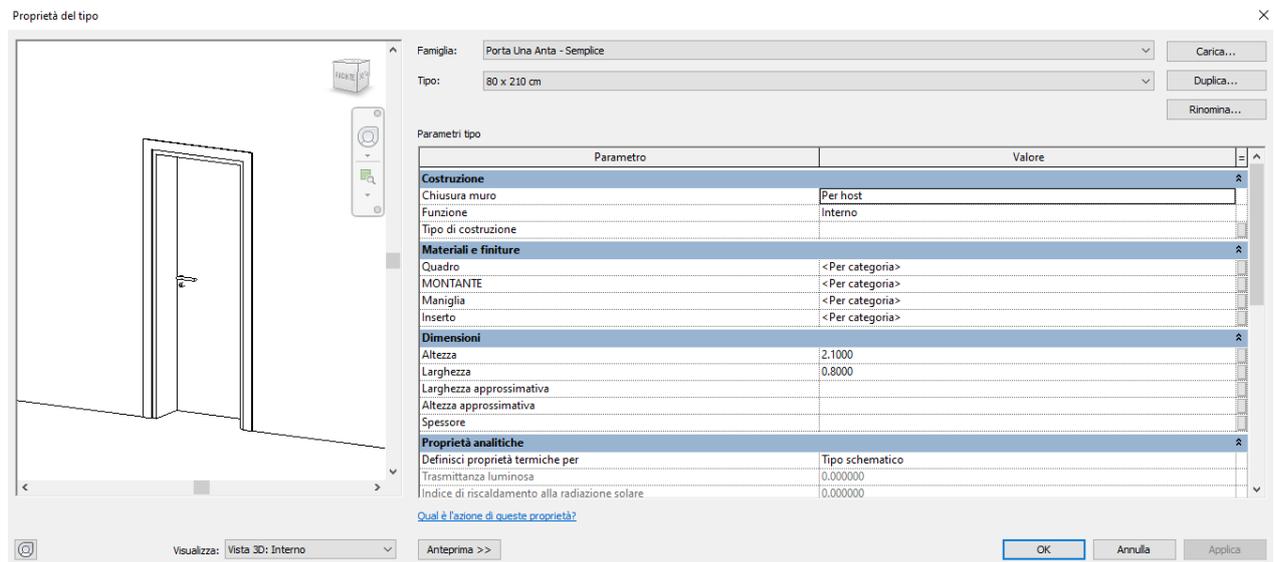


Figura 24 - Proprietà del tipo: Porta interna 80x 210 cm

Di seguito si riportano rispettivamente l'abaco delle finestre e delle porte, così da poter visualizzare il livello a cui sono posizionati gli infissi, l'altezza della soglia dal suddetto livello e le dimensioni:

<Abaco finestre>

A	B	C	D	E	F
Famiglia	Tipo	Livello	Altezza soglia	Altezza	Larghezza
M_Fisso	65 x 65 cm	01- ARC PT	1.32	0.65	0.65
65 x 65 cm: 4					
M_Fisso	80 x 210 cm	01- ARC PT	0.00	2.10	0.80
80 x 210 cm: 4					
M_Fisso	160 x 210 cm	01- ARC PT	0.00	2.10	1.60
160 x 210 cm: 3					
M_Fisso: 11					
01- ARC PT: 11					
M_Fisso	65 x 65 cm	02- ARC P1		0.65	0.65
65 x 65 cm: 3					
M_Fisso	80 x 80 cm	02- ARC P1		0.80	0.80
80 x 80 cm: 2					
M_Fisso	80 x 170 cm	02- ARC P1	0.42	1.70	0.80
80 x 170 cm: 4					
M_Fisso	80 x 210 cm	02- ARC P1	0.02	2.10	0.80
80 x 210 cm: 3					
M_Fisso: 12					
02- ARC P1: 12					

Figura 25 - Abaco finestre

<Abaco porte>

A	B	C	D	E	F
Famiglia	Tipo	Livello	Altezza	Larghezza	Altezza soglia
Porta Una Anta - Decorata (1)	90 x 210	01- ARC PT	2.10	0.90	0.02
Porta Una Anta - Decorata (1): 2					
Porta Una Anta - Semplice	80 x 210 cm	01- ARC PT	2.10	0.80	0.02
Porta Una Anta - Semplice: 4					
01- ARC PT: 6					
Porta Una Anta - Semplice	80 x 210 cm	02- ARC P1	2.10	0.80	0.02
Porta Una Anta - Semplice: 10					
02- ARC P1: 10					

Figura 26 - Abaco porte

3.2.5. Modellazione scale

L'edificio bifamiliare caso di studio comprende due appartamenti che al piano primo non sono simmetrici tra loro. Le scale utilizzate per collegare i due piani dell'edificio, non sono quindi uguali in pianta nei due appartamenti, ma entrambe appartengono alla *famiglia* di sistema "Scala assemblata" e sono del *tipo* "Alzata massima 180 mm pedata 275 mm". Si riportano di seguito le proprietà del *tipo*:

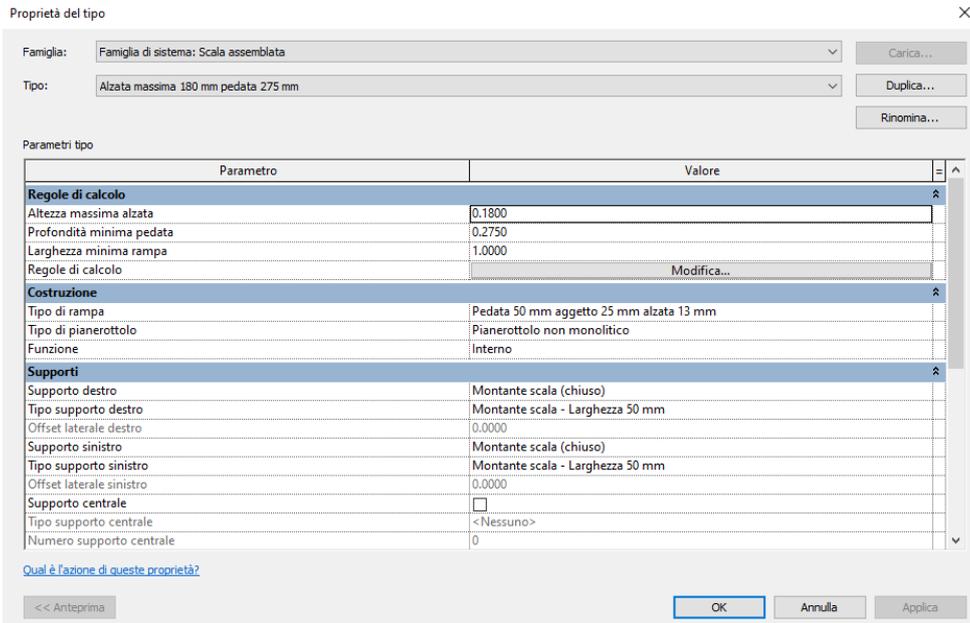


Figura 27 - Proprietà del tipo: Scale

La vista delle scale in pianta è riportata in *Figura 30* e *Figura 31*. La vista in sezione delle scale dell'appartamento NORD, è riportata in *Figura 35*, mentre la vista in sezione delle scale realizzate per l'appartamento SUD e visibile in *Figura 36*.

E' possibile visualizzare l'abaco delle scale per conoscere quali livelli, ovvero quali piani, le scale collegano. Si riportano anche la alzata e la pedata della struttura realizzata:

<Abaco delle scale>					
A	B	C	D	E	F
Famiglia	Tipo	Livello di base	Livello superiore	Altezza effettiva alzata	Profondità effettiva
Scala assemblata	Alzata massima 180 mm pedata 275 mm	01- ARC PT	02- ARC P1	0,17	0,28
Scala assemblata	Alzata massima 180 mm pedata 275 mm	01- ARC PT	02- ARC P1	0,17	0,28
Scala assemblata: 2					

Figura 28 - Abaco scale

3.2.6. Visualizzazione modello architettonico completo

Il modello architettonico è completo di tutti i suoi elementi. Si riportano di seguito alcune viste del modello:

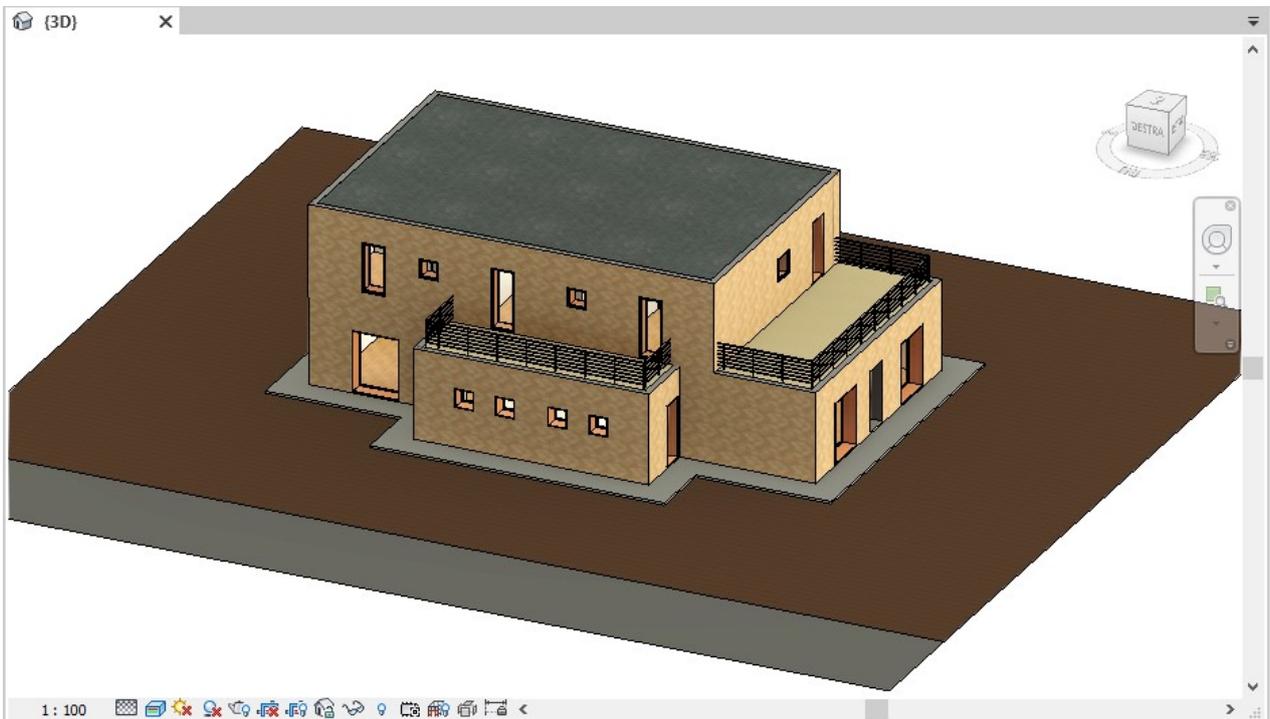


Figura 29 - Vista tridimensionale (3D): Modello architettonico

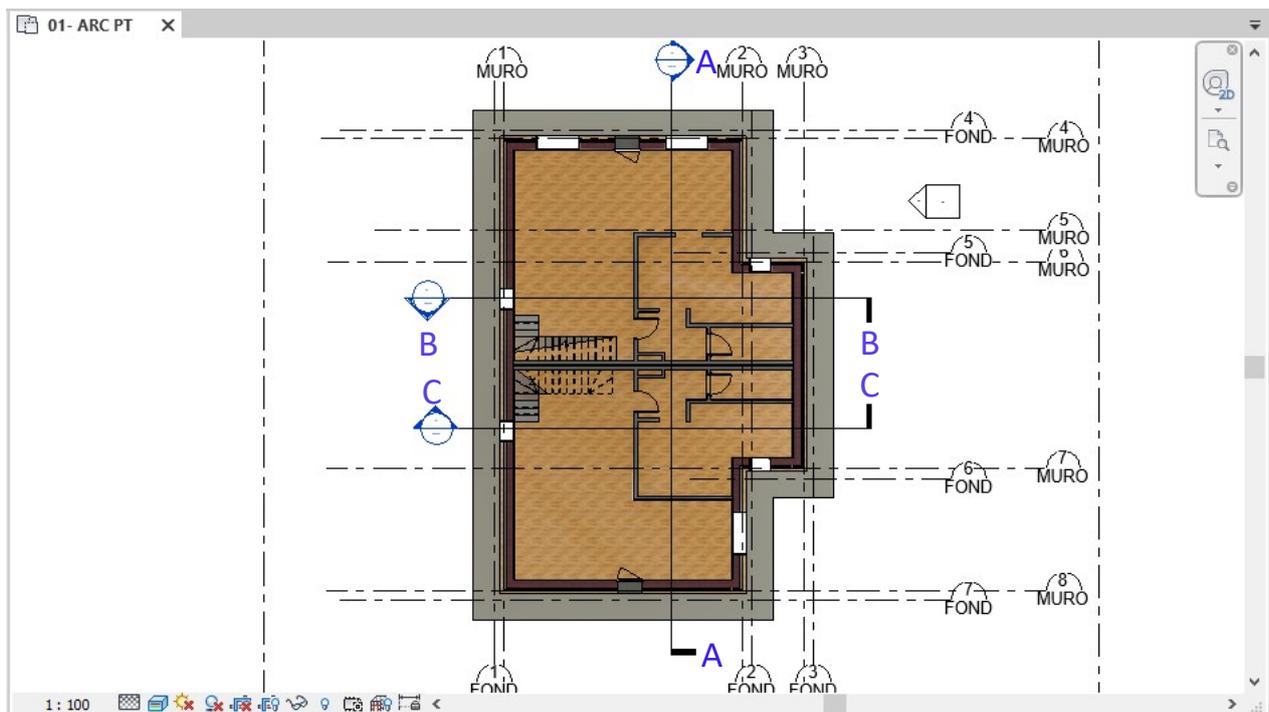


Figura 30 - Vista pianta 01-ARC PT: Pianta pavimento piano terra modello architettonico

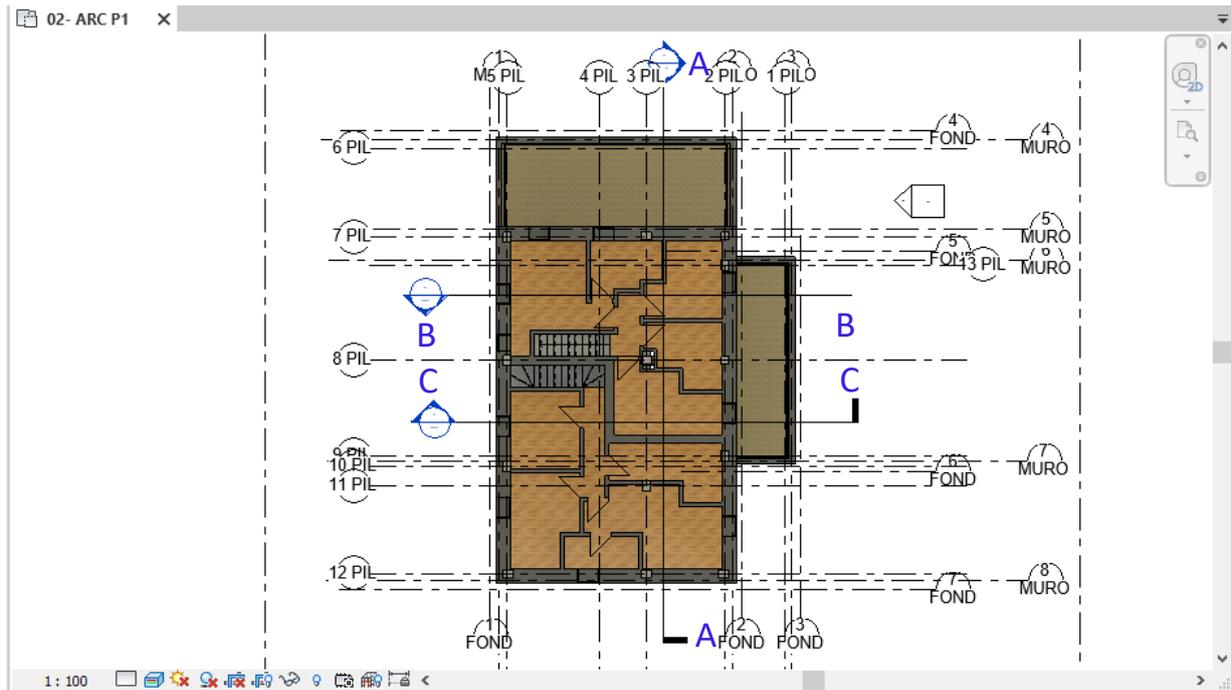


Figura 31 - Vista pianta 02- ARC P1: Pianta pavimento piano primo modello architettonico

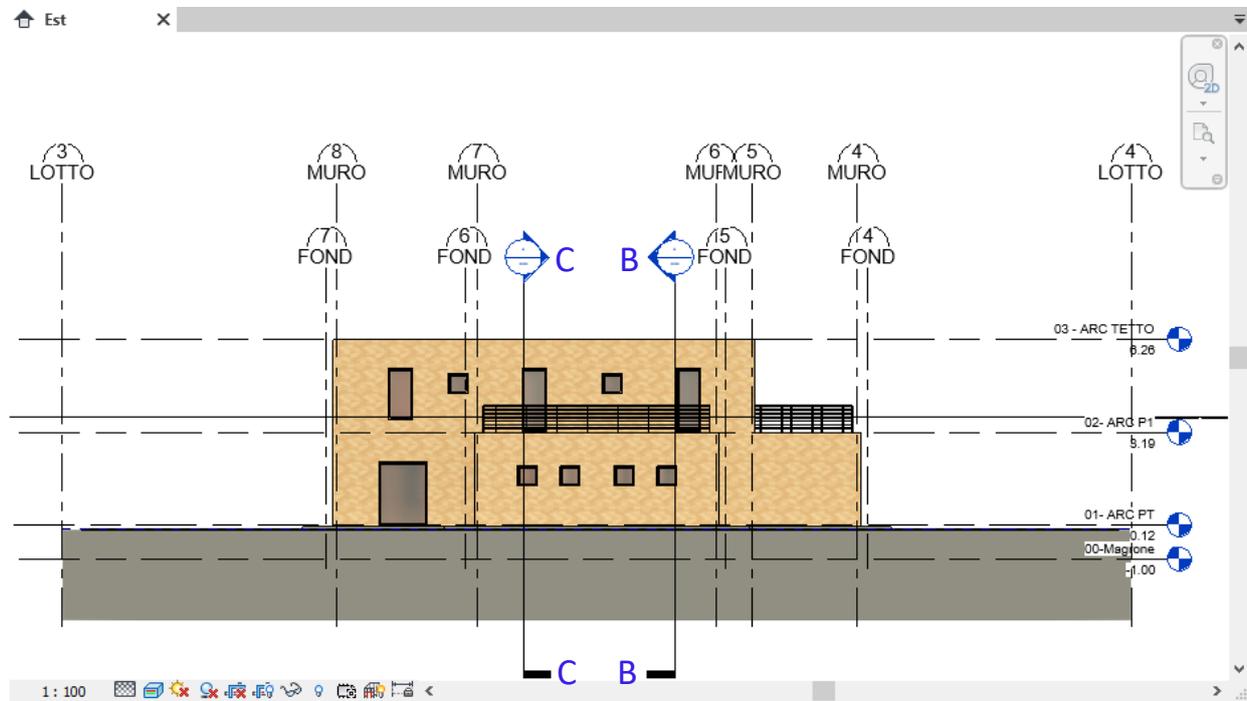


Figura 32 - Vista Est: Prospetto est modello architettonico

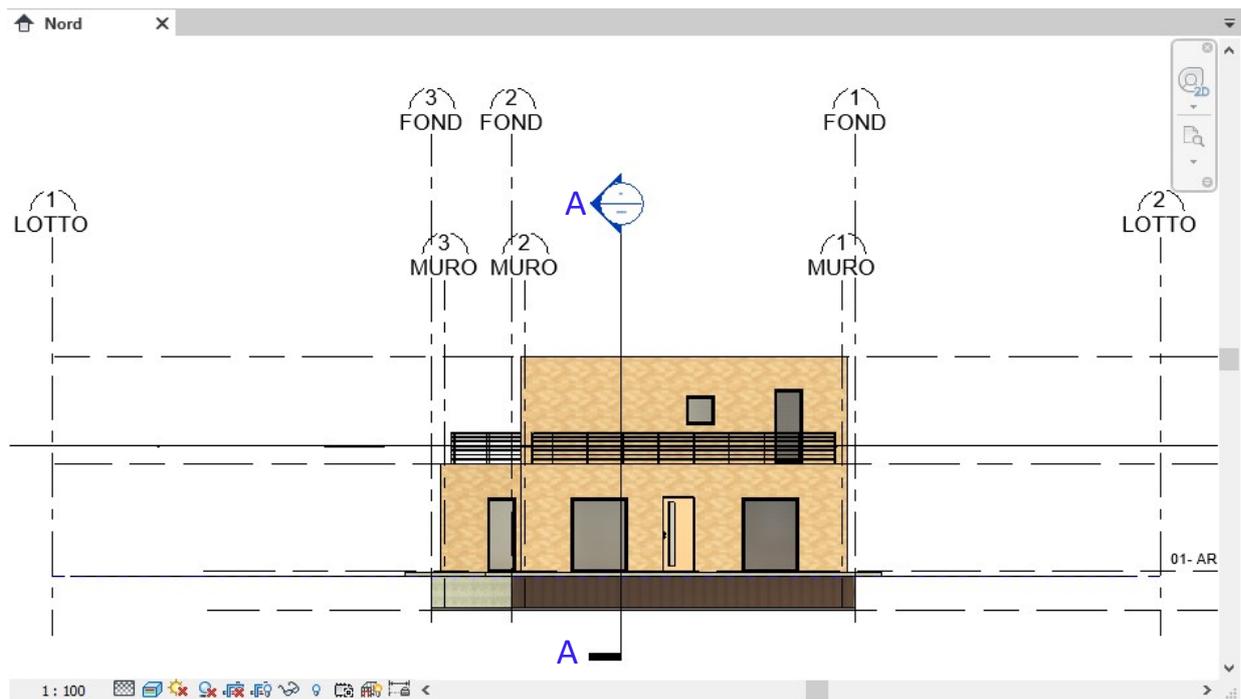


Figura 33 - Vista Nord: Prospetto nord modello architettonico

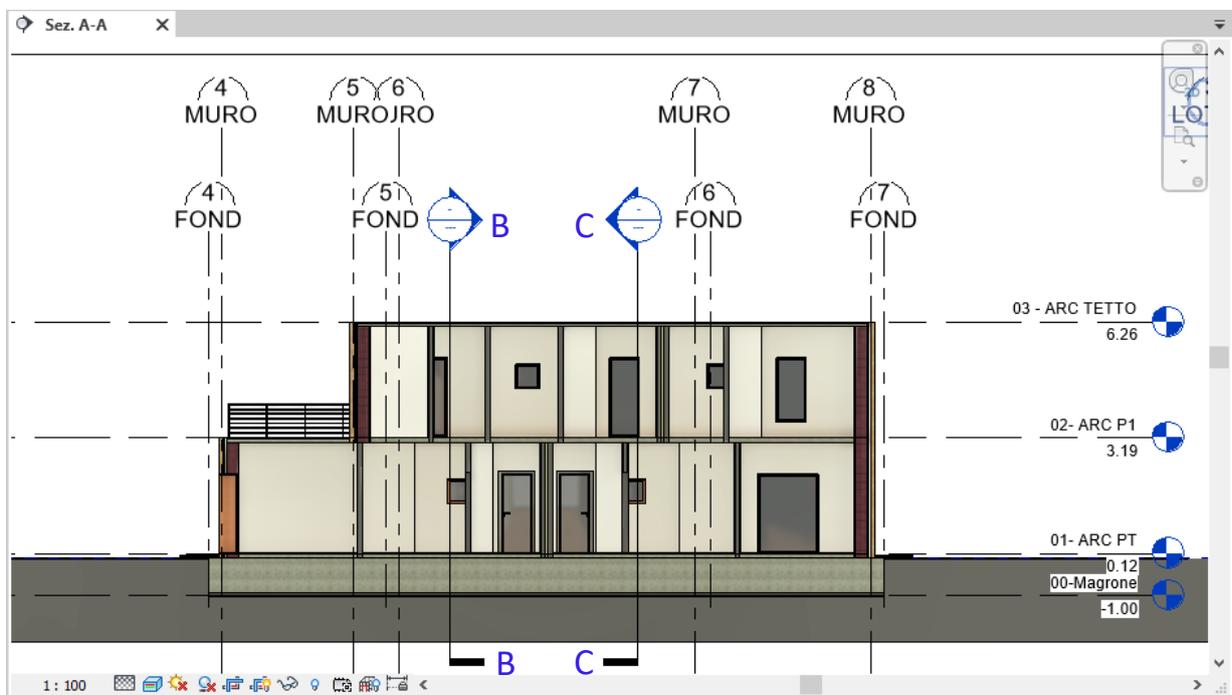


Figura 34 - Vista Sez. A-A: Modello architettonico

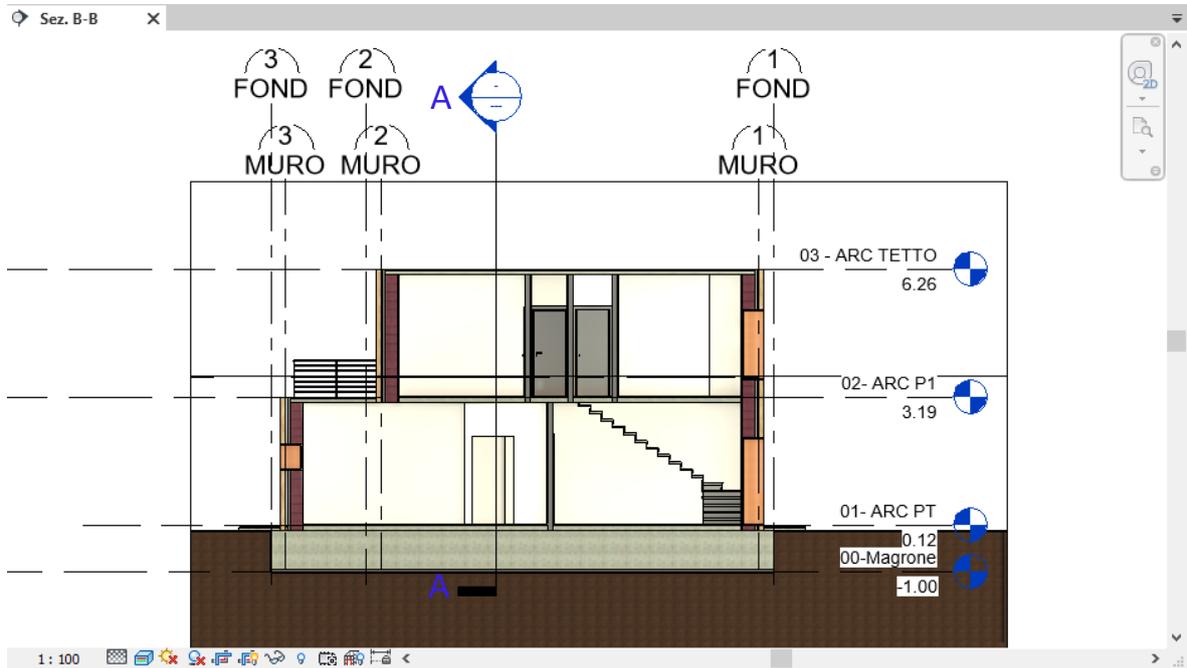


Figura 35 - Vista Sez B-B: Modello architettonico

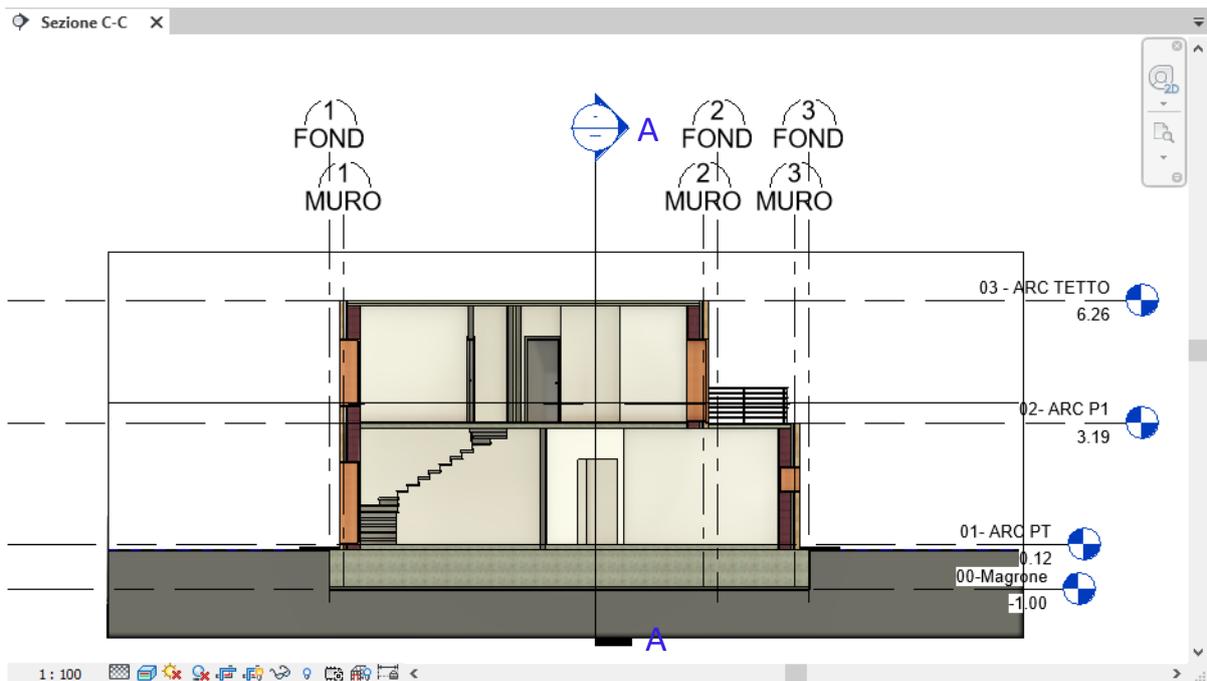


Figura 36 - Vista Sez C-C: Modello architettonico

3.3. Sviluppo modello strutturale

La parte strutturale è lo scheletro dell'edificio, la parte a cui è affidata la sua resistenza e stabilità. La figura professionale che realizza il modello strutturale è l'ingegnere strutturista. E' colui che progetta la struttura dell'edificio, in accordo con il modello architettonico. Per far questo, è necessario che l'architetto e lo strutturista che realizzano l'edificio caso di studio, collaborino.

