

POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Architettura e Design



**Corso di Laurea Magistrale in Architettura
Costruzione Città**

Tesi di Laurea Magistrale

**Metodologia BIM e interoperabilità per il controllo
delle interferenze**

Caso studio: Torre Regione Piemonte - Centro Servizi

Relatore

Prof.ssa Anna Osello

Correlatore

Ing. Matteo Del Giudice

Candidato

Iulian Palcau

Anno accademico 2019/2020

Abstract

Al giorno d'oggi, le costruzioni stanno diventando sempre più grandi e complessi, e necessitano di un novo modo di progettare, automatizzando il processo di controllo. Il BIM viene utilizzato come metodologia di progettazione e grazie ad esso è possibile controllare tutte le informazioni e i dati necessari alla gestione e sviluppo di progetti complessi. L'elaborato consiste nella realizzazione di una parte del modello BIM meccanico (HVAC) con l'obiettivo di controllare e gestire le informazioni necessarie per il controllo dei conflitti, andando a ispezionare e riferire le interferenze in un modello di progetto. Il rilevamento dei conflitti può accelerare il processo di coordinamento tra le discipline, identificando i problemi tra i modelli più rapidamente e in modo più approfondito. Il caso studio preso in esame è il Centro Servizi sottostante alla Torre Regione Piemonte. Partendo da un modello strutturale ed architettonico esistente, si è andati a implementare il modello aeraulico (HVAC) relativo al riscaldamento e raffrescamento del complesso. In fine, si è andati ad analizzare con diversi software le verifiche di interoperabilità, il controllo delle interferenze e la quantità di informazioni tra il modello meccanico e quello strutturale.

Nowadays, buildings are getting bigger and more complex, hence they need a new way of designing, automating the control process. BIM is used as a design methodology and thanks to it is possible to check all the information and data necessary for the management and development of complex projects. The elaborate consists in the realization of a part of the mechanical BIM model (HVAC) with the aim of checking and managing the information necessary for the control of the conflicts, going to inspect and report the interferences in a project model. Conflict detection can speed up the process of coordination among disciplines, identifying problems between models faster and more thoroughly. The case study examined is the Service Center below the Piedmont Region skyscraper. Starting from an existing structural and architectural model, the aeraulic model (HVAC) relating to the heating and cooling of the complex was implemented. Finally, interoperability checks, interference checking and the amount of information between the mechanical and structural models were analyzed with different software.

Indice generale

Indice delle figure	1
Indice delle tabelle	4
1. Introduzione	5
1.1. Concetti	6
1.2. Caso studio: La Torre Regione Piemonte	8
1.2.1. Centro Servizi	9
1.3. Obiettivi da raggiungere	10
1.4. BIM - Building Information Modeling	11
1.5. Interoperabilità multidisciplinare	14
1.6. Facility Management: vantaggi	18
1.7. Strategie di controllo delle interferenze	20
1.8. Industry Foundation Classes	21
1.9. MEP (HVAC) BIM	23
1.10. Riferimento normativo	26
2. Metodologia	28
2.1. Schema metodologico	28
2.2. Raccolta documenti	30
2.3. Creazione del file di modello	31
2.3.1. Creazione delle viste di progetto	35
2.4. Level Of Development – LOD	36
2.5. Modellazione MEP	39
2.5.1. Inserimento delle famiglie	39
2.5.2. Modellazione aeraulica (HVAC)	42
2.5.3. Modellazione macchine termiche	46
2.5.4. Abaco degli elementi meccanici	48
2.5.5. Gestione del browser di sistema	49

2.6. Coordinamento multidisciplinare	51
2.7. Allineamento standard parametrici	54
2.8. Codifica famiglie e tipi	58
2.9. Compilazione parametri condivisi	60
2.9.1. Identificativo	63
2.9.2. Codice padre disciplinare	69
2.10. Model checking	71
2.10.1. Creazione modelli per interoperabilità	73
2.10.2. Verifica della quantità degli elementi	80
2.10.3. Definizione delle Rules	85
2.10.4. Clash Detection	88
3. Risultati e criticità	93
4. Conclusioni e sviluppi futuri	96
Riferimenti	97
Bibliografia e sitografia	98
Ringraziamenti	100

Indice delle figure

Figura 1: Torre Regione Piemonte [Fonte: http://skyminoshouse.blogspot.com/2008/06/torino-grattacielo-regione-piemonte.html]	8
Figura 2: Centro Servizi: [Fonte: http://www.falcone.biz/costruzioni_in_acciaio/lavori_in_corso.php]	9
Figura 3: Gestione del progetto con la metodologia BIM: [Fonte: https://www.bimticino.ch/cosa-e-il-BIM]	11
Figura 4: Metodo tradizionale vs BIM: [Fonte: Corso di Modellazione digitale parametrica, Anna Osello]	12
Figura 5: Collaborazione tra operatori Bim: [Fonte: http://www.autismo.org.es/actualidad/articulo/la-cooperacion-entre-entidades-es-necesaria-nos-hace-crecer-en-talento-y]	14
Figura 6: Schematizzazione del processo di interoperabilità: [Fonte: https://harpaceas.it/modellazione-3d-in-campo-impiantistico-edile/]	15
Figura 7: Schema disciplinare per il modello federato: [Fonte: https://www.01building.it/bim/centralita-modello-federato-relazioni-attori-processo/amp/]	16
Figura 8: Schema conflitti: [Fonte: http://bim.acca.itecco-cosa-sono-clash-detection-clash-management]	20
Figura 9: Schema formato IFC: [Fonte: http://www.bimforum.org.ar/novedades/ampliargestin-de-proyectos-en-entornos-openbim]	21
Figura 10: Schema impianto MEP: [Fonte: elaborato personale]	23
Figura 11: Schema funzionale HVAC Centro Servizi: [Fonte: Elaborato personale]	24
Figura 12 : Schema del workflow: [Fonte: elaborato personale]	28
Figura 13: Schema creazione modello centrale: [Fonte: elaborato personale]	31
Figura 14: Acquisizione delle coordinate: [Fonte: estratto dal file elaborato tesi]	32
Figura 15: Rappresentazione collegamento links: [Fonte: estratto da file elaborato tesi]	33
Figura 16: Creazione modello centrale: [Fonte: estratto da file elaborato tesi]	33
Figura 17: Rappresentazione del processo di sincronizzazione: [Fonte: estratto da file elaborato tesi]	34
Figura 18: Creazione delle viste: [Fonte: estratto da file elaborato tesi]	35
Figura 19: Tabella rappresentativa dello schema LOD: [Fonte: https://www.shelidon.it/?p=7828]	37
Figura 20: Schema di strutturazione di LOD italiani: [Fonte: https://www.ingenio-web.it/18667-sistema-dei-lod-italiano-uni-11337-4-2017]	38
Figura 21: Schema degli elementi Revit: [Fonte: https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products]	39
Figura 22: Caricamento di una famiglia: [Fonte: estratto da file elaborato tesi]	40
Figura 23: Esempio creazione raccordi: [Fonte: estratto da file elaborato personale]	40
Figura 24: Processo per la creazione di una famiglia: [Fonte: estratto da Revit]	41
Figura 25: Vista dei diversi tipi di sistemi: [Fonte: estratto da file elaborato tesi]	42
Figura 26: Rappresentazione quote e dimensione canali: [Fonte: estratto da file dwg della Direzione Lavori]	43
Figura 27: Rappresentazione della modellazione aeraulica: [Fonte: estratto da file elaborato tesi]	44
Figura 28: Rappresentazione piano tipo: [Fonte: estratto da file elaborato tesi]	45

