



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea triennale in Ingegneria Edile

Tesi di Laurea sperimentale

“Sistemi di progettazione concorrente in ambiente BIM”

“Concurrent modeling systems in the BIM environment”

Relatore:
Alberto Giretti

Candidato:
Alessandro Fini

Anno Accademico 2018-2019

ABSTRACT	6
1. INTRODUZIONE	7
2. BUILDING INFORMATION MODELLING	9
2.1. ASPETTI CHIAVE DELLA METOLOGIA BIM	9
2.1.1. <i>La nascita del BIM</i>	9
2.1.2. <i>Cos'è il BIM</i>	10
2.1.3. <i>Stato di sviluppo nel mondo e situazione italiana</i>	16
2.1. LA NORMATIVA SUL BIM	19
2.1.1. <i>Focus 1: L'Europa con la direttiva 2014/24</i>	19
2.1.1.1. La realtà danese	21
2.1.1.2. L'esperienza norvegese	21
2.1.1.3. Il caso svedese	22
2.1.1.4. Italia: UNI 11337:2017	23
2.1.2. <i>Focus 2: l'esperienza del nord America</i>	34
2.1.2.1. La storia statunitense	34
2.1.2.2. La realtà canadese	35
2.2. IL SUPPORTO AI PROCESSI COLLABORATIVI	35
2.2.1. <i>Interoperabilità</i>	35
2.2.1.1. IFC per l'interoperabilità	36
2.2.1.2. BuildingSMART	37
2.2.1.3. BuildingSMART Standards	38
2.2.1.4. Linguaggio di scrittura IFC	39
2.2.1.5. Misurazione del livello di maturità	43
2.2.1.6. IFC 2x3, IFC 4	43
2.2.1.7. Model View Definition	44
2.2.1.8. BCF	45
2.2.2. <i>OpenBIM</i>	46
2.2.3. <i>Metodologie di scambio dati</i>	48
2.3. IL MODELLO PENN STATE	50
2.3.1. <i>BIM Goals e BIM Uses</i>	50
2.3.1.1. Definizione dei BIM Goals	52
2.3.1.2. Descrizione dei BIM Uses	53
2.3.1.3. BIM Use: procedura di selezione	54
2.3.2. <i>Progettazione del processo di esecuzione del BIM</i>	55

2.3.2.1.	Mappatura del processo di esecuzione del progetto.....	56
2.3.2.2.	Creazione di una mappa panoramica BIM	56
2.3.2.3.	Creazione di una mappa dettagliata dei BIM Use	58
2.3.3.	<i>Sviluppare scambi di informazioni.....</i>	61
2.3.4.	<i>Definire l'infrastruttura di supporto per l'implementazione BIM.....</i>	61
3.	LA PROGETTAZIONE COLLABORATIVA.....	62
3.1.	INTRODUZIONE	62
3.2.	LA PROGETTAZIONE COLLABORATIVA IN LETTERATURA	63
3.3.	I PROBLEMI DELLA PROGETTAZIONE COLLABORATIVA.....	84
4.	ANALISI DELLE SOLUZIONI TECNOLOGICHE.....	88
4.1.	DIGITALIZZAZIONE FABBRICATO RESIDENZIALE IN BUILDING INFORMATION MODELLING....	88
4.1.1.	<i>Piattaforme Utilizzate</i>	<i>88</i>
4.1.1.1.	Autodesk Revit	88
4.1.1.2.	Graphisoft ArchiCAD.....	90
4.1.2.	<i>Progettazione Strutturale.....</i>	<i>91</i>
4.1.3.	<i>Progettazione Impiantistica.....</i>	<i>93</i>
4.1.4.	<i>Attività di Model Checking</i>	<i>94</i>
4.1.4.1.	BIM Validation	95
4.1.4.2.	Clash Detection	96
4.1.4.3.	Code Checking.....	97
4.1.4.3.1.	Rule Interpretation.....	99
4.1.4.3.2.	Building Model Preparation	99
4.1.4.3.3.	Rule Execution	100
4.1.4.3.4.	Rule Reporting.....	100
4.1.5.	<i>Definizione dei modelli</i>	<i>101</i>
4.2.	PROPOSTE 'IN HOUSE' PER LA PROGETTAZIONE COLLABORATIVA.....	103
4.2.1.	<i>Workflow operativo definito da Autodesk.....</i>	<i>104</i>
4.2.1.1.	Strumenti offerti	105
4.2.1.1.1.	Workset.....	105
4.2.1.1.2.	Copia-Controlla.....	107
4.2.1.2.	Singola Disciplina	110
4.2.1.3.	Multi-disciplina	115

4.2.2.	<i>Workflow operativo definito da Graphisoft</i>	120
4.2.2.1.	Strumenti offerti	120
4.2.2.1.1.	Definizione di Teamwork.....	120
4.2.2.2.	Singola-Disciplina	123
4.2.2.3.	Multi-disciplina	131
4.3.	LA PROGETTAZIONE COLLABORATIVA ATTRAVERSO IL FORMATO IFC – TEST DI INTEROPERABILITÀ ORIZZONTALE.....	137
4.3.1.	<i>Round Trip Revit – IFC – Revit</i>	139
4.3.2.	<i>Round Trip ArchiCAD – IFC – ArchiCAD</i>	145
4.3.3.	<i>Round Trip Revit – IFC – ArchiCAD</i>	153
4.3.4.	<i>Round Trip ArchiCAD – IFC – Revit</i>	156
4.3.5.	<i>Analisi dei risultati</i>	166
5.	CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI	182
	BIBLIOGRAFIA	184

Abstract

In un mondo delle costruzioni in continua evoluzione, il BIM (Building Information Modelling) non viene più considerato come un'assoluta novità ma, allo stesso tempo, è lontano dall'essere una metodologia affermata e diffusa nel mercato italiano. Il progresso tecnologico induce sempre più professionisti a confrontarsi con un cambiamento metodologico difficile in un settore ancora troppo statico. Con l'intento di esaminare una piattaforma nata per colmare i problemi di interoperabilità, verranno analizzate le problematiche relative alla progettazione collaborativa e i limiti al supporto alla collaborazione. In questo contesto viene svolta un'indagine per approfondire come le piattaforme software ora in commercio permettono ai vari professionisti di approcciarsi e risolvere tale problema. Si è dato maggiore risalto alle debolezze presentate dal formato IFC nel momento in cui esso debba essere scambiato per poter operare in maniera multidisciplinare. Attraverso l'utilizzo di flow chart, viene posta particolare attenzione all'analisi del flusso delle operazioni da eseguire per ottenere nel modo più efficiente le informazioni cercate.

In the continuously evolving world of construction, BIM (Building Information Modelling) is no longer considered a novelty but, at the same time, it is far from being an affirmed and diffuse methodology in the Italian market. Technological progress pushes professionals increasingly more often to confront themselves with difficult changes in methodology in a fairly static sector. With the intention of examining a platform which was developed to fill the gap concerning the problems of interoperability, we will examine the complications relating to collaborative design and the limits of the sustainability of certain collaborations. In this context, an investigation has been carried out to delve into how the software platforms currently on the market at this time permit various professionals to deal with and resolve these problems. More attention has been given to the weaknesses presented by the IFC format at the time of exchanges while operating in a multidisciplinary manner. Through the use of flow charts, particular attention is given to the analysis of the flow of the operations which need to be completed, in order to obtain the information needed in the most efficient manner.

1. Introduzione

I processi di progettazione e di costruzione stanno gradualmente cambiando grazie alle evoluzioni tecnologiche. Negli ultimi anni sono nati numerosi software al fine di contrastare le difficoltà che si incontrano nel settore edilizio e migliorarne la produttività. Questi software si differenziano tra loro per le proprie funzioni in quanto si rivolgono a studi di progettazione, imprese di costruzioni, soggetti gestori e manutentori. Il processo di cambiamento è però ancora lento e ad oggi lascia spazio ad una progettazione standard e esecuzioni di cantiere basate ancora troppo sull'esperienza. In aggiunta le opportunità di realizzare un progetto sono sempre minori, con tempi sempre più brevi e con consegne sempre più vicine. Per questo motivo la progettazione standard deve far posto a un diverso modo di concepire il progetto attraverso software che riescano a far collaborare i progettisti in maniera condivisa.

I professionisti, infatti, oggi dispongono di strumentazioni e tecnologie nettamente migliori rispetto a quelle degli anni passati e si è in grado di elaborare un progetto riuscendo a restituire in maniera immediata le immagini di esso, i volumi e le proprie caratteristiche fisiche, cosa che prima avveniva solo con l'elaborazione di un modello di lavoro.

Sebbene è importante che il metodo di progettazione inizi a cambiare dai "creatori" dell'idea, tuttavia è indispensabile che vi sia anche un passaggio verso tutte le altre figure del processo edilizio, al fine di sfruttare al meglio tutti i vantaggi di una progettazione integrata. La vera sfida è riuscire a utilizzare questi prodotti al fine di avere risultati migliori in fase di realizzazione, dove i costi sono nettamente maggiori e la presenza di errori deve essere minima.

Il BIM infatti, fatica a trovare posto all'interno del settore delle costruzioni perché si pensa che il suo utilizzo sia di competenza solo dei progettisti, i quali sono ben abituati ad una progettazione CAD basata su linee e sull'invio di tavole stampate o esportate in formato PDF. Invece gli strumenti tecnologici come il BIM consentono di esportare il file di progetto in formati interoperabili e condividerlo con altri attori del processo edilizio, i quali possono collaborare all'interno di un tavolo condiviso e capire fin da subito gli errori. Questo cambiamento però deve partire dai progettisti, i quali sono i principali attori del processo e hanno l'obbligo di coordinare tutto il processo progettuale e molto spesso anche quello costruttivo. È loro compito infatti coordinare le fasi progettuali (preliminare, definitivo, esecutivo) con

un diverso grado di dettaglio e successivamente trasmettere gli elaborati di cantiere alle imprese costruttrici. Con la progettazione in ambiente BIM è possibile curare lo stesso progetto con livelli di dettaglio diversi e gestire le informazioni del progetto per il passaggio di esso su altre piattaforme relative alla costruzione e gestione.

La tesi si è occupata di definire come le informazioni contenute nel modello tridimensionale siano coerenti nei confronti della progettazione collaborativa. Si andranno ad analizzare i corretti workflow da seguire per garantire una collaborazione di successo sia a livello della singola disciplina sia a livello multidisciplinare. Fino ad arrivare a trattare il formato di scambio IFC e il suo relativo grado di utilizzo durante la collaborazione.

2. Building Information Modelling

2.1. Aspetti Chiave della Metodologia BIM

2.1.1. *La nascita del BIM*

Nel 1974 un professore di nome Charles Eastman ha pubblicato una ricerca intitolata *An Outline of the Building Description System (BDS)* presso la Carnegie Mellon University, in Pennsylvania. In questo lavoro Eastman ha proposto un software nel quale si potessero gestire gli elementi di libreria singolarmente ma che, se sommati insieme, dessero come risultato finale un edificio completo; tutto ciò per mezzo di un unico database atto a raccogliere le informazioni. La progettazione avveniva attraverso un'interfaccia grafica studiata per modellare in proiezione ortogonale ed in assonometria. Ogni componente conteneva una propria descrizione geometrica ed alcune informazioni sul tipo di materiale di cui era composta.

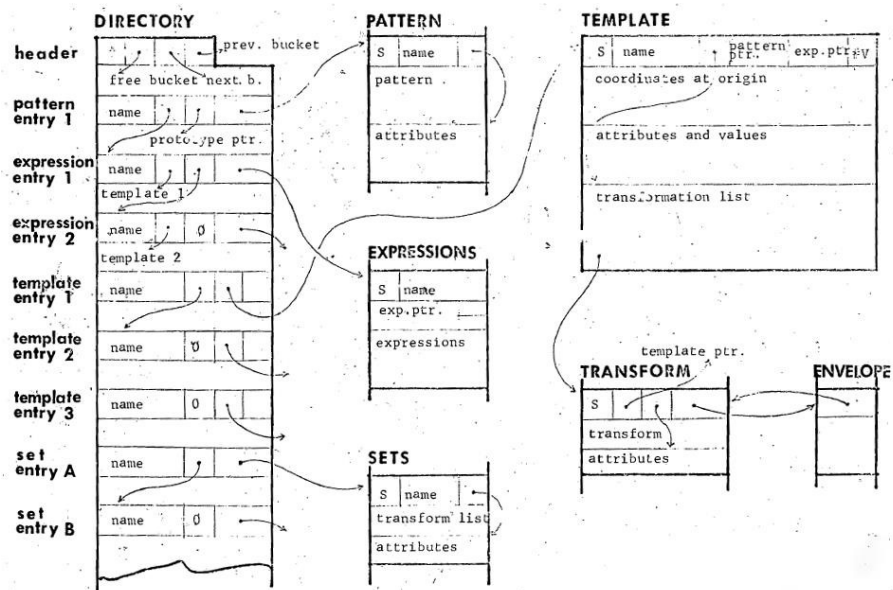


Figura 2.1 - Database del *Building Description System (BDS)* di C. Eastman – Fonte: *Carnegie Mellon Univ., Pittsburgh*

A questa prima e importante ricerca ha fatto seguito, solo un anno più tardi, un nuovo articolo intitolato *Building Information Modelling* in cui Charles Eastman chiarisce che il BIM è un'attività di gestione informativa degli edifici e non la mera modellazione di un oggetto. A dire dello stesso Eastman il BIM è sempre stato un processo gestionale orientato al coordinamento di attività convergenti nella realizzazione delle costruzioni (Eastman, 2008).

Messa a punto la tecnologia si è passati alla realizzazione dei software: il primo ad uscire sul mercato è stato *ArchiCAD*, prodotto della software house *Graphisoft*, nata nel 1985 grazie al fisico Gabor Bojar. Successivamente, nello stesso anno, è poi nato *Microstation* della casa *Bentley* e *Pro/ENGINEER* della *Parametric Technologies Corporation*. Solo nel 2000 i due programmatori Irwin Jungreis e Leonid Raiz hanno dato vita ad uno dei software BIM ad oggi maggiormente utilizzati: *Revit*. Il nome nasce dall'associazione dei termini *Revise* e *It* (letteralmente "rivedilo"), con l'idea di evidenziare la possibilità di apportare modifiche all'interno di un progetto.

Non esiste uno studio sul reale uso dei software BIM e CAD anche se nelle maggiori monografie trattanti questo argomento si prendono in considerazione le ricerche effettuate sul principale motore di ricerca del web con lo scopo di quantificarne l'utilizzo.

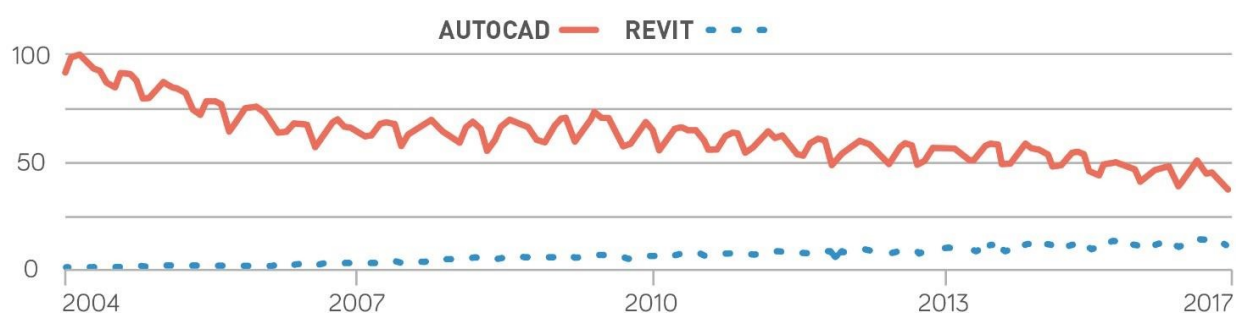


Figura 2.2 – Trend delle parole ricercate sul motore di ricerca di Google dal 2004 al 2017 – Fonte: Google Trend

Il grafico 2.2. mostra come la tecnologia BIM sia in forte crescita rispetto a quella CAD. Quest'ultima ha subito dal 2004 in poi un cambio di rotta mentre le ricerche basate sul BIM hanno avuto una tendenza opposta, crescendo anno dopo anno.

2.1.2. Cos'è il BIM

«Il *Building Information Modeling* è costituito dall'insieme dei processi applicati per realizzare, gestire, ricavare e comunicare informazioni tra soggetti a livelli differenti, utilizzando dei modelli creati da tutti i partecipanti al processo edilizio, in tempi diversi ed anche per scopi non uguali tra loro, per garantire qualità ed efficienza attraverso l'intero ciclo di vita di un manufatto (Osello 2012)». Spesso si utilizza l'acronimo BIM per *Building Information Model* o *Beyond Information Model*, soffermandosi esclusivamente sulle potenzialità del modello in quanto oggetto. Lo scopo di

questa tecnologia è invece quello di soffermarsi sulle attività che ruotano intorno al processo edilizio, e di come con il BIM ci si possa occupare non solo della fase di progettazione, ma anche della fase di esecuzione e di gestione.

Molto spesso la progettazione in ambiente BIM viene utilizzata per velocizzare la modellazione dei componenti geometrici tridimensionali. Questa operazione anche se vera (BIM è anche modellazione 3D) è limitante, perché non tiene conto dell'I del BIM, ovvero *Information* (Lo Turco 2015). Il modello realizzato con software BIM deve essere la rappresentazione tridimensionale di un edificio ma più di ogni altra cosa deve contenere le proprietà degli oggetti oltre alla loro rappresentazione grafica.

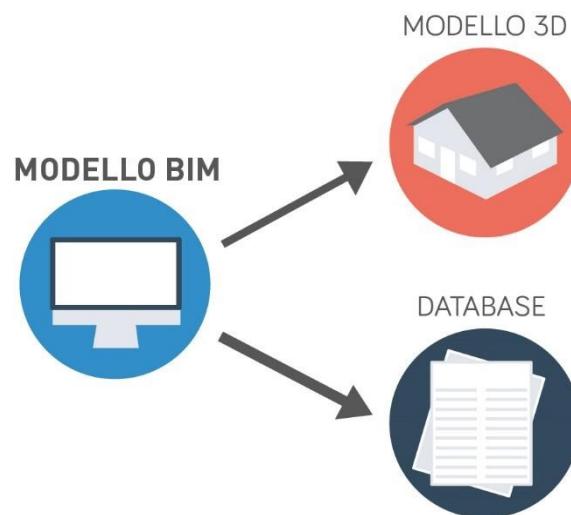


Figura 2.3 – Struttura di un Modello BIM

La modellazione di elementi geometrici ricchi di informazioni permette la creazione di un database comune, ovvero di un'unica piattaforma in cui i dati risultano sempre aggiornati. Questo database può essere arricchito e gestito da tutti gli attori del processo edilizio, i quali possono modellare le proprie geometrie e aggiungere le proprie informazioni. Il campo dell'edilizia presenta lavorazioni di tipo diverso ognuna delle quali prevede software con formati differenti. Questa pluralità di formati finisce col produrre forti ripercussioni sulla qualità del progetto. Il BIM invece incorpora i dati del prodotto all'interno di un modello tridimensionale che può essere utilizzato da tutti i membri del settore per una gestione efficace delle informazioni durante l'intero ciclo di vita del progetto.

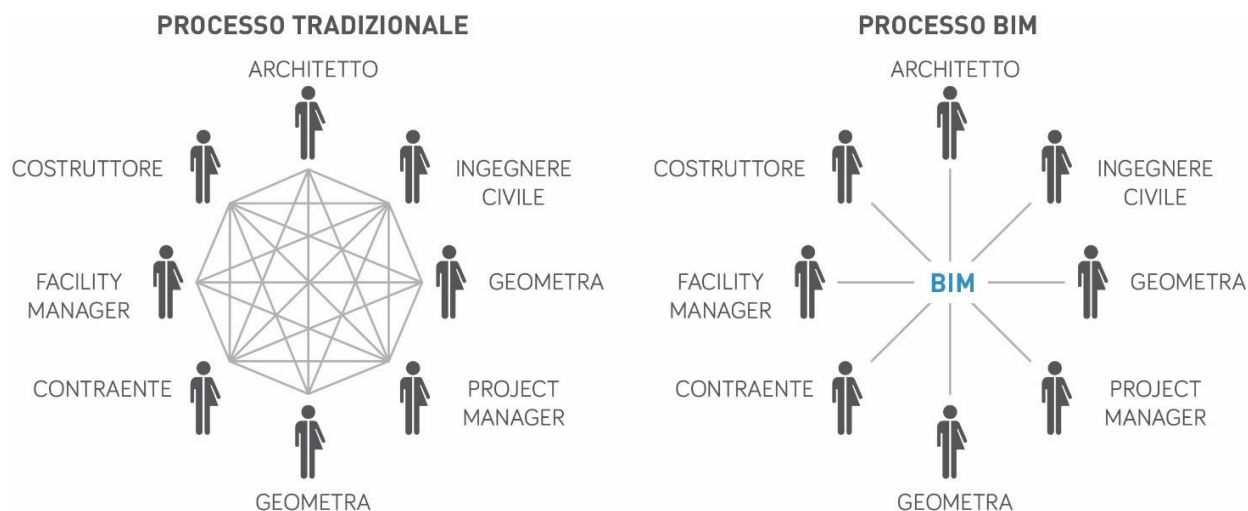


Figura 2.4 – Confronto dello scambio di dati nell’industria AEC con metodo di lavoro tradizionale e con metodo di lavoro integrato

Tutto ciò consente ai progettisti di poter prima avere a che fare con il modello tridimensionale, poi modellare il proprio progetto ed infine condividerlo al progettista successivo. In questo modo è possibile individuare varie sovrapposizioni e possibili interferenze in fase di progetto. Questa caratteristica propria del BIM viene chiamata “interoperabilità” ed è descritta in maniera più completa nel capitolo 2.2.1.

La creazione di un database comune e lo scambio di dati tra i diversi progettisti consentono quindi la gestione di un edificio lungo tutto il ciclo di vita. Questo permette di gestire un modello sia in fase di creazione sia nelle fasi di costruzione, manutenzione, gestione e ristrutturazione.



Figura 2.5 – Gestione di un progetto BIM durante tutto il ciclo di vita

Il BIM è quindi un'occasione per un'intera revisione del processo di investimento, di progettazione, di realizzazione e di gestione di un manufatto (Osello 2012)¹.

Il modello BIM può quindi essere usato per valutare i tempi e i costi di costruzione oltre che quelli di gestione e manutenzione.

Tali vantaggi sono rappresentati in un grafico elaborato da Patrick MacLeamy, architetto dello studio HOK e fondatore di Building Smart, organizzazione internazionale nata con lo scopo di migliorare lo scambio di informazioni nel BIM.

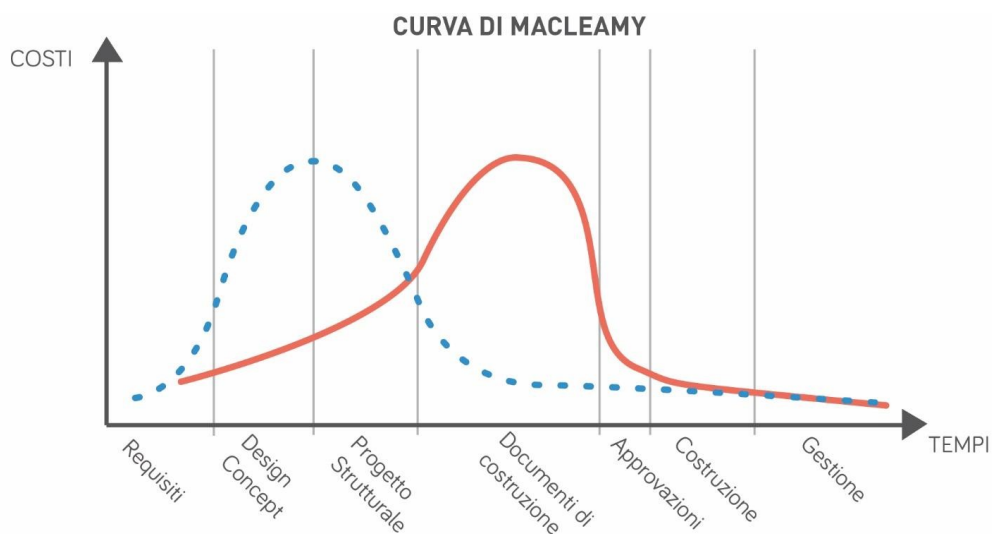


Figura 2.6 – Rielaborazione grafica della Curva di MacLeamy

Nella figura 3.8 sono rappresentati lungo l'asse delle ordinate i costi di un progetto e lungo l'asse delle ascisse le varie fasi del processo edilizio, ovvero i tempi. Ciò che fa il grafico è mettere in comparazione un processo di progettazione tradizionale (linea continua) con un processo di progettazione integrato (linea tratteggiata) come avviene nel caso del BIM. Entrambi i progetti, pensati con diversi processi, iniziano e finiscono nello stesso arco di tempo, quello che cambia è però l'incidenza dei costi sulle varie fasi del processo edilizio: il grafico mostra come i costi più elevati della progettazione in BIM siano maggiormente concentrati lungo la fase di progettazione, con costi molti ridotti nella fase di costruzione e approvazione; nella progettazione tradizionale invece si ha l'illusione di avere costi ridotti lungo la fase di progettazione, ma le possibili

¹ Osello A., *Il futuro del disegno con il BIM*, Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2012

complicazioni in fase di cantiere possono comportare dei contrattempi, causando un aumento dei costi.

L'obiettivo di questo grafico non è quello di convincere i progettisti a ridurre gli sforzi progettuali

bensì comunicare agli attori del processo edilizio che sforzi maggiori in fase di progettazione

comportano minori costi in fase di costruzione.

È doveroso fare una considerazione a riguardo della complessità del modello BIM: è vero che il BIM ha enormi potenzialità ma questo non implica che nel ciclo del progetto vadano usate tutte. Ad esempio, la sola modellazione di figure geometriche, senza la parametrizzazione di esse, può essere utile a restituire una visione volumetrica di un pezzo di quartiere. Questo però non farà parte di ciò che viene chiamato BIM in quanto mancano le informazioni necessarie per eventuali sviluppi.

La "maturità" di un modello e la sua complessità viene catalogata in "livelli". Questa classificazione è stata proposta in una ricerca del 2008 da Mark Bew e Mervyn Richards² con la denominazione di iBIM (che è appunto il nome dell'ultimo livello di maturità del BIM). I due presidenti della commissione sul BIM nel Regno Unito hanno definito quattro diversi livelli:

- Livello 0: CAD
- Livello 1: 2D/3D
- Livello 2: BIMs
- Livello 3: iBIM

Al crescere del livello di maturità, aumentano i vantaggi e le complessità di tutti gli elementi del processo.

² Bew M., Richards, BIM: A report for the Government Construction Client Group, 2011

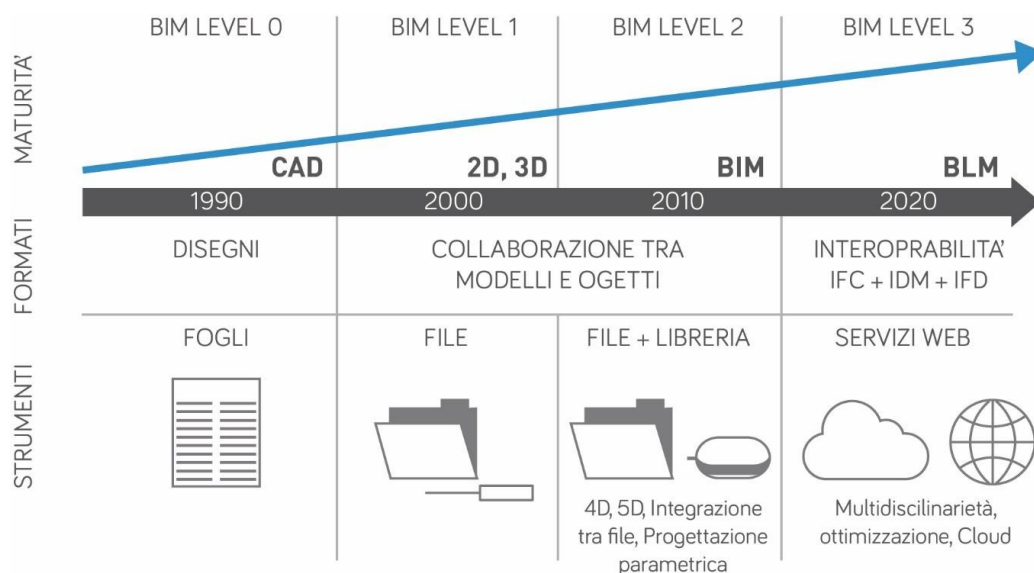


Figura 2.7 - Rielaborazione grafica dell'iBIM di Bew e Richards apparso nell' *UK Government Construction Client Group (GCCG)* nel 2011 e rielaborato da Neeley, Bernstein e Jezyk

Il livello 0 è la forma meno evoluta di progettazione. Questa è gestita tramite la produzione di elaborati 2D e lo scambio di informazioni avviene attraverso testi scritti. Si presenta come una sorta di tecnigrafo elettronico in cui i disegni sono tracciati mediante linee al computer e non tramite matita. Questo è probabilmente il livello raggiunto oggi dalla maggior parte degli studi di progettazione.

Il livello 1 invece comincia ad essere formalmente gestito con una modellazione dei solidi con CAD 3D ed una fase di documentazione in 2D. Vi è quindi un miglioramento della progettazione che non risulta tuttavia essere ancora "intelligente".

Il livello 2 è probabilmente il primo livello che riguarda effettivamente il BIM in quanto si tratta del livello in cui il team di progetto comincia realmente a collaborare. Le indicazioni per la progettazione sono condivise attraverso un formato di file comune che consente a qualsiasi organizzazione di essere in grado di combinare i propri dati con quelli degli altri. Il livello 2 è un ambiente 3D dove le informazioni non sono presenti ma vengono allegate al modello tridimensionale, ottenendo una separazione delle discipline che però risultano unite nel modello geometrico. I dati possono includere informazioni sul programma di costruzione (4D) e dei costi (5D).

L'ultimo livello rappresenta la piena integrazione tra tutte le discipline attraverso un unico modello di progetto che raccoglie tutte le informazioni

in un archivio centralizzato. Tutti gli attori possono modificare la propria parte di modello e progettare tenendo conto del progetto altrui.

I primi paesi a muoversi verso il livello iBIM sono stati quelli del Nord Europa: Regno Unito, Paesi Bassi, Danimarca, Finlandia e Norvegia hanno già disposto provvedimenti legislativi che richiedono l'utilizzo dell'approccio BIM includendo il Diagramma della maturità.

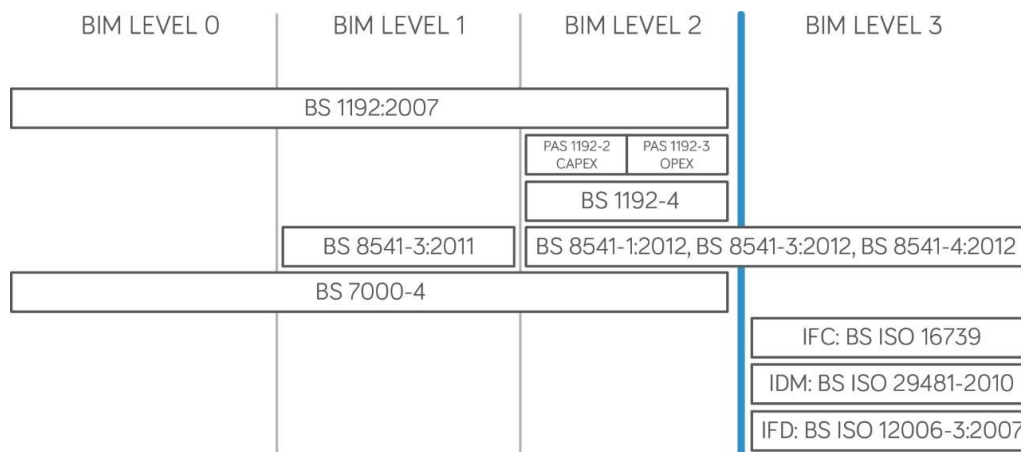


Figura 2.8 – Rielaborazione grafica dei livelli BIM dell'iBIM di Bew e Richards apparso nell' *UK Government Construction Client Group* (GCCG) nel 2011

2.1.3. Stato di sviluppo nel mondo e situazione italiana

Come si è accennato nel paragrafo precedente, la metodologia BIM nasce nel mondo anglosassone, nello specifico negli Stati Uniti. Già nel 2003 infatti l'organo del governo centrale statunitense a capo della gestione dei servizi il General Services Administration (GSA) emanava il National 3D-4D-BIM Program con cui rendeva obbligatorio l'utilizzo del BIM per i lavori pubblici. Con la Direttiva 2014/24/EU la comunità europea introduce ai membri appartenenti alcune linee per l'assimilazione della tecnologia per la realizzazione delle opere pubbliche in quanto mezzo per accrescere l'efficacia e la trasparenza delle procedure di appalto. Nello stesso testo, viene fissato un limite temporale di 30 mesi per il recepimento di tali direttive da parte degli Stati membri.

Nei paesi scandinavi come Finlandia, Norvegia e Svezia, storicamente aperti all'innovazione tecnologica, la metodologia è stata assimilata con estrema prontezza ed entusiasmo. Basti pensare che nel primo è stata fissata l'obbligatorietà dell'applicazione del BIM nel 2001 mentre nel secondo ne è sancito l'utilizzo per tutti i progetti promossi dall'ente che gestisce il patrimonio immobiliare dello stato. Nel terzo infine, nonostante non sia

stata definita una vera e propria legge per il suo impiego al di fuori della normativa europea del 2014, il processo di digitalizzazione ha preso piede in maniera “spontanea” a riprova della sua grande applicabilità.

Nel mondo anglosassone il BIM ha trovato un puntuale recepimento, in particolare in Gran Bretagna il suo impiego è diventato obbligatorio a partire dal 2016 mentre in Australia, Canada e Singapore è in crescente diffusione. Francia e Germania ugualmente, si stanno adoperando per l’attuazione della direttiva europea. In particolare, la prima ha messo a punto la disposizione “Mission Numérique Batiment” per promuovere l’evoluzione digitale nel settore delle costruzioni. Il Ministero federale tedesco dei Trasporti e delle infrastrutture ha indicato invece gli specialisti in costruzioni digitali e BIM di Hochtief Vicon come guida all’interno della road map che porterà la Germania all’obbligo dell’uso del BIM negli appalti pubblici. L’obiettivo di questo progetto è quello di implementare il BIM in infrastrutture di trasporto federale entro il 2020. L’uso del BIM sarà introdotto in tre fasi, a partire da una preparatoria che si svolgerà fino al 2017 e una fase pilo fino al 2020. La tabella di marcia ha lo scopo di rendere il processo di progettazione e costruzione più efficiente, trasparente e verificabile, in particolare su grandi progetti infrastrutturali pubblici.

In Spagna il Ministero delle Infrastrutture spagnolo ha lanciato una nuova strategia nazionale del BIM, che dovrebbe tradursi nel portarlo ad essere obbligatorio per progetti del settore pubblico attraverso un mandato graduale con punto di partenza nel 2018.



Figura 2.9: Sviluppo della metodologia BIM nel mondo.

Fonte: <https://www.cadenas.de/news/it/reader/items/bim-approvata-la-nuova-norma-uni-i-11337>.

L'Italia è in leggero ritardo rispetto agli altri stati membri dell'unione europea, tuttavia ha intrapreso il percorso di recepimento della direttiva europea 2014/24 con il Dgls.50 del 2016: anno che può essere considerato il vero punto di partenza per l'implementazione del BIM. Il decreto consta di 220 articoli e norma: "l'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture"³. In particolare, all'articolo 23 (comma 13) si fa riferimento all'impiego di "metodi e strumenti elettronici specifici" che utilizzano "piattaforme interoperabili a mezzo di formati aperti non proprietari".

Nello stesso comma è inoltre presente un decreto attuativo del MIT (DM 560/2017 dell'1/12/17 entrato in vigore il 12/01/2018) per la definizione delle modalità e i tempi di progressiva introduzione dell'obbligatorietà di metodi e strumenti elettronici specifici per la razionalizzazione delle attività di progettazione per l'edilizia e le infrastrutture. L'articolo 6 del DM 560/2017 definisce l'obbligatorietà del BIM impostandone la gradualità per gli appalti con base di gara:

- a) Pari o superiore a 100 milioni a partire dal 1° gennaio 2019;
- b) Pari o superiore a 50 milioni a partire dal 1° gennaio 2020;
- c) Pari o superiore a 15 milioni a partire dal 1° gennaio 2021;
- d) Pari o superiore a importi: vedasi art.35⁴ Dlgs 50/2016 a partire dal 1° gennaio 2022;
- e) Pari o superiore a 1 milione a partire dal 1° gennaio 2025.

³ Estratto del nuovo codice degli appalti pubblici, Dgls. 50/2016.

⁴ Importi classificati in funzione delle tipologie di lavorazione: appalti pubblici di lavori e concessioni, forniture di servizi, concorsi di progettazione risultano compresi tra un intervallo di euro 135.000 e 5.225.000.

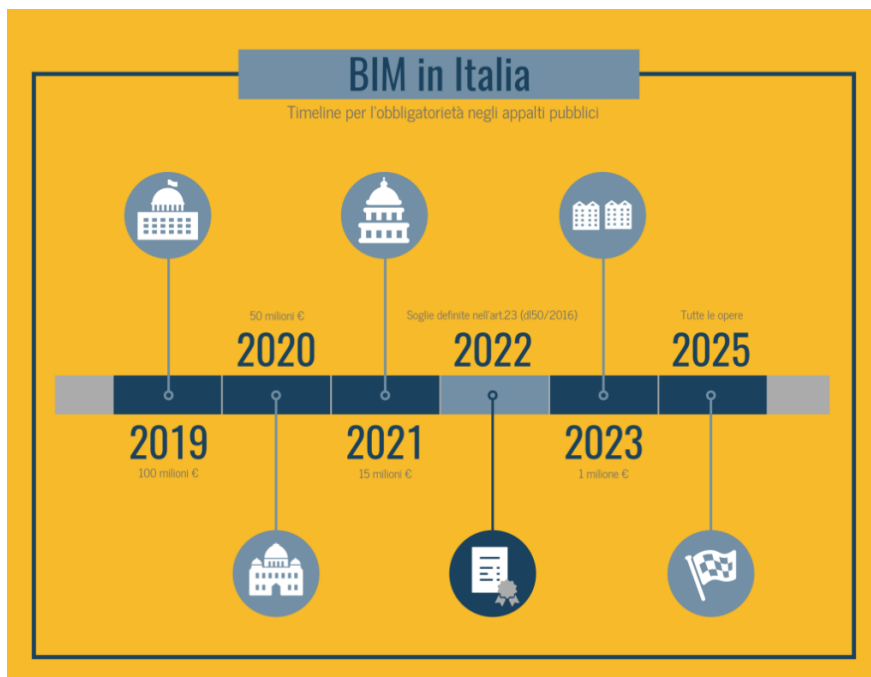


Figura 2.10: Timeline per l'obbligatorietà negli appalti pubblici.

Fonte: <http://www.shelidon.it/?p=5797>.

2.1. La normativa sul BIM

2.1.1. Focus 1: L'Europa con la direttiva 2014/24

Il 26 febbraio 2014, il Consiglio dell'Unione Europea ed il Parlamento Europeo hanno approvato la *European Union Public Procurement Directive* (EUPPD) con lo scopo di semplificare e rendere più flessibili le procedure di assegnazione degli appalti per le opere pubbliche. L'obiettivo concordato era quello di trasporre le direttive europee in leggi nazionali in tutti gli Stati membri entro l'aprile del 2016. Tali procedure di semplificazione volte all'assegnazione degli appalti per le opere pubbliche devono prestare attenzione alla sostenibilità, alla trasparenza ed incoraggiare l'utilizzo dei sistemi informatici.

All'art.22 c.4 della versione inglese troviamo infatti scritto: «for public works contracts and design contests, Member States may require the use of specific electronic tools, such as of building information electronic modelling tools or similar». Gli Stati membri possono quindi richiedere l'uso di strumenti elettronici come il *Building Information Modelling* (BIM). Nella stessa direttiva tradotta in italiano, non viene però fatta menzione del BIM: «per gli appalti pubblici di lavori e i concorsi di progettazione, gli Stati membri possono richiedere l'uso di strumenti elettronici specifici, quali gli

strumenti di simulazione elettronica per le informazioni edilizie o strumenti analoghi».

Questa differenza di linguaggio, seppur sottile, evidenzia il divario di maturità in ambiente BIM tra l'Inghilterra e l'Italia. Basti pensare che in Inghilterra il 62% degli architetti utilizza software BIM, con un incremento del 14% rispetto al 2014⁵. L'Italia sicuramente è molto indietro anche se non esiste un rapporto sull'effettivo utilizzo del BIM tra gli attori del processo edilizio. Un dato interessante è dato da una tesi di ricerca effettuata al Politecnico di Torino: l'utilizzo del BIM negli studi di architettura è stimato al 45%, anche se il tasso di risposta di questa ricerca risulta troppo basso per poter avanzare conclusioni fondate in merito⁶.

Il *BIM Report 2016* realizzato da Anafyo ha però stimato che nel in quell'anno sono stati assegnati appalti BIM per 2,6 miliardi di euro, con una crescita del 160% rispetto al *BIM Report 2015*. L'Italia ha quindi rispetto all'Inghilterra un numero di architetti minori che usano il BIM, anche se ha subito un aumento di appalti pubblici in ambiente BIM. Questa crescita è probabilmente dovuta alla nuova UNI 11337:2017 (prima normalizzazione del BIM) e al nuovo decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50 che è nata per rendere il BIM obbligatorio dal 2025 per tutti gli appalti pubblici. Il 28 gennaio il Decreto ministeriale è stato adottato dal ministero delle Infrastrutture.

I vantaggi dell'adozione del BIM in tutti gli Stati europei potrebbero essere molteplici: oltre ad una riduzione dei costi e dei tempi nella realizzazione di opere pubbliche, si rafforzerebbe anche la competitività globale del mercato europeo nell'aggiudicarsi contratti edilizi nel panorama internazionale. Le opere pubbliche meglio riuscite, progettate in ambiente BIM, sono state realizzate nei paesi dell'Europa settentrionale ed in particolare risultano interessanti i casi di Norvegia, Danimarca, Finlandia ed Inghilterra.

⁵ NBS National BIM Report 2017

⁶ Guazzoni V., Indagine realizzata nel 2016 sulla cognizione ed utilizzazione della metodologia BIM (Building Information Model/Modelling) nell'architettura in Italia: panoramica sulla diffusione in Europa e sulle direttive italiane, esperienza personale sulla digitalizzazione di un edificio pubblico di Torino, presentazione di casi studio relativi alla ristrutturazione e restauro di edifici storici. Rel. Anna Osello, Politecnico di Torino, corso di laurea magistrale in Architettura Costruzione e Città, A.A. 2017

2.1.1.1. La realtà danese

L'utilizzo del BIM in Danimarca è ormai consolidato. Già nel 2006 il 50% degli architetti ed il 40% degli ingegneri usavano il BIM nei loro progetti⁷. Per questo motivo il governo l'ha poi reso obbligatorio già nel 2007 come requisito di progetto.

Negli anni successivi la *Palaces and Properties Agency*, la *Danish University* e la *Defence Construction Service* si sono occupate della gestione del patrimonio immobiliare pubblico. L'obiettivo di questi tre enti pubblici è stato quello di istruire i progettisti verso una metodologia di lavoro coerente e comune in tutte le fasi di un processo, tramite la creazione di un modello architettonico interscambiabile tra le varie discipline. Tra le documentazioni più importanti troviamo *3D CAD Manual della 3D Working Method*, e la *Danish Enterprise and Construction Authority (DECA)*, entrambe interessanti per aver rappresentato tramite esempi concreti lo sviluppo della progettazione in ambiente BIM e della condivisione in formato IFC (Eastman 2011).

2.1.1.2. L'esperienza norvegese

La Norvegia è stata una delle prime Nazioni europee a promuovere l'utilizzo del BIM in tutti i progetti a partire dal 2010. Il *Norwegian Directorate of Public Construction and Property*, ente che fa riferimento al ministero della pubblica amministrazione e che si occupa di gestione, costruzione e sviluppo degli immobili nel settore pubblico, ha obbligatoriamente richiesto la consegna di formati IFC (Industry Information Classes) per la gestione di tutto il ciclo di vita degli edifici. Tre anni dopo ha poi pubblicato il primo BIM Manual con lo scopo di illustrare i principali requisiti per l'adozione del BIM e l'invio del file IFC. La *Norwegian Home Builders* inoltre ha poi redatto un manuale in cui venivano tracciate le linee guida in merito alla progettazione BIM, basandosi sugli standard CAD norvegesi con l'aiuto del *National BIM Standards (NBIMS)*.

La pubblicazione di manuali tecnici ha permesso agli addetti ai lavori norvegesi di conoscere al meglio il BIM e di poterlo integrare con la normativa esistente, superando le consuete criticità che si incontrano quando ci si interfaccia con un nuovo software.

⁷ Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K., BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors, John Wiley & Sons, 2011

Un caso esplicativo è pubblicato su tutti i manuali BIM è quello della Statsbygg New Opera House ad Oslo. È il secondo più grande edificio culturale costruito in Norvegia firmato dallo studio Snøhetta. Tutti i progettisti hanno lavorato su un unico modello tridimensionale insieme ai committenti ed ai progettisti delle opere secondarie. Oltre alla reale corrispondenza tra progetto e risultato finale, sono emersi numerosi vantaggi, tra i quali l'uniformità dei dati forniti, la maggiore qualità dei manufatti e dei materiali impiegati ed una sensibile riduzione dei costi di gestione e di realizzazione dell'opera.

Il caso norvegese ha fatto scuola negli anni successivi al resto d'Europa e continua ancora oggi, coi suoi manuali, ad essere un punto di riferimento per tutti i progettisti.

2.1.1.3. Il caso svedese

Lo Swedish Standards Institute (SIS) ha pubblicato dal 1991 al 2013 il Bygghandlingar 90, un documento tecnico composto da 8 parti con lo scopo di definire le linee guida per la produzione dei documenti di progetto BIM. Le parti sono le seguenti:

- parte 1: descrive il processo di costruzione;
- parte 2: descrive come interpretare i dettagli e i simboli dei disegni e le parti critiche dei documenti di testo;
- parte 3: descrive i requisiti fondamentali di precisione di misurazione e tolleranza;
- parte 4: descrive come realizzare disegni CAD;
- parte 5: descrive, con una serie di esempi, come computare impianti idraulici ed elettrici;
- parte 6: fornisce raccomandazioni per la redazione dei documenti di progetto;
- parte 7: si occupa della gestione delle informazioni digitali;
- parte 8: descrive la possibilità di scambio di informazioni tra tutti i diversi attori del processo edilizio.

Nel 2010 le principali imprese di costruzioni hanno sviluppato una guida chiamata BIM for Bygghandlingar, con l'intento di aiutare le piccole e medie imprese ad affacciarsi alla metodologia BIM. È interessante notare come il

BIM in Svezia non sia obbligatorio per la progettazione di opere pubbliche, e come molte aziende ormai lo usino in maniera indipendente⁸.

2.1.1.4. Italia: UNI 11337:2017

Come spiegato a pagina 14, il nuovo Codice degli appalti (Dlgs 50/2016) nasce dalla necessità di rispettare l'European Union Public Procurement Directive (EUPPD) per semplificare le procedure di assegnazione degli appalti per opere pubbliche. L'articolo 23 spiega che la progettazione in materia di lavori pubblici si compone di tre livelli (progetto di fattibilità tecnica ed economica, progetto definitivo e progetto esecutivo) con l'obbligo di utilizzo di strumenti tecnologici a partire dal 2025. Dal 2016 l'Ente nazionale italiano di unificazione (UNI) sta elaborando una nuova normativa tecnica relativa alla "Gestione digitale dei processi informativi", denominata UNI 11337.

La UNI 11337 descrive gli strumenti operativi per una commessa BIM, mentre l'approvazione del Nuovo Codice Appalti esplica i metodi per la gestione degli appalti pubblici.

Questa norma sostituisce la UNI 11337:2009 pubblicata il 12 novembre 2009 ed è entrata in vigore a partire dal 26 gennaio 2017. Ad oggi la UNI 11337 si compone di 8 parti:

- parte 1: modelli, elaborati e oggetti informativi;
- parte 2: criteri di denominazione e classificazione di modelli, prodotti e processi;
- parte 3: evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati e processi;
- parte 4: modelli di raccolta, organizzazione e archiviazione dell'informazione tecnica per i prodotti da costruzione (schede informative digitali per prodotti e processi);
- parte 5: flussi informativi nei processi digitalizzati;
- parte 6: linee guida per la redazione del capitolato informativo;
- parte 7: requisiti di conoscenza, abilità e competenza per le figure coinvolte nella gestione digitale dei processi informativi;

⁸ Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K., BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors, John Wiley & Sons, 2011

- parte 8: processi integrati di gestione delle informazioni e delle decisioni.

Lo scopo quindi è quello di spiegare le potenzialità di questa tecnologia, definire un metodo di lavoro condiviso, elencare le nuove figure coinvolte nella gestione digitale e fornire un “elaborato tipo” per facilitare l’apprendimento. Sino ad ora son state pubblicate solo la parte 1, 4, 5 e 6, mentre la terza parte è stata già pubblicata nel 2015 e ne è prevista una revisione.

Parte 1: modelli, elaborati e oggetti informativi

La prima parte ha l’obiettivo di definire il Building Information Modeling ed elencare i suoi sottoinsiemi tramite una serie di definizioni e concetti.

Il processo delle costruzioni, ad esempio, secondo la UNI 11337, è un processo che genera una grande quantità di dati e per questo motivo la norma li classifica con tre gradi diversi:

- dato: singolo elemento conoscitivo;
- informazione: insieme di dati organizzati;
- contenuto informativo: insieme di informazioni organizzate.

Successivamente distingue gli elaborati informativi (veicoli di rappresentazione) dai modelli informativi (veicoli di simulazione). Entrambi sono veicoli informativi ma le loro modalità di rappresentazione possono essere grafiche, documentali o multimediali.

I veicoli informativi possono avere però diversi gradi di maturità digitale, a seconda dello stato di avanzamento della progettazione e dell’obiettivo prefissato:

- livello 0: non digitale;
- livello 1: base;
- livello 2: elementare;
- livello 3: avanzato;
- livello 4: ottimale.

Al livello 3, per esempio, corrisponde una maturità digitale basata su documenti digitali correlati ad attributi non grafici. È un livello che viene definito come avanzato ma che nel Regno Unito corrisponde ad un Livello 2.

Una volta definitivo il contenuto informativo del processo ne vengono rappresentati gli stadi e le fasi.

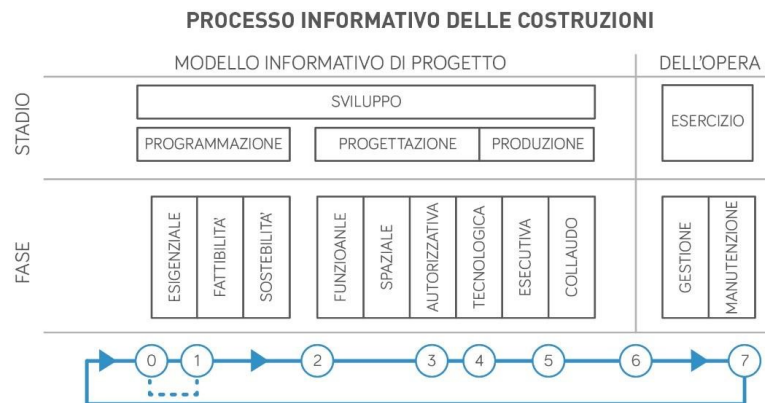


Figura 2.11 – Processo informativo delle costruzioni

La figura 4.1 mostra come il processo informativo delle costruzioni sia costituito da un modello informativo di sviluppo e un modello informativo dell'opera. Uno stadio non può iniziare se quello precedente non è stato completato. Le fasi invece ripercorrono i livelli di progettazione voluti dal Nuovo codice degli appalti, ovvero studio della fattibilità, progetto definitivo e progetto esecutivo, oltre alla fase di manutenzione e gestione.

Parte 4: modelli di raccolta, organizzazione e archiviazione dell'informazione tecnica per i prodotti da costruzione

Dopo tre parti destinate alla stesura di definizioni di concetti, denominazione e classificazione di modelli, prodotti e processi, organizzazione di schede informative digitali, finalmente la quarta parte entra nel vivo della progettazione parametrica.

In questa sezione vengono affrontati i livelli di sviluppo di oggetti e modelli che nella normativa italiana vengono chiamati LOD (dall'inglese Level Of Development). I LOD sono sei e si suddividono in:

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

LIVELLI DI SVILUPPO (LOD) RELATIVI AD UNA PARETE


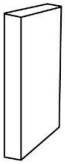
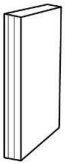




LOD A	LOD B	LOD C	LOD D	LOD E	LOD F	LOD G
						
GEOMETRIA Elemento architettonico verticale o pseudoverticale rappresentato mediante un simbolo 2D	GEOMETRIA Solido generico per rappresentazione elemento architettonico verticale o pseudoverticale con forma, spessore e posizione approssimata	GEOMETRIA Elemento architettonico (sistema e sottosistema) verticale o pseudoverticale rappresentato con ingombri calcolati secondo la normativa tecnica	GEOMETRIA Elemento architettonico verticale o pseudoverticale rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono modellate tutte le stratigrafie	GEOMETRIA Elemento architettonico verticale o pseudoverticale rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono incluse tutte le stratigrafie, i dati specifici del fornitore dei materiali e le forniture	GEOMETRIA Oggetto parete	GEOMETRIA Oggetto parete
OGGETTO Grafica 2D (linee e campiture 2D)	OGGETTO Solido 3D	OGGETTO Solido 3D strutturato	OGGETTO Solido 3D complesso	OGGETTO Solido 3D complesso	OGGETTO Solidi parete completa	OGGETTO Solidi parete
CARATTERISTICHE - Posizionamento di massima	CARATTERISTICHE - Semplici geometrie di ingombro	CARATTERISTICHE - Spessore - Lunghezza - Larghezza - Volume - Definizione dei materiali	CARATTERISTICHE - Definizione stratigrafie dettagliate - Spessori componenti - Struttura - Isolamento - Camera d'aria	CARATTERISTICHE - Tipo finitura interna - Superficie finitura interna - Tipo finitura esterna - Superficie finitura esterna	CARATTERISTICHE - Manuale di manutenzione - Classificazione (UNI, CSI, ecc.) - Certificazione di prodotto	CARATTERISTICHE - Data di manutenzione

Figura 2.12 – LOD relativi ad una parete BIM – Fonte: rielaborazione grafica dell'immagine nell'articolo M. Martini, Livelli di sviluppo (L.O.D)

In figura vengono rappresentati i diversi LOD per quanto riguarda la categoria architettonica. Si passa da un LOD con una rappresentazione bidimensionale, ad un modello tridimensionale ricco di informazioni fino ad un modello aggiornato con dati relativi alla gestione e manutenzione. Oltre alla categoria architettonica i LOD sono presenti anche per la progettazione di strutture, per murature portanti, impianti, facciate continue, infrastrutture, edifici, macchine e attrezzature e per il restauro. In particolare, in quest'ultimo si possono aggiornare le demolizioni, le sostituzioni o qualsiasi forma di degrado.

Parte 5: flussi informativi nei processi digitalizzati

In questa parte vengono definiti gli attori del processo edilizio digitalizzato insieme ai requisiti e ad i flussi necessari per la produzione, gestione e trasmissione delle informazioni, per una corretta interazione tra le discipline.

Inizialmente vengono "tradotti" i termini utilizzati nel linguaggio anglosassone per indicare i nuovi attori del processo BIM:

- coordinatore delle informazioni: equivalente del BIM Coordinator britannico che ha le competenze per gestire le regole informative del processo edilizio;

- gestore delle informazioni: equivalente del BIM Manager britannico che è la figura guida dell'intero processo informativo, in particolare della gestione delle regole informative del processo;
- modellatore delle informazioni: equivalente del *BIM Specialist* britannico che si occupa della realizzazione dei modelli;
- Capitolato Informativo (CI): equivalente dell'*Employers Information Requirement*, è un documento contrattuale tra il committente ed i progettisti, in cui il committente definisce le esigenze ed i requisiti informativi che devono essere soddisfatti;
- offerta per la Gestione Informativa (oGI), equivalente del *BIM Execution Plan pre-contract award* britannico, è un documento in cui il progettista o l'impresa edile definiscono la propria modalità di gestione informativa del processo;
- piano per la Gestione Informativa (pGI), equivalente del *BIM Execution Plan* britannico, definisce le modalità di gestione informative del processo predisposte dall'affidatario;
- analisi delle incoerenze, equivalente del *Code Checking* britannico, è la valutazione delle possibili incoerenze informative dei modelli e degli elaborati rispetto a regole e regolamenti;
- analisi delle interferenze geometriche, equivalente del *Clash Detection* britannico, consiste nella verifica delle possibili interferenze geometriche tra oggetti, modelli ed elaborati.

Il flusso informativo può essere riassunto nella seguente immagine:

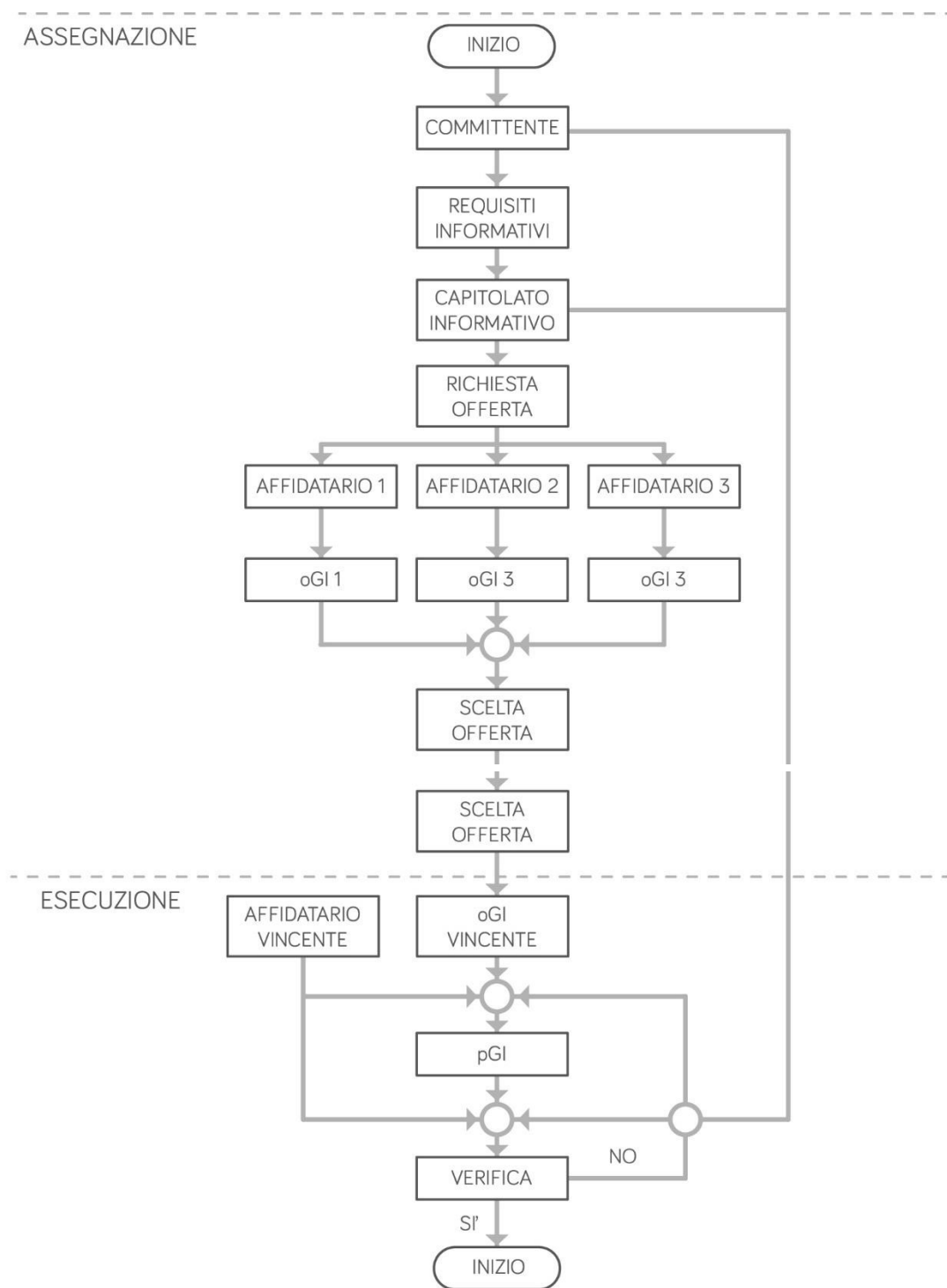


Figura 2.13 - Flusso informativo – Fonte: Progetto U87007275 (Progetto di norma UNI 11337-5)

I capitolato informativo, l’offerta ed il piano per la gestione informativa sono strumenti con un enorme potenziale che fanno sì che si eviti di incorrere in problemi in situ, facilitando la ricerca di errori progettuali ed evitando ritardi in cantiere e aumento dei costi.

Parte 6 - Linee Guida per la redazione del capitolato informativo

La sesta parte, al contrario delle precedenti, si differenzia per essere un modello d'esempio per la stesura del capitolato informativo, già menzionato a pagina 57.

Il capitolato informativo è documento contrattuale di commessa tra un soggetto proponente (committente) e un soggetto contraente (affidatario). Questa parte vuole facilitare la stesura del documento da parte del committente. La sesta parte si divide in:

- premesse;
- sezione tecnica;
- sezione gestionale.

Nel capitolo delle premesse viene fatta una prima descrizione del progetto e vengono menzionati i riferimenti normativi.

Nella sezione tecnica vi è una prima parte in cui il committente chiarisce quali sono i software e gli hardware che ha a disposizione e successivamente specifica i formati interscambiabili ammessi durante la fase di progetto. Inoltre, il committente può anche decidere il livello di sviluppo degli oggetti e le competenze di gestione informativa che l'affidatario dovrà avere.

Infine, nella sezione gestionale il committente definisce gli obiettivi strategici, i ruoli, le responsabilità, autorità a fini informativi e l'organizzazione della modellazione digitale. Può inoltre definire le politiche per la tutela e sicurezza del contenuto informativo e le modalità di condivisione di dati, informazioni e contenuti informativi.

Parte 8 - Processi integrati di Gestione delle Informazioni e delle Decisioni

Particolarmente interessante (sebbene non sia stata ancora pubblicata), anche ai fini della tesi, è l'ottava parte della norma UNI 11337 il cui scopo è quello di raccordare la normativa tecnica italiana alla normativa internazionale ISO 19650. Inoltre, una volta entrata in vigore, sarà possibile ritrovare temi inesplorati come i processi di gestione delle informazioni ed i processi decisionali.