Il file Revit contenente il modello architettonico viene inviato allo strutturista che lo collega al suo modello, visualizzandolo in mezzi toni. Esso quindi imposta i livelli e le griglie che utilizzerà per la modellazione strutturale, come si vede nella figura sottostante (Figura 37). In questo modo può progettare e realizzare lo scheletro dell'edificio che l'architetto ha modellato.

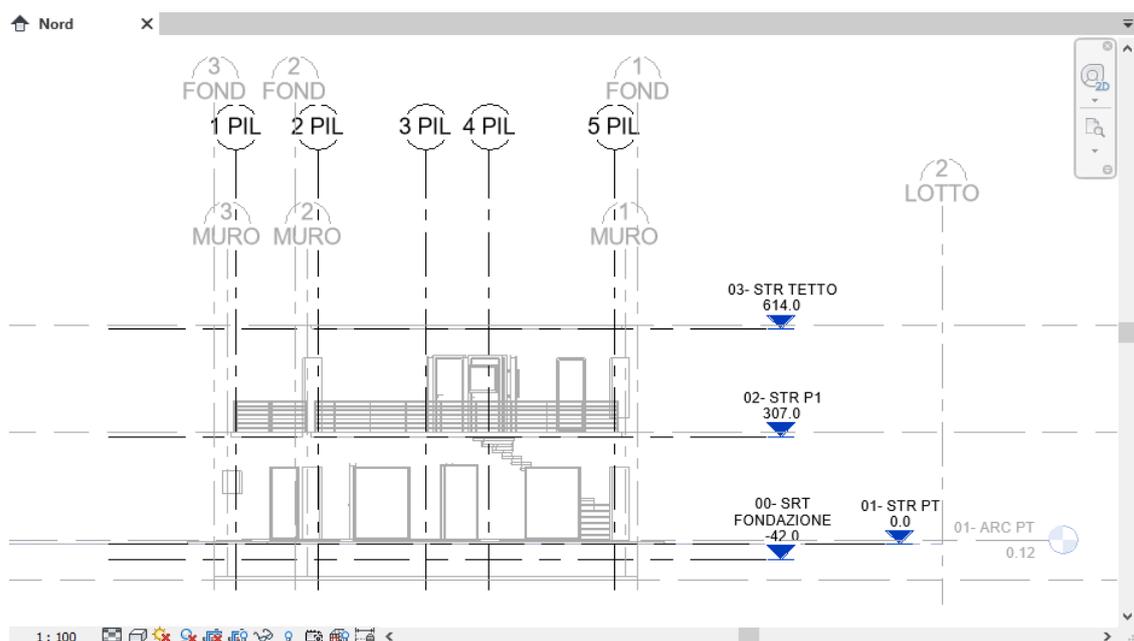


Figura 37 - Vista Nord: Prospetto nord modello architettonico collegato in mezzi toni

La struttura dell'edificio bifamiliare caso di studio, viene realizzata interamente in conglomerato cementizio armato. In questa sede non sono state dimensionate le barre di armatura presenti in ogni elemento strutturale, perciò non verranno inserite per semplicità di rappresentazione. La struttura si compone dei seguenti elementi:

3.3.1. Modellazione platea di fondazione

Per la struttura di fondazione della costruzione si sceglie una platea, che viene realizzata utilizzando la famiglia di sistema "Platea". Possiede le seguenti proprietà:

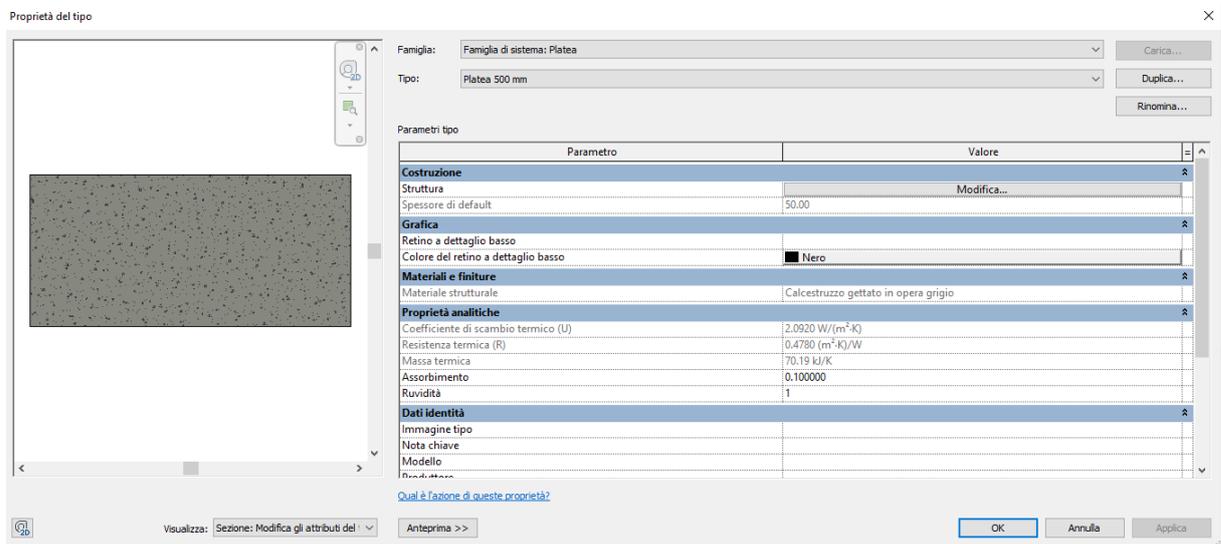


Figura 38 - Proprietà del tipo: Platea

Di seguito si porta l'abaco della platea di fondazione, grazie al quale è possibile visualizzare il livello, lo spessore, il volume e l'area della stessa:

<Abaco platea di fondazione>					
A	B	C	D	E	F
Famiglia	Tipo	Livello	Spessore fondazione	Area	Volume
Platea	Platea 500 mm	00- SRT FONDAZIONE	50.0	192 m²	96.13 m³
Platea: 1					

Figura 39 - Abaco platea di fondazione

3.3.2. Modellazione travi di fondazione

Le travi di fondazione, vengono posizionate sopra la platea per ottenere una platea areata. Infatti l'intercapedine che rimarrà tra la platea e il solaio strutturale del piano terra, verrà riempita con del pietrisco. La trave di fondazione appartiene alla famiglia "Calcestruzzo- Trave rettangolare" ed ha le seguenti proprietà del tipo:

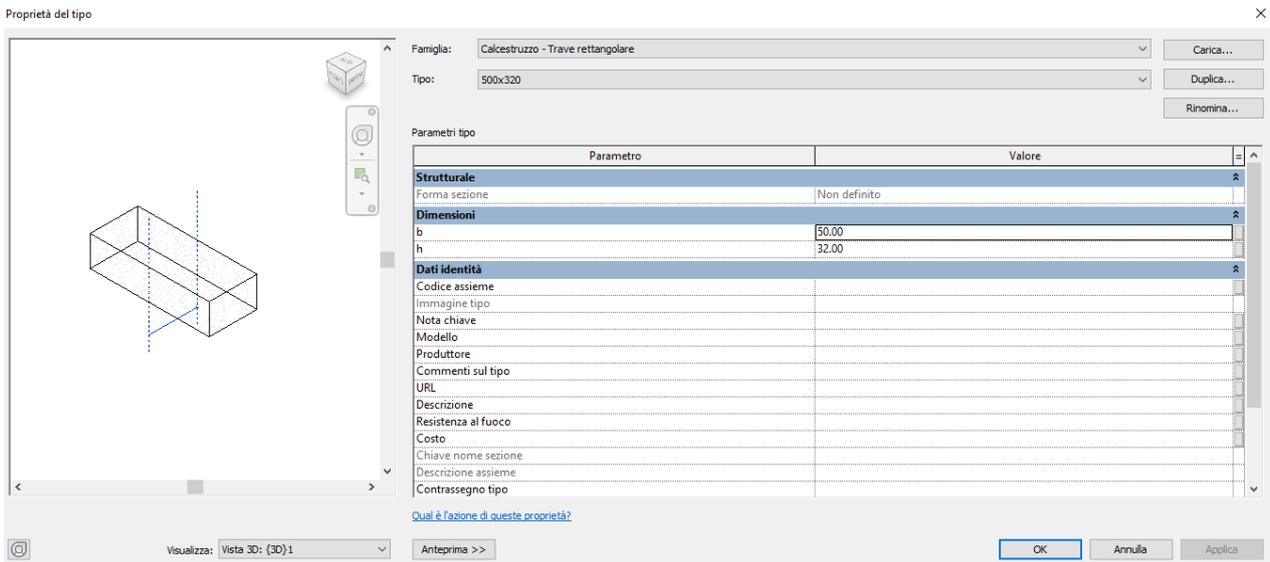


Figura 40 - Proprietà del tipo: Trave di fondazione

E' possibile visualizzare la platea areata completa. In Figura 52 se ne riporta la vista in pianta, mentre in Figura 55 e Figura 56 è possibile visualizzarne le sezioni.

Si riporta l'abaco delle travi di fondazione, dal quale è possibile quantificare il volume delle stesse e conoscerne la posizione:

<Abaco travi di fondazione>			
A	B	C	D
Famiglia	Tipo	Livello di riferimento	Volume
Calcestruzzo - Trave rettangolare	500x320	00- SRT FONDAZIONE	12.74 m ³
Calcestruzzo - Trave rettangolare: 11			12.74 m ³
00- SRT FONDAZIONE: 11			12.74 m ³

Figura 41 - Abaco travi di fondazione

3.3.3. Modellazione travi in elevazione

Le travi in elevazione del modello dell'edificio in esame sono travi calate. Si utilizzano due *tipi* di travi della famiglia "Calcestruzzo- Trave Rettangolare". Si riportano di seguito le proprietà del *tipo*:

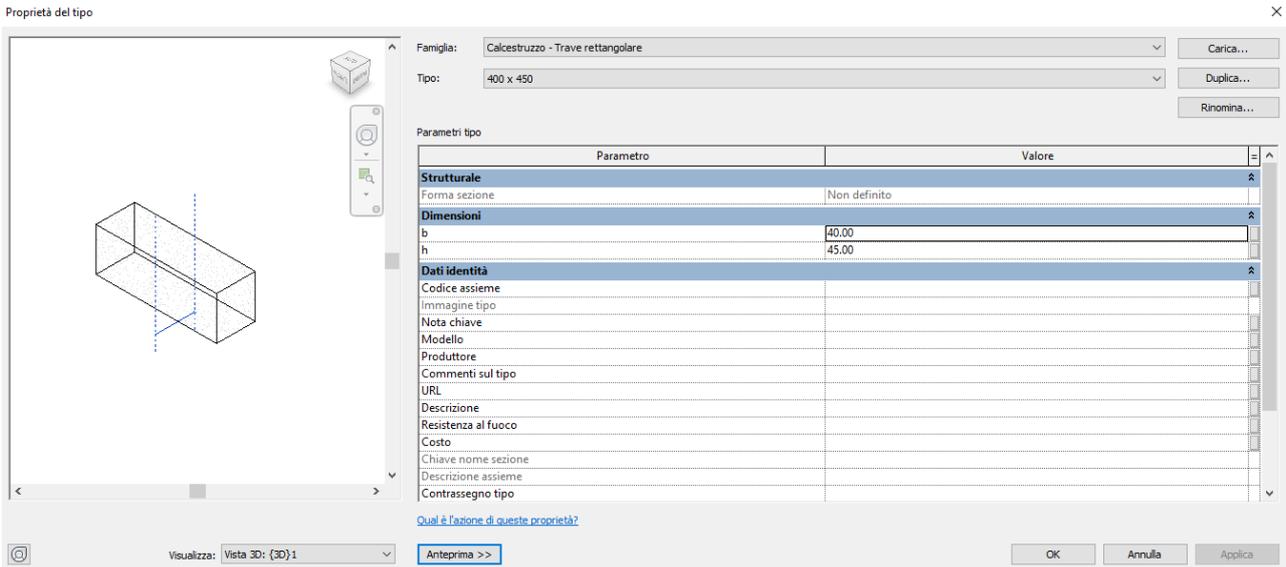


Figura 42 - Proprietà del tipo: Trave 300x 450 cm

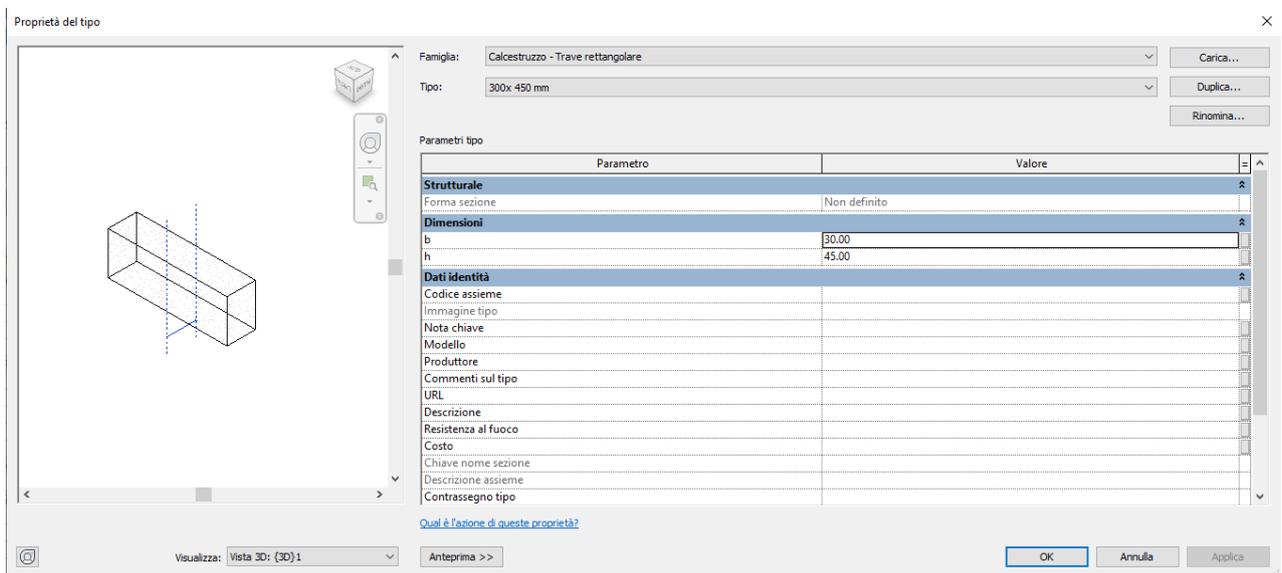


Figura 43 - Proprietà del tipo: Trave 400 x 450 cm

Di seguito si riporta l'abaco delle travi in elevazione dal quale è possibile conoscere il livello e il volume totale delle stesse:

<Abaco travi in elevazione>

A	B	C	D
Famiglia	Tipo	Livello di riferimento	Volume
Calcestruzzo - Trave rettangolare	300x 450 mm	02- STR P1	10.70 m ³
300x 450 mm: 22			10.70 m ³
Calcestruzzo - Trave rettangolare	400 x 450	02- STR P1	0.73 m ³
400 x 450: 2			0.73 m ³
Calcestruzzo - Trave rettangolare: 24			11.43 m ³
02- STR P1: 24			11.43 m ³
Calcestruzzo - Trave rettangolare	300x 450 mm	03- STR TETTO	7.92 m ³
300x 450 mm: 16			7.92 m ³
Calcestruzzo - Trave rettangolare: 16			7.92 m ³
03- STR TETTO: 16			7.92 m ³

Figura 44 - Abaco travi in elevazione

3.3.4. Modellazione pilastri

Si erigono i pilastri del modello strutturale. Vengono utilizzati due *tipi* di pilastri della *famiglia* "Pilastro in calcestruzzo- Rettangolare". Ne vengono illustrate di seguito le proprietà del *tipo*:

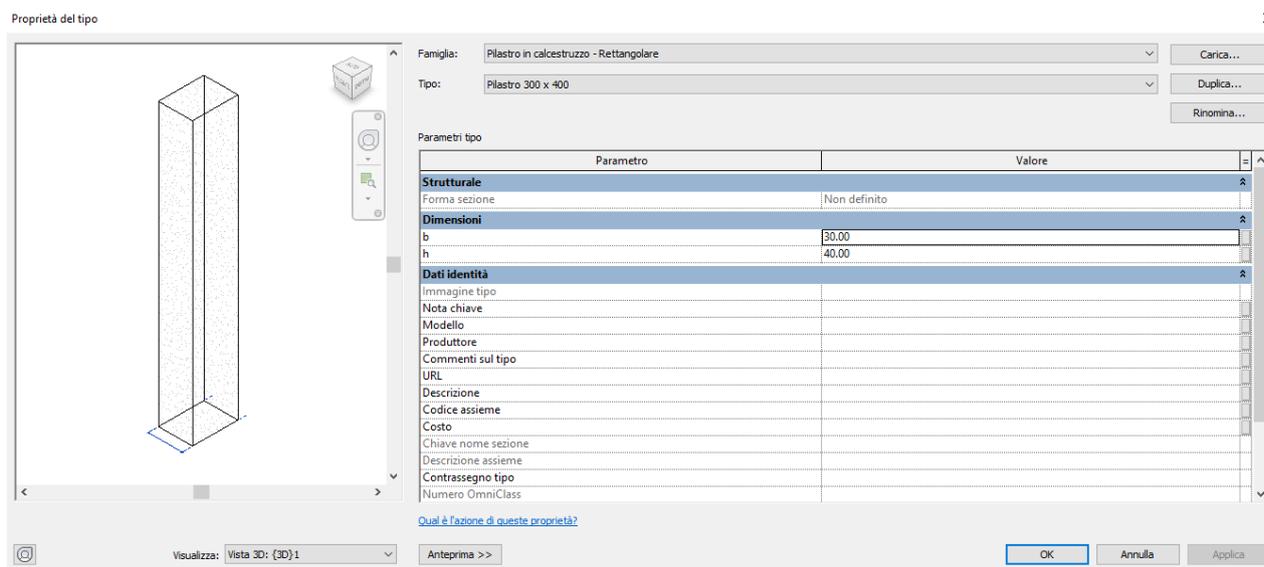


Figura 45 - Proprietà del tipo: Pilastro 300 x 400 mm

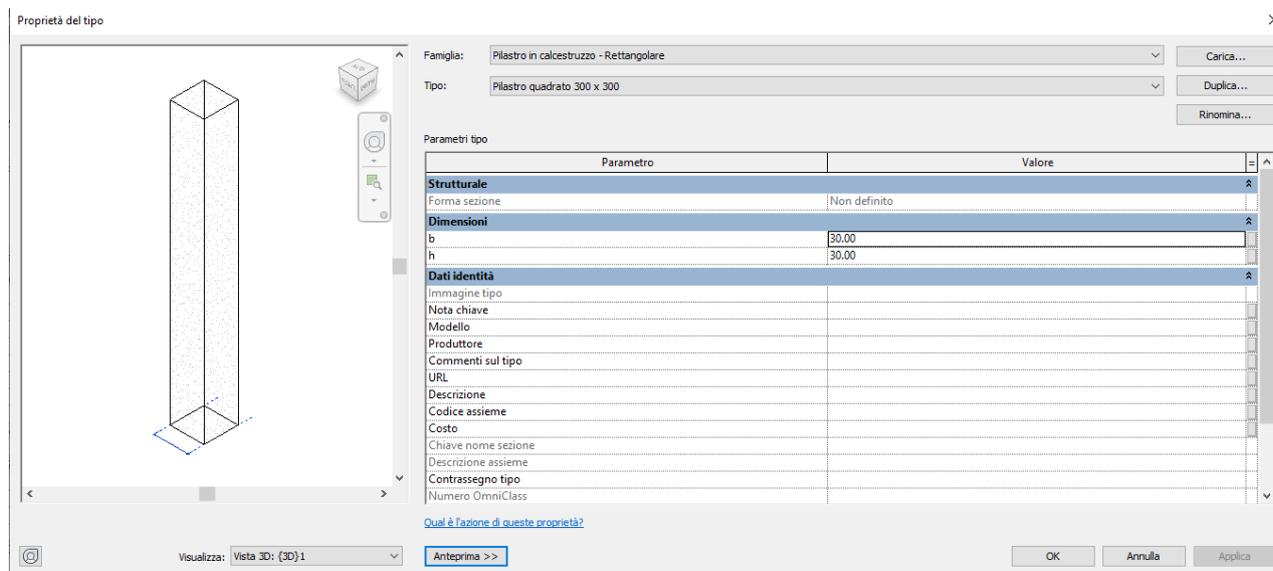


Figura 46 - Proprietà del tipo: Pilastro quadrato 300 x 300 mm

Si riporta di seguito l'abaco dei pilastri, dal quale è possibile conoscere il livello di base, quindi la posizione e il volume degli stessi:

<Abaco pilastri>			
A	B	C	D
Famiglia	Tipo	Livello di base	Volume
Pilastro in calcestruzzo - Rettangolare	Pilastro 300 x 400	01- STR PT	6.13 m ³
Pilastro in calcestruzzo - Rettangolare	Pilastro quadrato 300 x 300	01- STR PT	0.86 m ³
Pilastro in calcestruzzo - Rettangolare: 19			6.99 m ³
01- STR PT: 19			6.99 m ³
Pilastro in calcestruzzo - Rettangolare	Pilastro 300 x 400	02- STR P1	4.05 m ³
Pilastro in calcestruzzo - Rettangolare	Pilastro quadrato 300 x 300	02- STR P1	0.55 m ³
Pilastro in calcestruzzo - Rettangolare: 13			4.60 m ³
02- STR P1: 13			4.60 m ³

Figura 47 - Abaco pilastri

3.3.5. Modellazione solai

La modellazione della parte strutturale dell'edificio, si conclude con la realizzazione dei solai strutturali. Nel modello in questione vengono utilizzati due *tipi* di pavimento strutturale appartenenti alla *famiglia* "Pavimento". A seguire se ne illustra la composizione:

- Solaio di base: il solaio di base viene realizzato posando in opera una soletta in conglomerato cementizio con rete elettrosaldata (*Figura 48*).

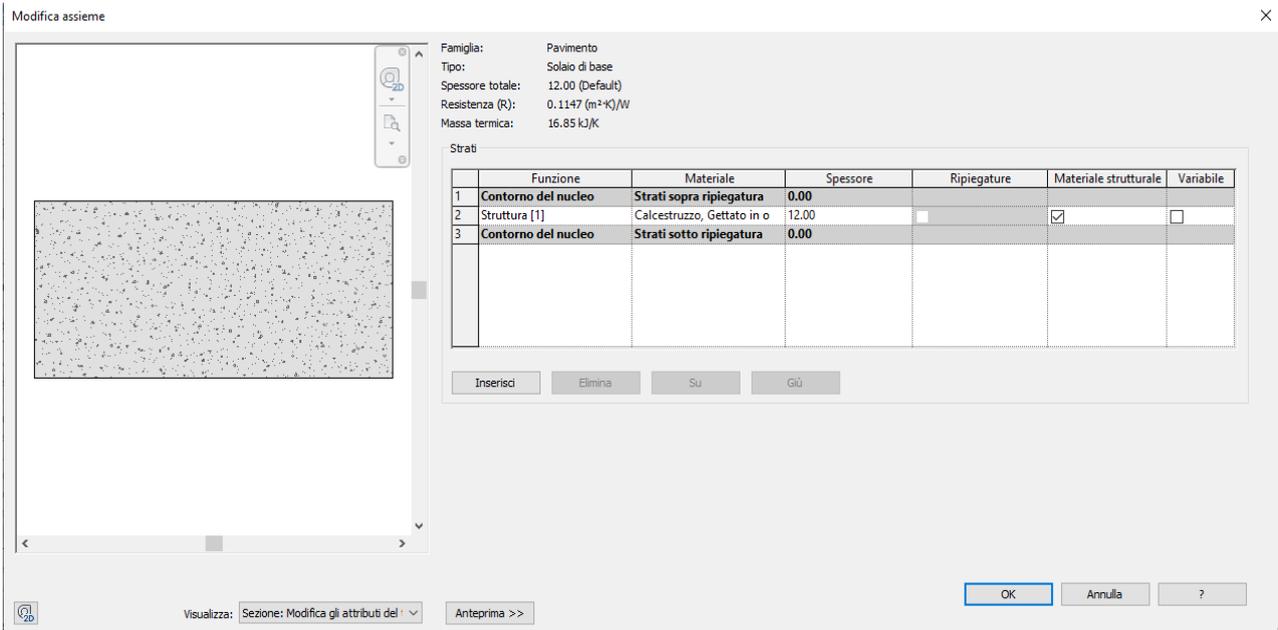


Figura 48 - Proprietà del tipo: Pavimento, Solaio di Base

- Solaio P1/TETTO: solaio in laterocemento realizzato utilizzando delle pignatte come elemento di alleggerimento e travetti prefabbricati precompressi. Al di sopra viene posizionata una rete elettrosaldata finalizzata alla migliore ripartizione dei carichi di progetto (*Figura 49*). L'orditura delle travi secondarie del solaio è parallela al lato minore dell'edificio.