Figura 29: Caratteristiche UTA [Fonte: Estratto da file CAD]	46
Figura 30: Rappresentazione ventilconvettore [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]	46
Figura 31: Rappresentazione UTA [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]	47
Figura 32: Abaco attrezzatura meccanica [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]	48
Figura 33: Rappresentazione tendina Browser di sistema [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]	49
Figura 34: Rappresentazione passaggi per la verifica delle disconnessioni [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]	49
Figura 35: Rappresentazione disconnessione [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]	50
Figura 36: Creazione del file .rvt contenente i file .dwg [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]	51
Figura 37: Linkaggio del modello architettonico nel modello strutturale [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]	51
Figura 38: Modello strutturale e modello architettonico [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]	52
Figura 39: Rappresentazione della corretta avvenuta del linkaggio [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]	52
Figura 40: Rappresentazione coordinamento multidisciplinare [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]	53
Figura 41: Rappresentazione parametri condivisi [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]	56
Figura 42: Rappresentazione creazione abaco [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]	56
Figura 43: Abaco multicategoria [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]	56
Figura 44: Esempio abaco attrezzatura meccanica [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]	57
Figura 45: Nomenclatura in Revit [Fonte: Estratto da file elaborato personale]	58
Figura 46: Rappresentazione delle classi tecnologiche [Fonte: Estratto dalla norma UNI8290]	60
Figura 47: Rappresentazione CSI-CODE [Fonte: Acquisizione schermata CSI CODE site]	60
Figura 48: Compilazione codici di tipo [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]	61
Figura 49: Compilazione codici di tipo [Fonte Estratto da file elaborato tesi]	62
Figura 50: Ordine dell'abaco [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]	63
Figura 51: Abaco di Revit [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]	64
Figura 52: Abaco in Excel [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]	64
Figura 53: Copia colonne da Access a Excel [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]	65
Figura 54: Rappresentazione ordine delle colonne [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]	66
Figura 55: Aggiornamento livelli [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]	67
Figura 56: Rappresentazione codice identificativo [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]	67
Figura 57: Rappresentazione codice identificativo in Access [Fonte: Estratto da file elaborato tesi] ..	68
Figura 58: Rappresentazione Codice Padre [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]	69
Figura 59: Schema Codice Padre meccanico [Fonte: Elaborato personale]	70
Figura 60: Schema Model Checking [Fonte: www.google.it]	71
Figura 61: Plug-in di Navisworks in Revit [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]	74
Figura 62: Impostazioni ed esportazione del file .nwc [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]	74
Figura 63: Esportazione IFC [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]	75
Figura 64: Passaggi eseguiti per l'esportazione del file IFC [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]	76
Figura 65: Rappresentazione modello Navisworks .nwc [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]	77

Figura 66: Rappresentazione errore coordinate di modello in Solibri [Fonte: Estratto da file elaborato tesi].....	77
Figura 67: Rappresentazione dei due modelli disciplinari con coordinate diverse in Solibri [Fonte: Estratto da file elaborato tesi].....	78
Figura 68: Rappresentazione punti di coordinate DDS-CAD [Fonte: Cattura immagine DDS-CAD].	78
Figura 69: Rappresentazione nuove coordinate [Fonte: Estratto da file elaborato tesi].....	79
Figura 70: Rappresentazione modello in Solibri .ifc [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]	79
Figura 71: Cartella di lavoro di Quantification in Navisworks [Fonte: Cattura immagine da Navisworks]	80
Figura 72: Rapporto quantità esportato da Navisworks [Fonte: Estratto da file Excel].....	80
Figura 73: Information TakeOff della quantità [Fonte: Cattura immagine da Solibri]	81
Figura 74: Esportazione Report quantità da Solibri [Fonte: Estratto da file Excel].....	81
Figura 75: Abaco quantità di Revit [Fonte: Cattura immagine da Excel].....	82
Figura 76: Visualizzazione della problematica dei condotti flessibili [Fonte: Estratto da file elaborato tesi].....	83
Figura 77: Trova elementi in Navisworks [Fonte: Cattura da Navisworks]	84
Figura 78: Classificazione in Solibri [Fonte: Cattura da Solibri].....	84
Figura 79: Rappresentazione della sezione di controllo interferenze in Navisworks [Fonte: Cattura da Navisworks]	85
Figura 80: Editor di regole Navisworks [Fonte: Cattura da Navisworks].....	86
Figura 81: Ruleset Manager in Solibri [Fonte: Cattura da solibri].....	87
Figura 82: Rappresentazione Clash Detection in Navisworks [Fonte: Cattura immagine da Navisworks]	88
Figura 83: Scontro Ventilconvettore e Trave IPE [Cattura immagine Navisworks].....	89
Figura 84: Controlli effettuati con Navisworks [Fonte: Cattura immagine da Navisworks]	89
Figura 85: Rappresentazione delle regole utilizzate in Solibri [Fonte: Cattura immagine da Solibri]..	90
Figura 86: Rappresentazione distanza colonna/condotto [Fonte: Cattura immagine da Solibri]	90
Figura 87: Collisione tra impianto aeraulico e muro [Fonte: Cattura immagine da Solibri].....	91
Figura 88: Collisione tra condotto flessibile e terminale [Fonte: Cattura immagin da Solibri]	91