2.1.1.5. La normativa inglese: PAS 1192-2

La *Publicly Available Specifications (PAS) 1192-2:2013* è entrata in vigore nel febbraio del 2013 ed è un documento che riguarda la gestione delle informazioni per la fase di pianificazione, progettazione e costruzione nei processi di modellazione informativi.

La PAS contiene al suo interno le norme sviluppate da organizzazioni pubbliche atte a soddisfare un immediato bisogno del mercato, seguendo le linee guida stabilite dal *British Standards Institution (BSI)*. In due anni queste norme vengono riesaminate per valutare la necessità o meno di rielaborarle, revocarle oppure “promuoverle” a standard britannici o internazionali.

La PAS 1192-2:2013 è stata pubblicata dal *Construction Industry Council (CIC)* come risposta alla *Government Construction Strategy* del Regno Unito quando tale Stato nel 2016 ha richiesto di volere progetti basati sul BIM, con un dettaglio di livello pari a 2. Questo livello comprende una maturità digitale basata su documenti digitali correlati ad attributi non grafici. I requisiti descritti per ottenere il livello 2 di modellazione durante la fase di consegna hanno dato un ottimo contributo alla stesura delle norme sul BIM nel resto dei Paesi europei, tra cui appunto l’Italia.

Con la nuova revisione della norma la situazione dei documenti sarebbe la seguente:

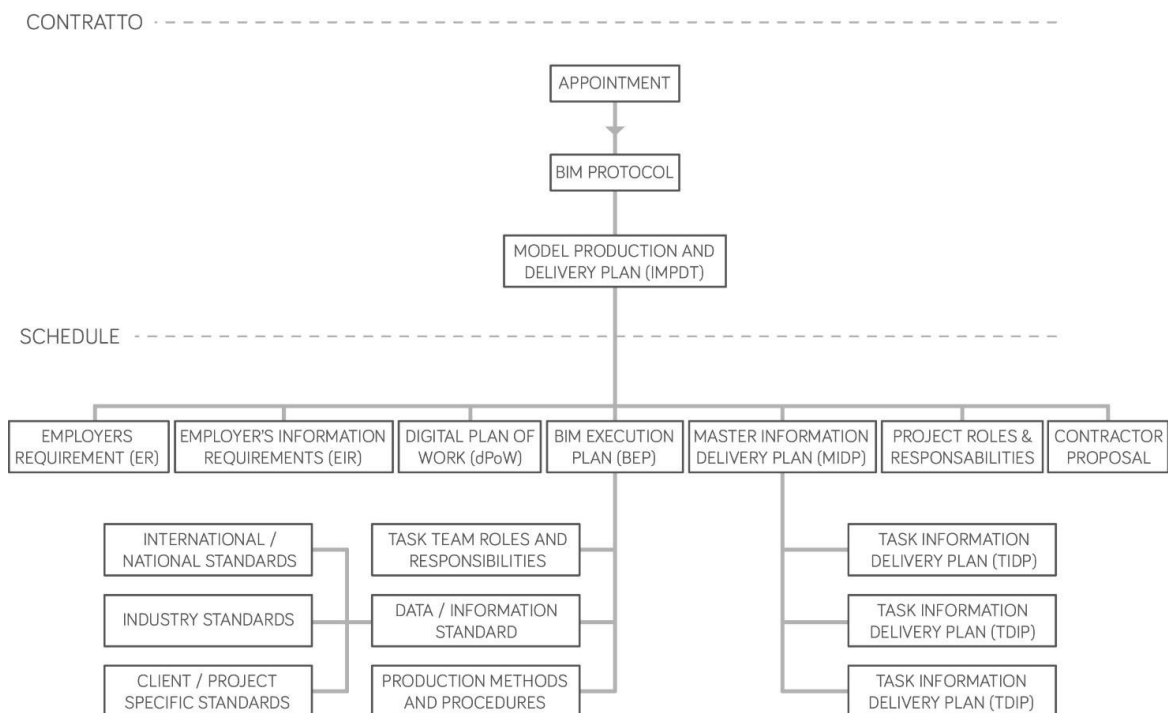


Figura 2.14 - Rielaborazione grafica del sistema di documenti ipotizzati nella nuova versione della PAS 1192-2

Tra i documenti quindi troviamo:

- Employers Requirement: requisiti dei datori di lavoro sui contenuti di progetto e sui contenuti informativi;
- Digital Plan of Work: un programma che illustri la pianificazione dei lavori;
- BIM Execution Plan: un piano di esecuzione stilato in risposta agli Employer Information Requirements;
- Master Information Delivery Plan: un piano con informazioni di consegna che riprenda quanto scritto nel Digital Plan of Work;
- matrice di Ruoli e Responsabilità;
- Project Implementation Plan: documento di preparazione, in cui vengono elencate e sistematizzate tutte le azioni da intraprendere prima di partire con il progetto;
- Resource e Supplier Capabilities Assessment: valutazione dei fornitori con una attenzione ai rischi che essi potrebbero comportare.

I documenti da presentare prima, durante e dopo la realizzazione di un progetto sono veramente tanti e rischiano di penalizzare la realtà delle piccole imprese inglesi. D'altro canto però, il Regno Unito non è nuovo a questo approccio e tale richiesta è ormai giustificata dal numero elevato di studi e professionisti che operano nel settore⁹.

2.1.1.5.1. Il concetto di LOD

Il LOD per l'American Institute of Architects (AIA) indica il livello di dettaglio o quantità di contenuti caratterizzanti gli elementi del modello ma anche il Level of Development ovvero il livello di sviluppo degli stessi. La scala LOD più utilizzata al mondo è senza dubbio quella americana impostata su cinque livelli progressivi di dettaglio da 100 a 500 in funzione della finalità d'uso e dello stato di avanzamento dell'opera.

⁹ ACE (Consiglio degli architetti Europei) 2017, www.ace-cae.eu

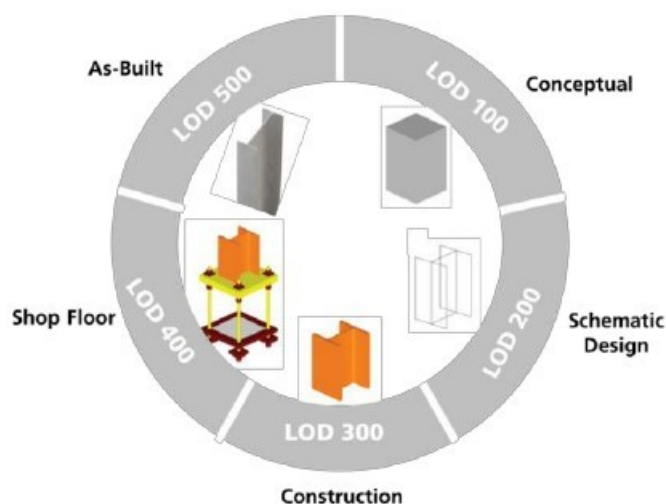


Figura 2.15: Esempio di applicazione di diversi LOD al medesimo elemento trave.

Fonte: AIA G202TM-2013 Project Building Information Modelling Protocol Form.

Si possono individuare definizioni per 5 livelli di sviluppo che, ovviamente, non riflettono le linee guida di modellazione specifiche di ogni software, ma che definiscono in maniera generica il contenuto del modello ed i suoi possibili utilizzi per ogni rispettivo LOD. Riportiamo di seguito un elenco di massima che individua le caratteristiche fondamentali di questi 5 livelli.

- LOD 100: Concetto:

Rappresenta la progettazione concettuale, quindi il modello dovrebbe contenere informazioni geometriche sulla volumetria complessiva dell'edificio e le indicazioni riguardanti l'area di intervento con i suoi vincoli. Solitamente in questo livello di dettaglio le analisi effettuate individuano informazioni come il volume, l'orientamento del manufatto, costi al metro quadrato, ecc. In effetti può essere sviluppato tramite una semplice modellazione solida oppure anche solo tramite un elenco di dati.

- LOD 200: Geometria approssimativa:

È un livello simile al disegno schematico o allo sviluppo della progettazione, il modello dovrebbe consistere in "sistemi generalizzati" o assieme con una prima computazione approssimativa delle quantità, con dimensioni, forma, posizione e orientamento. In questo livello di dettaglio le analisi sono indirizzate verso i sistemi di progettazione con prestazioni generalizzate.

- LOD 300: Geometria precisa:

Il livello 300 è equiparabile alla progettazione esecutiva del manufatto. Gli elementi del modello hanno un grado di dettaglio che permette la generazione di documenti costruttivi e disegni esecutivi tradizionali per una richiesta di approvazione. Gli elementi risultano modellati in maniera precisa e definiti in termini di quantità, dimensioni, forma e posizione. Nella modellazione risultano possibili analisi e simulazioni su tutti gli elementi e su tutti i sistemi che sono stati dettagliati all'interno del modello 3d.

- LOD 400: Adeguato alla realizzazione:

Questo livello corrisponde alla tradizionale progettazione costruttiva ed è consente di ottenere informazioni utili per la fabbricazione e l'assemblaggio dei manufatti. Gli elementi del modello vengono generati come insiemi specifici e sono precisi in termini di dimensioni, forme, posizioni, quantità ed orientamenti e le informazioni per la fabbricazione e l'assemblaggio sono complete. Possono risultare utili anche informazioni non geometriche (schede tecniche), che possono essere integrate per i differenti elementi modellati.

- LOD 500: Come realizzato, As built:

Il livello finale di sviluppo è rappresentato da un modello 3d corrispondente al manufatto effettivamente costruito in cantiere (modello as-built) e consegnato alla committenza.

Questo modello 3d contiene informazioni utili alle fasi successive a quelle di realizzazione dell'edificio: la gestione, all'interno della sua vita utile, di manutenzioni (facility management) ed eventuali operazioni successive sulla struttura, ad es. ristrutturazioni, adeguamenti ed ampliamenti dello stesso involucro.

B2010 – Exterior Walls

Solid wall construction that is composite in nature; in other words, multiple layers of materials to form an overall assembly.




100	See B20	
200	Generic wall objects separated by type of material (e.g. brick wall vs. terracotta). Approximate overall wall thickness represented by a single assembly. Layouts and locations still flexible.	
300	Composite model assembly with specific overall thickness that accounts for veneer, structure, insulation, air space, and interior skin specified for the wall system. (Refer to LOD350 and LOD400 for individually modeled elements) Penetrations are modeled to nominal dimensions for major wall openings such as windows, doors, and large mechanical elements. Required non-graphic information associated with model elements includes: <ul style="list-style-type: none">• Wall type• Materials	
350	A composite wall assembly may be considered for LOD350 only if hosted objects such as windows and doors are provided at a minimum of LOD350. Main structural members such as headers and jambs at openings are modeled within the composite assembly.	

Figura 2.16 – esempio di definizione a vari livelli di LOD di un muro esterno

2.1.2. Focus 2: l'esperienza del nord America

2.1.2.1. La storia statunitense

Nelle pagine precedenti il tema del BIM è stato affrontato in ambito europeo richiamandoci all'approvazione della prima direttiva europea sul BIM del 2014.

Nel Nuovo Continente però questa tecnologia è già conosciuta dai primi Anni 2000. Gli Stati Uniti sono stati tra i primi paesi al mondo a pubblicare guide tecniche sul BIM. Nel 2003 infatti, la *General Services Administration* (GSA) ha stabilito il programma nazionale per il 3D-4D-BIM, aiutando i committenti ed i progettisti con la pubblicazione di due guide metodologiche sul lavoro nell'industria delle costruzioni. La GSA ha inoltre richiesto, a partire dal 2007, agli attori del processo edilizio l'uso del BIM per la *spatial program validation* al fine di permettere ai progettisti un lavoro tridimensionale. È interessante sottolineare come dieci anni fa il BIM in Italia non fosse ancora conosciuto, senza quindi sentire necessità di una normativa sui contenuti informativi.

Nel 2006 inoltre l'*U.S. Army Corps of Engineers* (USACE) ha presentato varie guide per venire incontro alle esigenze dei proprietari immobiliari. Due anni dopo, nel 2018, il *Construction Operations Building Information Exchange*

(COBIE) ha pubblicato un documento per l'interscambio di informazioni tra fase di progettazione, realizzazione e gestione.

Nel 2014 l'Istituto Nazionale di Scienze delle costruzioni (NIBS) ha istituito il comitato di progetto NBIMS-USTM per incominciare a stilare i primi standard nazionali BIM e per discutere in merito alla possibilità di incorporare il BIM nei programmi di studio universitari.

2.1.2.2. La realtà canadese

Nel 2011 in Canada, il *National Research Council* ha pubblicato un rapporto chiamato *Environmental Scan of BIM Tools and Standard*. All'interno del rapporto sono individuati settantanove software commerciali distinti per la fase di pianificazione, progettazione, realizzazione e gestione. Da questa relazione emerge come l'utilizzo del BIM sia maggiore nella fase di progettazione, anche se è in continua evoluzione la ricerca di software per le altre fasi del processo edilizio. In Canada infatti l'attenzione è stata rivolta all'individuazione degli strumenti utilizzati nelle varie fasi del processo edilizio e non in una sola.

2.2. Il supporto ai processi collaborativi

2.2.1. Interoperabilità

Negli ultimi decenni si sono costituite diverse software house il cui intento è stato quello di produrre e immettere nel mercato numerosi applicativi differenti tra loro.

Ogni studio acquista un software in base al prezzo o al tipo di lavoro da svolgere e riceve documenti e file da altri studi che utilizzano software diversi: il risultato finale è una grossa ragnatela ricca di formati. Ogni software house infatti assegna al proprio software un tipo di formato diverso da quelli delle altre case, obbligando l'utente a dover acquistare il proprio per poterne leggere i contenuti. Se ipotizzassimo che nessun addetto ai lavori utilizzi carta e penna durante la fase di progettazione e assegnassimo un software diverso ad ogni attore del processo edilizio, verrebbe fuori che i formati file maggiormente utilizzati sarebbero DOC, PDF, DWG, DWF, RTF, DXF. Questa pluralità di formati comporta delle complicazioni nell'*Architecture, Engineering & Construction Industry* (AEC) settore dell'architettura, dell'ingegneria e delle costruzioni.

Per ovviare a questo problema, nel 1994 la software house *Autodesk* ha realizzato un consorzio cui hanno preso parte diverse aziende, con lo scopo

di creare un formato file comune che supportasse lo sviluppo di applicazioni integrate. Tre anni dopo, nel 1997, l'organizzazione *Building Smart* (organizzazione internazionale che mira a migliorare lo scambio di informazioni tra applicazioni software utilizzate nel settore edile) ha espresso la volontà di sviluppare e promuovere il formato *Industry Foundation Class* (IFC) come modello dati neutro di prodotto dell'edilizia, utile a raccogliere informazioni lungo tutto il ciclo di vita di un edificio.

Un ulteriore protocollo di scambio di informazioni, specifico per la gestione dei dati durante l'uso dell'edificio, è COBie, ovvero *Construction, Operation, Building information exchange* (East 2014; Lavy e Jawadekar 2014). Il formato COBie è stato creato da Bill East del Corpo degli Ingegneri dell'Esercito degli Stati Uniti con l'intento di raccogliere le informazioni contenute nel formato IFC in tutte le viste di progetto. Queste viste possono essere esportate in un documento Excel e quindi essere facilmente modificate.

L'introduzione di questi nuovi formati ha trasformato la progettazione in ambiente BIM in una progettazione condivisa. Architetti, ingegneri energetici, ingegneri edili o civili, progettisti di impianti possono scambiarsi il formato IFC per lavorare sul proprio software e sul proprio modello BIM, col vantaggio di vedere in tempo reale cosa hanno modellato gli altri. Il file IFC importato all'interno del modello verrà poi aggiornato in maniera automatica con la ricezione del nuovo file, evitando così ulteriori tempi di importazione e allineamento delle geometrie.

Inoltre, in alcuni software è possibile usare funzioni che favoriscano la condivisione del lavoro creando un modello di progetto principale, chiamato modello centrale, a partire dal modello esistente. L'autore del modello centrale può far collegare diversi utenti a questo e apportare delle modifiche in uno specifico campo: l'ingegnere edile, ad esempio, può modificare solo gli elementi strutturali così come il progettista di impianti può lavorare solo sugli impianti. In questo modo viene favorita una sincronizzazione dei dati (e quindi delle informazioni) su un unico modello centrale.

2.2.1.1. IFC per l'interoperabilità

Il formato IFC rappresenta il frutto della collaborazione tra diversi operatori nel settore AEC e ha l'intento di creare una piattaforma aperta per condividere informazioni tra le diverse figure del processo edilizio. L'*"International Alliance for Interoperability"* (IAI) è l'organizzazione internazionale che raggruppa le principali aziende software e che, oltre ad aver dato vita all'IFC, ha il compito di mantenerlo sempre aggiornato per

migliorare costantemente la condivisione dei dati. L'evoluzione di questa tecnologia è strettamente collegata allo sviluppo metodologico del BIM nella gestione dell'intero ciclo di vita di un sistema edilizio.

La nascita e lo sviluppo di questa tecnologia è dovuta alla necessità di avere un formato di scambio aperto per risolvere i problemi di comunicazione tra le varie figure del processo edilizio. L'obiettivo è quello di rendere automatica l'interoperabilità tra i diversi applicativi software che, nell'attuale settore delle costruzioni, sono diventati strumenti indispensabile di affiancamento alla progettazione.

Autodesk fu la prima software house a raggruppare società di sviluppo con lo scopo di creare applicativi in grado comunicare con diversi programmi. Nel 1995 l'unione di 12 aziende americane permise di fondare una società no-profit con il nome di "Industry Alliance for Interoperability". Tre anni dopo l'organizzazione prese il nome, ancora attualmente noto, di "Alliance for Interoperability" (IAI). Ogni membro aveva il compito di mettere a disposizione la propria esperienza per definire standard condivisi ai fini di ottenere un formato di scambio non appartenente ad una casa software ma condiviso e globalmente riconosciuto.

Il continuo aggiornamento delle caratteristiche di questo formato ha portato, a partire dal 1996, al rilascio di diverse versioni. In particolare, dall'IFC1 si è passati all'IFC1.5.1, IFC2.0, IFC2x, IFC2x2, IFC2x3 fino ad arrivare all'attuale IFC4. Dalla versione IFC2x, pubblicata nel 2000, non è più stata cambiata l'intera struttura logica: l'organizzazione del formato rimane la medesima e le versioni rilasciate successivamente sono un arricchimento e miglioramento delle diverse specifiche. Questo permette di avere un formato più flessibile e soprattutto consente alle diverse software house di passare da una versione IFC ad un'altra in modo molto più agevole.

2.2.1.2. BuildingSMART

Nel 2008 l'*International Alliance for Interoperability* prese il nome di *buildingSMART International* senza però stravolgere i propri obiettivi fondanti. Il lavoro svolto in questi anni ha dato un grande contributo allo sviluppo delle tecnologie BIM in diverse parti del mondo.

BuildingSMART International è suddivisa in diverse organizzazioni territoriali con lo scopo di dare voce alle diverse esigenze e di stabilire metodi e strumenti standardizzati, globalmente condivisi. Tra i principali paesi che hanno preso parte all'organizzazione troviamo i paesi dell'Europa

occidentale, i paesi scandinavi, Nord America, Australia, Giappone, Singapore, Regno Unito e Irlanda.

In Italia nel 2004 venne fondata un'organizzazione indipendente (che successivamente prese il nome di *buildingSMART Italia*) nata per dare un contributo allo sviluppo del Paese nel comparto edilizio. Nonostante il BIM non fosse ancora diffuso, sono rimasti inalterati i principi e la consapevolezza del bisogno di investire nello sviluppo di nuove tecnologie nel settore AEC.

Ad oggi, *buildingSMART Italia* si fa portavoce e promotore dello sviluppo del BIM mantenendo comunque una visione internazionale nell'adozione di strumenti e metodi standardizzati.

Ognuna delle organizzazioni territoriali *buildingSMART* contribuisce al mantenimento del formato IFC e allo studio di come standardizzare processi, flussi di lavoro e procedure BIM. È molto importante, in un mondo in continua evoluzione, avere la giusta elasticità per fornire strumenti sempre aggiornati e in grado di soddisfare le esigenze del mercato.

2.2.1.3. *BuildingSMART Standards*

L'adozione e la diffusione di standard è uno dei principali obiettivi che si è posta l'organizzazione fin dalla sua fondazione; a questo proposito le varie definizioni e metodologie sono state recepite e normate dall'*International Organization for Standardization (ISO)* nelle norme:

- IFD – ISO 12006-3, data models (Information Framework for Dictionary): specifica le informazioni del modello che possono essere inserite nel Dictionary indipendentemente dalla lingua utilizzata;
- IDM -ISO 29481, process definition (Information Delivery Manual): specifica la metodologia che integra i processi produttivi nell'edilizia con l'obiettivo di favorire la condivisione tra tutte le maestranze incluse nel processo;
- IFC - ISO 16739, dictionary terms (Industry Classes Foundation): definisce lo schema concettuale del formato IFC.

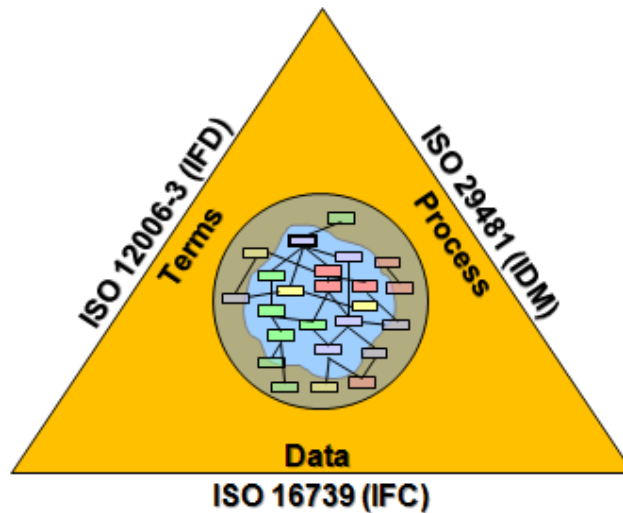


Figura 2.17- Standard BuildingSMART, www.buildingsmart-tech.org

2.2.1.4. Linguaggio di scrittura IFC

Lo standard in Italia è normalizzato dalla Organizzazione internazionale per la normazione con codice ISO 16739:2013. La norma definisce l'IFC come uno schema di dati concettuale e un formato di file di scambio per i dati BIM. Lo schema concettuale è programmato con EXPRESS, uno standard di linguaggio di modellazione dei dati per database, normalizzato a sua volta dalla norma ISO 10303. Quest'ultima ISO risale al 2011 ed è meglio conosciuta come Norme per lo Scambio dei dati dei Prodotti, in inglese *STandard for the Exchange of Product model data* (STEP). Il reale vantaggio di un sistema informatico dei dati di questo tipo è dato dal fatto che questo standard contiene all'interno un *ruleset* per lo scambio dei dati, evitando quindi le normali perdite che si hanno con l'apertura di formati esterni. Per una corretta esportazione del modello BIM, e quindi una corretta esportazione delle informazioni, è bene conoscere la reale struttura del formato, costituito da più entità (elementi costruttivi, geometrici o di base) che possono essere radicate e non radicate e che i software BIM (come Revit o Archicad) trasformano in *layer* e successivamente in parametri. Le entità radicate fanno parte della categoria *IfcRoot* mentre quelle non radicate non hanno un'identità e quindi le loro istanze vengono esportate solo se collegate ad oggetti con identità.

IfcRoot si divide in tre concetti astratti:

- *IfcObjectDefinition*: cattura la presenza e i tipi di oggetti materiali;
- *IfcRelationship*: cattura le relazioni tra gli oggetti;

- *IfcPropertyDefinition*: cattura proprietà dinamicamente estensibili sugli oggetti.

In particolare, *IfcObjectDefinition* si divide a sua volta in *IfcObject*, che cattura la presenza dell'oggetto da un punto di vista "fisico", e in *IfcTypeObject* che si limita a catturare le informazioni di tipo di un oggetto. Sia presenze che tipi sono a loro volta divisi in sei categorie che ricordano la regola giornalistica delle 5W:

- *IfcActor* (chi): rappresenta le persone e le organizzazioni coinvolte nel progetto;
- *IfcControl* (perché): rappresenta regole di controllo relative ai tempi, ai costi o alle regole di lavoro;
- *IfcGroup* (cosa): rappresenta un insieme di oggetti modellati, una sorta di famiglia nella famiglia, come può essere un circuito elettrico costituito da più cavi;
- *IfcProduct* (dove): rappresenta le entità fornendo informazioni relative allo spazio fisico in cui esso si trova;
- *IfcProcess* (quando): rappresenta gli oggetti nel tempo ed è utile per la programmazione di eventi.
- *IfcResource* (come) rappresenta l'utilizzo di qualcosa con disponibilità limitata, come materiali e lavoratori.

Una volta definite le presenze e i tipi degli oggetti, è compito di *IfcRelationship* catturare le relazioni tra più oggetti secondo la loro composizione, assegnazione, connettività, associazione e definizione. Esso si divide a sua volta in:

- *IfcRelDecomposes*: cattura gli oggetti e gli scompone in un più livelli;
- *IfcRelAssigns*: cattura i rapporti di assegnazione quando un oggetto beneficia dei servizi di un altro oggetto. Un esempio è riconducibile ad un lavoratore che viene assegnato ad un compito;
- *IfcRelConnects*: stabilisce il grado di connettività tra un oggetto e l'altro, come la ringhiera che poggia su un balcone o un muro che poggia su un solaio;
- *IfcRelAssociates*: indica i riferimenti esterni presenti in un oggetto, come le texture dei materiali di una porta o di un muro;
- *IfcRelDefines*: cattura i rapporti di istanza-tipo presenti in un oggetto.

Le due categorie descritte sinora descrivono le relazioni e la presenza degli oggetti che si trovano all'interno del modello BIM. Come già accennato però, è anche possibile creare parametri esterni o aggiungerne di nuovi, per questo motivo è bene definirli con una nuova categoria: parliamo di *IfcPropertyDefinition*. Essa si divide in:

- *IfcPropertySet*: cataloga le proprietà dividendole in insiemi e sottoinsiemi;
- *IfcPropertySetTemplate*: definisce le proprietà presenti negli oggetti.

Le entità radicate chiamate come *IfcRoot*, oltre ad avere informazioni relative a *IfcObjectDefinition*, *IfcRelationship* e *IfcPropertyDefinition*, hanno anche informazioni non contenute all'interno di queste categorie. Lo standard IFC fornisce informazioni anche relative ai prodotti, processi, risorse e contesti, ovvero di:

- *IfcProducts*;
- *IfcProcess*;
- *IfcResource*;
- *IfcProject*.

IfcProject fornisce informazioni relative al file di progetto, come il nome di progetto, la descrizione, le unità di misura, il sistema di coordinate ecc. Inoltre, con questa classe di proprietà siamo in grado di sapere se un progetto è suddiviso in più progetti, in più partecipanti o addirittura se è costituito da più fasi. All'interno di un progetto BIM infatti possiamo trovare altri progetti BIM importanti con file IFC.

IfcResource è una classe standard per tutte le risorse di progetto, contenente informazioni relative a materiali e lavoratori. Anche le risorse possono essere costituite da sottoinsiemi e calendarizzate in base a processi temporali.

IfcProcess ha a che fare con tutti le caratteristiche temporali del progetto, e quindi si divide in task, eventi e procedure. Un progetto BIM esportato in IFC può infatti contenere informazioni relative a durata o file "schedule" con programmazione di task simili a diagrammi Gantt.

IfcProducts è la classe standard per tutti gli elementi fisici all'interno del progetto. Esso può contenere informazioni sui materiali, sulla rappresentazione o sulle disposizioni spaziali. Gli elementi spaziali più

importanti sono *IfcSite*, *IfcBuilding*, *IfcBuildingStorey*, e *IfcSpace* mentre quelli sugli oggetti sono *IfcWall*, *IfcBeam*, *IfcDoor*, *IfcWindow* e *IfcStair*.

I materiali possono essere definiti nel loro complesso, come strati oppure come componenti per parti specifiche:

- *IfcMaterial*: indica le specifiche di un materiale attraverso proprietà generiche (meccaniche, termiche) oppure di stile (colori, texture);
- *IfcMaterialLayerSet*: cattura una lista di materiali, ognuno con proprie caratteristiche di spessore;
- *IfcMaterialProfileSet*: raccoglie set di profili di sezione, ognuno che indica uno specifico materiale;
- *IfcMaterialConstituentSet*: come suggerisce il nome raccoglie un set di elementi costitutivi, ognuno con il proprio materiale utilizzato ed il proprio nome di forma.

Riguardo proprio alle forme, la rappresentazione può essere diversa per ogni oggetto 3D e identificata col parametro *IfcShapeRepresentation* che si divide in:

- *Body*: indica una forma 3D modellata nel progetto;
- *Axis*: indica un percorso per elementi lineari, come famiglie basate su linee, muri, travi, ecc.
- *FootPrint*: indica un limite per elementi basati su pavimento, come scale o solai, che hanno una stratigrafia definita;
- *Profilo*: indica un profilo per tutti gli elementi costruiti in viste di prospetto;
- *SurveyPoints*: indicano attraverso una serie di punti tutti quegli elementi che non possono essere visti in maniera corretta su una singola vista;

A questi valori va aggiunta la posizione, l'angolo verticale e l'angolo orizzontale attraverso i parametri:

- *IfcLocalPlacement*: indica la posizione in base alla gerarchia degli elementi modellati;
- *IfcGridPlacement*: indica la posizione relativa al sistema di riferimento definito dall'utente a inizio progetto.

2.2.1.5. Misurazione del livello di maturità

Così come tutti i modelli BIM possiedono un proprio livello di maturità anche il formato IFC ha un proprio livello di dettaglio. *BuildingSMART* ha col tempo rilasciato una serie di formati diversi a seconda dell'approccio al BIM utilizzato. Il primo standard reso gratuito e disponibile è stato l'IFC1, con cui la società ha voluto avvicinare tutti gli operatori ad una condivisione dei progetti.

Lo standard attualmente utilizzato è invece l'IFC2x3, attualmente usato da tutte le *softwarehouse* che hanno scelto di implementare lo standard IFC. In futuro è previsto il rilascio di nuovi standard chiamati IFC4 e IFC5: il primo è in fase di lancio e tutte le *softwarehouse* hanno incominciato a lavorarci a partire da luglio 2017, con una versione che dovrebbe correggere tutti gli errori di esportazione presenti in IFC2x3.

Con il formato IFC5 invece si vuole rendere il formato IFC operabile non solo nell'ambito delle costruzioni (nel campo ristretto relativo ad edifici) ma anche in applicazioni civili. Lo standard verrà rilasciato a partire dal 2020 e sarà possibile lavorare coi parametri relativi alla realizzazione di ponti, autostrade e ferrovie.



Figura 2.18 – Rielaborazione grafica dei Livelli di maturità pubblicati dall'*Industry Foundation Class* (IFC)

2.2.1.6. IFC 2x3, IFC 4

Il formato IFC per adeguarsi alle nuove e sempre più specializzate esigenze del mondo delle costruzioni è in costante evoluzione. Tra le diverse versioni rilasciate, solo due sono al momento utilizzate:

- IFC2x3 Technical Corrigendum 1: è lo schema IFC più diffuso e utilizzato dai diversi BIM tools; nonostante alcune note limitazioni, lo schema permette un'esportazione stabile e coerente con il modello virtuale rappresentato;
- IFC4 Addendum 2: è stato pensato per superare le limitazioni e le critiche delle versioni precedenti. Sono state implementate alcune nuove proprietà per la rappresentazione geometrica e per la gestione delle proprietà parametriche.

2.2.1.7. Model View Definition

Con l'obiettivo di migliorare l'interoperabilità tra i diversi applicativi software sono state sviluppate definizioni di viste (MVD - Model View Definition) costituite da sottoinsiemi degli schemi IFC.

A seconda dell'ambito AEC, vengono definiti degli standard della struttura del file in modo da ottenere uno strumento condivisibile e il più versatile possibile. La corrispondenza delle strutture di esportazione dei vari software al modello di vista viene certificata dalla stessa buildingSMART tramite una procedura che può verificare la compatibilità nell'ambito architettonico, strutturale o impiantistico.

Le definizioni di vista attualmente utilizzate sono:

- IFC2x3 Coordination View V2.0: è il modello di vista globalmente riconosciuto per lo schema IFC2x3, definisce i requisiti di scambio in ambito architettonico, strutturale e impiantistico;
- IFC4 Reference View 1.0: l'obiettivo principale è quello di definire un modello di vista standardizzato del formato IFC4 adatto a gestire il flusso di lavoro BIM dove l'interoperabilità è principalmente monodirezionale;
- IFC4 Design Transfer View 1.0: ha come obiettivo quello di ottenere un modello di vista che sia in grado di gestire le geometrie e le connessioni tra gli elementi. Alcuni applicativi permettono di inserire, cancellare, spostare o modificare elementi edilizi o spaziali. L'utilizzo di questo modello di vista può rivelarsi utile nel caso in cui diversi progettisti debbano intervenire sulla geometria degli stessi elementi.

2.2.1.8. BCF

La progettazione nel settore delle costruzioni solitamente prevede la collaborazione tra diversi team specialistici.

Durante le revisioni progettuali nascono problematiche differenti che devono essere indirizzate ai diversi membri appartenenti a vari team. Ogni team opera con il proprio software per realizzare un modello digitale contenente le informazioni frutto dell'analisi del suo ambito specialistico (es. strutturale, architettonico, impiantistico, ecc.).

Ma come è possibile scambiare invece le informazioni riguardanti problematiche legate a verifiche e coordinamenti prescritti ad esempio dalle norme UNI 11337?

Il formato IFC contiene dati collegati alle entità modellate ma non è un formato ideato per lo scambio di report documentali o workflows.

Al contrario il formato *BCF* è un formato aperto che permette l'aggiunta di commenti testuali, screenshot ed altre informazioni all'interno del modello IFC per garantire una migliore comunicazione tra i vari gruppi che partecipano alla realizzazione di un progetto.

Il BCF è un formato proposto da diverse software house nel 2009 che si pone lo scopo di essere uno standard aperto che sia in grado di garantire flussi di comunicazione tra i vari software *BIM based*.

Garantisce una forma di comunicazione fisicamente separata dal modello digitale in formato IFC, ma che al contempo è integrabile ad esso per consentire il coordinamento dei vari team coinvolti in un processo di progettazione. L'uso di questo formato consente di ottimizzare i flussi di scambio informativo senza la necessità di trasferire modelli BIM di grandi dimensioni (ad esempio tramite Internet) e di agevolare l'uso di differenti software invece di avere la necessità di utilizzare un solo ambiente di modellazione.

Il file BCF è un file compresso che contiene un *folder* per ogni interferenza/incoerenza individuata. All'interno di quest'archivio sono presenti 3 tipologie di file con il compito di trasmettere tutte le informazioni utili ad individuare in maniera univoca il problema riscontrato.

Essi sono:

- MARKUP, ossia un file che contiene informazioni testuali in merito al file IFC con il modello, sull'autore del report, sulle entità coinvolte ed i commenti necessari alla risoluzione della problematica;

- VIEWPOINT, *punti di vista* che inquadrano il problema riscontrato direttamente sul modello digitale. Possono essere molteplici e sono collegabili ai commenti contenuti nel *Markup*;
- SNAPSHOT, immagini della problematica in questione collegate ai *punti di vista* individuati all'interno del modello digitale.

Il formato *BCF* ci consente per quanto detto di comunicare eventuali incongruenze riscontrate, di comunicarle sotto forma di report per richiedere in sostanza una modifica del modello digitale (da effettuarsi nel software di BIM authoring utilizzato) e una ri-condivisione dello stesso in formato *IFC*.

2.2.2. *OpenBIM*

L'interoperabilità nel processo della metodologia BIM è un l'aspetto fondamentale poiché alla base del metodo c'è la condivisione dei dati tra le varie figure coinvolte. Durante lo sviluppo del progetto di un'intera opera si può dire con certezza che sarà necessario trasferire i dati, tutti o parte di essi, tra due software differenti; questa operazione può svolgersi tra software della stessa casa produttrice, oppure tramite plug in, che rendono possibile l'utilizzo di formati proprietari oppure tra software di differenti case produttrici e quindi in questo caso risulta necessario come formato di scambio il formato *IFC*. Questo è un formato non proprietario, quindi open ed aperto, sviluppato da buildingSMART per consentire l'interoperabilità tra le diverse discipline sia in termini di ambiti di progettazione (architettonica, strutturale e impiantistica) sia come diverse fasi della progettazione come per esempio può essere la computazione di tutte le opere progettate. Questo approccio è stato definito come OPEN BIM e ha lo scopo di rendere il tutto il processo non legato a dei singoli formati proprietari.

L'OPEN BIM può rappresenta un moderno approccio alla collaborazione interdisciplinare per tutti gli operatori dell'industria delle costruzioni. Poiché la comunità OPEN BIM ha l'obiettivo di aprire le proprie porte a tutti i produttori di software, gli architetti, gli ingegneri, i costruttori, nonché i proprietari di edifici, con l'obiettivo di una collaborazione più fluida su progetti BIM in ogni parte del mondo.

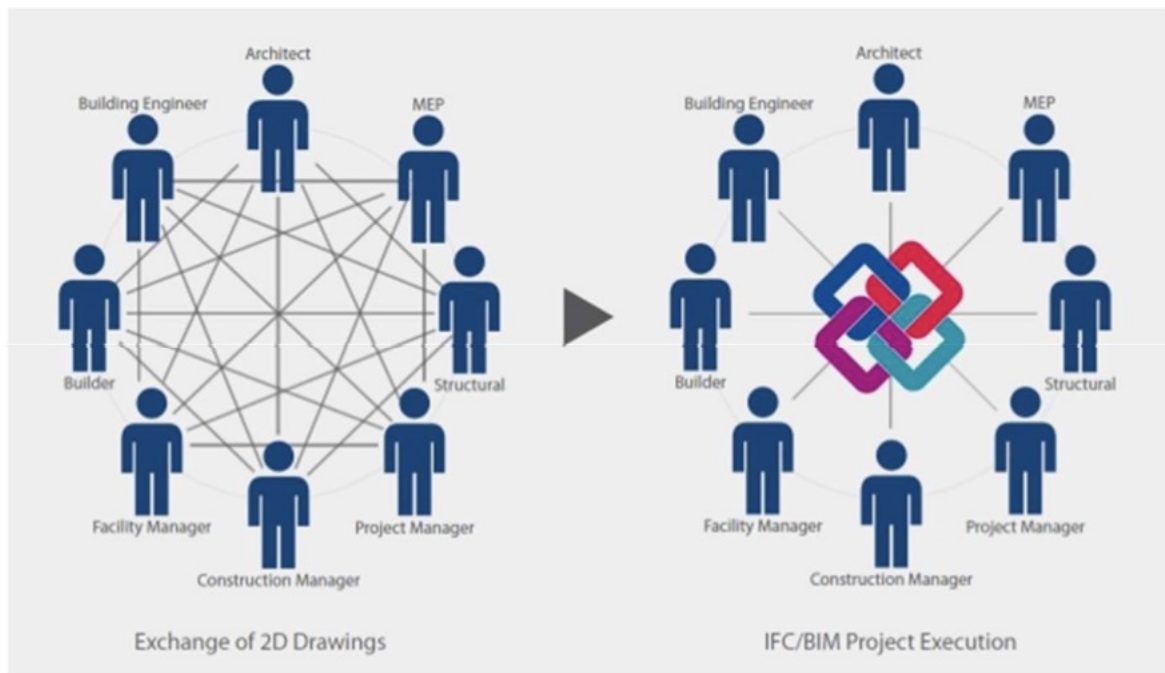


Figura 2.19 - schema di condivisione tradizionale e con file IFC
 fonte: <https://www.wincasa.ch/de-ch/aktuelle-themen/2015/oktober-2015>

I principali motivi sul perché l'openBIM è una delle possibili soluzioni al problema dell'interoperabilità sono:

- L'OPEN BIM favorisce un flusso di lavoro aperto e trasparente che consente ai professionisti di collaborare indipendentemente dai software che utilizzano.
- L'OPEN BIM definisce un linguaggio comune per procedure largamente condivise che consentano all'industria e ai governi di ottenere progetti con finalità commerciali trasparenti, comparabilità dei servizi e garanzie sulla qualità dei dati.
- L'OPEN BIM produce progetti durevoli che coinvolgono l'intero ciclo di vita dell'edificio, evitando di dover replicare dati con i conseguenti inevitabili errori.
- Piccoli e grandi fornitori di piattaforme software possono partecipare e competere per le soluzioni migliori, indipendentemente dai sistemi in uso.
- L'OPEN BIM premia le produzioni più in linea con le richieste degli utenti di dare ed avere dati direttamente all'interno del sistema BIM.

2.2.3. Metodologie di scambio dati

I software di BIM authoring possono condividere più o meno informazioni disponibili tra i vari compartimenti dell'industria edile. Il 'BIM authoring' perfetto dovrebbe avere l'abilità di visualizzare, calcolare e condividere tutti i dati necessari tra le varie discipline senza perdite o ostacoli nel procedimento. Questa abilità, o la mancanza di essa, è in funzione delle tecnologie usate, del processo impiegato e delle parti coinvolte (competenza dei professionisti).

Assumendo che ogni settore (Architetti, Ingegneri o Costruttori) possa utilizzare software diversi di BIM authoring, le metodologie di condivisione dei dati tra questi sistemi possono assumere varie forme:

1. **Scambio Dati:** Ogni software BIM mantiene la propria integrità ma esporta alcuni dei dati "condivisibili" in un formato che altri software possono importare e calcolare. Questo metodo è un sistema primordiale e discutibile di condivisione dati, infatti soffre del più alto tasso di perdita non intenzionale di dati. La perdita di dati è qui principalmente la quantità di dati che semplicemente non possono essere condivisi, se pensiamo alla complessità dei dati disponibili nei modelli BIM, questa perdita è molto importante. Tuttavia, non necessariamente tutti i dati devono essere condivisi per tutto il tempo tra tutti le figure coinvolte con le relative piattaforme. Lo scambio parziale di dati, in alcune occasioni, potrebbe anche essere un metodo efficiente di condivisione dati.
2. **Interoperabilità Dati:** L'interoperabilità può essere di molte forme; quella che discutiamo ne è un semplice esempio. Assumendo l'interoperabilità dei dati basati sui file (non basata sui server), uno degli scenari possibili per la metodologia di condivisione dati può essere il seguente: la figura 1, ad esempio un architetto, produce un Modello 1 (interoperabile) attraverso una determinata piattaforma di BIM authoring. Questo Modello viene importato dalla figura 2, rappresentata ad esempio da un ingegnere, il quale attraverso la propria piattaforma BIM modifica e lavora il modello per poi esportato sotto forma di Modello1, v2 (versione 2). Successivamente verrà nuovamente importato da una terza figura in un altro software BIM dove verrà ulteriormente modificato e lavorato ed infine esportato sottoforma di Modello 1, v3 e così via.

L'ammontare dei dati che vengono persi/guadagnati in ogni passaggio che si fa tra i vari software, modelli e versioni dei modelli dipende dalle abilità di import/export dei vari software e dallo schema dell'interoperabilità stesso (pensiamo ad IFC). Uno dei maggiori svantaggi di questa interoperabilità dei dati basata sui file è la linearità del flusso di lavoro; ciò non permettere cambiamenti simultanei e interdisciplinari dei partecipanti.

3. **Federazione di dati:** Il collegamento tra file è un esempio di federazione dei dati: i dati di un modello BIM sono collegati ai dati di un altro modello BIM. I file non sono né importati né esportati ma i vari software di BIM authoring possono leggere e calcolare i dati caricati nel file collegato. L'ammontare dei dati persi dipende dall'ammontare dei dati ricostruibili o calcolabili. I modelli referenziali (RModels) sono un altro esempio di Federazione dei dati BIM. I RModels sono modelli singoli o federati che ospitano collegamenti ad archivi di dati esterni, in maniera molto simile ad un collegamento ipertestuale su di una pagina web. Facendo un esempio: un edificio virtuale con un oggetto 'finestra referenziale': le informazioni di dettaglio (cioè i valori alfanumerici), che completano le informazioni parametriche di base, non sono salvate nel modello BIM ma sono accessibili attraverso archivi esterni ogni volta che se ne presenti la necessità. (come il costo attuale di una finestra, disponibilità, manuale di installazione, piano di manutenzione)
4. **Integrazione dati:** Il termine integrazione può essere inteso in molti modi incluso la semplice possibilità di scambiare dati tra i vari software in commercio. In un contesto BIM, un database integrato indica l'abilità di condividere informazioni tra i differenti settori industriali usando un modello comune. I dati condivisibili all'interno del modello BIM possono arrivare dagli architetti, dagli ingegneri o dal Construction Manager, così come possono riguardare la progettazione, informazioni relative al costo o di tipo normative. La cosa importante riguardo al modello BIM integrato, è che esso colloca in uno stesso ambiente le informazioni interdisciplinari, permettendo un'interazione completa in un unico quadro computazionale. In questo momento, pochi tra i software BIM disponibili possono integrare i dati necessari e i processi di cui si ha bisogno per ottenere un Modello integrato.

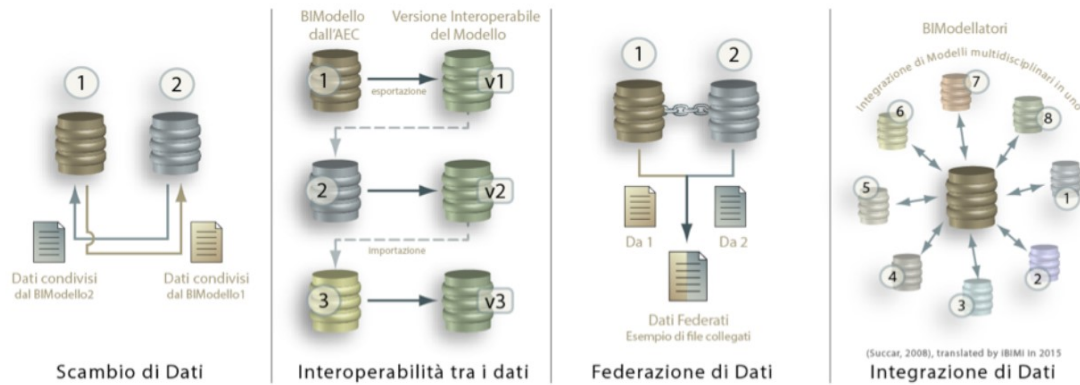


Figura 2.20 - Tipologie di scambio dati

2.3. Il modello Penn State

In relazione all'utilizzo del BIM e del ruolo definito come processo si è andato a prendere come riferimento il modello definito da Penn State poiché le loro guide sono state incorporate nello Standard BIM Nazionale - USA, un prodotto dell'alleanza buildingSMART.

Il Programma di ricerca CIC ha sviluppato diverse guide focalizzate sul settore per assistere i team di progetto e le organizzazioni a pianificare l'adozione del BIM.

La guida presa in esame viene articolata in funzione di quattro punti fondamentali, i quali, dovranno poi essere riadattati in relazione al team di progetto all'utilizzo che si dovrà andare ad effettuare.

Per questo lavoro di tesi si è andato a trattare principalmente la definizione dei BIM Use e la progettazione del progetto di esecuzione per definire workflow di processi in relazione al problema della progettazione collaborativa.

2.3.1. *BIM Goals e BIM Uses*

Uno dei passaggi più importanti nel processo di pianificazione è definire chiaramente il valore potenziale del BIM sul progetto e per i membri del team di progetto attraverso la definizione degli obiettivi generali per l'implementazione del BIM. Questi obiettivi potrebbero essere basati sulle prestazioni del progetto e includere elementi quali la riduzione della durata del programma, il raggiungimento di una maggiore produttività sul campo, l'aumento della qualità, la riduzione del costo degli ordini di cambiamento o l'ottenimento di importanti dati operativi per la struttura. Gli obiettivi

possono anche riguardare l'avanzamento delle capacità dei membri del team di progetto, ad esempio, il proprietario potrebbe voler utilizzare il progetto come progetto pilota per illustrare gli scambi di informazioni tra progettazione, costruzione e operazioni o un'impresa di progettazione potrebbe cercare di acquisire esperienza nell'uso efficiente delle applicazioni di progettazione digitale. Una volta che il team ha definito obiettivi misurabili, sia dal punto di vista del progetto sia dal punto di vista aziendale, è possibile identificare gli specifici usi del BIM sul progetto. Allora, il primo passo nello sviluppo di un piano di esecuzione del progetto BIM è identificare i BIM Uses appropriati in base agli obiettivi del progetto e del team.

Una sfida e un'opportunità attuale affrontate dal team di pianificazione iniziale del progetto è l'identificazione degli usi più appropriati per il BIM su un progetto, date le caratteristiche del progetto, gli obiettivi e le capacità dei partecipanti e le allocazioni del rischio desiderate. Ci sono molti compiti diversi che possono beneficiare dell'incorporazione del BIM. Questi vantaggi sono documentati come BIM Uses e in questa guida vengono inclusi venticinque Usi da prendere in considerazione per un progetto (vedere la Figura 2-1).

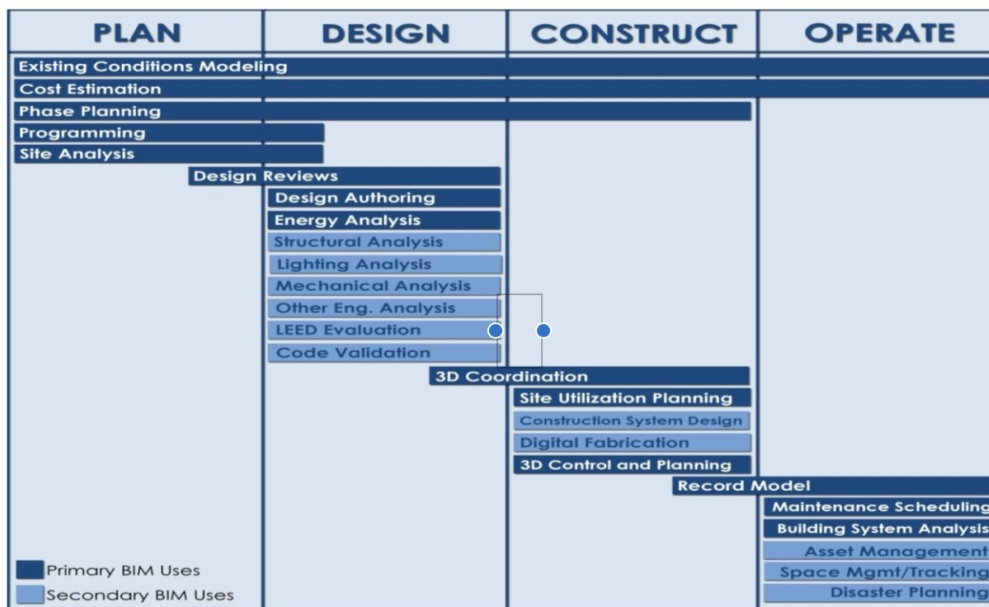


Figura 2.21 - I BIM Use durante il ciclo di vita della struttura

2.3.1.1. Definizione dei BIM Goals

Prima di identificare i BIM Uses, il team di progetto dovrebbe delineare gli obiettivi del progetto relativi al BIM. Questi obiettivi del progetto dovrebbero essere specifici per il progetto in questione, misurabili e sforzarsi di migliorare i successi della pianificazione, progettazione, costruzione e funzionamento della struttura. Una categoria di obiettivi dovrebbe riguardare le prestazioni generali del progetto, compresa la riduzione della durata del progetto, la riduzione del costo del progetto o l'aumento della qualità generale del progetto. Esempi di obiettivi di qualità includono lo sviluppo di una progettazione più efficiente dal punto di vista energetico attraverso la rapida iterazione della modellizzazione dell'energia, la creazione di progetti installati di qualità superiore attraverso un coordinamento 3D dettagliato dei sistemi o lo sviluppo di modelli di registrazione più accurati per migliorare la qualità della modellazione e messa in servizio delle prestazioni.

Altri obiettivi possono essere mirati all'efficienza di compiti specifici per consentire un risparmio complessivo di tempo o costi da parte dei partecipanti al progetto. Questi obiettivi includono l'uso di applicazioni di modellazione per creare documentazione di progettazione in modo più efficiente, per sviluppare stime tramite il decollo automatico o per ridurre i tempi di inserimento dei dati nel sistema di manutenzione. Questi elementi sono solo suggerimenti di potenziali obiettivi che il team di progetto può avere quando inizia a decidere come implementare il BIM su un progetto. Non è affatto un elenco completo ed è essenziale identificare gli obiettivi specifici che forniranno incentivi per l'implementazione del BIM sul progetto.

Priority (1-3)	Goal Description	Potential BIM Uses
1 - Most Important	Value added objectives	
2	Increase Field Productivity	Design Reviews, 3D Coordination
3	Increase effectiveness of Design	Design Authoring, Design Reviews, 3D Coordination
1	Accurate 3D Record Model for FM Team	Record Model, 3D Coordination
1	Increase effectiveness of Sustainable Goals	Engineering Analysis, LEED Evaluation
2	Track progress during construction	4D Modeling
3	Identify concerns associated with phasing on campus	4D Modeling
1	Review Design progress	Design Reviews
1	Quickly Asses cost associated with design changes	Cost Estimation
2	Eliminate field conflicts	3D Coordination

Figura 2.22 - Esempio di BIM Goals

È importante capire che alcuni obiettivi possono riguardare usi specifici, mentre altri possono non esserlo. Ad esempio, se esiste un obiettivo del progetto per aumentare la produttività e la qualità del lavoro sul campo attraverso grandi quantità di prefabbricazione, il team può prendere in considerazione l'utilizzo del BIM "3D Design Coordination" che consentirà al team di identificare e correggere potenziali conflitti geometrici prima della costruzione. D'altra parte, se l'obiettivo del team fosse quello di aumentare la sostenibilità del progetto di costruzione, diversi usi potrebbero aiutare a raggiungere questo obiettivo.

2.3.1.2. Descrizione dei BIM Uses

Partendo dagli obiettivi che si vogliono raggiungere, la guida identifica venticinque BIM Uses: organizzati per fase di progetto di sviluppo del progetto, sono stati identificati attraverso numerose interviste con esperti del settore, analisi di casi studio di implementazione e revisione della letteratura (riferimento Figura 2-2). Le descrizioni sono state sviluppate per fornire una breve panoramica per i membri del team di progetto che potrebbero non essere familiari con l'utilizzo del BIM e per fornire informazioni aggiuntive che il team di progetto può trovare prezioso durante il processo di selezione.

Ciascuna descrizione include una panoramica sull'utilizzo del BIM, i potenziali vantaggi, le competenze del team richieste e le risorse selezionate a cui è possibile fare riferimento per ulteriori informazioni sull'utilizzo del BIM. Un esempio di una descrizione di utilizzo del BIM è illustrato di seguito nella Figura 2-3.

Cost Estimation
Description: A process in which a BIM model can offer a reasonable accurate quantity take-off and cost estimate early in the design process and provide cost effects of additions and modifications with potential to save time and money and avoid budget overruns. This process also allow designers to see the cost effects of their changes in a timely manner which can help curb excessive budget overruns due to project modifications.
Potential Value: (improvements in project / process)
<ul style="list-style-type: none"> • Precisely estimate material quantities and generate quick revisions if needed • Stay within budget constraints with frequent preliminary cost estimates while the design progresses • Better visual representation of project and construction elements that need to be estimated: taken off and priced • Provide cost information to the owner during the early decision making phase of design • Focus on more value adding activities in estimating like identifying construction assemblies, generating pricing and factoring risks then quantity take-off, which are essential for high quality estimates • Exploring different design options and concepts within the owner's budget • Saving estimator's time and allowing to focus on more important issues in an estimate since take-offs can be automatically provided • Quickly be able to determine costs of specific objects
Resources Required:
<ul style="list-style-type: none"> • Model-based Estimating Software • Design Authoring Software • Cost Data
Competencies Required:
<ul style="list-style-type: none"> • Ability to define specific design modeling procedures which yield accurate quantity take-off information

Figura 2.23 - Descrizione di un BIM Use

2.3.1.3. BIM Use: procedura di selezione

Una volta definiti gli obiettivi, il team del progetto dovrebbe identificare le attività appropriate che il team vorrebbe eseguire utilizzando il BIM. Questa analisi degli usi BIM dovrebbe inizialmente concentrarsi sui risultati desiderati per il processo generale. Pertanto, il team dovrebbe iniziare con la fase delle operazioni e identificare il valore per ciascuno degli usi BIM in quanto si riferisce specificamente al progetto fornendo una priorità alta, media o bassa a ciascun utilizzo. Il team può quindi passare a ciascuna fase del progetto precedente (costruzione, progettazione e pianificazione).

Per facilitare questo processo di revisione del BIM Use, è stato sviluppato un foglio di lavoro (WORKSHEET) per la selezione BIM. Questo modello include un elenco dei potenziali BIM Use, insieme ai campi per rivedere il valore, la parte responsabile, le capacità, le note aggiuntive e la decisione del team sull'implementazione dell'uso del BIM. Fare riferimento alla Figura 2-4 per un esempio del foglio di lavoro di selezione BIM sul progetto di laboratorio di esempio.

BIM Use*	Value to Project	Responsible Party	Value to Resp Party	Capability Rating	Additional Resources / Competences Required to Implement	Notes	Proceed with Use	
	High / Med / Low		High / Med / Low	Scale 1-3 (1 = Low)			YES / NO / MAYBE	
				Resources Competency Experience				
Record Modeling	HIGH	Contractor Facility Manager Designer	MED HIGH MED	2 1 3	2 2 1	Requires training and software Requires training and software	YES	
Cost Estimation	MED	Contractor	HIGH	2	1	1	NO	
4D Modeling	HIGH	Contractor	HIGH	3	2	2	Need training on latest software Infrastructure needs High value to owner due to phasing complications Use for Phasing & Construction	YES
3D Coordination (Construction)	HIGH	Contractor Subcontractors Designer	HIGH HIGH MED	3 1 2	3 3 3	conversion to Digital Fab required Modeling learning curve possible	YES	
Engineering Analysis	HIGH	MEP Engineer Architect	HIGH MED	2 2	2 2		MAYBE	
Design Reviews	MED	Arch	LOW	1	2	1	Reviews to be from design model no additional detail required	NO
3D Coordination (Design)	HIGH	Architect MEP Engineer Structural Engineer	HIGH MED HIGH	2 2 2	2 2 1	Coordination software required Contractor to facilitate Coord.	YES	
Design Authoring	HIGH	Architect MEP Engineer Structural Engineer Civil Engineer	HIGH MED HIGH LOW	3 3 3 2	3 3 3 1	Large learning curve Civil not required	YES	
Programming	MED						Planning Phase Complete	NO

* Additional BIM Uses as well as information on each Use can be found at <http://www.engr.psu.edu/ae/cic/bimex/>

Figura 2.24 - Esempio BIM Use Selection Worksheet

2.3.2. Progettazione del processo di esecuzione del BIM

Una volta che il team ha identificato gli usi BIM, è necessario eseguire una procedura di mappatura dei processi per pianificare l'implementazione del BIM. Inizialmente, viene sviluppata una mappa di alto livello (high level map) che mostra il sequenziamento e l'interazione tra gli usi primari del BIM sul progetto (vedere la Figura 1-2). Ciò consente a tutti i membri del team di comprendere chiaramente in che modo i loro processi di lavoro interagiscono con i processi eseguiti dagli altri membri del team.

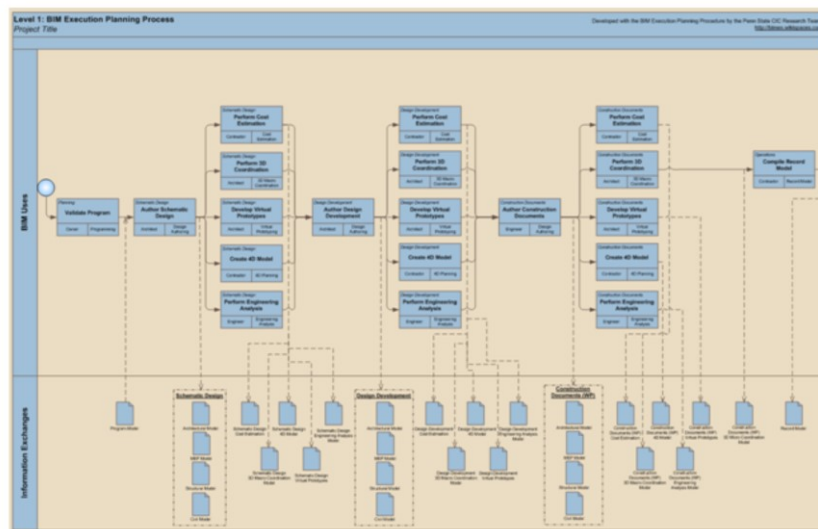


Figura 2.25 - Esempio di mappa di Alto Livello per i BIM use

Dopo aver sviluppato la mappa di alto livello, le mappe di processo più dettagliate dovrebbero essere selezionate o progettate dai membri del team responsabili per ciascun BIM Use.

2.3.2.1. Mappatura del processo di esecuzione del progetto

La mappatura del processo BIM per il progetto richiede al team di progetto di sviluppare innanzitutto una mappa panoramica che mostri come verranno eseguiti i diversi usi BIM. Quindi, vengono elaborate mappe dettagliate dei processi di utilizzo BIM per definire l'implementazione BIM specifica con un livello di dettaglio maggiore. Per implementare questo approccio a due livelli, Business Process Modeling Notation (BPMN) è stato adottato in modo che le varie mappe di processo formattate vengano create dai vari membri del team di progetto.

1. Livello 1: mappa panoramica BIM

La mappa panoramica mostra la relazione degli usi BIM che verranno utilizzati nel progetto. Questa mappa del processo contiene anche gli scambi di informazioni ad alto livello che si verificano durante tutto il ciclo di vita del progetto.

2. Livello 2: mappe dettagliate del processo di utilizzo del BIM

Mappe di processo dettagliate per l'utilizzo del BIM vengono create per ciascun BIM identificato utilizzato sul progetto per definire chiaramente la sequenza dei vari processi da eseguire. Queste mappe identificano anche le parti responsabili per ogni processo, il contenuto delle informazioni di riferimento e gli scambi di informazioni che verranno creati e condivisi con altri processi.

2.3.2.2. Creazione di una mappa panoramica BIM

1. Inserire potenziali BIM Use in una mappa panoramica BIM (Overview map)

Una volta che il team identifica i BIM Uses per il progetto, il team può avviare il processo di mappatura aggiungendo ciascuno degli usi BIM come un processo all'interno della mappa. È importante capire che l'utilizzo del

BIM può essere aggiunto alla mappa panoramica in diverse posizioni se viene eseguito più volte nel ciclo di vita del progetto.

2. Disporre gli BIM Use in base alla sequenza del progetto nella mappa panoramica BIM

Dopo che il team del progetto ha stabilito i processi BIM che saranno implementati nel progetto, il team dovrebbe ordinare in sequenza questi processi. Uno degli scopi della mappa panoramica è identificare la fase per ciascun utilizzo BIM (ad esempio, pianificazione, progettazione, costruzione o operazione) e fornire al team la sequenza di implementazione. Per scopi semplicistici, gli usi BIM devono essere allineati con il programma dei risultati finali BIM.