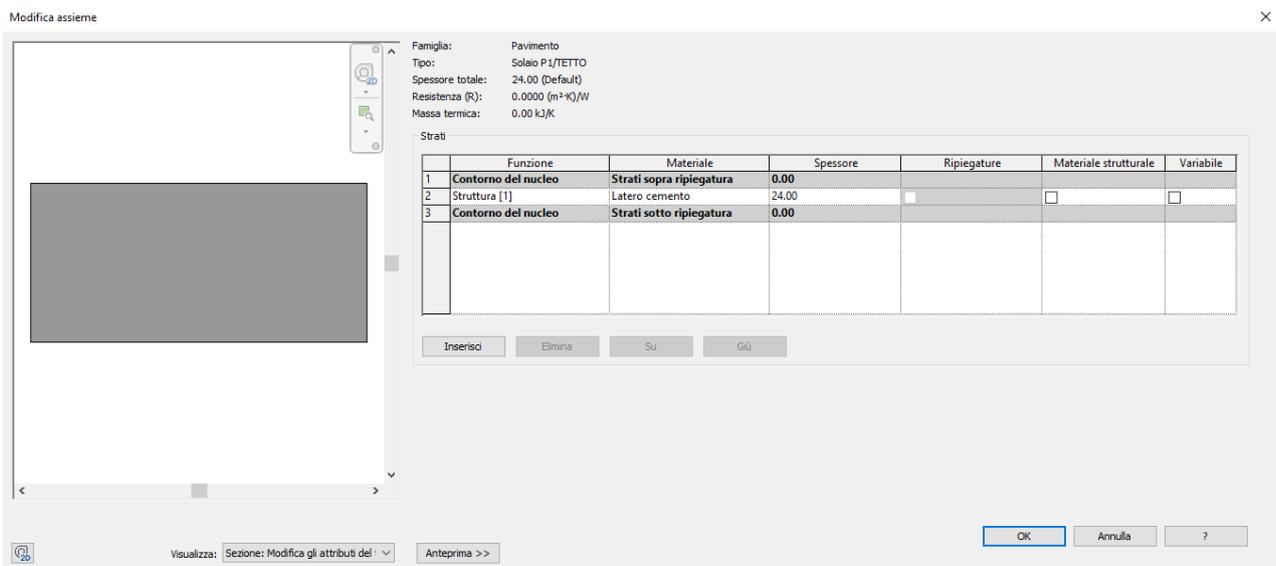


Figura 49 - Proprietà del tipo: Pavimento, Solaio P1/PT

Di seguito si riporta l'abaco dei solai strutturali, dal quale si può conoscere il livello, lo spessore, l'area ed il volume di tutti i solai dell'edificio caso di studio:

<Abaco solai strutturali>					
A	B	C	D	E	F
VG	Tipo	Livello	Spessore	Area	Volume
Pavimento	Solaio di base	01- STR PT	12.0	171 m ²	20.57 m ³
Pavimento: 1				171 m ²	20.57 m ³
01- STR PT: 1				171 m ²	20.57 m ³
Pavimento	Solaio P1/TETTO	02- STR P1	24.0	131 m ²	31.50 m ³
Pavimento: 6				131 m ²	31.50 m ³
02- STR P1: 6				131 m ²	31.50 m ³
Pavimento	Solaio P1/TETTO	03- STR TETTO	24.0	98 m ²	23.42 m ³
Pavimento: 4				98 m ²	23.42 m ³
03- STR TETTO: 4				98 m ²	23.42 m ³

Figura 50 - Abaco solai strutturali

3.3.6. Visualizzazione modello strutturale completo

La parte strutturale è completa di tutti i suoi componenti. Vengono riportate di seguito alcune viste di progetto:

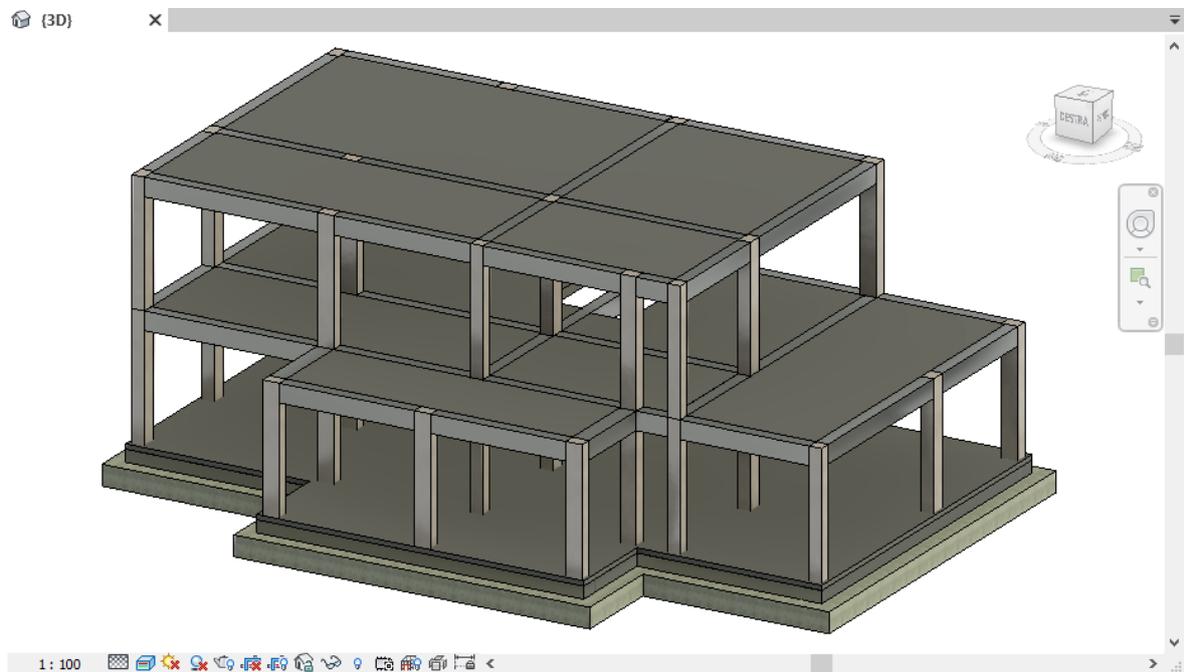


Figura 51 - Vista tridimensionale (3D): Modello strutturale

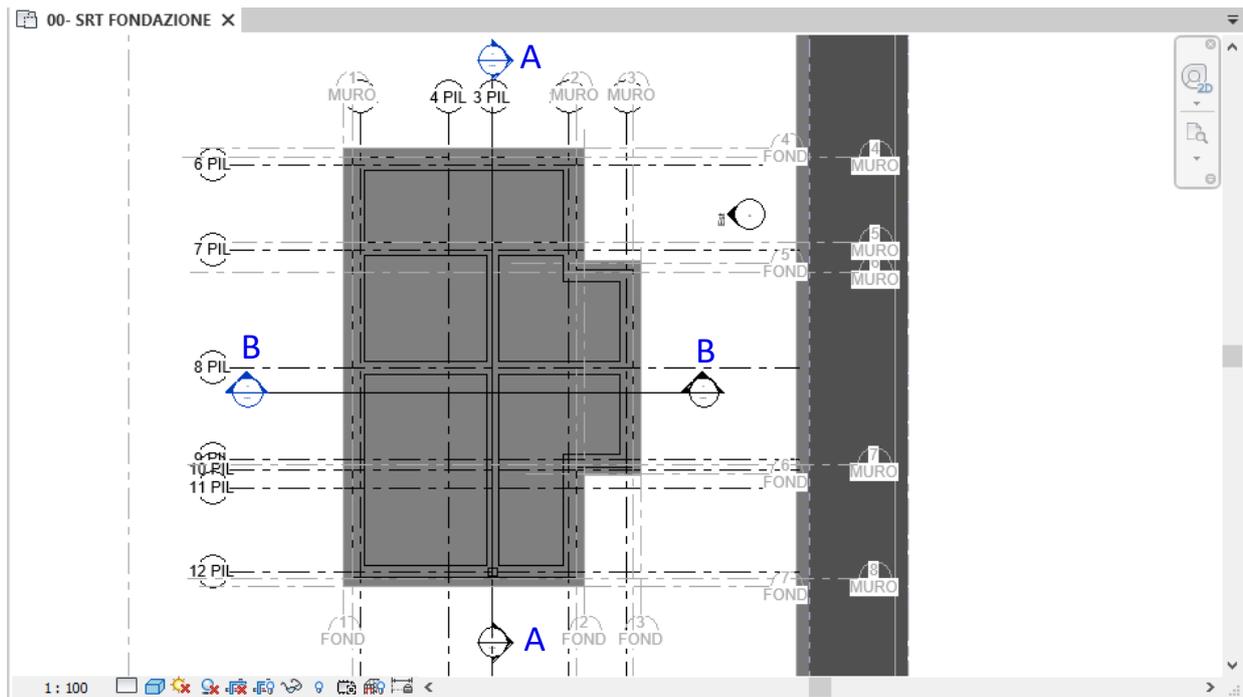


Figura 52 - Vista 00-STR FONDAZIONE: Pianta delle fondazioni modello strutturale

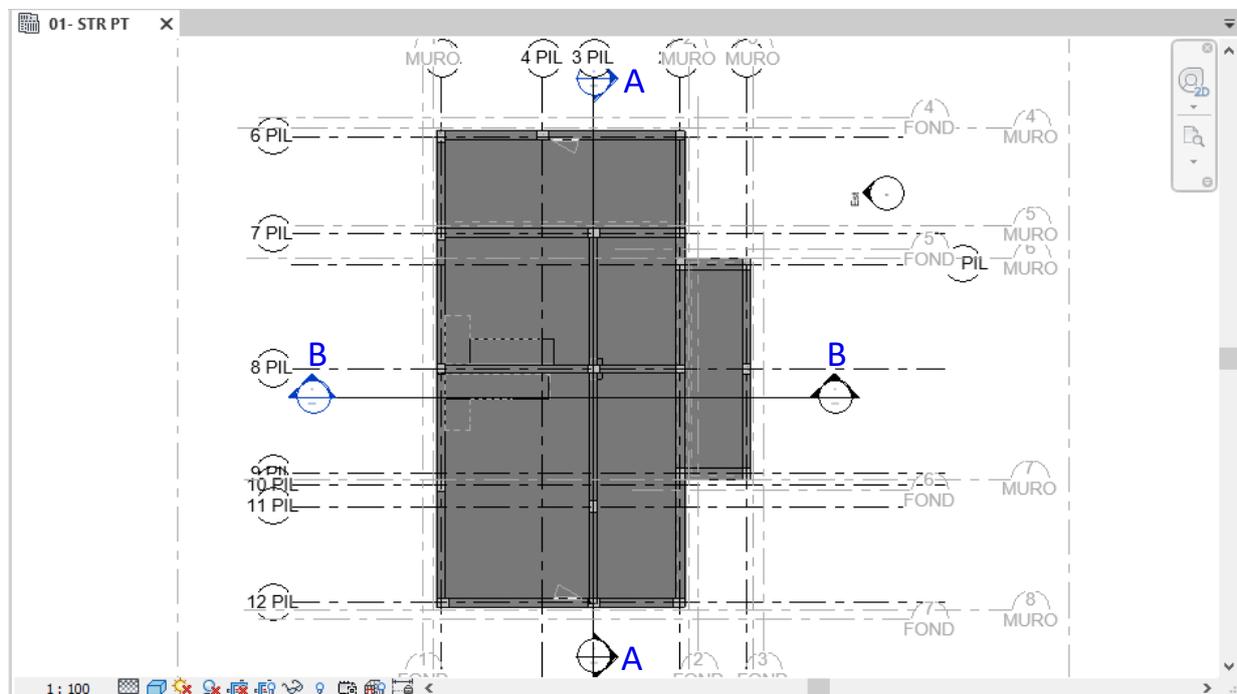


Figura 53 - Vista 01-STR PT: Pianta strutturale piano terra modello strutturale

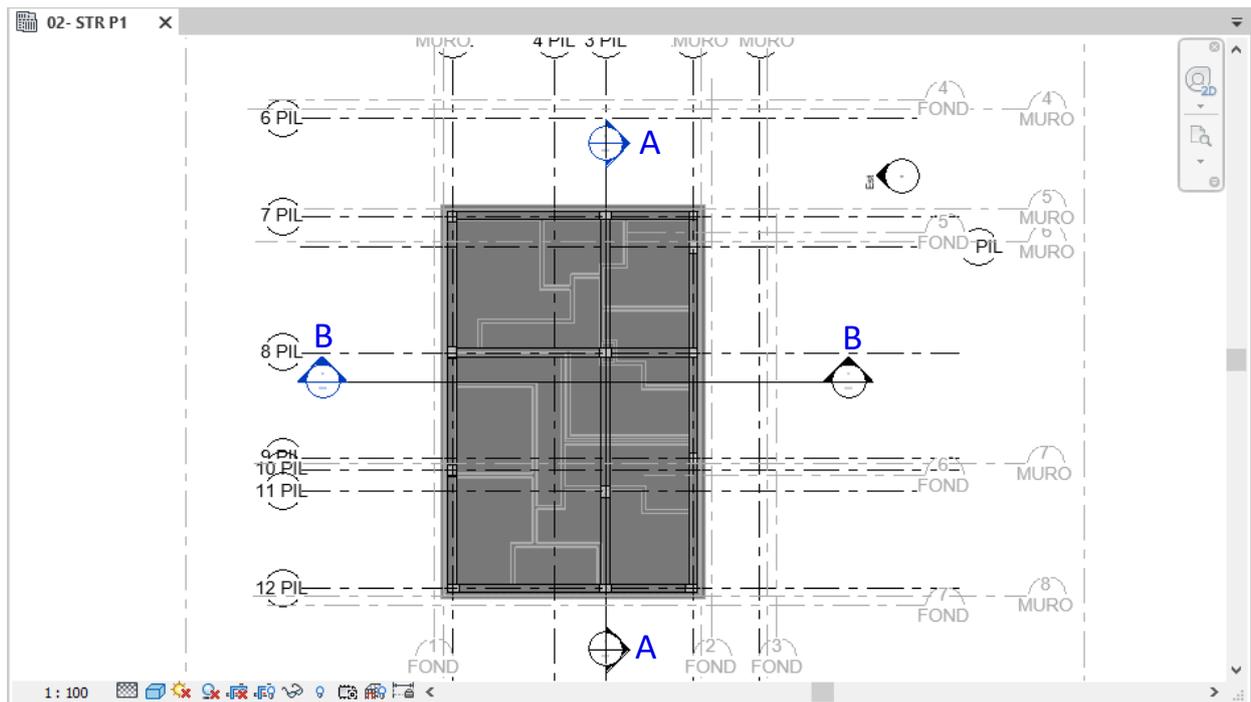


Figura 54 - Vista 02-STR P1: Pianta strutturale piano primo modello strutturale

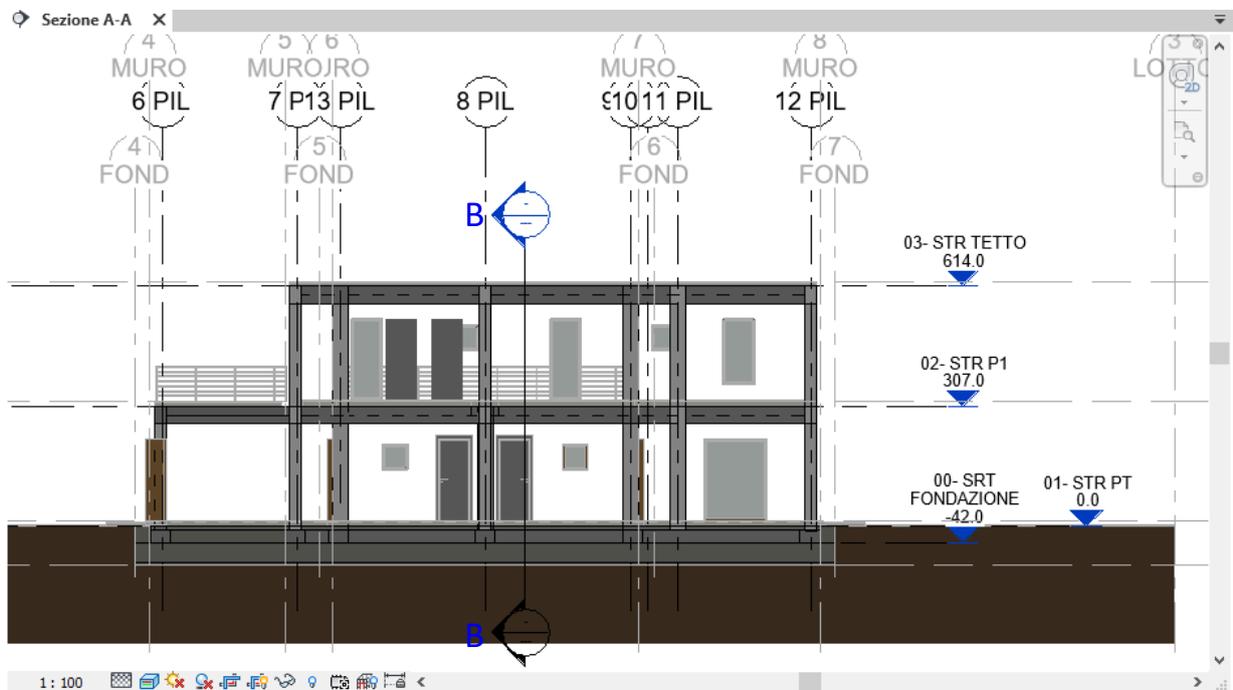


Figura 55 - Sezione A-A: Modello strutturale

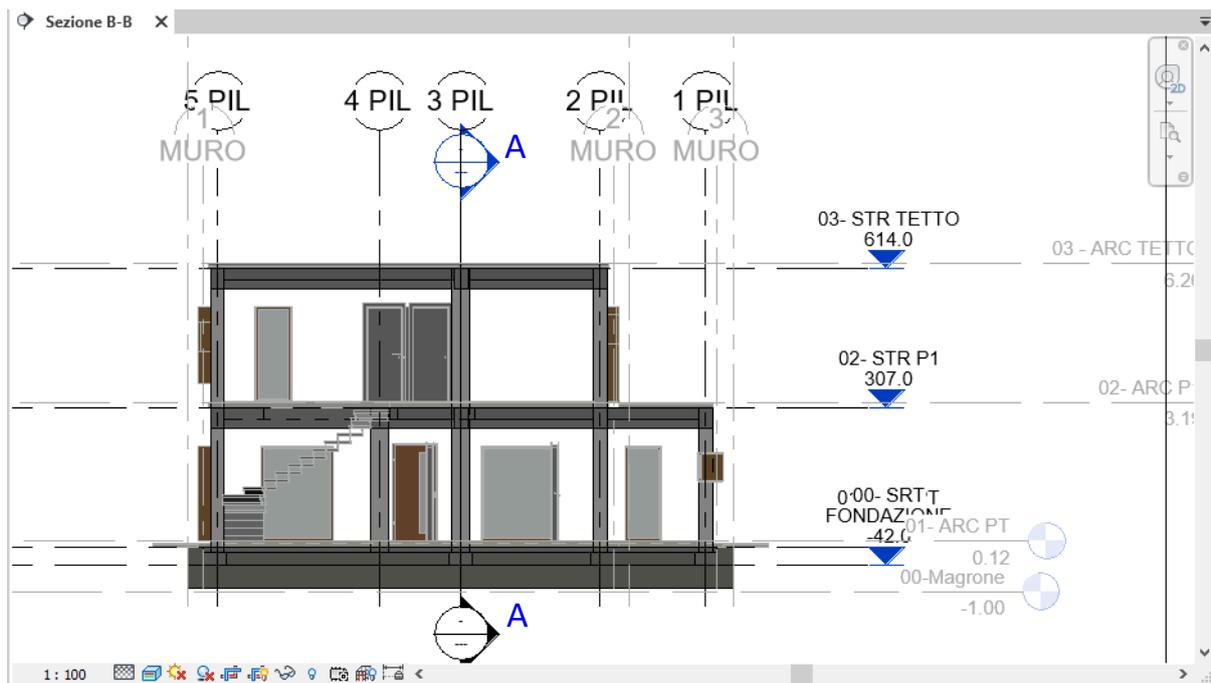


Figura 56 - Vista Sezione B-B: Modello strutturale

3.4. Sviluppo modello impiantistico

La progettazione meccanica in ambiente BIM, viene definita con l'acronico MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing). La possibilità di sviluppare un modello MEP insieme a un modello architettonico ed un modello strutturale già durante la fase di progettazione, è il punto di partenza per una migliore soluzione impiantistica.

Il modello impiantistico di un edificio viene progettato e modellato da un ingegnere impiantista. Per l'edificio caso di studio si modella un impianto idraulico di adduzione e distribuzione dell'acqua ad uso sanitario, di cui le due abitazioni saranno dotate singolarmente. In questo modello, per semplicità di rappresentazione, verrà trattata la parte di impianto di distribuzione di acqua fredda sanitaria, tralasciando la parte di distribuzione di acqua calda.

Per progettare l'impianto di un edificio, è necessario che l'impiantista abbia a sua disposizione gli elaborati sia della parte architettonica, sia della parte strutturale. I due files Revit contenenti i suddetti modelli, vengono inviati all'ingegnere impiantista che li collega al suo file nel quale modella l'impianto dell'edificio caso di studio. Si ottiene così l'unione del modello architettonico e strutturale in un unico file. Per comodità di rappresentazione, le due discipline già modellate si visualizzano in mezzi toni. Si posizionano i livelli necessari alla realizzazione della disciplina impiantistica, come è visibile nell'immagine sottostante (Figura 57), e si inizia a modellare l'impianto.

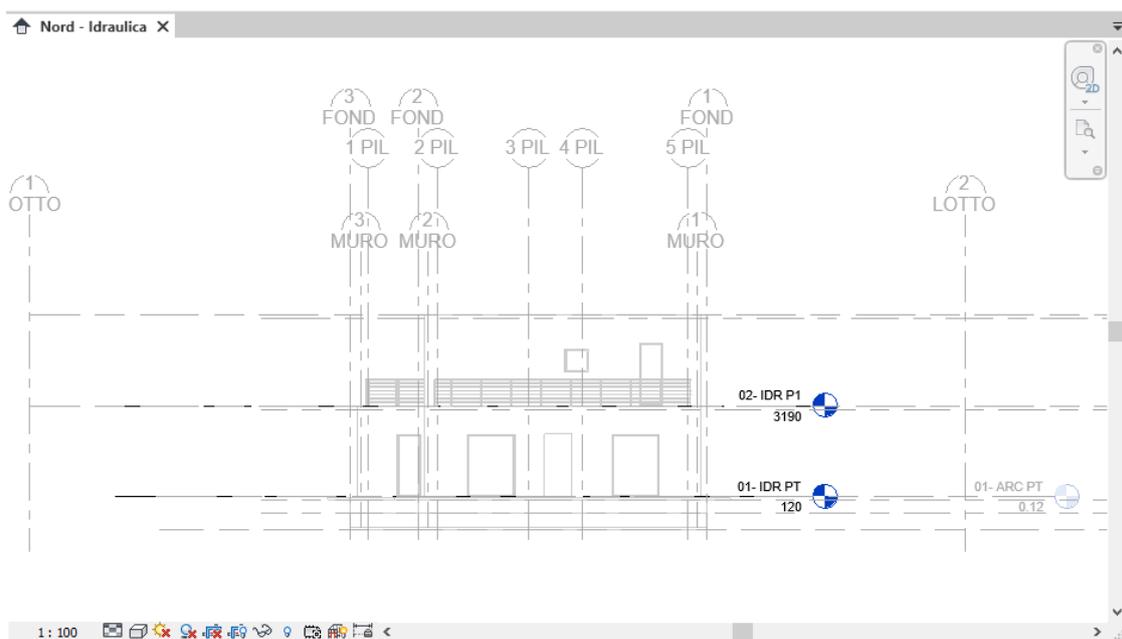


Figura 57 - Vista Nord- Idraulica: Prospetto nord modello architettonico e strutturale collegati in mezzi toni

3.4.1. Posizionamento apparecchi idraulici

Si posizionano nel modello tutti gli apparecchi idraulici. Tutti e tre i bagni di ogni appartamento sono muniti di wc, bidet, lavandino ed una vasca. Nella cucina è presente un lavabo. La disposizione di tutti gli apparecchi sanitari è visibile in *Figura 65* e in *Figura 66*.

Nell'abaco di seguito si riportano la *famiglia* ed il *tipo* di tutti gli elementi:

<Abaco degli apparecchi idraulici>	
A	B
Famiglia	Tipo
Bidet-WallHungBidet-55cm-Vitra_PluralSeries_7831 (1)	Bidet_WallMountedBidet_Vitra_Plural_(MatteBeige)_7831B420-0288
Bidet_WallMountedBidet_Vitra_Plural_(MatteBeige)_7831B420-0288: 6	
Bidet-WallHungBidet-55cm-Vitra_PluralSeries_7831 (1): 6	
BTS6030A17 L-R	BTS6030A17 L/R
BTS6030A17 L/R: 3	
BTS6030A17 L-R: 3	
M_Lavello - Servizio	560 mmx485 mm - Ufficio
560 mmx485 mm - Ufficio: 6	
M_Lavello - Servizio: 6	
M_Mobile cucina	635 mmx1070 mm
635 mmx1070 mm: 2	
M_Mobile cucina: 2	
Plumbing_Other_Apator-Powogaz_Smart2-5-02	JS 2,5-02 SMART+ Vane-Wheel Single-Jet Dry Water Meter
JS 2,5-02 SMART+ Vane-Wheel Single-Jet Dry Water Meter: 2	
Plumbing_Other_Apator-Powogaz_Smart2-5-02: 2	
Sink-Wallmount-KOHLER-Pinoir-K-2035	Not a Type-See Type Catalog
Not a Type-See Type Catalog: 7	
Sink-Wallmount-KOHLER-Pinoir-K-2035: 7	
WCPan-WallHung-54cm-Vitra_EqualSeries_7245 (1)	WC_WallHung_Vitra_EqualSeries_7245B403-0075
WC_WallHung_Vitra_EqualSeries_7245B403-0075: 6	
WCPan-WallHung-54cm-Vitra_EqualSeries_7245 (1): 6	

Figura 58 - Abaco degli apparecchi idraulici

3.4.2. Modellazione tubazioni

Una volta posizionati gli apparecchi idraulici, si posizionano tutte le tubazioni che, con i relativi raccordi, daranno forma all'impianto idraulico di distribuzione dell'acqua fredda sanitaria. La *famiglia* che viene utilizzata è "Tubazioni" di *tipo* "Standard" ed ha le caratteristiche visibili in *Figura 59*.