Indice delle tabelle

Tabella 1: Software utilizzati: [Fonte: elaborato personale]	29
Tabella 2 Scheda livello LOD UTA attrezzatura meccanica: [Fonte: estratto da file elaborato tesi] ...	38
Tabella 3: Sistemi aeraulici: [Fonte: elaborato personale]	42
Tabella 4: Rappresentazione dei parametri condivisi [Fonte: Tabella elaborato personale da Alice Morabito].....	54
Tabella 5: Nomenclatura famiglia [Fonte: Estratto elaborato Alice Morabito]	58
Tabella 6: Nomenclatura degli elementi: [Fonte: estratto da elaborato personale excel]	59
Tabella 7: Rappresentazione elementi esportati [Fonte: Elaborato personale]	93
Tabella 8: Parametri importati [Fonte: Elaborato personale]	94
Tabella 9: Comparazione tra Navisworks e Solibri [Fonte: Elaborato personale]	95

1. Introduzione

Il controllo delle interferenze (Clash detection) ha un ruolo fondamentale nella fase di progettazione in quanto consente di eseguire un controllo automatico delle interferenze tra le diverse discipline. Nella fase di progettazione, è possibile ricorrere a strumenti e software di integrazione BIM, come Solibri e Navisworks che permettono un'analisi più raffinata e attenta, anticipando errori di progettazione come la sovrapposizione di oggetti. Ad esempio, un condotto aeraulico che va in conflitto con una trave strutturale. Si definiscono (hard clash) gli oggetti che occupano lo stesso spazio e (soft clash) nel caso in cui gli oggetti siano troppo vicini. Questa metodologia offre numerosi vantaggi, la più importante e quella di minimizzare gli errori di progettazione anche in fase preliminare, consentendo così un minor spreco di tempo e lavoro. Si è scelto di lavorare sul modello MEP del Centro Servizi antistante al grattacielo della Regione Piemonte, partendo da un modello strutturale ed architettonico esistente, si è realizzato il modello aeraulico (HVAC) in modo da avere un modello più possibile completo, necessario per la verifica.

Per questa analisi, si sono presi in considerazione due strumenti (Navisworks, Solibri) che si basano sullo stesso principio, ma allo stesso tempo in maniera diversa, andando così a capire meglio le potenzialità di ciascuno di essi. Successivamente si è effettuato un'analisi di interoperabilità tra software e un controllo della quantità degli elementi, per poi effettuare un controllo dei conflitti, andando così a confrontare i risultati per comprendere al meglio le potenzialità.

La clash detection dovrebbe essere applicata ad ogni progetto, permettendo così un facile controllo dell'intero processo edilizio. Grazie a ciò, si possono evitare errori in cantiere durante la fase di montaggio e verificare se lo spazio tra gli elementi sia sufficiente in modo tale da poter permettere la manutenzione, semplificando così il processo di ispezione degli impianti che possono essere facilmente revisionati o sostituiti.

Il principale obiettivo di questa ricerca è di esplorare nuove metodologie che potranno essere utilizzate per andare a velocizzare il processo di controllo, evitando problemi e correzioni in cantiere, semplificando così la fase di montaggio e ad aumentare quelli che potrebbero essere risparmi concreti sia su materiali che su manodopera.

1.1. Concetti

Gli edifici di oggi stanno diventando più grandi e complessi. Di conseguenza, il metodo tradizionale di controllo manuale della progettazione di un edificio non è più efficiente poiché un tale processo richiede molto tempo. Sta diventando sempre più importante stabilire e automatizzare i processi di controllo della qualità degli edifici, controllando automaticamente se gli edifici soddisfano i requisiti e normative. (Seunghwa Park, Inhan Kim, 2015)

Il Building Information Modeling (BIM) rappresenta un investimento a lungo termine che potrebbe consentire di ridurre i tempi e il controllo dei costi ottimizzando i processi di progettazione e costruzione. Garantisce inoltre una maggiore efficacia dei sistemi di controllo. (A.L.C. Ciribinia, S. Mastrolembo Venturaa, M. Paneronia)

Pertanto, il BIM si occupa chiaramente dell'intero ciclo di vita di una struttura e aumenta la consapevolezza durante il processo decisionale, riducendo i rischi storicamente associati al settore delle costruzioni. Il risultato di Building Information Model è un modello virtuale del progetto che fornisce non solo informazioni geometriche, ma soprattutto dati alfanumerici. Al fine di attuare efficacemente il processo BIM, le persone coinvolte nel processo devono collaborare e condividere informazioni. I dati devono essere univoci e riferiti alla stessa fonte, da cui tutti possono estrarre l'ultima versione di informazioni in qualsiasi momento.

I dati devono essere conformi a diversi requisiti, pertanto un'assicurazione della qualità è fondamentale per convalidare le informazioni durante il processo. Di solito, il controllo di qualità è chiamato “Model Checking”, ma può essere descritto come un processo eseguito su un modello, in particolare sulle sue informazioni dove le regole, i vincoli o le condizioni vengono applicati con risultati come “passa”, “fallisci”, “avviso” o “sconosciuto”. La traduzione rigorosa della scrittura tradizionale la regolamentazione delle regole leggibili automaticamente è un passaggio importante del Model Checking. (Angelo Luigi Camillo Ciribini, Marzia Bolpagni, Elisabetta Oliveri, 2015)

Il controllo delle regole è importante per garantire l'integrità, la correttezza e l'usabilità del modello (BIM) in progetti di architettura, ingegneria e costruzioni. Il controllo basato su regole dei modelli BIM è ampiamente accettato e studiato negli ultimi anni. Questa tecnologia presenta notevoli vantaggi in termini di interoperabilità, estensibilità e logica nelle nozioni di base. (Hehua Zhang, Collab., 2017)

Utilizzando i servizi di rilevamento Clash si possono avere diversi principali vantaggi su progetti, sicuramente ridurre i tempi di costruzione, minimizzare gli errori e fornire una grande comprensione delle funzionalità dell'edificio prima della costruzione in loco. Questo può aiutare a massimizzare l'utilizzo degli edifici in modo più efficace permettendo un maggior controllo anche nella fase di manutenzione.

1.2. Caso studio: La Torre Regione Piemonte

La Torre è stata concepita con l'esigenza di riunificare le sedi della Regione Piemonte sparse nella città metropolitana di Torino, inserito in un ampio piano di riqualificazione dell'area "Ex Fiat Avio" che comprende una trasformazione dei terreni delle reti ferroviarie italiane RFI e dell'area della struttura olimpica Oval.