3. Identificare le parti responsabili per ogni processo

Le parti responsabili dovrebbero essere chiaramente identificate per ogni processo. Per alcuni processi, questo può essere un compito facile, ma per altri potrebbe non farlo. In tutti i casi è importante considerare quale membro del team è più adatto per completare con successo l'attività. Inoltre, alcuni processi potrebbero avere più parti responsabili. La parte identificata sarà responsabile della definizione chiara delle informazioni richieste per implementare il processo e delle informazioni prodotte dal processo.

La notazione grafica e il formato delle informazioni per i processi all'interno della mappa panoramica BIM sono inclusi nella Figura 3-1. Ogni processo dovrebbe includere un nome di processo, una fase di progetto e la parte responsabile. Ogni processo dovrebbe includere anche un titolo "Mappa dettagliata". Questa notazione dettagliata delle mappe viene utilizzata poiché diversi processi possono condividere la stessa mappa dettagliata.

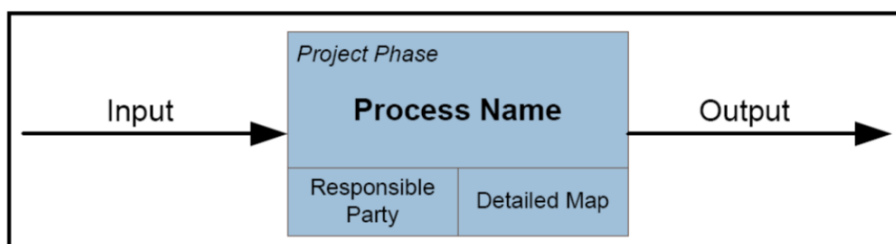


Figura 2.26 - Notazione per un processo nella mappa panoramica

4. Determinare gli scambi di informazioni necessari per implementare ogni utilizzo del BIM

La mappa panoramica BIM include gli scambi di informazioni critici che sono interni a un particolare processo o condivisi tra processi e parti responsabili. In generale, è importante includere tutti gli scambi di informazioni che passeranno da una festa all'altra. Nelle attuali applicazioni, questi scambi vengono in genere implementati attraverso il trasferimento di un file di dati, sebbene possa includere anche l'inserimento di informazioni in un database comune.

Gli scambi che provengono da una casella del processo sono scambi interni a un processo. Gli scambi che hanno origine o fluiscono nella sequenza sono scambi esterni condivisi tra processi ad alto livello. Ad esempio, la Figura 3-2 mostra gli scambi di informazioni provenienti dalla casella del processo "Esegui coordinamento 3D" per il progetto di laboratorio. Questi scambi, sebbene interni al processo di coordinamento 3D, dovrebbero essere identificati nella mappa panoramica BIM poiché più parti autorizzano le informazioni scambiate.

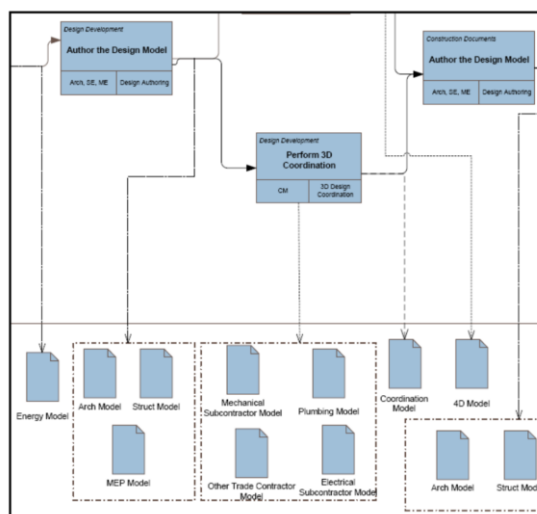


Figura 2.27 - Parte della mappa panoramica BIM per il progetto di laboratorio

2.3.2.3. Creazione di una mappa dettagliata dei BIM Use

Dopo aver creato una mappa panoramica, è necessario creare una mappa dei processi di utilizzo BIM dettagliata per ciascun BIM identificato utilizzato per definire chiaramente la sequenza dei vari processi da eseguire all'interno di tale utilizzo BIM. È importante rendersi conto che ogni progetto e azienda è unico, quindi potrebbero esserci molti potenziali

metodi che un team potrebbe utilizzare per ottenere un particolare processo. Pertanto, queste mappe dei processi modello dovranno essere personalizzate dai team di progetto per raggiungere il progetto e gli obiettivi organizzativi. Ad esempio, potrebbe essere necessario personalizzare la mappa del processo del modello per integrare un flusso di lavoro (workflow) specifico dell'applicazione per computer o una sequenza di lavoro del team di progetto.

Una mappa dettagliata del processo di utilizzo del BIM include tre categorie di informazioni rappresentate sul lato sinistro della mappa del processo e gli elementi sono inclusi nelle linee orizzontali (indicate come "corsie" nella notazione di mappatura BPMN):

- a. Informazioni di riferimento: risorse di informazioni strutturate (aziendali ed esterne) richieste per eseguire un utilizzo BIM;
- b. Processo: una sequenza logica di attività che costituiscono un particolare utilizzo del BIM;
- c. Scambio di informazioni: i risultati del BIM da un processo che può essere richiesto come risorsa per i processi futuri.

Per creare una mappa dettagliata dei processi, una squadra dovrebbe:

- 1) Decomporre gerarchicamente l'uso del BIM in un insieme di processi

I processi chiave del BIM devono essere identificati. Questi sono rappresentati da un simbolo di "scatola rettangolare" all'interno di BPMN. Questi sono posizionati in un ordine sequenziale all'interno della corsia del processo.

- 2) Definire la dipendenza tra i processi

Successivamente, vengono definite le dipendenze tra i processi. Questo si ottiene definendo le connessioni tra i processi. Il team di progetto deve identificare il predecessore e il successore di ciascun processo. In alcuni casi potrebbe essere possibile avere più successori e / o predecessori. Questi processi sono quindi collegati utilizzando le linee del "flusso di sequenza" in BPMN.

- 3) Sviluppa la mappa dettagliata del processo con le seguenti informazioni

- a) Informazioni di riferimento: identificare le risorse informative necessarie per eseguire l'utilizzo del BIM nella corsia "Informazioni"

di riferimento". Esempi di informazioni di riferimento includono database di costi, dati meteorologici e dati di prodotto.

- b) Scambi di informazioni: tutti gli scambi (interni ed esterni) dovrebbero essere definiti nella corsia "Scambio di informazioni". Questi scambi sono ulteriormente descritti nel Capitolo Quattro.
 - c) Parte responsabile: identifica la parte responsabile per ogni processo. La Figura 3-4 mostra come rappresentare queste informazioni nella mappa del processo.
- 4) Aggiungi gateway di verifica dell'obiettivo in importanti punti decisionali nel processo

Un gateway può essere utilizzato per garantire che i risultati finali o i risultati di un processo siano soddisfatti. Potrebbe anche modificare il percorso del processo in base a una decisione. I gateway offrono l'opportunità al team di progetto di rappresentare qualsiasi decisione, iterazione o controllo di qualità richiesto prima del completamento di un'attività BIM. La Figura 3-4 mostra come ciò può essere realizzato all'interno di una mappa dettagliata del processo BIM (mappa di livello due).

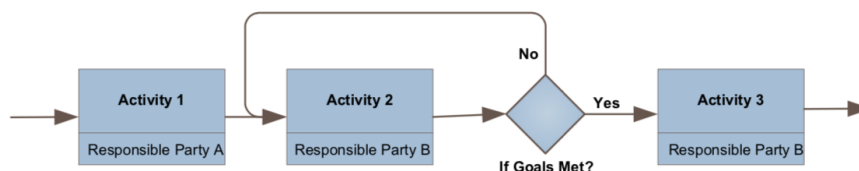


Figura 2.28 - Esempio di gateway di verifica degli obiettivi

- 5) Documentare, rivedere e perfezionare questa procedura per un ulteriore utilizzo

Questa mappa dettagliata dei processi può essere ulteriormente utilizzata per altri progetti dal team di progetto. Dovrebbe essere salvato e rivisto in vari momenti durante il processo di implementazione del BIM. Durante il progetto, le mappe dei processi dettagliate dovrebbero essere aggiornate periodicamente per riflettere i flussi di lavoro effettivi implementati nel progetto. Inoltre, una volta completato il progetto, potrebbe essere utile rivedere le mappe di processo per confrontare il processo effettivo utilizzato

rispetto al processo pianificato. È probabile che le mappe di processo dettagliate possano essere utilizzate su progetti futuri.

2.3.3. *Sviluppare scambi di informazioni*

Una volta sviluppate le appropriate mappe di processo, gli scambi di informazioni che avvengono tra i partecipanti al progetto dovrebbero essere chiaramente identificati. È importante per i membri del team, in particolare l'autore e il destinatario per ogni transazione di scambio di informazioni, comprendere chiaramente il contenuto delle informazioni. Questo contenuto informativo per lo scambio può essere definito nella tabella Scambio di informazioni, una parte del quale viene visualizzata come un esempio nella Figura 1-3.

Information		Responsible Party	
A	Accurate Size & Location, include materials and object parameters	A	Architect
B	General Size & Location, include parameter data	C	Contractor
C	Schematic Size & Location	CE	Cost Engineer
		FM	Facility Manager
		MEP	MEP Engineer
		SE	Structural Engineer
		TC	Trade Contractors

Information Exchange Title	Record Modeling	4D Modeling	3D Coordination	Design Authoring								
Time of Exchange (SD, DD, CD, Construction)	Construction	CD	CD	CD								
Model Receiver	FM	C	C, TC	ALL								
Receiver File Format												
Application & Version												
Model Element Breakdown	Info	Resp	Additional Information	Info	Resp	Notes	Info	Resp	Notes	Info	Resp	Notes
A SUBSTRUCTURE												
Foundations												
Standard Foundations												
Special Foundations												
Slab on Grade												
Basement Construction												
Basement Excavation												
Basement Walls												
B SHELL												
Superstructure												
Floor Construction												
Floor Construction												
Exterior Enclosure												
Exterior Walls												
Exterior Windows												
Exterior Doors												
Roofing												
Floor Coverings												
Floor Openings												
C INTERIORS												
Interior Construction												
Partitions												
Interior Doors												
Fittings												
Stairs												
Stair Construction												

Figura 2.29 - Parte di Information Exchange Spreadsheet template

2.3.4. *Definire l'infrastruttura di supporto per l'implementazione BIM*

Dopo che gli usi BIM per il progetto sono stati identificati, le mappe dei processi del progetto sono personalizzate e i deliverable BIM sono definiti, il team deve sviluppare l'infrastruttura necessaria per supportare il processo BIM pianificato. Ciò includerà la definizione della struttura di consegna e del linguaggio del contratto; definire le procedure di comunicazione; definizione dell'infrastruttura tecnologica; e identificare procedure di controllo di qualità per garantire modelli di informazione di alta qualità.

3. La progettazione Collaborativa

3.1. Introduzione

Noto quanto definito nel capitolo precedente, si procederà approfondendo il problema della progettazione collaborativa e, per far questo, si è andato a valutare in letteratura studi precedentemente effettuati inerenti al medesimo problema valutando quali sono le principali problematiche riscontrate.

Dall'avvento dei software di BIM si è subito delineato il problema e la difficoltà che si ha nel momento in cui vari figure, che possono essere architetti e ingegneri, dovranno lavorare allo stesso progetto ma in differenti discipline. Sorvolando inizialmente sulla tipologia di software che andranno ad utilizzare le varie figure, si evince immediatamente come si ha necessità di organizzare il flusso di lavoro: si dovrà definire uno stato zero, di inizio di progetto dove tutte le figure saranno opportunamente informate e quindi definire e organizzare le operazioni e quindi l'ordine di lavoro dei vari team, definendo quando sia opportuno effettuare un incontro per poter valutare l'operato fino a quel momento e gli sviluppi futuri, ma anche definire chiaramente ruoli e responsabilità.

Questi punti appena definiti, come molti altri, fanno normalmente parte di un'organizzazione di un progetto, ma il vero problema sorge nell'utilizzo del BIM. Poiché la bellezza e la potenza del BIM risiedono proprio nel poter generare un singolo modello che riesca al suo interno a comprendere tutte le informazioni che i vari team avranno necessità di inserire e di conseguenza la generazione di un modello che permetta in maniera intuitiva e pratica di avere tutto sottomano. Ma, proprio in questa comodità si hanno i veri problemi, per poter generare un modello con le caratteristiche appena definite non si può, allo stato attuale, soffermarsi all'utilizzo di un solo software.

Questo obbliga l'utilizzo del formato di scambio IFC per trasferirsi informazioni tra le varie discipline, quindi diventa fondamentale il concetto di interoperabilità. La maggior parte delle case produttrici di software hanno sposato questo concetto cercando di uniformarsi al formato IFC, ma non sempre il risultato è dei migliori. Ovviamente la maggior parte degli sforzi è volta a migliorare il proprio pacchetto software così da far in modo da non dover necessitare di utilizzare il formato IFC per scambiarsi informazioni. Questo però, può essere attuato nel caso in cui i progetti in questione sia svolti da singoli o piccoli gruppi di lavoro, ma nel caso in cui si vada a

considerare una collaborazione su larga scala l'utilizzo di un singolo pacchetto software è quasi impossibile.

Potendo definire il concetto di BIM come un nuovo mondo in cui il mondo delle costruzioni si sta avvicinando non vi è una procedura definita e accurata per poter operare correttamente: l'obiettivo è quindi cercare di capire bene i limiti attuali per poter operare correttamente. Per questo motivo si è deciso di andare a studiare come nel tempo è stato affrontato il problema e quali sono ora le principali problematiche.

3.2. La progettazione Collaborativa in letteratura

Si intende con progettazione collaborativa nei processi BIM, l'atto di più professionisti di collaborare ad un progetto comune per permetterne la realizzazione, partendo dalle fasi di progettazione fino alla costruzione ed anche alla manutenzione futura. Si è andato a studiare le varie figure coinvolte, valutando il ruolo che esse dovranno avere nelle varie fasi; soffermandosi principalmente nelle problematiche che si generano nei processi di comunicazione a livello operativo.

Considerando in maniera generale, durante la fase di progettazione, i ruoli e le figure principali coinvolte sono solitamente uno o più progettisti, i quali hanno il compito di occuparsi della parte architettonica del progetto; mentre per la parte strutturale e impiantistica (MEP) sarà compito di 'ingegneri' specializzati occuparsene tramite opportuni programmi di calcolo.

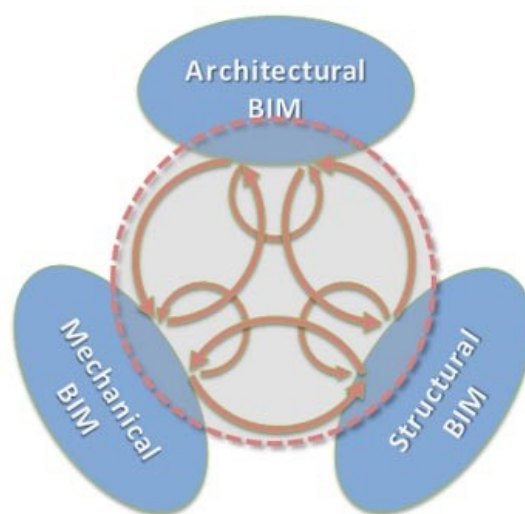


Figura 3.1 - esempio di collaborazione tra varie figure professionali

La progettazione collaborativa è funzione dunque dei software utilizzati per lo scambio di informazioni e dati: e quindi prende importanza il concetto di interoperabilità dei vari programmi utilizzati dai vari specialisti.

Ricordando come per interoperabilità si intende la capacità di scambiare dati tra applicazioni consentendo di uniformare i flussi di lavoro e tendendo a facilitarne l'automazione, si ha un'esigenza di 'dialogo' tra le varie applicazioni destinate a scopi specifici ma che hanno come scopo ultimo lo stesso progetto.

La qualità delle informazioni da scambiare va ben oltre il semplice dato grafico, in quanto l'uso degli oggetti consente la gestione ed il trasferimento di informazioni relative anche ai materiali, alle quantità, ai costi, ai tempi, alle analisi energetiche e strutturali, etc.

Il tema dello scambio dati, quindi, nel corso del tempo, è stato oggetto di grande attenzione e sforzi da parte di enti di ricerca, associazioni di produttori di software, industrie, etc. costituendo una vera e propria tecnologia a sé stante, che è andata evolvendosi all'evolversi dei software applicativi e delle loro esigenze.

La qualità dello scambio dei dati è, dunque, la direzione verso la quale si concentra il maggior impegno ai fini della diffusione del BIM, sia dal punto di vista procedurale che degli strumenti software.

Il vero problema nasce quando, le figure prima citate, hanno necessità di condividere il modello tra di loro e come questi modelli, solitamente importati con software diversi hanno bisogno di interagire tra di loro.

Questa necessità pone il requisito dell'interoperabilità come aspetto imprescindibile dell'evoluzione della metodologia BIM e quindi occorre bene definire quali sono le modalità con cui le varie figure professionali si rapportano, quali sono le informazioni da scambiarsi e in quali momenti.

Preso visione di queste informazioni generali, si è andato a studiare problemi di interoperabilità e progettazione collaborativa in progetti BIM in letteratura.

Questo ha permesso di conoscere le metodologie utilizzate per realizzare progetti di diverse dimensioni e conoscere in maniera più approfondita le problematiche riscontrate nella condivisione di modelli tra le varie figure professionali.

Nel far questo si è riscontrata molta difficoltà nel trovare casistiche dettagliate, principalmente dettato dal fatto che essendo in commercio molteplici applicazioni e software per le analisi da effettuare (sia strutturali

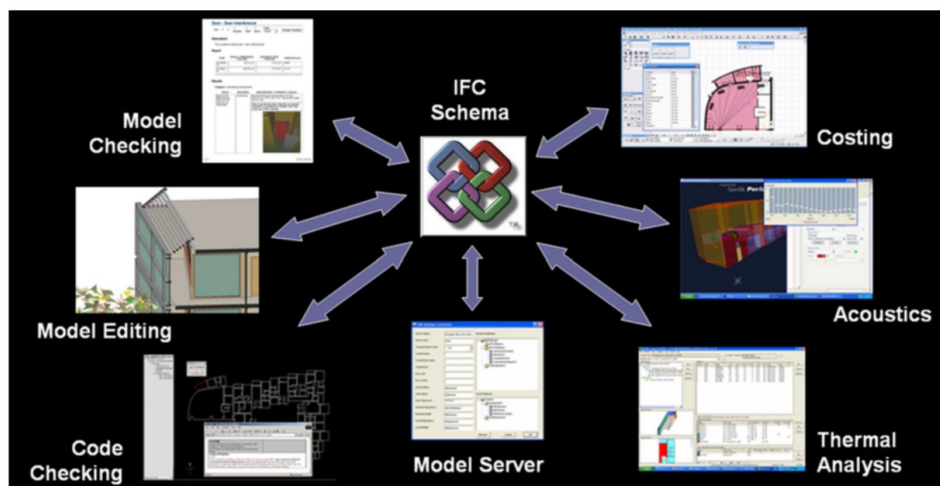
che MEP), non si riesce a definire un comportamento STANDARD che si ha tra i vari software e il formato IFC.

In primo luogo, è stato analizzato l'articolo di Jim Plume e John Mitchel¹⁰, del 2007.

Nel quale si va rivedere l'efficacia della tecnologia di modellazione edilizia esistente quando utilizzata in un contesto di progettazione multidisciplinare. Soffermandosi su tre obiettivi principali:

- a) esaminare l'impatto dell'uso di un modello di costruzione condiviso in un contesto di progettazione collaborativa;
- b) sviluppare una comprensione delle informazioni richieste in un modello di un edificio per supportare un'efficace collaborazione di progettazione;
- c) e per criticare l'attuale standard IFC (ed alcune delle principali applicazioni che supportano la tecnologia IFC).

A livello tecnico, lo studio è stato supportato da un IFC Model Server (fornito da EPM Technology). Lo strumento di modifica del modello principale era ArchiCAD. Inoltre, sono stati utilizzati una gamma di visualizzatori IFC nelle fasi iniziali per consentire agli studenti (che effettuavano questa sperimentazione) di visualizzare il modello dell'edificio, ed anche il modello Solibri Model Checker (SMC) utilizzato come strumento generico per eseguire audit di progettazione iniziali.



¹⁰ Jim Plume e John Mitchel: 'Collaborative design using a shared IFC building model. Automation in Construction 16 (2007) 28 – 36;

Il focus di quest'articolo è proprio sui problemi operativi che si hanno quando si lavora con un modello di edificio condiviso durante la progettazione. Ponendo il nodo cruciale nell'interoperabilità del modello stesso, dettata dalla difficoltà che si ha nello sviluppare un modello che rappresenta l'edificio durante tutta la sua vita.

Andando a valutare in dettaglio i problemi operativi riscontrati, si è valutato come una parte sostanziale degli architetti, hanno come obiettivo del loro output ancora i disegni. Quindi i loro modelli sono costruiti e ottimizzati per questo scopo primario e sono "condivisi" come disegni 2D a strati tradizionali.

Se invece il modello di edificio deve essere costruito tenendo presente l'interscambio collaborativo necessita di molto più tempo da parte dei progettisti per definire tutti gli oggetti all'interno del modello con le rispettive proprietà. Inoltre, si è andato a valutare i problemi in due macro-categorie:

1. Problemi del modello di costruzione

Il primo problema è stato il concetto di spazio o definizione di "stanza". Quindi si è andato a definire tre tipi di definizioni spaziali: stanze, unità residenziali e interi piani nello sviluppo. Un secondo problema importante era la robustezza del modello geometrico. Mancava una corretta denominazione dei piani un dato di riferimento, una corretta posizione geografica e elementi di costruzione opportunamente precisi.

Un terzo problema era l'uso coerente delle entità del modello di costruzione: questo si riferisce all'integrità semantica del modello. Questo è un problema potenzialmente più complesso poiché ogni applicazione ha una propria mappatura univoca per le entità del modello. Ad esempio, la facilità d'uso dello strumento lastra di ArchiCAD significava che le entità ifcSlab venivano trasformate in mobili da cucina.

Il modello di edificio è come se fosse un magazzino di informazioni progettuali, quindi i modellisti supportano la gestione di tali informazioni e, dato che l'analisi del progetto viene effettuata da applicazioni specializzate, devono essere in grado di leggere i dati del modello.

L'ultimo problema rilevato era la necessità di costruire elementi per includere dati di proprietà a supporto di analisi specifiche da parte delle applicazioni collaborative. Un requisito fondamentale era che tutti gli

elementi dell'edificio dovessero avere uno specifico materiale per consentire calcoli di prestazioni termiche, acustiche, di sostenibilità o di costo. Questo viene gestito in modo adeguato dal modello IFC standard, ma i dati più specializzati vengono generalmente gestiti nelle definizioni IFC tramite set di proprietà (PSET). Inizialmente usando Solibri Model Checker (SMC), si è valutato come riuscisse a verificare la coerenza del modello e il rilevamento dello scontro spaziale, ma non potesse rilevare i dati PSET. Di conseguenza, si è dovuto importare il modello IFC nuovamente in ArchiCAD per verificare tali dati.

2. Problemi di tecnologia IFC

Principalmente dettati dalla versione di ArchiCAD che aveva limitazioni riguardo l'esportazione riguardo file IFC. Per quanto riguarda questo punto, dato la data di pubblicazione dell'articolo (2008) si è valutato come il software abbia migliorato negli anni i problemi riscontrati in questa sperimentazione.

Mentre, un altro problema riscontrato, ovvero la dimensione del file IFC che, nel momento in cui tutti le figure coinvolte nel progetto inseriscono i propri dati può raggiungere dimensioni notevoli e quindi creare problemi nel visionare il file in maniera agevole fino ad avere anche problemi nel gestire il modello completo, in questo studio hanno optato per una divisione in sottolivelli. Ciò ha facilitato la divisione dei dati in compiti analitici più gestibili, inoltre, dividendo il modello in sotto--modelli separati è stato possibile aggiornare il modello contemporaneamente, almeno per livello, in questo caso usando i piccoli gruppi di studenti.

La comunicazione con il server IFC è stata gestita da un componente aggiuntivo IFC versione beta per ArchiCAD che, nella sua funzionalità iniziale, consentiva solo l'upload e il download di modelli completi.

Il piano di backup consisteva nell'utilizzare le strutture esistenti all'interno dei sistemi BIM standard, in questo caso ArchiCAD, per mantenere un modello di progetto principale che incorporava un insieme di sotto-modelli specifici per ruolo o disciplina.

In conclusione, questo studio afferma che il problema principale è l'importanza della creazione di un modello di edificio adatto a supportare la progettazione collaborativa. Poiché si è valutato quanto il modello esistente dovesse essere riorientato verso le applicazioni utilizzate nelle analisi

disciplinari dato che il problema della gestione dei modelli diventa molto problematico.

Inoltre, un altro problema che è emerso è il concetto di allegare "intenzioni" agli elementi del modello di progetto. In un ambiente di progettazione cooperativa, c'è la necessità di trovare un modo per trasmettere l'intento dietro le decisioni che sono state prese.

Di risposta a quest'ultima affermazione, si può collegare un articolo di Steve Kelly¹¹, nel quale si va a considerare in maniera decisa il concetto di collaborazione.

Diversificando la cooperazione, che riguarda la collaborazione reciproca, mentre la collaborazione riguarda la collaborazione per raggiungere obiettivi condivisi¹². Una definizione alternativa di collaborazione si espande sui principi relativi all'industria AEC o all'ambiente di istruzione, esprimendo come professionisti del settore o studenti comunicano e collaborano attivamente "per produrre un unico risultato, parlando e condividendo le proprie risorse cognitive per stabilire obiettivi e referenti comuni, per prendere decisioni congiunte, per risolvere problemi emergenti, per costruire e modificare soluzioni e valutare i risultati attraverso dialogo e azione"¹³.

In relazione a questo vengono valutati esperimenti svolti all'interno di varie università, riguardo corsi di collaborazione con l'intento principale quello di centralizzare il modello. Ponendo come attenzione ultima proprio il fatto che indipendentemente dalle difficoltà (descritte dal precedente articolo) riguardo l'interoperabilità dei vari software, i partner all'interno di un team di progetto hanno concordato come il metodo definito come 'tradizionale', ovvero seduti ad un tavolo con i disegni fosse proprio il problema maggiore. Quindi la possibilità di inserire collegamenti e informazioni non solo grafiche all'interno del modello potrebbe garantire una progettazione più fluida ma soprattutto più rapida.

Mentre il nodo cruciale in questo caso rimane sempre sul modello condiviso e la difficoltà che esso possa aggiornarsi in tempo reale.

¹¹ Steve Kelly: ['BIM-plementation: a new model for collaborative design'](#). 45th Annual Conference of the Architectural Science Association, ANZASCA 2011, The University of Sydney;

¹² van Leeuwen, J., van Gassel F., den Otter A., (2004) Teaching Collaborative Design In: Proceedings of the International Workshop on Construction Information Technology in Education 2004. Istanbul, Turkey, September 7th 2004.

¹³ Hennessy S., Murphy P., (1999) The Potential for Collaborative Problem Solving in Design and Technology *International Journal Of Technology And Design Education* Volume 9, Number 1, 1-36.

Questo viene fuori da un caso studio, che si basa sull'integrazione del BIM nel settore della progettazione. Viene valutato difatti un progetto di una struttura di ricerca.

Andando a considerare:

1. Il Team: composto in questo caso da un cliente e da 15 società di consulenza;
2. Il Software: viene utilizzato unicamente Revit per ogni disciplina del team, per creare i rispettivi modelli oltre che per produrre i documenti cartacei per la progettazione e documentazione. Per ottenere informazioni dettagliate, i modelli sono stati salvati come file Navisworks per far sì che ciascuna disciplina possa identificare i propri scontri e coordinarsi di conseguenza. Inoltre, sono stati usati Rhino e Grasshopper per la modellazione della facciata continua. Importante notare come in questo caso non sia specificato come questi software di natura diversa collaborino tra di loro se importati tutti in un formato di famiglia Autodesk;
3. Gestione dei file: l'attenzione viene posta sul creare un modello 3D compatto, togliendo informazioni irrilevanti come fogli e dettagli. Tutto viene caricato su Aconex una volta a settimana, che viene anche usato per gestire i documenti per il progetto. Questa soluzione non esclude meeting settimanali per risolvere i principali problemi e l'utilizzo delle mail per risolvere problemi minori.

I limiti principali sono stati riscontrati proprio sul doversi incontrare fisicamente ogni settimana, oltre i problemi di natura organizzativa questo stava a significare che ogni team che lavorava in una specifica disciplina a fine settimana stava lavorando con ormai un modello superato.

In conclusione, viene suggerita una soluzione a questo problema, andando a creare un Server di progetto nel quale tutti i modelli possano essere memorizzati ed accessibili. Oppure, con l'implementazione di un modello 'live' con tutte le complicazioni che giustamente può comportare.

Riguardo l'argomento della comunicazione tra i vari partner del progetto, per agevolare e velocizzare il flusso di lavoro in una progettazione collaborativa è stato analizzato il testo di *Léon van Berloa, Thomas Krijnen*¹⁴, nel quale viene sviluppato un flusso di lavoro di tipo BCF.

¹⁴ *Léon van Berloa, Thomas Krijnen: 'Using the BIM Collaboration Format in a server based workflow'*. 12th International Conference on Design and Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning, DDSS 2014;

BCF viene intesa come abbreviazione di "BIM Collaboration Format" ed è uno standard aperto per comunicare i "problemi" di un modello BIM durante il suo ciclo di progettazione.

In sostanza, un problema BCF contiene una descrizione del problema, uno stato, collegamenti a un modello BIM e oggetti, un'immagine del problema. I problemi di BCF sono racchiusi in un file ZIP (.bcfzip) e inviato ai partner del progetto (utilizzando i dati BCF in un ambiente online centralizzato). Il server BCF è stato sviluppato e integrato con un visualizzatore 3D online e BIMserver. È stato mostrato attraverso il server BCF i partner del progetto sono stati in grado di creare problemi, gestirli online e valutarli nel contesto dell'attuale modello BIM.

Si è voluto creare un hub centrale attraverso il quale è possibile sollevare questioni creando commenti, ponendo interrogativi sul progetto o semplicemente analizzando i dati. Inoltre, è stato studiato se sarebbe stato possibile semplicemente fare affidamento sul file del modello IFC per memorizzare i commenti.

Come incorporare dei dati collegandoli da fonti esterne nel file del modello, oppure se è possibile estrarre informazioni dal file nel suo complesso o parti di esso, sulla base di proprietà numeriche quantificabili, come ad esempio componenti geometriche o quantità di relazioni con altri elementi o altri dati semantici. Tale approccio potrebbe essere usato per dedurre quali parti del modello non sono ancora completamente sviluppate e hanno bisogno di lavoro aggiuntivo.

Un flusso di lavoro BCF convenzionale descrive una trasmissione di problemi basata su file, ad esempio basata sulla posta elettronica e non proporre mezzi per organizzare centralmente la comunicazione che riguarda un modello. Questo rende difficile per altre parti interessate per analizzare l'intero corpus di questioni e ottenere una rapida panoramica dell'intero progetto.

Questo studio ha mostrato sicuramente più interazione tra i partner del progetto nel tempo che intercorre tra i vari incontri fisici. Ma la possibilità aggiunta di fare commenti non è stata fortemente utilizzata, infatti i partner del progetto hanno preferito parlare al telefono per discutere argomenti e quindi ricevere una risposta immediata. Ciò ha reso gli utenti inconsapevoli di nuovi commenti e quindi i partner del progetto dovevano trovare altri modi per indicare le loro osservazioni.

Questi vari articoli sono stati valutati per esporre proprio come non vi è una soluzione universale per far sì che le varie figure professionali collaborino

in maniera fluida e veloce all'interno di un progetto dato che non è ancora stato trovato uno standard efficace di comunicazione e quindi il contatto diretto risulta sempre il più funzionale.

Analizzato il problema che si va generando per via delle figure umane all'interno del progetto si va ora a trattare come il problema di interazione tra i vari programmi e gli IFC siano il problema principale e come questo influisce sulla progettazione collaborativa.

Per far questo si propone un caso studio di Minho Oh, Jaewook Lee, Seung Wan Hong e Yongwook Jeong¹⁵. Questo testo si concentra proprio sulla progettazione collaborativa basata sul BIM. Andando a valutare come gli strumenti di progettazione che supportano la progettazione collaborativa basata sul BIM) dovrebbero fornire funzioni integrate che possono essere utilizzate durante il processo di progettazione.

Inoltre, le informazioni prodotte durante la progettazione collaborativa dovrebbero essere fornite tempestivamente ai partecipanti. La funzione e le informazioni integrate nel progetto collaborativo facilitano la comunicazione tra i partecipanti al design e migliorano la qualità e la produttività del progetto prevenendo il lavoro non necessario.

Si valuta inoltre come gli strumenti di progettazione basati su BIM commerciali utilizzati nella pratica sono inadeguati a fornire un ambiente di progettazione dal punto di vista dell'integrazione e la maggior parte degli studi correlati si è concentrata sulla condivisione delle informazioni utilizzando formati standard.

Noto questo, questo studio tenta di concettualizzare l'integrazione per il miglioramento della progettazione collaborativa basata su BIM e di proporre un sistema di progettazione integrato.

¹⁵ *Minho Oh, Jaewook Lee, Seung Wan Hong e Yongwook Jeong: ['Integrated system for BIM-based collaborative design'](#). Automation in Construction 58 (2015) 196–206*

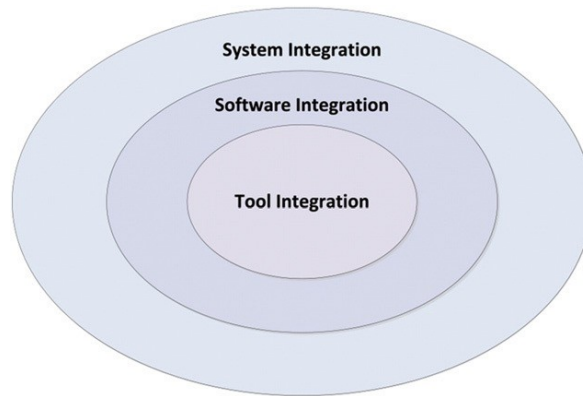


Figura 3.3 - Gerarchia di integrazione

Si valuta come a condivisione delle informazioni attraverso il formato di file IFC ha molti limiti nella progettazione collaborativa effettiva. *Lim et al. e Kim e Ock*¹⁶ hanno effettuato delle analisi di compatibilità delle informazioni utilizzando il formato di file IFC per software basati su BIM come ArchiCAD, Revit, MicroStation e Digital Project. Mentre *Plume e Mitchell* hanno analizzato l'interoperabilità del software basato su IFC durante la progettazione e *Fischer e Kam* hanno testato l'interoperabilità tra il formato IFC e diversi programmi commerciali.

Questi studi dimostrano che la perdita di dati si verifica perché lo scambio di informazioni basato su formato IFC non riesce a fornire un'interoperabilità completa. Spesso la perdita di dati è il risultato di differenze strutturali tra il formato IFC e il formato dei dati del software stesso o differenze nei meccanismi di conversione dei dati. Di conseguenza, ci sono state limitazioni nello sviluppo di un ambiente di progettazione collaborativa attraverso il formato IFC.

L'ambiente di progettazione integrato per la progettazione collaborativa basata sul BIM deve fornire un supporto di lavoro efficiente durante tutto il processo, riflettendo sulle esigenze e le richieste degli utenti, non semplicemente applicando semplicemente un formato standard.

Per analizzare lo stato attuale della progettazione collaborativa basata sul BIM, esponendo come i requisiti funzionali richiesti per le 4 fasi di progettazione, definiti dall'AIA (che sono: Pre-design; Schematic design; Design development; Construction documents) siano tre per ogni fase:

1. Generazione e documentazione dei dati BIM;

¹⁶ S.H. Han, D.Y. Kim, H. Kim, W.S. Jang, A web-based integrated system for international project risk management, *Autom. Constr.* 17 (3) (2008) 342–356.

2. Valutazione della qualità dei dati BIM;
3. Archiviazione e gestione dei dati BIM.

Per l'analisi della progettazione collaborativa, sono state selezionate due applicazioni BIM commerciali (Revit e Solibri Model Checker) che supportano i tre requisiti funzionali e si è studiato le loro prestazioni per ogni attività. È stato preso Revit per generare dati BIM 3D e Solibri Model Checker per valutare la qualità di questi dati BIM. Mentre per lo scambio di informazioni tra le due applicazioni, è stato utilizzato il formato IFC. Poiché la perdita di dati si verifica comunemente quando viene utilizzato il formato IFC, questo studio ha cercato di scovare le cause di questi problemi.

È stato modellato con Revit un edificio ospedaliero sia con i componenti architettonici che MEP e convertito il file di Revit in un file IFC. Dopo aver caricato il file IFC convertito con Solibri Model Checker e Revit, si è analizzato la perdita di dati tra le applicazioni durante lo scambio di informazioni:

Secondo l'analisi, il 78,8% di tutti gli oggetti è stato perso nel processo di scambio di informazioni tra i formati IFC e Revit e anche la maggior parte delle proprietà dell'oggetto (ad es. Colore, griglia, livello, posizione e vista). Tra il formato IFC e Solibri, i dati relativi a colore, posizione e sistema MEP sono andati persi e gli oggetti importati sono aumentati da 1031 a 1078.

Analysis of data loss in file conversion between different formats.		
Modeling and conversion (1)	Revit MEP modeling	Revit → IFC → Revit
Data loss analysis (1)	<ul style="list-style-type: none"> Shape Visualization Location Layer Property System Loss of object 	<ul style="list-style-type: none"> Recognition of 2D shapes only due to loss of view tree data Loss of view and color data Loss of object location and grid data Loss of object layer Loss of object property data Loss of MEP system data 222 out of 1031 objects preserved (78.8% lost)
Modeling and conversion (2)	<ul style="list-style-type: none"> Revit MEP modeling 	<ul style="list-style-type: none"> Revit → IFC → Solibri
Data loss analysis (2)	<ul style="list-style-type: none"> Shape Visualization Location Layer Property System Loss of object 	<ul style="list-style-type: none"> Good overall recognition of object shapes in IFC file Loss of color data Loss of object location and grid data Good overall recognition of layers as IFC data Good overall recognition of property data Good overall recognition of MEP system data 1,078 out of 1,031 objects preserved (0.2% increased)

Figura 3.4 - analisi dei dati persi durante la conversione tra i due differenti formati

Le cause sono da ricondurre, per quanto riguarda la perdita di dati tra IFC e Revit, a causa della discrepanza tra le definizioni degli oggetti tra i due

formati. Dato che il formato IFC non può includere tutti gli oggetti e le loro proprietà definite in Revit, i dati oggetto non potevano essere trasferiti attraverso il formato IFC.

Invece, la ragione dell'aumento dell'oggetto tra IFC e Solibri è la differenza di modellazione dell'oggetto.

Dunque, per la modellazione MEP con Revit, un sistema MEP viene modellato per includere condotto, condotto flessibile, raccordo per condotto, terminale di aria o condizionatore d'aria. Ma dato che Solibri non è stato in grado di fornire una funzione per generare il sistema MEP come Revit, tutti gli oggetti inclusi nel sistema MEP sono stati trasferiti autonomamente, con conseguente aumento dell'oggetto.

Questo studio propone i concetti di sviluppo di un sistema di progettazione integrata dal punto di vista dell'integrazione di sistemi e software per superare i limiti degli strumenti di progettazione BIM convenzionali.

Consapevoli del fatto che il software di progettazione basato sul BIM tradizionale è sviluppato principalmente concentrandosi su funzioni definite e limitate, l'uso di software esterni per fornire funzioni aggiuntive è inevitabile che però, a loro volta, aumentano i costi di progettazione e causa problemi di interoperabilità.

Ad esempio, per rivedere il modello BIM, l'output del progetto, il modello creato è stato inviato a Soribri usando Revit o ArchiCAD. Di conseguenza, si sono verificati problemi come la perdita di informazioni. Pertanto, il sistema di progettazione integrata basato sul BIM deve fornire funzioni integrate necessarie per l'adempimento dei compiti per fase e tipo di lavoro nel processo di progettazione collaborativa senza l'uso di software eterogeneo. Andando a fare una distinzione fondamentale tra progettazione collaborativa basata sul BIM che non è altro che la collaborazione tra i lavoratori durante l'intero processo attraverso la comunicazione e lo scambio di informazioni mentre, l'interoperabilità, rappresenta il grado di scambio di informazioni tra gli strumenti come fattore tecnico di base per supportare la progettazione collaborativa.

Quindi il sistema di progettazione integrata dovrebbe fornire ai partecipanti le informazioni richieste in tempo senza problemi di interoperabilità. Inoltre, poiché i livelli di informazione che devono essere condivisi dai partecipanti (sono diversi in base alla natura specifica di un progetto,) il sistema deve gestire le informazioni integrate in base al livello di condivisione delle informazioni.

In un esempio, l'ingegnere MEP ha bisogno di informazioni spaziali sulla progettazione architettonica per organizzare il proprio lavoro. Tuttavia, tutti i modelli dovevano essere condivisi dopo la conversione nel formato IFC. Una soluzione di conseguenza sarebbe proprio quella di fornire le giuste informazioni che ciascun partecipante ha bisogno in ogni fase di progettazione, in modo da prevenire l'aumento delle ore di lavoro causato dalla conversione e dalla condivisione di file e dalla fornitura di informazioni non necessarie.

Con il supporto integrato del processo, non si ha più una situazione in cui vari software supportano in modo indipendente determinate attività come si ha nell'ambiente collaborativo convenzionale: in questo modo si può supportare in modo coeso i partecipanti nello svolgimento dei diversi compiti che si hanno durante l'intero processo di progettazione.

Per implementare i tre concetti di integrazione, sono stati sviluppati i seguenti tre moduli: BIM Modeler, BIM Checker e BIM Server.

Che supportano la "generazione e documentazione dei dati BIM", "Valutazione della qualità dei dati BIM" e "Archiviazione e gestione dei dati BIM" come componenti principali del sistema di progettazione integrata.

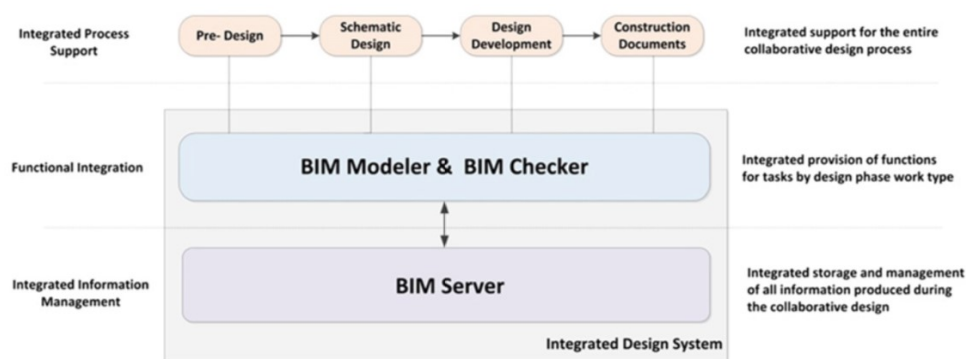


Figura 3.5 - Concetti chiave di integrazione del sistema di progettazione integrata basato sul BIM.

"Functional Integration" consiste nel fornire le funzioni richieste per la modellazione e la valutazione del progetto tramite BIM Modeler, BIM Checker e BIM Server.

"Integrated Information Management" consente la gestione integrata di tutte le informazioni prodotte durante la progettazione collaborativa collegando il BIM server con altri moduli.

"Integrated Process Support" fornisce le funzioni necessarie per la progettazione e la gestione delle informazioni di progettazione attraverso il

collegamento continuo tra i tre moduli in base allo stato di avanzamento del progetto.

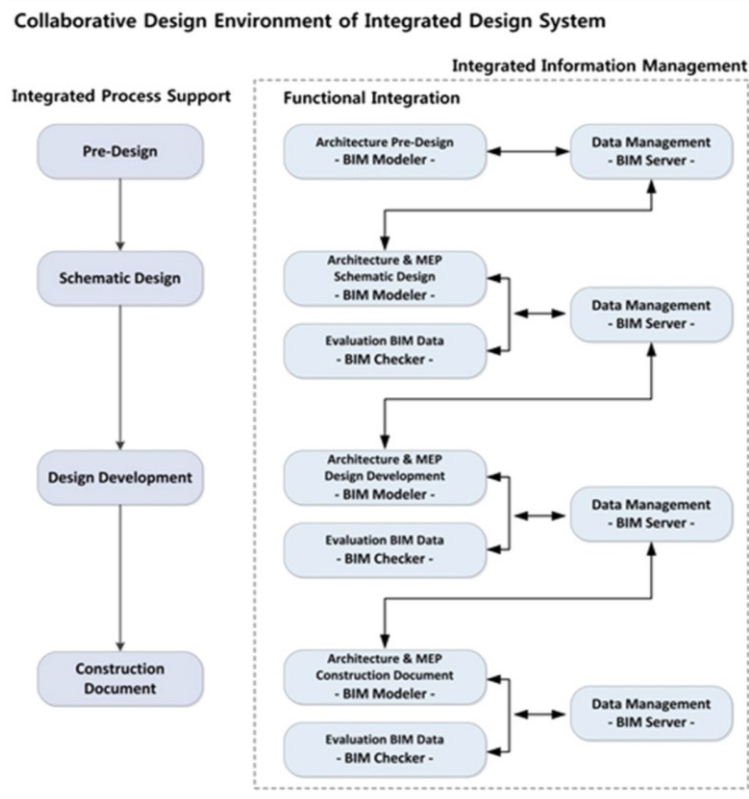


Figura 3.6 - Ambiente di progettazione collaborativo nel sistema di progettazione integrata.

In maniera molto schematica si vanno a definire i ruoli di questi tre moduli, definendo come:

1. Bim Modeler: fornisce le funzioni per la modellazione e il disegno e per il suo sviluppo sono stati definiti i componenti principali del BIM (oggetti e proprietà). Classificando gli oggetti in Categorie e Divisioni in modo da definire il grado di dettaglio per le fasi di progettazione. Includendo in Categorie gli oggetti generali mentre in Divisioni oggetti specifici all'interno delle Categorie.
2. Bim Checker: consente di valutare la qualità dei risultati del progetto e quindi dei dati BIM. Questa valutazione viene divisa in: revisione del progetto; revisione del regolamento. In modo da valutare sia errori di progettazione e sia il rispetto delle normative.
3. Bim Server: permette di gestire le informazioni prodotte dal BIM Modeler e BIM Checker. In modo da archiviare e gestire tutte le informazioni generate durante la progettazione collaborativa in modo integrato.

Questo studio ha permesso di definire un metodo che riesce a ridurre la quantità di software da utilizzare durante la progettazione collaborativa, eliminando problemi di interoperabilità. Inoltre, utilizzando un BIM Server invece semplicemente di scambiarsi i dati IFC, gli errori e le perdite di dati si sono ridotti oltre anche alla diminuzione delle ore effettive di lavoro.

Una soluzione alternativa al condividere il modello sotto forma di file IFC viene suggerita da L. Zhang, R. R. A. Issa & S. Olbina¹⁷, basandosi sul principio di estrazione di file «on-demand» sul web.

Difatti, utilizzando la tecnologia web è più facile trasferire e valutare le informazioni all'interno del progetto soprattutto in cantiere. Essendo IFC basato su testo semplice, in caso di progetti molto elaborati, il file può raggiungere dimensioni molto grandi e quindi creare non pochi problemi anche per effettuare dei calcoli o dei render.

Si può dunque utilizzare l'XML (Extensible Markup Language) che permette di memorizzare la struttura di un documento e le informazioni sul suo contenuto, consentendo la corrispondenza automatica delle informazioni estratte al file di dato. Non è altro che un database semi-strutturato, poiché implicito di dati stessi.

Di conseguenza si può utilizzare per modelli IFC, in modo da trasferire il modello su pagine Web più facilmente e comodamente leggibili.

Nell'andare più nel dettaglio a valutare cosa accade in un processo di progettazione collaborativa si sono andati a studiare in letteratura testi più mirati alle problematiche che si hanno riguardo l'interoperabilità di software diversi mirati, come in questo caso, ad un'analisi strutturale o MEP.

Nel testo di Zhen-Zhong Hu, Xiao-Yang Zhang a, Heng-Wei Wang a, Mohamad Kassem¹⁸ si è andato a studiare e proporre un approccio che combina il classico formato di scambio IFC con una serie di algoritmi che permettono di migliorare l'interoperabilità tra modelli architettonici e modelli strutturali e anche tra più modelli di analisi strutturale tenendo conto infatti che all'interno del settore dell'ingegneria strutturale, i progetti di costruzione coinvolgono in genere diversi consulenti e ingegneri che eseguono analisi strutturali utilizzando diverse tecnologie e applicazioni software.

L'interoperabilità è considerata un fattore chiave per snellire i flussi di informazioni tra le diverse discipline e influenzare la proposta di valore del

¹⁷ L. Zhang, R. R. A. Issa & S. Olbina: 'Web-based on-demand information extraction system for building information models';

¹⁸ Zhen-Zhong Hu, Xiao-Yang Zhang a, Heng-Wei Wang a, Mohamad Kassem: 'Improving interoperability between architectural and structural design models: An industry foundation classes-based approach with web-based tools'. Automation in Construction 66 (2016) 29–42;

BIM nell'industria. Le sfide di interoperabilità sono spesso associate alle capacità di esportazione e importazione dei modelli di dati tra le diverse tecnologie, che costituisce uno degli ostacoli al progresso del BIM.

Nell'industria, i principali sforzi per migliorare l'interoperabilità vengono intrapresi da buildingSMART, che difatti hanno proposto la Model View Definition (MVD) come un concetto chiave per affrontare la sfida di interoperabilità ma, in ambito strutturale, anche se la vista dell'analisi strutturale IFC2x3 copre i requisiti di scambio per trasferire il modello di analisi strutturale a una o più applicazioni di analisi strutturale, definisce solo le informazioni scambiate tra le applicazioni di progettazione strutturale e le applicazioni di analisi strutturale.

Dato che la maggior parte degli sforzi di ricerca esaminati forniscono solo la conversione 'a senso unico' e non hanno la capacità di convertire tra un BIM architettonico e uno strutturale BIM e tra più modelli di analisi strutturale. Nel caso di progetti di costruzione complessi, possono essere utilizzati diversi modelli e tecnologie di analisi strutturale per verificare la sicurezza strutturale e la conformità del progetto proposto. L'attuale capacità di trasformazione del modello è limitata a una conversione diretta unidirezionale tra alcune di queste tecnologie. Di conseguenza, i processi e le informazioni devono essere ripetuti e ricreati comportando ulteriori tempi, costi e manodopera e risultando in un flusso di lavoro inefficiente.

Un tipico modello di analisi strutturale consiste principalmente di geometria, materiali, sezioni, carichi e vincoli.

La figura illustra le differenze di struttura dei dati, semantica e sintassi che influenzano riferimenti di coordinate, geometria, materiali, ecc tra diversi programmi. Superare queste discrepanze semantiche e di sintassi tra i diversi modelli e tecnologie è una sfida chiave per il processo di conversione. Nell'approccio e negli strumenti proposti, questo studio ha valutato i seguenti programmi: ETABS; SAP2000; MIDAS; ANSYS e tutte le tecnologie supportate da IFC.




		Information expression					
File type		ETABS (*.e2k)	SAP2000 (*.s2k)	MIDAS (*.mgt)	ANSYS (*.mac)	IFC (*.ifc)	
Geometry 	ETABS	POINT "pt name" {x} {y}	LINE "line name" [COLUMN / BEAM / BRACE] "pt1" "pt2" [1/0] [1/0]				
		AREA "area name" [FLOOR/PANEL] {number} "pt1" "pt2" "pt3" "pt4"..... [1/0] [1/0] [1/0] [1/0] ...					
		Joint={pt name} CoordSys=GLOBAL CoordType={Cartesian/Cylindrical} XorR={value} Y={value} Z={value}					
	SAP2000	Frame={line name} Joint1={pt1} Joint2={pt2} IsCurved={Yes/No} Length={value}					
		Area={area name} NumJoints={number} Joint1={pt1} Joint2={pt2}... Perimeter={value} AreaArea={value}					
Material 	ETABS	MATERIAL "mat name" M {mass} W {weight} TYPE ["ISOTROPIC" / "ORTHOTROPIC"] E {e} U {u} A {a}					
	SAP2000	Material={mat name} Type={Concrete/Steel/...} SymType={Isotropic/Orthotropic/...} TempDepend={Yes/No}					
	MIDAS	{mat number}, {Type Concrete/Steel/...}, <Data>					
	ANSYS	MP, [ex/alpx/prxy/gxy/dens/.....], {material number}, C0, C1, C2, C3, C4... {value}					
	IFC	ifcMaterialProperties					
Section 	ETABS	FRAMESECTION "sec name" MATERIAL "mat name" SHAPE "type" {parameters}					
		SHELLPROP "sec name" MATERIAL "mat name" PROPTYPE ["WALL"/"SLAB"...] TYPE ["SHELL"/"PLATE"] {thickness}					
	SAP2000	SectionName={sec name} Material={mat name} Shape={Rectangular/Circle...} {parameters}					
		Section={sec name} Material={mat name} MatAngle={value} AreaType={Shell/Plane/Asolid} Thickness={value}					
	MIDAS	{sec number}, {TYPE}, {shape name}, <OFFSET>, {SHAPE}, <DATA>					
ANSYS	SECTYPE, SECID, Type[beam/joint/shell...]. Subtype[SECDATA/SECOFFSET], Name						
IFC	ifcProfileProperties—IfcProfileProperties + IfcRibPlateProfileProperties						
Load / Restraint / Other information							

Figura 3.7 - Rappresentazioni di informazioni in vari strumenti di analisi strutturale

Il problema è dettato dalla rappresentazione incoerente di modelli di dati (ad es. Geometria, materiali, sezioni, carichi, vincoli, ecc.) in relazione alle molteplici relazioni o istanze che ciascuna entità può avere. Ad esempio, le entità sotto "geometria" includono informazioni "congiunte", "frame" e "area". Ognuna di queste entità potrebbe avere le proprie informazioni su materiale e sezione e potrebbe o meno avere un ruolo portante.

Questo studio ha affrontato le sfide della conversione dei dati tra un BIM architettonico e un BIM strutturale e tra diversi BIM di analisi strutturale. Per raggiungere questa sfida di conversione, questo studio ha proposto un modello di informazioni unificate basato su IFC e diversi algoritmi. Gli algoritmi hanno aiutato a superare le rappresentazioni incoerenti di dati e informazioni tra le diverse applicazioni di analisi strutturale.

Rispetto agli approcci di conversione attualmente implementati in strumenti commerciali, le piattaforme proposte hanno consentito una migliore copertura e collaborazione (ad esempio, accesso locale e remoto), versatilità (ovvero utilizzo con più strumenti commerciali) e flessibilità (ad esempio, adattabile a requisito utente specifico).

Quindi possiamo definire come il formato IFC sia un efficace sistema di trasferimento delle informazioni tra modellatori BIM.

Ma bisogna però fare una precisazione: pensando al dialogo che si ha con un programma di calcolo, il formato IFC, così come viene comunemente generato, non vi presenta le informazioni richieste dal modello di calcolo (sezioni strutturali, soluzione della congruenza nei nodi).

Il software strutturale, volendo sfruttare questo tipo di formato, dovrebbe risolvere, una volta importati gli oggetti solidi, sia la generazione degli

elementi finiti relativi ad ogni oggetto sia riuscire a costruire uno schema congruente altrimenti il modello importato risulterà inutilizzabile. In casi complessi, realizzare una struttura perfettamente congruente e utilizzabile immediatamente dall'Analista è difficoltoso.

Per rendere più efficace il trasferimento dal modellatore BIM al programma di bisognerebbe controllare molti punti critici proprio dal modellatore BIM, poiché nel caso si un trasferimento completamente automatico sposterebbe l'analisi delle criticità sopra descritte nel software di calcolo: quindi l'Analista dovrebbe attendere l'esito del trasferimento per ricontrollare l'intero modello e capire la bontà di quanto fatto aumentando di molto le tempistiche.

Per mantenere i benefici dell'interoperabilità BIM, bisogna operare con criterio e secondo degli standard di lavoro condivisi tra tutti. Bisogna concordare tra tutte le figure presenti nella progettazione delle regole di scambio. Le regole non sono pensate per creare ulteriori rallentamenti e difficoltà nello scambio di informazioni, ma proprio per poterne migliorare il contenuto e poter essere operativi in tempi ancora più rapidi.

Nel workflow BIM, l'ottimizzazione delle procedure di scambio dati porta ad un immediato vantaggio dal punto di vista del lavoro: non ci sono errori generati dal ridisegno della struttura, né tantomeno perdite di tempo nel comunicare i cambiamenti apportati al progettista.

Interoperabilità significa risparmio di tempo, affidabilità del metodo, controllo totale sul progetto. Dal punto di vista del progettista architettonico, l'interoperabilità si traduce nel realizzare il modello BIM del progetto, salvarlo in formato IFC ed inviarlo allo strutturista per le verifiche ed i calcoli necessari.

Nei casi migliori, il formato IFC viene sostituito da un link di scambio dati bidirezionale. In tal caso la struttura viene inviata direttamente al programma di calcolo, e può essere elaborata in tempi ancora più rapidi.

Infine, l'ultima proposta valutata è quella di Shafiq, Matthews, Locklew, E.D. Love¹⁹ dove valutano come la collaborazione su Building Information Models (BIM) è attualmente svolta attraverso scambi basati su file, utilizzando una varietà di metodi, come trasferimento di file fisici, extranet, siti Web di progetto e strumenti di collaborazione proprietari.

¹⁹ Shafiq, Matthews, Locklew, E.D. Love (2018): 'Model server enabled management of collaborative changes in building information models'.

I requisiti per la collaborazione abilitata BIM che richiede la progettazione simultanea, sono attualmente ostacolati da questo affidamento sugli strumenti basati su file esistente, che hanno una serie di limitazioni:

- le differenze nella struttura di archiviazione interna delle piattaforme di authoring BIM rendono difficile mantenere l'integrità delle informazioni nei modelli quando sono condivise tra le applicazioni. Anche se gli scambi sono in un formato di file neutro per piattaforma, come Industry Foundation Classes (IFC), le applicazioni di authoring BIM native lasciano impronte dell'applicazione sui dati. Inoltre, l'aggiunta o la perdita di dati durante un'esportazione IFC, può rendere i modelli meno interpretabili una volta importati in altre applicazioni.

Viste le limitazioni di cui sopra, l'utilizzo di scambi di dati basati su file non è fattibile come soluzione a lungo termine per la collaborazione sui BIM.

Nell'affrontare questo problema, il concetto di Model Server è stato identificato come potenzialmente in grado di migliorare il flusso di lavoro e stimolare la collaborazione sui BIM.

Un server modello indipendente dalla piattaforma dovrebbe consentire a diverse applicazioni BIM di disciplina di scambiare dati utilizzando IFC e fornire funzionalità di collaborazione per consentire il caricamento/il download, la visualizzazione, la divisione, la fusione e il confronto di un modello. Tuttavia, i flussi di lavoro di collaborazione durante le transazioni con i model server portano alla creazione di strutture dati complesse, la cui gestione presenta diverse sfide irrisolte, limitando quindi l'applicazione pratica per gli utenti finali (Kiviniemi et al., 2005; Koch e Firmenich, 2011)²⁰. Il flusso di lavoro in un server modello abilitato per la collaborazione BIM si basa su uno scambio bidirezionale iterativo di dati (cioè "round trip") in una lunga transazione (cioè indipendente dal server, su una workstation locale, nell'arco di giorni non millisecondi). Ciò include:

- 1) distribuzione / download dei dati (cioè il controllo dei dati);
- 2) manipolazione locale dei dati secondo l'intento dell'utente (cioè modificazione del modello); e
- 3) caricamento delle modifiche all'archivio dei dati condivisi sul server del modello (ad esempio il check in dei dati), come illustrato nella Fig. xx.

²⁰ Koch C, Firmenich B. (2011). An approach to distributed building modeling on the basis of versions and changes. *Advanced Engineering Informatics*, 25 (2):297-310;

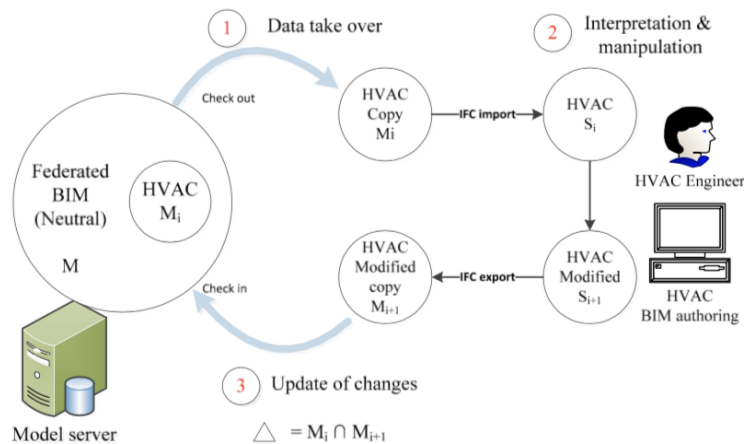


Figura 3.8 - ciclo iterativo di scambio dati in un Model Server

La Figura xx rappresenta un tipico flusso di lavoro di un repository di dati condiviso (M), scambiando un modello di sottogruppo neutro (M_i) in una lunga transazione, che viene importata in uno strumento BIM dell'utente finale (S_i), modificata ($S_i + 1$) e quindi esportata torna in formato dati neutri ($M_i + 1$). La differenza tra M_i e $M_i + 1$ è il set di modifiche che deve essere reintegrato con il repository condiviso per completare il flusso di lavoro. Questo flusso di lavoro presuppone che l'utente stia importando/esportando un modello IFC all'interno/all'esterno di un programma di creazione BIM e non solo modificando l'IFC tramite un editor di testo.

La collaborazione sui BIM utilizzando un repository condiviso distribuito è un processo iterativo che coinvolge transazioni lunghe. Le informazioni nel repository condiviso (ovvero il server del modello) sono definite in termini di un momento nel tempo e di versioni associate in altri momenti nel tempo, determinando un numero di versioni e varianti di un'istanza di repository condivisa e disciplinano modelli di informazioni specifici. Le modifiche in queste versioni possono essere:

- a) modifiche tecniche, come la selezione di un'alternativa di progettazione;
- b) modifiche e dettagli degli oggetti come il processo di progettazione procedono;
- c) modifiche causate dall'intervento di round tripping di dati, come l'importazione IFC / esportare.