Proprietà	
	Tubazione Standard
Tubazione (1)	Modifica tipo
Vincoli	
Giustificazione orizzon...	Al centro
Giustificazione verticale	Al centro
Livello di riferimento	01- IDR PT
Quota altimetrica supe...	-18.5
Quota altimetrica cent...	-42.7
Quota altimetrica infer...	-55.4
Quota altimetrica cent...	-42.7
Quota altimetrica cent...	-31.2
Inclinazione	1.0000%
Dimensioni	
Diametro esterno	25.4 mm
Diametro interno	22.6 mm
Dimensioni	25 mmø
Lunghezza	1149.1
Meccanica	
Classificazione sistema	Acqua fredda sanitaria
Tipo di sistema	Acqua fredda sanitaria
Nome sistema	Acqua fredda sanitaria 2
Abbreviazione di sistema	
Segmento di tubazione	Rame - A

Figura 59 - Proprietà: Tubazione

Il dimensionamento dell'impianto prevede che venga utilizzata sempre la stessa *famiglia* di tubazioni, ma di diverso *tipo* e quindi di diverso diametro. Nell'abaco delle tubazioni sono riportati tutti i *tipi* utilizzati, i diametri e la lunghezza totale di ogni tubazione:

<Abaco delle tubazioni>				
A	B	C	D	E
Famiglia	Tipo	Diametro esterno	Diametro interno	Lunghezza
Tubazione	Standard	19 mm	16 mm	1338 mm
19 mm: 6				1338 mm
Tubazione	Standard	25 mm	23 mm	132327 mm
25 mm: 170				132327 mm
Tubazione	Standard	32 mm	28 mm	37685 mm
32 mm: 52				37685 mm
Tubazione: 228				171351 mm

Figura 60 - Abaco delle tubazioni

3.4.3. Posizionamento accessori per tubazioni

Per completare la rete di distribuzione, una volta che tutte le tubazioni sono state messe in posa, si posizionano i seguenti accessori per tubazioni:

- valvola a sfera: è un otturatore che permette di regolare il flusso dell'acqua, tramite l'apertura, la riduzione o la completa chiusura del passaggio. Viene messa in posa in posizioni strategiche, dove risulta sensato poter avere un controllo sul fluido;
- valvola di ritegno: detta anche valvola di non ritorno, è una valvola che permette al fluido di muoversi in una sola direzione. Viene utilizzata per bloccare il reflusso del fluido, così che questo non possa recare danni all'impianto;
- filtro: nell'acqua proveniente dall'acquedotto potrebbero essere presenti alcune sostanze che danneggiano sia le tubazioni, sia agli apparecchi che utilizzano l'acqua stessa. Per evitare questo, si posiziona un filtro prima della rete di distribuzione interna all'edificio che ha lo scopo di ridurre la presenza di sostanze indesiderate;
- addolcitore: elimina le sostanze responsabili della formazione del calcare, il quale ostacola il corretto funzionamento degli elettrodomestici che utilizzano acqua;
- collettore: ha la funzione di ripartire l'acqua di adduzione principale alle varie utenze (wc, bidet, lavabo, etc.). Nell'impianto idraulico realizzato per l'edificio caso di studio, viene posizionato un collettore per ogni piano dell'appartamento da servire.

In *Figura 61* si riporta un particolare della soluzione scelta per la messa in opera di alcuni accessori per tubazioni: filtro a cestello, valvole a sfera e addolcitore.

E' possibile visualizzare un particolare di un collettore dell'impianto idraulico in *Figura 62*.

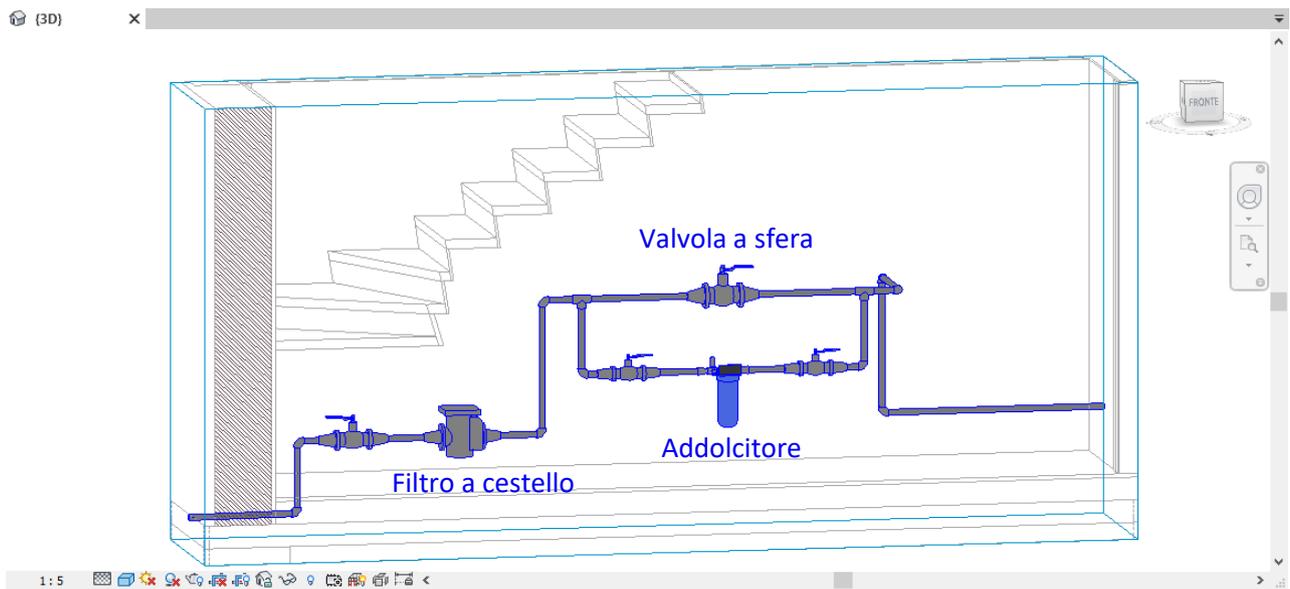


Figura 61 - Particolare accessori impianto idraulico

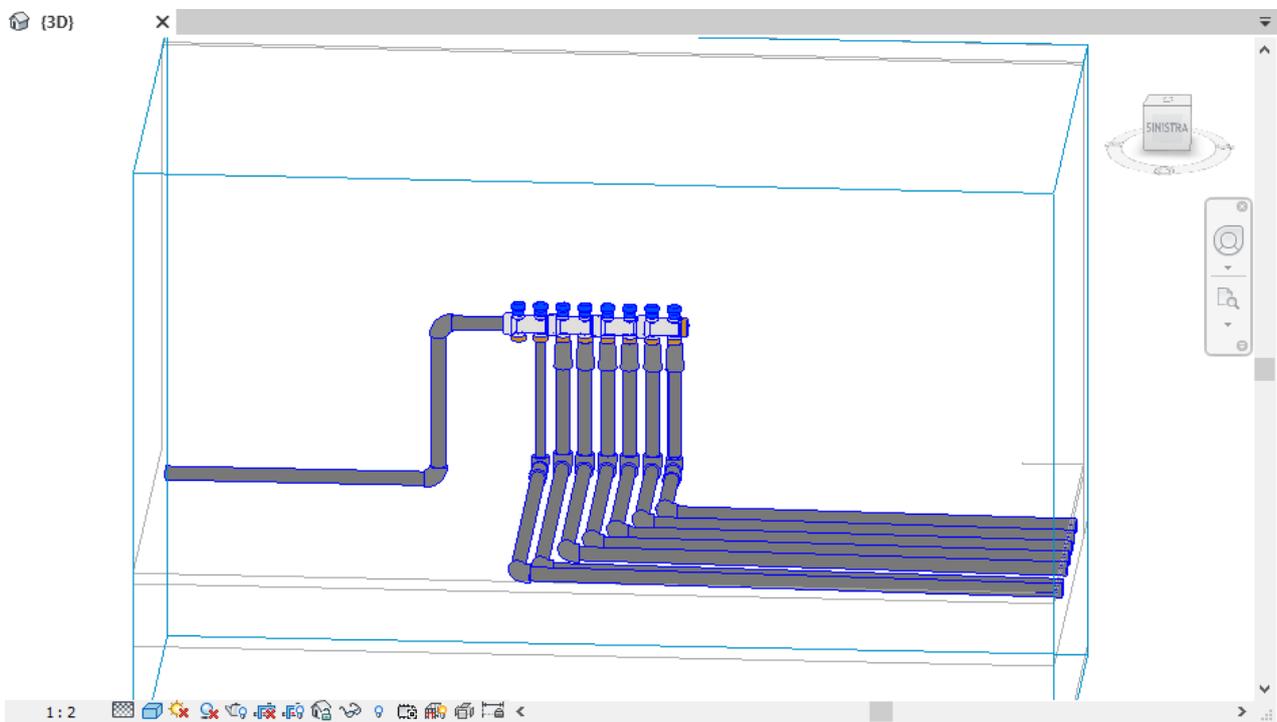


Figura 62 - Particolare collettore impianto idraulico

Si riportano nell'abaco di seguito la *famiglia* ed il *tipo* di tutti gli accessori utilizzati dell'impianto:

<Abaco degli accessori per tubazioni>	
A	B
Famiglia	Tipo
Anti_Scale_System-WATTS-OneFlow-Single_Cartridge-Type_OF110-1_OF120-2 (1) OF110-1: 2	OF110-1
Anti_Scale_System-WATTS-OneFlow-Single_Cartridge-Type_OF110-1_OF120-2 (1): 2	
M_Filtro a cestello - 50-300 mm - Flangiato 65 mm: 2	65 mm
M_Filtro a cestello - 50-300 mm - Flangiato: 2	
M_Valvola a sfera - 50-150 mm 50 mm: 4	50 mm
M_Valvola a sfera - 50-150 mm 65 mm: 4	65 mm
M_Valvola a sfera - 50-150 mm 80 mm: 2	80 mm
M_Valvola a sfera - 50-150 mm: 10	
M_Valvola di ritegno - 50-300 mm - Flangiata 65 mm: 2	65 mm
M_Valvola di ritegno - 50-300 mm - Flangiata: 2	

Figura 63 - Abaco degli accessori per tubazioni

3.4.4. Visualizzazione modello impiantistico completo

L'impianto è completo, si visualizzano di seguito alcune viste di progetto:

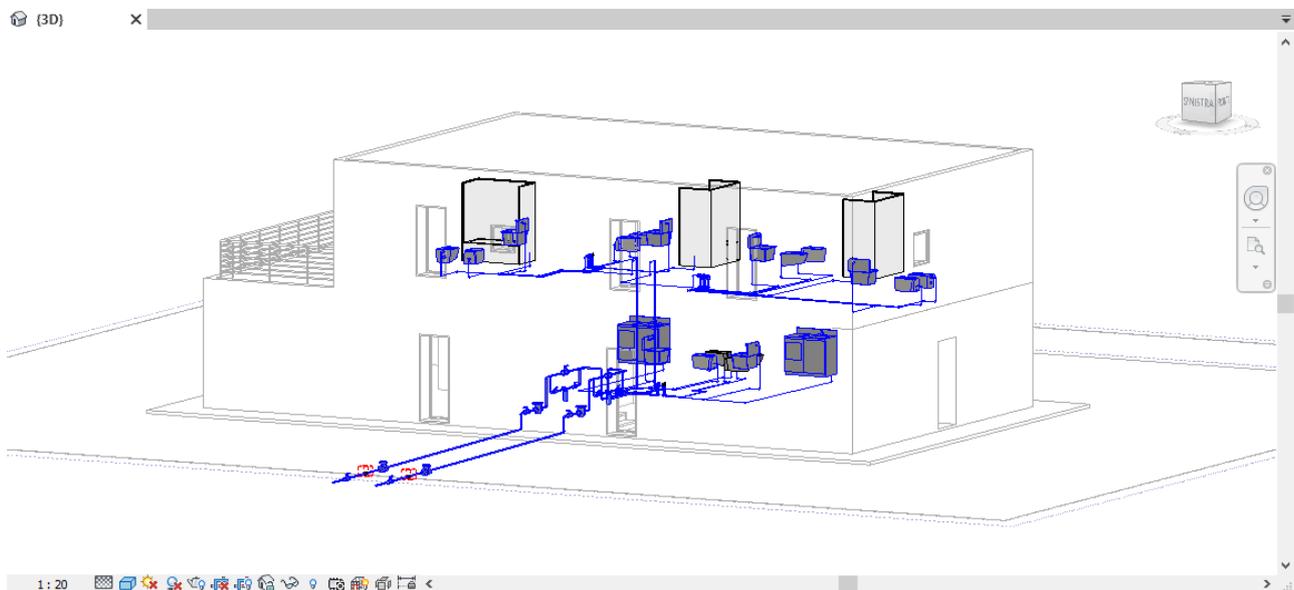


Figura 64 - Vista tridimensionale (3D): Modello impiantistico

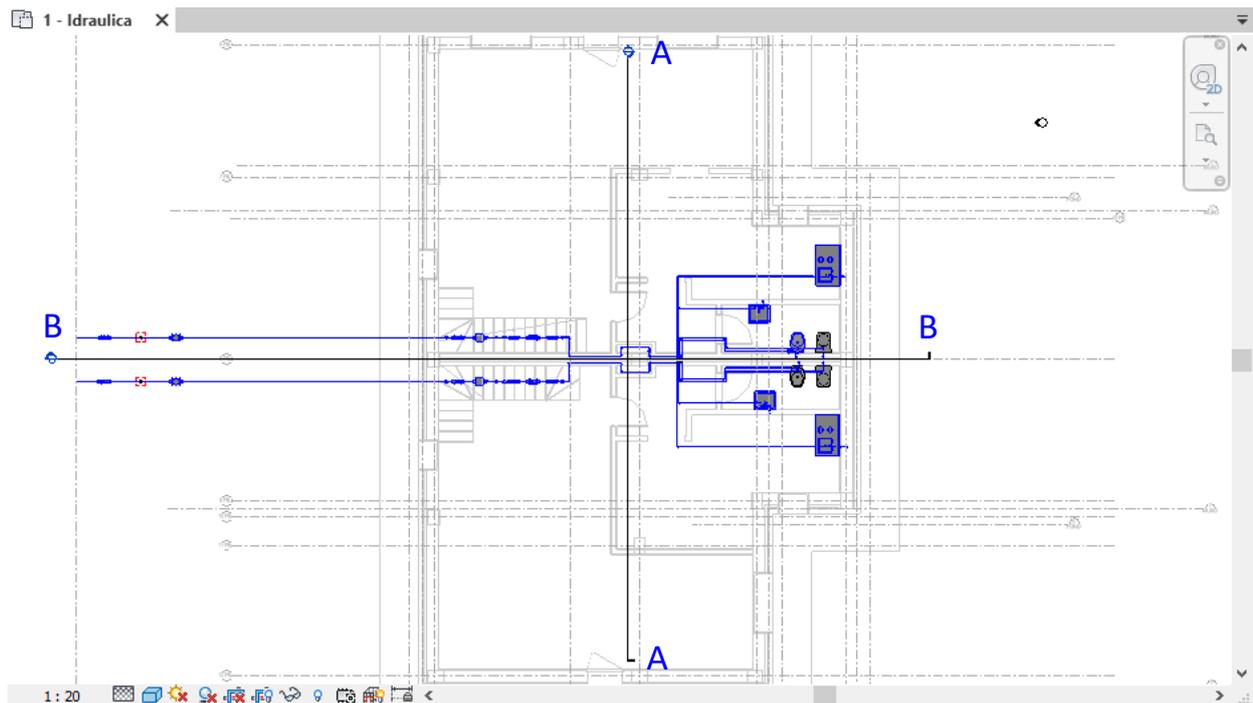


Figura 65 - Vista 1- Idraulica: Pianta piano terra

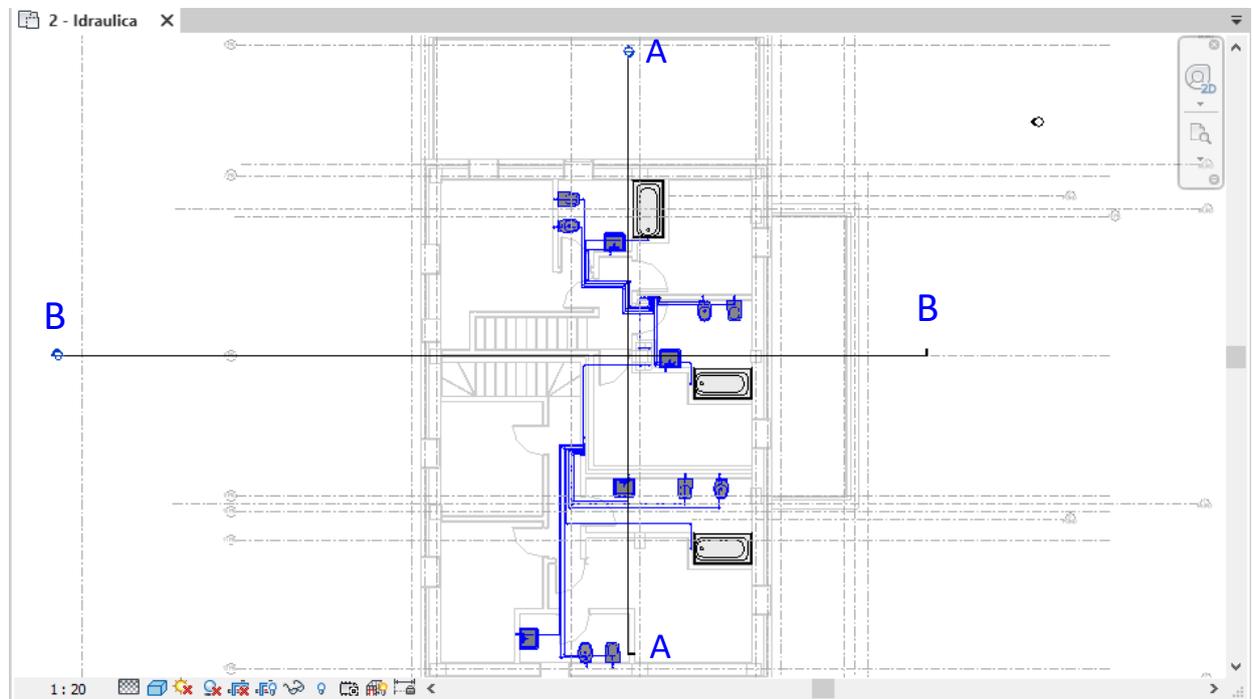


Figura 66 - Vista 2-Idraulica: Pianta piano primo

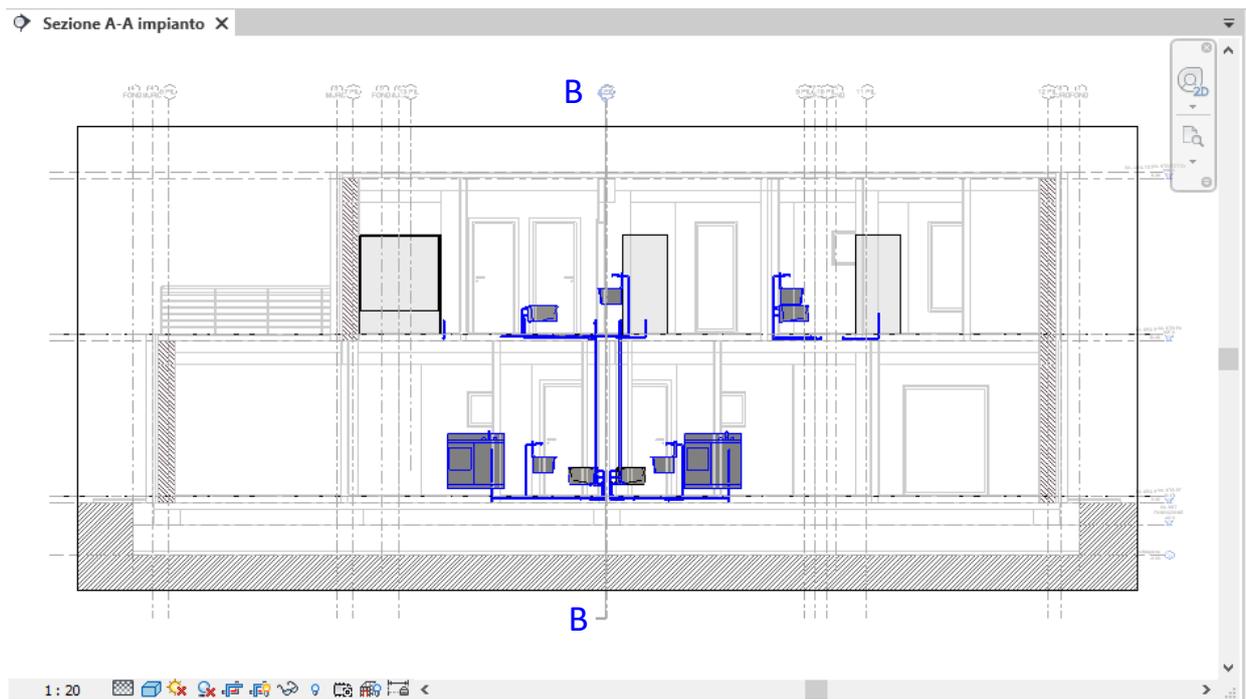


Figura 67 - Vista Sezione A-A impianto

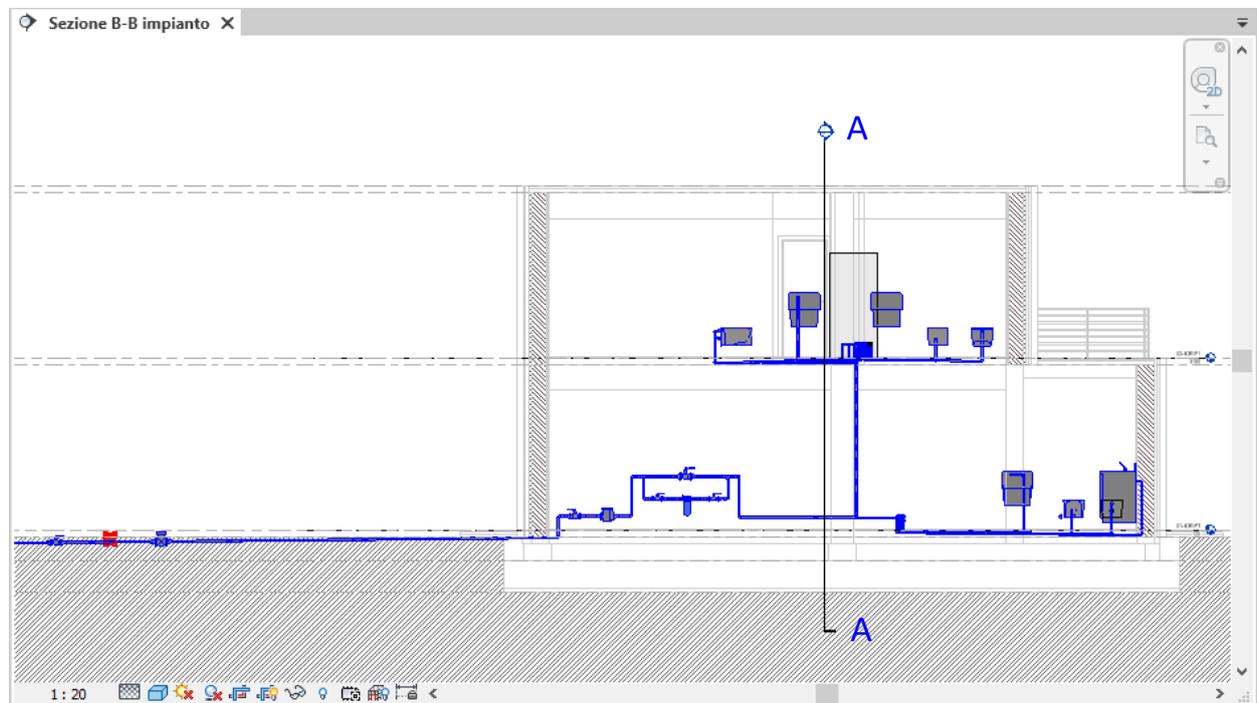


Figura 68 - Vista Sezione B-B impianto

3.5. Analisi delle interferenze

In tutti i progetti, la progettazione della parte strutturale, architettonica e impiantistica è affidata a più soggetti specializzati settore per settore. Ognuno di questi progetta la parte di sua competenza, in collaborazione con le altre discipline. E' possibile però, che l'unione di queste parti non restituisca il risultato atteso. Il modello, che insieme danno vita al modello federato, spesso non si "incastrano" alla perfezione come dovrebbero. L'analisi e gestione delle interferenze è una parte fondamentale del workflow dei software BIM. Permette di verificare, controllare ed in seguito risolvere le problematiche tra gli elementi di un modello multidisciplinare.

Le interferenze individuate tramite l'analisi (clash detection) sono state standardizzate e suddivise in tre differenti tipologie: hard clash, soft clash e workflow clash.

Le hard clash sono quelle interferenze caratterizzate da vera e propria intersezione di due o più oggetti, ovvero quando la loro geometria si sovrappone e i due oggetti occupano lo stesso spazio.

Le soft clash (dette anche Clearance Clash) sono delle interferenze in cui i corpi coinvolti non collidono, ma si trovano ad una distanza non idonea l'uno dall'altro. Questa vicinanza viene individuata come interferenza perché potrebbe recare danno agli elementi coinvolti, specialmente in particolari condizioni.

Le workflow clash non sono interferenze fisiche. Sono tutte quelle interferenze che si verificano tra le varie fasi di cantiere. E' il tipo di interferenza più costosa e difficile da risolvere.

Questo tipo di implementazione del BIM in un progetto multidisciplinare, ha permesso alla committenza di risolvere moltissime problematiche prima dell'apertura del cantiere. Il construction BIM manager, in collaborazione col project BIM manager, ha la responsabilità di valutare le interferenze tra le varie discipline dell'opera durante tutta la fase di progettazione. Ogni interferenza deve essere rilevata, esaminata e corretta prima di portare in cantiere il progetto e metterlo in opera. Tutto questo, anni fa, con i software CAD non era possibile. L'analisi delle interferenze veniva effettuata controllando a vista, una per una, tutte le zone critiche. Il BIM ha portato un grande vantaggio, quello di determinare con maggiore certezza tempi e costi di realizzazione dell'opera.

Per l'edificio caso di studio verranno rilevate le hard clash tra i tre modelli realizzati nei capitoli precedenti, che insieme danno vita al modello multidisciplinare. Nel capitolo 3.5.1. verrà mostrata la procedura di individuazione delle interferenze con il software Revit. Nel capitolo 3.5.2. si presenterà la metodologia di gestione delle interferenze tramite il software Navisworks.

3.5.1. Analisi delle interferenze in Revit

Il software Autodesk Revit permette di effettuare l'analisi delle interferenze in modo rapido. Revit è un software BIM dedicato alla progettazione architettonica e offre anche la possibilità di effettuare la clash detection con pochi e semplici passaggi. Nel capitolo 3.5.2. si vedrà che Autodesk propone dei software più specifici per la gestione delle interferenze.

3.5.1.1. Rapporto delle interferenze tra modello strutturale e architettonico in Revit

Il primo controllo delle interferenze (clash detection) che viene eseguito, è quello tra il modello architettonico ed il modello strutturale.

I due modelli sono già stati collegati durante la fase di modellazione per permettere la realizzazione della parte strutturale. Per analizzare le interferenze, si apre il file del modello strutturale. Nella scheda "Collabora" della barra multifunzione, si seleziona il comando "Coordina", di seguito "Controllo interferenze" ed in fine "Esegui controllo interferenze" (Figura 69).