Presenta duecentocinque metri di altezza, quarantuno piani fuori terra e due interrati ed è realizzata completamente in cemento armato e vetro. Grazie alle "lame" poste in modo trasversale nel grande vuoto sopra la hall d'ingresso, con differenti inclinazioni, la luce viene rifratta creando giochi di luce, inoltre sulle facciate sono previste dei pannelli fotovoltaici che dovrebbero garantire l'autosufficienza energetica della torre. L'ultimo piano sarà adibito a bosco pensile a cielo aperto accessibile al pubblico, con la possibilità di ristorazione e di osservazione del panorama Piemontese.

La torre ospiterà circa 2600 dipendenti, composta da tre elementi principali suddivisi per funzione: la torre, dove sono situati tutti gli uffici della Regione; la corte interrata realizzata su due livelli che racchiude tutte le funzioni a servizio della torre; e un Centro Congressi, un edificio autonomo collegato alla torre attraverso una passerella realizzata in acciaio e vetro.

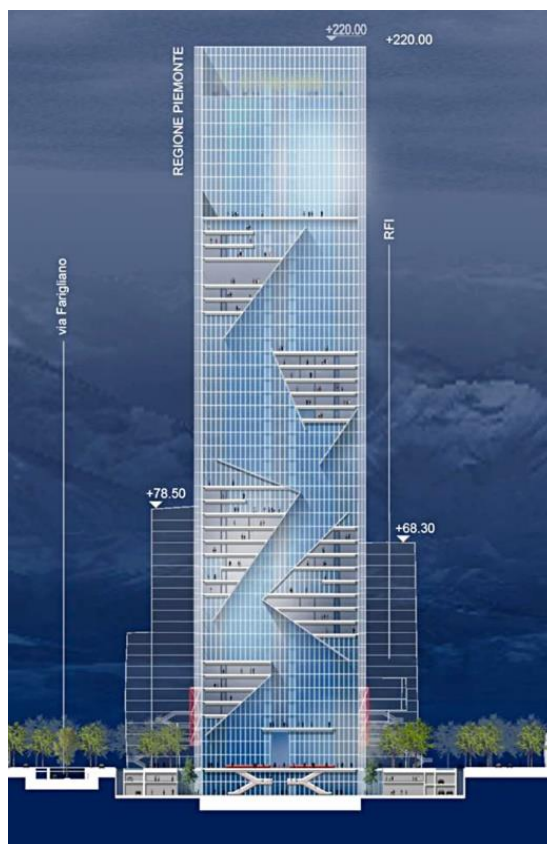


Figura 1: Torre Regione Piemonte [Fonte: <http://skyminoshouse.blogspot.com/2008/06/torino-grattacielo-regione-piemonte.html>]

1.2.1. Centro servizi

Antistante al grattacielo della Regione Piemonte si trova il Centro servizi, distribuito su 5 piani fuori terra, è presenta: al piano primo un asilo nido che si estende per tutto il piano e la hall che ha uno sviluppo in altezza di due piani fuori terra; al secondo piano troviamo due sale conferenze da 95 posti ciascuno e un auditorium da 295 posti che occupa anche parte del terzo piano, dove troviamo un secondo ingresso, completano il piano altre due sale conferenze e la sala regia del auditorium; al quarto piano infine troviamo i locali tecnici una biblioteca e una caffetteria.

Il complesso è realizzato in carpenteria metallica protetta al fuoco con intonaco intumescente mentre il nucleo centrale è realizzato in cemento armato, il solaio è composto da un getto su lamiera grecata mentre le colonne e i setti sono in calcestruzzo.

Il Centro Servizi e la torre sono collegati attraverso una passerella che comprende il secondo e il terzo piano, anche quest'ultimo realizzato in carpenteria metallica.

I primi due piani fuori terra presentano un involucro opaco, mentre il resto dei piani è realizzato in vetro, completano la facciata una serie di moduli in lamiera che permettono di controllare il flusso di luce.

Gli impianti sono nascosti nel controsoffitto, passando nelle travi forate e nei cavedi tecnici raggiungono i vari piani del complesso. I due lati più corti del centro ospitano esternamente le scale antincendio, anch'esse in carpenteria metallica.



Figura 2: Centro Servizi: [Fonte: http://www.falcone.biz/costruzioni_in_acciaio/lavori_in_corso.php]

1.3. Obiettivi

L'obiettivo di questa tesi è sperimentare diverse tipologie di modelli per esportare i contenuti BIM in un formato che mantenesse l'integrità degli oggetti, non solo dal punto di vista geometrico ma anche di dati, dopodiché effettuare un'analisi per individuare i conflitti delle discipline prese in considerazione, in questo caso quello strutturale e aeraulico. Per poter ricavare una federazione di dati consistente e il più possibile completa, è stato necessario stabilire fin dalle prime fasi di progetto quali tipi di parametri fossero necessari.

Durante la modellazione tutti gli elementi sono stati compilati attraverso dei parametri condivisi. Nello specifico è stato necessario creare un codice univoco per ogni elemento, detto *codice identificativo*, necessario per una più veloce identificazione durante i conflitti.

Dopo aver completato la modellazione, sono stati esportati i modelli in diversi formati, per controllare e verificare se ci fossero stati elementi che non siano stati esportati.

Successivamente sono stati presi in considerazione due software (Solibri e Navisworks) e attraverso delle regole e dei filtri, è stato possibile verificare le quantità e i conflitti in base a dei parametri definiti inizialmente nelle regole.

Con questa metodologia è possibile andare a identificare i problemi e le incongruenze che si potrebbero creare tra i diversi collaboratori, rendendo più efficiente il flusso di lavoro e a prevenire conflitti durante la fase di montaggio in cantiere.

1.4. BIM - Building Information Modeling

È di fondamentale importanza dare maggiori informazioni sulla metodologia Bim per poter comprendere al meglio le informazioni riguardanti il presente elaborato. Lo scopo principale del Bim è quella di creare un'immagine complessiva di un manufatto nel suo intero ciclo di vita. Negli ultimi anni, nel mondo delle costruzioni, le tecniche costruttive e la documentazione hanno avuto un radicale cambiamento nei metodi di rappresentazione, soprattutto alle informazioni provenienti dalle diverse discipline.

Per descrivere le diverse componenti edilizie, si utilizza un modello informativo in grado di racchiudere le caratteristiche principali dell'oggetto. La condivisione non viene limitata soltanto dagli elementi geometrico-dimensionali, ma da una serie di informazioni che rendono il modello più completo.