La gestione di queste modifiche comporta flussi di lavoro complessi supportati da operazioni di calcolo che consentono a un server modello di

gestire transizioni semplici e complesse. Oltre alle sfide tecniche, ci sono problemi degli utenti che devono essere considerati durante la gestione delle modifiche iterative. Ad esempio, se un ingegnere strutturale decide di modificare la posizione di 4 colonne, non esiste un flusso di lavoro standard predefinito per l'esecuzione di questa modifica. L'ingegnere può cambiare ogni colonna singolarmente, portando a quattro cambiamenti nel modello; o può decidere di cambiarne uno, cancellare gli altri tre e quindi copiare e incollare il primo tre volte. Ciò comporterà una modifica, tre eliminazioni e tre nuove colonne in un modello, ma alla fine la modifica del progetto sarebbe la stessa in entrambi i casi. In tali modifiche di progettazione, quando si esporta una nuova versione di un modello IFC, il controllo di versione di IFC può essere diverso, poiché le due operazioni di modifica potrebbero comportare GUID diversi per gli stessi elementi del modello.

Quindi, in termini di gestione delle modifiche nei modelli IFC, è importante comprendere l'ambito delle modifiche a livello di oggetto, ma anche considerare i requisiti dell'utente finale (ad esempio confrontando solo i sistemi di riscaldamento), altrimenti il processo di confronto può produrre risultati accurati, ma ridondanti per gli utenti finali. Un modo pratico di pensare alla gestione del cambiamento nel settore edilizio è collegare una modifica alle sue azioni successive, come ad esempio una modifica del progetto che porta a una nuova serie di disegni o una modifica delle specifiche che innesca una "Richiesta di informazioni".

Concludendo come, essendo i BIM soggetti ad un'evoluzione costante, laddove la collaborazione richiede che le informazioni siano create, coordinate e scambiate contemporaneamente e in tempo reale, consentendo a più utenti di manipolare le informazioni richiedendo la sincronizzazione dei dati in un archivio di dati condiviso.

Man mano che le informazioni in un BIM crescono durante una progettazione iterativa e un processo di produzione e anche oltre la manutenzione, un problema critico è come gestire le modifiche iterative come risultato delle operazioni di collaborazione e dei flussi di lavoro che coinvolgono vari partecipanti al progetto ed applicazioni eterogenee. La pratica emergente indica che il modello di progetto singolo in un ambiente BIM collaborativo non è solitamente un singolo database che struttura tutte le informazioni correlate, ma una combinazione di database strettamente collegati (federazione) collegati con regole chiare e che consentono l'accesso controllato alle diverse parti delle informazioni disponibili nel modello federato per le operazioni di collaborazione.

3.3. I problemi della Progettazione Collaborativa

Preso visione di queste informazioni si può dedurre come ci siano ancora molte lacune e problematiche per quanto riguarda la progettazione collaborativa. Difficoltà, come già espresso in precedenza, sul definire una procedura standard che sia utilizzabile per tutte le piattaforme.

Il problema non viene tanto dalla compatibilità dal BIM authoring a IFC, dato che principalmente tutte le piattaforme si sono adeguate a fornire una esportazione funzionale al formato fornito da buildingSMART. Andando ad analizzare le piattaforme di maggior utilizzo come quella fornita da Graphisoft e Autodesk, quali ArchiCAD e Revit si può facilmente visionare come esse abbiano appoggiato in totalità il formato IFC.

Il problema nasce invece sul fatto che una volta che il file nativo viene importato su IFC che, come mostrato, può essere condiviso direttamente tra le figure professionali o caricato su un BIM server, il file diventa di difficile lettura se viene nuovamente importato su un'altra piattaforma o anche sulla stessa che lo ha generato.

Difatti, come visto si sono riscontrati innumerevoli problemi, questo è un aspetto molto grave considerando il tempo che bisogna impiegare poi per valutare le tutte le incongruenze generate; che possono essere la perdita di oggetti all'interno del modello ma anche la perdita di proprietà dell'oggetto stesso. Ovvero quello che rende il BIM diverso dal normale CAD.

Inoltre, si sono andati a valutare dei casi studi per valutare l'interoperabilità tra software di calcolo per un'analisi strutturale o MEP, con le stesse complicazioni. La difficoltà che si ha nel prendere il modello su formato IFC e implementarlo sul proprio software per lanciare l'analisi.

Molti studi hanno optato per soluzioni personali utilizzando algoritmi o supporto integrato per ridurre al minimo le interferenze che si hanno. Ma comunque i problemi rimangono, anche se in maniera minore, sempre li stessi. O si hanno delle limitazioni importanti nell'uso delle stesse.

Alcuni di questi testi sono in relazione al fattore umano dato che si è studiato come esso interessi l'interoperabilità, tenendo conto dei problemi rilevati, sicuramente un buon collegamento e dialogo tra le parti coinvolte potrebbe aiutare nello svolgimento del progetto ma aiuta soltanto in maniera minima a risolvere il problema.

Si è visto anche come Autodesk, permette di rimuovere la maggior parte dei problemi di interoperabilità, proponendo soluzioni all'interno dello stesso pacchetto software, quindi, si dovrebbe fare in modo che tutti i partecipanti

utilizzano gli stessi programmi. Cosa che, nella maggior parte dei casi, diventa un'opzione inutilizzabile.

Il vincolo maggiore che si è riscontrato andando a valutare questi testi è stato la mancanza di informazioni sulle motivazioni principali che legano le perdite di dati in relazioni ai programmi utilizzati.

La maggior parte dei casi studio, basandosi su determinati problemi in relazione al tipo di studio effettuato, si concentrano più sul cercare opzioni che garantiscano un flusso di lavoro più snello senza soffermarsi accuratamente sulle motivazioni che portano a questa situazione.

Quindi è come se si assumesse come condizione inevitabile che le informazioni vadano perse, andandosi a soffermare principalmente in soluzioni alternative, che possono essere algoritmi o software che permettano di trovare e identificare le incongruenze semantiche, sintattiche o grafiche che si generano nell'importazione (con tutte le problematiche che comportano), oppure facendo in modo che le informazioni condivise siano in relazione al destinatario. Così da ridurre errori e tempo di lavoro.

Quindi, sulla base di quanto definito all'interno di questo capitolo e da quanto studiato in letteratura, si sono andati a definire due macro-categorie in cui andare a collocare le varie problematiche che vi sono all'interno della progettazione collaborativa.

Si possono definire e classificare i problemi in relazione alla loro natura, distinguendo una parte statica e una dinamica:

1. Problema Statico: definito sulla base dell'utilizzo degli IFC.

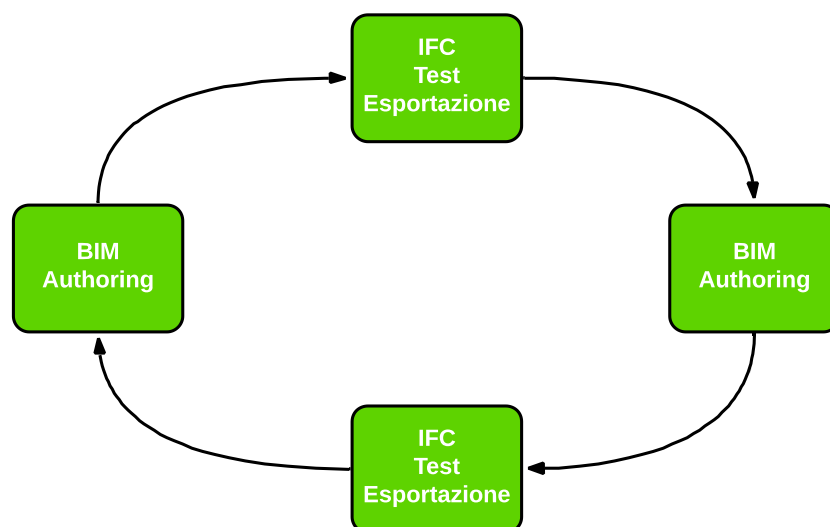


Figura 3.9 - rappresentazione del problema statico – Round Trip

Dove i problemi principali possono essere definiti come:

- perdita di dati durante il trasferimento di file tra i vari applicativi di BIM Authoring;
- mancanza di coerenza tra il modello iniziale e il modello esportato in IFC;
- gap di contenuti semantici e sintattici;
- i dati ridondanti possono verificarsi in diverse versioni in scambi di modelli basati su file che portano alla duplicazione e alla rielaborazione dei dati. Ad esempio, potrebbe essere necessario che le pareti interne vivano sia nel modello degli Architetti sia nel modello degli ingegneri strutturali;
- poiché il contenuto di informazioni cresce all'interno di un BIM, le sue dimensioni aumentano in modo significativo, il che si traduce in un trasferimento difficile attraverso un meccanismo di scambio di file;
- in molti casi, è necessario scambiare o visualizzare solo una vista parziale del modello a causa della proprietà dei dati e dei problemi di responsabilità, che è difficile da gestire attraverso lo scambio basato su file;
- il controllo della versione dei singoli oggetti all'interno di un BIM non è possibile in scambi di modelli basati su file;
- il controllo dei diritti degli utenti, la proprietà e la responsabilità dei contenuti del modello vengono compromessi nello scambio di informazioni basato su file.

2. Problema Dinamico: avanzamento operativo del modello in relazione alle varie discipline.

4. Analisi delle soluzioni tecnologiche

Sulla base dei problemi definiti si è posto l'obiettivo di andare a valutare operativamente il problema della progettazione collaborativa in ambiente statico e in quello dinamico andando quindi ad effettuare un'analisi delle soluzioni tecnologiche offerte dalle piattaforme Autodesk Revit e Graphisoft ArchiCAD.

Di conseguenza per poter testare operativamente il comportamento dei vari software si è definito inizialmente un modello con entrambi i software: il modello preso in esame è rappresentato da un fabbricato residenziale proprio con l'intento di mantenere basso il livello di complessità e di dettaglio in modo da soffermarsi principalmente sul come i software si avvicinano al problema collaborativo.

Successivamente si è operato su più step, soffermandosi inizialmente con quelle operazioni che si possono definire 'in-house' ovvero andando a valutare come all'interno della stessa casa produttrice sia affrontato il problema della collaborazione e quali siano le soluzioni proposte per facilitare e permettere alle varie figure di operare in una sola disciplina o in condizioni di multi-disciplina.

Il secondo step invece ha come obiettivo quello di andare ad indagare le problematiche intrinseche al cosiddetto 'round-trip'. Analizzando come effettivamente i software si siano adattati allo standard IFC e quali siano eventualmente le loro impostazioni per facilitare lo scambio di dati. Operativamente quindi si è andato a valutare attraverso operazioni di importazione ed esportazione, inizialmente all'interno dello stesso software BIM e successivamente esportando e importando con software diversi, gli effettivi problemi che queste operazioni hanno nei confronti della progettazione collaborativa partendo dalla perdita dei dati e dalla non coerenza del modello con conseguente difficoltà se non impossibilità di poter lavorare in più discipline con il formato IFC.

4.1. Digitalizzazione fabbricato residenziale in Building Information Modelling

4.1.1. Piattaforme Utilizzate

4.1.1.1. Autodesk Revit

Autodesk Revit è un programma BIM per sistemi operativi Windows, creato dalla Revit Technologies Inc. e comprato nel 2002 dalla Autodesk, che

consente la progettazione con elementi di modellazione parametrica e di disegno.

Abbiamo già definito il BIM, come un processo globale capace di creare una banca dati tridimensionale, sotto forma di un modello di informazioni che segue l'intera progettazione di un edificio. Questa definizione rappresenta un 'ombrello' per tutte quelle applicazioni che sfruttano questa metodologia di pensiero. Revit è il principale software, sotto il grande 'ombrello BIM', che porta ad un disegno efficiente dello spazio.

Revit oltre ad essere un software BIM, è definito anche 'software parametrico'; il termine parametrico fa riferimento alle relazioni esistenti tra tutti gli elementi del modello, che consentono di eseguire il coordinamento e gestire le modifiche in Revit. Le relazioni possono essere create automaticamente dal software o direttamente dall'utente nel corso delle operazioni.

In matematica e nei sistemi CAD di progettazione meccanica, i numeri o le caratteristiche che definiscono questo tipo di relazioni vengono definiti parametri, da cui l'uso di "parametrico" in riferimento all'operazione eseguita dal software. Tale capacità garantisce il coordinamento e i vantaggi produttivi forniti da Revit. Grazie a tale coordinamento, le modifiche eseguite in un punto vengono estese all'intero progetto.

Elemento portante di Revit è lo sfruttamento della "quarta dimensione", ovvero il tempo.

Si possono infatti impostare le fasi temporali: ad esempio, Stato di Fatto e Stato di Progetto e ogni elemento del modello può essere creato in una fase e demolito in un'altra, avendo poi la possibilità di creare viste di raffronto con le opportune evidenziazioni.

Autodesk, inoltre, ha sviluppato tre prototipi di Revit diversi, per differenti discipline di progettazione edilizia:

- Revit Architecture, per architetti e progettisti edili (precedentemente Revit Building)
- Revit Structure, per ingegneri strutturali
- Revit MEP, per ingegneri meccanici, elettrici e termotecnici (precedentemente Revit Systems)

Tutti e tre sono state progettate per parlare la stessa lingua, e quindi, un modello realizzato in uno delle versioni può essere inserito nello spazio di modellazione degli altri.

In questo software BIM, l'utilizzazione di un unico file (file di estensione .rvt), rappresenta un altro notevole vantaggio.

Infatti, i progetti basati su AutoCAD, richiedono il salvataggio di un gran numero di file, i quali contengono singoli fogli di disegno con le diverse viste come ad esempio piante, sezioni e prospetti. In Revit invece, all'interno dello stesso modello sono presenti più punti di vista.

Tali viste, oltre a rendere inutile la sovrabbondanza di .rvt, dà la possibilità di lavorare su un'unica area di disegno e avere contemporaneamente e in automatico il modello, anche in tutte le altre viste.

In un modello BIM, ogni modifica ad un elemento della costruzione, viene aggiornata in tempo reale, poiché le viste si limitano ad "osservare" il modello e a restituircelo graficamente, o numericamente nel caso degli abachi. Tutto questo significa anche una maggiore velocità nella creazione degli elaborati, e una coordinazione totale in quanto questa viene eseguita automaticamente dal software.

Avere tutte le informazioni raccolte in un unico modello, se da un certo punto di vista facilita notevolmente la gestione del progetto, i file che si vengono a creare sono molto 'grandi', ed è il motivo perché, per lavorare con Revit in modo efficiente, sono necessari computer molto potenti.

Tale applicazione inoltre, dà la possibilità di estrapolare dal modello singoli fogli (viste) o un set completo di fogli di disegno. Questi, possono essere salvati in PDF o in DWG, permettendo agli utilizzatori di AutoCAD la visione e l'utilizzazione, non dell'intero modello, ma anche solo di piante, prospetti o sezioni, in base alle esigenze.

4.1.1.2. Graphisoft ArchiCAD

ArchiCAD è la soluzione software, per l'industria dell'architettura e del design, eletta leader nel Building Information Modeling (BIM). Sviluppato da architetti per architetti al fine di rispondere alle grandi esigenze di design senza compromettere le esigenze pratiche.

L'attenzione di ArchiCAD per gli architetti assicura che gli strumenti per i flussi di progettazione e collaborazione servano ai loro scopi dal primo schizzo per tutto il ciclo di vita dell'edificio. La vasta gamma di strumenti dedicati focalizzati sull'architettura, è definita secondo il flusso di lavoro dell'architetto, dalla progettazione alla documentazione. Il software permette di creare un modello in un ambiente BIM generando

automaticamente viste dell'edificio, disegni di dettaglio, prospetti, le sezioni e persino le liste di computo, le modifiche eseguite sul BIM si riflettono immediatamente su tutta la documentazione del progetto. La gestione del progetto e delle revisioni è facilitata grazie all' ampia interoperabilità che ArchiCAD ha con molte tipologie di file. Ma anche grazie ad un nuovo concetto di collaborazione basato su cloud e messaggistica mobile istantanea.



Figura 4.1: concetto di OpenBIM proposto da Graphisoft

A differenza di Revit, ArchiCAD permette al suo interno la sola modellazione architettonica e di conseguenza per permettere una definizione completa di un modello dovrà necessariamente avvalersi altri software per implementare una progettazione strutturale e impiantistica.

Ad, ArchiCAD, tende ad offrire un flusso di lavoro ottimizzato per le altre discipline, come ad esempio con gli ingegneri strutturali andando a condividere solo le informazioni rilevanti sulle strutture portanti ed assicurano una integrazione degli elementi modificati, creati o cancellati. Grazie al flusso di lavoro OPEN BIM, ArchiCAD si coordina con Revit structure, Tekla, Nemetschek SCIA.

4.1.2. Progettazione Strutturale

I principali software di progettazione usati dagli architetti sono ormai ben noti: *AutoCAD*, *Allplan*, *Revit* e *ArchiCAD* sono i software maggiormente

utilizzati. Tra gli strutturisti invece si fa ancora fatica ad individuare un software principale. Esistono infatti numerosi applicativi che hanno caratteristiche completamente diverse tra loro.

I software BIM (usati soprattutto dagli architetti), oltre all'uso in ambito architettonico, consentono di modellare anche le strutture degli edifici. *Revit Structure* ad esempio consente di modellare gli elementi strutturali di un edificio e al tempo stesso di calcolarne la stabilità. Tramite la modellazione in tre dimensioni è possibile modellare gli elementi di carpenteria, i telai strutturali, il tipo dei ferri delle armature ed il tipo di calcestruzzo utilizzato. Tutti questi elementi geometrici possono essere arricchiti attraverso l'inserimento di parametri con l'obiettivo di sfruttare in pieno la filosofia del BIM. Costi della carpenteria, tipologia dei ferri per i getti in calcestruzzo, caratteristiche di resistenza a compressione tramite valori di R_{ck} , carichi distribuiti e carichi in punta sono alcune delle informazioni che si possono inserire per ottenere un modello intelligente. In questo modo tutti gli elaborati da redigere per la fase costruttiva (come tavole strutturali o tavole tecniche) possono essere presentate in cantiere col minimo sforzo.

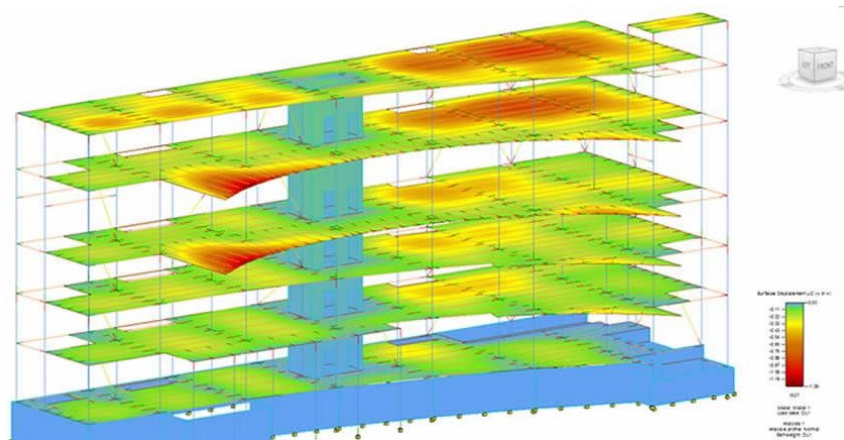


Figura 4.2 - Simulazione strutturale in Revit Structure 2017 – Fonte: www.autodesk.it

I software BIM permettono inoltre, di esportare abachi e computi metrici delle lavorazioni, un'operazione molto utile per gestire il portafogli di cantiere e l'acquisto dei materiali.

La possibilità di condividere la parte strutturale, architettonica ed impiantistica tra i diversi progettisti consente ad architetti, strutturisti ed impiantisti di lavorare solo sulla propria parte di competenza, evitando errori di incomprensione a favore di una corretta esecuzione del cantiere.

4.1.3. Progettazione Impiantistica

La realizzazione degli impianti è una delle fasi più delicate dell'intero processo costruttivo in quanto un'errata esecuzione è in grado di compromettere la resa finale dell'edificio.

In fase di progettazione è molto importante dimensionare lo spazio dei cavedi, condotti e impianti di ogni tipo, al fine di evitare sovrapposizioni in fase di cantiere. Questi errori potrebbero generare ritardi nel processo di realizzazione con tragiche ripercussioni sul portafogli di cantiere.

Con gli applicativi BIM è possibile ottimizzare il processo di progettazione, oltre che per le strutture e le parti architettoniche, anche per quanto riguarda gli impianti. Nel modello unico è possibile modellare tutta la componente impiantistica nelle viste planimetriche ed avere un immediato riscontro in tre dimensioni. Rispetto ad una progettazione CAD, la vista tridimensionale rende immediata la possibilità di trovare eventuali errori. Questo processo di controllo può avvenire anche tramite simulazioni di *Clash Detection* che consentono di rilevare interferenze geometriche.

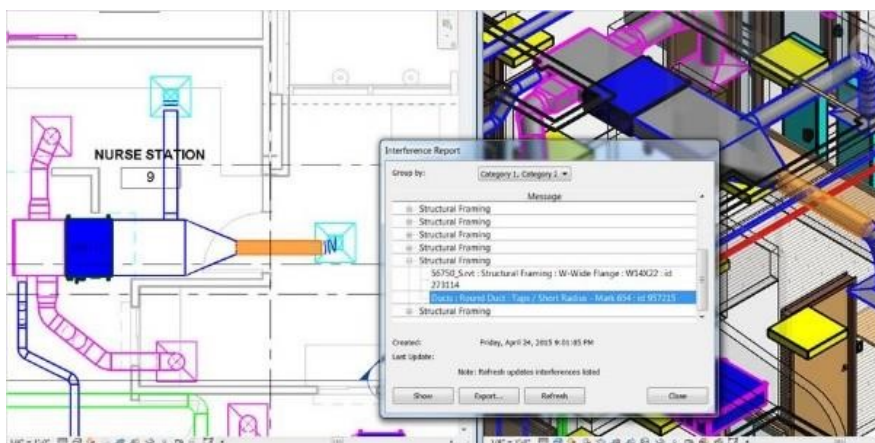


Figura 4.3 - Progettazione di impianti in Revit 2017 – Fonte: www.autodesk.it

Una corretta progettazione integrata tra progettisti, una modellazione tridimensionale ed un riscontro tramite processi di *Clash Detection* richiedono un notevole sforzo in fase di progettazione ma permettono di avere vantaggi consistenti durante le fasi di cantiere, come ad esempio una migliore qualità del prodotto realizzato, meno errori e meno tempo speso nella redazione degli elaborati.

4.1.4. Attività di Model Checking

La complessità della modellazione architettonica visibile nei progetti odierni è una sfida per tutte le figure coinvolte nel processo edilizio, per tutti i numerosi progettisti, ditte appaltatrici che devono costruire il modello progettato, i collaudatori ed i gestori dell'opera.

Questa complessità è consentita grazie a software di modellazione che riescono a generare forme e dimensioni impensabili senza supporti tecnologici di questo tipo. Una progettazione architettonica complessa implica che ci sia anche una complessità strutturale ed impiantistica: per questo motivo la progettazione in ambiente BIM deve essere condivisa. L'accrescere di utilizzo di formati neutri ed interoperabili come il formato IFC, spinti dai governi locali, favorisce la condivisione dei lavori tra i diversi attori della fase di progettazione e consente un'attività di controllo della qualità di modellazione attraverso un'analisi *Model Checking*.

Il BIM infatti, come detto più volte, non è solo la modellazione geometrica dei volumi ma anche la modellazione delle informazioni dei volumi stessi. Queste informazioni possono essere scambiate durante la fase di progettazione tra i diversi attori e possono essere importate in altri software per usi secondari.

Il Model Checking è la validazione del contenuto informativo dei modelli BIM finalizzata a garantire un efficace e trasparente scambio di informazioni lungo il ciclo di vita di un'opera e, trasversalmente, tra le parti coinvolte (Mastrolembo, 2017)²¹. In questa fase i parametri inseriti nei modelli BIM vengono analizzati tramite *rule-set* come *BIM Validation*, *Clash Detection* e *Code Checking*.

Queste procedure consentono di individuare fin da subito i problemi relativi alla fase di realizzazione, con sovrapposizioni tra parti architettoniche e impiantistiche. Questa disciplina viene chiamata *Risk Management* e consente di risolvere i problemi di esecuzione in fase di progettazione, minimizzando la possibilità di incorrere in rischi. Nei progetti tradizionali solo il 5%-10% del modello progettato viene controllato manualmente²², operazione che non accade con le pratiche di *Model Checking* dove il controllo non è più a campione bensì automatizzato.

²¹ Mastrolembo S., 'Cos'è il Model Checking nei processi BIM?', <http://www.digitalbimitalia.it/blog/bim-e-progettazione/cose-il-model-checking-nei-processi-bim/7663.html>, 2017, [ultima cons. 2017-24-07]

²² COBIM 2012, Series 6 (Quality Assurance), pg. 6

L'evoluzione di queste pratiche di controllo giocano oggi un ruolo fondamentale nei concorsi di progettazione e nelle gare di appalto (*e-Tendering*).

4.1.4.1. *BIM Validation*

La *BIM Validation*, attraverso la gestione di un opportuno set di regole parametriche e sulla base di analisi logiche e semantiche, analizza e determina il livello di qualità e coerenza interna di un Building Information Model garantendo l'estrazione di risultati affidabili per successive fasi di analisi *BIM-based* (Ciribini 2015)²³. Viene inoltre effettuato il controllo degli elementi nominati in maniera corretta. Questo processo controlla che non vi siano errori di modellazione e che questi non discordino con le regole dettate dalla committenza e dall'*Execution Plan* (BEP).

Questo tipo di operazione è consentita con estensioni o software diversi da quelli usati per la modellazione parametrica. Per far riconoscere gli oggetti parametrici contenuti nel software BIM agli strumenti di *Model Checking* occorre usare formati interoperabili come IFC o COBie. Il controllo non è univoco ed è costituito da più passaggi. La prima operazione consiste nella redazione di un primo *rule-set* personalizzabile dall'utente che deve essere applicato prima nei modelli BIM principali e successivamente ai *Marged Model* (impiantistici, strutturali). In un secondo passaggio vengono effettuate altre operazioni atte ad analisi più specifiche, come le simulazioni energetiche (*Building Energy Simulation*) e la verifica di conformità del progetto riguardo le normative di riferimento (*Code Checking*).

Oltre a queste operazioni la *BIM Validation* rimane indispensabile anche per la verifica di sovrapposizioni tra più modelli: gli impianti dei tetti ad esempio occupano sempre un grande volume e la loro posizione è sempre una criticità in fase di progetto. Allo stesso modo la sovrapposizione tra più pavimenti o l'incoerenza tra infissi e controsoffitti.

²³ Ciribini A., Bolpagni M. e Oliveri E. (2015), *An Innovative Approach to e-public Tendering Based on Model Checking*, *Procedia Economics and Finance*, vol 21, pp. 32-39.

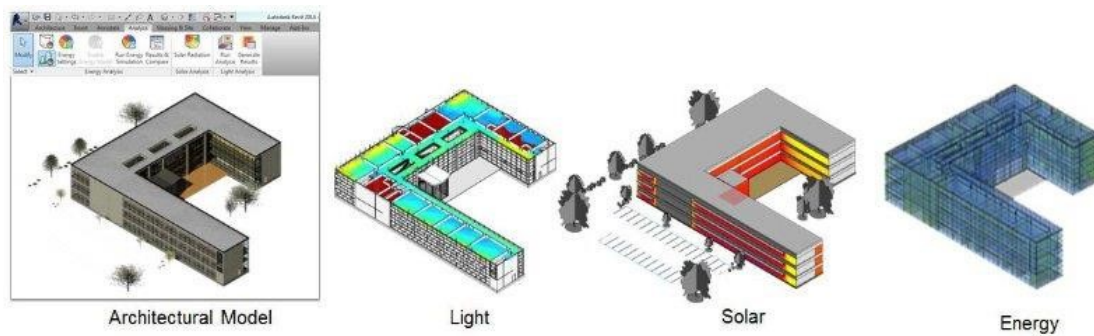


Figura 4.4- Building Energy Simulation – Fonte: Revit.com

Infine, la *BIM Validation* consente di validare il *Level of Development* (LOD) di un oggetto del modello BIM attraverso la lettura dei parametri precedentemente inseriti. In questo modo è possibile analizzare l'interezza del contenuto informativo di tutto il modello BIM.

4.1.4.2. Clash Detection

La *Clash Detection* è la tecnica che si occupa del controllo delle interferenze ed è inizialmente nata per essere un'analisi di coerenza geometrica e spaziale. Il suo obiettivo la rende la tecnica più utilizzata nel *Model Checking*. Essa ha numerosi vantaggi tra cui il risparmio dei costi di costruzione e dei tempi di realizzazione.

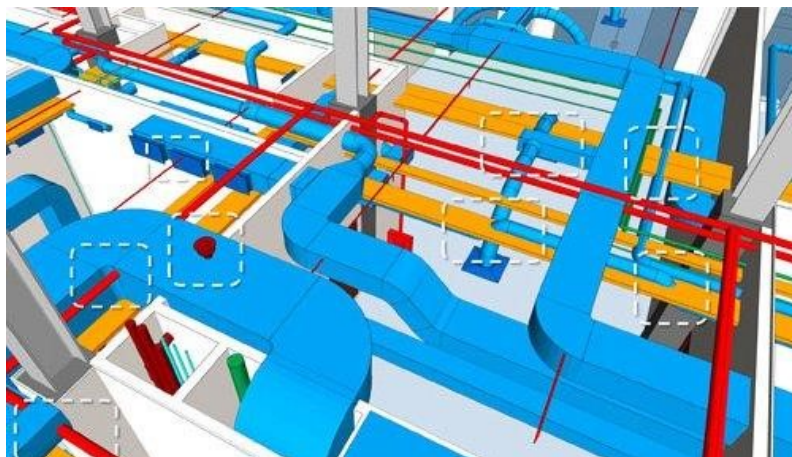


Figura 4.5 – Clash detection – Fonte: Rajib Dey

La pratica di *Clash Detection* è costituita da una prima parte di gestione manuale del processo di verifica relativo al controllo delle versioni progettuali, e poi una verifica dei *Marged Model*. Questa tecnica ha anche un livello avanzato (*Advanced Clash Detection*) quando gli strumenti di analisi consentono di distinguere e classificare le interferenze rilevate con

gradi di intensità diversi. Questi vengono definiti attraverso un *ruleset*, dopo aver effettuato una serie di controlli manuali definiti nei *BIM requirements*. Per una *Clash Detection* ottimale occorre che il livello di progettazione dei modelli informatici sia alto. I componenti impiantistici, ad esempio, spesso vengono progettati con un LOD basso ma le loro interferenze possono essere individuate in maniera migliore solo attraverso una progettazione pari o maggiore ad un LOD 3, come sostenuto nelle *BIM guideline* finlandesi.

La *Clash Detection* può essere interna o esterna al modello: è interna quando avviene nello stesso software, come nel caso di un *workset* in Revit tra più progettisti; esterna quando si esporta un modello interoperabile e lo si importa in software secondari. Ad oggi vi sono numerosi software utilizzati per questa operazione, come *Autodesk Naviswork*. Esistono però anche software con rule- set personalizzabili come nel caso di *Bim Assure* e *Solibri Model Checker*, che rilevano prima le interferenze del modello originale e poi quelle dei *marged model* grazie all'importazione dei formati IFC.

I processi di *Clash Detection* stanno diventando sempre più parte integrante dei processi decisionali all'interno di riunioni aziendali. Sono ormai numerose le testimonianze di addetti ai lavori nei paesi nordeuropei che organizzano la progettazione in maniera condivisa, risolvendo i problemi dimostrati nei processi di *Clash Detection* in tempo reale.

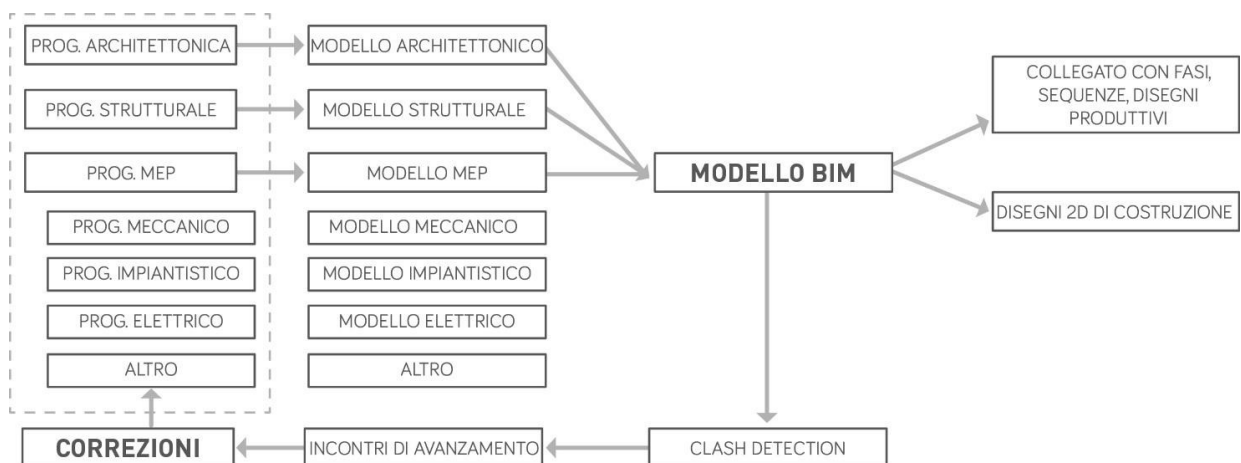


Figura 4.6 - Processo iterativo di Clash Detection disciplinare e multidisciplinare a supporto del processo decisionale e della verifica di costruibilità dell'opera – Fonte: The Contractor's Guide to BIM - 2nd edition (The Associated General Contractors AGC of America)

4.1.4.3. Code Checking

La fase di realizzazione è regolamentata da un elevato numero di leggi a livello internazionale, nazionale ed in Italia addirittura a livello regionale. Ad oggi la convalida dei progetti da parte delle istituzioni avviene tramite la

presentazione dei progetti con disegni 2D (come per i file PDF) e/o con copie stampate. Vi sono numerosi incontri con la pubblica amministrazione che spesso richiede la presenza di tutti i file di progetto, anche perché non sempre è in grado di capire i volumi e le geometrie di esso con semplici disegni in 2D. Questo approccio è dispendioso in termini di tempo e di denaro e potrebbe essere automatizzato al fine di alleggerire il carico di lavoro dei dipendenti pubblici e di reinvestire il tempo risparmiato dai progettisti in ore di lavoro sul progetto.

Parliamo quindi di *Code Checking*, una tecnica di validazione del modello informativo basata sulla comparazione dei parametri contenuti nel modello alle normative e ai codici di riferimento.

Con le pratiche di *Code Checking* i processi di assegnazione di appalti potrebbero finalmente essere resi oggettivi con la creazione, da parte della pubblica amministrazione, di *rule-set* che eliminerebbero centinaia di pagine di normative, spesso generiche, date molto spesso a libera interpretazione. Le informazioni contenute nel modello vengono confrontate con le leggi e gli standard che la normativa di riferimento richiede, per assicurare un corretto svolgimento della fase di progettazione e realizzazione. Per far questo occorre che le informazioni rilevanti contenute in questi documenti debbano essere tradotte in regole parametriche attraverso il supporto di un sistema semantico di lettura ed interpretazione delle stesse (Ciribini 2015).

I software relativi al *Code Checking* riescono a elaborare risultati con gradi diversi:

- *pass*, quando un progetto viene approvato;
- *fail*, quando un progetto viene bocciato;
- *warning* e *unknown* quando mancano dati necessari al controllo del progetto.

Sebbene i software BIM riescano a parametrizzare molto bene ed in maniera automatica i dati geometrici e volumetrici, non sono ancora in grado di attribuire valori alfanumerici. Per questo occorre che in fase di progettazione si ricorra ad un LOD (*Level Of Detail*) molto elevato, affinché le piattaforme *BIM Authoring* (relative al *Code Checking*) riconoscano i parametri e li confrontino con le normative.

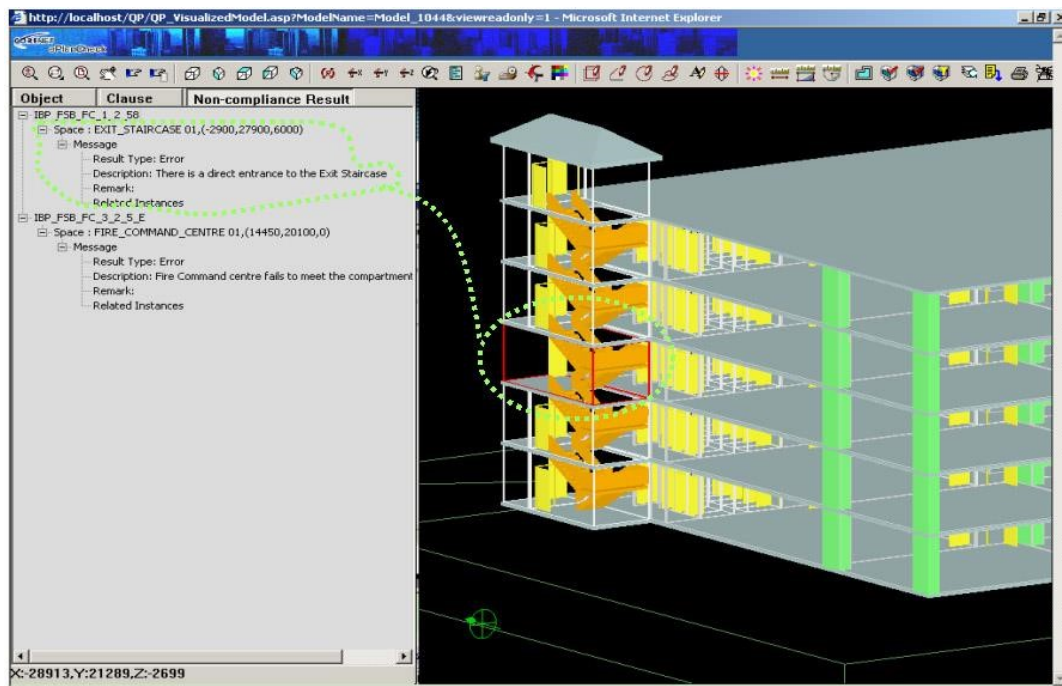


Figura 4.7 – Code Checking di una scala antincendio che non rispetta i parametri di sicurezza – Fonte: *Automating Code Compliance in AEC*, <http://www.aecbytes.com/feature/2015/AutomatingCodeCompliance.html>, 2015, [ultima cons. 2018-20-02]

Il processo di *Rule-based Model Checking* si sviluppa in quattro fasi: *Rule Interpretation*, *Building Model Preparation*, *Rule Execution*, *Rule Reporting*.

4.1.4.3.1. Rule Interpretation

Come suggerisce il nome, in questa fase vengono studiate e interpretate le leggi locali che devono poi essere rispettate per la riuscita del progetto. Il testo normativo viene analizzato per ricavarne un *rule-set*. È bene precisare che non tutte le regole possono essere parametrizzate, come le norme che recitano “è consigliabile l’uso di elementi informatici” oppure “deve essere sostenibile”. Per questo motivo alcuni requisiti possono essere parametrizzati ma la loro verifica non sarà possibile. Per tutti gli altri requisiti normativi che sono esenti da libera interpretazione, la codifica avviene secondo la metodologia *RASE Methodology*. RASE è l’acronimo di *Requirements, Applicability, Selection, Exception*, ovvero quattro operatori semantici che analizzano il testo secondo requisiti, applicabilità, selezione ed esclusione.

4.1.4.3.2. Building Model Preparation

Nella *Building Model Preparation* il modello BIM viene arricchito e parametrizzato, affinché i parametri inseriti siano confrontabili con il *rule-*

set. Come detto precedentemente, i volumi modellati hanno automaticamente all'interno delle proprie informazioni di tipo geometrico, con minor quantità di dati qualitativi. Per evitare perdite di tempo che comprometterebbero i benefici di questa operazione, l'attività di *Building Model Preparation* deve essere strettamente connessa alla *Rule Interpretation*, e quindi alla definizione delle leggi. Avendo come obiettivo la prevenzione incendi, dovranno essere inseriti tutti i parametri relativi alla resistenza al fuoco. Obiettivi diversi possono però generare risultati diversi: materiali con valori di resistenza ignifuga possono rispettare i parametri di resistenza al fuoco così come può non essere idonei al controllo dell'impronta ecologica prodotta.

4.1.4.3.3. Rule Execution

Questa terza fase è una vera e propria operazione di *Code Checking*. Il modello tridimensionale, arricchito coi parametri della fase di Preparazione, viene associato al *rule-set* per l'esecuzione del controllo.

Il software di *Quality Assurance* legge il modello BIM attraverso un formato interoperabile, come ad esempio il formato IFC, ed analizza la modellazione attraverso i parametri presenti nel file del *rule-set*. Il software è in grado di elaborare il controllo attraverso il rispetto di tutte le regole o per mezzo di una parte di esse.

4.1.4.3.4. Rule Reporting

Il *Rule Reporting* è l'ultima fase di *Code Checking*, un vero e proprio report in cui son presenti i risultati del controllo. Questa operazione permette di condividere e presentare i risultati al team di progetto, alla pubblica amministrazione, alla committenza, e a tutti gli attori del processo edilizio. In questo modo una eventuale aggiudicazione di un appalto viene resa in maniera oggettiva attraverso la verifica dei requisiti richiesti dalla committenza. Il report può essere esportato in un formato tabellare, come nel caso di un foglio *Excel*, per facilitarne al meglio la lettura.

È importante sottolineare come il *Rule Reporting* non sia in grado di stabilire quale progetto sia migliore rispetto ad un altro, bensì quale progetto rispetti o non rispetti le condizioni stabilite in fase di commessa.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1											
2		Slab Hole Checking Results									
3		Project Name:				Analyst:			Date: 1/28/2013 2:36:10 PM		
4		No.	GUID	Level	Distance to Lower Level (mm)	Length (mm)	Width (mm)	Area(m2)	Prevention Method	Check	
5		1	2301919	1	3185	235.86	235.86	0.05	Cover	FALSE	
6		2	1862884	1	3185	110	150	0.02	Cover	FALSE	
7		3	1845126	1	3185	200.01	120	0.05	Cover	FALSE	
8		4	1807649	1	3185	200	200	0.04	Cover	FALSE	
9		5	1808525	1	3185	270	180	0.05	Cover	FALSE	
10		6	1808623	1	3185	200	200	0.04	Cover	FALSE	
11		7	1808591	1	3185	260.91	200	0.05	Cover	FALSE	
12		8	1808719	1	3185	200	200	0.04	Cover	FALSE	
13		9	3390930	1	3185	942.25	614.51	0.09	Cover	FALSE	
14		10	1862931	1	3185	150	110	0.02	Cover	FALSE	
15		11	3390851	1	3185	460	305.03	0.17	Cover	FALSE	
16		12	3390827	1	3185	610	390	0.23	Cover	FALSE	
17		13	2301954	1	3185	235.86	235.86	0.05	Cover	FALSE	
18		14	2322975	1	3185	479.02	322.9	0.09	Cover	FALSE	
19		15	1766518	1	3185	200	200	0.05	Cover	FALSE	
		16	1808799	1	3185	190	420	0.08	Cover	FALSE	
		17	1766485	1	3185	200	200	0.05	Cover	FALSE	
		18	1766507	1	3185	200	200	0.05	Cover	FALSE	
		19	2165644	1	3185	171.42	288.5	0.03	Cover	FALSE	



Figura 4.8- Checking Report - Fonte: Jochen Teizer

4.1.5. Definizione dei modelli

Come già definito a inizio capitolo per poter andare ad effettuare un'analisi delle soluzioni tecnologiche si è preso in esame un edificio residenziale di basso livello di dettaglio per non soffermarsi eccessivamente sulla fase della modellazione. In funzione dei concetti di LOD definiti in pagina 29 per il caso studio trattato è stato raggiunto un livello di dettaglio tra il LOD 200 e LOD 300 per i singoli componenti e le particolarità presenti. Questa scelta è stata fatta tenendo in considerazione un corretto test di interoperabilità orizzontale per valutare effettivamente l'eventuale perdita di informazioni non solo in relazione alla semplice geometria del modello.

Come già definito i sistemi software utilizzati sono stati Revit e ArchiCAD, in entrambi i casi la modellazione iniziale è stata effettuata considerando solo la componente architettonica per poi valutare le modalità di collaborazione offerte.

Inizialmente è stato effettuato il modello in Revit:

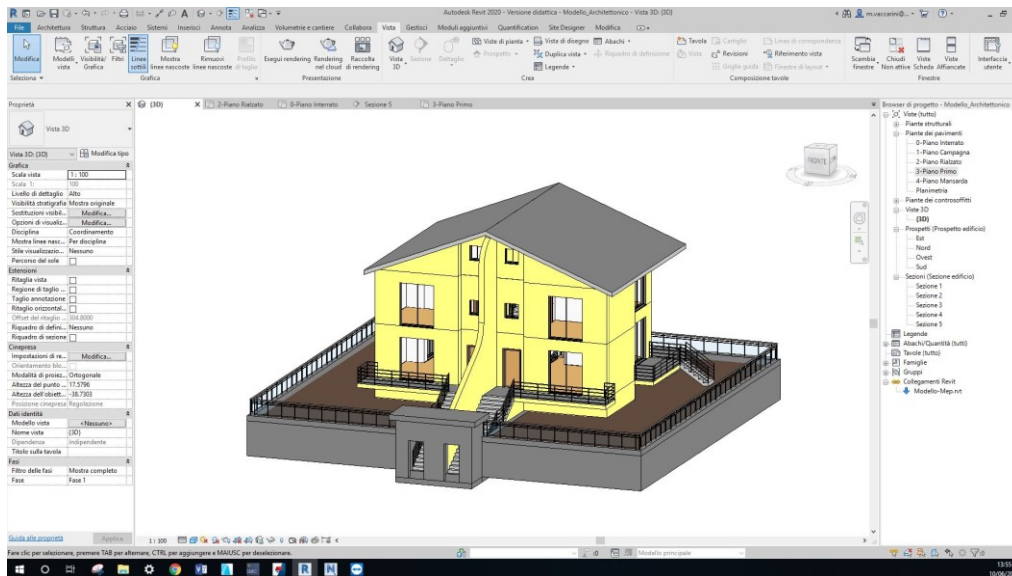


Figura 4.9 – Modello architettonico definito in Revit

E successivamente su questa base è stato definito il modello architettonico in ArchiCAD andando ad apportare alcune modifiche sia nella geometria sia nei colori ma anche nei parametri caratterizzanti dei vari elementi all'interno del modello. Questa scelta è stata fatta non solo per diversificare i modelli e quindi valutare un numero maggiore di caratteristiche ma anche in funzione del fatto che i vari software non permettono di definire le stesse proprietà per i vari elementi e definire gli stessi materiali poiché essi sono definiti all'interno delle varie librerie native dei software.

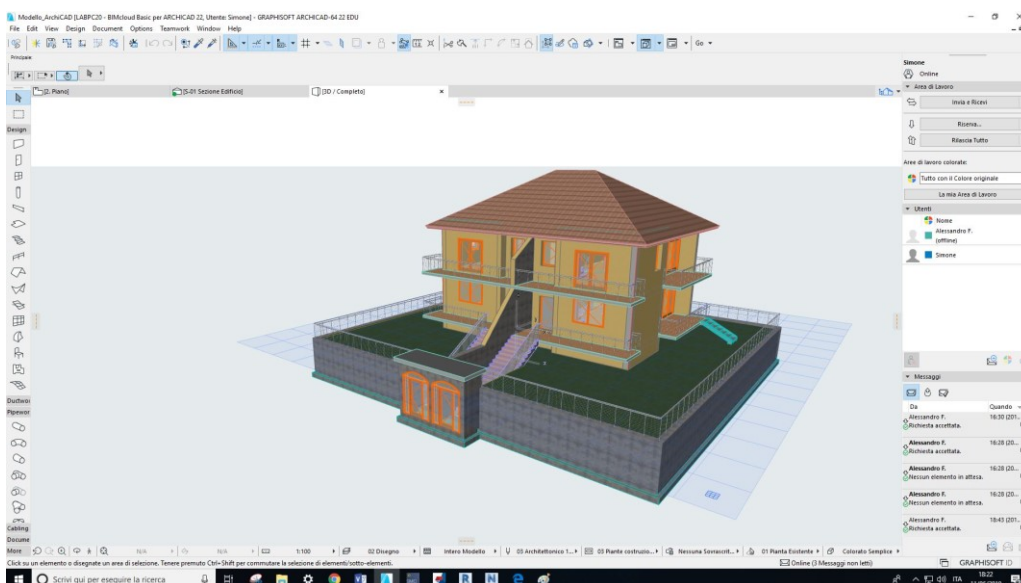


Figura 4.10: Modello architettonico definito in ArchiCAD

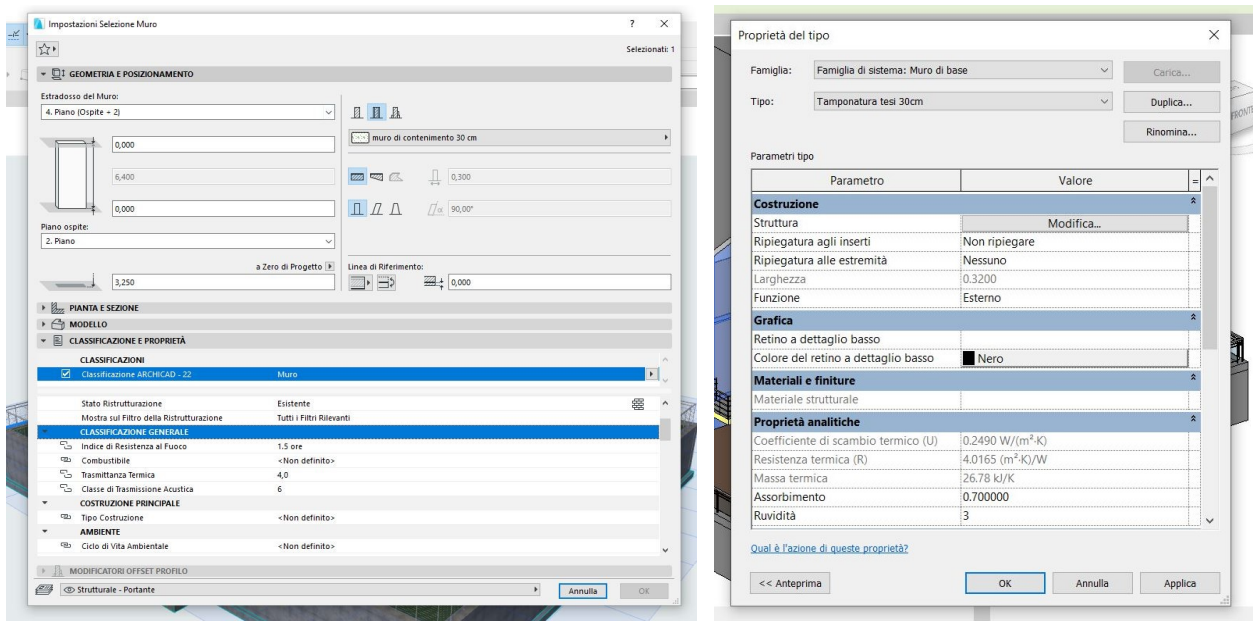


Figura 4.11: Differenze di impostazioni di proprietà per un elemento muro per ArchiCAD e Revit

4.2. Proposte 'in house' per la Progettazione Collaborativa

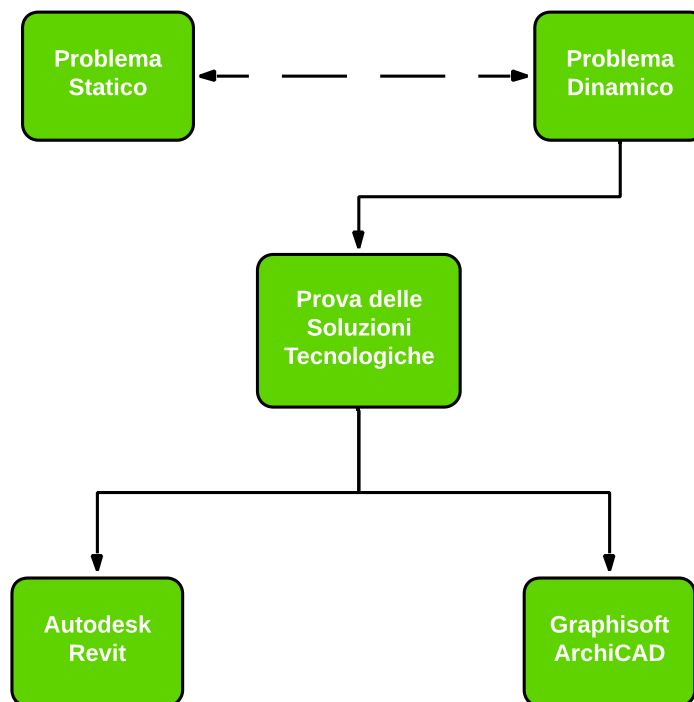


Figura 4.12 - Analisi del problema dinamico

Sulla base delle piattaforme prima definite e dei modelli realizzati si è andato ad ipotizzare un ambiente collaborativo definendo i ruoli che solitamente sono necessari per il completamento di un progetto.

Quindi, oltre la figura dell'architetto, il quale ha avuto il compito principale di definire architettonicamente il modello, si è andato ad affiancare una figura di un ingegnere strutturale, che andrà ad apportare modifiche strutturali dell'edificio, e un ingegnere che si occuperanno della parte impiantistica della struttura: uno si occuperà del sistema MEP (Mechanical, electrical and plumbing).

In questa fase dunque si andrà ad analizzare, in relazione ai problemi descritti nel capitolo 3.3, il problema dinamico: valutando come Autodesk e Graphisoft permettono attraverso soluzioni 'in house' di approcciarsi ed eventualmente risolvere le problematiche della progettazione collaborativa.

4.2.1. Workflow operativo definito da Autodesk

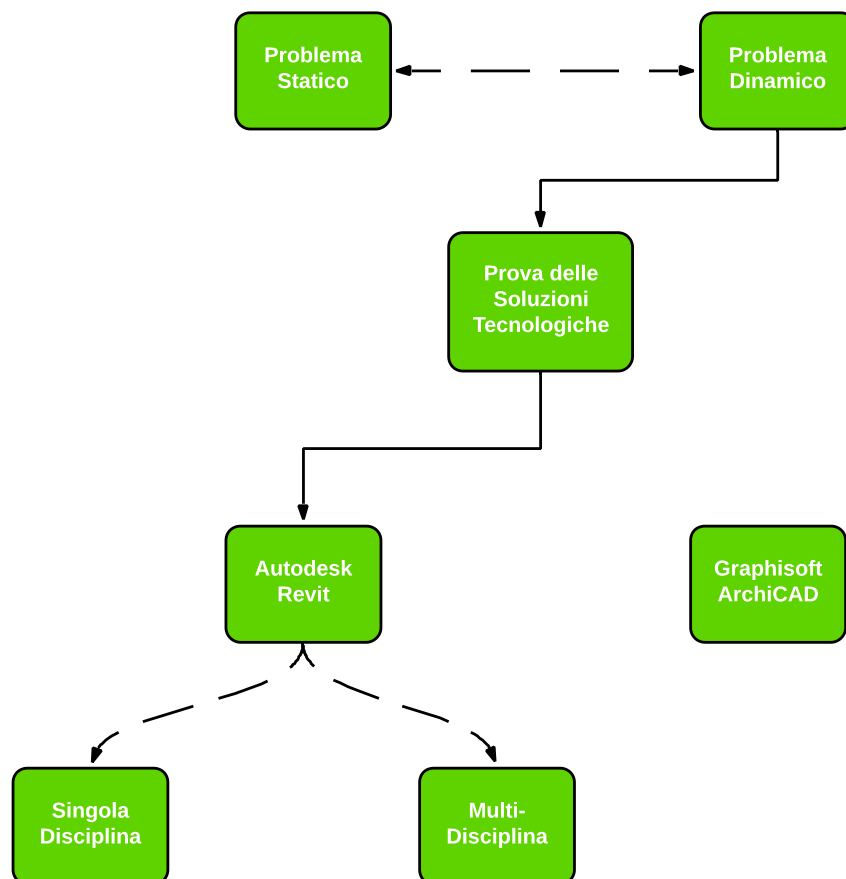


Figura 4.13 – Analisi del problema dinamico per la piattaforma Revit

Esistono quattro tipi di workset:

- workset creati dall'utente;
- workset della definizione dei tipi di famiglia caricati nel progetto;
- workset delle viste;
- workset degli standard di progetto.

La realizzazione di un workset crea in automatico i campi relativi alle griglie ed ai livelli condivisi, solitamente utilizzati per “allineare” i vari progetti locali a quello centrale. Tendenzialmente però questo tipo di lavoro è utile se corregge gli errori relativi alle chiusure di un edificio, alle partizioni di un determinato piano, alle sistemazioni esterne ecc., per evitare errori di calcolo durante la stesura di computi metrici o per garantire una corretta esecuzione del cantiere.

Il primo salvataggio utile del file centrale trasformerà il modello in due workset: il primo con il click sulla icona di questa funzione ed il secondo ad ogni aggiornamento. È bene considerare che ogni vista presente nel modello centrale, ogni abaco, ogni tavola è associata ad un particolare workset che raccoglie tutte le stanze degli elementi e li comunica al modello locale. Per questo motivo è necessario capire cosa si vuole esportare e condividere, e quindi i permessi da fornire: creando una vista 3D relativa alle strutture e fornendo i permessi in limitazione a plinti, cordoli, pilastri e solai verranno è possibile condividere solo la parte strutturale del progetto.

I permessi oltre ad essere forniti possono anche essere richiesti: se ad esempio si dovesse effettuare una modifica ad un oggetto di cui non si è proprietari è possibile effettuare una richiesta di modifica al modello centrale. Questa però non è immediata ed è pertanto opportuno contattare i creatori dei file tramite altri mezzi. Il processo dei workset è irreversibile, pertanto non si può tornare allo stato iniziale di un file: qualora si scelga di condividere il lavoro è bene considerare che il lavoro verrà condiviso fino alla fine del progetto.

Oltre alla funzione workset è possibile importare un file IFC di progetto e allinearli al proprio. Nella figura 4.15 viene mostrato un modello strutturale (in nero) sovrapposto ad un modello architettonico.

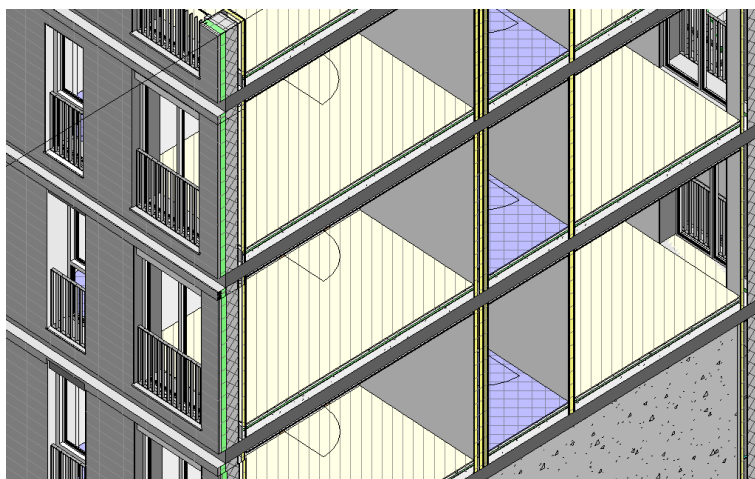


Figura 4.15 – Sovrapposizione di un modello BIM architettonico con un file IFC strutturale (in nero).

In questo modo è possibile lavorare sul proprio progetto vedendo il risultato finale del proprio collega. Non è invece possibile richiedere permessi per modificare il progetto locale.

Questa metodologia, sebbene possa sembrare complicata e per certi versi pericolosa, consente ai progettisti di impianti, di strutture e ad architetti di limitare le sovrapposizioni e gli errori di progetti, evitando di spendere altro tempo in pratiche di Clash Detection.

4.2.1.1.2. Copia-Controlla

Viene utilizzato lo strumento Copia/Controlla per controllare le modifiche apportate agli elementi in un progetto multidisciplinare ed eseguire revisioni per identificare potenziali problemi nel momento in cui architetti, ingegneri strutturali e ingegneri meccanici collaborano alla realizzazione di un progetto edilizio, devono potere condividere le informazioni di progettazione in modo da coordinare gli interventi dei vari team.

Infatti, Copia/Controlla consente il controllo incrociato di elementi tra il progetto host e il modello collegato oppure all'interno di un progetto.

Quando un team sposta o modifica un elemento controllato (anche come un elemento ospitato come una porta, una finestra o un'apertura), la modifica viene segnalata agli altri team, in modo che possano apportare le modifiche necessarie ai rispettivi progetti o collaborare tra loro per risolvere eventuali problemi.

Attraverso l'opzione verifica coordinamento è visualizza un elenco di avvisi relativi agli elementi controllati spostati o modificati così che i team possono riesaminare periodicamente l'elenco, specificare un'azione (ad esempio

rifiutare una modifica o modificare il progetto) e inserire commenti per gli altri team.

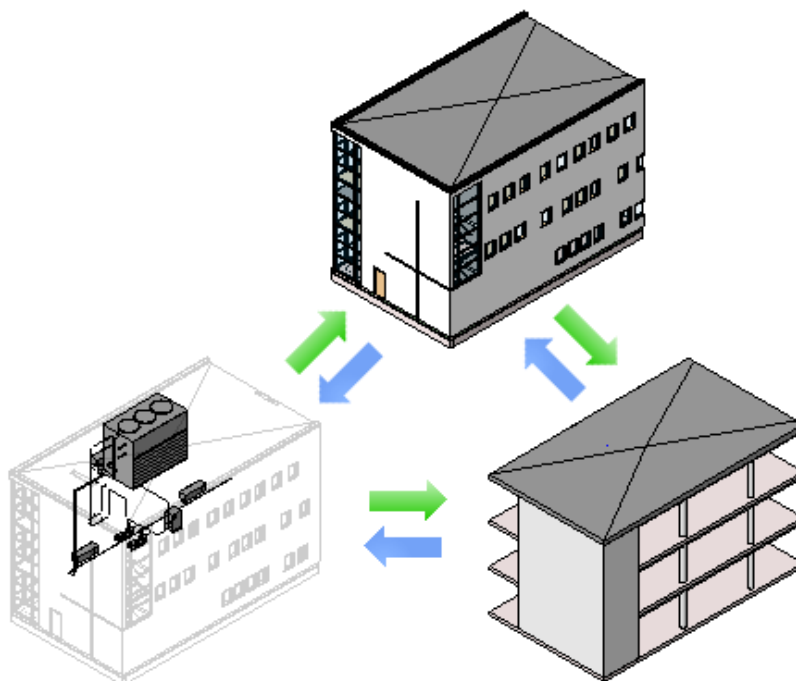


Figura 4.16- Schema di funzionamento dello strumento Copia/Controlla

La procedura ottimale per utilizzare l'operazione Copia/Controlla è soggetta ad alcune operazioni per garantire il corretto funzionamento:

- Prestazioni: limitare l'utilizzo dello strumento Copia/Controlla al minor numero possibile di elementi di cui si desidera controllare le modifiche per il coordinamento delle attività tra i diversi team.
- Nomi dei file: dopo aver collegato un modello al modello corrente e aver stabilito relazioni di controllo tra più elementi, non modificare i nomi dei file del modello collegato o del modello corrente. In caso contrario, le relazioni di controllo non vengono mantenute.
- Griglie: non associare le griglie ad un riquadro di definizione finché le griglie non sono state copiate da un modello collegato nel modello host.
- Pilastri: quando si utilizza lo strumento Copia/Controlla per copiare colonne da un modello architettonico ad un modello strutturale, utilizzare l'opzione Dividi pilastri per livelli. Se, ad esempio, l'architetto inserisce colonne che si estendono sui livelli da 1 a 4, l'ingegnere può suddividerle per ciascun livello.