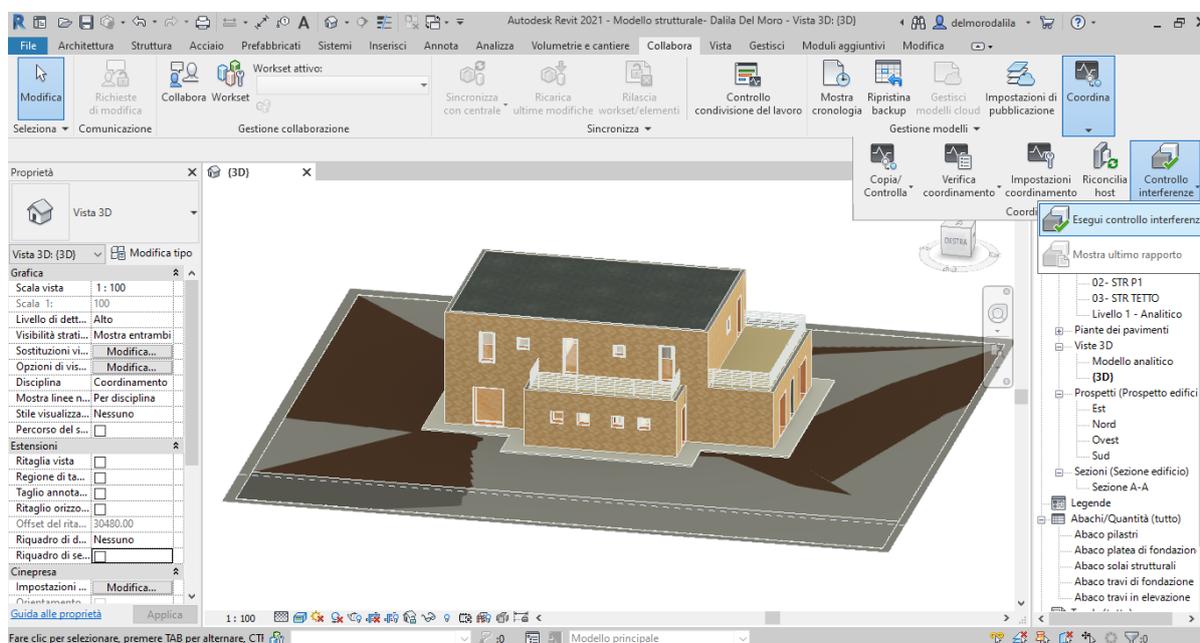


Figura 69- Eseguire controllo interferenze in Revit

Ora, tramite lo strumento “Controllo interferenze” è possibile decidere di quali elementi dei due modelli si vuole effettuare una verifica di collisione. Si sceglie di visualizzare le interferenze tra i muri della parte architettonica e il telaio strutturale, ovvero pilastri e travi, del modello strutturale. Quindi si seleziona il comando “OK” (Figura 70).

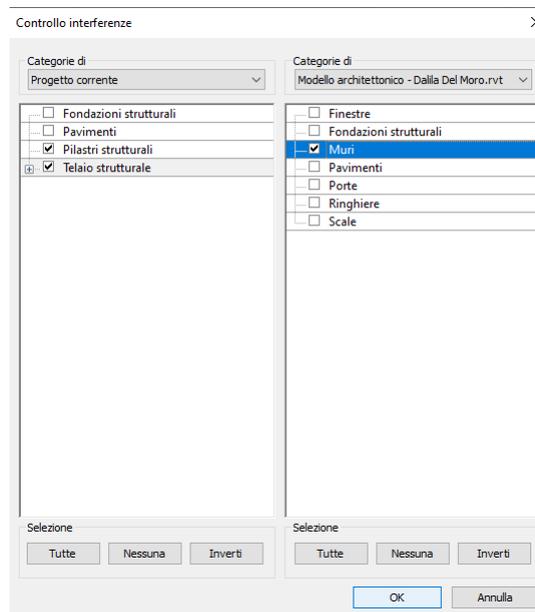


Figura 70- Pannello “Controllo interferenze” in Revit categorie modello architettonico e strutturale

Si ottiene così, il rapporto di interferenza. Si seleziona il comando “Esporta” (Figura 71).

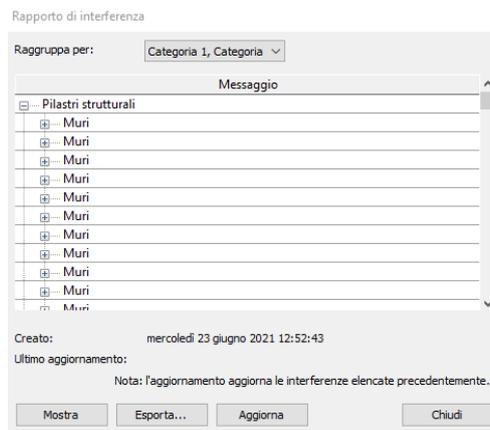


Figura 71 – Pannello “Rapporto di interferenza” in Revit

Aprendo il file esportato è possibile visualizzare le interferenze riscontrate. Se ne riporta di seguito una piccola porzione (Figura 72):

Rapporto di interferenza	
File di progetto rapporto di interferenza: C:\Users\utente\Desktop\Modello strutturale- Dalila Del Moro.rvt	
Creato: mercoledì 23 giugno 2021 12:52:43	
Ultimo aggiornamento:	
A	B
1 Pilastrini strutturali : Pilastrino in calcestruzzo - Rettangolare : Pilastrino quadrato 300 x 300 : id 371534	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Tramezzo 15 cm : id 272777
2 Pilastrini strutturali : Pilastrino in calcestruzzo - Rettangolare : Pilastrino 300 x 400 : id 371544	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Tramezzo 15 cm : id 272777
3 Telaio strutturale : Calcestruzzo - Trave rettangolare : 300x 450 mm : id 371554	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Tramezzo 15 cm : id 272777
4 Telaio strutturale : Calcestruzzo - Trave rettangolare : 300x 450 mm : id 371639	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Tramezzo 15 cm : id 272777
5 Telaio strutturale : Calcestruzzo - Trave rettangolare : 300x 450 mm : id 371641	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Tramezzo 15 cm : id 272777
6 Telaio strutturale : Calcestruzzo - Trave rettangolare : 300x 450 mm : id 371648	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Tramezzo 15 cm : id 275014
7 Telaio strutturale : Calcestruzzo - Trave rettangolare : 300x 450 mm : id 371581	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Tramezzo 15 cm : id 275128
8 Telaio strutturale : Calcestruzzo - Trave rettangolare : 300x 450 mm : id 371579	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Tramezzo 15 cm : id 275373
9 Pilastrini strutturali : Pilastrino in calcestruzzo - Rettangolare : Pilastrino 300 x 400 : id 371516	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Muro di divisione 35 cm : id 275604
10 Pilastrini strutturali : Pilastrino in calcestruzzo - Rettangolare : Pilastrino 300 x 400 : id 371542	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Muro di divisione 35 cm : id 275604
11 Telaio strutturale : Calcestruzzo - Trave rettangolare : 300x 450 mm : id 371579	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Muro di divisione 35 cm : id 275604
12 Telaio strutturale : Calcestruzzo - Trave rettangolare : 300x 450 mm : id 371581	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Muro di divisione 35 cm : id 275604
13 Telaio strutturale : Calcestruzzo - Trave rettangolare : 300x 450 mm : id 371589	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Muro di divisione 35 cm : id 275604
14 Telaio strutturale : Calcestruzzo - Trave rettangolare : 300x 450 mm : id 371646	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Muro di divisione 35 cm : id 275604

Figura 72 - Rapporto di interferenza tra modello strutturale e architettonico in Revit

Nell’edificio oggetto di studio, la parte strutturale è stata realizzata seguendo la traccia del modello architettonico. Le due discipline però, non sono state modellate come fossero parte dello stesso edificio multidisciplinare. Durante la modellazione non si è prestata attenzione alle reali incongruenze tra modelli. E’ per questo che stilando un rapporto delle interferenze, se ne trovano di innumerevoli.

Nella realtà però i progettisti e modellatori realizzano elaborati che già al primo controllo delle interferenze, ne rilevano un basso numero. L’analisi delle interferenze viene effettuata per rilevare le clash che “sfuggono” alla vista del professionista.

Nel caso visto sopra, la prima interferenza riporta una collisione tra un pilastrino ed un muro. Conoscendo soltanto la *categoria*, la *famiglia* ed il *tipo* degli elementi in questione, non si riesce a riconoscere il preciso elemento inquisito. Ecco perché le interferenze vengono classificate mostrando la *categoria*, la *famiglia*, il *tipo* e per ultimo l’ID. L’ID è un codice numerico fondamentale, che rende univoca ogni istanza. Perciò quando si rileva un’interferenza tra due elementi, per visualizzarli nel modello è necessario selezionarli per ID per comprendere la loro posizione all’interno di questo.

3.5.1.2. Rapporto delle interferenze tra modello impiantistico e architettonico in Revit

E' il momento di stilare il rapporto delle interferenze che coinvolgono il modello impiantistico ed il modello architettonico. I due modelli, architettonico e strutturale, erano stati precedentemente collegati al file contenente la parte impiantistica, proprio per permetterne la realizzazione. Si procede quindi alla clash detection scegliendo di visualizzare le interferenze tra le tubazioni e i relativi raccordi dell'impianto e i muri dell'edificio. (Figura 73).

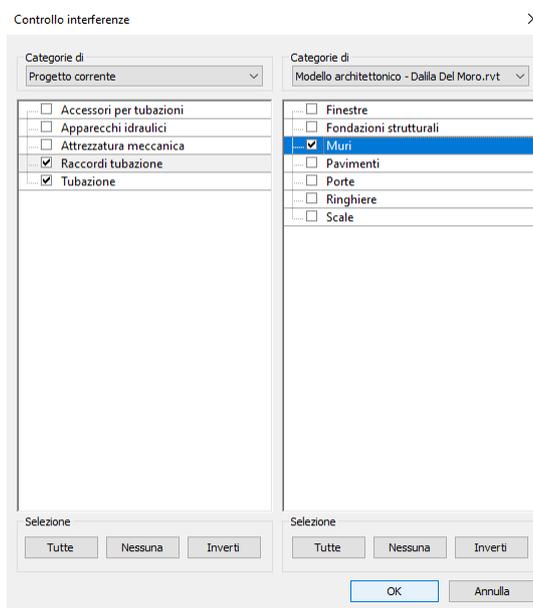


Figura 73 - Pannello "Controllo interferenze" in Revit categorie modello architettonico e impiantistico

Si apre il file esportato e si visualizzano le interferenze. Anche in questo caso, il rapporto ne restituirà un numero molto alto. Di seguito se ne riporta uno stralcio (Figura 74):

Rapporto di interferenza

File di progetto rapporto di interferenza: C:\Users\utente\Desktop\Modello impiantistico - Dalila Del Moro.rvt
 Creato: mercoledì 23 giugno 2021 13:14:39
 Ultimo aggiornamento:

	A	B
1	Tubazione : Tubazione : Standard : id 855681	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Tramezzo 15 cm : id 275128
2	Raccordi tubazione : M_Gomito - Saldato - Generico : Standard : id 855756	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Tramezzo 15 cm : id 275128
3	Tubazione : Tubazione : Standard : id 858466	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Tramezzo 15 cm : id 275373
4	Tubazione : Tubazione : Standard : id 858803	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Tramezzo 15 cm : id 275373
5	Raccordi tubazione : M_Transizione - Saldato - Generica : Standard : id 858818	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Tramezzo 15 cm : id 275373
6	Raccordi tubazione : M_Gomito - Saldato - Generico : Standard : id 858824	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Tramezzo 15 cm : id 275373
7	Tubazione : Tubazione : Standard : id 788691	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Muro di divisione 35 cm : id 275604
8	Tubazione : Tubazione : Standard : id 788724	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Muro di divisione 35 cm : id 275604
9	Raccordi tubazione : M_Gomito - Saldato - Generico : Standard : id 788732	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Muro di divisione 35 cm : id 275604
10	Tubazione : Tubazione : Standard : id 790647	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Muro di divisione 35 cm : id 275604
11	Raccordi tubazione : M_Transizione - Saldato - Generica : Standard : id 790671	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Muro di divisione 35 cm : id 275604
12	Tubazione : Tubazione : Standard : id 790725	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Muro di divisione 35 cm : id 275604
13	Raccordi tubazione : M_Transizione - Saldato - Generica : Standard : id 790748	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Muro di divisione 35 cm : id 275604
14	Tubazione : Tubazione : Standard : id 792617	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Muro di divisione 35 cm : id 275604
15	Raccordi tubazione : M_Transizione - Saldato - Generica : Standard : id 792738	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Muro di divisione 35 cm : id 275604
16	Raccordi tubazione : M_Gomito - Saldato - Generico : Standard : id 792837	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Muro di divisione 35 cm : id 275604
17	Tubazione : Tubazione : Standard : id 793256	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Muro di divisione 35 cm : id 275604
18	Raccordi tubazione : M_Transizione - Saldato - Generica : Standard : id 793269	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Muro di divisione 35 cm : id 275604
19	Tubazione : Tubazione : Standard : id 811814	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Muro di divisione 35 cm : id 275604
20	Tubazione : Tubazione : Standard : id 818510	Modello architettonico - Dalila Del Moro.rvt : Muri : Muro di base : Muro di divisione 35 cm : id 275604

Figura 74 - Rapporto di interferenza tra modello impiantistico e architettonico in Revit

3.5.1.3. Rapporto di interferenza tra modello impiantistico e strutturale in Revit

Si stila ancora una volta l'analisi delle interferenze che coinvolgono il modello impiantistico, ma in questo caso interfacciandolo con il modello strutturale. Si sceglie di controllare le interferenze tra le tubazioni ed i relativi raccordi dell'impianto ed il telaio strutturale, composto da pilastri e travi (Figura 75).

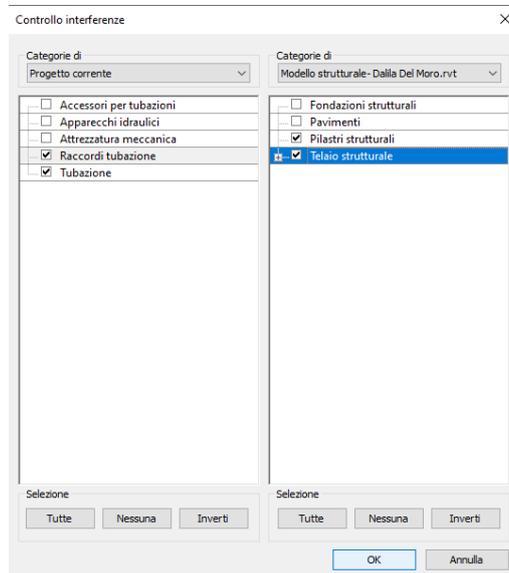


Figura 75 - Pannello "Controllo interferenze" in Revit categorie modello strutturale e impiantistico

Una volta selezionato il tasto "OK" si apre la finestra sottostante (Figura 76).

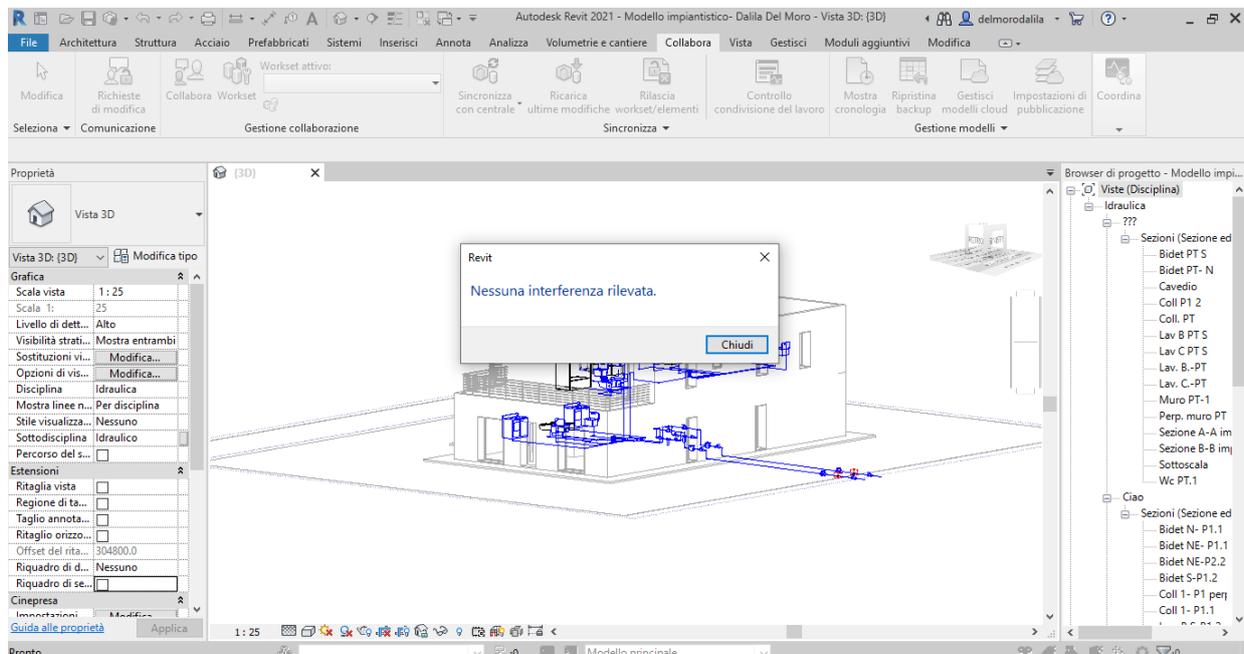


Figura 76 - Rapporto interferenza tra modello impiantistico e strutturale in Revit

Gli elementi della parte impiantistica e strutturale analizzati, non collidono in alcun punto del disegno. L'impianto è stato progettato in modo che non incontrasse la struttura portante in elevazione. Il fatto che il rapporto di interferenza sia vuoto, significa che il progettista non ha commesso errori durante la modellazione.

3.5.2. Analisi delle interferenze in Navisworks Manage 2022

Navisworks Manage è un software di revisione e gestione dei progetti per professionisti e team AEC (Architecture Engineering Construction). Il programma in questione offre un set di strumenti per il coordinamento, il rilevamento delle interferenze, l'analisi 5D, la quantificazione e la simulazione per un migliore controllo dei risultati del progetto. Consente di raccogliere i dati e i modelli BIM che provengono da altri software più diffusi, come Revit e molti altri, in un unico progetto. Il software favorisce l'interoperabilità, infatti oltre ai formati nativi di casa Autodesk, è in grado di leggere anche i files in formato IFC (l'argomento verrà trattato nel capitolo 3.6.).

Navisworks Manage permette un'analisi delle interferenze più raffinata e attenta rispetto a quella eseguibile in Revit. Nei capitoli sottostanti verranno redatti nuovamente i rapporti di interferenza che coinvolgono i tre modelli (architettonico, strutturale ed impiantistico), ma in questo caso utilizzando il software Navisworks Manage.

3.5.2.1. Rapporto di interferenza tra modello architettonico e strutturale in Navisworks

Si caricano i files esportati da Revit in formato NWC, dei tre modelli visti in precedenza, in modo da visualizzarli in un unico modello multidisciplinare (Figura 77).

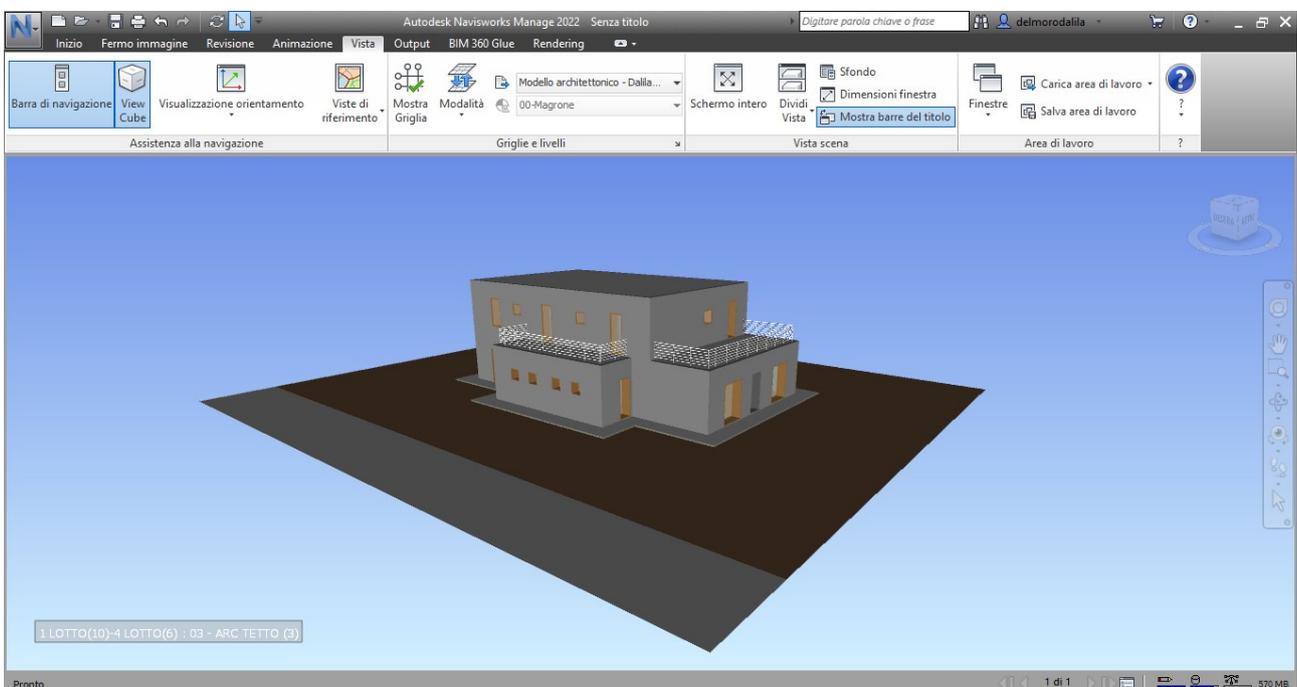


Figura 77 - Visualizzazione modello multidisciplinare in Navisworks

Nella scheda "Inizio" della barra multifunzione, è presente il comando "Clash Detective" che è visibile cerchiato in rosso in *Figura 78*. Tramite quest'ultimo, è possibile stilare il rapporto delle interferenze.

Si apre una nuova finestra che racchiude tutti i comandi per eseguire la Clash detection.

L'ambiente del Clash detective, è suddiviso in 2 zone. La parte in alto contiene la lista dei test che si intende sviluppare, mentre nella parte più in basso si impostano le regole dei test.

Selezionando il comando "Aggiungi test", si può scegliere di testare le interferenze di varie combinazioni di modelli. Si sceglie di valutare le interferenze tra il modello architettonico e il modello strutturale, i quali vengono selezionati come si vede nella figura sottostante. Quindi si rinomina il test corrente come "ARC vs STRUTT".

Nella sezione "Impostazioni" è possibile scegliere il tipo di clash che si vuole visualizzare. Si sceglie "Per intersezione" perché in questa sede si intende valutare le hard clash. Selezionando l'opzione "Margine di spazio" si sarebbero potute visualizzare le soft clash.

Il software chiede di specificare la tolleranza, ovvero ordine di grandezza al quale trascurare le interferenze. Si sceglie di impostare una tolleranza dell'ordine del millimetro. Si procede alla clash detection selezionando il comando "Esegui il test", visibile riquadrato in nero nella foto sottostante.

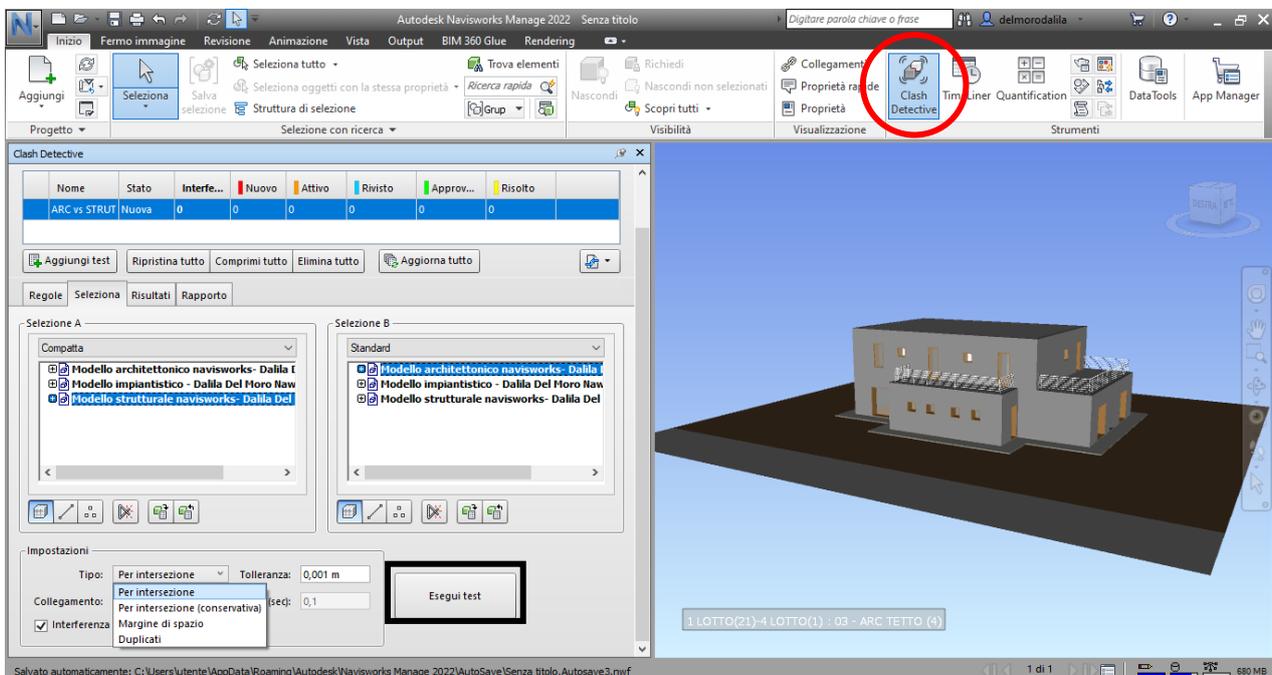


Figura 78 - Impostazione pannello "Clash detective" in Navisworks per interferenze tra modello architettonico e strutturale

Le clash rilevate sono visualizzabili nella sezione "Risultati". Le interferenze trovate vengono riportate in una tabella a più colonne, nella quale le interferenze vengono numerate e ordinate per severità. A sinistra del nome di ogni interferenza è visualizzata un'icona che ne identifica lo stato. Lo stato si aggiorna automaticamente ogni volta che si esegue lo stesso test, ma può essere aggiornato anche manualmente.

Si riporta di seguito il significato dei vari stati di una interferenza:

- Nuovo: un'interferenza rilevata per la prima volta nell'esecuzione corrente del test;
- Attivo: un'interferenza già rilevata in un'esecuzione precedente del test e non risolta;
- Rivisto: un'interferenza rilevata precedentemente e contrassegnata da un utente come rivista;

- Approvato: un'interferenza rilevata precedentemente e approvata da un utente;
- Risolto: un'interferenza rilevata in un'esecuzione precedente del test che risulta risolta nel test corrente, a seguito di modifiche apportate nel file di progetto.

Nel test appena effettuato, le interferenze risultano tutte nuove, in quanto il suddetto test non era mai stato eseguito prima.

Selezionando una ad una le interferenze, è possibile visualizzarle immediatamente alla destra della finestra Clash Detective, perciò gli elementi che collidono sono immediatamente individuabili.

Si sceglie di visualizzare l'interferenza 1 (Figura 79). Dall'immagine sottostante è chiaro che l'interferenza riguarda una trave ed un muro, ma per conoscere le caratteristiche degli elementi coinvolti è necessario mostrare il pannello elementi che si vede riquadrato in basso a sinistra.