“Il BIM acronimo di Building Information Modeling è definito dal National Institute of Building Sciences come la “rappresentazione digitale di caratteristiche fisiche e funzionali di un oggetto”. Il BIM non si può considerare un prodotto o un software, ma una tecnologia nel vero senso del termine.

Nel settore delle costruzioni il ruolo del BIM è di ottimizzare e semplificare il ciclo di vita dell'opera mediante i suoi attori, nonché i committenti, imprese di costruzione, ingegneri, architetti, ecc.” [1]



Figura 3: Gestione del progetto con la metodologia BIM: [Fonte: <https://www.bimticino.ch/cosa-e-il-BIM>]

“L’acronimo **BIM** si può tradurre nel modo seguente:

- **B** di Building:
Costruire viene spesso inteso solo come progettazione e costruzione. In realtà il BIM è una metodologia che deve accompagnare il progetto lungo tutto il ciclo di vita: inizio, pianificazione strategica, progettazione di dettaglio, uso, manutenzione, smantellamento dell’edificio, ecc.
- **I** di information:
La chiave del BIM sono le Informazioni, l’acquisizione, lo scambio e la produzione di informazioni sotto forma di dati.
- **M** di modeling:
Modellare si riferisce ad un unico modello, cioè l’unione di tutte le informazioni in un’unica rappresentazione grafica.” [2]

La metodologia Bim facilita il modo di lavorare rispetto al metodo tradizionale, come ad esempio il software CAD che genera disegni digitali 2D/3D.

Il modello Bim oltre a generare l’elemento nella sua geometria, si porta dietro una serie di informazioni che rimangono invariate quando il progetto subisce delle modifiche. Questo metodo di progettazione garantisce flussi di lavoro più collaborativi tra le parti interessate, garantendo in maniera più rapida la comprensione delle informazioni minimizzando errori e incomprensioni.

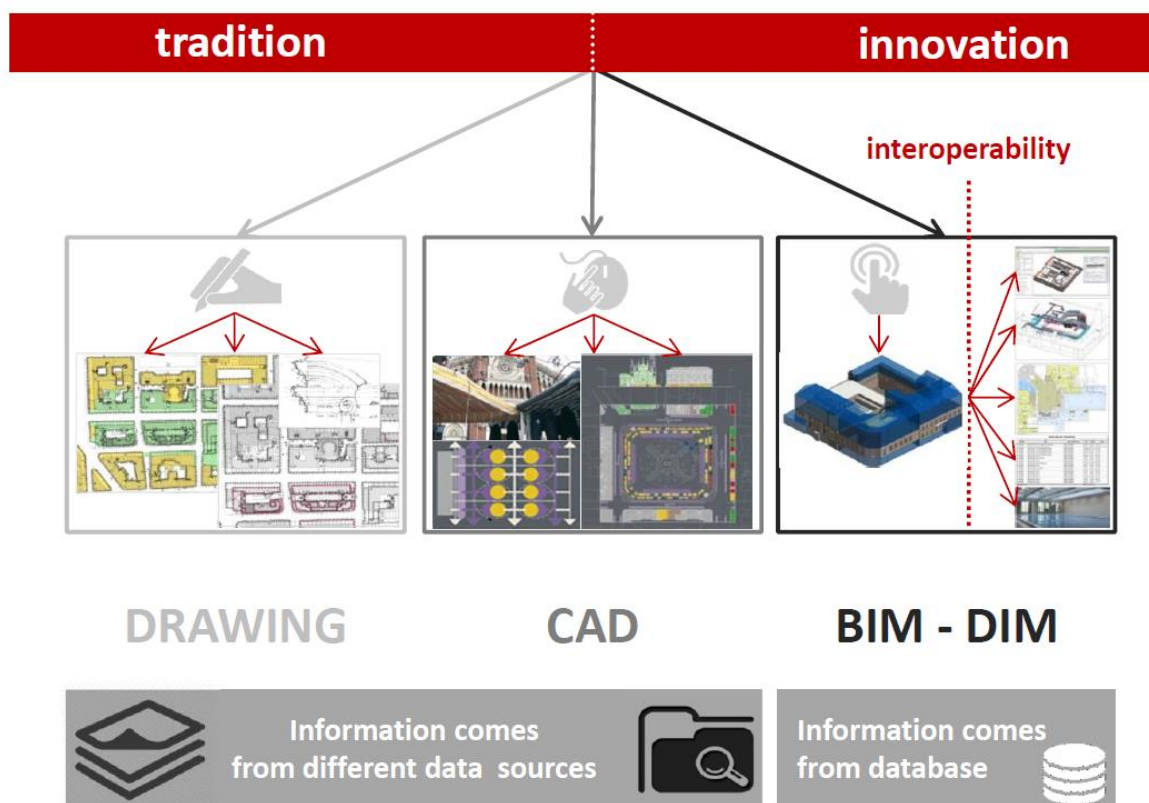


Figura 4: Metodo tradizionale vs BIM: [Fonte: Corso di Modellazione digitale parametrica, Anna Osello]

La metodologia Bim permette la creazione di un database virtuale di informazioni che possono essere condivise con il team di progetto o con le imprese all'interno di un unico modello. Rispetto al metodo tradizionale 2D, dove le informazioni vengono condivise tramite semplici passaggi con il rischio di perdita di alcuni di essi, il modello virtuale coordina automaticamente le informazioni e le modifiche in tempo reale con tutti gli enti facenti parte del processo edilizio. L'impostazione metodologica, che si basa sul Building Information Modeling, permette inoltre di eliminare informazioni inutili, migliorando e focalizzando il lavoro solo su dati presenti nel modello. Le informazioni rimangono sempre aggiornate riducendo al minimo il rischio dovuto a errori non segnalati.

Per garantire un corretto coordinamento delle informazioni tra i diversi progettisti, è necessario creare una standardizzazione delle informazioni nel database condiviso, garantendo una corretta condivisione delle informazioni a tutti i partecipanti che fanno parte del processo decisionale. Tutte le informazioni delle discipline facenti parte del processo sono parametriche e interconnesse tra loro tramite regole. Ogni modifica effettuata sugli oggetti viene immediatamente trasmessa all'intero modello, tutto ciò permette un controllo qualitativo sulla coordinazione delle informazioni mettendo a disposizione in qualsiasi momento analisi specifiche e approfondite.