- Pavimenti: utilizzare lo strumento Copia/Controlla per copiare un pavimento da un modello architettonico in un modello strutturale. Per rendere strutturale il pavimento, modificare le proprietà del pavimento nel modello strutturale, specificando il parametro Strutturale.
- Pavimenti di forma modificata: quando si utilizza lo strumento Copia/Controlla per copiare un pavimento (o un solaio) di forma modificata, l'elemento copiato è piano.
- Muri: per assicurarsi di copiare tutti i muri nel modello, utilizzare un riquadro di selezione e un filtro in una vista di pianta oppure una vista ortogonale 3D.
- Livelli: utilizzare lo strumento Copia/Controlla per copiare livelli dal modello d'origine (generalmente, il modello architettonico). Sottoporre a controllo gli altri elementi solo se strettamente necessario ai fini della progettazione.
- Vani: quando si collega un modello architettonico ad un modello MEP, utilizzare il modello architettonico per inserire vani nel modello MEP. Dopo aver collegato il modello architettonico, aprire una vista nel modello MEP e selezionare il modello collegato.

Si tratta di un flusso di lavoro che descrive una procedura standard per il coordinamento delle attività di un team architettonico e un team ingegneristico che lavorano allo stesso progetto di edificio servendosi di modelli collegati.

4.2.1.2. Singola Disciplina

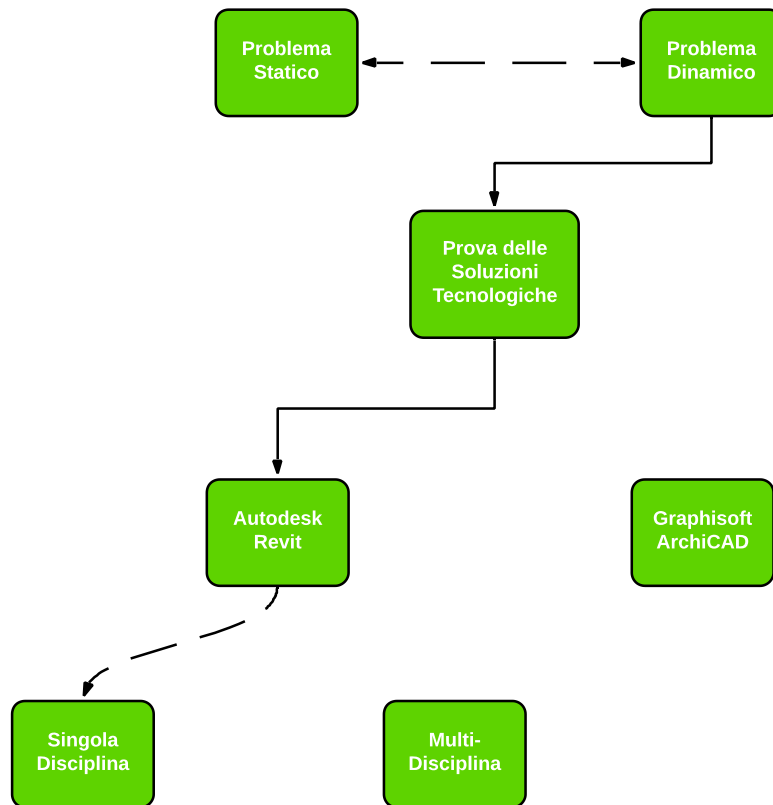


Figura 4.17 - Analisi del problema dinamico in singola disciplina per Revit

In relazione agli strumenti appena descritti si sono andati a definire due differenti workflow relativi alla singola disciplina: definendo quindi le opzioni proposte da Autodesk per collaborare rimanendo nello stesso ambito, utilizzabile sia per uno schema architettonico ma anche per uno schema MEP o strutturale, ed anche un workflow relativo alla multi-disciplina che verrà trattato nel capitolo 4.2.1.3..

Come già definito lo strumento utilizzato per collaborare in singola disciplina è quello dei workset: poiché questo strumento permette ai vari utenti di aprire e lavorare sul modello sempre nello stesso template definito all'interno del modello centrale.

Per poter valutare effettivamente l'utilizzo e lo schema operativo di questo strumento sul modello architettonico definito inizialmente si sono andati a definire i vari workset in funzione degli elementi modellati all'interno del progetto. Inoltre, Autodesk permette di collaborare, come già definito nel capitolo 4.2.1.1.1. sia in cloud attraverso lo strumento BIM 360 o attraverso la rete quindi utilizzando una rete LAN o WAN come mostrato in figura 4.18.

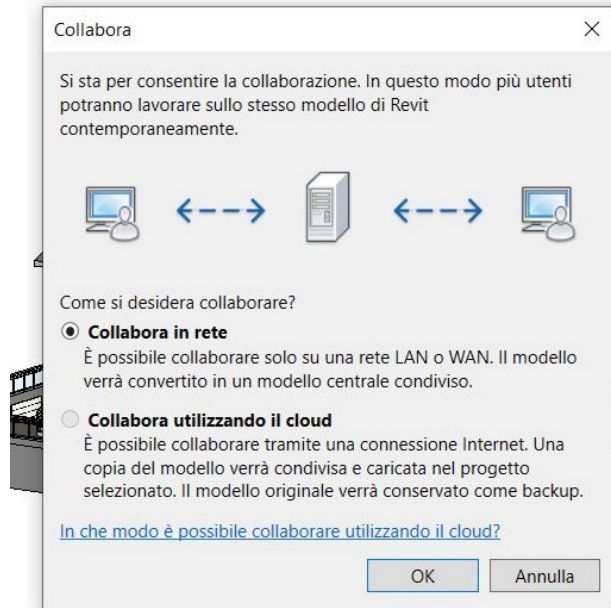


Figura 4.18 - Opzioni di collaborazione offerte dallo strumento Workset

I workset quindi sono stati definiti dividendo:

- Elementi strutturali in elevazione;
- Orizzontamenti;
- Collegamenti;
- Infissi;
- Muri;
- Sistemazione Esterna (impostata come non modificabile).

Questa divisione è stata fatta a livello macroscopico con il solo intento di valutare il funzionamento dello strumento, considerando come ogni figura sarà proprietaria di tutti gli elementi generati all'interno di quel relativo workset. viene da sé come operativamente questa divisione dovrà esser fatta con un grado di dettaglio maggiore per poter definire le proprietà correttamente, ed inoltre sicuramente dovrà essere un'operazione effettuata, programmata e definita all'inizio del progetto in modo da organizzare meglio il flusso di lavoro e quindi distribuire ruoli e responsabilità in maniera corretta.

In questo caso, si è deciso di collaborare utilizzando la rete, poiché l'utilizzo di BIM 360 richiede una registrazione su licenza senza poter utilizzare quella studentesca e di conseguenza per usufruire di questo strumento si è definito all'interno del Server universitario una cartella condivisa tra i vari utenti per poter salvare il modello centrale.

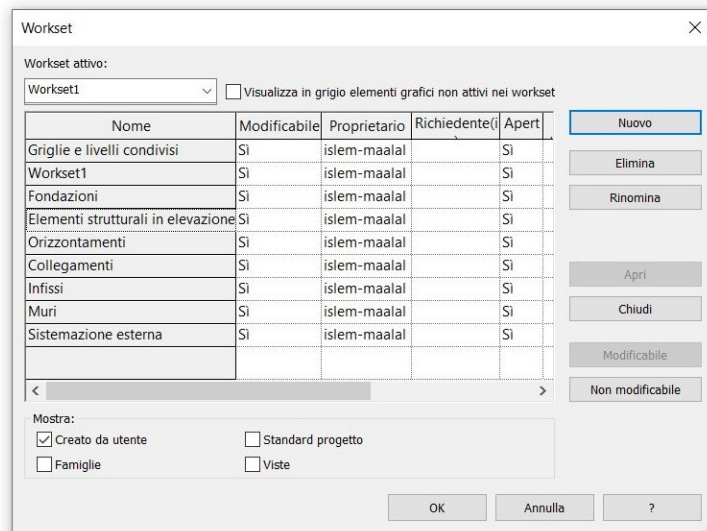


Figura 4.19 - Definizione workset nel modello architettonico

Si è quindi provato, attraverso l'utilizzo di più dispositivi con differenti account Autodesk, a modificare il modello centrale: inserendo nuovi workset o provando a modificare elementi non di proprietà ricordando comunque come questo strumento permette sia la collaborazione attraverso un modello centrale ma generando copie locali nei vari dispositivi del partner del progetto per poter apportare modifiche all'interno del progetto.

In relazione a quanto visto si possono andare a definire due possibili strade:

1. Lavorare solo Copie Locali, valutando come:

- Sia necessario un incontro per valutare eventuali modifiche effettuate dai vari partner di progetto, che provoca un rallentamento per quanto riguarda l'avanzamento dei lavori e inoltre, generando anche difficoltà sul sincronizzare le modifiche apportate in relazione alle altre;
- Si tenderà a lavorare con modelli obsoleti, poiché ogni componente del team lavorerà su una propria copia locale e di conseguenza non potrà tener conto delle modifiche effettuate dagli altri componenti durante l'avanzamento del progetto.

2. Lavorare sincronizzando con il Modello Centrale, in questo caso invece:

- Si ha la necessità di organizzare il flusso di lavoro, poiché le modifiche apportate e sincronizzate si salveranno sul modello centrale e di conseguenza nel momento della sincronizzazione anche su tutte le copie locali. Senza uno schema definito che permette ai vari componenti del team di definire quando è il momento di sincronizzare la propria copia locale potrebbero generarsi dei problemi, poiché

sincronizzando si modificherà a non solo il progetto ma anche le viste, le discipline e anche l'organizzazione del template dell'utente che ha apportato l'ultima modifica;

- Si può definire il modello come 'quasi Live', poiché anche se non permette di lavorare simultaneamente sullo stesso modello in tempo reale, ma dato che tutti i componenti del team possono sincronizzare il proprio modello. Questo può generare confusione però nel momento in cui il flusso di lavoro non sia organizzato poiché è di difficile lettura valutare le modifiche che sono state importate.

Questa divisione è stata valutata in funzione delle opzioni che Revit permette di utilizzare nella palette della collaborazione, quali:

1. Sincronizza con Centrale – permette di salvare dalla propria copia locale tutte le modifiche apportate all'interno del modello centrale. Utile per importare all'interno del modello centrale nuovi workset e nuovi elementi;
2. Ricarica ultime modifiche – permette di caricare tutti gli aggiornamenti e modifiche che sono state apportate al modello centrale (da altri utenti), salvandole all'interno della propria copia locale. Inoltre, non permette di visualizzare in maniera chiara le modifiche effettuate dagli altri membri del team all'interno del progetto (attraverso eventualmente notifiche istantanee).

Sulla base di tutte queste osservazioni è stato definito, ricalcando lo schema BPMN definito da Penn State, un workflow che permette di definire l'andamento per la collaborazione nella singola disciplina fornito da Autodesk.

4.2.1.3. Multi-disciplina

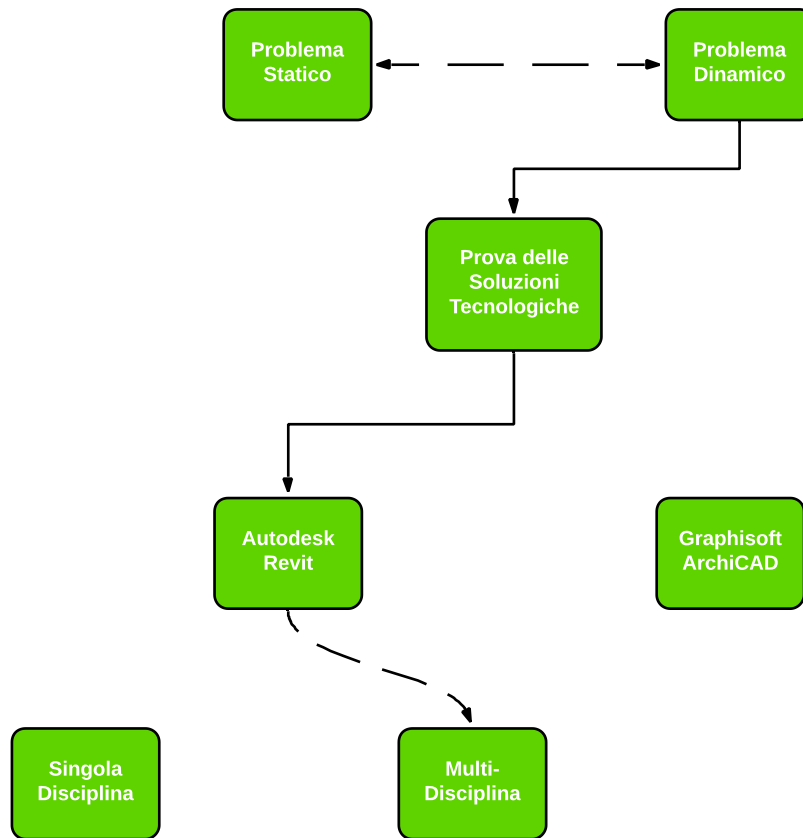


Figura 4.21 - Analisi del problema dinamico in multi-disciplina per Revit

Definito attraverso lo strumento di collaborazione workset come Autodesk permette la collaborazione in una singola disciplina si procede attraverso lo strumento Copia/Controlla a valutare il workflow relativo a una progettazione multidisciplinare.

Lo strumento Copia/Controlla non è di per sé l'operazione da eseguire per collaborare; poiché, Revit come già definito nel capitolo 4.1.1.1. permette al suo interno sia la modellazione architettonica, quella MEP e quella strutturale, con l'opzione di collegarsi anche a software esterni (sempre Autodesk) come Robot per analisi strutturali più accurate. Di conseguenza, tramite la definizione del corretto template all'apertura del programma (template meccanico per MEP e template strutturale per la parte strutturale) si procede con il collegare il modello architettonico al nuovo template.

Essendo tutto nello stesso programma, Revit permette di collegare un modello .rvt all'interno di un nuovo progetto con un template differente che può essere definito come modello centrale attraverso i workset senza impedire di effettuare la stessa operazione con il nuovo progetto.

Questo di conseguenza permette ai team delle varie discipline, semplicemente aggiornando il collegamento .rvt all'interno del progetto, di valutare in tempo reale le modifiche che i membri del team a cui appartiene il modello centrale stanno apportando ed inoltre, potendo generare i nuovi progetti nuovamente come modelli centrali, la procedura valutata per la singola disciplina rimane valida anche per questa casistica permettendo ai vari team di collaborare con più personale all'interno delle varie discipline. Dunque, una volta collegato il modello architettonico ogni disciplina lavorerà separatamente dalle altre, comunicando solamente con il modello collegato che solitamente è rappresentato dal modello architettonico. Ora, attraverso lo strumento Copia/Controllo è possibile copiare ed eventualmente controllare le istanze presenti nel modello collegato. Questo permette, all'apertura del progetto, di ricevere notifiche nel caso in cui alcuni elementi siano stati modificati o eliminati. La scelta degli elementi da copiare, come definito nel capitolo 4.2.1.1.2., è puramente arbitraria e frutto delle esigenze specifiche del membro del team: sarebbe comunque opportuno seguire le indicazioni generali per ovviare una serie di problemi quali ad esempio la differenza dei livelli che si hanno tra quelli importati e quelli definiti da default dal template aperto.

Sicuramente ogni disciplina dovrà e avrà bisogno di informazioni differenti dal modello architettonico, come ad esempio un ingegnere MEP necessiterà di informazioni quali la stratigrafia del muro per valutare eventualmente dove far passare le tubazioni e un ingegnere strutturale avrà bisogno di informazioni riguardo griglie e elementi strutturali che saranno in entrambi i casi, dato che il modello iniziale viene caricato nella sua totalità, tutti disponibili.

Per provare operativamente questa procedura si è ipotizzato di, preso il modello architettonico, definire qualitativamente il flusso di lavoro per una collaborazione multidisciplinare: generando un modello MEP con un grado di dettaglio minimo all'interno del modello centrale e un modello strutturale andando ad armare gli elementi strutturali previsti.

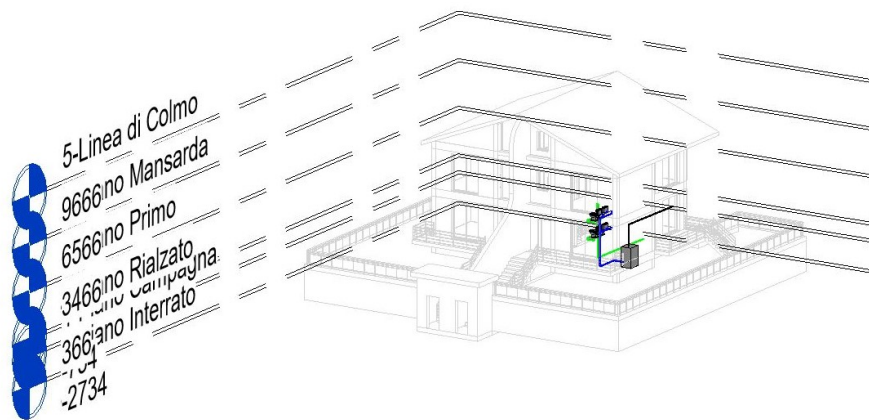


Figura 4.22 – Modello MEP collegato sul modello architettonico

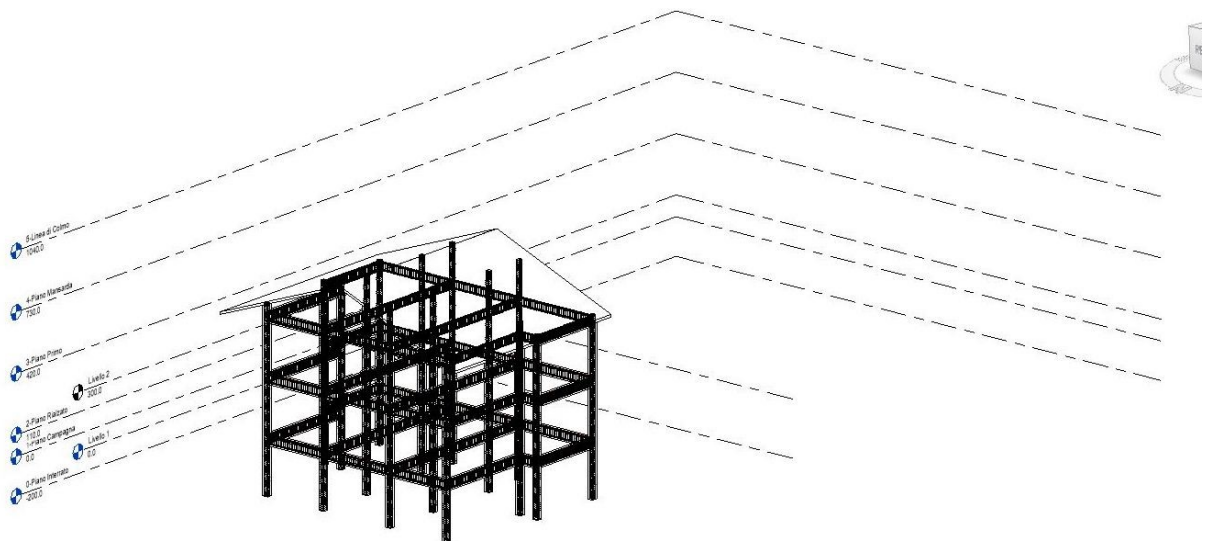


Figura 4.23 – Modello strutturale collegato sul modello architettonico

Successivamente, effettuate le operazioni di clash detection e verifica coordinamento disponibili all'interno di Revit per evitare incongruenze e non coerenza nei vari modelli, si procede con la possibilità di poter unire tutti i modelli in un unico file per poter gestire in maniera più intuitiva e pratica l'intero progetto. Tenendo in considerazione come, con l'ausilio di un software esterno a Revit quale Navisworks è possibile gestire i vari modelli coordinando i vari team (necessitando di un'ulteriore figura che sarà addetta a queste operazioni) e notificare ai vari componenti dei team, nel caso in cui ci siano difformità nei modelli o elementi in conflitto, eventuali soluzioni tramite opzioni di messaggistica.

L'unione in questo caso è stata effettuata sempre all'interno di Revit, collegando inizialmente al modello architettonico prima il modello MEP e successivamente il modello strutturale scomponendo i collegamenti. rvt così da permettere di importare all'interno di unico modello tutte le famiglie utilizzate per gli elementi presenti all'interno del modello. Importante, per poter effettuare questa operazione correttamente è definire sempre in fase iniziale della collaborazione punti di riferimento comuni per tutti i progetti, così da permettere un'importazione coerente evitando problemi e conseguenti ritardi.

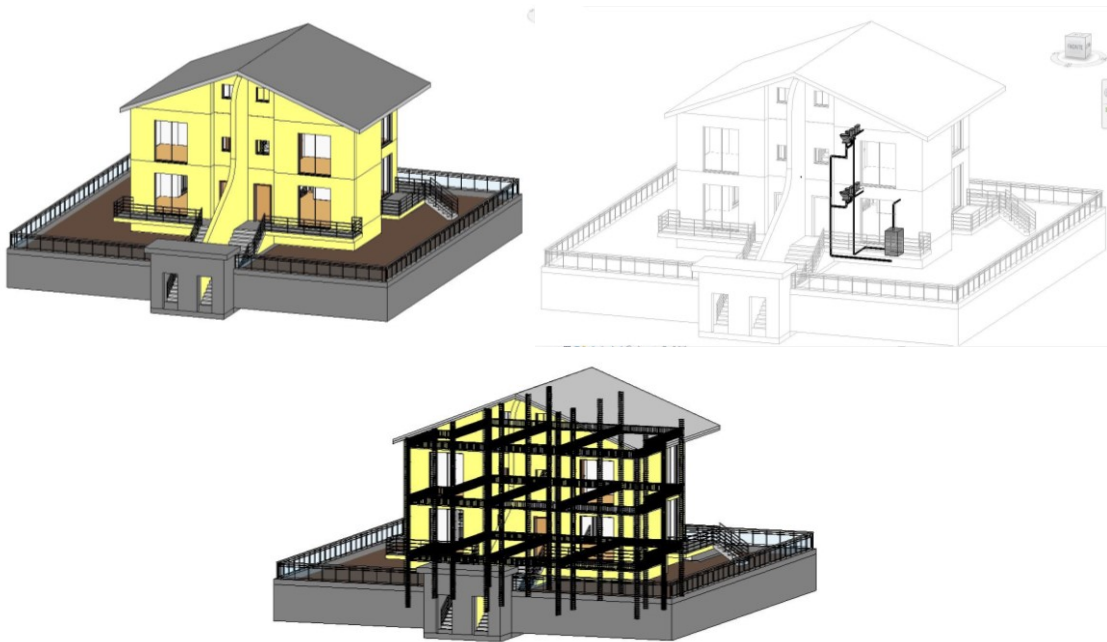


Figura 4.24 – Unione del modello architettonico con il modello MEP e strutturale

Considerando la procedura sopra descritta, anche in questo caso si è andato a definire un workflow tipico con lo schema BPMN che permette di riassumere le procedure offerte da Autodesk per una progettazione collaborativa a livello multidisciplinare:

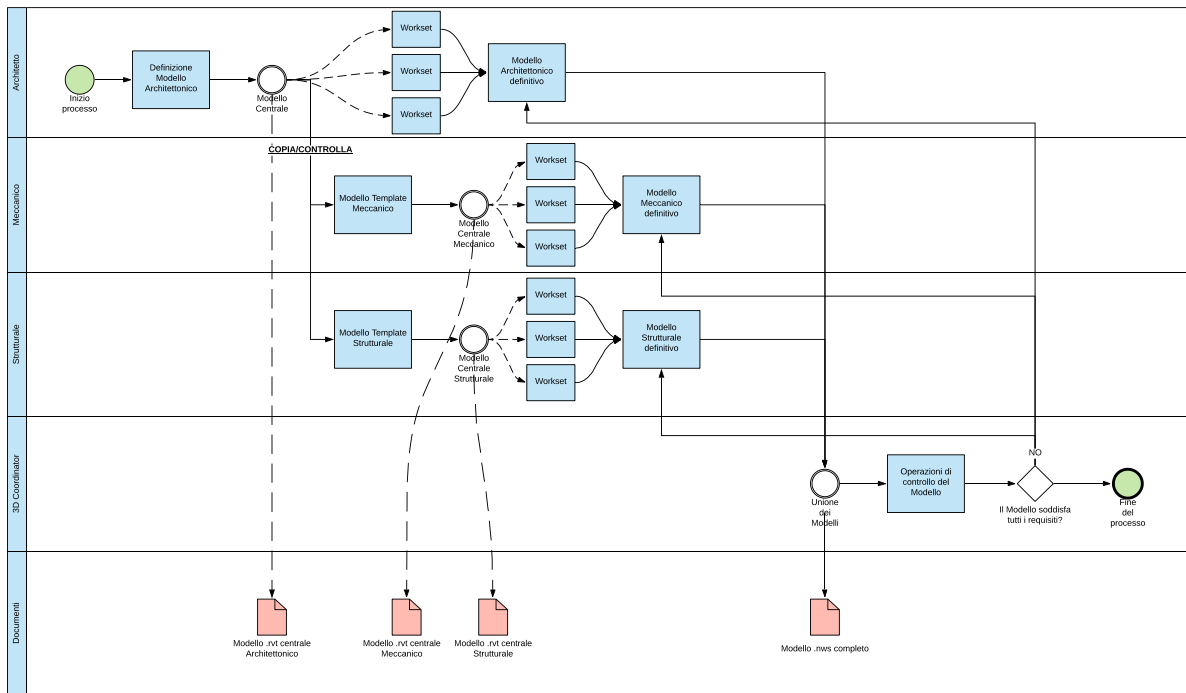


Figura 4.25 - Workflow definito per la progettazione multidisciplinare in Revit

Infine, anche in questo caso si pone come ultimo punto le problematiche riscontrate che rappresentano i limiti del supporto alla collaborazione:

- Questa procedura, implicando un collegamento di un modello Revit non permette di importare i livelli e altre impostazioni automaticamente, e di conseguenza anche tutte le famiglie create nel modello iniziale;
- Le informazioni degli elementi e delle istanze (sia le proprietà sia le stratigrafie) rimangono invariate nel momento dell'importazione ma, utilizzando lo strumento Copia/Controllo e copiando alcuni elementi all'interno del proprio template si può notare come la geometria dell'elemento non sia più pertinente in relazione al fatto che all'interno del nuovo progetto non ci siano le famiglie degli elementi copiati;
- Lo strumento Copia/Controllo permette di rimanere aggiornati ad eventuali modifiche sugli elementi interessati ma non permette di comunicare in tempo reale eventuali modifiche apportate a degli elementi del modello centrale nei nuovi template (Comunicazione Unidirezionale);
- Difficoltà di coordinare modifiche apportate dalle varie discipline e di unire i modelli (causa creazione di file molto pesanti di difficile utilizzo);

- Necessità, per una corretta gestione delle varie discipline l'utilizzo di un ulteriore software come Navisworks, che permette anche di coordinare i vari team;
- Ogni disciplina lavora separatamente e comunica solo con il modello centrale (solitamente con l'architettonico).

I quali vanno ad aggiungersi, per ogni disciplina, alle problematiche definite per la progettazione a singola disciplina

4.2.2. Workflow operativo definito da Graphisoft

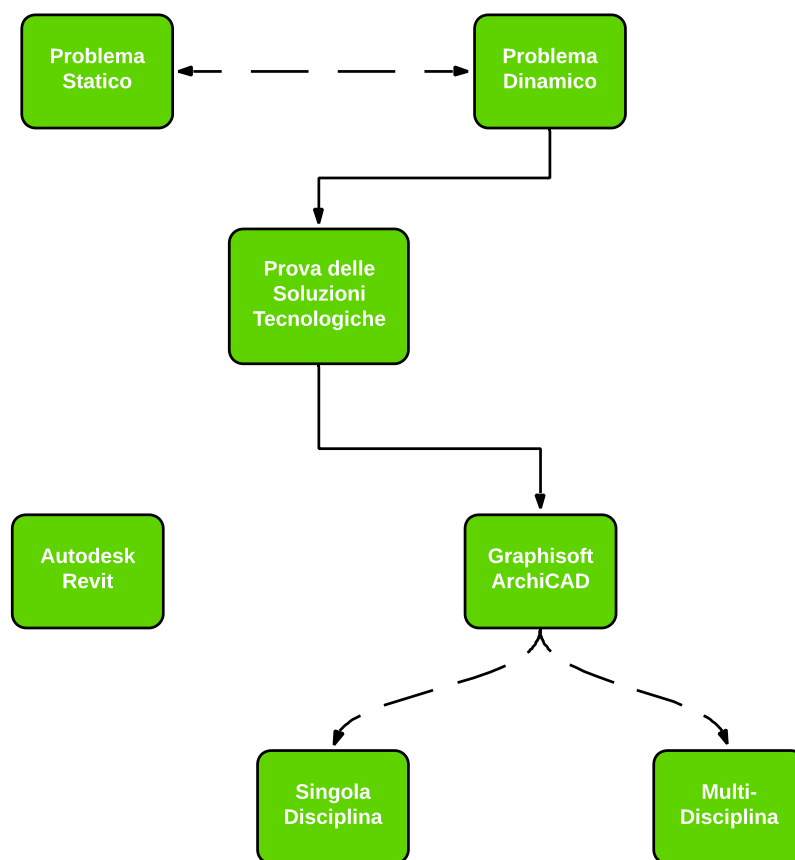


Figura 4.26 - Analisi del problema dinamico per la piattaforma ArchiCAD

4.2.2.1. Strumenti offerti

4.2.2.1.1. Definizione di Teamwork

La tecnologia teamwork permette ad un team di lavorare simultaneamente sui vari aspetti dello stesso progetto, pur mantenendo la sicurezza del progetto e tutti i membri del team sempre aggiornati sullo stato di avanzamento dello stesso.

Questa tecnologia si basa, partendo dalla premessa di modello federato, sulla condivisione di un modello attraverso un BIM server messo a disposizione da Graphisoft.

Il BIMcloud di ArchiCAD permette di connettere team e progetti di qualsiasi dimensione e configurazione, ed è possibile implementarlo in ambienti cloud pubblici e privati. Consente la collaborazione di team remoti e la gestione di grandi file, di lavorare anche offline e permette di lavorare praticamente da qualsiasi luogo facendo sì che i membri del team possano collegarsi e lavorare ovunque. Tutti i dati di progetto che possono essere importati in ArchiCAD possono essere comunicati attraverso il BIMcloud.

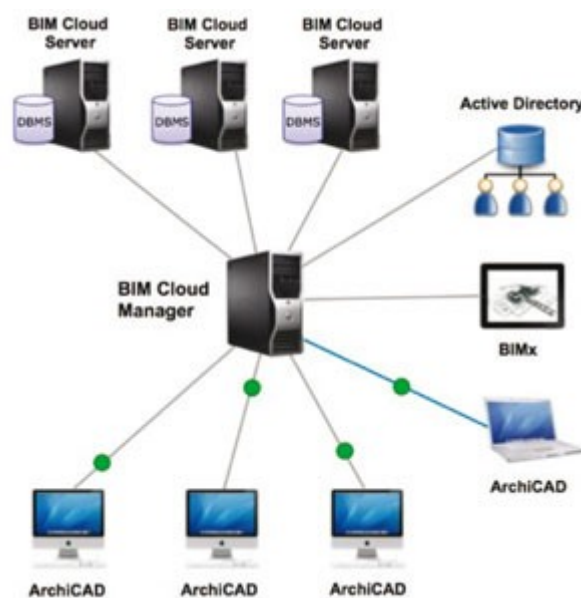


Figura 4.27 - Schema di funzionamento del BIM server

Nell'ambiente del BIMcloud, i membri del team possono collaborare in tempo reale sui modelli BIM e qualsiasi errore dovuto a componenti malfunzionanti viene bloccato, preservando l'integrità del progetto sulla rete.

Come detto, il BIMcloud supporta sia il lavoro online sia quello offline: se ARCHICAD perde la connessione con il BIMcloud, gli utenti possono continuare a lavorare con gli elementi che hanno già riservato. Quando la connessione sarà ristabilita, avranno la possibilità di inviare le modifiche eseguite al BIMcloud e di ricevere quelle inviate dagli altri utenti.

Importante inoltre è la Messaggistica incorporata nei Teamwork, poiché potenzia le comunicazioni tra i membri dei team presentando i messaggi nel loro contesto: selezionando semplicemente gli elementi, scrivendo e commentando per poi inviare il tutto ad un membro del team. Una finestra

di notifica avvertirà l'altro utente dell'arrivo del messaggio. Dopo avere aperto il messaggio, il destinatario potrà adattare lo zoom sull'elemento e leggere il messaggio nel suo contesto.

Inoltre, all'interno del BIMcloud è possibile definire i vari ruoli all'interno del progetto, così da poter definire i vari permessi per gli utenti e assegnarli sulla base delle loro responsabilità. Questo permette di limitare le funzioni disponibili per un determinato utente in modo da prevenire danni accidentali o modifiche indesiderate sul progetto. Ciascun utente può avere Ruoli diversi per i diversi progetti, secondo le loro specifiche responsabilità su tali progetti. È possibile creare anche un ruolo di sola visione, per consentire alle persone di unirsi al progetto senza poterlo modificare in alcun modo.

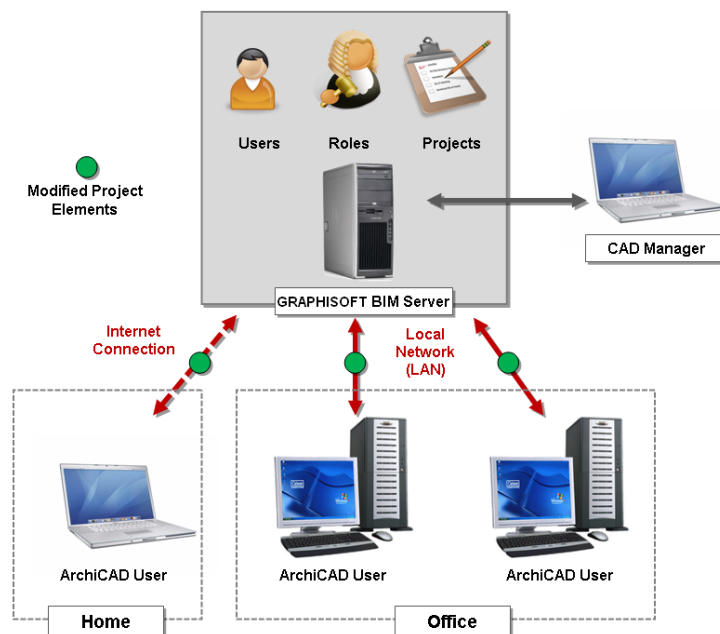


Figura 4.28 - Ulteriore schema di funzionamento del BIM server

4.2.2.2. Singola-Disciplina

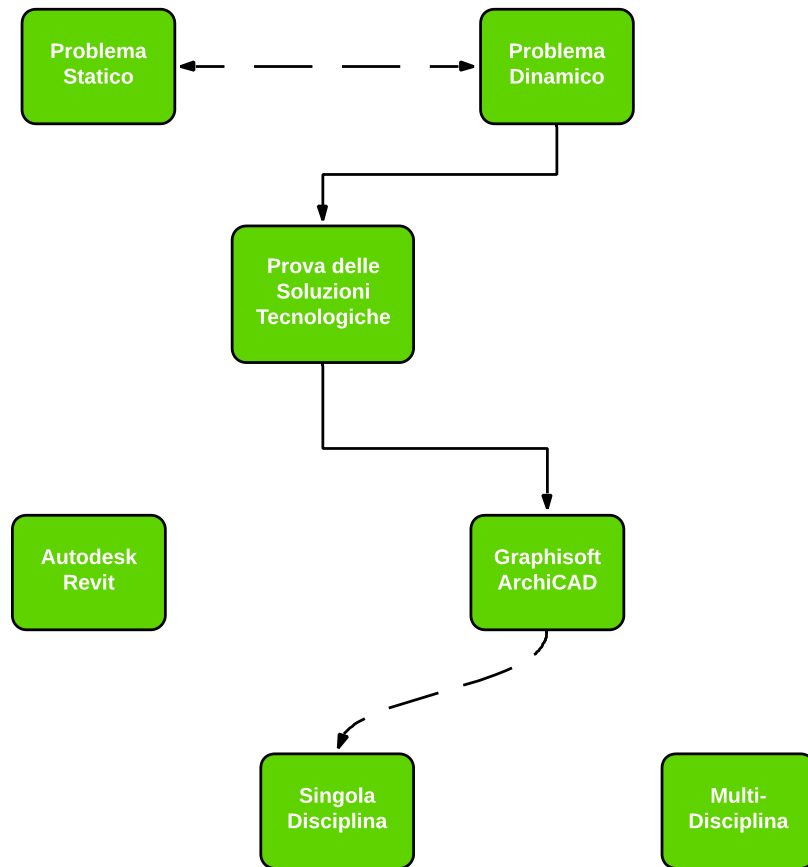


Figura 4.29 - Analisi del problema dinamico in singola disciplina per ArchiCAD

In ugual modo a quanto effettuato nei capitoli 4.2.1.2. e 4.2.1.3. verrà trattato nel dettaglio la procedura offerta da Graphisoft ArchiCAD per la progettazione collaborativa. Si dovrà tener presente come, a differenza di Revit che al suo interno presenta tutte le discipline, ArchiCAD essendo un software BIM prettamente architettonico dovrà per forza relazionarsi con software esterni per ambiti diversi (come quello strutturale) tranne che per la modellazione MEP, la quale eventualmente potrà essere aggiunta grazie ad un plug-in disponibile sul sito Graphisoft.

In questo capitolo si porrà l'attenzione inizialmente sul concetto di singola disciplina, valutando come ArchiCAD permette a più architetti di lavorare sullo stesso modello definendo infine un workflow caratteristico.

Come trattato nel capitolo precedente, ArchiCAD attraverso lo strumento Teamwork permette la collaborazione di più figure (sempre architetti) su un unico modello, il quale a differenza di Revit, dovrà essere condiviso necessariamente su un Server.

Il server in questione, fornito da Graphisoft, è quello del BIMCloud: tale server dovrà essere installato su un computer (o più computer) e andrà a definire la collocazione del modello. I vari utenti potranno accedere al progetto, solo una volta caricato all'interno del server, solo se collegati alla stessa rete del server; tenendo in considerazione come, nel caso vi sia necessità di collaborare tra vari team di progetto in posizioni geografiche differenti vi sia l'opportunità di generare più server, dove agiranno i vari team previsti, collegandoli tra di loro.

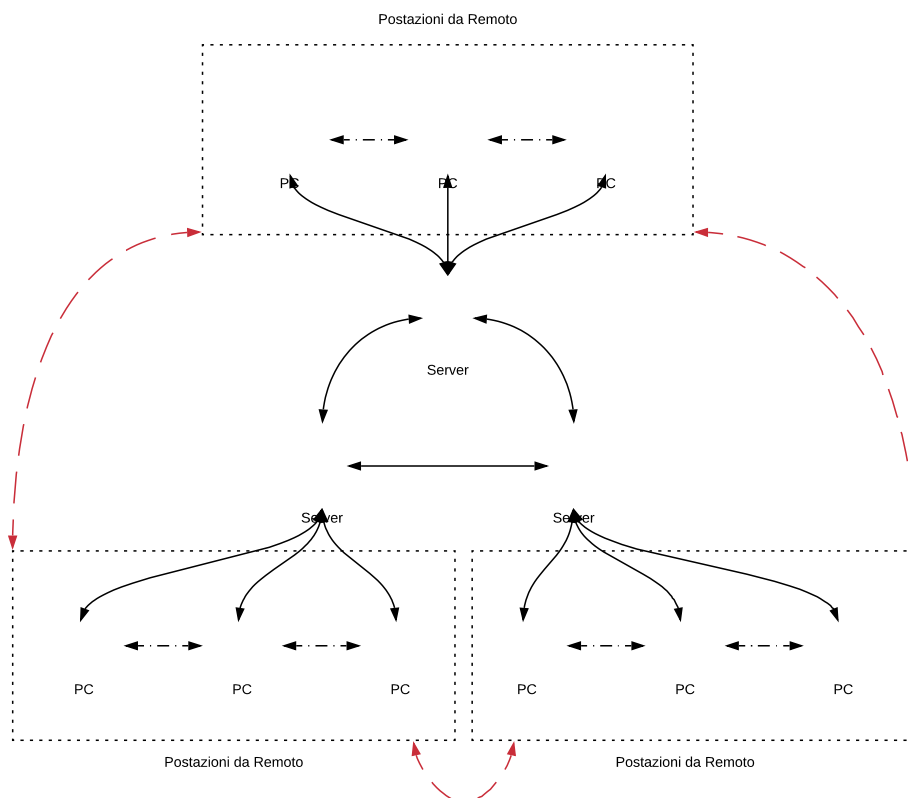


Figura 4.30 – Schema funzionamento Teamwork su più server

I vari team si interfacceranno tra di loro passando per i collegamenti che vi sono tra i vari server, tenendo presente come però vi sia anche l'opportunità di poter lavorare non solo da remoto (collegato alla stessa rete del server) ma anche con una connessione differente o in luoghi diversi non potendo usufruire però delle caratteristiche e delle potenzialità di comunicazione offerte dal teamwork. Poiché infatti lavorando tutti nella stessa rete vi è la possibilità di scambiarsi messaggi istantanei per quanto riguarda sia la richiesta di elementi ma anche messaggi coordinamento.

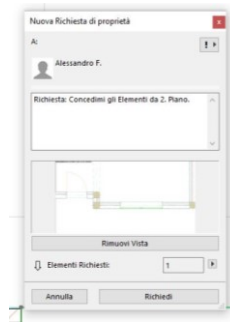


Figura 4.31 – Richiesta messaggi all'interno del Teamwork

Di conseguenza, nel caso in cui si dovesse lavorare offline, queste caratteristiche verrebbero meno, obbligando l'operatore a generare una copia locale del modello nel proprio computer (il collegamento al modello centrale all'interno del server è comunque possibile) e quindi modificare localmente il modello non considerando eventuali modifiche di altri operatori e l'impossibilità di caricare le proprie modifiche.

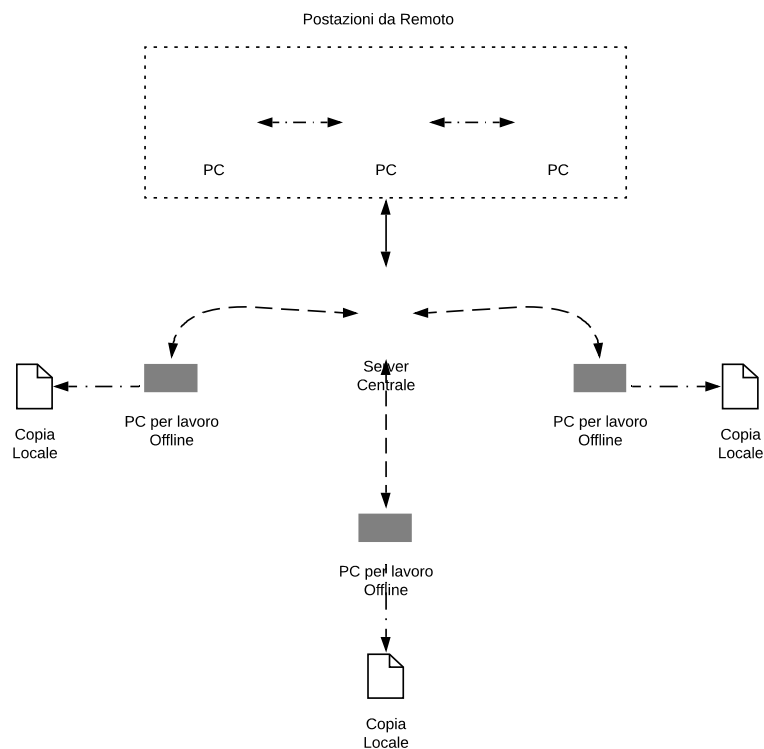


Figura 4.32 – Schema funzionamento Teamwork per lavoro offline

Inoltre, bisogna considerare come la struttura generata all'interno del Server è di tipo gerarchico: poiché infatti vi sarà una figura definita come Amministratore del Server che si occuperà principalmente della definizione del Server e delle figure che dovranno essere comprese al suo interno, tale figura inoltre può rappresentare anche operativamente un componente del

team di progetto. In funzione di questo, vi saranno delle figure, alcune di default, che potranno essere definite in relazione al proprio compito e quindi in base al loro ruolo, alle quali si potranno andare ad associare le operazioni che saranno in grado di effettuare all'interno del progetto. Questo permette di definire ruoli e responsabilità all'interno del progetto poiché a differenza di Revit non si avranno dei Workset che definiscono i vari proprietari degli elementi all'interno del progetto, ma si avranno figure con definiti compiti i quali potranno generare solo quei elementi funzionali al compito. Questo non esclude comunque la proprietà che si definisce una volta generato un elemento, questa però non apparterrà ad alcun gruppo, quindi ogni utente potrà generare qualsiasi tipo di elemento (sempre in relazione al ruolo a lui definito) e potrà richiedere direttamente il singolo elemento, una vista, o anche una libreria senza essere vincolati ad un gruppo come per i workset.

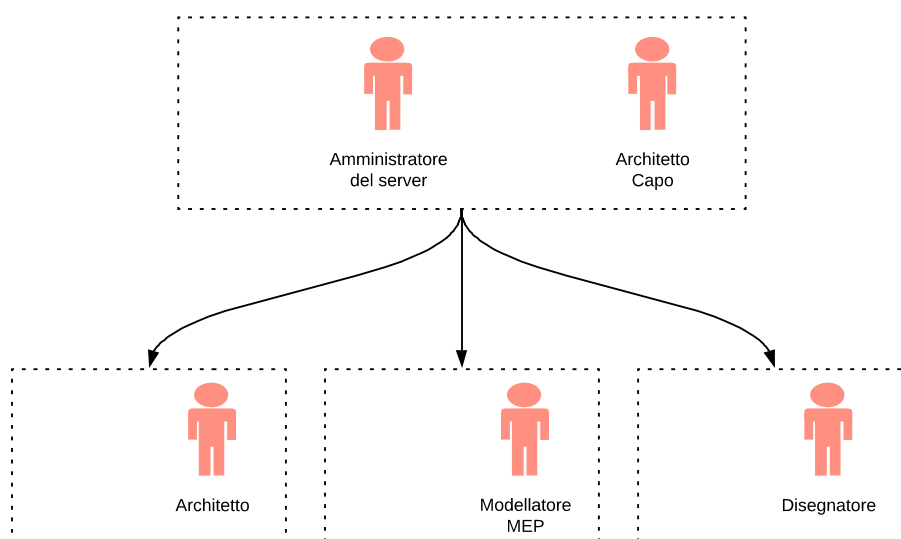


Figura 4.33 – Esempio di struttura gerarchica

Per poter definire questo è stato effettuato un esperimento per analizzare come Graphisoft permette effettivamente di operare. In ugual modo per l'esperimento effettuato su Revit, vengono definite più figure all'interno del BIMServer, ognuno con definiti permessi, quali:

- Architetto Capo (anche amministratore del Server);
- Architetto;
- Modellatore MEP;
- Disegnatore.

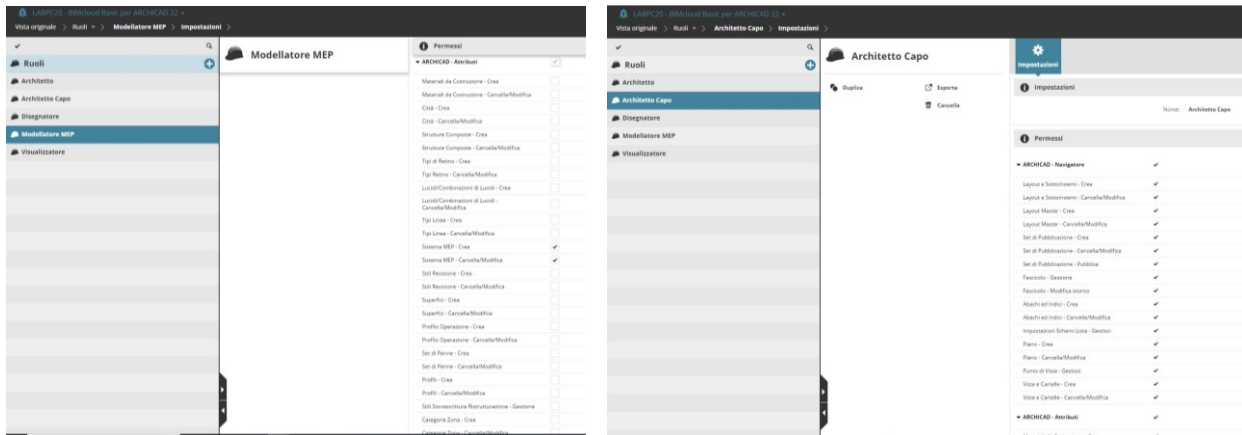


Figura 4.34 – Ruoli e permessi definiti nel BIMServer

Definite le figure e il server, è stato preso il modello definito nel capitolo 4.2. e caricato all'interno del server per valutare le operazioni permesse da ArchiCAD.

Come già descritto precedentemente, ogni figura può lavorare contemporaneamente sullo stesso modello all'interno del BIMServer, questo è premesso tramite una Palette all'interno di ArchiCAD, definita come palette Teamwork, che permette di comunicare con le altre figure che partecipano al progetto tramite non solo richieste di elementi ma anche messaggi di coordinamento. Il modello può definirsi in questo caso come un modello Live, poiché attraverso l'opzione invia/ricevi (sempre nella palette Teamwork) è possibile inviare le modifiche apportate al modello e ricevere le modifiche caricate da altri utenti (o entrambe) in qualsiasi momento.

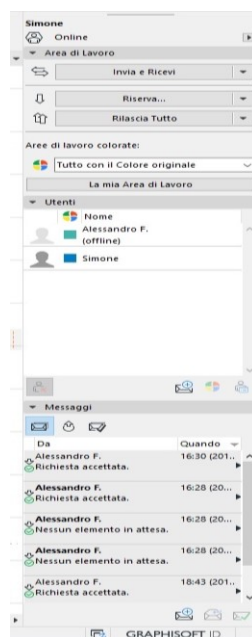


Figura 4.35 – Palette Teamwork

Inoltre, vi sono sempre all'interno della palette le opzioni Riserva/Richiedi e Rilascia, che come in Revit sono quelle operazioni da effettuare per i vari elementi ma avranno valenza immediata senza la necessità di dover inviare o ricevere modifiche. Tenendo presente come in ArchiCAD, la proprietà dei vari elementi è data semplicemente in funzione della figura che andrà a generarlo. Ma nel caso in cui quell'elemento serve ad un altro utente, esso potrà richiederlo tramite l'opzione Richiedi: a differenza di Revit che, lavorando in gruppi definiti dai workset, la richiesta di un elemento termina con la sessione corrente e l'elemento torna al proprietario del workset in ArchiCAD l'elemento non essendo vincolato a nessun gruppo rimane all'ultimo utente proprietario. Il quale può anche decidere di Rilasciare determinati elementi, nel caso in cui non ne abbia più bisogno, che diventeranno liberi e in grado di essere presi da chiunque ne abbia necessità.

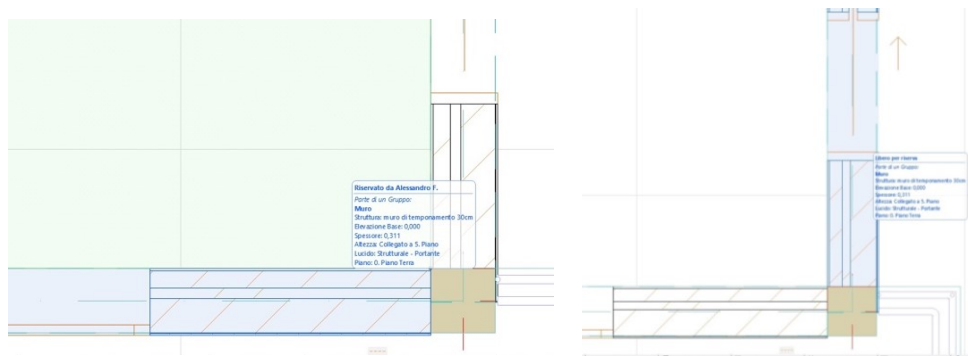


Figura 4.36 – Proprietà elementi in ArchiCAD

Bisogna però tenere in considerazione come il software non permette la chiusura se il modello che è stato modificato da un utente non viene caricato sul modello centrale. Infatti, nel caso in cui non si inviassero le modifiche apportate dopo la chiusura, non viene permesso a quell'utente di tornare a lavorare online alla successiva apertura senza che quelle modifiche vengano caricate. Vi è comunque la possibilità di scartare le modifiche apportate e ricominciare a lavorare sul modello aggiornato dal BIMServer.

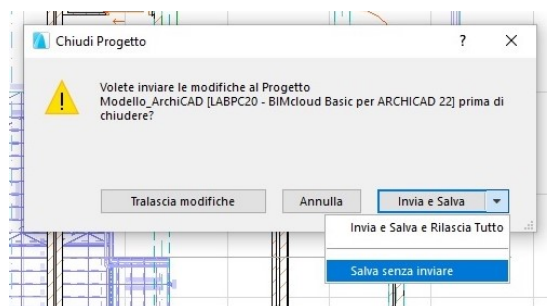


Figura 4.36 – Chiusura modello per modifiche

Sulla base di tutte queste osservazioni è stato definito, ricalcando lo schema BPMN definito da Penn State, un workflow che permette di definire l'andamento per la collaborazione nella singola disciplina fornito da Graphisoft:

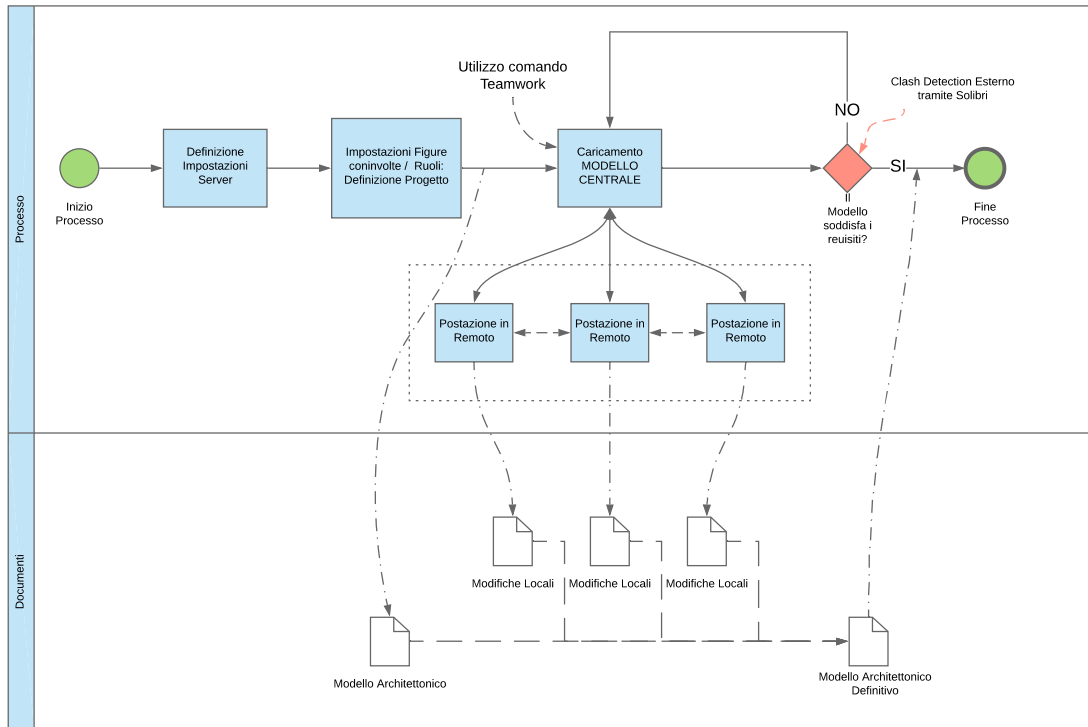


Figura 4.37 - Workflow definito per singola disciplina in ArchiCAD

Ponendo l'ultimo punto riguardo le problematiche riscontrate durante queste prove che rappresentano i limiti del supporto alla collaborazione:

- L'utilizzo forzato all'interno del Teamwork del BIMServer e di conseguenza di caricare un modello live comporta problemi di organizzazione. Anche se ArchiCAD prevede grazie alla componente di messaggistica l'opportunità di comunicare tra i vari membri del team senza una corretta organizzazione del flusso di lavoro si possono riscontrare difficoltà e congestione dell'avanzamento dei lavori;
- Necessita di un'organizzazione a priori delle figure coinvolte e dei permessi da associare, quindi per poter gestire correttamente il BIMServer bisogna considerare un'ulteriore figura preposta all'organizzazione e alla gestione di esso;
- Non permette l'inserimento di istanze all'interno di elementi non di proprietà, dovendo quindi chiedere l'autorizzazione (come ad esempio

- l'inserimento di una finestra all'interno di un elemento muro). Ma nel caso in cui si richiedesse un elemento vincolato ad un altro la richiesta sarà comprensiva di tutti gli elementi e questo potrebbe comportare difficoltà nel gestire correttamente le necessità dei vari utenti;
- Dovendo caricare all'interno del BIMServer anche le librerie di ArchiCAD nel caso in cui un utente dovesse riservare tali librerie questo non permetterebbe ad altri utenti di poter apportare modifiche all'interno del progetto poiché si riserverebbero tutte le famiglie presenti;

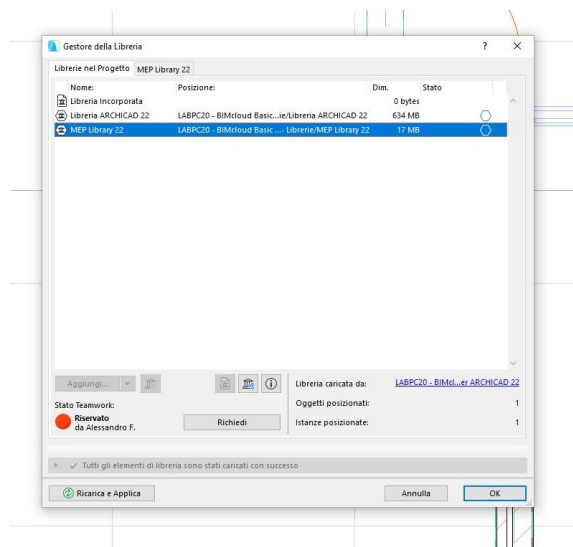


Figura 3.38 – Elementi libreria bloccati

- In ugual modo ai workset definiti da Revit, ArchiCAD non genera avvisi nel caso in cui si inserisse un elemento in conflitto con un altro elemento non di proprietà.

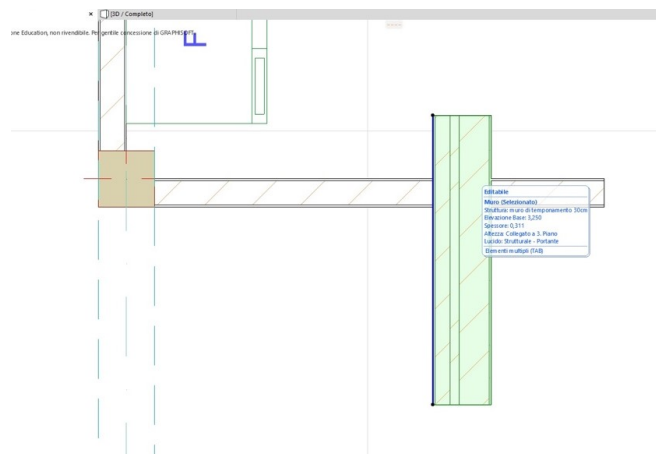


Figura 3.39 – Intersezioni di due elementi con differenti proprietari

4.2.2.3. Multi-disciplina

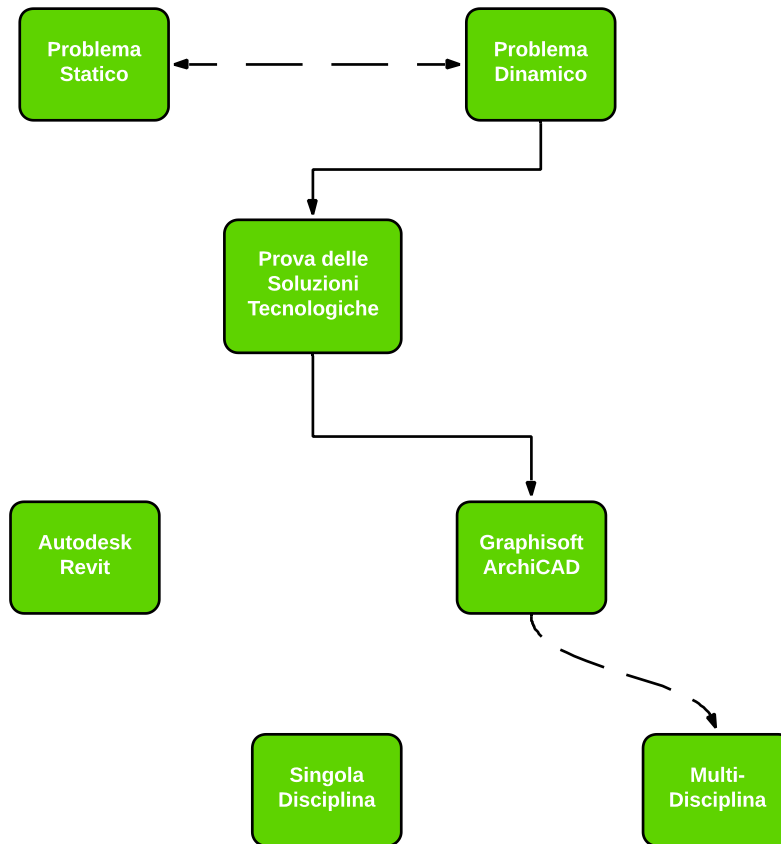


Figura 4.40 - Analisi del problema dinamico in multi-disciplina per ArchiCAD

Definito attraverso lo strumento di collaborazione Teamwork come ArchiCAD permette la collaborazione in una singola disciplina si procede andando ad analizzare le opzioni proposte per la multi-disciplina.

Bisogna in questo caso considerare come ArchiCAD sia un software BIM preposto alla modellazione architettonica appartenente alla famiglia Graphisoft, questo permette subito di capire come per operare multi disciplinarmente sia necessario l'utilizzo di altri software.