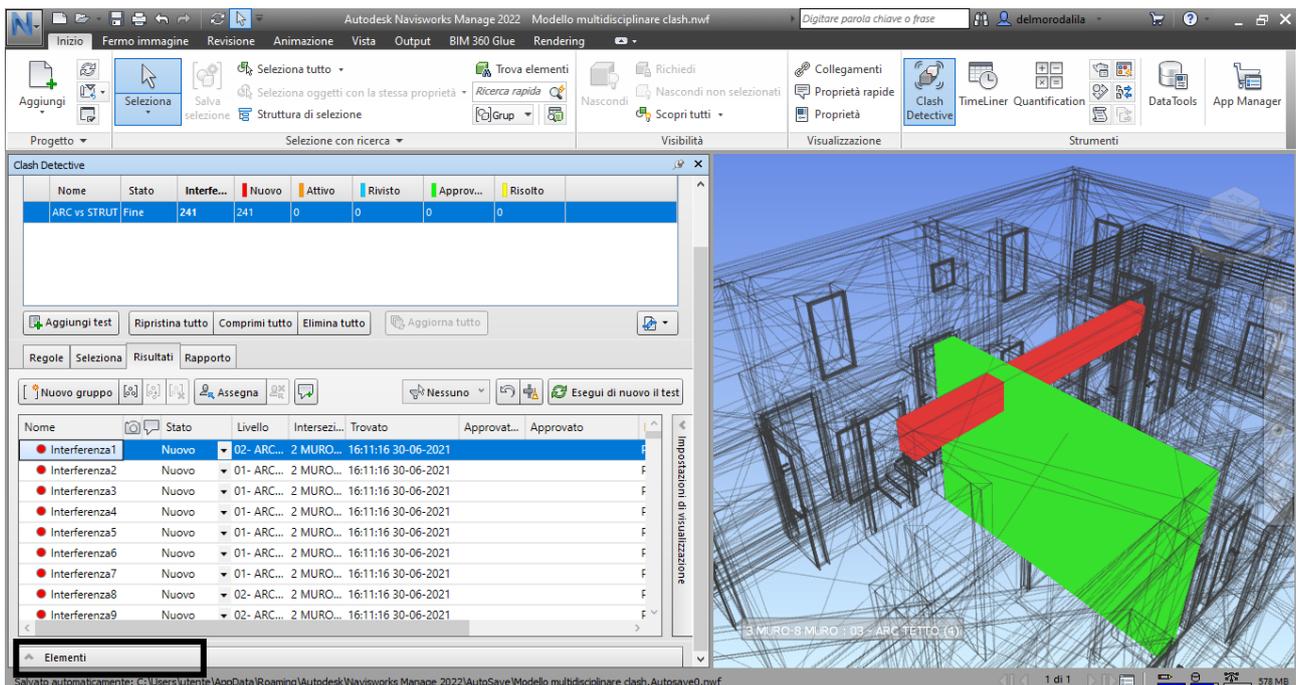


Figura 79 - Visualizzazione "Interferenza 1" tra modello architettonico e strutturale in Navisworks

Nel pannello in questione vengono identificati gli elementi coinvolti nell'interferenza, infatti vengono riportati il livello, la *categoria* di appartenenza, la *famiglia* ed il *tipo* (Figura 80).

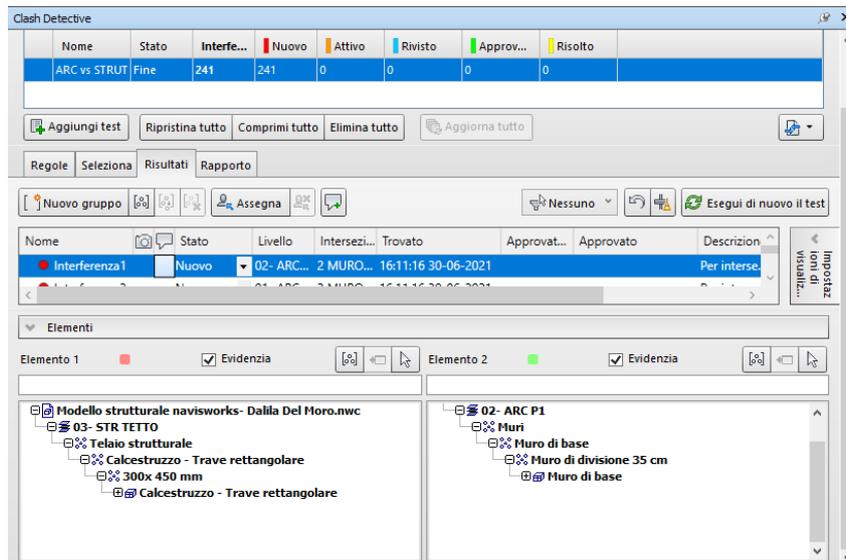


Figura 80 - Pannello "Elementi" in Navisworks

Della scheda "Revisione" della barra multifunzione, utilizzando i comandi "Disegno" e "Testo", è possibile inserire delle annotazioni in ogni interferenza. In questo modo gli altri partecipanti al progetto potranno leggerle quando prendono visione delle clash, come si vede nell'immagine sottostante.

Nella finestra "Clash Detective" si denota che è possibile assegnare la responsabilità di una o più interferenze ad una figura specifica (Figura 81). Si seleziona quindi il tasto "Assegna".

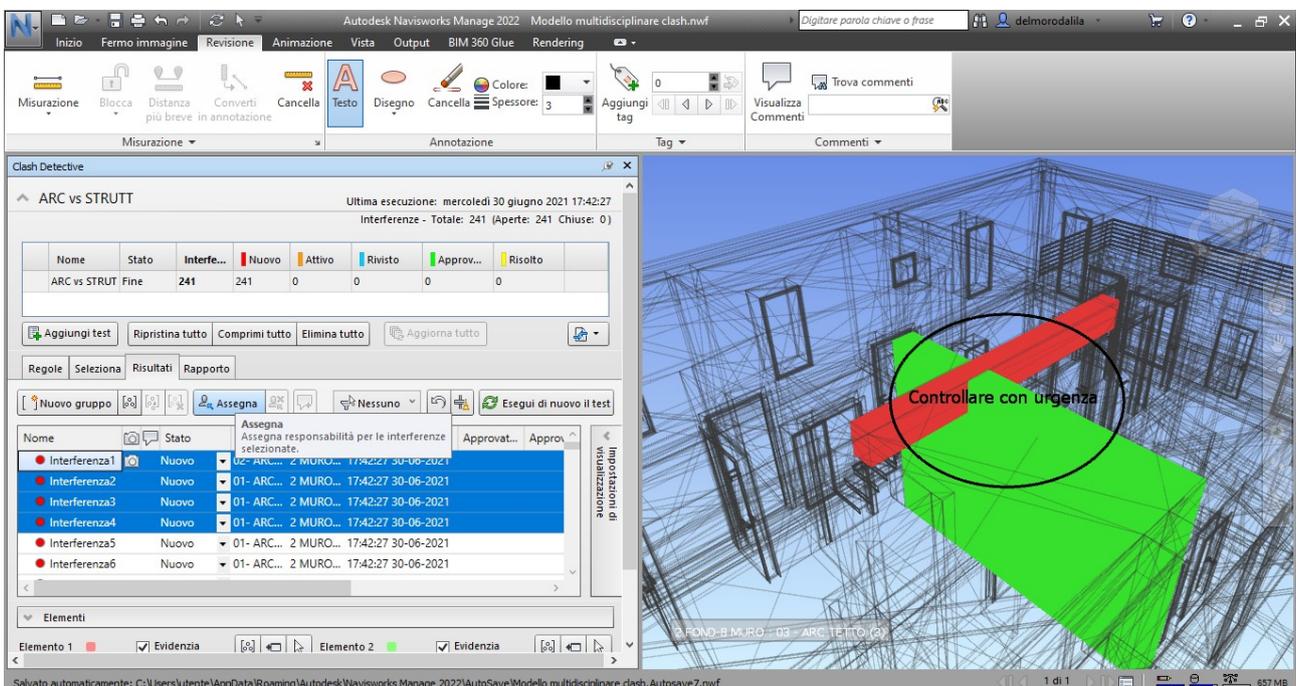


Figura 81 - Assegnare una responsabilità per le interferenze in Navisworks

Si apre la finestra "Assegna interferenza". Si può scegliere a quale figura assegnare l'interferenza, cioè la figura che sarà incaricata di risolvere la clash. Nel caso dell'Interferenza 1, è l'architetto che deve modificare il perimetro del muro.

Inoltre è possibile inserire una annotazione nella casella “Nota”, così che le figure possano comunicare tra loro. Si seleziona il tasto “OK” per completare l’operazione (Figura 82).

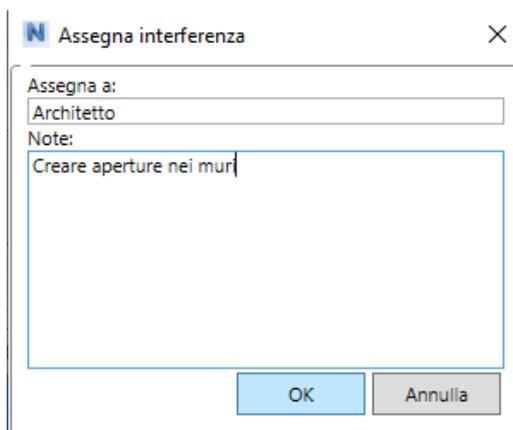


Figura 82 - Pannello “Assegna interferenza” in Navisworks

Nella sezione “Rapporto” della finestra che è visibile nella foto sottostante, è possibile scegliere in quale formato si vuole visualizzare il rapporto (Figura 83). Si sceglie di visualizzare il rapporto in formato HTML (tabella). Si seleziona il tasto “Scrivi rapporto”.

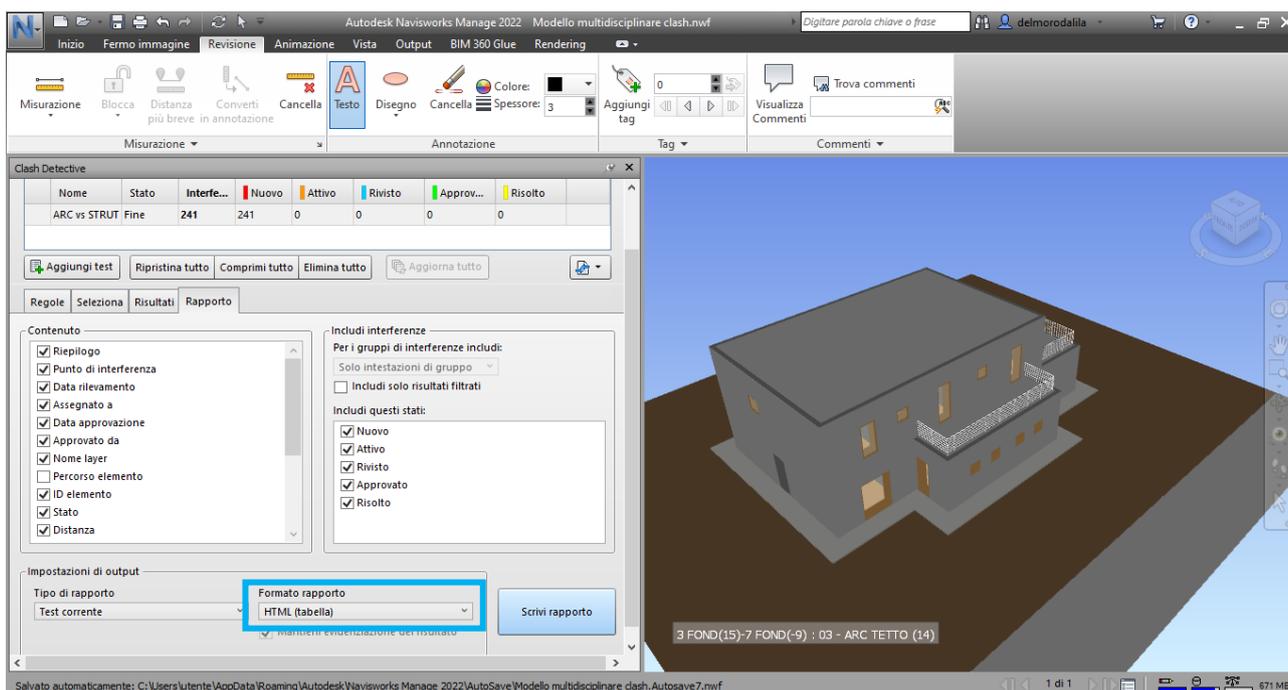


Figura 83 - Pannello “Impostazione di output” in Navisworks

Si ottiene così il rapporto delle interferenze rilevate con Navisworks in forma tabellare. Di seguito se ne riporta uno stralcio (Figura 84):

AUTODESK®
NAVISWORKS® Rapporto sulle interferenze

ARC vs STRUTT	Tolleranza 0.001m	Interferenze 241	Nuovo 241	Attivo 0	Rivista 0	Approvata 0	Risolta 0	Tipo Per intersezione	Stato OK
----------------------	----------------------	---------------------	--------------	-------------	--------------	----------------	--------------	--------------------------	-------------

Immagine	Nome interferenza	Stato	Distanza	Posizione griglia	Descrizione	Data rilevamento	Assegnata a	Punto di interferenza	Elemento 1			Elemento 2			Commenti		
									ID elemento	Layer	Elemento Nome	Elemento Tipo	ID elemento	Layer		Elemento Nome	Elemento Tipo
	Interferenza1	Nuovo	-0.450	2 MURO-7 MURO-02- ARC P1	Per intersezione	2021/6/30 15:42	Architetto	x:14.937, y:-9.424, z:5.690	ID elemento: 371721	03- STR TETTO	Calcestruzzo - Trave rettangolare	Solido	ID elemento: 279151	02- ARC P1	Intonaco	Solido	#0 - utente - 2021/6/30 15:44 Assegnato a Architetto Creare aperture nei muri
	Interferenza2	Nuovo	-0.450	2 MURO-6 MURO-01- ARC PT	Per intersezione	2021/6/30 15:42	Architetto	x:17.990, y:-4.767, z:2.700	ID elemento: 371581	02- STR P1	Calcestruzzo - Trave rettangolare	Solido	ID elemento: 275128	01- ARC PT	Intonaco	Solido	#0 - utente - 2021/6/30 15:44 Assegnato a Architetto Creare aperture nei muri
	Interferenza3	Nuovo	-0.450	2 MURO-7 MURO-01- ARC PT	Per intersezione	2021/6/30 15:42	Architetto	x:17.990, y:-7.494, z:2.620	ID elemento: 371579	02- STR P1	Calcestruzzo - Trave rettangolare	Solido	ID elemento: 275373	01- ARC PT	Intonaco	Solido	#0 - utente - 2021/6/30 15:44 Assegnato a Architetto Creare aperture nei muri
	Interferenza4	Nuovo	-0.412	2 MURO-6 MURO-01- ARC PT	Per intersezione	2021/6/30 15:42	Architetto	x:14.938, y:-4.196, z:2.899	ID elemento: 371648	02- STR P1	Calcestruzzo - Trave rettangolare	Solido	ID elemento: 275014	01- ARC PT	Intonaco	Solido	#0 - utente - 2021/6/30 15:44 Assegnato a Architetto Creare aperture nei muri
	Interferenza5	Nuovo	-0.327	2 MURO-7 MURO-01- ARC PT	Per intersezione	2021/6/30 15:42		x:14.938, y:-8.338, z:2.743	ID elemento: 371772	02- STR P1	Calcestruzzo - Trave rettangolare	Solido	ID elemento: 366283	01- ARC PT	Intonaco	Solido	
	Interferenza6	Nuovo	-0.325	2 MURO-7 MURO-01- ARC PT	Per intersezione	2021/6/30 15:42		x:14.638, y:-6.667, z:2.620	ID elemento: 371772	02- STR P1	Calcestruzzo - Trave rettangolare	Solido	ID elemento: 366199	01- ARC PT	Intonaco	Solido	

Figura 84 - Rapporto interferenze tra modello architettonico e strutturale in Navisworks

Il rapporto di interferenza redatto con Navisworks è un rapporto completo. Scegliendo di visualizzarlo in forma tabellare si ha la possibilità di vedere l'immagine dell'interferenza. Questa opzione può essere risultare particolarmente utile per individuare a colpo d'occhio la posizione degli elementi coinvolti.

Riporta inoltre lo stato dell'interferenza e la data di rilevamento, che permettono immediatamente di comprendere se l'interferenza è dovuta a nuove oppure a vecchie modifiche apportate al progetto. La distanza indica la lunghezza in metri della collisione. Il punto di interferenza e la posizione griglia individuano l'allocatione dell'interferenza stessa.

La parte destra del rapporto di interferenza è dedicata al "riconoscimento" degli elementi. La prima informazione che viene fornita dal rapporto è l'ID elemento, che identifica univocamente l'istanza. Di seguito si vedono il layer, ovvero il livello di posizionamento dell'elemento, il nome ed il tipo.

Infine nell'ultima colonna è possibile visualizzare i commenti, ovvero lo spazio dedicato alla comunicazione e collaborazione tra attori del progetto. Si visualizza il nome dell'utente che ha assegnato l'interferenza, l'utente a cui è stata assegnata e l'annotazione che gli è stata indirizzata.

3.5.2.2. Rapporto di interferenza tra modello architettonico ed impiantistico in Navisworks

Nella finestra Clash Detective si aggiunge un nuovo test da eseguire. Questa volta si sceglie di visualizzare le interferenze tra il modello architettonico e modello impiantistico. Dopo aver compilato i campi della sezione "Impostazioni" come visto precedentemente, si esegue il nuovo test rinominato "ARC vs IMP" (Figura 85).

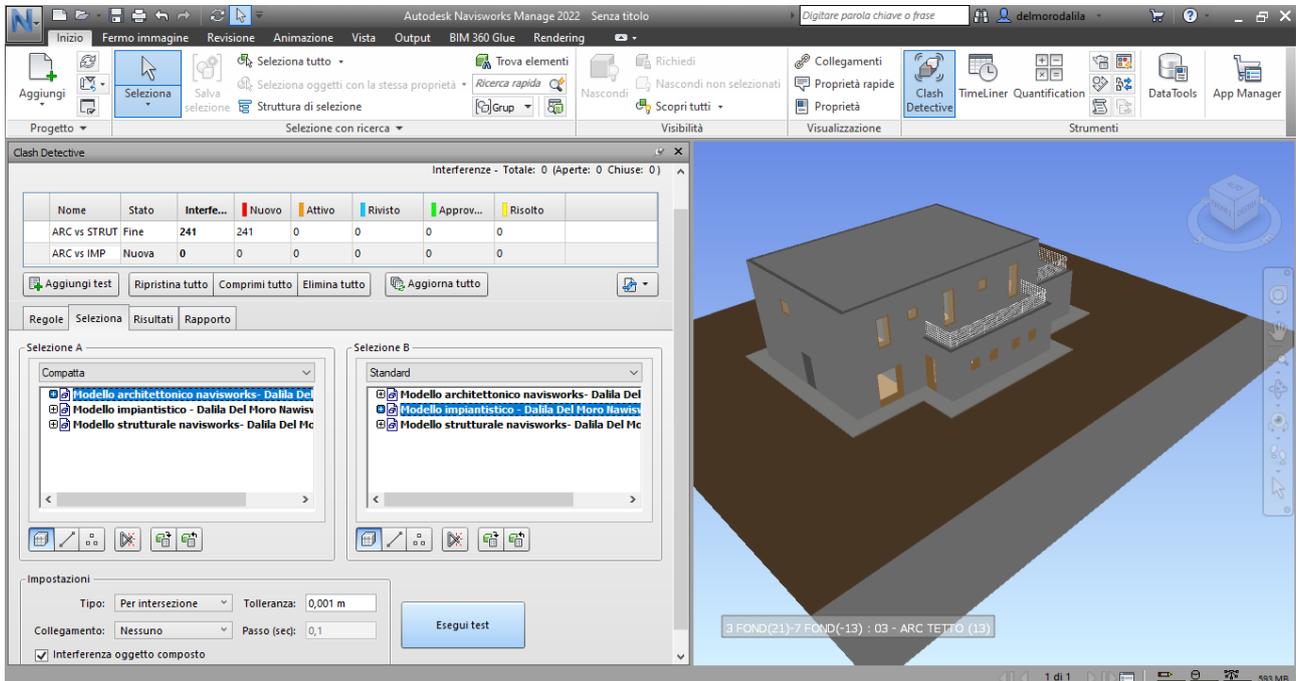


Figura 85 - Impostazione pannello "Clash detective" in Navisworks per interferenze tra modello architettonico e impiantistico

Si visualizza l'Interferenza 1. Nell'immagine sottostante si vede chiaramente la collisione tra un muro e una tubazione (Figura 86). Le caratteristiche degli elementi che si intersecano sono consultabili nella sezione elementi.

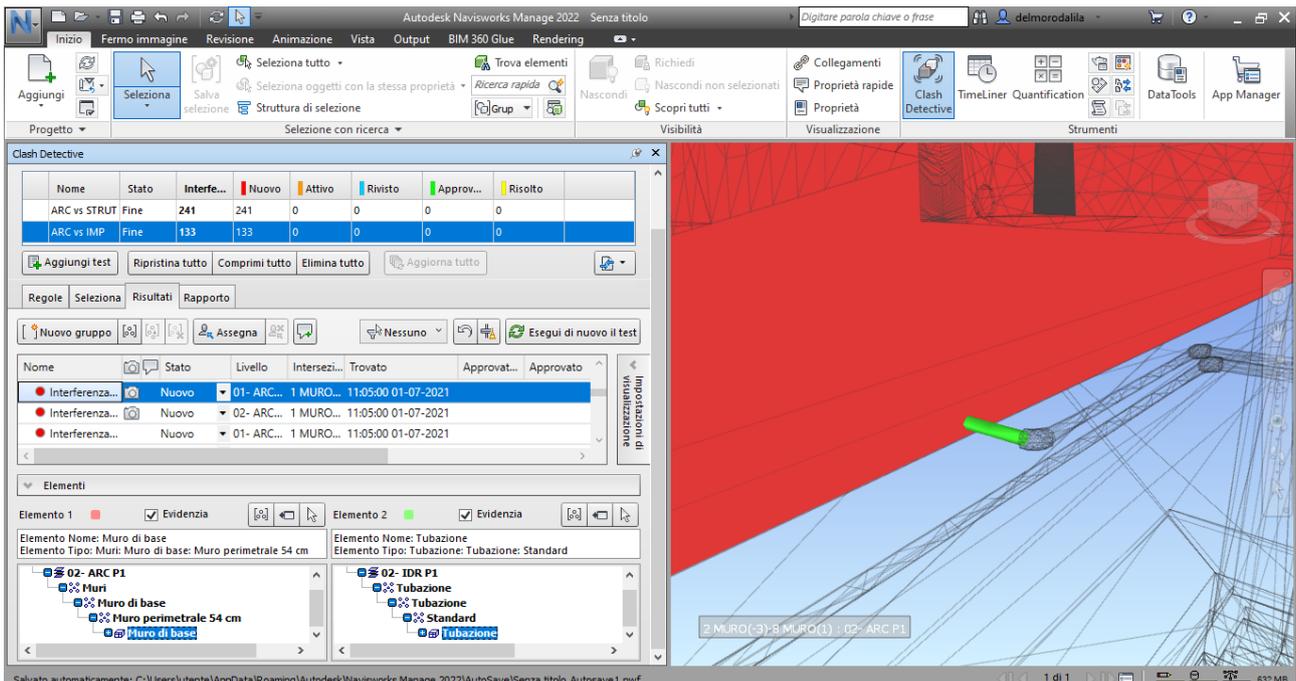


Figura 86 - Visualizzazione "Interferenza 1" tra modello architettonico e impiantistico in Navisworks

Si redige il rapporto sulle interferenze in forma tabellare. E' possibile visualizzarne una piccola parte nell'immagine sottostante (Figura 87).

**AUTODESK®
NAVISWORKS®** Rapporto sulle interferenze

ARC vs IMP	Tolleranza	Interferenze	Nuovo	Attivo	Rivista	Approvata	Risolta	Tipo	Stato
	0.001m	133	133	0	0	0	0	Per intersezione	OK

Immagine	Nome interferenza	Stato	Distanza	Posizione griglia	Descrizione	Data rilevamento	Punto di interferenza	Elemento 1			Elemento 2				
								ID elemento	Layer	Elemento Nome	Elemento Tipo	ID elemento	Layer	Elemento Nome	Elemento Tipo
	Interferenza1	Nuovo	-0.084	1 FOND-6 MURO : 00- Magrone	Per intersezione	2021/7/1 09:05	x:1.699, y:-5.581, z:0.000	ID elemento: 548186	<Nessun livello>	Terra	Solido	ID elemento: 828760	01- IDR PT	Clearance Space	Solido
	Interferenza2	Nuovo	-0.084	1 FOND-7 MURO : 00- Magrone	Per intersezione	2021/7/1 09:05	x:1.699, y:-6.731, z:0.000	ID elemento: 548186	<Nessun livello>	Terra	Solido	ID elemento: 859309	01- IDR PT	Clearance Space	Solido
	Interferenza3	Nuovo	-0.064	3 MURO-7 MURO : 01- ARC PT	Per intersezione	2021/7/1 09:05	x:19.565, y:-6.245, z:0.140	ID elemento: 275604	01- ARC PT	Muro di default	Solido	ID elemento: 856034	01- IDR PT	Rame	Linea
	Interferenza4	Nuovo	-0.064	3 MURO-7 MURO : 01- ARC PT	Per intersezione	2021/7/1 09:05	x:19.565, y:-6.245, z:0.140	ID elemento: 358163	01- ARC PT	Pavimentazione in quercia	Solido	ID elemento: 856034	01- IDR PT	Rame	Linea
	Interferenza5	Nuovo	-0.064	3 MURO-6 MURO : 01- ARC PT	Per intersezione	2021/7/1 09:05	x:19.565, y:-6.109, z:0.140	ID elemento: 275604	01- ARC PT	Muro di default	Solido	ID elemento: 788691	01- IDR PT	Rame	Linea
	Interferenza6	Nuovo	-0.064	3 MURO-6 MURO : 01- ARC PT	Per intersezione	2021/7/1 09:05	x:19.565, y:-6.109, z:0.140	ID elemento: 358163	01- ARC PT	Pavimentazione in quercia	Solido	ID elemento: 788691	01- IDR PT	Rame	Linea

Figura 87 - Rapporto interferenze tra modello architettonico e impiantistico in Navisworks

3.5.2.3. Rapporto di interferenze tra modello strutturale ed impiantistico in Navisworks

Infine si valutano le interferenze tra modello strutturale e modello impiantistico. Si aggiunge un nuovo test rinominandolo "STRUTT vs IMP" e dopo aver settato le impostazioni come visto precedentemente, lo si esegue (Figura 88).