1.5. Interoperabilità multidisciplinare

Il BIM è una metodologia di lavoro che si basa sull'interoperabilità, capace di organizzare processi e collaborazioni tra diversi software e professionisti coinvolte nelle attività, garantendo un controllo sul progetto durante tutto l'arco della sua vita.

L'interoperabilità si focalizza sullo scambio di informazioni durante il processo di condivisione che incrementa i dettagli del progetto in tempo reale, permettendo così in modo istantaneo l'aggiornamento del modello Bim per tutti i partecipanti al processo.

“La soluzione attraverso la quale è possibile garantire a tutti gli operatori l'accessibilità ai dati si chiama l'IFC. Acronimo di “Industry Foundation Classes”, IFC è lo standard internazionale aperto sviluppato da buildingSMART e utilizzato dai più diffusi software di progettazione.” [3]



Figura 5: Collaborazione tra operatori Bim: [Fonte: <http://www.autismo.org.es/actualidad/articulo/la-cooperacion-entre-entidades-es-necesaria-nos-hace-crecer-en-talento-y>]

È di fondamentale importanza determinare un formato standardizzato come gli IFC che permette un'interoperabilità tra i diversi operatori, un formato non controllato da singoli fornitori ma standard per facilitare l'interscambio tra diverse discipline di ingegneria, architettura e produzione edile.

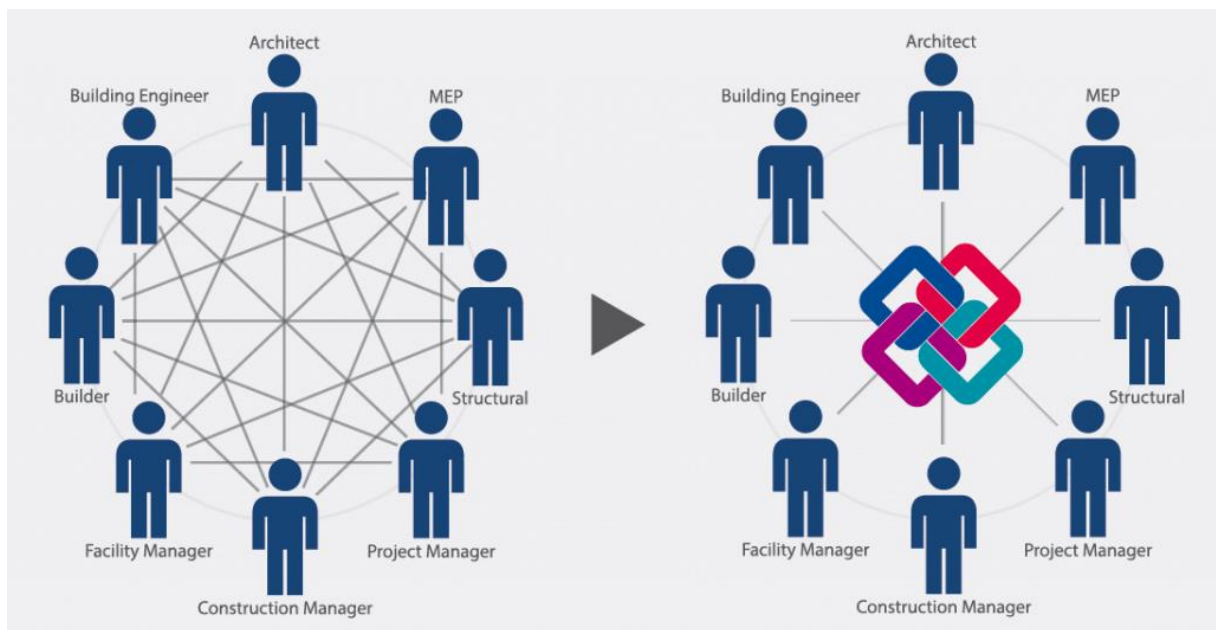


Figura 6: Schematizzazione del processo di interoperabilità: [Fonte: <https://harpaceas.it/modellazione-3d-in-campo-impiantistico-edile/>]

L'integrazione multidisciplinare consente di creare un'così detto "modello Bim federato", non è altro che l'integrazione di più modelli, un'unione delle varie discipline (ad esempio strutturale, architettonico e impiantistico) prodotto da un team di professionisti. L'integrazione viene gestita a livello digitale da una piattaforma virtuale, dove appunto ce la possibilità di integrare i vari modelli disciplinari per dare forma al modello federato.

Il processo prevede come punto di partenza la modellazione architettonica che servirà come base, successivamente gli altri progettisti andranno a implementare le parti di rispettiva competenza attraverso l'importazione del modello nel formato IFC. Questo processo di scambio di dati IFC permette la creazione di una base informativa comune che permette di controllare e gestire problematiche in tempo reale con gli altri operatori.

La gestione di processi di alta complessità necessita il coinvolgimento di figure professionali come:

- *BIM Manager*: ha un ruolo fondamentale nell'intero processo Bim, cioè quello di gestire e sviluppare il processo dell'intero progetto, attraverso il coordinamento e la corretta implementazione dei dati.
- *BIM Coordinator*: ha un ruolo differente che consiste nel coordinare i Bim Specialist coinvolti nel progetto, individuando gli attori coinvolti nel processo e garantendo la corretta applicazione delle fasi durante il progetto.
- *BIM Specialist*: ha la funzione della gestione e realizzazione del modello, dell'aggiornamento degli oggetti, e la produzione degli elaborati e delle varie documentazioni.

“La disponibilità di un modello federato in grado di integrare tutti i dati relativi alle diverse discipline esercita anche un importante impatto su altri due aspetti della gestione BIM del progetto, quelli relativi al controllo dei tempi e dei costi, consentendo sulla base dei dati contenuti nei file IFC il computo metrico estimativo derivante dalla progettazione parametrica, la programmazione e verifica dei tempi di esecuzione complessivi e delle singole opere e il controllo dei relativi cost.” [4]