Graphisoft, appartenente al gruppo Nemecek, presenta l'opportunità di interfacciarsi con molti software di discipline differenti come Tekla per la modellazione strutturale. Ma, essendo Graphisoft e Nemecek fautori e promotori del concetto di OpenBIM per migliorare l'interoperabilità tra le varie piattaforme, permettono lo scambio di dati solo attraverso il formato IFC.

Come detto nel capitolo precedente, la modellazione MEP può essere inserita all'interno dei Teamwork attraverso il download di un plug-in e quindi delle librerie MEP da integrare all'interno di ArchiCAD. Ma, ArchiCAD presenta

varie opzioni di esportazione in relazione al tipo di software con il quale si ha intenzione di interfacciarsi come mostrato in figura 4.41.

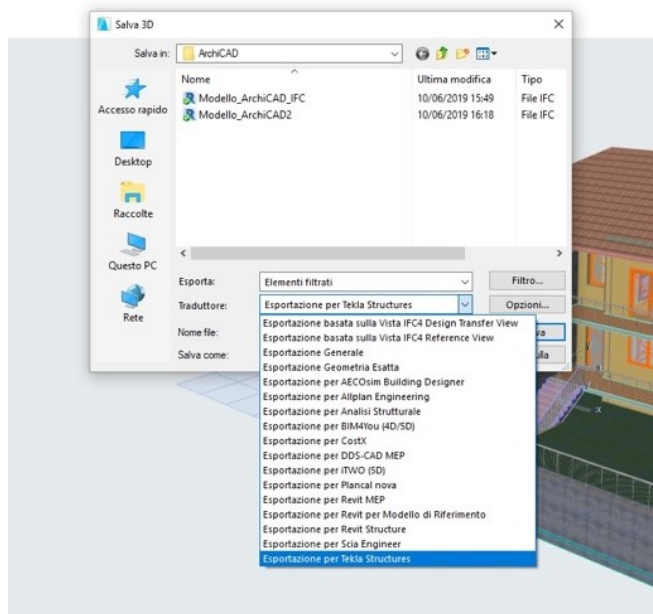


Figura 4.41 – Tipi di esportazione in IFC previsti da ArchiCAD

Definendo quindi il tipo di esportazione, in relazione al tipo di programma con il quale si vuole collaborare, ArchiCAD prevede configurazioni di default per migliorare l'esportazione. In funzione di questo sarebbe opportuno, per migliorare la qualità della collaborazione, applicare dei filtri sugli elementi da esportare così da fare in modo che il file generato sia più 'leggero' e di più facile lettura. Sempre all'interno della stessa finestra è possibile quindi filtrare gli elementi in relazione alla categoria di IFC.

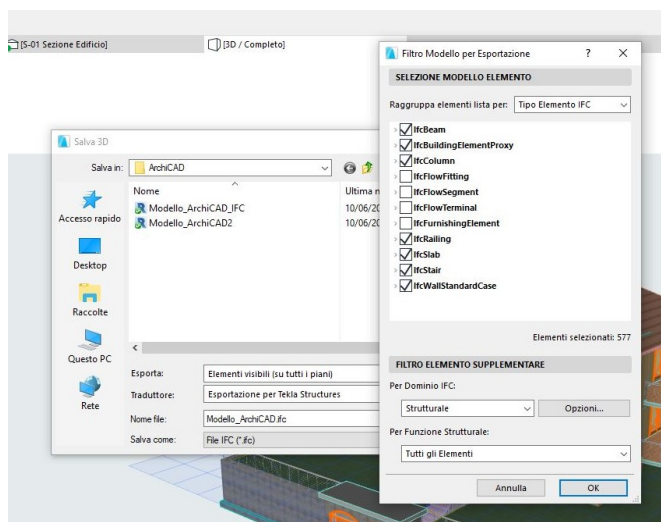


Figura 4.42 – Filtro modello per l'esportazione

Di conseguenza si è deciso di trattare il problema multidisciplinare in ArchiCAD nel capitolo 4.3 attraverso un test di interoperabilità orizzontale per valutarne l'effettiva efficienza e funzionalità tra test di importazione ed esportazione. Poiché infatti, la qualità della progettazione collaborativa in questo caso è definita dalla qualità del file IFC.

Si è andato ad analizzare però il workflow che Graphisoft prevede per la progettazione multidisciplinare (considerando eventualmente la possibilità di effettuare una modellazione MEP interna ad ArchiCAD), ricalcando sempre lo schema BPMN previsto in Penn State, si è definito un diagramma (mostrato in figura 4.43) che permette di sintetizzare l'andamento del flusso di lavoro.

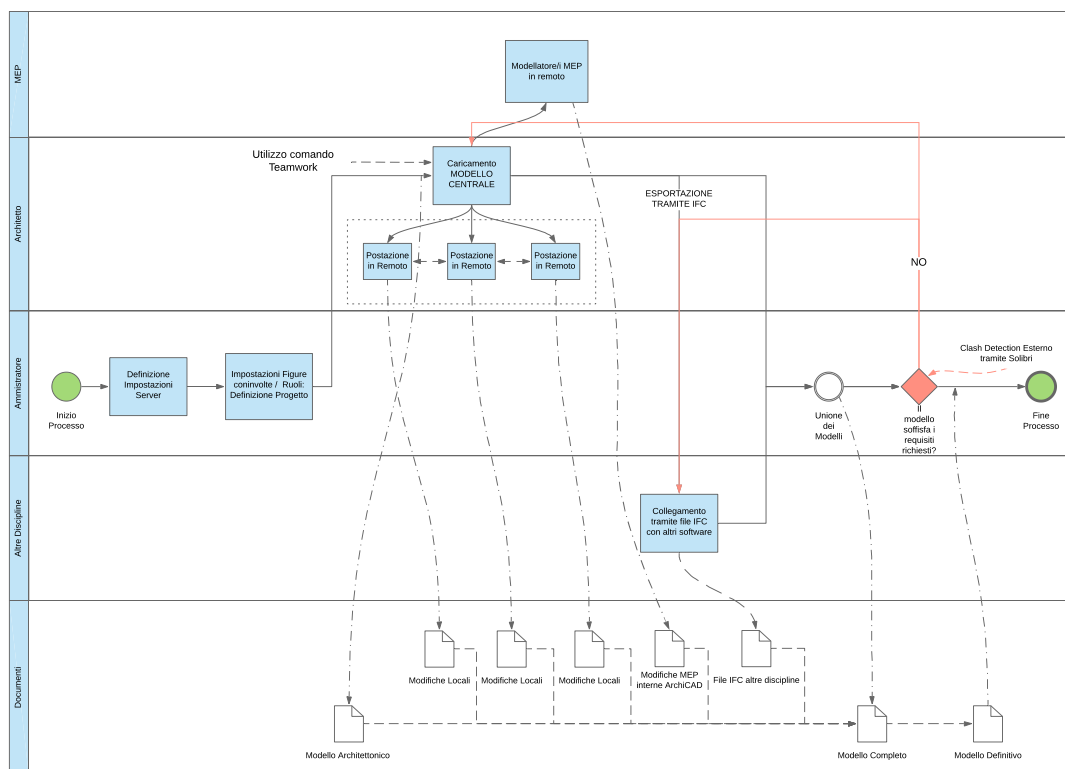


Figura 4.43 - Workflow definito per la progettazione multidisciplinare in ArchiCAD

Il problema principale nasce nel momento in cui si ha la necessità di comunicare tra i differenti software poiché hanno come mezzo di comunicazione solo il formato IFC. L'avanzamento dei lavori deve necessariamente procedere in maniera federata, quindi basandosi sempre su scambio di dati e continuo confronto delle modifiche, ne viene fuori una procedura iterativa che ha termine solo nel momento in cui si arriva a convergenza tra le figure coinvolte.

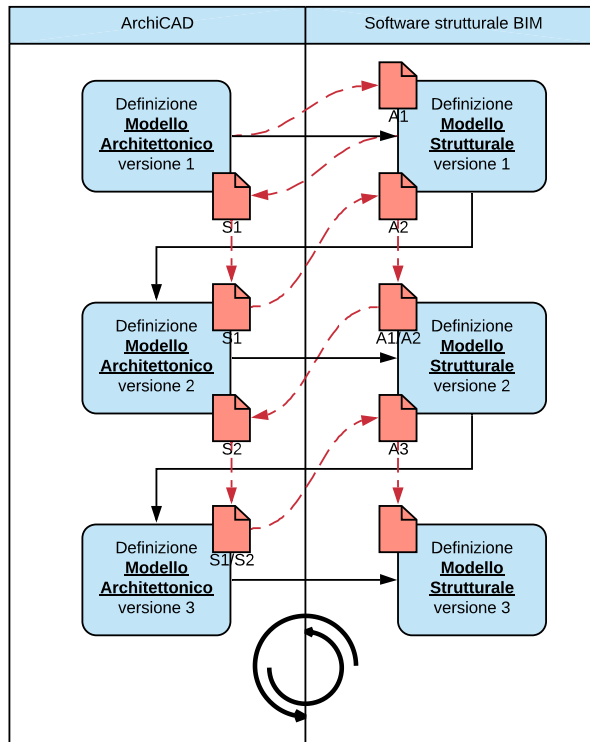


Figura 4.44 – Schema iterativo di scambio dati

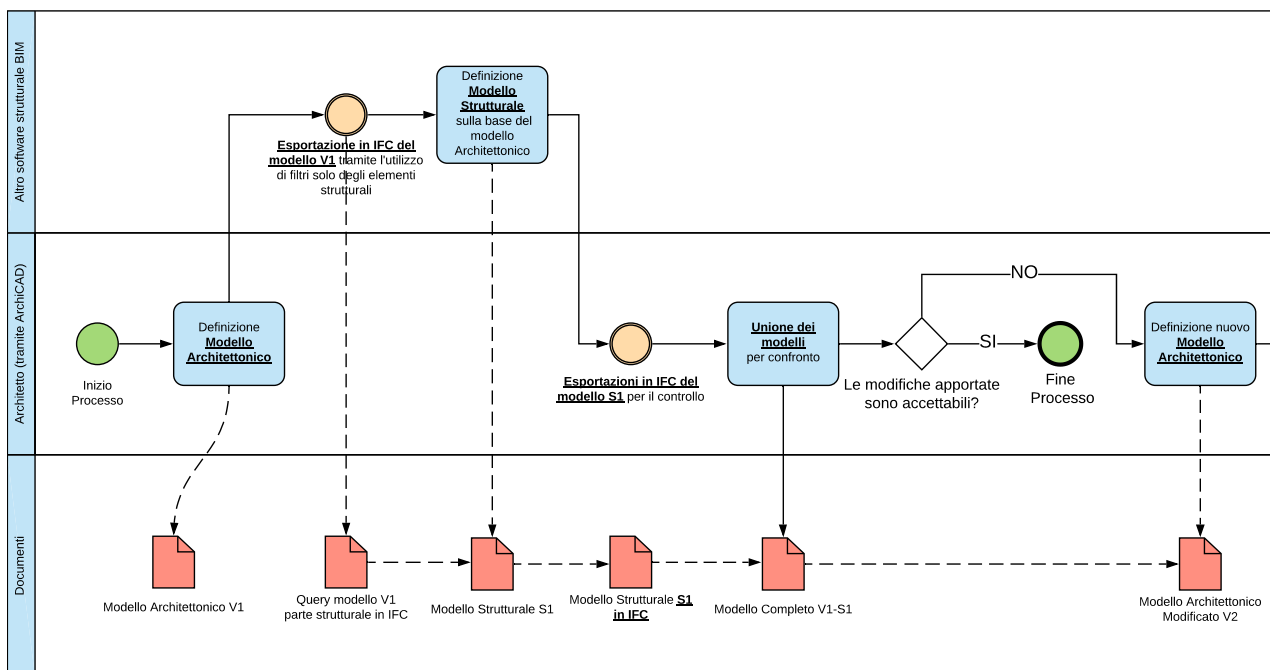
Questo di conseguenza implica l'impossibilità per le figure coinvolte di lavorare in parallelo e di attendere le modifiche apportate al modello per poterle valutare. Queste operazioni, ipotizzando una collaborazione con un progettista strutturale, consistono quindi in:

1. Definizione modello architettonico definito A1;
2. Esportazione in IFC del modello A1 attraverso l'utilizzo di filtri per gli elementi strutturali;
3. Importazione modello IFC nel software BIM strutturale;
4. Definizione modello strutturale sulla base del modello architettonico A1 definito S1;
5. Esportazione in IFC del modello S1 strutturale;
6. Unione dei modelli, possibile attraverso due procedure:
 - a) Importare modello strutturale all'interno del modello architettonico;
 - b) Generare un nuovo file dove importare entrambi i modelli.
7. L'architetto valuterà le modifiche apportate dal modello S1 e valuterà se ritenerle accettabili o meno;

8. Se le modifiche sono ritenute accettabili il procedimento termina. Mentre nel caso in cui le modifiche non siano accettabili, in funzione del modello S1 verrà definito un nuovo modello A2;
9. Esportazione in IFC del modello A2 attraverso l'utilizzo di filtri per gli elementi strutturali;
10. Importazione modello IFC A2 nel software BIM strutturale;
11. Definizione modello strutturale sulla base delle differenze dei modelli architettonici A1 e A2 definito S2;
12. Esportazione in IFC del modello strutturale S2;
13. ...

Queste operazioni avranno termine nel momento in cui si arriverà a convergenza, quindi quando le modifiche apportate da entrambe le figure siano accettabili.

Per definire questa procedura più accuratamente si è andato a definire un diagramma BPMN che permette di valutare nel dettaglio il flusso di lavoro.



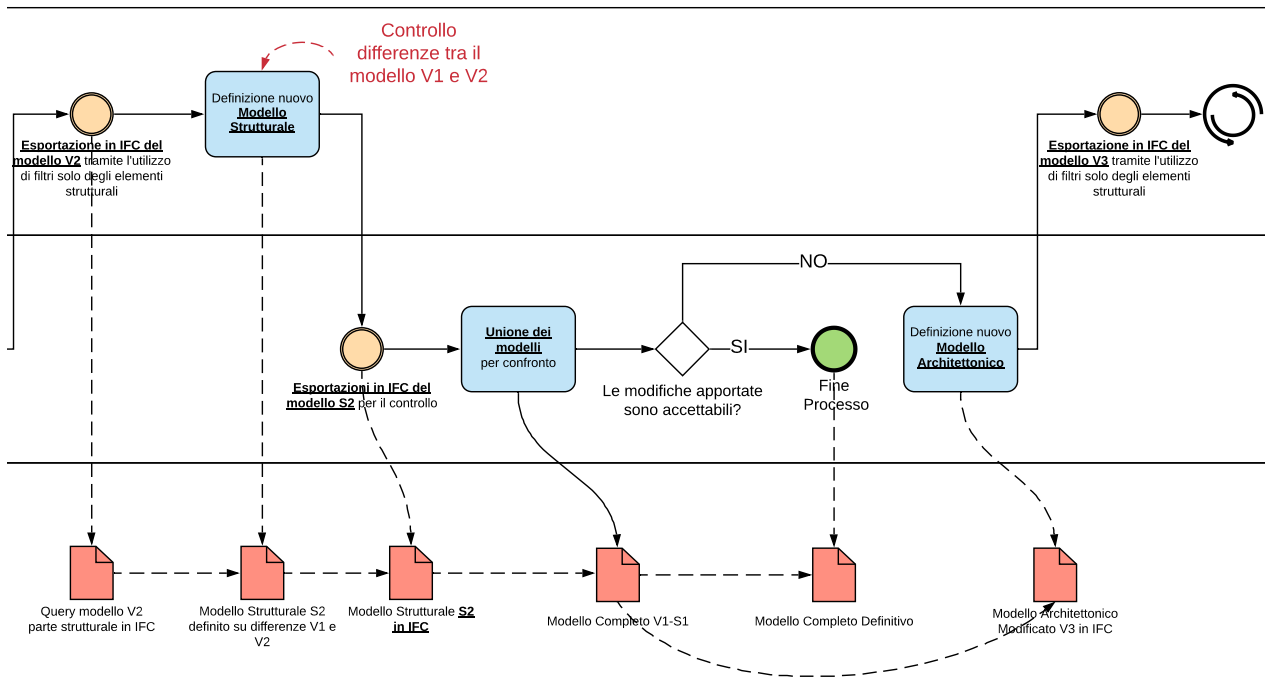


Figura 4.45 - Workflow dettagliato per la progettazione multidisciplinare in ArchiCAD

Infine, anche in questo caso si pone come ultimo punto le problematiche riscontrate che rappresentano i limiti del supporto alla collaborazione:

- ArchiCAD basandosi pienamente sul formato di scambio IFC per comunicare con altri software e quindi con altre discipline, è drasticamente legato alla qualità del file IFC e delle sue problematiche definite all'interno del capitolo 3.3.. Poiché infatti i molteplici scambi necessari per arrivare a convergenza tra il modello architettonico e quello strutturale possono comportare errori dovuti alla non conformità dei modelli scambiati;
- Dovendo collaborare con software esterni si ha difficoltà nella comunicazione tra le varie figure, dovendo ricondurre tutto ad uno scambio di dati. Questo rappresenta una problematica importante in funzione del tempo, poiché l'avanzamento del modello sarà legato all'effettiva velocità dei vari utenti e delle difficoltà che si hanno nel rendere il modello coerente in relazione ai vari scambi;
- Essendo una procedura basata sullo scambio questo potrebbe comportare che, fino al momento dello scambio o di un incontro, le figure coinvolte lavorino su un modello obsoleto. Questa procedura infatti non permette il proseguo dei lavori in parallelo.

4.3. La Progettazione Collaborativa attraverso il formato IFC – Test di interoperabilità orizzontale

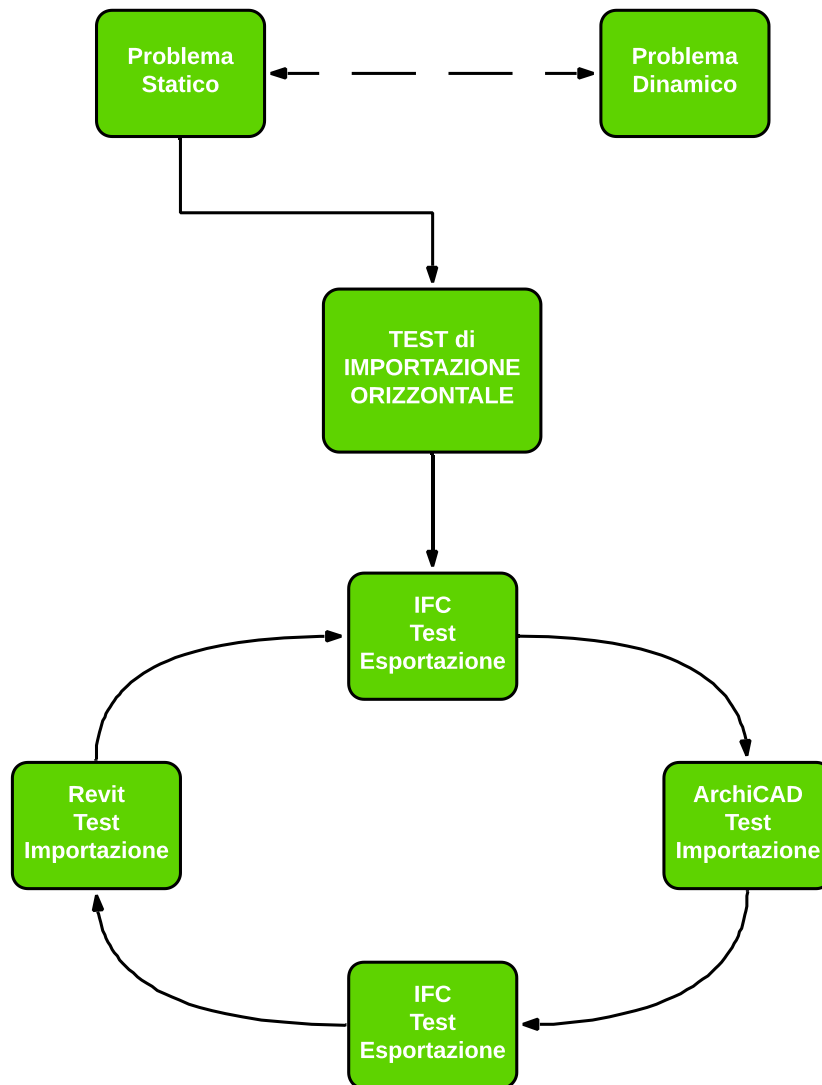


Figura 4.46 - Analisi del problema statico

Trattato il problema dinamico si procede nel valutare le problematiche definite nel problema statico, ovvero quelle relative al Round Trip, attraverso cicli di importazione ed esportazione di file in formato IFC.

Questi cicli di importazione ed esportazione diventano di notevole importanza, come nel caso di ArchiCAD prima trattato, quando non si hanno soluzioni percorribili 'in house' attraverso l'utilizzo di un'unica piattaforma software. Dovendo ricorrere necessariamente all'utilizzo di file IFC per definire una collaborazione completa questi dovrebbero garantire una coerenza di modello e di contenuti tali da rendere accettabile il loro utilizzo.

Come studiato in letteratura però, gli IFC sono stati soggetti a molti studi che hanno ricondotto sempre alle stesse problematiche spingendo quindi a soluzioni alternative per ovviare il problema.

In questo caso studio si è proposto di valutare allo stato attuale le prestazioni e l'efficienza che riesce a garantire il formato di scambio IFC per la progettazione collaborativa. Per far questo si sono andati ad ipotizzare più scenari per valutare le possibili combinazioni, effettuando cicli di esportazione ed importazione valutando come i vari software, attraverso l'utilizzo degli abachi forniti dagli stessi, riescono a riconoscere gli elementi e le informazioni posseduti all'interno dei file IFC. Le combinazioni proposte sono le seguenti:

1. Revit – Esportazione in IFC – Importazione in Revit;
2. ArchiCAD – Esportazione in IFC – Importazione in ArchiCAD;
3. Revit – Esportazione in IFC – Importazione in ArchiCAD;
4. ArchiCAD – Esportazione in IFC – Importazione in Revit.

Questi round trip sono stati definiti inizialmente utilizzando i formati IFC più comuni quali IFC 2x3 e IFC 4 mentre per valutare l'interoperabilità tra i vari software è stato utilizzato solo il formato IFC 2x3 poiché il più affidabile dato che il formato IFC 4 è ancora in fase di sperimentazione.

I cicli di esportazione e importazione sono stati effettuati in due passaggi, inizialmente valutando il modello completo per poter valutare la coerenza del modello e gli elementi riconosciuti e successivamente tramite esportazioni parziali di singoli elementi per analizzare nel dettaglio la coerenza dei parametri in essi contenuti. Le esportazioni parziali sono state effettuate per singoli elementi appartenenti a categorie differenti quali:

- a) Muro estruso,
- b) Muro esterno;
- c) Muro interno;
- d) Solaio (e tetto);
- e) Apertura;
- f) Trave e
- g) Pilastro.

Questa procedura è stata effettuata in ugual modo sia per Revit sia per ArchiCAD.

4.3.1. Round Trip Revit – IFC – Revit

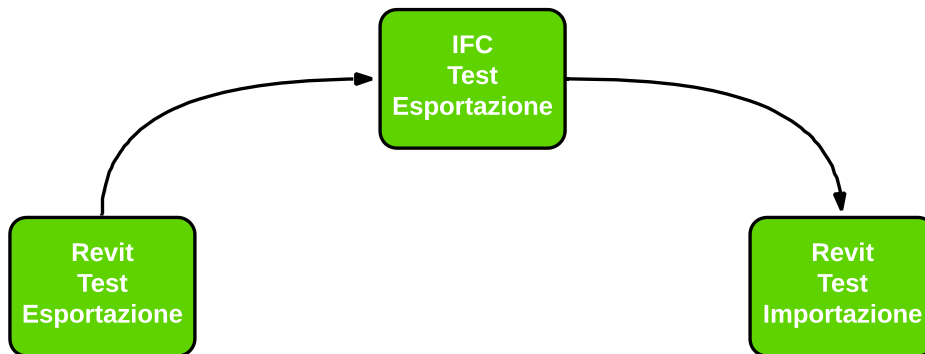


Figura 4.47 - Analisi del problema statico: Round Trip Revit - IFC – Revit

Preso quindi il modello definito in Revit per effettuare questo Round Trip si è proceduto esportando il modello sia in formato IFC 2x3 sia in IFC 4. Sia per l'esportazione che per l'importazione si è seguita la guida proposta da Autodesk²⁴ che definisce un workflow per eseguire al meglio queste operazioni. Bisogna considerare come Autodesk stessa definisca gli IFC come 'In uno scenario ideale i file IFC dovrebbero essere usati per il coordinamento in un visualizzatore IFC o come riferimento all'interno del software di modifica. Ad esempio, l'ingegnere che si occupa delle attrezzature di un edificio manda un file IFC all'architetto per mostrargli dove si trova l'installazione. Questo workflow è detto di "coordinamento" e utilizza le viste del modello di coordinamento IFC' aprendo di conseguenza di default un template di coordinamento all'interno di Revit. Ma prevede anche casi differenti come 'In alcuni casi potrebbe essere necessario un workflow di trasferimento del progetto, ad esempio se l'architetto ha creato il progetto in un altro software ma deve continuare la pianificazione dell'edificio in Revit. Questo workflow è più difficile e spesso richiede regolazioni manuali per gestire le differenze nei prodotti software.'

Per procedere con l'esportazione bisogna scegliere le impostazioni giuste per l'esportazione di un file IFC, è importante innanzitutto considerare l'uso a cui è destinato il file: se verrà usato solo per il coordinamento o verrà elaborato mediante un altro software di modifica.

²⁴ 'Manuale dello standard IFC per Revit' (2018) Autodesk, Inc

L'utilizzo in questo caso è relativo al secondo punto ed è possibile esportare un progetto aperto in Revit selezionando File > Esporta > IFC. Viene visualizzata una finestra di dialogo nella quale è possibile definire molte impostazioni (figura 4.48).

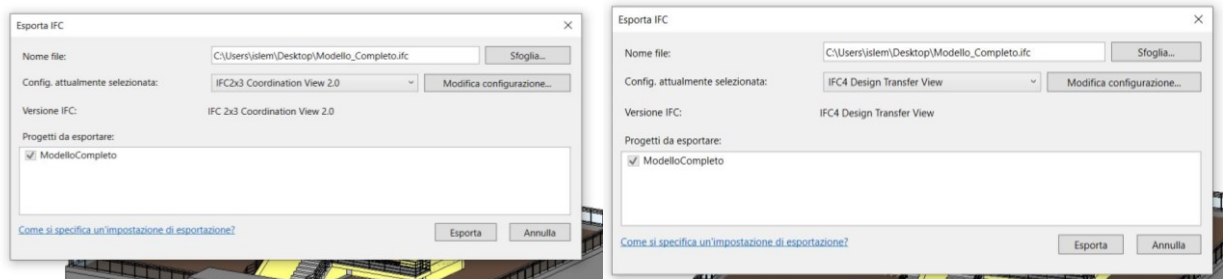


Figura 4.48 – Finestre di esportazione (a sinistra IFC 2x3 e a destra IFC 4)

Dato che le categorie di Revit vengono assegnate alle classi IFC mediante una tabella di mappatura vi è una tabella che è memorizzata come file di testo (*.txt) e può essere personalizzata direttamente in Revit o in un editor di testo.

Categoria Revit	Nome classe IFC	Tipo IFC
Accessori per condotti	IfcBuildingElementProxy	
Accessori per tubazioni	IfcValveType	
Annotazioni generiche	Non esportato	
Apparecchi elettrici	IfcBuildingElementProxy	
Linee nascoste	IfcBuildingElementProxy	
Apparecchi idraulici	IfcFlowTerminal	
Linee nascoste	IfcFlowTerminal	
Apparecchi per illuminazione	IfcLightFixtureType	
Linee nascoste	IfcLightFixtureType	
Sorgente d'illuminazione	IfcLightFixtureType	
Aree	IfcSpace	
Riempimento colore	IfcSpace	
Riempimento interno	IfcSpace	
Riferimento	IfcSpace	
Aree rete strutturale	IfcGroup	
Contorno	IfcGroup	
Armatura strutturale	IfcReinforcingMesh	
Linee nascoste	IfcReinforcingMesh	
Armatura su area strutturale	IfcReinforcingBar	
Contorno	IfcReinforcingBar	

Figura 4.49 - Tabella di mappatura per l'esportazione

Citando la guida Autodesk 'La colonna Nome classe IFC contiene la classe IFC alla quale deve essere assegnata la categoria o la sottocategoria. Se la categoria non deve essere esportata, è possibile immettere Non esportata. Poiché questo valore può variare in base al workflow e ai requisiti del contenuto e della struttura del modello IFC, non può essere specificato

globalmente. Tuttavia, Revit viene fornito con impostazioni che soddisfano un determinato standard di base.' l'esportazione è stata effettuata tenendo le impostazioni di default di Revit per valutarne l'effettiva capacità.

Esportati i file si procede con l'importazione degli stessi all'interno di Revit 'Come già accennato nell'introduzione, questo workflow non è sempre consigliato, perché il modello perde parte della sua intelligenza e dei suoi dati parametrici quando viene esportato nel formato IFC.' tenendo presente come Autodesk stessa tende a precisare la difficoltà che il software presenta importando un file con il formato IFC.

Infatti, al momento dell'importazione Revit trasforma ciascun elemento contenuto nel file IFC in un oggetto di Revit nativo. Per questo motivo importare modelli di grandi dimensioni può richiedere molto tempo. In definitiva la qualità dell'importazione dipende molto dalla qualità dell'esportazione (impostazioni) e dal contenuto (versione IFC e MVD). Si procede con File > Importa > IFC e anche in questo caso viene presentata una finestra per definire le impostazioni di importazione.

Nome classe IFC	Tipo IFC	Categoria Revit	Sottocategoria di Revit
IfcAirTerminal		Bocchettoni	
IfcAirTerminalType		Bocchettoni	
IfcAnnotation		Annotazioni generiche	
IfcBeam		Telaio strutturale	
IfcBeamType		Telaio strutturale	
IfcBoiler		Attrezzatura meccanica	
IfcBoilerType		Attrezzatura meccanica	
IfcBuildingElementPart		Stratigrafia	
IfcBuildingElementPartType		Stratigrafia	
IfcBuildingElementProxy		Modelli generici	
IfcBuildingElementProxyType		Modelli generici	
IfcCableCarrierFitting		Raccordi passerella	
IfcCableCarrierFittingType		Raccordi passerella	
IfcCableCarrierSegment		Passerelle	
IfcCableCarrierSegmentType		Passerelle	
IfcColumn		Pilastrini	
IfcColumn [LoadBearing]		Pilastrini strutturali	
IfcColumn COLUMN		Pilastrini	
IfcColumn NOTDEFINED		Pilastrini	

Figura 4.50 – Tabella di mappatura per l'importazione

Queste operazioni sono importanti poiché la qualità dei dati importati dipende non solo dalle impostazioni di importazione, ma anche in larga parte dalle impostazioni di esportazione e dal metodo di modellazione applicato nel software di origine.

L'interfaccia di importazione IFC di Revit viene regolarmente aggiornata insieme al modulo di esportazione, ma è anche soggetta alle limitazioni della fattibilità tecnica e del formato IFC.

Effettuata la medesima operazione per entrambi i formati IFC sono stati importati all'interno di Revit e poi confrontati con il modello originale.



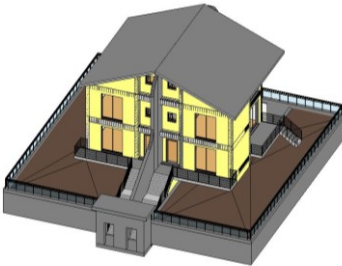
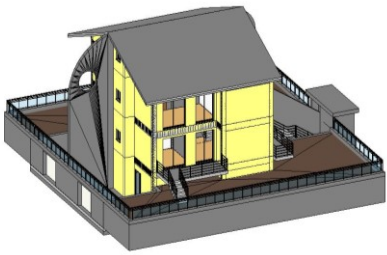

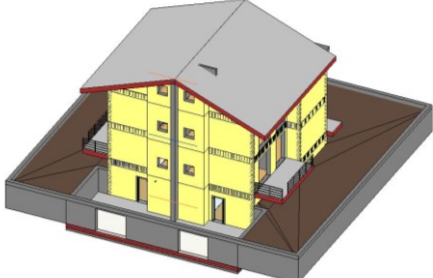
	Front	Back
Modello Iniziale		
Modello IFC 2x3		
Modello IFC 4		

Tabella 4.1 – Confronto tra il modello iniziale Revit e le versioni IFC

Immediatamente si possono notare le prime incongruenze grafiche relative al modello, soprattutto per la versione IFC 4 con evidenti oggetti mancanti e colori differenti notificati da Revit con molteplici errori durante l'importazione (figura 4.51).

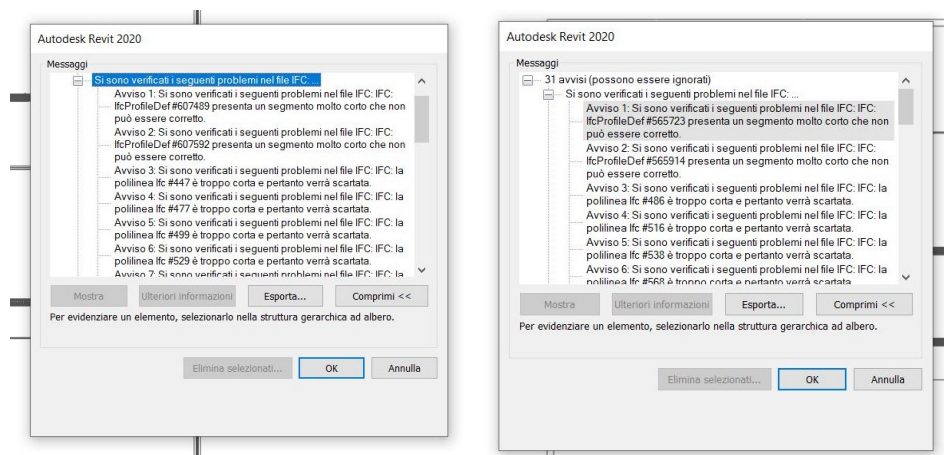


Figura 4.51 – Errori importazione file IFC (a sinistra IFC2x3 e a destra IFC 4)

I modelli come già definito presentano innumerevoli non conformità grafiche, da intersezioni mancanti tra i vari elementi ed elementi non riconosciuti all'interno del file.

Come definito a inizio capitolo, per poter valutare le problematiche intrinseche al formato IFC inerenti alla progettazione collaborativa non soffermandosi quindi sulla modalità di scrittura del formato IFC dei software, si sono analizzati gli abachi esportabili all'interno dei programmi. Questo metodo permette di poter definire quali elementi e parametri sono riconosciuti all'interno del file IFC, andando a confrontare l'abaco iniziale con i successivi abachi esportati dal Modello 2x3 e 4.

Vengono mostrato di seguito gli abachi che rappresentano tutti gli elementi presenti all'interno del modello:

Modello Iniziale						
Elementi	Famiglia	Tipo	Tipo IFC	N°elementi	Costo	
Barra dell'armatura	Barra dell'armatura: 18 FeB22k	18 FeB22k	IfcReinforcingBar	250	17.00	
Calcestruzzo-Pilastro rettangolare	Calcestruzzo-Pilastro rettangolare: 300 x 300mm	300 x 300mm	IfcColumn	16	1442.00	
Calcestruzzo-Trave rettangolare	Calcestruzzo-Trave rettangolare: 300 x 500mm	300 x 500mm	IfcBuildingElementProxy	54	1100.00	
Heating_System-Valsir-Thermo_Electric_Head-00	Isir-Thermo_Electric_Head-00: Heating_System-Valsir-Therm	Heating_System-Valsir-Thermo_Electric_Head-00		1		
M_Caldia	M_Caldia: Standard	Standard		1	1000.00	
M_Gomito -Generico	M_Gomito -Generico: Standard	Standard		13		
M_Raccordo aT -Generico	M_Raccordo aT -Generico: Standard	Standard		8		
M_Transizione -Generica	M_Transizione -Generica: Standard	Standard		4		
M_WC -Serbatoio con galleggiante	-Serbatoio con galleggiante: Pubblico - Cacciata superiore a	Pubblico - Cacciata superiore a 6.1 Lpf		4		
Tubazione	Tubazione: Standard	Standard	IfcPipeSegment	30		
Porta Una Anta - Vetro	Porta Una Anta - Vetro: 90 x 210 cm	90 x 210 cm	IfcDoor	2		
Porta Una Anta	Porta Una Anta: 80 x 210	80 x 210	IfcDoor	6		
Porta Una Anta	Porta Una Anta: 90x210	90x210	IfcDoor	4		
Porta-Apertura	Porta-Apertura: 0915 x 2134mm	0915 x 2134mm	IfcDoor	2		
Riquadro singolo	Riquadro singolo: 0915 x 2134mm	0915 x 2134mm	IfcDoor	2		
Saracinesca per Garage	Saracinesca per Garage: 2400 x 1900 mm	2400 x 1900 mm	IfcDoor	2		
Scorrevoile Semplice	Scorrevoile Semplice: 70 x 210 cm 2	70 x 210 cm 2	IfcDoor	3		
Finestra Doppia	Finestra Doppia: 80 x 80 cm	80 x 80 cm	IfcWindow	10		
Finestra Doppia	Finestra Doppia: 160 x 240	160 x 240	IfcWindow	4		
Finestra Doppia	Finestra Doppia: 200 x 240	200 x 240	IfcWindow	8		
Muro di base	Muro di base: Generico - 300 mm	Generico - 300 mm		22	337.00	
Muro di base	Muro di base: Tamponatura tesi 30cm	Tamponatura tesi 30cm	IfcWall	72	300.00	
Muro di base	Muro di base: Tramezzo 15cm	Tramezzo 15cm	IfcWall	21	150.00	
Pavimento	Pavimento: Calcestruzzo con aperture armate rettangolari 120 m	Calcestruzzo con aperture armate rettangolari 120 mm	IfcSlab	2		
Pavimento	Pavimento: Calcestruzzo gettato in opera 225 mm	Calcestruzzo gettato in opera 225 mm	IfcSlab	13	479.00	
Pavimento	Pavimento: Generico 300 mm	Generico 300 mm	IfcSlab	2		
Pavimento	Pavimento: pavimento tesi	pavimento tesi	IfcSlab	8	230.00	

Tabella 4.2 – Abaco Modello Iniziale degli elementi presenti in Revit

IFC 2x3						
Elementi	Famiglia	Tipo	Tipo IFC	N°elementi	Costo	
Barra dell'armatura:18 FeB22k : Forma 1	Barra dell'armatura:18 FeB22k : Forma 1	Barra dell'armatura:18 FeB22k : Forma 1		4410	/	
Calcestruzzo-Pilastro rettangolare: 300 x 300mm	Calcestruzzo-Pilastro rettangolare: 300 x 300mm	Calcestruzzo-Pilastro rettangolare: 300 x 300mm		16	/	
Calcestruzzo-Trave rettangolare:300 x 500mm	Calcestruzzo-Trave rettangolare:300 x 500mm	Calcestruzzo-Trave rettangolare:300 x 500mm:		54	/	
Muro di base:Tramezzo 15cm	Muro di base:Tramezzo 15cm	Muro di base:Tramezzo 15cm		13	/	
Muro di base	Muro di base: Muro di base:Tramezzo 15cm	Muro di base:Tramezzo 15cm		11	/	
Muro di base	Muro di base: Muro di base:Tamponatura tesi 30cm	Muro di base:Tamponatura tesi 30cm		72	/	
Muro di base	Muro di base: Muro di base:Generico - 300 mm	Muro di base:Generico - 300 mm		19	/	
Pavimento	Pavimento:Calcestruzzo con aperture armate rettangolari	Pavimento:Calcestruzzo con aperture armate rettangolari 120 mm		2	/	
Pavimento	Pavimento:Calcestruzzo gettato in opera 225 mm	Pavimento:Calcestruzzo gettato in opera 225 mm		13	/	
Pavimento	Pavimento: Pavimento:Generico 300 mm	Pavimento:Generico 300 mm		2	/	
Pavimento	Pavimento: Pavimento:pavimento tesi	Pavimento:pavimento tesi		8	/	
Porta Una Anta -Vetro:90 x 210 cm	Porta Una Anta -Vetro:90 x 210 cm	Porta Una Anta -Vetro:90 x 210 cm		2	/	
Porta Una Anta:80 x 210	Porta Una Anta:80 x 210	Porta Una Anta:80 x 210		6	/	
Porta Una Anta:90x210	Porta Una Anta:90x210	Porta Una Anta:90x210		4	/	
Riquadro singolo:0915 x 2134mm	Riquadro singolo:0915 x 2134mm	Riquadro singolo:0915 x 2134mm		2	/	
Saracinesca per Garage:2400 x 1900 mm	Saracinesca per Garage:2400 x 1900 mm	Saracinesca per Garage:2400 x 1900 mm		2	/	
Scorrevole Semplice:70 x 210 cm	Scorrevole Semplice:70 x 210 cm	Scorrevole Semplice:70 x 210 cm		3	/	
Finestra Doppia:80 x 80 cm	Finestra Doppia:80 x 80 cm	Finestra Doppia:80 x 80 cm		10	/	
Finestra Doppia:160 x 240 cm	Finestra Doppia:160 x 240 cm	Finestra Doppia:160 x 240 cm		4	/	
Finestra Doppia:200 x 240 cm	Finestra Doppia:200 x 240 cm	Finestra Doppia:200 x 240 cm		8	/	
System-Valsir-Thermo_Electric_Head-00:Heating_System-Valsir-Thermo_Electric_Head-00	System-Valsir-Thermo_Electric_Head-00:257031: Heating_System-Valsir-Thermo_Electric_Head-00	System-Valsir-Thermo_Electric_Head-00:Heating_System-Valsir-Thermo_Electric_Head-00		1	/	
M_Caldala:Standard:256998	M_Caldala:Standard:256998	M_Caldala:Standard:256998		1	/	
M_Gomito -Generico:Standard	M_Gomito -Generico:Standard	M_Gomito -Generico:Standard		13	/	
M_Raccordo a T -Generico:Standard	M_Raccordo a T -Generico:Standard	M_Raccordo a T -Generico:Standard		8	/	
M_Transizione -Generico:Standard	M_Transizione -Generico:Standard	M_Transizione -Generico:Standard:256980		4	/	
M_WC -Serbatoio con galleggiante:Pubblico - Cacciata superiore a 6.1 Lpf:256966	M_WC -Serbatoio con galleggiante:Pubblico - Cacciata superiore a 6.1 Lpf:256966	M_WC -Serbatoio con galleggiante:Pubblico - Cacciata superiore a 6.1 Lpf:256966		4	/	
Tubazione:Standard	Tubazione:Standard	Tubazione:Standard		30	/	

Tabella 4.3 - Abaco Modello IFC 2x3 degli elementi presenti in Revit

IFC 4						
Elementi	Famiglia	Tipo	Tipo IFC	N°elementi	Costo	
Barra dell'armatura:18 FeB22k : Forma 1:260654: 1	Barra dell'armatura:18 FeB22k : Forma 1:260654: 1	Barra dell'armatura:18 FeB22k : Forma 1:260654: 1		4410	/	
Calcestruzzo-Pilastro rettangolare:300 x 300mm:260632	Calcestruzzo-Pilastro rettangolare:300 x 300mm:260632	Calcestruzzo-Pilastro rettangolare:300 x 300mm:260632		16	/	
Calcestruzzo-Trave rettangolare:300 x 500mm:260832	Calcestruzzo-Trave rettangolare:300 x 500mm:260832	Calcestruzzo-Trave rettangolare:300 x 500mm:260832		54	/	
Muro di base	Muro di base: Muro di base:Tamponatura tesi 30cm	Muro di base:Tamponatura tesi 30cm		72	/	
Muro di base	Muro di base: Muro di base:Generico - 300 mm	Muro di base:Generico - 300 mm		19	/	
Muro di base:Generico - 300 mm:206654	Muro di base:Generico - 300 mm:206654	Muro di base:Generico - 300 mm:206654		3	/	
Muro di base:Tramezzo 15cm:148830	Muro di base:Tramezzo 15cm:148830	Muro di base:Tramezzo 15cm:148830		13	/	
Muro di base	Muro di base: Muro di base:Tramezzo 15cm	Muro di base:Tramezzo 15cm		8	/	
Pavimento	Pavimento: Calcestruzzo - Commerciale 362 mm	Calcestruzzo - Commerciale 362 mm		15	/	
Pavimento	Pavimento: Pavimento:Generico 300 mm	Pavimento:Generico 300 mm		2	/	
Pavimento	Pavimento: Pavimento:pavimento tesi	Pavimento:pavimento tesi		8	/	
Porta Una Anta -Vetro:90 x 210 cm 81115	Porta Una Anta -Vetro:90 x 210 cm 81115	Porta Una Anta -Vetro:90 x 210 cm 81115		2	/	
Porta Una Anta:80 x 210:174049	Porta Una Anta:80 x 210:174049	Porta Una Anta:80 x 210:174049		6	/	
Porta Una Anta:90x210:158924	Porta Una Anta:90x210:158924	Porta Una Anta:90x210:158924		4	/	
Riquadro singolo:0915 x 2134mm 80309	Riquadro singolo:0915 x 2134mm 80309	Riquadro singolo:0915 x 2134mm 80309		2	/	
Saracinesca per Garage:2400 x 1900 mm 65690	Saracinesca per Garage:2400 x 1900 mm 65690	Saracinesca per Garage:2400 x 1900 mm 65690		2	/	
Scorrevole Semplice:70 x 210 cm 2:175638	Scorrevole Semplice:70 x 210 cm 2:175638	Scorrevole Semplice:70 x 210 cm 2:175638		3	/	
Finestra Doppia:80 x 80 cm 80449	Finestra Doppia:80 x 80 cm 80449: Finestra Doppia:80 x 80 cm 80449	Finestra Doppia:80 x 80 cm 80449		10	/	
Finestra Doppia:160 x 240 80416	Finestra Doppia:160 x 240 80416: Finestra Doppia:160 x 240 80416	Finestra Doppia:160 x 240 80416		4	/	
Finestra Doppia:200 x 240 80350	Finestra Doppia:200 x 240 80350: Finestra Doppia:200 x 240 80350	Finestra Doppia:200 x 240 80350		8	/	
System-Valsir-Thermo_Electric_Head-00:Heating_System-Valsir-Thermo_Electric_Head-00	System-Valsir-Thermo_Electric_Head-00:257031: Heating_System-Valsir-Thermo_Electric_Head-00	System-Valsir-Thermo_Electric_Head-00:Heating_System-Valsir-Thermo_Electric_Head-00		1	/	
M_Caldala:Standard:256998	M_Caldala:Standard:256998	M_Caldala:Standard:256998		1	/	
M_Gomito -Generico:Standard:256964	M_Gomito -Generico:Standard:256964	M_Gomito -Generico:Standard:256964		13	/	
M_Raccordo a T -Generico:Standard:256986	M_Raccordo a T -Generico:Standard:256986	M_Raccordo a T -Generico:Standard:256986		8	/	
M_Transizione -Generico:Standard:256980	M_Transizione -Generico:Standard:256980	M_Transizione -Generico:Standard:256980		4	/	
M_WC -Serbatoio con galleggiante:Pubblico - Cacciata superiore a 6.1 Lpf:256966	M_WC -Serbatoio con galleggiante:Pubblico - Cacciata superiore a 6.1 Lpf:256966	M_WC -Serbatoio con galleggiante:Pubblico - Cacciata superiore a 6.1 Lpf:256966		4	/	
Tubazione:Standard:256970	Tubazione:Standard:256970	Tubazione:Standard:256970		30	/	

Tabella 4.4 - Abaco Modello IFC 4 degli elementi presenti in Revit

Successivamente, effettuato tramite esportazioni parziali su macro-elementi, vengono mostrati gli abachi che mostrano i parametri definiti per i vari elementi riconosciuti da Revit:

Modello Iniziale									
ELEMENTI	Tipo IFC	Tipo	Costo	Descrizione	Coefficiente di scambio termico	Absorbimento	Indice di riscaldamento alla radiazione	Resistenza termica	Trasmissione luminosa
Barra dell'armatura	IfcReinforcingBar	18 FeB22k	17.00	/	/	/	/	/	/
Calcestruzzo-Pilastro rettangolare	IfcColumn	300 x 300mm	1442.00	Rck 28/35	/	/	/	/	/
Calcestruzzo-Trave rettangolare	IfcBuildingElementProxy	300 x 500mm	1100.00	Rck 28/35	/	/	/	/	/
Finestra Doppia	IfcWindow	200 x 240	1345	/	3,6886 W/(m²·K)	/	0,78	0,2711	0,9
Muro di base	IfcWall	Generico - 300 mm	337.00	/	/	0,7	/	/	/
Muro di base	IfcWall	Tamponatura tesi 30cm	300.00	/	/	0,7	0,2490 W/(m²·K)	26,78 kJ/K	4,0165 (m²·K)/W
Muro di base	IfcWall	Tramezzo 15cm	150.00	/	/	0,7	3,7261 W/(m²·K)	17,09 kJ/K	0,2684
Pavimento	IfcSlab	Cis gettato in opera 225mm	479	/	/	0,7	4,6489 W/(m²·K)	31,59 kJ/K	0,2151

Tabella 4.5 - Abaco Modello Iniziale dei parametri presenti in Revit per i vari macro-elementi

IFC 2x3									
ELEMENTI	Tipo IFC	Tipo	Costo	Descrizione	Coefficiente di scambio termico	Absorbimento	Indice di riscaldamento alla radiazione	Resistenza termica	Trasmittanza luminosa
Barra dell'armatura:18 FeB22k	/	Barra dell'armatura:18 FeB22k	/	/	/	/	/	/	/
cestruzzo-Pilastro rettangolare:300 x 300mm:2606	/	cestruzzo-Pilastro rettangolare:300 x 300mm:2606	/	/	/	/	/	/	/
Calcestruzzo-Trave rettangolare:300 x 500mm	/	Calcestruzzo-Trave rettangolare:300 x 500mm	/	/	/	/	/	/	/
Finestra Doppia:200 x 240:247929	/	Finestra Doppia:200 x 240:247929	/	/	/	/	/	/	/
Muro di base:Generico -300 mm:206654	/	Muro di base:Generico -300 mm:206654	/	/	/	/	/	/	/
Muro di base	/	Muro di base:Tamponatura tesi 30cm	/	/	/	0.1	0.2504 W/(m²·K)	25.49 kJ/K	3.9934 (m²·K)/W
Muro di base:Tramezzo 15cm:184246	/	Muro di base:Tramezzo 15cm:184246	/	/	/	/	/	/	/
Pavimento	/	Pavimento:Calcestruzzo gettato in opera 225 mm	/	/	/	0.1	4.6489 W/(m²·K)	31.59 kJ/K	0.2151 (m²·K)/W

Tabella 4.6 - Abaco Modello IFC 2x3 dei parametri presenti in Revit per i vari macro-elementi

IFC 4									
ELEMENTI	Tipo IFC	Tipo	Costo	Descrizione	Coefficiente di scambio termico	Absorbimento	Indice di riscaldamento alla radiazione	Resistenza termica	Trasmittanza luminosa
Barra dell'armatura:18 FeB22k	/	Barra dell'armatura:18 FeB22k	/	/	/	/	/	/	/
cestruzzo-Pilastro rettangolare:300 x 300mm:2606	/	cestruzzo-Pilastro rettangolare:300 x 300mm:2606	/	/	/	/	/	/	/
Calcestruzzo-Trave rettangolare:300 x 500mm	/	Calcestruzzo-Trave rettangolare:300 x 500mm	/	/	/	/	/	/	/
Finestra Doppia:200 x 240:247929	/	Finestra Doppia:200 x 240:247929	/	/	/	/	/	/	/
Muro di base:Generico -300 mm:206654	/	Muro di base:Generico -300 mm:206654	/	/	/	/	/	/	/
Muro di base	/	Muro di base:Tamponatura tesi 30cm	/	/	/	0.1	0.2504 W/(m²·K)	25.49 kJ/K	3.9934 (m²·K)/W
Muro di base:Tramezzo 15cm:184246	/	Muro di base:Tramezzo 15cm:184246	/	/	/	/	/	/	/
Pavimento	/	Pavimento:Calcestruzzo gettato in opera 225 mm	/	/	/	0.1	4.6489 W/(m²·K)	31.59 kJ/K	0.2151 (m²·K)/W

Tabella 4.7 – Abaco Modello IFC 4 dei parametri presenti in Revit per i vari macro-elementi

4.3.2. Round Trip ArchiCAD – IFC – ArchiCAD

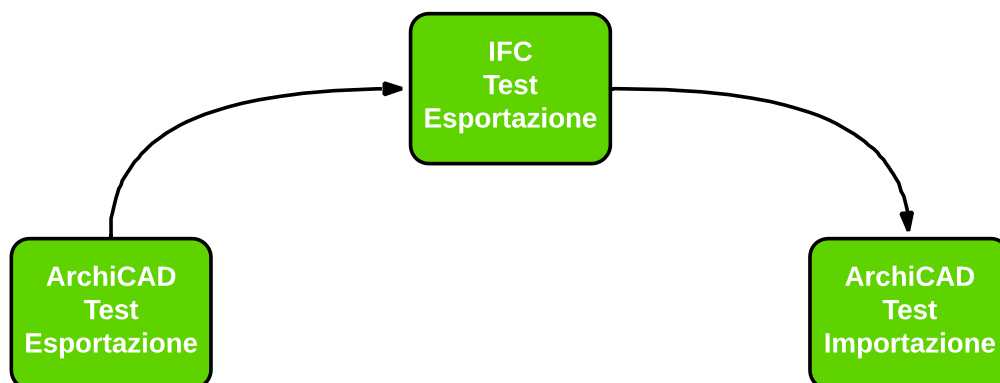


Figura 4.51 - Analisi del problema statico: Round Trip ArchiCAD – IFC_ArchiCAD

Si procede nell'effettuare la stessa procedura con il software ArchiCAD che, come definito nel capitolo 4.2.2.3, essendo una piattaforma OpenBIM presenta minori difficoltà nelle procedure di esportazione ed importazione integrandosi con la tecnologia di linguaggio IFC.

Infatti, semplicemente selezionando Archivio > Salva con nome > IFC è possibile salvare e quindi esportare il file in formato IFC e successivamente, con la stessa immediatezza, selezionando Archivio > Apri è possibile aprire importando un file IFC.

In questo caso però, essendo varie tipologie di esportazione, si è andato a valutare non solo il formato IFC ma anche le due combinazioni di IFC 2x3 previste da ArchiCAD quali:

- a) IFC 2x3 Esportazione Generale;
- b) IFC 2x3 Esportazione Geometria Esatta.