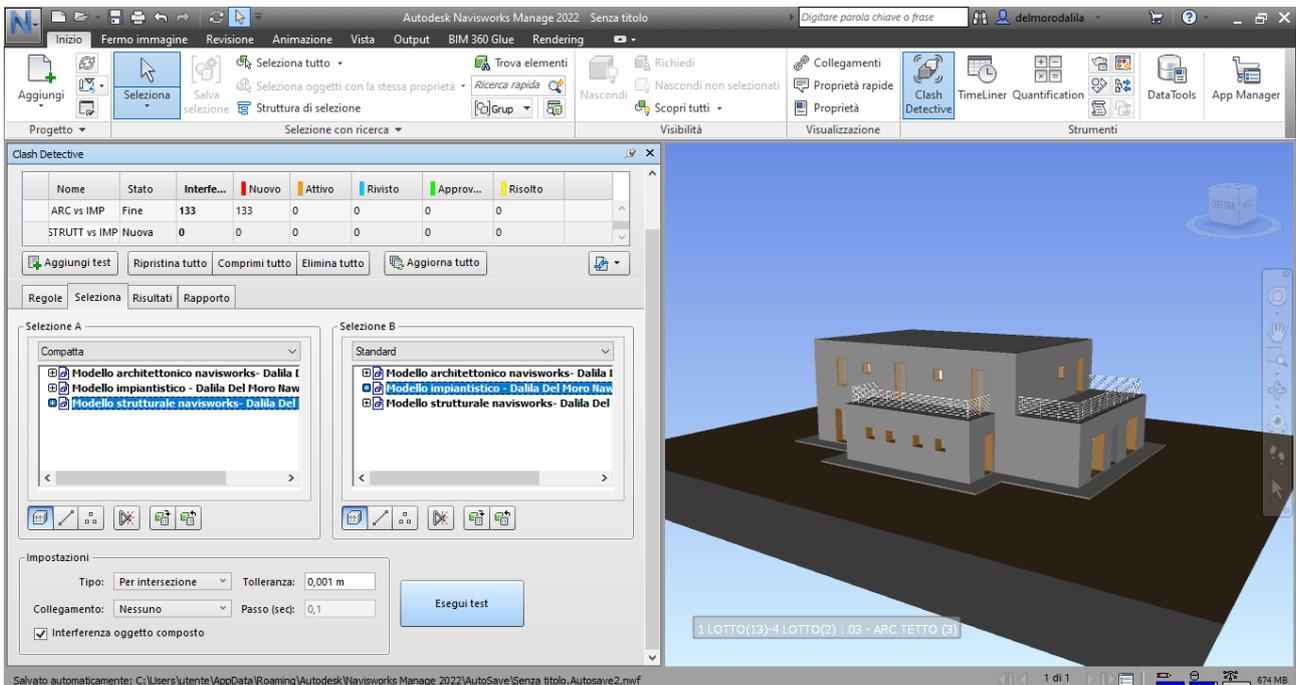


Figura 88 - Impostazione pannello "Clash detective" in Navisworks per interferenze tra modello strutturale e impiantistico

Selezionando la prima interferenza rilevata nel test corrente, la si visualizza nella parte destra dell'immagine sottostante. Consultando la sezione "Elementi" è possibile conoscere le caratteristiche degli elementi che collidono (Figura 89).

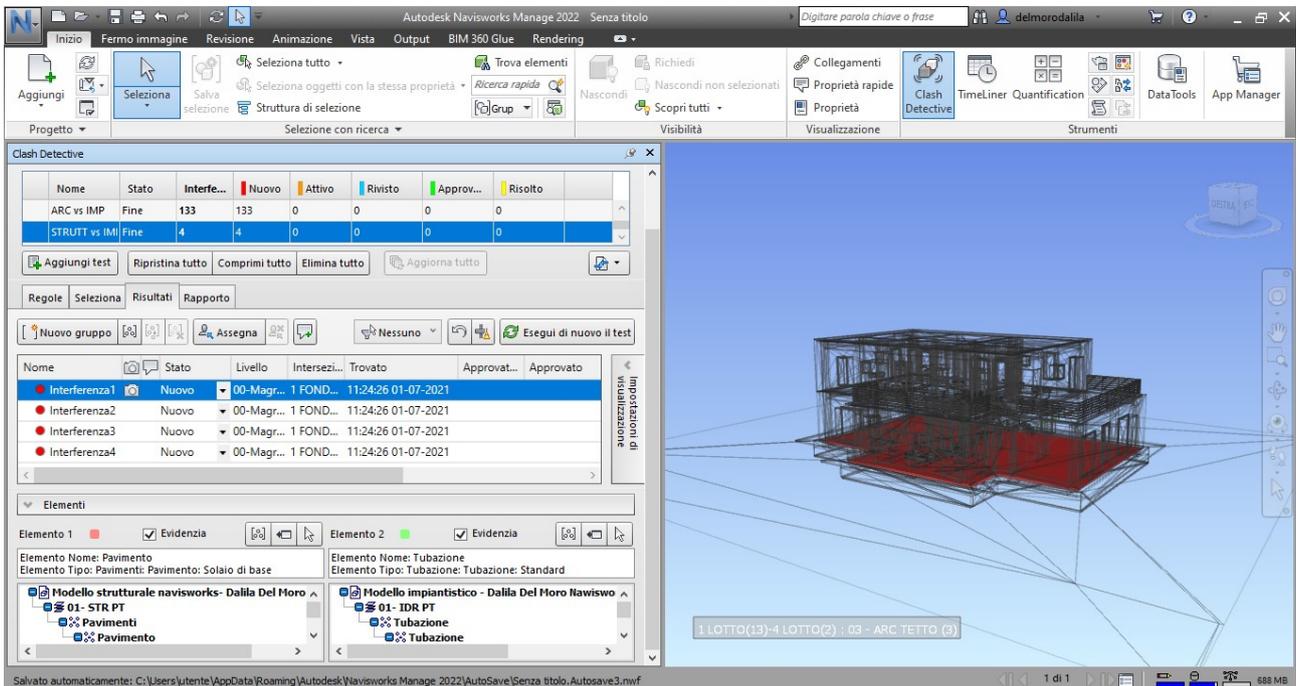


Figura 89 - Visualizzazione "Interferenza 1" tra modello strutturale e impiantistico in Navisworks

Si redige il rapporto sulle interferenze tra impianto strutturale ed impiantistico. Si sceglie di visualizzarle in forma tabellare nell'immagine sottostante (Figura 90).

AUTODESK® NAVISWORKS® Rapporto sulle interferenze

STRUTT vs IMP	Tolleranza	Interferenze	Nuovo	Attivo	Rivista	Approvata	Risolta	Tipo	Stato
	0,001m	4	4	0	0	0	0	Per intersezioni	OK

Immagine	Nome interferenza	Stato	Distanza	Posizione griglia	Descrizione	Data rilevamento	Punto di interferenza	Elemento 1			Elemento 2				
								ID elemento	Layer	Elemento Nome	Elemento Tipo	ID elemento	Layer	Elemento Nome	Elemento Tipo
	Interferenza1	Nuovo	-0.032	1 FOND-6 MURO : 00-Magrone	Per intersezione	2021/7/1 09:24	x:9.135, y:-5.625, z:-0.032	ID elemento: 374817	01-STR PT	Pavimento di default	Solido	ID elemento: 828486	01-IDR PT	Rame	Linea
	Interferenza2	Nuovo	-0.028	1 FOND-7 MURO : 00-Magrone	Per intersezione	2021/7/1 09:24	x:9.135, y:-6.754, z:-0.028	ID elemento: 374817	01-STR PT	Pavimento di default	Solido	ID elemento: 856205	01-IDR PT	Rame	Linea
	Interferenza3	Nuovo	-0.008	1 FOND-7 MURO : 00-Magrone	Per intersezione	2021/7/1 09:24	x:9.728, y:-6.754, z:0.0000000229	ID elemento: 374817	01-STR PT	Pavimento di default	Solido	ID elemento: 856202	01-IDR PT	Standard	Solido
	Interferenza4	Nuovo	-0.008	1 FOND-6 MURO : 00-Magrone	Per intersezione	2021/7/1 09:24	x:9.764, y:-5.636, z:0.0000000229	ID elemento: 374817	01-STR PT	Pavimento di default	Solido	ID elemento: 828498	01-IDR PT	Standard	Solido

Figura 90 - Rapporto interferenze tra modello strutturale e impiantistico in Navisworks

Coerentemente con le clash individuate in Revit, nel rapporto non vengono riscontrate collisioni tra impianto e struttura portante in elevazione. Tuttavia si scoprono delle interferenze con i solai strutturali.

3.5.3. Confronto analisi delle interferenze tra Revit e Navisworks

E' interessante poter confrontare la procedura con cui vengono redatti e i risultati stessi, dei rapporti di interferenza ottenuti con Revit e Navisworks.

Uno dei punti focali di Navisworks è proprio la gestione delle interferenze. La procedura di clash detection fornita da questo software non permette solamente l'individuazione delle interferenze, ma ne favorisce la risoluzione. Permette alle varie figure coinvolte nel progetto di conoscere in modo chiaro le interferenze che gli sono state assegnate, ovvero quelle che dovrà risolvere. Consente la visione di insieme delle interferenze e del loro stato.

La collaborazione nasce quando c'è scambio di informazioni, quando c'è comunicazione. Navisworks, come si è appurato, permette ai progettisti di comunicare tra loro e questo aiuta l'organizzare della gestione delle interferenze. La procedura di risoluzione delle interferenze che offre Navisworks risulta efficace, semplice, chiara ed ordinata.

Utilizzando il software Revit per eseguire la clash detection, si ottiene un semplice rapporto di interferenza che individua le collisioni tra elementi. A differenza di Navisworks, Revit permette di scegliere tra quali categorie dei modelli selezionati valutare le interferenze. Il rapporto di interferenza potrebbe risultare più mirato. In realtà, questa possibilità di selezione viene fornita per far sì che il rapporto di interferenza sia meno confusionario. Se selezionassimo tutte le categorie degli elementi di entrambi i modelli che si vogliono analizzare, a causa della forma con cui Revit regide i rapporti di interferenza, il risultato sarebbe disordinato. Individuare gli elementi che collidono visualizzando il rapporto redatto con Revit, non è immediato. Ogni elemento ha il proprio codice ID che lo rende unico nel progetto, però non lo rende immediatamente riconoscibile agli occhi del progettista che vuole individuare l'interferenza. Nel rapporto di interferenza stilato con Navisworks, ad ogni interferenza viene associata anche una immagine di progetto del punto in cui avviene la collisione, ciò facilita l'identificazione del problema.

Revit è un software che nasce per la modellazione di progetti, non per la gestione delle interferenze. Sotto questo aspetto Revit non agevola la gestione, perciò non favorisce a pieno l'interoperabilità.

In questa tesi non viene trattato il tema della risoluzione delle interferenze di progetto, ma si comprende l'importanza che hanno all'interno del workflow BIM. La velocità, precisione con cui vengono individuate e poi la procedura di gestione delle stesse, porta la progettazione e modellazione ad un livello superiore rispetto agli anni addietro.

3.6. Esportazione files in IFC

Il formato IFC (Industry Foundation Classes) è un formato dati aperto, nato per agevolare l'interoperabilità tra le discipline di architettura, ingegneria e costruzione dell'industria dell'edilizia. E' un formato di collaborazione comunemente utilizzato in progetti basati sulla metodologia di Building Information Modelling (BIM).

Il formato di un file rappresenta la sua struttura informatica e definisce il modo con cui questo è memorizzato e poi mostrato all'utente. I formati possono essere di due tipi, formato proprietario e formato aperto.

Il formato di un file si definisce "proprietario" quando si tratta di un formato di dati costruito in modo tale da consentire la lettura del contenuto solamente ad alcuni software. L'uso di formati proprietari può ostacolare l'interoperabilità tra membri del progetto che lavorano con programmi differenti, in quanto non è possibile creare una piattaforma a cui tutti possano accedere per collaborare.

Il formato di un file è detto "aperto" se si parla di un formato che si basa su una specifica tecnica di pubblico dominio e garantisce la lettura del contenuto da parte di qualsiasi programma. In genere, come nel caso del

formato IFC, si tratta di standard fissati da autorità pubbliche per garantire l'interoperabilità tra software. A differenza del formato proprietario, quello aperto può essere letto e modificato da qualunque software.

Il formato IFC è riconosciuto come standard internazionale ufficiale ISO 16739:2013. Ha lo scopo di permettere l'interscambio di un modello informativo senza perdita o distorsione di dati o informazioni centrali, utilizzando appunto un formato standard, quindi un formato neutrale, comune a tutti.

Il principale vantaggio offerto dal formato IFC è proprio la possibilità di consentire la collaborazione tra le varie figure coinvolte nel processo di costruzione, anche se ognuno di loro realizza il modello con un software differente. Infatti un altro vantaggio che offrono i formati aperti è la neutralità, ovvero la discrezionalità per i progettisti di non utilizzare tutti uno specifico software, lasciando la facoltà di scegliere. Ogni programma BIM ha delle peculiarità, che si traducono in una serie di possibili variabili non comuni a tutti i software sul mercato. Questo permette ad ogni programma di offrire funzionalità uniche rispetto agli altri prodotti e fa sì che si mantenga la competitività nel settore. Perciò è chiaro che nel "travaso" di informazioni dai vari formati proprietari al formato IFC, si avrà una piccola perdita di informazioni. Verranno esportati soltanto i dati riconosciuti dallo standard ISO, che sono proprio quel sottoinsieme di informazioni comuni a tutti i software BIM. In questo modo viene garantita l'interoperabilità.

Per permettere la collaborazione tra i tre modellatori dell'edificio caso di studio, si esportano i tre modelli realizzati, quindi architettonico, strutturale e impiantistico, in formato IFC. Il software Revit permette l'esportazione dei modelli in questo formato. Si procede riportando di seguito i brevi passaggi effettuati per l'esportazione del modello architettonico:

Si seleziona il comando "Salva file in IFC" (Figura 91).

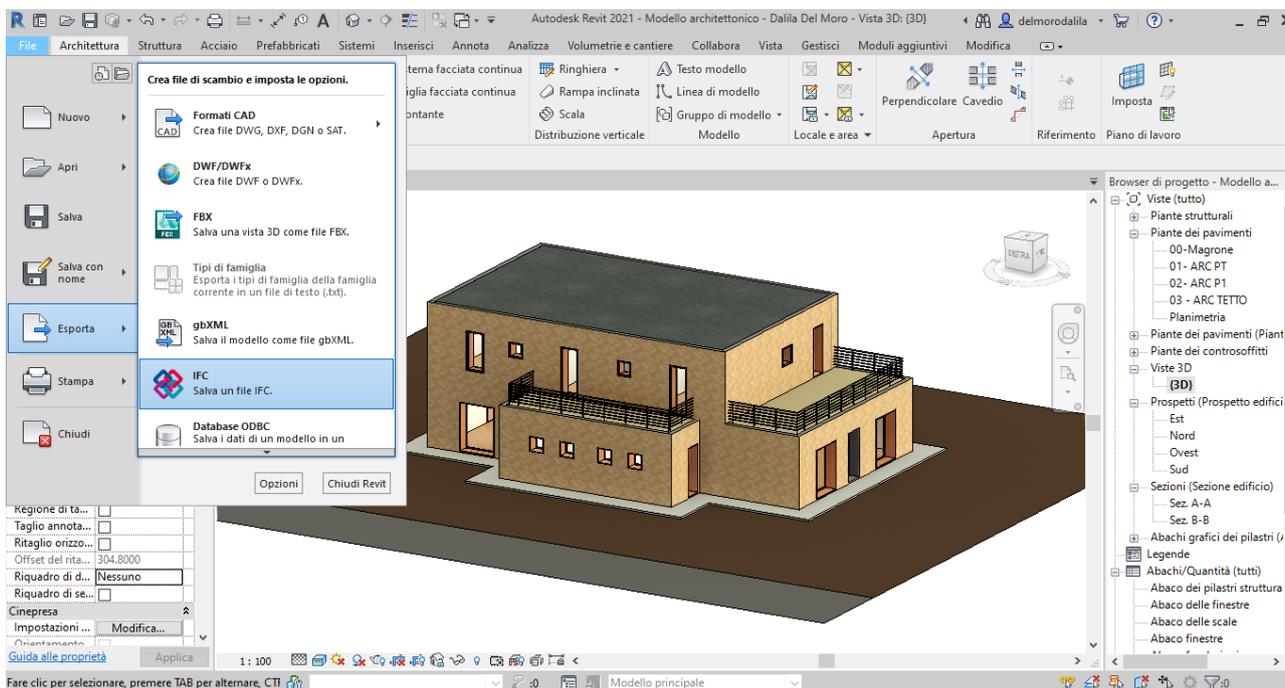


Figura 91 - Esportare un file in IFC da Revit

Sulla schermata appare una nuova finestra (Figura 92). Il file Revit del modello architettonico e del modello strutturale sono di dimensioni maggiori rispetto a quello del modello impiantistico, perché al loro interno hanno molti più elementi.

Si seleziona il comando modifica configurazione.

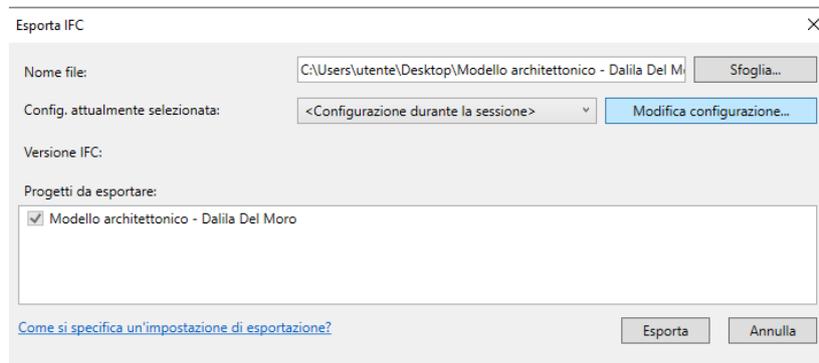


Figura 92 - Pannello "Esporta IFC" in Revit

Si sceglie di abbassare il livello di dettaglio del file esportato, per renderlo di dimensioni minori, più leggero. Confermate le modifiche apportate, si seleziona l'opzione "OK" (Figura 93).

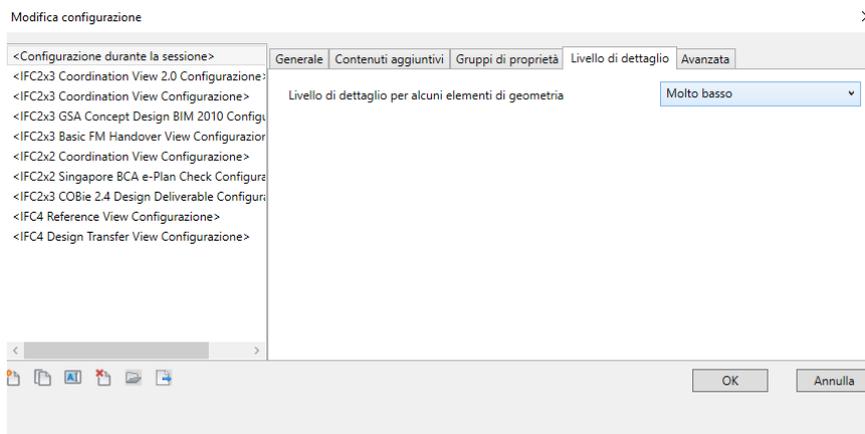


Figura 93 - Pannello "Modifica configurazione" in Revit

Il modello è pronto per essere esportato. La stessa operazione verrà ripetuta per il modello architettonico ed il modello strutturale, così da ottenere i tre modelli esportati in formato IFC.

La qualità principale del formato IFC sta nella capacità di restituire la rappresentazione geometrica 3D per tutti gli elementi che compongono il progetto. Inoltre memorizza tutti i dati standardizzati relativi a ciascun singolo elemento, come i materiali, il profilo e le funzioni. Il modello esportato risulta pressoché identico all'originale, sia dal punto di vista estetico, che dal punto di vista informativo.

L'utilizzo di questo formato porta numerosi benefici in termini di comunicazione, produttività, tempi di consegna e qualità.

3.7. Visualizzazione file IFC tramite il software BIMvision

BIMvision è un visualizzatore gratuito di modelli in formato IFC 2x3 e 4.0. Permette di aprire e visualizzare i modelli virtuali esportati da software BIM, come Revit e molti altri. Proprio per questo motivo, si può affermare che è uno strumento che permette la collaborazione di progettisti e modellatori, consentendo di visualizzare insieme gli elaborati realizzati da ognuno. Aiuta a risparmiare tempo, denaro ed energia investiti nell'implementazione delle attività.

Si utilizza questo software per visualizzare i tre modelli (architettonico, strutturale e impiantistico) realizzati.

Il primo modello che viene visualizzato è il modello architettonico (*Figura 94*).

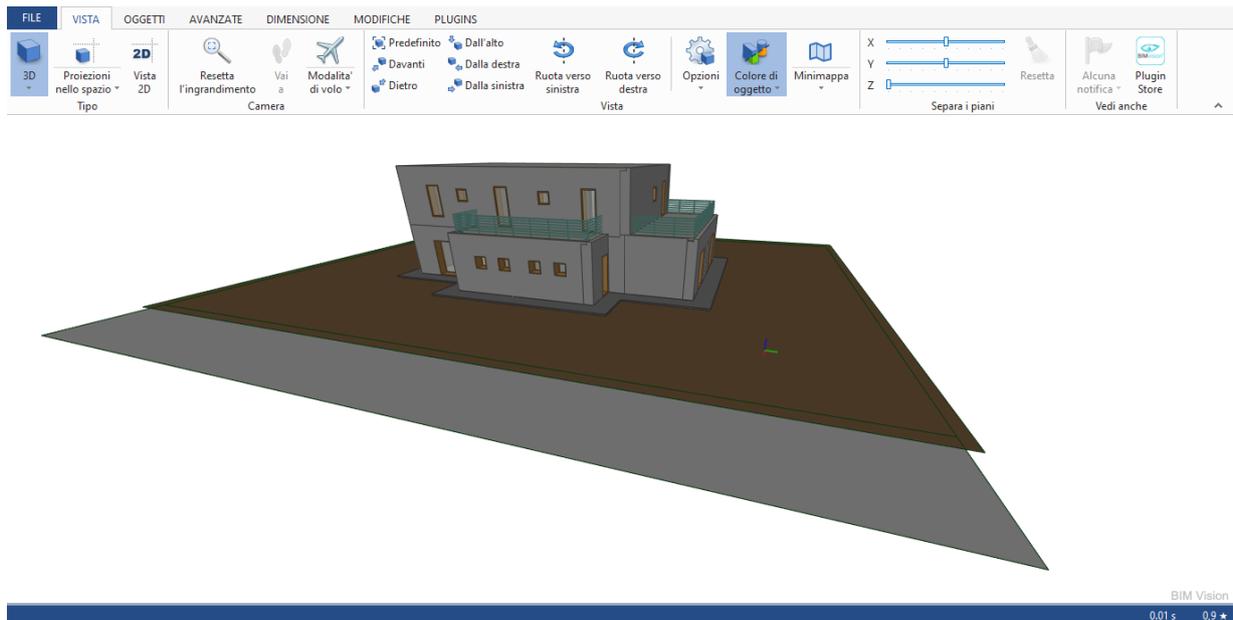


Figura 94 - Modello architettonico in BIMvision

Si apre il file contenente il modello strutturale in formato IFC, e da una sezione si visualizza l'unione tra il modello architettonico ed il modello strutturale appena aggiunto (*Figura 95*).

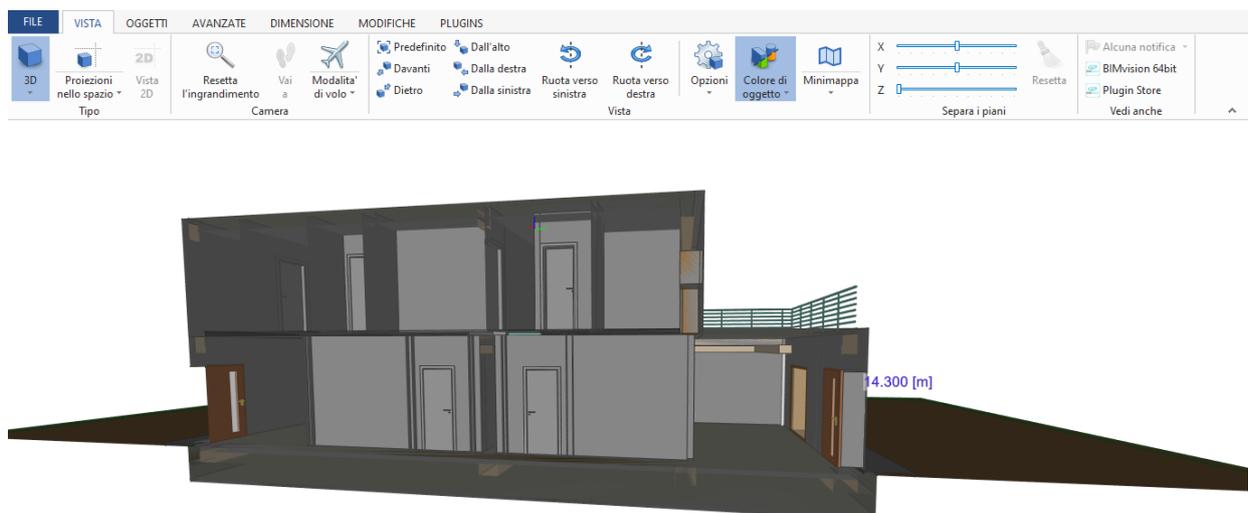


Figura 95 - Sezione tridimensionale modello architettonico e strutturale in BIMvision

Infine si sceglie di visualizzare anche l'unione tra il modello architettonico ed il modello impiantistico (Figura 96).

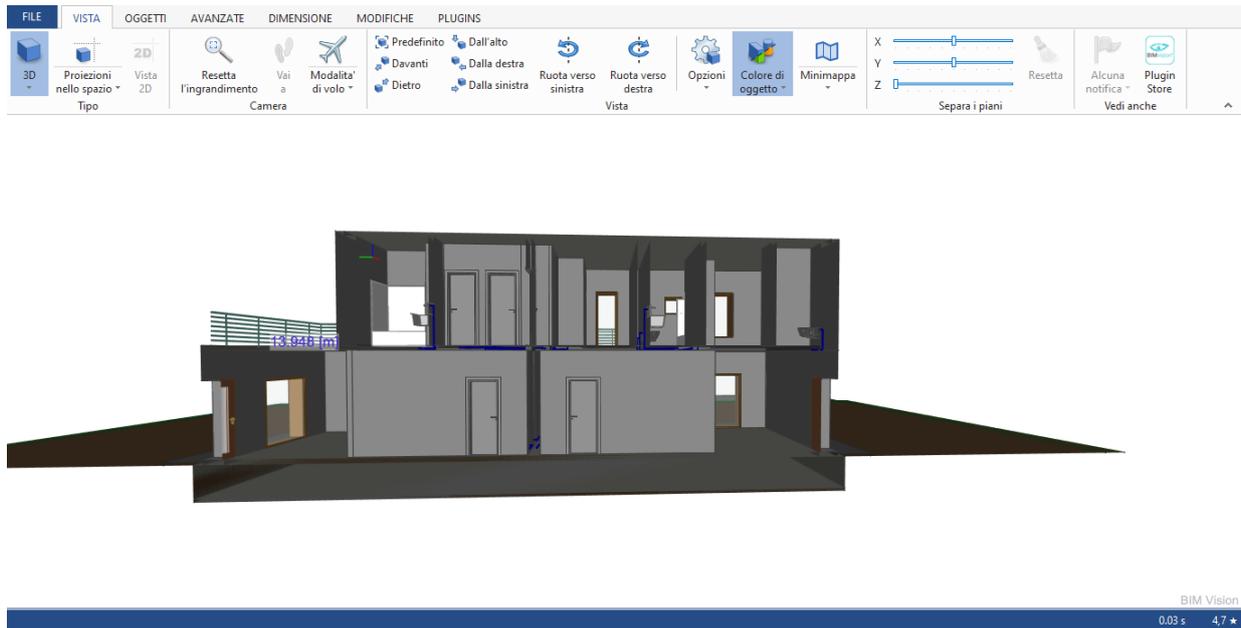


Figura 96 - Sezione tridimensionale modello architettonico e impiantistico in BIMvision

I modelli IFC esportati contengono la geometria dell'edificio e i dati, quindi le informazioni associate ai suoi elementi. Esportare i dati BIM originali in un file IFC è il modo per trasferire i dati da un'applicazione all'altra. Infatti dalle immagini sottostanti si può ben vedere come il modello che viene visualizzato su BIMvision, non sia semplicemente una rappresentazione geometrica del modello Revit realizzato. Selezionando il muro infatti, si visualizza la struttura IFC. E' possibile conoscere sia gli elementi che il muro ospita, ovvero gli infissi, sia la sua stratigrafia in cui vengono indicati tutti i materiali che lo compongono. Vengono visualizzati in Figura 97.