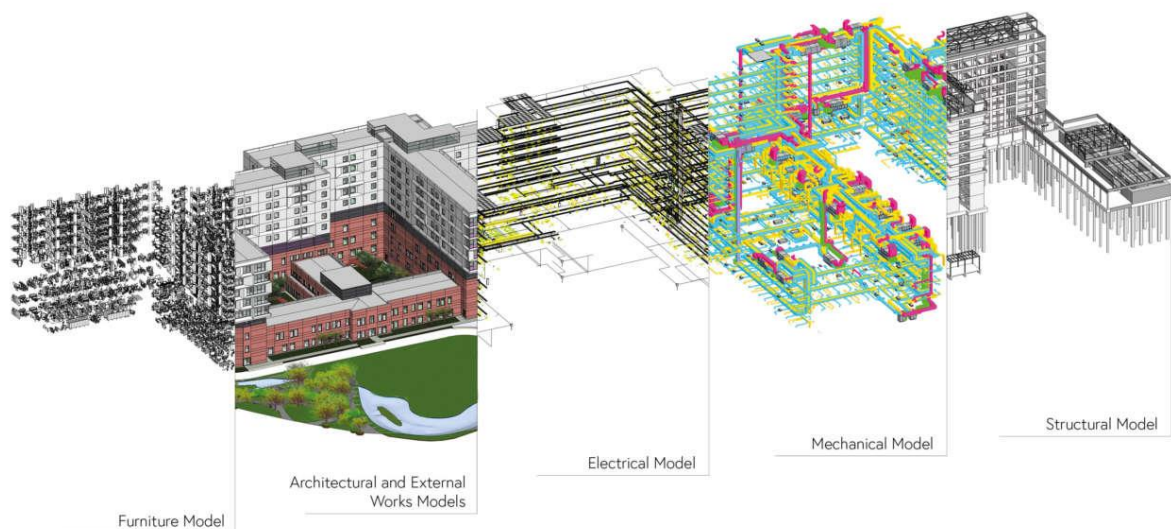


Figura 7: Schema disciplinare per il modello federato: [Fonte: <https://www.01building.it/bim/centralita-modello-federato-relazioni-attori-processo/amp/>]

Il processo di sviluppo Bim è caratterizzato dalle seguenti discipline, tra le quali, le più comuni sono le seguenti:

- **“Modello Bim Architettonico:**

Il modello architettonico è un modello solido che permette di contenere e trasferire informazioni complesse. Progettare in modalità BIM Oriented permette facilmente di scambiare informazioni con tutti gli altri attori della filiera senza perdite qualitative. Da un modello tridimensionale solido si possono generare tutte le viste di progetto e gli elaborati utili nelle varie fasi della progettazione. Potenzialmente un modello BIM tridimensionale è già in grado di comunicare tutte le informazioni necessarie; è in grado di gestire attributi quali la resa dei materiali, i colori, la simulazione delle ombreggiature ecc. Ciò che viene realizzato è un modello pieno di molte caratteristiche utili, dalla progettazione preliminare a quella esecutiva, contenente informazioni parametriche che permettono di caratterizzare e distinguere componenti apparentemente simili; pensando ad un componente parete, anche se tutte le pareti sono realizzate con la stessa funzione, possono essere differenti per dimensione, materiale o modalità di computo.

- **Modello Bim Strutturale:**

Con il termine BIM strutturale si intende comprendere tutte le attività finalizzate alla progettazione delle opere portanti principali. I pacchetti BIM di tipo strutturale sono infatti generalmente utilizzati dai progettisti strutturali e sono impostati e predisposti per la gestione di oggetti. Gli IMPUT richiesti per queste piattaforme BIM sono costituiti prevalentemente dai modelli architettonici, gli OUTPUT, oltre al modello strutturale 3D vero e proprio, possono essere costituiti anche da elaborati specifici e dati tipicamente necessari per la costruzione in stabilimento o in sito di opere parzialmente pre-assemblate. Con gli strumenti BIM è possibile realizzare la modellazione di tutte le armature di una costruzione in cemento armato con precisione millimetrica e con geometrie tanto definite da poter essere riutilizzate dalle macchine di piegatura e taglio automatico delle barre.

- **Modello Bim Impiantistico (Mep)**

Il modello impiantistico BIM di un edificio virtuale è noto come MEP: (mechanical-electrical-plumbing). Il modello contiene tutti i dati impiantistici necessari, dagli unifilari alle planimetrie, dai tabulati di calcolo ai particolari costruttivi. Viene personalizzato per ogni progetto, secondo lo standard e il livello di progettazione richiesto. Col modello MEP è possibile eseguire dalla porzione iconografica alla fase di dimensionamento esecutivo; questo ci permette un riscontro immediato nel futuro, quando si andranno a fare aggiornamenti e varianti, influenze su abachi di impianti, e/o su sezioni tipologiche. Uno dei vantaggi del BIM in ambito impiantistico è dovuto alla multi-disciplinarietà dei sotto-elementi preposti al modello stesso (meccanica, elettrica, idraulica/pipining). Mediante filtri è possibile controllare la gestione della visibilità e la gestione del materiale.” [5]

1.6. Facility Management: vantaggi

L'impiego del BIM per il FM (facility management) è un punto di partenza fondamentale per sfruttare al meglio tutte le possibilità proposte dalla metodologia BIM. Risulta essenziale definire l'ambiente di lavoro condiviso per facilitare, quanto la collaborazione che lo scambio di informazioni, per tutti gli attori coinvolti. Per la progettazione MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing) è essenziale avere già un modello di base architettonico/strutturale che ci possa poi permettere di creare e modificare correttamente gli elementi impiantistici coordinati con il modello virtuale.

“In questo quadro, l'utilizzo di modelli sviluppati in logica Bim facilita notevolmente l'organizzazione e la gestione delle diverse componenti (strutturali, architettoniche, impiantistiche) del manufatto. Tale approccio permette infatti di semplificare operazioni di routine come ad esempio il rilievo, la ricerca di informazioni, la produzione di documenti, garantisce una conoscenza più dettagliata della reale consistenza dei manufatti, agevola l'individuazione di eventuali problematiche, supporta in maniera più efficace analisi e processi decisionali, rendendo in ultima analisi più efficienti, reattivi ed economici i processi tipici del facility management.” [6]

Il modello BIM può diventare uno strumento di pianificazione vero e proprio se utilizzato dalle prime fasi di gestione. Per garantire un modello As-Built dell'edificio è necessario inserire dati significativi, coerenti e affidabili in una base di dati aggiornata, necessari per il FM.

Grazie al modello BIM di un edificio è possibile organizzare in modo automatico, elaborati, viste o sezioni e abachi dei componenti, aumentando così gli output e tutti i dati disponibili. Tutti i campi relativi agli oggetti, come parametri condivisi e i dati geometrici, possono essere richiamati in modo strutturato attraverso gli abachi, permettendo così un accesso rapido alle informazioni. Questo permette di disporre di un quadro intero dei componenti presenti nell'edificio. I parametri del software parametrico, purtroppo non sono sufficienti per caratterizzare gli oggetti del modello, ma è necessario includere dei parametri condivisi utili per implementare le informazioni degli oggetti delle varie discipline come quella del MEP. I parametri condivisi possono essere di vario tipo: costi, periodo di manutenzione, codice identificativo, etc.