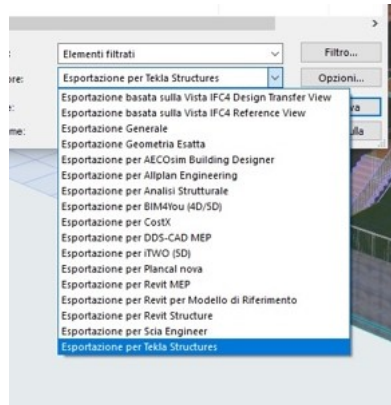


Figura 4.52 – Tipologie di importazione previste da ArchiCAD

I formati IFC definiti sono stati importati all'interno di ArchiCAD e poi confrontati con il modello iniziale:

	Front	Back
Modello Iniziale		
Modello IFC 2x3 Generale		
Modello IFC 2x3 Geometria Esatta		

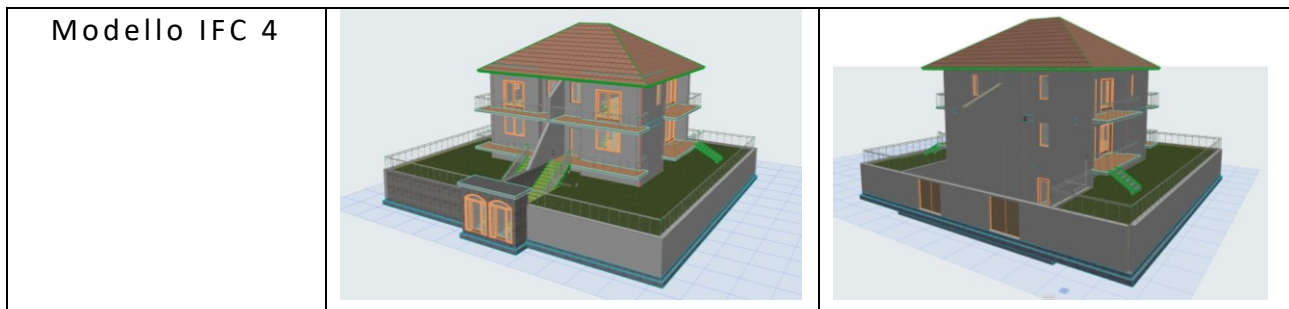


Tabella 4.8 - Confronto tra il modello iniziale ArchiCAD e le versioni IFC

In questo caso, a differenza di Revit, non si evincono notevoli difformità grafiche tranne per le differenze di colore e leggere intersezioni mancanti. Si procede quindi sempre attraverso l'utilizzo degli abachi forniti da ArchiCAD a valutare le differenze tra il modello iniziale e dei vari IFC. Inizialmente è stata valutata l'esportazione completa del modello per il conteggio degli elementi presenti:

Modello Iniziale				
ID Elemento	Tipo IFC	N°muri	Classificazione Elemento	Costo Per Volume (Numero)
Muro di tamponamento 30cm	IfcWallStandardCase	11	Muro	€ 45,00
Muro divisorio 30cm	IfcWallStandardCase	8	Muro	€ 45,00
Muro di tamponamento 20cm	IfcWallStandardCase	2	Muro	€ 45,00
Muro divisorio interno 30cm	IfcWallStandardCase	1	Muro	€ 45,00
Muro divisorio interno 20 cm	IfcWallStandardCase	8	Muro	€ 45,00
Muro divisorio interno 15 cm	IfcWallStandardCase	6	Muro	€ 45,00
Muro di contenimento 30 cm	IfcWallStandardCase	11	Muro	€ 45,00
ID Elemento	Tipo IFC	Tipo apertura	N°aperture	
0,9x1,50	IFCwindows	Finestra	7	
2x1,5	IFCwindows	Finestra	2	
1x1,5	IFCwindows	Finestra	2	
0,9x2,10	IFCdoor	Porta	7	
2,5x2,10	IFCdoor	Porta	2	
1,8x2,5	IFCdoor	Porta	2	
1x2,1	IFCdoor	Porta	2	
2x2,1	IFCdoor	Porta	10	
ID Elemento	TipoIFC	N°elementi	Ubicazione	
Frigorifero fianco 22	IfcFurnishingElement	1	Piano 2	
Forno Incassato 22	IfcFurnishingElement	1	Piano 2	
Gemma elettrica	IfcFurnishingElement	1	Piano 2	
Mobiletto Pensile	IfcFurnishingElement	1	Piano 2	
ID Elemento	TipoIFC	N°elementi	Ubicazione	
Frigorifero fianco 22	IfcFurnishingElement	1	Piano 2	
Forno Incassato 22	IfcFurnishingElement	1	Piano 2	
Gemma elettrica	IfcFurnishingElement	1	Piano 2	
Mobiletto Pensile	IfcFurnishingElement	1	Piano 2	

Tabella 4.9 - Abaco Modello Iniziale degli elementi presenti in ArchiCAD

Modello Iniziale				
ID Elemento	TipoloFC	Superficie inferiore	Superficie superiore	N°Elementi
SOL - 002	IFCSlab	Vernice - Bianco Titanio	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL - 003	IFCSlab	Vernice - Bianco Titanio	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL - 004	IFCSlab	Vernice - Bianco Titanio	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL - 005	IFCSlab	Vernice - Bianco Titanio	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL - 006	IFCSlab	Vernice - Bianco Titanio	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL - 007	IFCSlab	Vernice - Bianco Titanio	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL - 008	IFCSlab	Vernice - Bianco Titanio	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL - 009	IFCSlab	Calcestruzzo - 04	Calcestruzzo - 04	1
SOL - 016	IFCSlab	Calcestruzzo - 04	Calcestruzzo - 04	1
SOL - 018	IFCSlab	Stucco - Bianco Fine	Legno - Quercia Chiara	1
SOL - 020	IFCSlab	Stucco - Bianco Fine	Legno - Quercia Chiara	1
SOL - 020	IFCSlab	Stucco - Bianco Fine	Legno - Quercia Chiara	1
SOL - 020	IFCSlab	Vernice - Grigio Chiaro	Vernice - Grigio Scuro	1
SOL - 021	IFCSlab	Vernice - Grigio Chiaro	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL - 022	IFCSlab	Stucco - Bianco Fine	Legno - Quercia Chiara	1
SOL - 023	IFCSlab	Stucco - Bianco Fine	Legno - Quercia Chiara	1
SOL - 023	IFCSlab	Stucco - Bianco Fine	Legno - Quercia Chiara	1
SOL - 023	IFCSlab	Vernice - Grigio Chiaro	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL - 026	IFCSlab	Vernice - Grigio Chiaro	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL - 026	IFCSlab	Vernice - Grigio Chiaro	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL - 029	IFCSlab	Vernice - Grigio Chiaro	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL - 030	IFCSlab	Vernice - Grigio Chiaro	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL - 031	IFCSlab	Vernice - Grigio Chiaro	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x16	1

Tabella 4.10 - Abaco Modello Iniziale degli elementi presenti in ArchiCAD

Modello Iniziale			
ELEMENTI	Tipo IFC	N°elementi	Costo
Non definito	IfcBeam	55	Non definito
ELEMENTI	Tipo IFC	N°elementi	Altezza massima pilastro
PIL - 001	IfcColumn	1	9,25
PIL - 003	IfcColumn	1	9,25
PIL - 004	IfcColumn	1	11,96
PIL - 005	IfcColumn	1	9,25
PIL - 006	IfcColumn	1	10,23
PIL - 007	IfcColumn	1	9,25
PIL - 008	IfcColumn	1	10,95
PIL - 009	IfcColumn	1	10,95
PIL - 010	IfcColumn	1	9,25
PIL - 011	IfcColumn	1	10,24
PIL - 012	IfcColumn	1	9,25
PIL - 013	IfcColumn	1	11,96
PIL - 014	IfcColumn	1	9,25
PIL - 015	IfcColumn	1	9,25
PIL - 024	IfcColumn	1	10,09
PIL - 025	IfcColumn	1	10,09
PIL - 026	IfcColumn	1	9,91
PIL - 027	IfcColumn	1	9,91

Tabella 4.11 - Abaco Modello Iniziale degli elementi presenti in ArchiCAD

IFC 2x3 Esportazione Generale				
ID Elemento	Tipo IFC	N° muri	Classificazione Elemento	Costo Per Volume (Numero)
Materiale da costruzione IFC	IfcWallStandardCase	32	Muro	€ 45,00
Muro divisorio interno 20	IfcWallStandardCase	6	Muro	
Muro divisorio interno 15	IfcWallStandardCase	3	Muro	
Muro di contenimento 30	IfcWallStandardCase	6	Muro	
ID Elemento	Tipo IFC	Tipo apertura	N° aperture	
0,9x1,50		Finestra	5	
2,5 x2,10		Finestra	2	
1,00 x1,5		Finestra	2	
0,9 x2,10		Porta	6	
1,8 x2,5		Porta	2	
1,00x 2,1		Porta	2	
2 x2,10		Porta	10	

Tabella 4.12 – Abaco Modello IFC 2x3 Generale degli elementi presenti in ArchiCAD

IFC 2x3 Esportazione Generale						
ID Elemento	Tipo IFC	N° elementi	Ubicazione			
Apertura 1	IfcFurnishingElement		Piano Terra	Apertura 34	IfcFurnishingElement	Piano Terra
Apertura 2	IfcFurnishingElement		Piano Terra	Apertura 35	IfcFurnishingElement	Piano Terra
Apertura 3	IfcFurnishingElement		Piano Terra	Apertura 36	IfcFurnishingElement	Piano Terra
Apertura 4	IfcFurnishingElement		Piano Terra	Apertura 37	IfcFurnishingElement	Piano Terra
Apertura 5	IfcFurnishingElement		Piano Terra	Apertura 38	IfcFurnishingElement	Piano Terra
Apertura 6	IfcFurnishingElement		Piano Terra	Apertura 39	IfcFurnishingElement	Piano Terra
Apertura 7	IfcFurnishingElement		Piano Terra	Apertura 40	IfcFurnishingElement	Piano Terra
Apertura 8	IfcFurnishingElement		Piano Terra	Apertura 41	IfcFurnishingElement	Piano Terra
Apertura 9	IfcFurnishingElement		Piano Terra	Apertura 42	IfcFurnishingElement	Piano Terra
Apertura 10	IfcFurnishingElement		Piano Terra	Apertura 43	IfcFurnishingElement	Piano Terra
Apertura 11	IfcFurnishingElement		Piano Terra	Apertura 44	IfcFurnishingElement	Piano Terra
Apertura 12	IfcFurnishingElement		Piano Terra	Apertura 45	IfcFurnishingElement	Piano Terra
Apertura 13	IfcFurnishingElement		Piano Terra	Apertura 46	IfcFurnishingElement	Piano Terra
Apertura 14	IfcFurnishingElement		Piano Terra	Apertura 47	IfcFurnishingElement	Piano Terra
Apertura 15	IfcFurnishingElement		Piano Terra	Apertura 48	IfcFurnishingElement	Piano Terra
Apertura 16	IfcFurnishingElement		Piano Terra	Apertura 49	IfcFurnishingElement	Piano Terra
Apertura 17	IfcFurnishingElement		Piano Terra	Apertura 50	IfcFurnishingElement	Piano Terra
Apertura 18	IfcFurnishingElement		Piano Terra	Apertura 51	IfcFurnishingElement	Piano Terra
Apertura 19	IfcFurnishingElement		Piano Terra	Apertura 52	IfcFurnishingElement	Piano Terra
Apertura 20	IfcFurnishingElement		Piano Terra	Apertura 53	IfcFurnishingElement	Piano Terra
Apertura 21	IfcFurnishingElement		Piano Terra	Apertura 54	IfcFurnishingElement	Piano Terra
Apertura 22	IfcFurnishingElement		Piano Terra	Apertura 55	IfcFurnishingElement	Piano Terra
Apertura 23	IfcFurnishingElement		Piano Terra	Apertura 56	IfcFurnishingElement	Piano Terra
Apertura 24	IfcFurnishingElement		Piano Terra	Apertura 57	IfcFurnishingElement	Piano Terra
Apertura 25	IfcFurnishingElement		Piano Terra	Apertura 58	IfcFurnishingElement	Piano 2
Apertura 26	IfcFurnishingElement		Piano Terra	Apertura 59	IfcFurnishingElement	Piano 2
Apertura 27	IfcFurnishingElement		Piano Terra	Punto rilievo	IfcFurnishingElement	Piano Platea
Apertura 28	IfcFurnishingElement		Piano Terra	Arredo 1	IfcFurnishingElement	Piano 2
Apertura 29	IfcFurnishingElement		Piano Terra	Arredo 2	IfcFurnishingElement	Piano 2
Apertura 30	IfcFurnishingElement		Piano Terra	Arredo 3	IfcFurnishingElement	Piano 2
Apertura 31	IfcFurnishingElement		Piano Terra	Arredo 4	IfcFurnishingElement	Piano 2
Apertura 32	IfcFurnishingElement		Piano Terra			
Apertura 33	IfcFurnishingElement		Piano Terra			

Tabella 4.13 - Abaco Modello IFC 2x3 Generale degli elementi presenti in ArchiCAD

IFC 2x3 Esportazione Generale				
ID Elemento	TipoIFC	Superficie inferiore	Superficie superiore	N°Elementi
SOL - 002	IFCSlab	Vernice - Bianco Titanio	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL - 003	IFCSlab	Vernice - Bianco Titanio	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL - 004	IFCSlab	Vernice - Bianco Titanio	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL - 005	IFCSlab	Vernice - Bianco Titanio	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL - 006	IFCSlab	Vernice - Bianco Titanio	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL - 007	IFCSlab	Vernice - Bianco Titanio	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL - 008	IFCSlab	Vernice - Bianco Titanio	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL - 009	IFCSlab	Calcestruzzo - 04	Calcestruzzo - 04	1
SOL - 016	IFCSlab	Calcestruzzo - 04	Calcestruzzo - 04	1
SOL - 018	IFCSlab	Stucco - Bianco Fine	Legno - Quercia Chiara	1
SOL - 020	IFCSlab	Stucco - Bianco Fine	Legno - Quercia Chiara	1
SOL - 020	IFCSlab	Stucco - Bianco Fine	Legno - Quercia Chiara	1
SOL - 020	IFCSlab	Vernice - Grigio Chiaro	Vernice - Grigio Scuro	1
SOL - 021	IFCSlab	Vernice - Grigio Chiaro	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL - 022	IFCSlab	Stucco - Bianco Fine	Legno - Quercia Chiara	1
SOL - 023	IFCSlab	Stucco - Bianco Fine	Legno - Quercia Chiara	1
SOL - 023	IFCSlab	Stucco - Bianco Fine	Legno - Quercia Chiara	1
SOL - 023	IFCSlab	Vernice - Grigio Chiaro	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL - 026	IFCSlab	Vernice - Grigio Chiaro	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL - 026	IFCSlab	Vernice - Grigio Chiaro	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL - 029	IFCSlab	Vernice - Grigio Chiaro	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL - 030	IFCSlab	Vernice - Grigio Chiaro	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL - 031	IFCSlab	Vernice - Grigio Chiaro	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x16	1

Tabella 4.14 - Abaco Modello IFC 2x3 Generale degli elementi presenti in ArchiCAD

IFC 2x3 Esportazione Generale			
ELEMENTI	Tipo IFC	N°elementi	Costo
Non definito	IfcBeam	55	Non definito
ELEMENTI	Tipo IFC	N°elementi	za massima pil
PIL - 001	IfcColumn	1	9,25
PIL - 003	IfcColumn	1	9,25
PIL - 004	IfcColumn	1	11,96
PIL - 005	IfcColumn	1	9,25
PIL - 006	IfcColumn	1	10,23
PIL - 007	IfcColumn	1	9,25
PIL - 008	IfcColumn	1	10,95
PIL - 009	IfcColumn	1	10,95
PIL - 010	IfcColumn	1	9,25
PIL - 011	IfcColumn	1	10,24
PIL - 012	IfcColumn	1	9,25
PIL - 013	IfcColumn	1	11,96
PIL - 014	IfcColumn	1	9,25
PIL - 015	IfcColumn	1	9,25
PIL - 024	IfcColumn	1	10,09
PIL - 025	IfcColumn	1	10,09
PIL - 026	IfcColumn	1	9,91
PIL - 027	IfcColumn	1	9,91

Tabella 4.15 - Abaco Modello IFC 2x3 Generale degli elementi presenti in ArchiCAD

IFC 2x3 Esportazione Geometria Esatta				
ID Elemento	Tipo IFC	N°muri	Classificazione Elemento	Costo Per Volume (Numero)
Non definito	IfcWall	47		€ 45,00
ID Elemento	Tipo IFC	Tipo apertura	N°aperture	
Finestra autonoma 1	IFCWindows	Finestra	1	
Finestra autonoma 2	IFCWindows	Finestra	1	
Finestra autonoma 3	IFCWindows	Finestra	1	
Finestra autonoma 4	IFCWindows	Finestra	1	
Finestra autonoma 5	IFCWindows	Finestra	1	
Finestra autonoma 6	IFCWindows	Finestra	1	
Finestra autonoma 7	IFCWindows	Finestra	2	
Finestra autonoma 8	IFCWindows	Finestra	1	
Porta autonoma 1	IFCDoor	Porta	1	
Porta autonoma 2	IFCDoor	Porta	1	
Porta autonoma 3	IFCDoor	Porta	1	
Porta autonoma 4	IFCDoor	Porta	1	
Porta autonoma 5	IFCDoor	Porta	1	
Porta autonoma 6	IFCDoor	Porta	1	
Porta autonoma 7	IFCDoor	Porta	1	
Porta autonoma 8	IFCDoor	Porta	1	
Porta autonoma 9	IFCDoor	Porta	1	
Porta autonoma 10	IFCDoor	Porta	1	
Porta autonoma 11	IFCDoor	Porta	1	
Porta autonoma 12	IFCDoor	Porta	1	
Porta autonoma 13	IFCDoor	Porta	6	
Porta autonoma 14	IFCDoor	Porta	4	
ID Elemento	Tipo IFC	N°elementi	Ubicazione	
Punto rilievo	urnishingElement		Piano Platea	
Arredo 1	urnishingElement		Piano 2	
Arredo 2	urnishingElement		Piano 3	
Arredo 3	urnishingElement		Piano 4	
Arredo 4	urnishingElement		Piano 5	

Tabella 4.16 - Abaco Modello IFC 2x3 Geometria Esatta degli elementi presenti in ArchiCAD

IFC 4 TDV				
ID Elemento	Tipo IFC	N°muri	Classificazione Elemento	Costo Per Volume (Numero)
Materiale da Costruzione IFC	IfcWallStandardCase	32	Muro	€ 45,00
Muro divisorio interno 20	IfcWallStandardCase	6	Muro	€ 45,00
Muro divisorio interno 15	IfcWallStandardCase	3	Muro	€ 45,00
Muro di contenimento 30	IfcWallStandardCase	6	Muro	€ 45,00
ID Elemento	Tipo IFC	Tipo apertura	N°aperture	
0,9x1,5	IFCWindows	Finestra	5	
2x1,5	IFCWindows	Finestra	2	
1x1,5	IFCWindows	Finestra	2	
0,9x2,1	IFCDoor	Porta	6	
2, x2,10	IFCDoor	Porta	2	
1,8x2,5	IFCDoor	Porta	5	
1x2,1	IFCDoor	Porta	2	
2x2,10	IFCDoor	Porta	10	
ELEMENTI	Tipo IFC	N°elementi	Ubicazione	
Arredo 1	IfcFurnishingElement		Non definito	
Arredo 2	IfcFurnishingElement		Non definito	
Arredo 3	IfcFurnishingElement		Non definito	
Arredo 4	IfcFurnishingElement		Non definito	

Tabella 4.17 - Abaco Modello IFC 4 degli elementi presenti in ArchiCAD

IFC 4 TDV				
ID Elemento	TipolFC	Superficie inferiore	Superficie superiore	N°Elementi
SOL -002	IFCSlab	Vernice - Bianco Titanio	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL -003	IFCSlab	Vernice - Bianco Titanio	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL -004	IFCSlab	Vernice - Bianco Titanio	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL -005	IFCSlab	Vernice - Bianco Titanio	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL -006	IFCSlab	Vernice - Bianco Titanio	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL -007	IFCSlab	Vernice - Bianco Titanio	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL -008	IFCSlab	Vernice - Bianco Titanio	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL -009	IFCSlab	Calcestruzzo - 04	Calcestruzzo - 04	1
SOL -016	IFCSlab	Calcestruzzo - 04	Calcestruzzo - 04	1
SOL -018	IFCSlab	Stucco - Bianco Fine	Legno - Quercia Chiara	1
SOL -020	IFCSlab	Stucco - Bianco Fine	Legno - Quercia Chiara	1
SOL -020	IFCSlab	Stucco - Bianco Fine	Legno - Quercia Chiara	1
SOL -020	IFCSlab	Vernice - Grigio Chiaro	Vernice - Grigio Scuro	1
SOL -021	IFCSlab	Vernice - Grigio Chiaro	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL -022	IFCSlab	Stucco - Bianco Fine	Legno - Quercia Chiara	1
SOL -023	IFCSlab	Stucco - Bianco Fine	Legno - Quercia Chiara	1
SOL -023	IFCSlab	Stucco - Bianco Fine	Legno - Quercia Chiara	1
SOL -023	IFCSlab	Vernice - Grigio Chiaro	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL -026	IFCSlab	Vernice - Grigio Chiaro	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL -026	IFCSlab	Vernice - Grigio Chiaro	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL -029	IFCSlab	Vernice - Grigio Chiaro	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL -030	IFCSlab	Vernice - Grigio Chiaro	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x15	1
SOL -031	IFCSlab	Vernice - Grigio Chiaro	Piastrelle - Marrone Chiaro 15x16	1

Tabella 4.18 - Abaco Modello IFC 4 degli elementi presenti in ArchiCAD

Successivamente, effettuato tramite esportazioni parziali su macro-elementi, vengono mostrati gli abachi che mostrano i parametri definiti per i vari elementi riconosciuti da ArchiCAD:

Modello Iniziale			
ID Elemento	Indice di Resistenza al Fuoco	Trasmittanza Termica [W/m ² *K]	Classe di Trasmissione Acustica
Muro di Tamponamento 30 cm	3 Ore	4,00	5
Muro Generico	1,5 Ore	4,00	6
Pilastro	3 Ore	5,00	3
Solaio	2 Ore	4,60	5
Tetto	45 Minuti	7,20	4
Trave	3 Ore	2,70	4
Finestra	20 Minuti	3,70	4

IFC 2x3 Esportazione Generale			
ID Elemento	Indice di Resistenza al Fuoco	Trasmittanza Termica [W/m ² *K]	Classe di Trasmissione Acustica
Muro di Tamponamento 30 cm	3 Ore	4,00	5
Muro Generico	1,5 Ore	4,00	6
Pilastro	3 Ore	5,00	3
Solaio	2 Ore	/	/
Tetto	45 Minuti	7,20	4
Trave	3 Ore	2,70	/
Finestra	20 Minuti	3,70	4

IFC 4 DTV			
ID Elemento	Indice di Resistenza al Fuoco	Trasmittanza Termica [W/m ² *K]	Classe di Trasmissione Acustica
Muro di Tamponamento 30 cm	3 Ore	4,00	5
Muro Generico	1,5 Ore	4,00	6
Pilastro	3 Ore	5,00	/
Solaio	/	/	/
Tetto	45 Minuti	7,20	4
Trave	3 Ore	2,70	/
Finestra	/	/	/

Tabella 4.18 - Abaco per Modello Iniziale, IFC 2x3 Generale e IFC 4 dei parametri presenti in ArchiCAD per i vari macro-elementi

4.3.3. Round Trip Revit – IFC – ArchiCAD

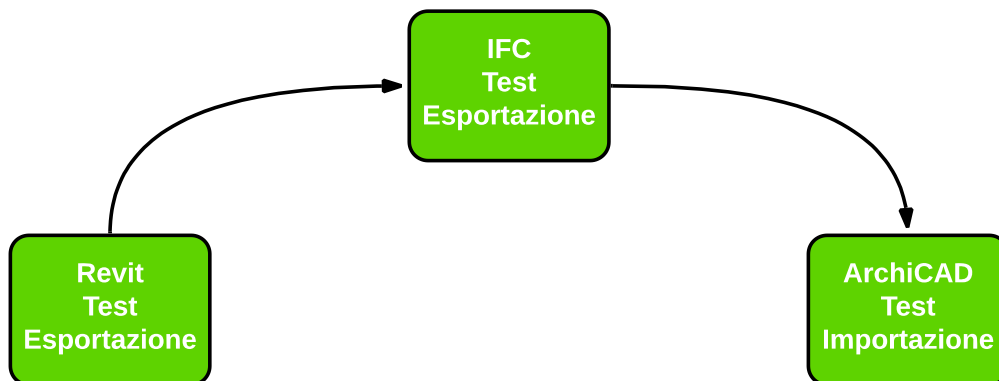
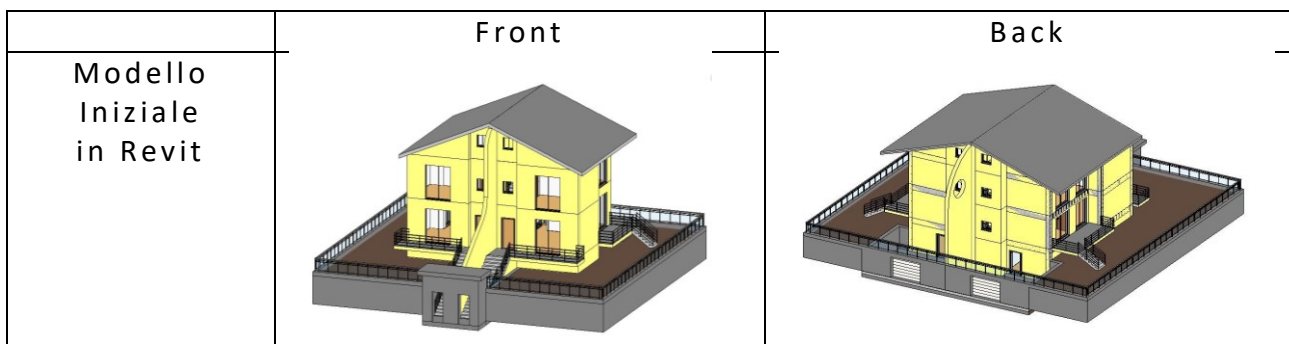


Figura 4.53 - Analisi del problema statico: Round Trip Revit - IFC - ArchiCAD

Definite le prove per i Round Trip effettuati attraverso la stessa piattaforma si procede valutando il formato IFC come formato di scambio nel caso in cui si vogliano utilizzare software diversi. Questo esperimento verrà però effettuato solamente con il formato IFC 2x3 poiché il più affidabile e il più utilizzato. In ugual modo alle altre prove saranno definite attraverso l'utilizzo degli abachi fornite dai software le differenze per quanto riguarda gli elementi complessivi del modello attraverso un'esportazione globale e le differenze rilevate riguardo i parametri attraverso esportazioni parziali. In primo luogo, si andrà ad analizzare il Round Trip definito da Revit esportando il modello in IFC 2x3 per poi essere importato all'interno di ArchiCAD. Le procedure di esportazione e importazione per i relativi software sono definiti nei capitoli precedenti.

Il modello verrà quindi esportato da Revit attraverso il formato IFC 2x3 e successivamente importato all'interno di ArchiCAD per il confronto:



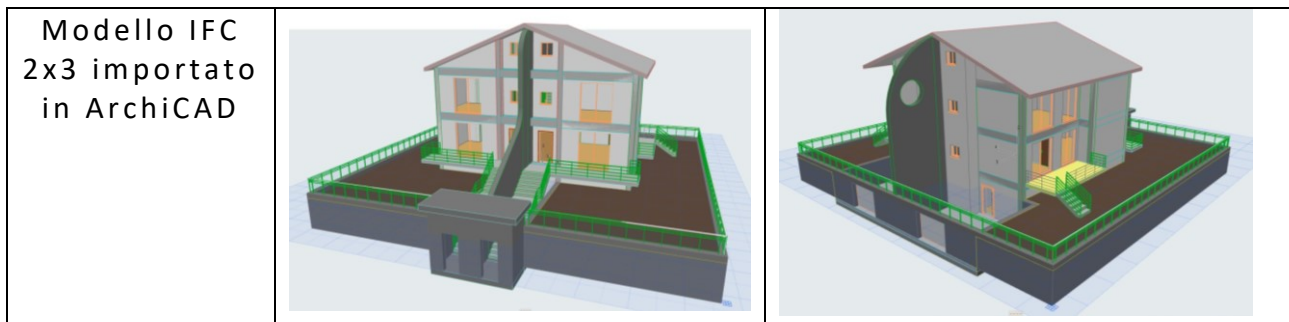


Tabella 4.19 - Confronto tra il modello iniziale Revit e la versione IFC 2x3 importata in ArchiCAD

L'importazione in ArchiCAD del modello in Revit si presenta coerente nella geometria, nelle estrusioni e nelle intersezioni; vengono meno però i dettagli degli elementi presenti definiti attraverso famiglie generate all'interno di Revit come aperture, finestre, porte, colori (dovuto all'esportazione non coerente della finitura esterna del muro) ma anche come informazioni importanti come le stratigrafie.

Si procede di conseguenza anche in questo caso a definire, attraverso l'utilizzo degli abachi, la coerenza del modello e quindi degli elementi e dei parametri all'interno del modello importato confrontando l'abaco iniziale con quello generato dal file IFC:

Modello Iniziale Revit		
Famiglia	Tipo	N°elementi
Barra dell'armatura	18 FeB22k	250
Calcestruzzo-Pilastro rettangolare	300 x 300mm	16
Calcestruzzo-Trave rettangolare	300 x 500mm	54
Muro di base	Generico - 300 mm	22
Muro di base	Tamponatura tesi 30cm	72
Muro di base	Tramezzo 15cm	21
Pavimento	Calcestruzzo con aperture armate rettangolari 120 mm	2
Pavimento	Calcestruzzo gettato in opera 225 mm	13
Pavimento	Generico 300 mm	2
Pavimento	pavimento tesi	8
Porta Una Anta - Vetro	90 x 210 cm	2
Porta Una Anta	80 x 210	6
Porta Una Anta	90x210	4
Porta-Apertura	0915 x 2134mm	2
Riquadro singolo	0915 x 2134mm	2
Saracinesca per Garage	2400 x 1900 mm	2
Scorrevole Semplice	70 x 210 cm 2	3
Finestra Doppia	80 x 80 cm	10
Finestra Doppia	160 x 240	4
Finestra Doppia	200 x 240	8
Heating_System-Valsir-Thermo Electric Head-00	Heating_System-Valsir-Thermo Electric Head-00	1
M_Caldaia	Standard	1
M_Gomito - Generico	Standard	13
M_Raccordo a T - Generico	Standard	8
M_Transizione - Generica	Standard	4
M_WC - Serbatoio con galleggiante	Pubblico - Cacciata superiore a 6.1 Lpf	4
Tubazione	Standard	30

Tabella 4.20 - Abaco Modello Iniziale degli elementi presenti in Revit

Modello Iniziale Revit Aperto in ArchiCAD(IFC 2X3)		
Famiglia	Tipo	N°elementi
Muro	Muro di default	19
Muro	/	3
Muro	Muro di default	72
Muro	Muro di default	21
Finestra -Finestra Doppia:80 x 80 cm	/	10
Finestra -Finestra Doppia:160 x 240	/	4
Finestra -Finestra Doppia:200 x 240	/	8
Porta -001	/	2
Porta Una Anta -Vetro:90 x 210 cm	/	2
Porta -Porta Una Anta:80 x 210	/	6
Porta -Porta Una Anta:90x210	/	4
Porta -Riquadro singolo:0915 x 2134mm	/	2
Porta -Saracinesca per Garage:2400 x 1900 mm	/	2
Porta -Scorrevole Semplice:70 x 210 cm	/	3
Pilastro	/	16
solaio	/	11
solaio	/	2
solaio	/	8
solaio	/	2
solaio	/	1
Trave	/	45
Arredo - 001	/	8
Arredo -002	/	1
nante -Serbatoio con galleggiante:Pubblico - Cacciata su	/	4

Tabella 4.21 - Abaco Modello IFC 2x3 degli elementi presenti importato in ArchiCAD

Modello Iniziale Revit									
ELEMENTI	Tipo IFC	Tipo	Costo	Descrizione	Coefficiente di scambio termico	Assorbimento	Indice di riscaldamento alla radiazione	Resistenza termica	Trasmittanza luminosa
Barra dell'armatura	IfcReinforcingBar	18 Fe822k	17.00	/	/	/	/	/	/
Calcestruzzo-Pilastro rettangolare	IfcColumn	300 x 300mm	1442.00	Rck 28/35	/	/	/	/	/
Calcestruzzo-Trave rettangolare	IfcBuildingElementProxy	300 x 500mm	1100.00	Rck 28/35	/	/	/	/	/
Finestra Doppia	IfcWindow	200 x 240	1345	/	3,6886 W/(m²·K)		0,78	0,2711	0,9
Muro di base	IfcWall	Generico -300 mm	337.00	/	/	0,7	/	/	/
Muro di base	IfcWall	Tamponatura tesi 30cm	300.00	/	/	0,7	0,2490 W/(m²·K)	26,78 kJ/K	4,0165 (m²·K)/W
Muro di base	IfcWall	Tramezzo 15cm	150.00	/	/	0,7	3,7261 W/(m²·K)	17,09 kJ/K	0,2684
Pavimento	IfcSlab	Cls gettato in opera 225mm	479	/	/	0,7	4,6489 W/(m²·K)	31,59 kJ/K	0,2151

Tabella 4.22 - Abaco Modello Iniziale dei parametri presenti in Revit

Modello Iniziale Revit Aperto in ArchiCAD									
ELEMENTI	Tipo IFC	Tipo	Costo	Descrizione	Coefficiente di scambio termico	Assorbimento	Indice di riscaldamento alla radiazione	Resistenza termica	Trasmittanza luminosa
Barra dell'armatura	/	18 Fe822k	/	/	/	/	/	/	/
Calcestruzzo-Pilastro rettangolare	/	300 x 300mm	/	/	/	/	/	/	/
Calcestruzzo-Trave rettangolare	/	300 x 500mm	/	/	/	/	/	/	/
Finestra Doppia	/	200 x 240	/	/	3,6886 W/(m²·K)		/	/	/
Muro di base	/	Generico -300 mm	45	/	/	/	/	/	/
Muro di base	/	Tamponatura tesi 30cm	45	/	0,2490 W/(m²·K)	/	/	/	/
Muro di base	/	Tramezzo 15cm	45	/	3,7261 W/(m²·K)	/	/	/	/
Pavimento	/	Cls gettato in opera 225mm	45	/	4,6489 W/(m²·K)	/	/	/	/

Tabella 4.23 - Abaco Modello IFC 2x3 dei parametri presenti importati in ArchiCAD

4.3.4. Round Trip ArchiCAD – IFC – Revit

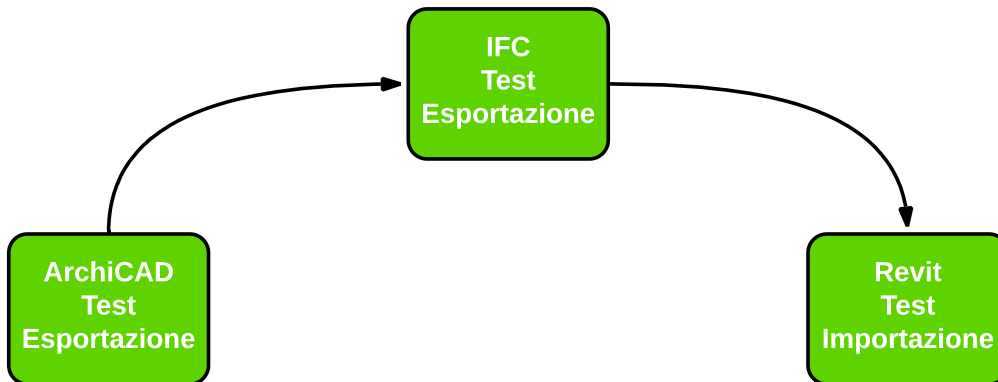


Figura 4.54 - Analisi del problema statico: Round Trip ArchiCAD - IFC – Revit

L'ultima operazione prevista è quella relativa al Round Trip da ArchiCAD a Revit che rappresenta a pieno la progettazione collaborativa in più discipline. Infatti, le esportazioni personalizzate di ArchiCAD sono in funzione della destinazione d'uso e in questo caso si sono provate le varie combinazioni; esportando il modello in IFC 2x3 per simulare una collaborazione sia in ambito architettonico sia in ambito multidisciplinare. Si possono dividere le operazioni in:

1) Esportazione in IFC per la collaborazione architettonica:

Riprendendo le varie combinazioni di esportazioni in IFC 2x3 previste da ArchiCAD si sono provate esportazioni e importazioni sia in IFC 2x3 Geometria Esatta e IFC 2x3 Esportazione Generale. Nell'effettuare le operazioni di importazioni si è eseguita la procedura di apertura del file IFC generando il template di coordinamento:

	Front	Back
--	-------	------

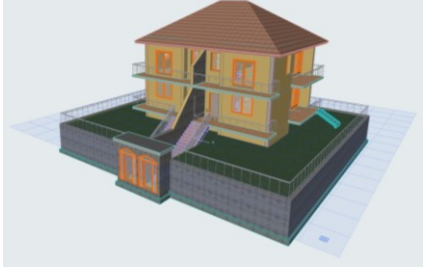
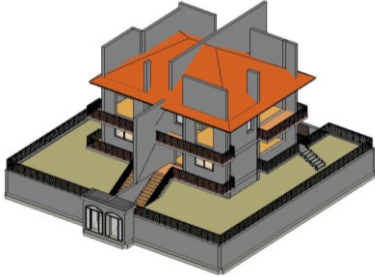
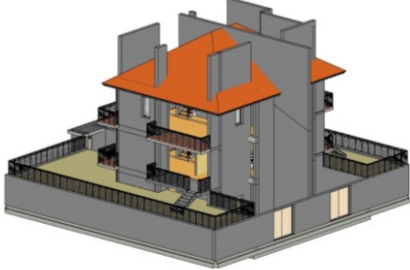
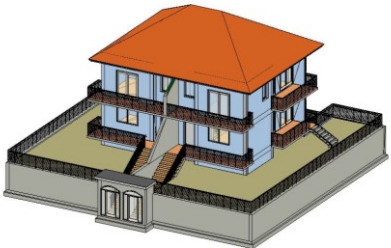
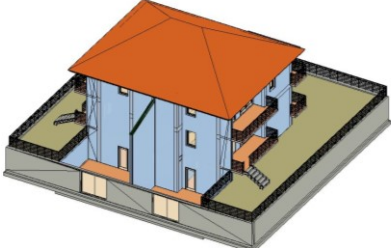
<p>Modello Iniziale in ArchiCAD</p>		
<p>Modello IFC 2x3 Generale importato in Revit</p>		
<p>Modello IFC 2x3 Geometria Esatta importato in Revit</p>		

Tabella 4.24 - Confronto tra il modello iniziale ArchiCAD e la versione IFC 2x3 importata in Revit

Come si può notare l'esportazione prevista come Geometria Esatta tende a permettere una collaborazione più attendibile a livello geometrico permettendo una corretta visualizzazione delle estrusioni effettuate sui muri ma, di contro non permette come già visto, di importare correttamente tutte le informazioni presenti all'interno del modello. Mentre, l'esportazione Generale tende a non generare un modello coerente geometricamente (con evidenti elementi mancanti) ma tende ad una coerenza maggiore per quanto riguarda i contenuti.

Modello Iniziale ArchiCAD										
Elementi	Tipo IFC	N°elementi		Elementi	Tipo IFC	N°elementi		Elementi	Tipo IFC	N°elementi
Muro di tamponamento 30cm	IfcWallStandardCase	11		SOL - 002	IFCSlab	1		SOL - 030	IFCSlab	1
Muro divisorio 30cm	IfcWallStandardCase	8		SOL - 003	IFCSlab	1		SOL - 031	IFCSlab	1
Muro di tamponamento 20cm	IfcWallStandardCase	2		SOL - 004	IFCSlab	1				
Muro divisorio interno 30cm	IfcWallStandardCase	1		SOL - 005	IFCSlab	1		PIL - 001	IfcColumn	1
Muro divisorio interno 20 cm	IfcWallStandardCase	8		SOL - 006	IFCSlab	1		PIL - 003	IfcColumn	1
Muro divisorio interno 15 cm	IfcWallStandardCase	6		SOL - 007	IFCSlab	1		PIL - 004	IfcColumn	1
Muro di contenimento 30 cm	IfcWallStandardCase	11		SOL - 008	IFCSlab	1		PIL - 005	IfcColumn	1
				SOL - 009	IFCSlab	1		PIL - 006	IfcColumn	1
0,9x1,50	IFCwindows	7		SOL - 016	IFCSlab	1		PIL - 007	IfcColumn	1
2x1,5	IFCwindows	2		SOL - 018	IFCSlab	1		PIL - 008	IfcColumn	1
1x1,5	IFCwindows	2		SOL - 020	IFCSlab	1		PIL - 009	IfcColumn	1
0,9x2,10	IFCdoor	7		SOL - 020	IFCSlab	1		PIL - 010	IfcColumn	1
2,5x2,10	IFCdoor	2		SOL - 020	IFCSlab	1		PIL - 011	IfcColumn	1
1,8x2,5	IFCdoor	2		SOL - 021	IFCSlab	1		PIL - 012	IfcColumn	1
1x2,1	IFCdoor	2		SOL - 022	IFCSlab	1		PIL - 013	IfcColumn	1
2x2,1	IFCdoor	10		SOL - 023	IFCSlab	1		PIL - 014	IfcColumn	1
				SOL - 023	IFCSlab	1		PIL - 015	IfcColumn	1
Frigorifero fianco 22	IfcFurnishingElement	1		SOL - 023	IFCSlab	1		PIL - 024	IfcColumn	1
Forno Incassato 22	IfcFurnishingElement	1		SOL - 026	IFCSlab	1		PIL - 025	IfcColumn	1
Gemma elettrica	IfcFurnishingElement	1		SOL - 026	IFCSlab	1		PIL - 026	IfcColumn	1
Mobiletto Pensile	IfcFurnishingElement	1		SOL - 029	IFCSlab	1		PIL - 027	IfcColumn	1
Non definito	IfcBeam	55								

Tabella 4.25 - Abaco Modello Iniziale degli elementi presenti in ArchiCAD

Modello Iniziale ArchiCAD Aperto in Revit (2X3)										
Elementi	Tipo IFC	N°elementi		Elementi	Tipo IFC	N°elementi		Elementi	Tipo IFC	N°elementi
Muro di tamponamento 30cm	IfcWall	11		SOL - 002	IFCSlab	1		SOL - 030	IFCSlab	1
Muro divisorio 30cm	IfcWall	8		SOL - 003	IFCSlab	1		SOL - 031	IFCSlab	1
Muro di tamponamento 20cm	IfcWall	2		SOL - 004	IFCSlab	1				
Muro divisorio interno 30cm	IfcWall	1		SOL - 005	IFCSlab	1		PIL - 001	IfcColumn	1
Muro divisorio interno 20 cm	IfcWall	8		SOL - 006	IFCSlab	1		PIL - 003	IfcColumn	1
Muro divisorio interno 15 cm	IfcWall	6		SOL - 007	IFCSlab	1		PIL - 004	IfcColumn	1
Muro di contenimento 30 cm	IfcWall	11		SOL - 008	IFCSlab	1		PIL - 005	IfcColumn	1
				SOL - 009	IFCSlab	1		PIL - 006	IfcColumn	1
0,9x1,50	IFCwindows	5		SOL - 016	IFCSlab	1		PIL - 007	IfcColumn	1
2x1,5	IFCwindows	1		SOL - 018	IFCSlab	1		PIL - 008	IfcColumn	1
1x1,5	IFCwindows	0		SOL - 020	IFCSlab	1		PIL - 009	IfcColumn	1
0,9x2,10	IFCdoor	3		SOL - 020	IFCSlab	1		PIL - 010	IfcColumn	1
2,5x2,10	IFCdoor	0		SOL - 020	IFCSlab	1		PIL - 011	IfcColumn	1
1,8x2,5	IFCdoor	0		SOL - 021	IFCSlab	1		PIL - 012	IfcColumn	1
1x2,1	IFCdoor	0		SOL - 022	IFCSlab	1		PIL - 013	IfcColumn	1
2x2,1	IFCdoor	0		SOL - 023	IFCSlab	1		PIL - 014	IfcColumn	1
				SOL - 023	IFCSlab	1		PIL - 015	IfcColumn	1
Frigorifero fianco 22	IfcFurnishingElement	1		SOL - 023	IFCSlab	1		PIL - 024	IfcColumn	1
Forno Incassato 22	IfcFurnishingElement	1		SOL - 026	IFCSlab	1		PIL - 025	IfcColumn	1
Gemma elettrica	IfcFurnishingElement	1		SOL - 026	IFCSlab	1		PIL - 026	IfcColumn	1
Mobiletto Pensile	IfcFurnishingElement	1		SOL - 029	IFCSlab	1		PIL - 027	IfcColumn	1
Non definito	IfcBeam	55								

Tabella 4.26 - Abaco Modello IFC 2x3 Generale degli elementi rilevati in Revit

Modello Iniziale			
ID Elemento	Indice di Resistenza al Fuoco	Trasmittanza Termica [W/m ² *K]	Classe di Trasmissione Acustica
Muro di Tamponamento 30 cm	3 Ore	4,00	5
Muro Generico	1,5 Ore	4,00	6
Pilaastro	3 Ore	5,00	3
Solaio	2 Ore	4,60	5
Tetto	45 Minuti	7,20	4
Trave	3 Ore	2,70	4

Tabella 4.27 - Abaco Modello Iniziale Generale dei parametri presenti in ArchiCAD

Modello Iniziale Archicad Aperto in Revit (IFC 2X3)				
Abaco dei muri				
Famiglia	Tipo	Classe di Trasmissione Acustica	Indice di Resistenza al Fuoco	Trasmittanza Termica
MUR - 092	MUR - 092	6	1.5 ore	4
MUR - 022	MUR - 022	5	3 ore	4
Abaco dei pavimenti				
Famiglia	Tipo	Area	Assorbimento	Ruvidità
Pavimento	SOL - 023	50.418 m ²	0.1	1
Abaco dei tetti				
Famiglia	Tipo	Classe di Trasmissione Acustica	Indice di Resistenza al Fuoco	Trasmittanza Termica
TET - 001	TET - 001	4	45 minuti	7.2000 W/(m ² .K)
Abaco pilastri				
Famiglia	Tipo	Classe di Trasmissione Acustica	Indice di Resistenza al Fuoco	Trasmittanza Termica
PIL - 014	PIL - 014	3	3 ore	5
Abaco del trave				
Famiglia	Tipo	Classe di Trasmissione Acustica	Indice di Resistenza al Fuoco	Trasmittanza Termica
GENERIC - STRUTTURALE 300 x 400	GENERIC - STRUTTURALE 300 x 400	4	3 ore	2,7

Tabella 4.28 - Abaco Modello IFC 2x3 Generale dei parametri rilevati in Revit

2) Esportazione in IFC per la collaborazione strutturale:

Per valutare una corretta collaborazione si è proceduto poi nell'esportare il modello definito in ArchiCAD in IFC 2x3 tramite l'opzione mirata per la collaborazione per Revit Structure.

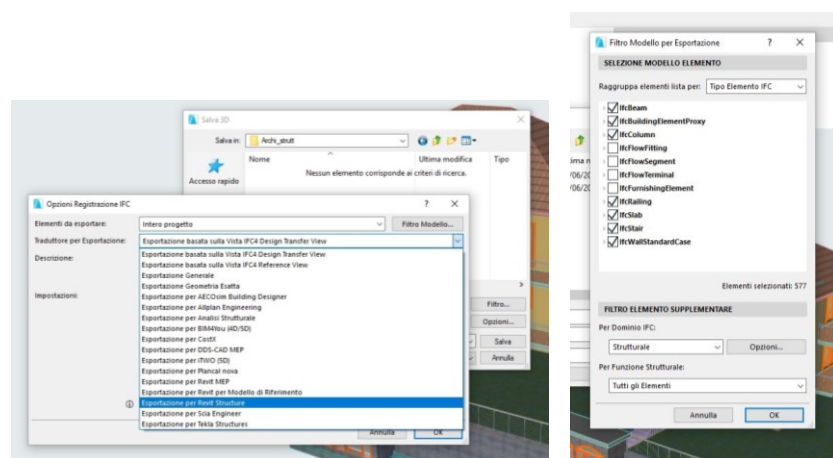


Figura 4.56 – Esportazione per Revit Structure (a sinistra) e filtri utilizzati per soli elementi strutturali (a destra)

In questo caso la procedura corretta per poter lavorare in un template strutturale dovrà essere diversa da quella prima definita, poiché infatti non dovrà essere aperto direttamente il file IFC ma collegato all'interno di un progetto aperto con il template desiderato.

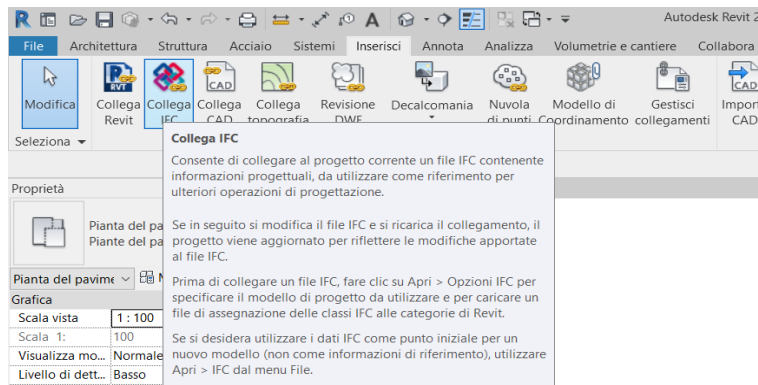


Figura 4.57 – Opzione Collega IFC all'interno di Revit

Questa opzione collega il file IFC all'interno del progetto di Revit per rendere possibili gli aggiornamenti in un secondo momento. Tale processo è simile al collegamento di altri file di Revit o file CAD con Revit. Il file IFC collegato si trova nel browser del progetto. Il file IFC viene aggiornato automaticamente all'inizio del progetto e può essere aggiornato manualmente in qualsiasi momento durante la modifica.

Questo file non deve essere spostato, modificato o aperto. Il collegamento dei file IFC è l'opzione preferita per il coordinamento e consente di ottenere i migliori risultati possibili, perché non genera elementi nativi di Revit.

Non ci sono impostazioni dettagliate da configurare per il collegamento dei file IFC, poiché il sistema genera automaticamente i risultati migliori.

Le impostazioni di esportazione del produttore giocano un ruolo molto più importante per la qualità del file collegato.

Quando si collega un modello specialistico IFC, viene creato un file di "parametri condivisi" nella stessa posizione del file IFC. Questo può essere utilizzato per creare filtri che consentono di selezionare, sovrascrivere gli elementi grafici o nascondere i componenti nel modello specialistico collegato. Esempi specifici delle applicazioni possibili sono inclusi nell'ultimo capitolo di questo manuale.

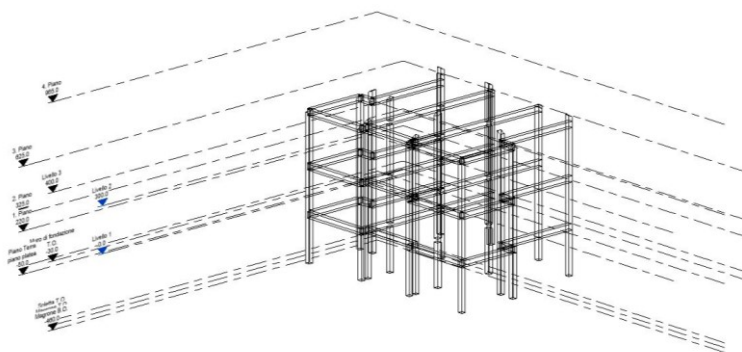


Figura 4.58 – Collegamento file IFC in un template strutturale

In questo caso si è posto come obiettivo non quello di valutare attraverso gli abachi gli elementi riconosciuti nel software ma le operazioni permesse per una corretta collaborazione. Gli elementi non vengono generati come nativi di Revit nel collegamento ma per poter utilizzare ed eventualmente modificare tali elementi si dovrà fare riferimento allo strumento Copia/Controlla (capitolo 4.2.1.1.2.) e i suoi relativi flussi di lavoro.

Copiando quindi gli elementi interessati all'interno del programma è possibile visualizzare le relative caratteristiche.

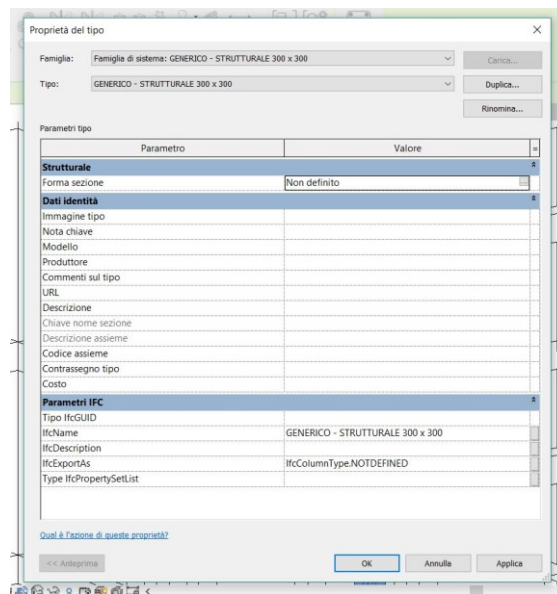


Figura 4.59 – Proprietà elemento strutturale copiato in Revit

In questo modo il software è in grado di riconoscere gli elementi come strutturali (se opportunamente impostati all'interno di ArchiCAD) e quindi permette di effettuare tutte le operazioni relative a quegli elementi come se fossero nativi.

Non tutte però le caratteristiche di Revit Structure sono in grado di essere utilizzate come ad esempio le viste analitiche e le prove di carico le quali dovranno essere utilizzate soltanto impostando tutti gli elementi come nativi di Revit.

Provando operativamente ad utilizzare l'opzione presente in Revit per armare gli elementi strutturali si sono riscontrati i primi problemi. Poiché infatti, essendo i pilastri collegati ad un tetto, nell'esportazione per far sì che siano coerenti essi vengono estrusi in relazione alla forma del tetto. Questa condizione però è vista da Revit in maniera differente, infatti in

funzione delle varie estrusioni Revit non riconosce più il pilastro come un unico elemento ma come più elementi in relazione alle estrusioni alla quale è soggetto. Questo comporta quindi l'impossibilità di armare correttamente i pilastri estrusi e di conseguenza comporta che si dovranno generare dei nuovi elementi per poter usufruire di questa opzione correttamente. Tenendo in considerazione poi i problemi visti nel capitolo 4.3.3. per la comunicazione tra Revit e ArchiCAD con il formato IFC.

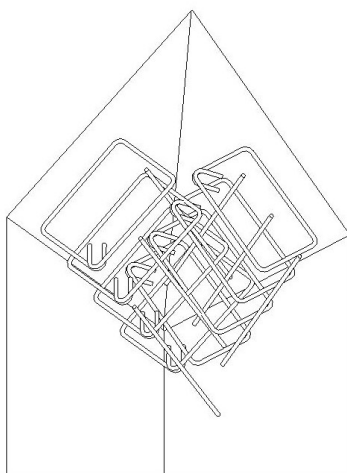


Figura 4.60 – Errore posizionamento armatura per pilastri estrusi

Inoltre, un ulteriore difficoltà è rappresentata dal fatto che Revit non riesce a riconoscere correttamente la continuità degli elementi strutturali, non riuscendo a rappresentare correttamente i vari nodi. Questo quindi comporta l'interruzione dei vari elementi strutturali rendendone impossibile l'utilizzo.

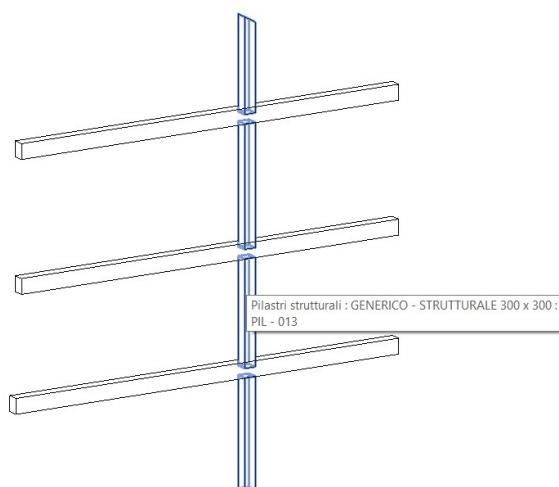


Figura 4.61 – Interruzione degli elementi strutturali

3) Esportazione in IFC per la collaborazione impiantistica:

Anche in questo caso ArchiCAD prevede un'esportazione mirata alla collaborazione con Revit MEP (System) inoltre, all'interno del modello definito in ArchiCAD sono stati inseriti alcuni elementi modellati con il plug-in MEP fornito da Graphisoft per valutare se questi siano riconosciuti all'interno di Revit come tubazioni, sanitari (sia WC che elementi in cucina).

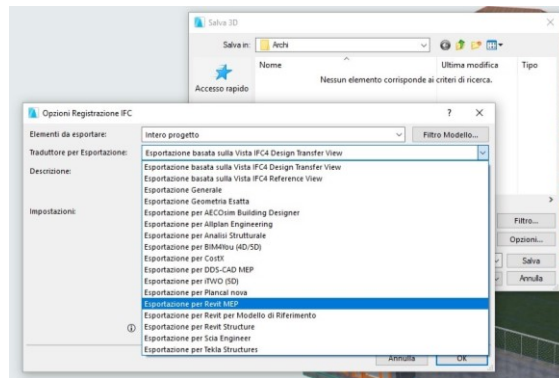


Figura 4.61 - Esportazione per Revit MEP

Anche in questo caso l'esportazione è basata sempre sul formato IFC 2x3 e la procedura di importazione, essendo per una collaborazione multidisciplinare, avviene sempre collegando il file IFC all'interno di un progetto aperto con il corretto template (in questo caso con un template meccanico) e attraverso lo strumento Copia/Controlla per poter operare correttamente con gli elementi all'interno del modello.

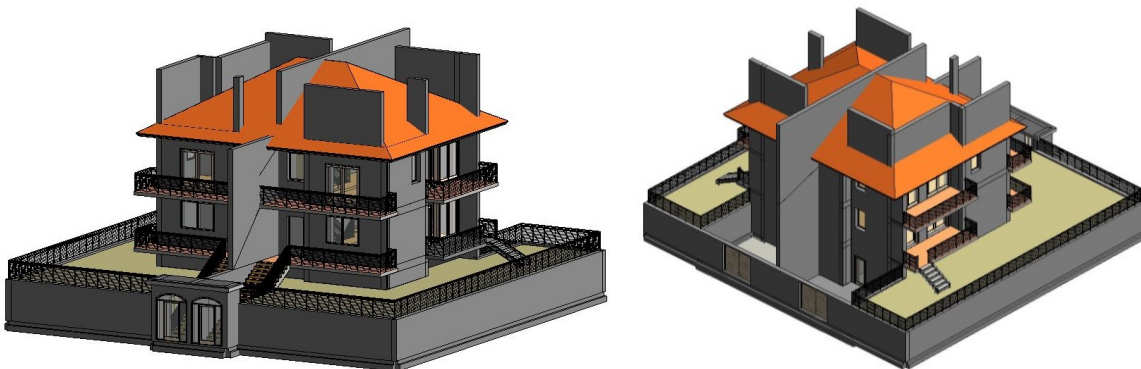


Figura 4.62 – Modello in IFC 2x3 per Revit MEP collegato in Revit

In questo caso il livello di dettaglio dell'esportazione essendo mirato per l'importazione in Revit MEP non considera le estrusioni come tali poiché ha

come obiettivo la collaborazione a livello impiantistico ed infatti gli elementi MEP modellati in ArchiCAD vengono riconosciuti anche in Revit.

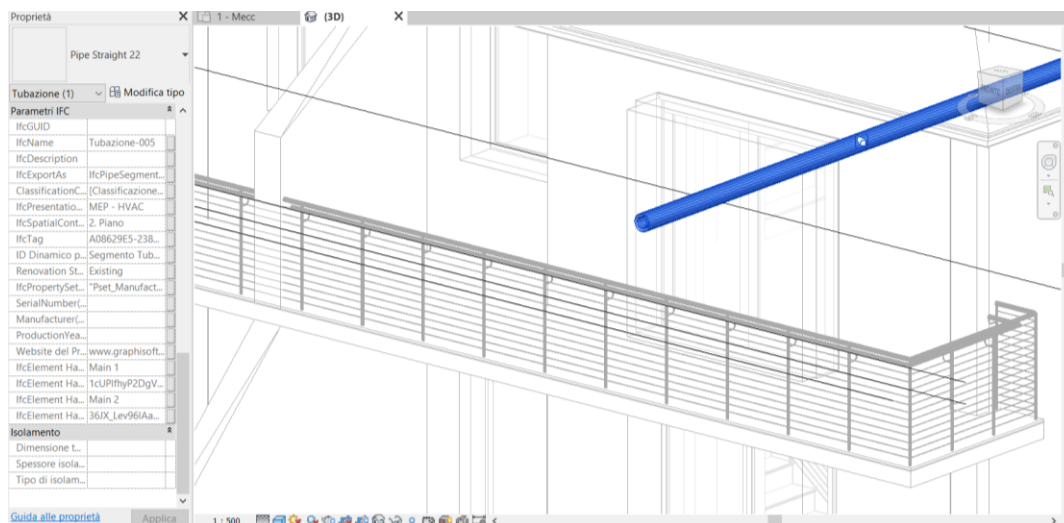


Figura 4.63 – Tubazione modellata in ArchiCAD riconosciuta all'interno di Revit

Questa condizione però non è soddisfatta per tutti gli elementi, poiché infatti ArchiCAD non prevede che tutti gli elementi appartenenti alla categoria MEP siano tali. Alcuni di essi per ArchiCAD sono riconosciuti come arredi, ad esempio i sanitari, e quindi nell'esportazione in IFC non vengono classificati come elementi MEP e non riconosciuti come tali da Revit rendendone impossibile il corretto utilizzo.

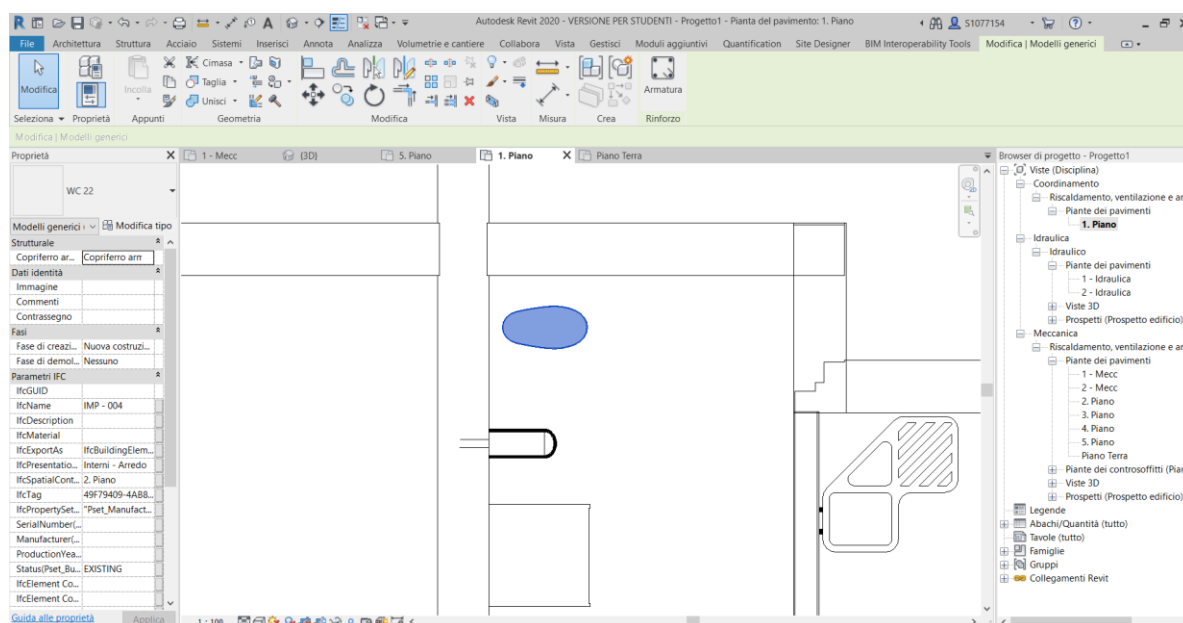


Figura 4.64 – Elemento WC non riconosciuto come elemento MEP in Revit

Le funzionalità di Revit riescono a interfacciarsi correttamente con il modello IFC importando permettendo la generazione di nuovi elementi all'interno del modello riconoscendo tutti gli elementi presenti.

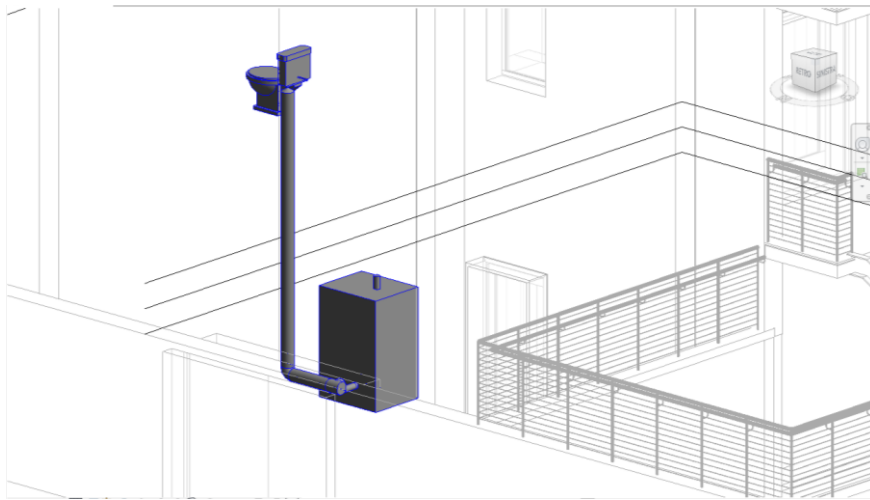


Figura 4-65 – Prova di inserimento di nuovi elementi all'interno del modello IFC

Ma il problema principale nasce nel momento in cui si hanno necessità di conoscere le informazioni relative agli elementi all'interno del modello, come le stratigrafie, per poter operare correttamente.

Infatti, collegando il modello e copiando gli elementi necessari (sempre tramite l'opzione Copia/Controlla) per la modellazione, tali elementi pur venendo definiti correttamente geometricamente (come spessore generale e tipologia di elemento) non vengono fornite informazioni utili come stratigrafia di muri e solai riconoscendoli come famiglia unica non modificabile rendendo la modellazione e quindi la collaborazione molto complessa e difficile.

4.3.5. Analisi dei risultati

In relazione a tutte le combinazioni provate, sono stati elaborati i dati presi per definire la coerenza del modello e delle informazioni durante i Round Trip con l'obiettivo di valutare l'effettiva capacità degli IFC e presentare i suoi limiti nei confronti della progettazione collaborativa.

Ripercorrendo tutti i passaggi verranno confrontati i vari abachi esportati per le combinazioni provate valutando le non congruenze riscontrate, così da definire le problematiche maggiori.

1) Round Trip Revit – IFC – Revit

Vengono confrontati inizialmente gli abachi per definire la perdita di elementi:

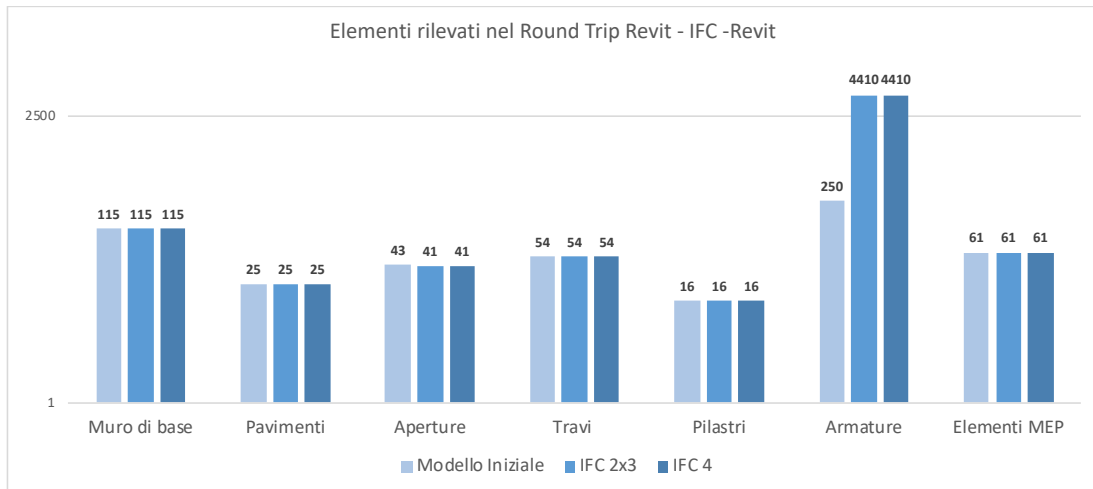


Grafico 4.1 - Elementi rilevati nel Round Trip Revit - IFC -Revit

Il problema maggiore dunque è dettato dall'incremento delle barre di armatura durante l'esportazione in IFC.

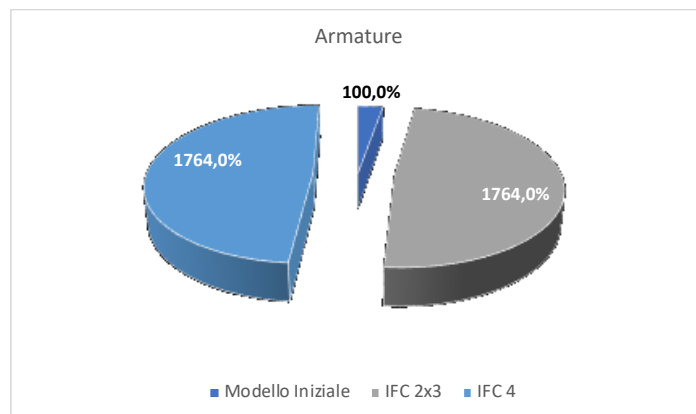


Grafico 4.2 – Dettaglio aumento barre di armatura durante l'esportazione

Analizzando questa situazione si è valutato come nell'esportazione nel formato IFC le barre di armatura vengono divise in più parti, dovendo necessariamente considerare le staffe non più come un unico elemento ma dividendo i vari racconti si genera un aumento molto elevato di elementi.