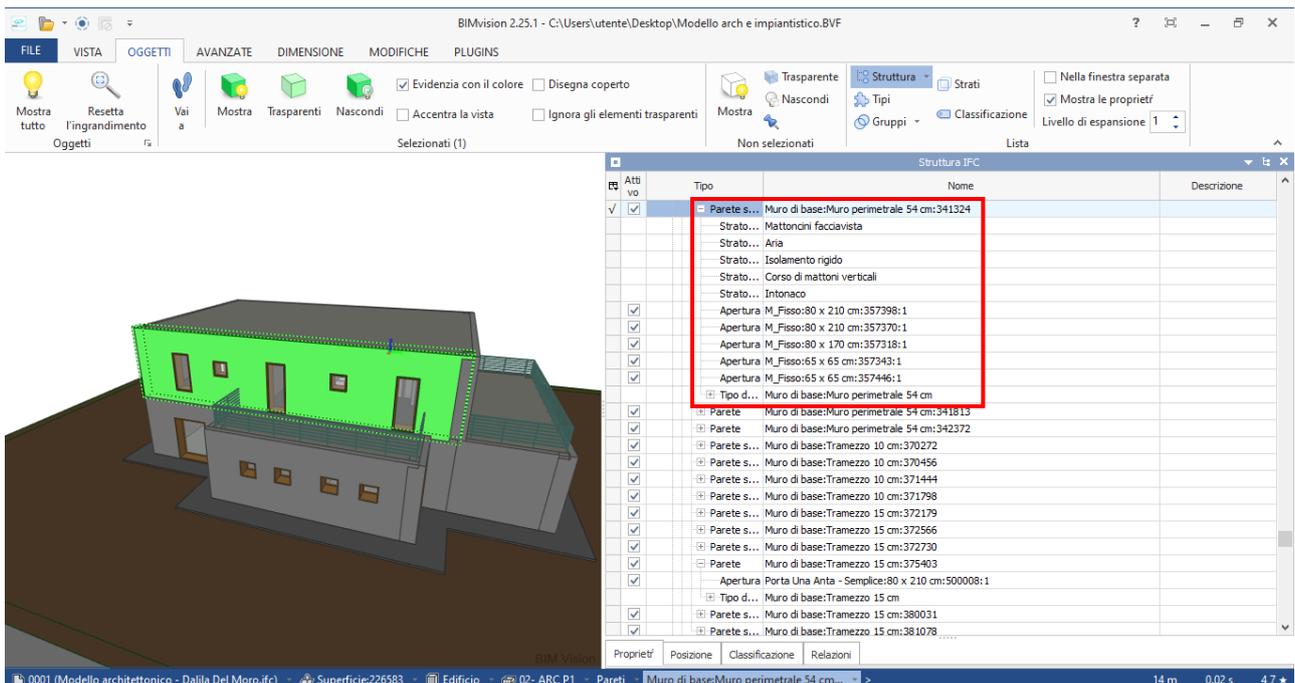


Figura 97 - Struttura dati IFC visualizzata in BIMvision

3.8 Sviluppo diagramma E-R per l'individuazione delle interferenze

Il modello Entità-Relazione (E-R) è un modello concettuale di dati che fornisce una visione semplificata di come le "entità", che possono essere oggetti o concetti, entrano in relazione tra loro all'interno di un sistema. Questo modello descrive la struttura o forma dei dati, ma non descrive i dati veri e propri, ovvero le istanze. Inoltre non fa alcun riferimento a come i dati verranno logicamente e fisicamente rappresentati. Si può dire che ritrae l'architettura del sistema.

Il modello ER è stato ideato per essere facilmente comprensibile anche per utenti non tecnici. Grazie alla forma semplice e chiara con cui si esprime, ha avuto una grande diffusione.

Modellare i dati significa realizzare una rappresentazione schematica della realtà che si osserva, individuando gli elementi caratterizzanti ed i legami tra gli stessi.

Gli elementi costitutivi del diagramma E-R sono:

- entità: sono oggetti, che possono essere sia concreti che astratti, che hanno un significato anche quando vengono considerati in modo isolato e sono di interesse per la realtà che si vuole modellare;
- attributi: sono le proprietà dell'entità, la caratterizzano;
- relazioni: sono associazioni tra due o più entità.

I modelli E-R sono spesso utilizzati per progettare database relazionali nei settori dell'ingegneria del software e nei sistemi informativi aziendali. Possono essere utilizzati anche per descrivere un sistema informativo o una applicazione già esistente, schematizzandoli.

Nella presente tesi si sceglie di sviluppare un diagramma E-R che rappresenti come un qualunque software riesca ad effettuare la clash detection tra i vari modelli di un edificio (modello architettonico, strutturale ed impiantistico), sviluppati da figure diverse ed esportati in formato IFC.

Le entità che entrano in gioco nel diagramma sono di due tipi, entità forti ed entità deboli.

Le entità forti, sono definite come entità che non hanno bisogno di altre entità per essere identificate. Le entità forti del diagramma in esame sono quindi *Modello architettonico*, *Modello strutturale* e *Modello impiantistico* che rappresentano proprio i modelli delle discipline di cui si vogliono verificare le interferenze. Le entità forti hanno una loro chiave primaria, che è un attributo o una combinazione di attributi che identifica in modo univoco un'unica istanza di un'entità. La chiave primaria delle entità forti del diagramma sotto riportato, è l'attributo Codice ID, che come si è visto nei capitoli precedenti, incarna proprio la definizione di chiave primaria in quanto è un codice che rende univoca ogni istanza del modello.

Le entità deboli sono definite come entità che, per essere identificate, necessitano degli attributi delle entità forti. Queste entità nel nostro diagramma vengono denominate *Clash*, *IFC site architettonico*, *IFC site strutturale* e *IFC site impiantistico*.

Le tre entità *IFC site*, rappresentano il sistema di riferimento in coordinate assolute di ogni entità *Modello*. Sono entità deboli perché, per restituire le coordinate assolute e quindi avere un "significato", devono conoscere le coordinate relative. Per poter apprendere le coordinate relative, queste entità devono far riferimento all'entità forte. Si utilizza quindi una chiave esterna, che è quell'attributo che serve a connettere due entità. La chiave esterna, cioè il campo che queste due entità condividono, è l'attributo "File name" che identifica il modello.

L'entità debole *Clash*, è l'entità che restituisce le interferenze tra i vari modelli. E' un'entità debole perché anch'essa per essere identificata necessita degli attributi delle entità forti *Modello*. E' chiaro che una interferenza tra oggetti, senza gli oggetti stessi non può essere individuata. *Clash* avrà quindi tre chiavi

esterne (Codice ID architettonico, Codice ID strutturale e Codice ID impiantistico), così che tutte le entità forti possano essere messe in relazione.

Per far sì che l'entità *Clash* restituisca i codici ID dei due elementi che collidono, essa stessa unisce i vari attributi delle entità forti di interesse. Si ottiene una macro entità contenente i parametri istanze di modelli diversi.

Gli attributi delle entità *Modello* sono tutti quei parametri, quindi dati dei modelli, che sono necessari affinché si possa individuare una interferenza.

Gli attributi delle entità *IFC site* sono la latitudine, longitudine, altitudine e l'indirizzo del sistema di riferimento assoluto.

Per comprendere il significato del diagramma è necessario spiegare le relazioni, ovvero il legame logico tra le entità, nonché la cardinalità delle stesse.

Per ogni entità coinvolta in una relazione, se ne specifica la cardinalità. Quest'ultima è data da una coppia di numeri naturali che specifica il numero minimo e massimo di istanze di relazione a cui una istanza dell'entità può partecipare.

La cardinalità tra la relazione *IFC site* e *Modello* è 1 :: 1-n, ovvero 1 a 1 a molti. Le coordinate relative del *Modello* si riferiscono ad un unico sistema di riferimento assoluto. Il sistema di riferimento assoluto si riferisce ad almeno una o più coordinate relative del *Modello*.

La cardinalità tra la relazione *Modello* e *Clash* è 0-n :: 0-n, ovvero 0 a molti in entrambe le direzioni. Ad una componente del modello potrebbe non corrispondere alcuna interferenza, ma si potrebbe anche trovare più di una interferenza che interessa un solo elemento. Viceversa, ad una clash potrebbe non corrispondere alcun elemento del modello, oppure potrebbero corrisponderne più di uno (ennesimi elementi).

E' possibile visualizzare il diagramma E-R in *Figura 98*. Per eliminare ogni ambiguità e garantire che il diagramma completo sia leggibile da tutti gli utenti, viene inserita una legenda.

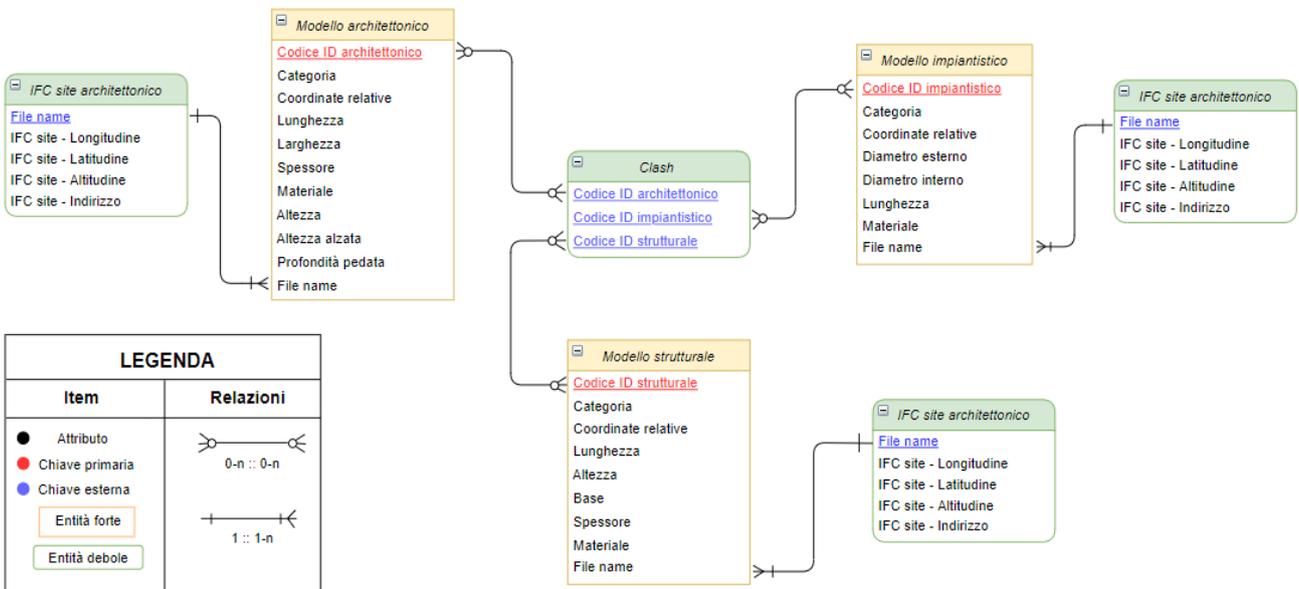


Figura 98 - Diagramma E-R clash detection

Per comprendere il diagramma, è utile fare un esempio. Si vogliono trovare le interferenze tra la *categoria* "Muri" dell'entità *Modello architettonico* e la *categoria* "Tubazioni" dell'entità *Modello impiantistico*. Tramite la chiave esterna, ovvero l'attributo Codice ID, verranno messi in relazione tutti gli attributi riguardanti la *categoria* "Muri" e tutti quelli della *categoria* "Tubazioni".

Gli attributi che rappresentano tutte le istanze della *categoria* "Muri" sono: coordinate altezza, larghezza, lunghezza, materiali, spessore.

Gli attributi che rappresentano tutte le istanze della *categoria* "Tubazioni" sono: coordinate, diametro esterno, diametro interno, lunghezza, materiale.

Per entrambe le *categorie*, è necessario considerare gli attributi che definiscono le dimensioni delle istanze e la posizione delle istanze. Un attributo che è di interesse per entrambe, ma che ha più significato per la *categoria* "Muri" è il materiale. Nella stratigrafia di un muro, solitamente in quelli perimetrali, spesso si trova una camera d'aria. Se una tubazione fosse disposta all'interno di un muro, in modo da essere racchiusa interamente nello strato contenente aria, il software conoscendo l'attributo "materiale", non rileverebbe alcuna interferenza tra i due oggetti.

L'insieme dei possibili valori assunti da un attributo è detto dominio dell'attributo. I valori appartenenti al dominio sono omogenei tra loro, cioè sono dello stesso tipo e sono coerenti con l'attributo che rappresentano. Tramite il confronto del valore degli attributi, il software riesce a riconoscere gli oggetti che si sovrappongono fisicamente e che quindi creano interferenza. Queste istanze verranno poi restituite dall'entità *Clash* attraverso la coppia di chiavi esterne, le quali identificano i due elementi che collidono.

E' necessario considerare che ogni modello viene redatto da una figura professionale diversa e che quindi ogni modello avrà delle coordinate relative proprie. Perché l'interferenza venga riscontrata correttamente, non si può prescindere dall'utilizzo di coordinate assolute comuni. L'entità *IFC site* restituisce infatti, le coordinate assolute del punto di ogni progetto, calcolate rispetto ad un sistema di riferimento comune. Operando in questo modo, l'entità *Clash* valuta le interferenze tra modelli utilizzando le nuove coordinate fornite dall'entità *IFC site*. Le interferenze tra gli elementi vengono quindi calcolate correttamente.

Tramite la realizzazione del diagramma E-R è stato possibile ragionare sulla struttura dei dati dei sistemi informativi che lavorano in ambito BIM. Capire come i programmi interagiscono tra loro e quindi come viaggia il flusso informativo, è fondamentale per avere una visione completa di questa nuova metodologia che si dimostra in grado di gestire tutte le informazioni di un'opera edile.

4. Conclusioni

Attraverso l'analisi della realizzazione del modello multidisciplinare dell'edificio bifamiliare caso di studio, si rende chiaro il miglioramento che la metodologia Building Information Modeling (BIM) ha apportato nel settore delle costruzioni.

La normativa, in particolare la UNI11337, negli ultimi anni ha indubbiamente fatto degli enormi passi avanti con l'intento di promuovere il BIM e rendere più trasparente la complicata gestione delle informazioni. Normando e rendendo più chiaro il modo di procedere, l'adozione del BIM ha cominciato a crescere e non ha intenzione di fermarsi.

E' incredibile come il BIM abbia totalmente rivoluzionato la progettazione nel campo dell'edilizia. La differenza tra gli ormai obsoleti sistemi CAD e il BIM, non è semplicemente nella modellazione 3D, ma in un nuovo modo di intendere la progettazione. E' una tecnologia che consente di integrare in un modello le informazioni utili in ogni fase della stessa.

Si fonda sulla perfetta collaborazione di tutti gli attori del progetto. Aspetto fondamentale della metodologia Building Information Modeling è infatti lo scambio delle informazioni tra questi. L'utilizzo di un formato di dati aperto, quale il formato IFC, è l'unico modo per far sì che le informazioni siano accessibili a tutti i partecipanti al progetto. Infatti se questo non fosse possibile, tutto il flusso informativo sarebbe bloccato. Questo dimostra ancora una volta come l'interoperabilità sia un aspetto centrale ed importantissimo nel settore.

La cooperazione viene inoltre facilitata attraverso l'analisi delle interferenze di progetto che porta all'ottimizzazione dei tempi, dei risultati e di conseguenza dei costi. La realizzazione del modello multidisciplinare dell'edificio caso di studio non sarebbe stata possibile, senza la cooperazione.

L'approccio alla metodologia BIM comporta chiari vantaggi, come si è ampiamente dimostrato durante la stesura di tutta la tesi, ma anche alcuni svantaggi. Una grande parte delle figure professionali del settore delle costruzioni, soprattutto chi, per tutta la carriera ha utilizzato i metodi di progettazione tradizionali, non riesce ad approcciarsi a questo nuovo mondo. Si crea quindi una disomogeneità sostanziale, che vede dei soggetti estremamente avanzati nell'uso della metodologia BIM accanto ad altri completamente estranei. Inoltre la grande quantità di programmi BIM differenti che il mercato propone, è sì un punto a favore per l'ampia scelta, ma anche un grave svantaggio poiché genera dispersione e confusione nel settore. In un ambiente così dinamico che prende forma con l'avanzare delle tecnologie offerte dal mercato, rimane problematico divincolarsi.

Il lavoro da fare al riguardo è ancora tanto, ma il progresso nel campo delle costruzioni sembra non fermarsi e continuare nella giusta direzione. Ci si prospetta un futuro interessante ma soprattutto più efficiente.

5. Ringraziamenti

*Vorrei ringraziare il Prof. Alessandro Carbonari, mio relatore,
oltre che per l'assistenza fornitami durante tutto il percorso di stesura dell'elaborato,
per la disponibilità e gentilezza dimostrate.*

*Un immenso grazie ai miei genitori,
per avermi lasciato libera di fare le mie scelte, fin da quando ero piccola.
Grazie per essere sempre stati orgogliosi di me.*

*Un ringraziamento speciale va ai miei nonni,
per avermi incoraggiato in ogni momento e per avermi insegnato il valore dell'istruzione.*

*Ai miei amici,
per avermi sempre ricordato che nessun ostacolo è insormontabile,
per avermi aiutato in ogni momento,
per tutti i nostri momenti di spensieratezza.
Grazie di cuore.*

*Infine voglio ringraziare me stessa,
per non aver mai smesso di credere di potercela fare.*

6. Indice delle figure

Figura 1 - Flusso informativo	8
Figura 2 - Gerarchia di informazione Revit	14
Figura 3 - Vista tridimensionale terreno esistente (3D)	16
Figura 4 - Vista tridimensionale terreno livellato (3D)	17
Figura 5 - Abaco volumetria cantiere	17
Figura 6 - Vista tridimensionale platea provvisoria (3D)	17
Figura 7 - Proprietà del tipo: Solaio PT/P1	18
Figura 8 - Proprietà del tipo: Solaio terrazzo	18
Figura 9 - Proprietà del tipo: Solaio copertura	19
Figura 10 - Proprietà del tipo: Marciapiede	19
Figura 11 - Abaco pavimenti	20
Figura 12 - Proprietà del tipo: Muro perimetrale 54 cm	20
Figura 13- Proprietà del tipo: Muro di divisione 35 cm	21
Figura 14 - Proprietà del tipo: Tramezzo 15 cm	21
Figura 15 - Proprietà del tipo: Tramezzo 10 cm	22
Figura 16 - Abaco muri	22
Figura 17 - Vista tridimensionale pavimenti e muri (3D): Modello architettonico	23
Figura 18 - Proprietà del tipo: Finestra 160x210 cm	23
Figura 19 - Proprietà del tipo: Finestra 80x170 cm	24
Figura 20 - Proprietà del tipo: Finestra 80 x 210 cm	24
Figura 21 - Proprietà del tipo: Finestra 65 x 65 cm	25
Figura 22 - Proprietà del tipo: Finestra 80 x 80 cm	25
Figura 23 - Proprietà del tipo: Porta esterna 90 x 210 cm	26
Figura 24 - Proprietà del tipo: Porta interna 80x 210 cm	26
Figura 25 - Abaco finestre	27
Figura 26 - Abaco porte	27
Figura 27 - Proprietà del tipo: Scale	28
Figura 28 - Abaco scale	28
Figura 29 - Vista tridimensionale (3D): Modello architettonico	29
Figura 30 - Vista pianta 01-ARC PT: Pianta pavimento piano terra modello architettonico	29
Figura 31 - Vista pianta 02- ARC P1: Pianta pavimento piano primo modello architettonico	30
Figura 32 - Vista Est: Prospetto est modello architettonico	30
Figura 33 - Vista Nord: Prospetto nord modello architettonico	31
Figura 34 - Vista Sez. A-A: Modello architettonico	31
Figura 35 - Vista Sez B-B: Modello architettonico	32
Figura 36 - Vista Sez C-C: Modello architettonico	32
Figura 37 - Vista Nord: Prospetto nord modello architettonico collegato in mezzi toni	33
Figura 38 - Proprietà del tipo: Platea	34
Figura 39 - Abaco platea di fondazione	34
Figura 40 - Proprietà del tipo: Trave di fondazione	35
Figura 41 - Abaco travi di fondazione	35
Figura 42 - Proprietà del tipo: Trave 300x 450 cm	36
Figura 43 - Proprietà del tipo: Trave 400 x 450 cm	36
Figura 44 - Abaco travi in elevazione	37
Figura 45 - Proprietà del tipo: Pilastro 300 x 400 mm	37
Figura 46 - Proprietà del tipo: Pilastro quadrato 300 x 300 mm	38
Figura 47 - Abaco pilastri	38

Figura 48 - Proprietà del tipo: Pavimento, Solaio di Base	39
Figura 49 - Proprietà del tipo: Pavimento, Solaio P1/PT	39
Figura 50 - Abaco solai strutturali	40
Figura 51 - Vista tridimensionale (3D): Modello strutturale	40
Figura 52 - Vista 00-STR FONDAZIONE: Pianta delle fondazioni modello strutturale	41
Figura 53 - Vista 01-STR P1: Pianta strutturale piano terra modello strutturale	41
Figura 54 - Vista 02-STR P1: Pianta strutturale piano primo modello strutturale	42
Figura 55 - Sezione A-A: Modello strutturale	42
Figura 56 - Vista Sezione B-B: Modello strutturale	43
Figura 57 - Vista Nord- Idraulica: Prospetto nord modello architettonico e strutturale collegati in mezzi toni	44
Figura 58 - Abaco degli apparecchi idraulici	45
Figura 59 - Proprietà: Tubazione	45
Figura 60 - Abaco delle tubazioni	46
Figura 61 - Particolare accessori impianto idraulico	47
Figura 62 - Particolare collettore impianto idraulico	47
Figura 63 - Abaco degli accessori per tubazioni	48
Figura 64 - Vista tridimensionale (3D): Modello impiantistico.....	48
Figura 65 - Vista 1- Idraulica: Pianta piano terra	49
Figura 66 - Vista 2-Idraulica: Pianta piano primo	49
Figura 67 - Vista Sezione A-A impianto	50
Figura 68 - Vista Sezione B-B impianto.....	50
Figura 69- Eseguire controllo interferenze in Revit.....	52
Figura 70- Pannello “Controllo interferenze” in Revit categorie modello architettonico e strutturale	53
Figura 71 – Pannello “Rapporto di interferenza” in Revit	53
Figura 72 - Rapporto di interferenza tra modello strutturale e architettonico in Revit.....	54
Figura 73 - Pannello “Controllo interferenze” in Revit categorie modello architettonico e impiantistico	55
Figura 74 - Rapporto di interferenza tra modello impiantistico e architettonico in Revit.....	55
Figura 75 - Pannello “Controllo interferenze” in Revit categorie modello strutturale e impiantistico.....	56
Figura 76 - Rapporto interferenza tra modello impiantistico e strutturale in Revit	56
Figura 77 - Visualizzazione modello multidisciplinare in Navisworks	57
Figura 78 - Impostazione pannello “Clash detective” in Navisworks per interferenze tra modello architettonico e strutturale	58
Figura 79 - Visualizzazione “Interferenza 1” tra modello architettonico e strutturale in Navisworks.....	59
Figura 80 - Pannello “Elementi” in Navisworks	60
Figura 81 - Assegnare una responsabilità per le interferenze in Navisworks	60
Figura 82 - Pannello “Assegna interferenza” in Navisworks	61
Figura 83 - Pannello “Impostazione di output” in Navisworks.....	61
Figura 84 - Rapporto interferenze tra modello architettonico e strutturale in Navisworks	62
Figura 85 - Impostazione pannello “Clash detective” in Navisworks per interferenze tra modello architettonico e impiantistico	63
Figura 86 - Visualizzazione “Interferenza 1” tra modello architettonico e impiantistico in Navisworks	63
Figura 87 - Rapporto interferenze tra modello architettonico e impiantistico in Navisworks	64
Figura 88 - Impostazione pannello “Clash detective” in Navisworks per interferenze tra modello strutturale e impiantistico	64
Figura 89 - Visualizzazione “Interferenza 1” tra modello strutturale e impiantistico in Navisworks.....	65
Figura 90 - Rapporto interferenze tra modello strutturale e impiantistico in Navisworks.....	65
Figura 91 - Esportare un file in IFC da Revit.....	67

Figura 92 - Pannello “Esporta IFC” in Revit.....	68
Figura 93 - Pannello “Modifica configurazione” in Revit.....	68
Figura 94 - Modello architettonico in BIMvision	69
Figura 95 - Sezione tridimensionale modello architettonico e strutturale in BIMvision	69
Figura 96 - Sezione tridimensionale modello architettonico e impiantistico in BIMvision.....	70
Figura 97 - Struttura dati IFC visualizzata in BIMvision	70
Figura 98 - Diagramma E-R clash detection.....	72

7. Bibliografia/Sitografia

Bibliografia

Simone Pozzoli, Marco Bonazza, Werner Stefano Villa, Revit 2017 per l'architettura

Alberto Giretti, Lezione 2.5 - The Design Workflow, Ancona, (2019)

Alberto Giretti, Lezione 2.4 - BIM - The Information Model, (2019)

Antonio Sansonna, BIM e REVIT per la progettazione esecutiva

Sitografia

- UNI 11337: Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni
 - Parte 5: Flussi informativi nei processi digitalizzati
<http://store.uni.com/catalogo/uni-11337-5-2017/>
 - Parte 6: Linea guida per la redazione del capitolato informativo
<http://store.uni.com/catalogo/uni-tr-11337-6-2017>
 - Parte 7: Requisiti di conoscenza, abilità e competenza delle figure coinvolte nella gestione e nella gestione informativa
<http://store.uni.com/catalogo/uni-11337-7-2018/>
- Guida all'uso delle famiglie di Revit Architecture 2010
<https://www.corsorevit.com/wp-content/uploads/2014/03/Le-Famiglie.pdf>
- Interference Checking - Revit Products 2020 - Autodesk
<https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2020/ENU/Revit-Collaborate/files/GUID-890A9FE0-EFF4-4CFB-9E81-B0DE1A132BEC-htm.html>
- Come creare un rapporto di interferenza - Prodotti Navisworks
<https://knowledge.autodesk.com/it/support/navisworks-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2017/ITA/Navisworks-Manage/files/GUID-3D392AAA-EB37-452A-B621-72D6E129C9D0-htm.html>
- Diagramma Entità-Relazione
<https://users.dimi.uniud.it/~massimo.franceschet/teatro-sql/diagrammaER.html>
- IFC, cos'è: caratteristiche, vantaggi ed importanza della certificazione IFC
<https://biblus.acca.it/focus/ifc-cose-e-quali-sono-i-vantaggi/>
- Tutorials - BIMvision
<https://bimvision.eu/tutorials/>

Programmi utilizzati

Autodesk Revit 2021

Autodesk Navisworks Manage 2022

BIMvision