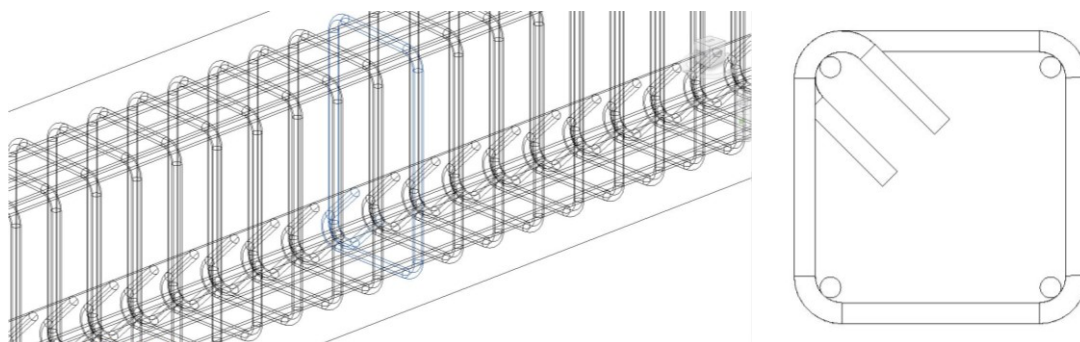


Figura 4.66 - Barre armatura visualizzate in IFC (da Revit)

In generale si possono definire queste perdite anche in percentuale:

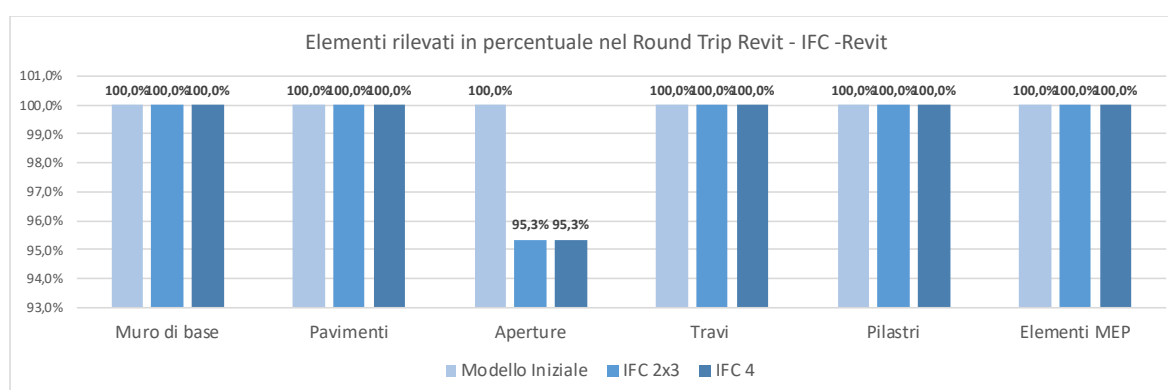


Grafico 4.2 - Elementi rilevati in percentuale nel Round Trip Revit - IFC -Revit

Questo permette di valutare immediatamente come i problemi rilevati siano solo in relazione alla mancanza di elementi quali aperture, ma bisogna tenere in considerazione la coerenza di tutti gli elementi. Poiché infatti in IFC 2x3 alcuni muri cambiano famiglia e quindi proprietà geometriche, mentre in IFC 4 due famiglie dei solai vengono accorpate in un'unica famiglia con proprietà differenti dalle altre e i muri estrusi non riescono ad essere visualizzati correttamente.

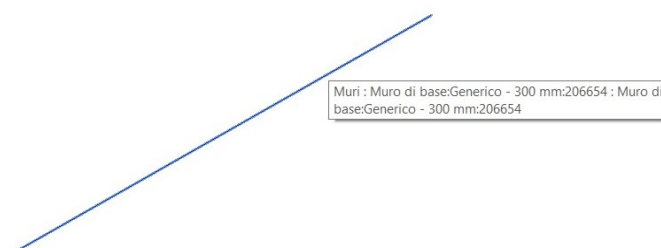


Figura 4.67 – Muro estruso esportato in IFC e importato in Revit

In relazione a queste osservazioni si può definire un grafico che permette di rapportare le percentuali di elementi persi o non coerenti con il modello iniziale:

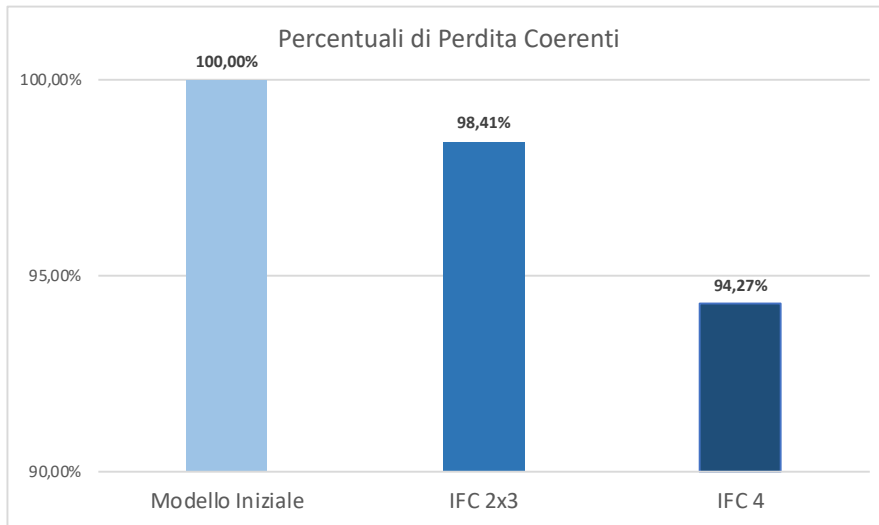


Grafico 4.3 – Percentuali di perdita Coerenti elementi durante il Round Trip

Lo stesso tipo di confronto è stato effettuato anche in relazione ai parametri assegnati a vari elementi e si evince che:

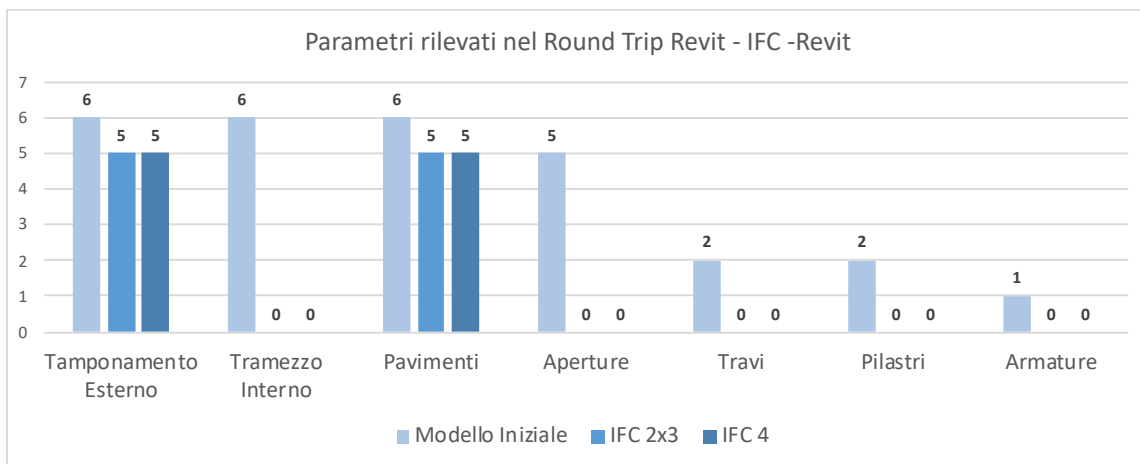


Grafico 4.4 – Parametri rilevati nel Round Trip Revit – IFC – Revit

Mostrati anche in percentuale:

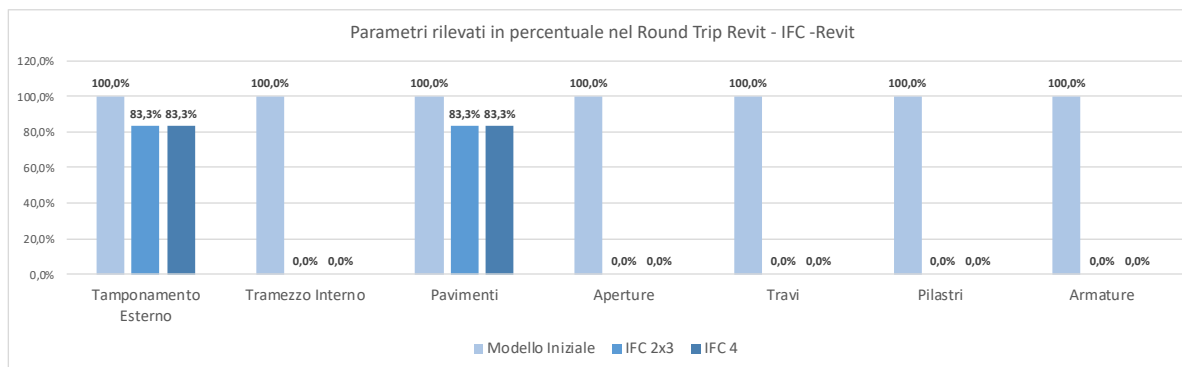


Grafico 4.5 - Parametri rilevati in percentuale nel Round Trip Revit – IFC – Revit

A differenza degli elementi che compongono il modello i vari parametri tendono a perdersi durante l'esportazione in IFC, ma anche in questo caso si deve tener conto che sia in IFC 2x3 che in IFC 4 molti dei parametri rilevati non sono coerenti con quelli definiti nel modello iniziale. Quindi si può definire anche in questo la percentuale dei parametri persi, partendo dal 78% durante l'esportazione in IFC 2x3 fino al 75% in IFC 4.

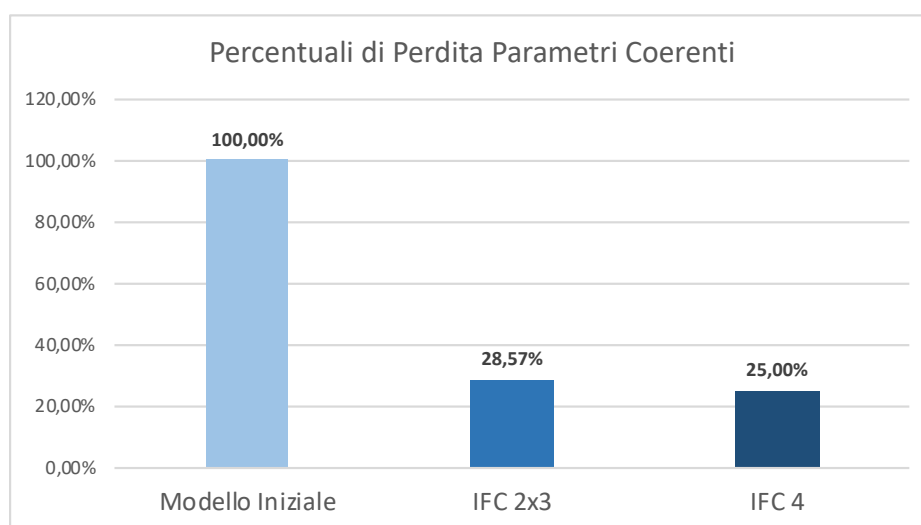


Grafico 4.6 – Percentuali di Perdita dei parametri (coerenti)

2) Round Trip ArchiCAD – IFC _ArchiCAD

Si procede con il mostrare il confronto effettuato sugli abachi partendo dalla perdita di elementi:

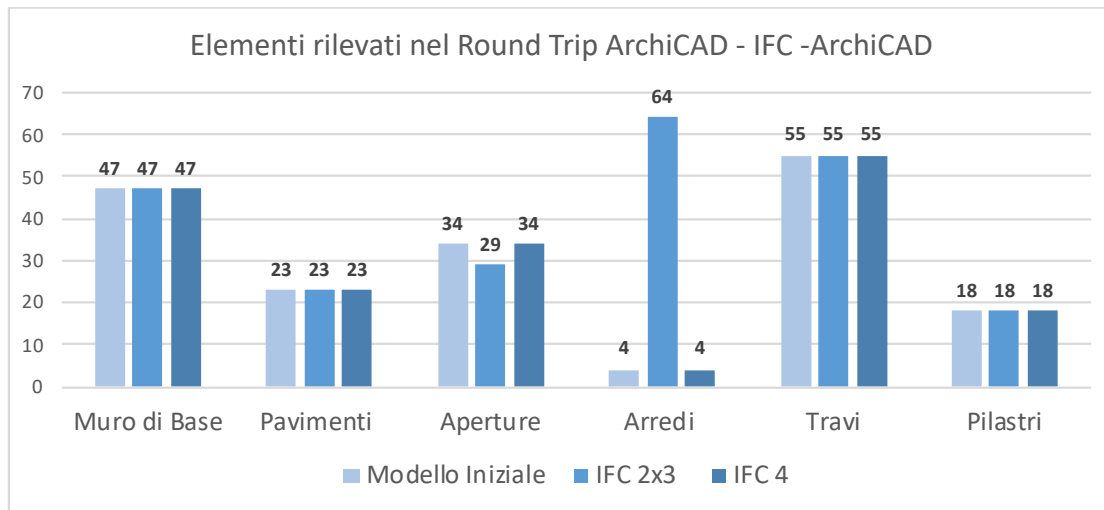


Grafico 4.7- Elementi rilevati nel Round Trip ArchiCAD - IFC - ArchiCAD

Si può subito valutare come vi sia un incremento per quanto riguarda gli arredi subito nel modello IFC 2x3, questo però è dettato dal fatto che all'interno di questa categoria poiché questo tipo di esportazione considera le estrusioni effettuate agli elementi all'interno del modello. Di conseguenza il dato non può essere considerato come accettabile, e quindi esclusi dai successivi confronti.

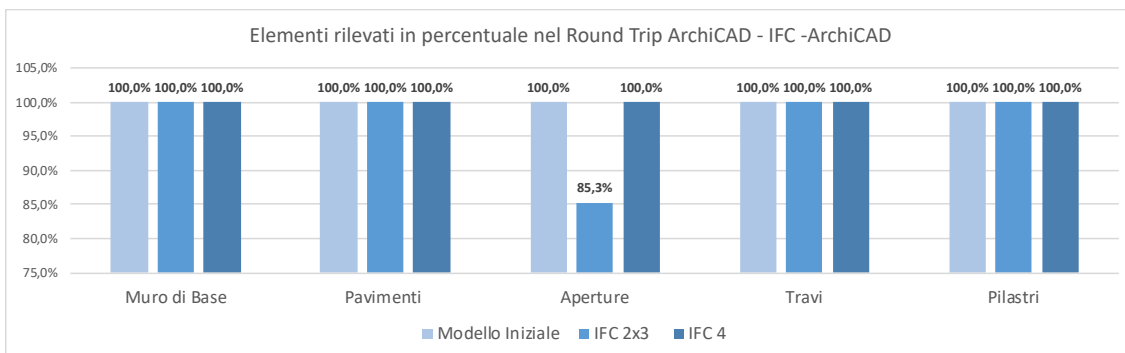


Grafico 4.8- Elementi rilevati in percentuale nel Round Trip ArchiCAD - IFC - ArchiCAD

Esprimendo la perdita di dati in percentuale anche in questo caso si può notare come siano sempre le aperture gli elementi a mancare durante l'esportazione. Considerando però la coerenza degli elementi esportati si può notare come 32 elementi muro sia in IFC 2x3 che in IFC 4 perdono la loro denominazione e le loro caratteristiche (materiali interni e stratigrafia) diventano materiali da costruzione IFC, non coerenti con il modello iniziale. La perdita di dati coerenti anche in questo caso si può definire circa il 20% in entrambe le esportazioni.

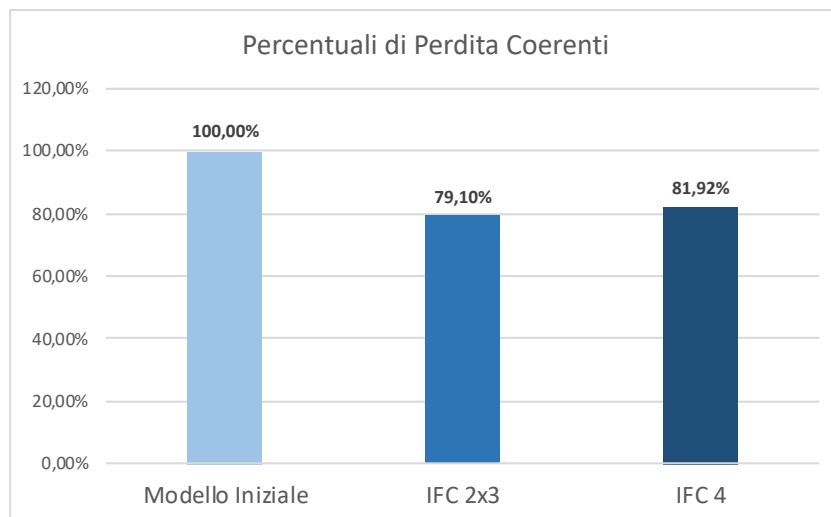


Grafico 4.9 – Percentuali di perdita di elementi coerenti

Per quanto riguarda i parametri invece si può valutare come:

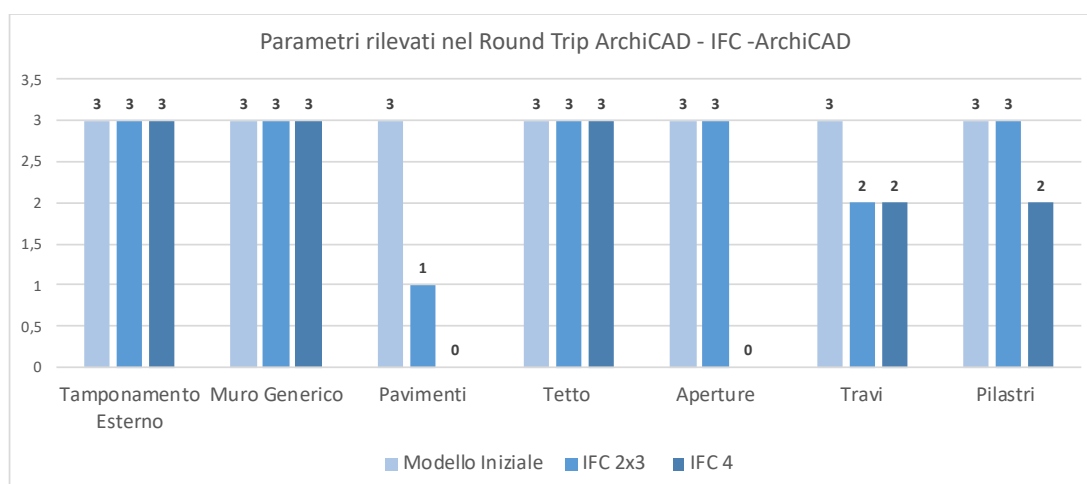


Grafico 4.10 – Parametri rilevati nel Round Trip ArchiCAD – IFC – ArchiCAD

E quindi in percentuale:

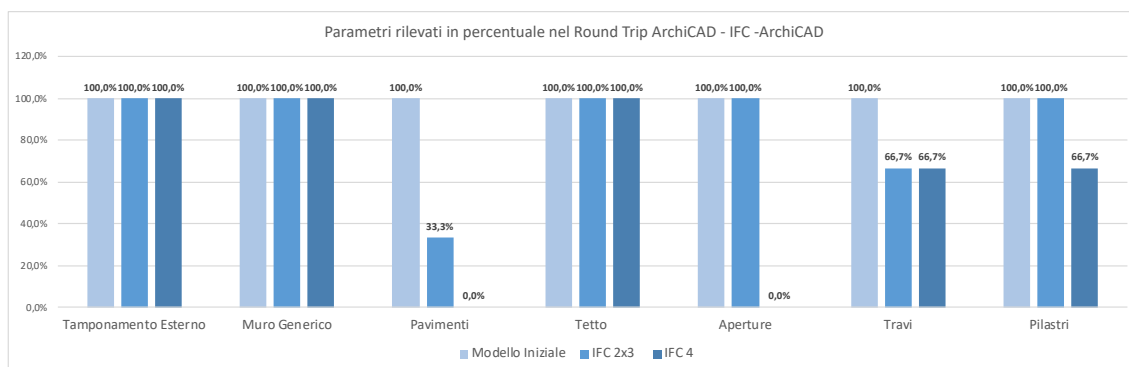


Grafico 4.11– Parametri rilevati in percentuale nel Round Trip ArchiCAD – IFC – ArchiCAD

In questo caso la perdita di parametri è molto più contenuta rispetto alla precedente infatti complessivamente si ha un una perdita del 15% durante l'esportazione in IFC 2x3 e una perdita del 29% in IFC 4.

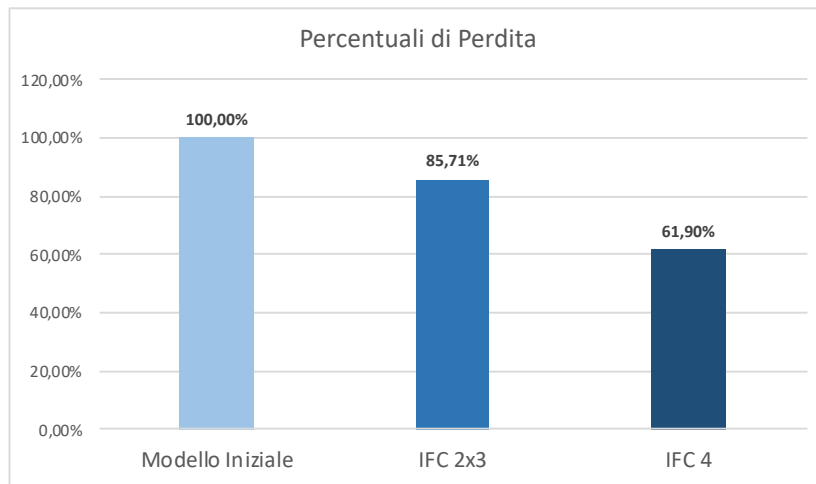


Grafico 4.12 - Percentuali di Perdita dei parametri

3) Round Trip Revit – IFC -ArchiCAD

Vengono confrontati inizialmente gli abachi per definire la perdita di elementi:

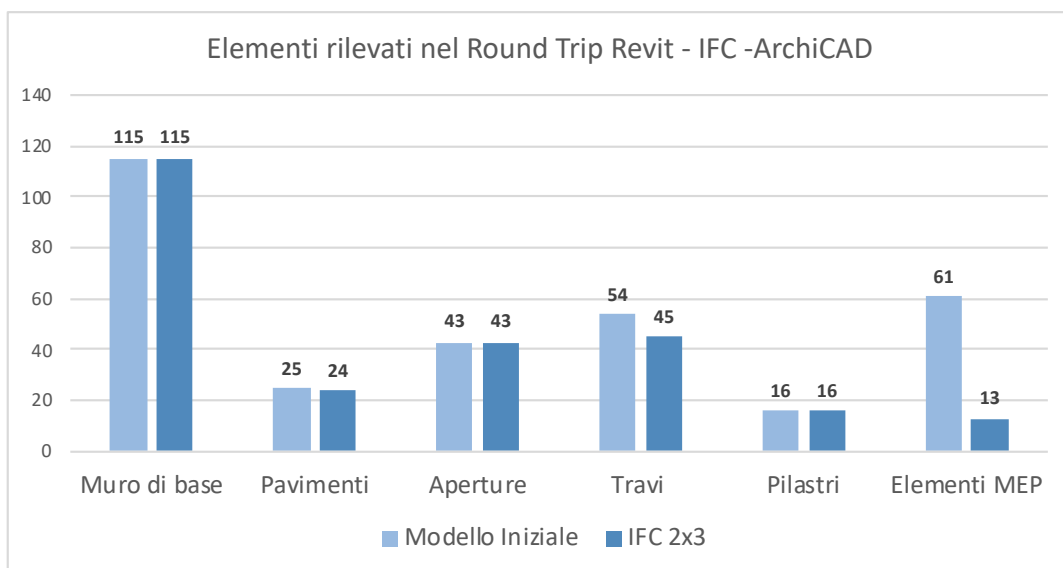


Grafico 4.13 – Elementi rilevati nel Round Trip Revit – IFC – ArchiCAD

In percentuale:

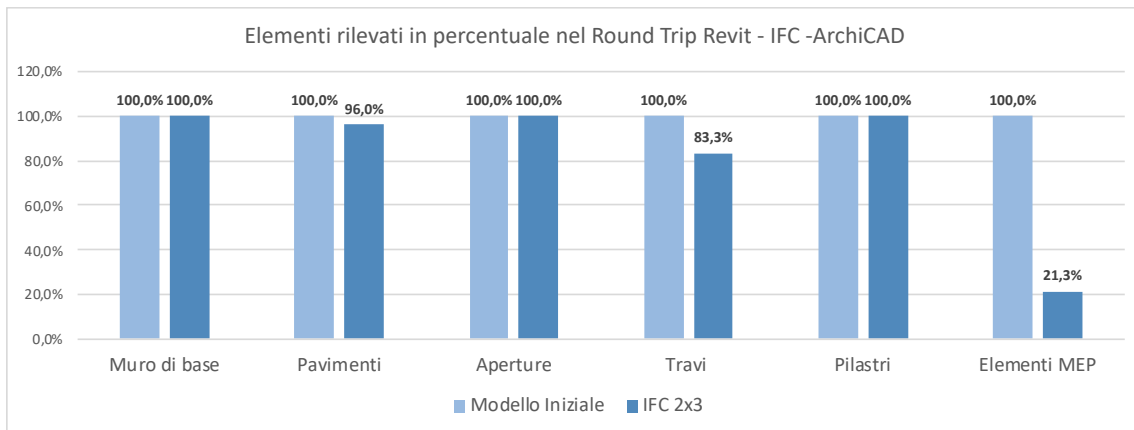


Grafico 4.14 - Elementi rilevati in percentuale nel Round Trip Revit – IFC – ArchiCAD

Attraverso l'importazione del file IFC ArchiCAD riesce a riconoscere la maggior parte degli elementi all'interno del modello tranne però gli elementi MEP modellati in Revit, dove però il 70 & si sono definiti in ArchiCAD come arredi. Mentre, anche se i muri vengono riconosciuti totalmente vengono letti solamente tre elementi muro classificati con una categoria di IFC diversa.

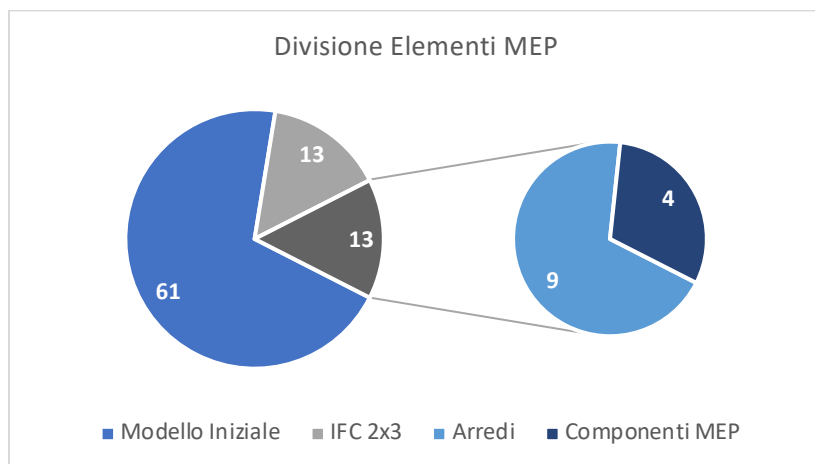


Grafico 4.15 – Particolare della divisione in ArchiCAD degli elementi MEP

In conclusione, quindi importando un file IFC 2x3 modellato in Revit in ArchiCAD viene rilevata una perdita di elementi pari quasi al 20%.

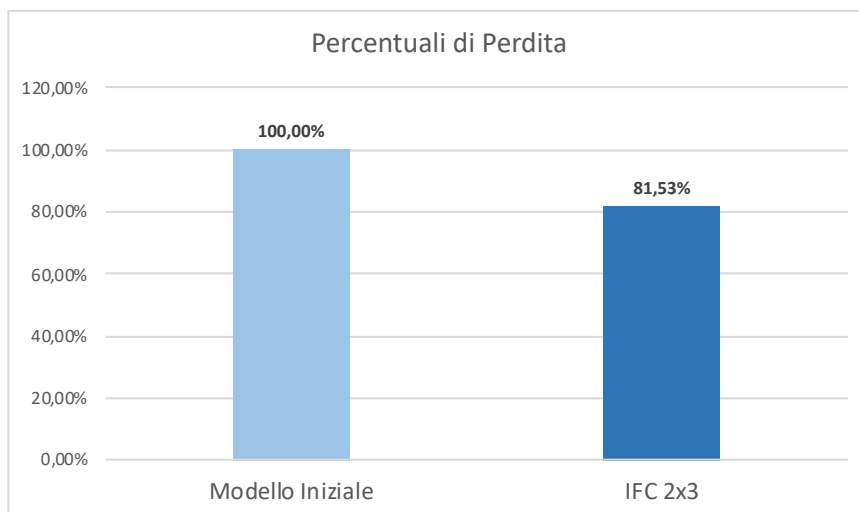


Grafico 4.17 – Percentuali di perdita degli elementi

Per quanto riguarda i parametri invece si può valutare come:

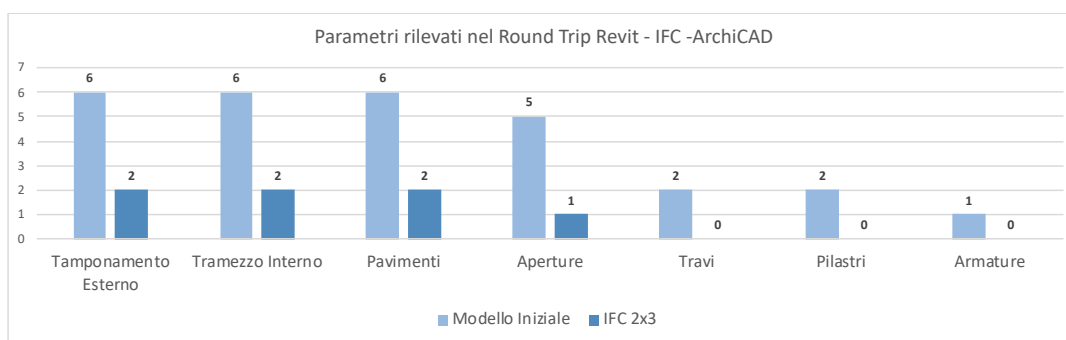


Grafico 4.18 – Parametri rilevati nel Round Trip Revit – IFC – ArchiCAD

In percentuale:

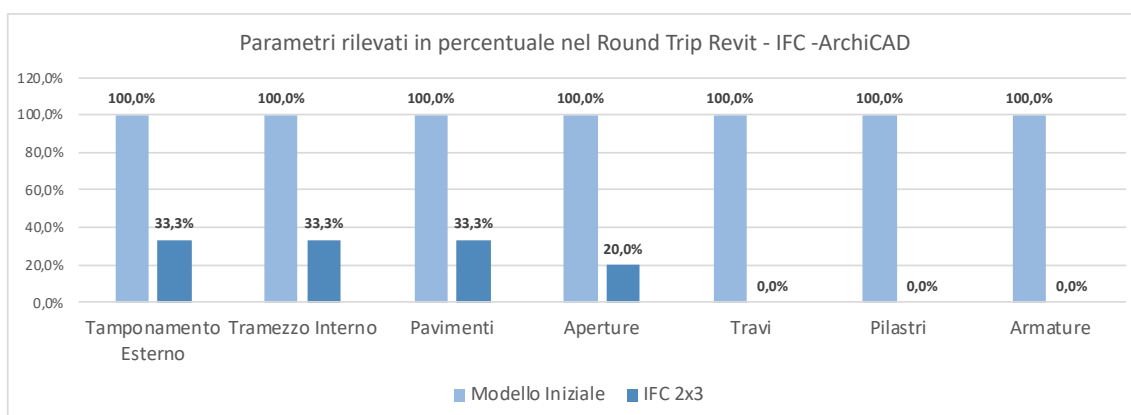


Grafico 4.19 – Parametri rilevati in percentuale nel Round Trip Revit – IFC – ArchiCAD

Si può constatare come in questo la maggior parte dei dati viene persa, considerando come però il parametro relativo ai costi viene riconosciuto

da ArchiCAD ma viene impostato di default dal software, quindi di conseguenza i parametri coerenti diminuiscono ancora fino ad una perdita di dati pari all'82%.

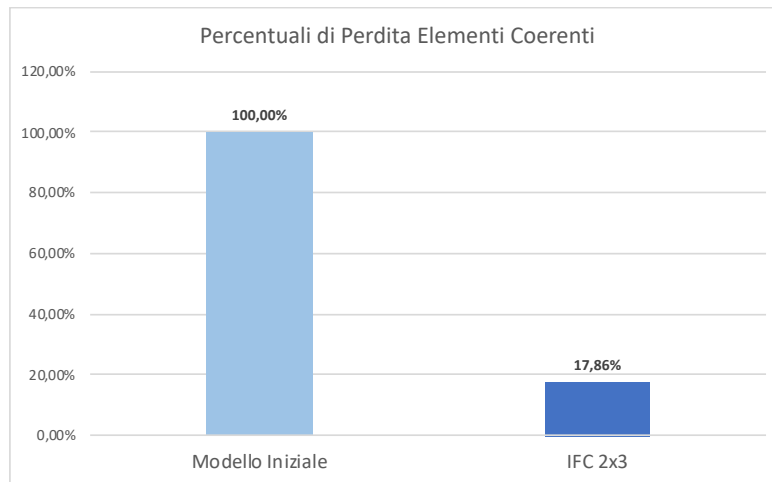


Grafico 4.20 – Percentuali di perdita elementi coerenti

4) Round Trip ArchiCAD – IFC – Revit

Si procede con il mostrare il confronto effettuato sugli abachi partendo dalla perdita di elementi:

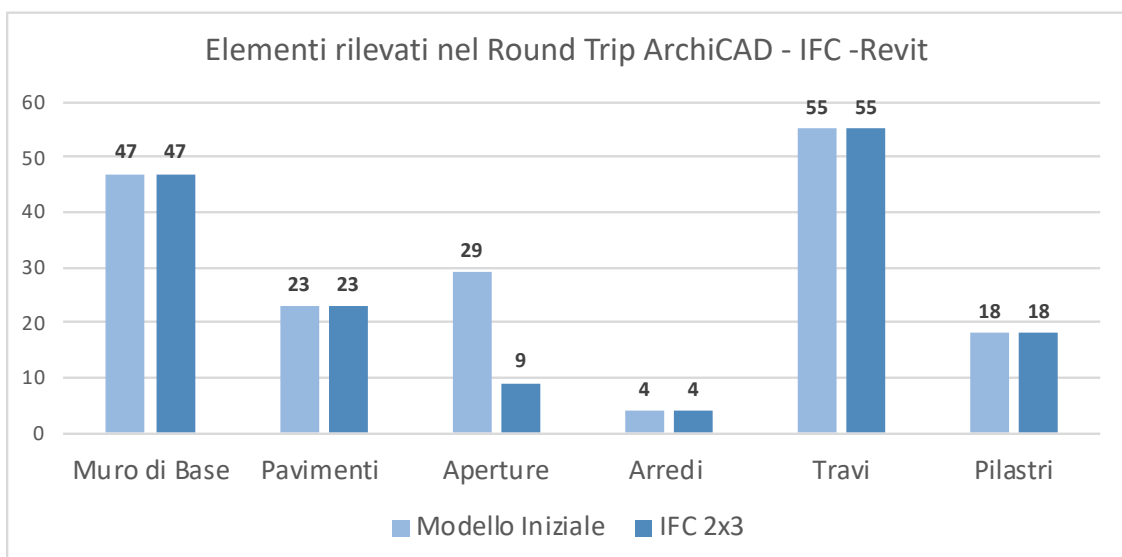


Grafico 4.21 - Elementi rilevati nel Round Trip ArchiCAD - IFC -Revit

In percentuale:

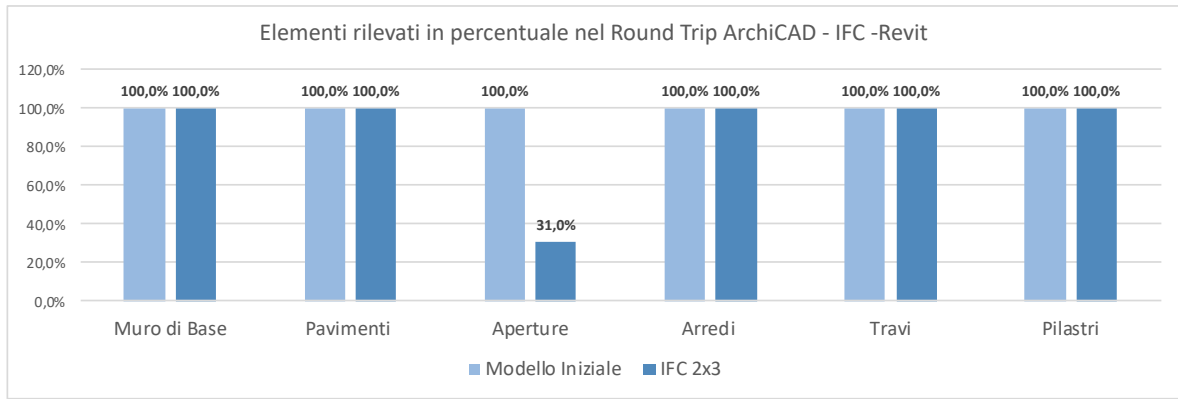


Grafico 4.22 - Elementi rilevati in percentuale nel Round Trip ArchiCAD - IFC -Revit

In questa combinazione gli unici elementi persi sono sempre relativi alle aperture, mentre tutti gli altri elementi risultano coerenti con il modello iniziale con una perdita totale poco maggiore del 10%.

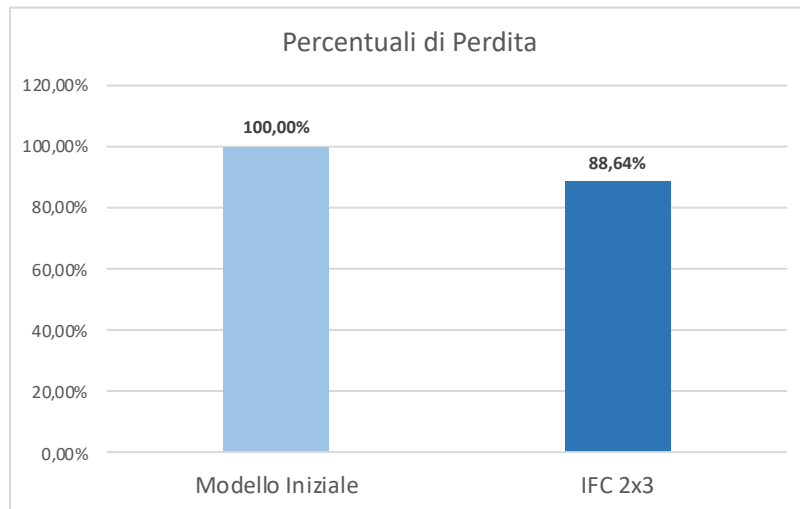


Grafico 4.23 – Percentuali di perdita elementi

Lo stesso tipo di confronto è stato effettuato anche in relazione ai parametri assegnati a vari elementi e si evince che:

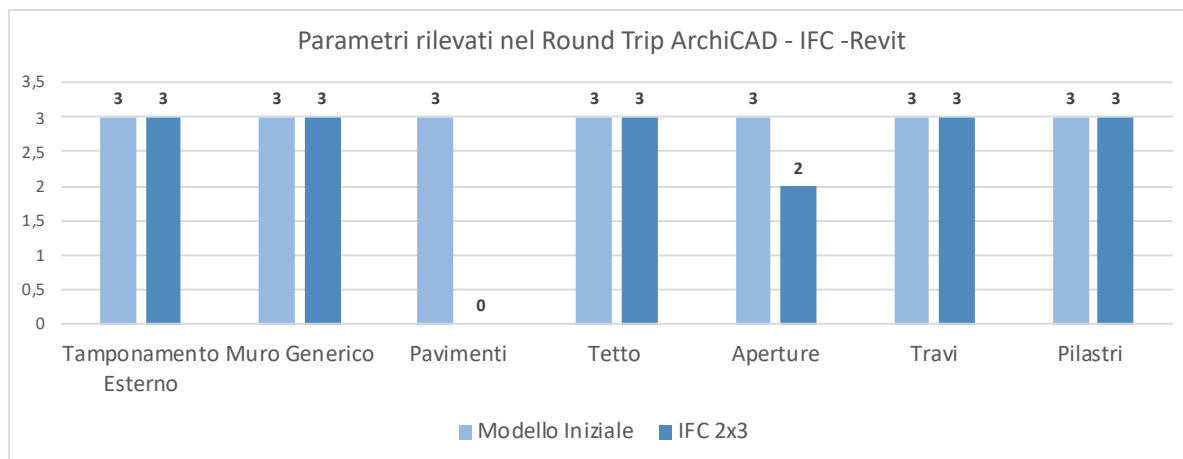


Grafico 4.24 - Parametri rilevati nel Round Trip ArchiCAD - IFC -Revit

In percentuale:

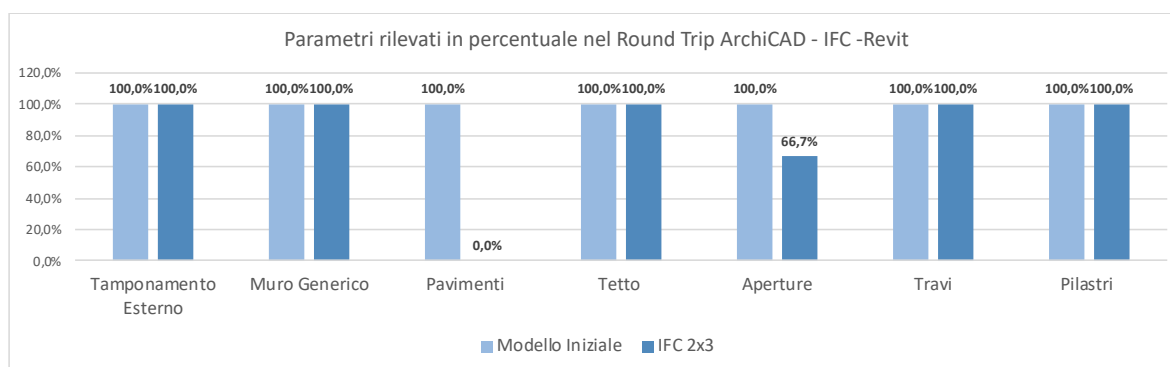


Grafico 4.25 - Parametri rilevati in percentuale nel Round Trip ArchiCAD - IFC -Revit

Anche per quanto riguarda i parametri persi sono minori rispetto alle altre importazioni, infatti Revit riconosce i parametri assegnati in ArchiCAD tranne che per i pavimenti dove invece vi associa due parametri non presenti nel modello iniziale. La perdita di dati in questo caso è circa del 20 %.

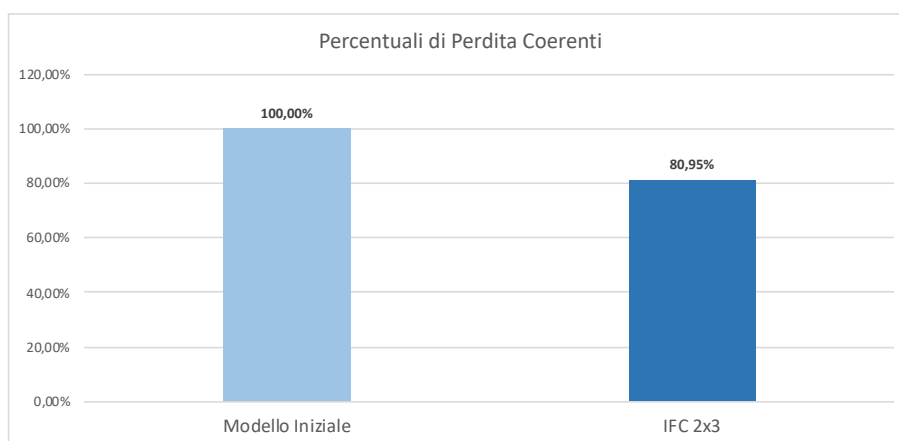


Grafico 4.26 – Percentuali di perdita parametri coerenti

5) Confronto globale

a) Round Trip Revit – IFC – Revit e Revit – IFC – ArchiCAD

Infine, vengono confrontate le differenze sia per elementi che per parametri tra le due combinazioni di Round Trip.

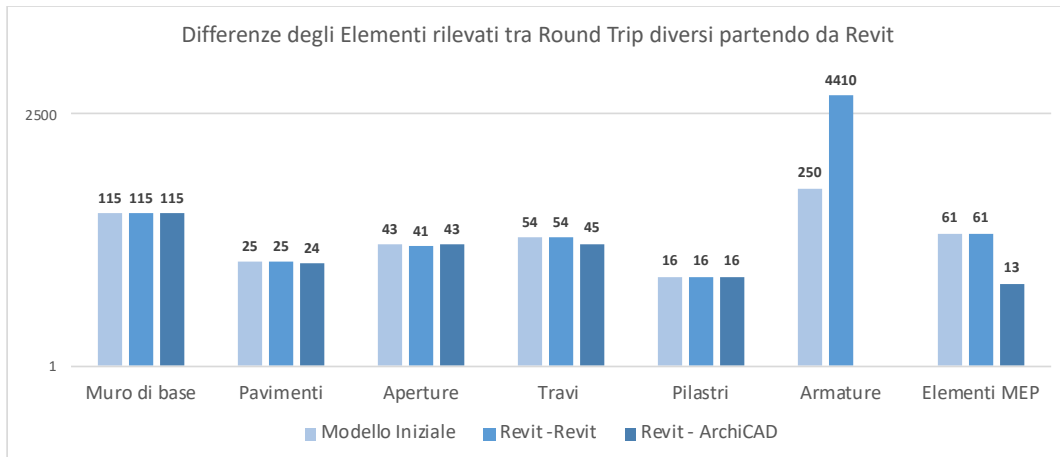


Grafico 4.27 - Differenze degli Elementi rilevati tra Round Trip diversi partendo da Revit

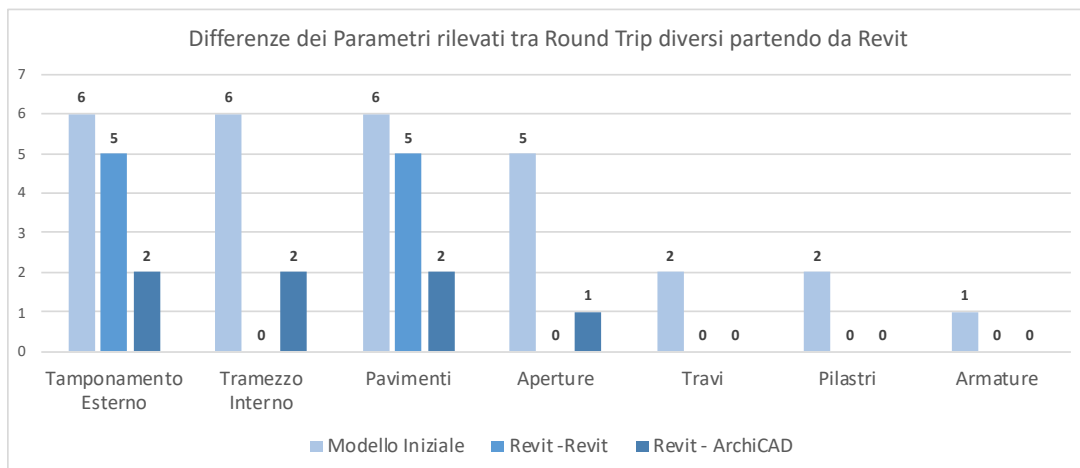


Grafico 4.28 - Differenze dei Parametri rilevati tra Round Trip diversi partendo da Revit

Definendo le percentuali di perdita dati in maniera globale:

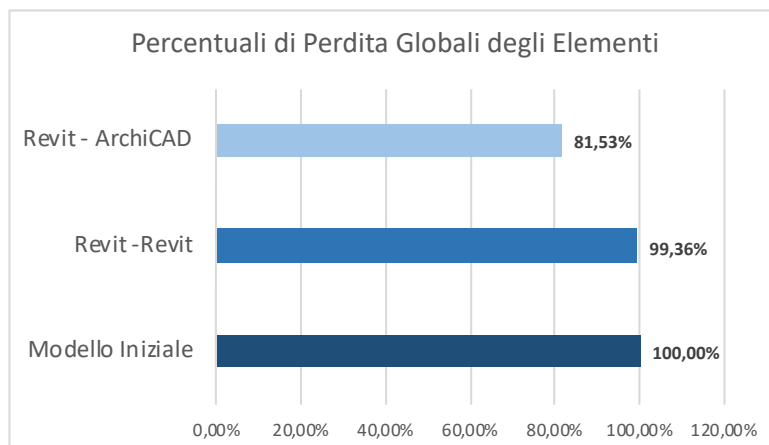


Grafico 4.29 – Percentuali di perdita dati globali degli elementi tra i differenti Round Trip

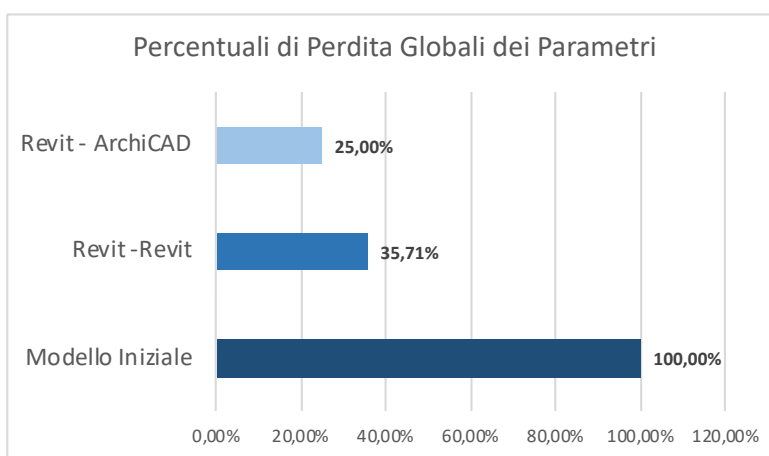


Grafico 4.30 – Percentuali di perdita dati globali dei parametri tra i differenti Round Trip

b) Round Trip ArchiCAD – IFC – ArchiCAD e ArchiCAD – IFC – Revit

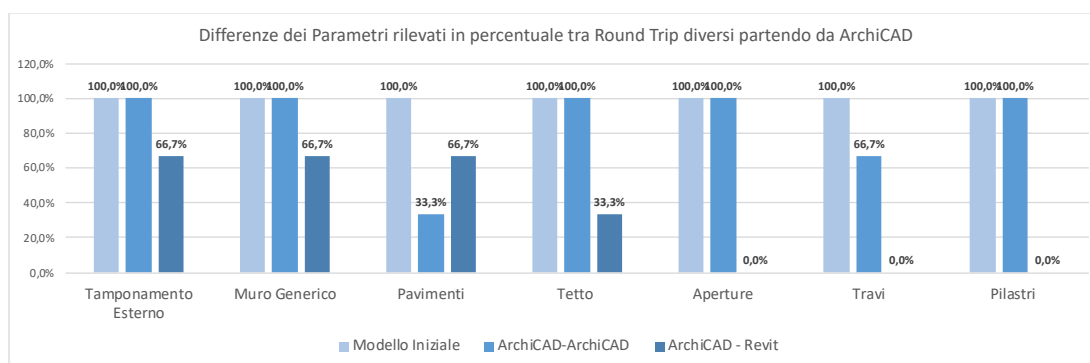


Grafico 4.31 - Differenze dei Parametri rilevati in percentuale tra Round Trip diversi partendo da ArchiCAD

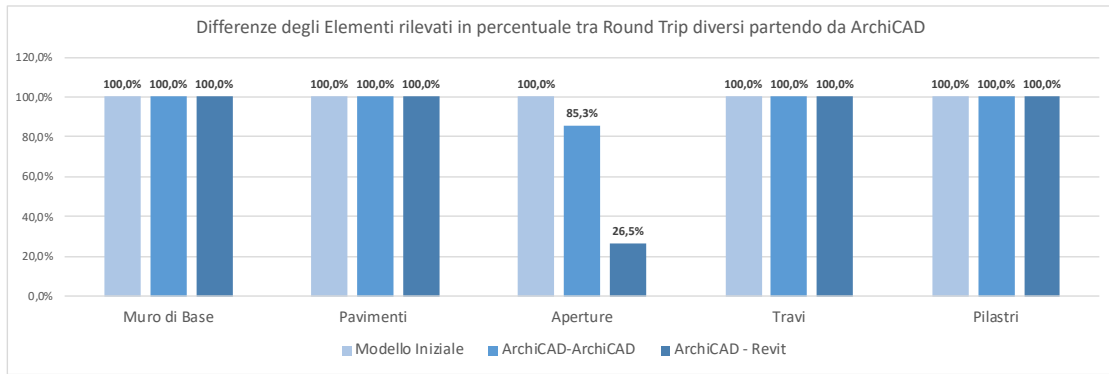


Grafico 4.32 - Differenze degli Elementi rilevati in percentuale tra Round Trip diversi partendo da ArchiCAD

Definendo le percentuali di perdita dati in maniera globale:

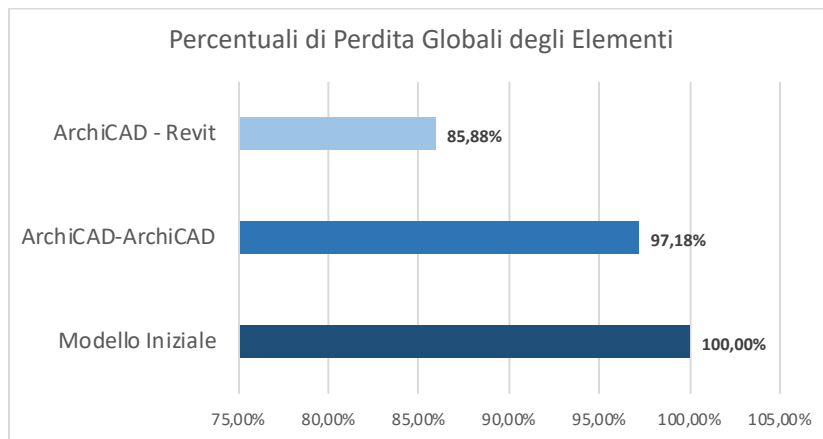


Grafico 4.33 - Percentuali di Perdita Globali degli Elementi

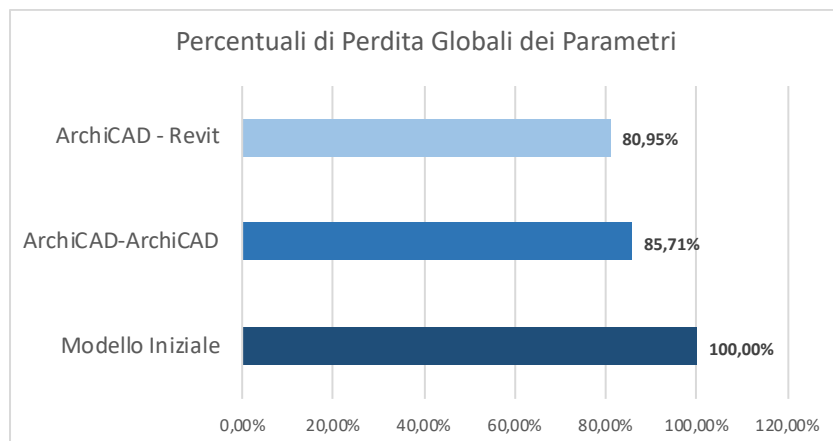


Grafico 4.34 - Percentuali di Perdita Globali dei Parametri

Questi confronti sono utili per valutare non solo le problematiche relative all'utilizzo degli IFC ma anche per definire le difficoltà che hanno i software nel comunicare tra di loro tramite il formato di scambio IFC.

5. Conclusioni e sviluppi futuri

Nata con l'obiettivo di valutare i limiti del supporto alla collaborazione, in questa tesi si è andato a determinare inizialmente le soluzioni 'in house' proposte dai software Revit e ArchiCAD per permettere la progettazione collaborativa tra le varie discipline all'interno di un progetto e successivamente definire le capacità del formato di scambio IFC tra i due applicativi e la sua reale applicabilità. Ed è emerso come:

- Soluzioni 'in house' come quelle previste da Autodesk attraverso con il concetto di closedBIM permettono di ovviare il problema della collaborazione. Presentando in commercio un pacchetto software che non solo permette di accorpate tutte le discipline al suo interno ma anche di garantire un corretto flusso di informazioni tra i vari utenti coinvolti;
- Soluzioni 'in house' come quelle previste da Graphisoft attraverso il concetto opposto quello di OpenBIM, prevedono di affidare all'utilizzo del formato IFC l'intero concetto di collaborazione. Prevedendo esportazioni mirate in relazione alla destinazione d'uso del file IFC ma non permettendo la giusta comunicazione e flusso di informazioni necessarie per una corretta collaborazione;
- L'utilizzo del formato di scambio IFC continua a non garantire totalmente un'esportazione coerente al modello iniziale. Poiché infatti, seppur in maniera sempre minore, rimangono problematiche relative alla perdita di dati. Non solo elementi ma anche parametri e proprietà che risultano fondamentali per una corretta progettazione collaborativa. I modelli nel più delle volte, non risultano coerenti geometricamente, con difficoltà nel presentare le corrette stratigrafie (quando presenti) e le giuste estrusioni degli elementi. Questo comporta un aumento dei tempi dovuto alle difficoltà riscontrate nel non poter lavorare correttamente e immediatamente dovendo confrontare la coerenza del modello;
- La collaborazione prevista tramite l'utilizzo dei file IFC prevede uno scambio di dati di tipo federato, questo quindi implica un numero molto alto di cicli di importazione ed esportazione tra i vari programmi che non permettono il corretto avanzamento del progetto. Poiché non permettono alle varie discipline di poter lavorare in parallelo correttamente, obbligando ad attendere il completamento delle

operazioni delle altre discipline per poter operare nuovamente prolungando i tempi.

Inoltre, si generano problemi di comunicazione tra i vari team di progetto durante la progettazione, dovuto all'utilizzo di software diversi e quindi limitata ad incontri o attraverso altre piattaforme.

- Il problema riguardo l'utilizzo del formato IFC che comporta che i diritti degli utenti, la proprietà e la responsabilità dei contenuti del modello vengono compromessi nello scambio di informazioni basato su file rimane presente poiché i vari software di BIM Authoring permettono di definire la proprietà degli elementi generati solo a livello interno non esportando tali informazioni.

BIBLIOGRAFIA

Osello A., *Il futuro del disegno con il BIM*, Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2012;

Lo Turco M., *Il BIM e la rappresentazione infografica nel processo edilizio. Dieci anni di ricerche e applicazioni*, Aracne, Roma, 2015;

Bew M., Richards, *BIM: A report for the Government Construction Client Group*, 2011;

Estratto del nuovo codice degli appalti pubblici, Dgls. 50/2016;

NBS National BIM Report 2017;

Guazzoni V., Indagine realizzata nel 2016 sulla cognizione ed utilizzazione della metodologia BIM (BuildingInformation Model/Modelling) nell'architettura in Italia: panoramica sulla diffusione in Europa e sulle direttive italiane, esperienza personale sulla digitalizzazione di un edificio pubblico di Torino, presentazione di casi studio relativi alla ristrutturazione e restauro di edifici storici. Rel. Anna Osello, Politecnico di Torino, corso di laurea magistrale in Architettura Costruzione e Città, A.A. 2017;

Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K., *BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*, John Wiley & Sons, 2011;

Ciribini A., *Il Progetto di Norma UNI 11337-8: Construction Project Management & Information Modeling and Managemen*;

Episode 22: The Wedge and the S-Curve, < <http://www.bimthinkspace.com/bim-maturity> >, 2015;

I processi BIM secondo le Pas 1192-2 e BS 1192 < <http://biblus.acca.it/i-processi-bim-secondo-le-pas-1192-2-e-bs-1192> >, 2016;

Il BIM in Italia nelle nuove UNI 11337-1: la parte prima della norma < <http://biblus.acca.it/il-bim-in-italia-nelle-nuove-uni-11337-1-la-parte-prima-della-norma> >, 2016;

Rizzarda C., *PAS 1192-2 e la "I" in Building Information Modeling*, < <https://www.linkedin.com/pulse/pas-1192-2-la-i-building-information-modeling-chiara-c-rizzarda> >, 2015;

Rizzarda C., *Pas 1192-2 is under revision*, < <https://www.linkedin.com/pulse/pas-1192-2-under-revision-chiara-c-rizzarda> >, 2017;

Approvate le parti 1, 4 e 5 della UNI 11337:2017: la prima norma tecnica italiana sul BIM è realtà < <http://biblus.acca.it/approvate-le-parti-1-4-e-5-della-uni-11337-2017/> >, 2016;

UNI 11337 – Direttiva Europea 2014/24/EU;

PAS 1192-2;

Building Information Modeling Project Execution Planning Guide, (2010) The Computer Integrated Construction Research Group The Pennsylvania State University;

Jim Plume e John Mitchel: 'Collaborative design using a shared IFC building model. Automation in Construction 16 (2007) 28 – 36;

Steve Kelly: 'BIM-plementation: a new model for collaborative design'. 45th Annual Conference of the Architectural Science Association, ANZAScA 2011, The University of Sydney;

van Leeuwen, J., van Gassel F., den Otter A., (2004) Teaching Collaborative Design In: Proceedings of the International Workshop on Construction Information Technology in Education 2004. Istanbul, Turkey, September 7th 2004;

Hennessy S., Murphy P., (1999) The Potential for Collaborative Problem Solving in Design and Technology *International Journal Of Technology And Design Education* Volume 9, Number 1, 1-36;

Léon van Berloa, Thomas Krijnen: 'Using the BIM Collaboration Format in a server based workflow'. 12th International Conference on Design and Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning, DDSS 2014;

Minho Oh, Jaewook Lee, Seung Wan Hong e Yongwook Jeong: 'Integrated system for BIM-based collaborative design'. Automation in Construction 58 (2015) 196–206;

S.H. Han, D.Y. Kim, H. Kim, W.S. Jang, A web-based integrated system for international project risk management, *Autom. Constr.* 17 (3) (2008) 342–356;

L. Zhang, R. R. A. Issa & S. Olbina: 'Web-based on-demand information extraction system for building information models';

Zhen-Zhong Hu, Xiao-Yang Zhang a, Heng-Wei Wang a, Mohamad Kassem: 'Improving interoperability between architectural and structural design models: An industry foundation classes-based approach with web-based tools'. Automation in Construction 66 (2016) 29–42;

Shafiq, Matthews, Locklew, E.D. Love (2018): 'Model server enabled management of collaborative changes in building information models';

Koch C, Firmenich B. (2011). An approach to distributed building modeling on the basis of versions and changes. *Advanced Engineering Informatics*, 25 (2):297-310;

www.autodesk.com;

Mastrolembo S., *Cos'è il Model Checking nei processi BIM?*, <http://www.digitalbimitalia.it/blog/bim-e-progettazione/cose-il-model-checking-nei-processi-bim/7663.html>, 2017;

COBIM 2012, Series 6 (Quality Assurance), pg. 6;

Ciribini A., Bolpagni M. e Oliveri E. (2015), *An Innovative Approach to e-public Tendering Based on Model Checking*, *Procedia Economics and Finance*, vol 21, pp. 32-39;

Documento tecnico Autodesk - Lo standard IFC: quando e come utilizzarlo;

Documento tecnico Graphisoft - IFC Reference Guide.