Per la definizione impiantistica, la piattaforma BIM permette di eseguire sia la rappresentazione grafica che quella di calcolo nello stesso modello, migliorando la gestione delle risorse è soprattutto quello del tempo. Nel modello vengono inseriti tutti gli elementi e i dati necessari come: sorgente di generazione, condotti HVAC dritti, curvi e flessibili, transizioni, connettori e terminali di emissione. Questi oggetti possono essere inseriti grazie a una libreria esistente nel software BIM, cosa che ridurrebbe l'impiego di ore di lavoro, in alternativa se necessario, possono essere modellati partendo da un oggetto esistente o importare oggetti da piattaforme esterne realizzate da diversi produttori. Un'altra possibilità è quella di modellare autonomamente l'oggetto necessario, tenendo conto che un oggetto modellato da zero, necessita di un maggiore impiego di lavoro.

“I software specializzati in ambito impiantistico, in particolare, dispongono di specifici strumenti che non solo consentono una verifica del modello impiantistico per controllarne la correttezza e la presenza di eventuali interferenze fra le linee impiantistiche contenute nel modello MEP, ma anche delle possibili collisioni fra queste ultime e gli elementi contenuti nei modelli architettonico e strutturale, funzionalità di clash detection che può avvenire sia in fase di modellazione che a modello completato.” [7]

Dunque, l’obiettivo è quello di verificare eventuali collisioni nel modello, controllando la quantità di informazioni perse, attraverso una verifica e un controllo dei parametri riportati negli oggetti, al fine di minimizzare gli errori ed avere un maggior controllo sul processo e sulla gestione dati del modello.

1.7. Strategie di controllo delle interferenze

Gestire le interferenze rappresenta un nodo importante nella progettazione medio grande e coordinare le discipline (impianti, struttura e architettura) diventa sempre più complesso. Se nella pratica tradizionale la verifica veniva trasferita direttamente in cantiere, nella mentalità BIM, le interferenze non si risolvono semplicemente modificando o spostando dei blocchi cad, ma piuttosto, avere un completo coordinamento degli oggetti nel modello.

Questi scontri o interferenze possono creare problemi significativi durante la costruzione e talvolta indicano scarse abilità o tecniche di progettazione. È indispensabile che i modelli BIM vengano creati utilizzando le opportune conformità. Alcune volte, nonostante siano conformi, ci sono problemi che necessitano di ulteriori modifiche, cambiando il progetto o il design. Tutti questi problemi possono essere identificati e corretti prima della costruzione con l'aiuto del rilevamento e del coordinamento della Clash. Fornisce inoltre un approccio collaborativo e aiuta a finalizzare le modifiche di progettazione in modo molto interattivo. Tutti questi vantaggi hanno consentito il rilevamento di Clash e il coordinamento del modello Bim.

Grazie all'utilizzo di specifici software, la verifica dei modelli grafici avverrà automaticamente, mettendo in evidenza i problemi riscontrati. Grazie a delle regole di base o personalizzate, si possono impostare le varie tipologie di controllo in base alle necessità e normative.



Figura 8: Schema conflitti: [Fonte: <httpbim.acca.itecco-cosa-sono-clash-detection-clash-management>]

1.8. Industry Foundation Classes

Per l'esigenza di avere un formato di file standard e certificare l'interoperabilità tra software, è nato il formato IFC (Industry Foundation Classes).

“L'IFC, dunque, è un particolare formato di dati che consente l'interscambio di un modello informativo senza perdita o distorsione di dati o informazioni. Si tratta di un formato file aperto, neutrale, non controllato da singoli produttori software, nato per facilitare l'interoperabilità tra i vari operatori. L'IFC è stato progettato per elaborare tutte le informazioni dell'edificio, attraverso l'intero suo ciclo di vita, dall'analisi di fattibilità fino alla sua realizzazione e manutenzione, passando per le varie fasi di progettazione e pianificazione.” [8]



Figura 9: Schema formato IFC: [Fonte: <httpwww.bimforum.org.arnovedadesampliargestin-de-proyectos-en-entornos-openbim>]

Con l'uso del BIM in costante aumento, lo scambio di informazioni sta diventando man mano un requisito, anche incorporato nel cosiddetto piano di esecuzione BIM. In realtà, oggi esiste una qualità variabile di importatori ed esportatori di strumenti BIM e la maggior parte di essi necessita di configurazioni personalizzate da parte dell'utente o del team di lavoro. Tuttavia, come tutti gli strumenti e le tecnologie, l'IFC ha i suoi punti di forza e di debolezza. È importante conoscerli per sapere come utilizzare correttamente il formato IFC.

Oggi, il formato IFC viene utilizzato per lo più nella fase di progettazione e la fase di costruzione con una molteplicità varia di software. Durante la prima fase, il team di progettazione può unire o fare riferimento a modelli di disciplina indipendentemente dall'applicazione originale. Per la maggior parte delle volte, i files IFC vengono utilizzati per importare dati da un'applicazione a un'altra anche per numerose volte. Tuttavia, questo processo comporta una perdita di dati e informazioni molto importanti dell'oggetto.

Avere un edificio virtuale in un formato aperto consente agli appaltatori e progettisti di adottare il primo approccio per progettare e organizzare il programma. Una volta esportato, il modello IFC contiene non solo la geometria dell'edificio e i dati di costruzione, ma anche tutte le informazioni contenute nei file nativi BIM. Quando si esportano i dati nativi in un file IFC, i dati possono essere trasferiti tra le varie applicazioni. Questa operazione è gratuita e ben documentata e ne consente l'utilizzo da parte di centinaia di altri strumenti e applicazioni che si basano sulla metodologia BIM. L'IFC fornisce le "linee guida" o le "regole" per individuare e determinare quali informazioni vengono scambiate tra le applicazioni mantenendo lo stesso significato. Sebbene possa includere la geometria, non si limita solo a questo, consente di collegare informazioni alfanumeriche (proprietà, quantità, classificazione, ecc.) alla costruzione di oggetti e al mantenimento di queste relazioni.

1.9. MEP (HVAC) BIM

Oggigiorno è sempre più necessaria una modellazione complessa come quella impiantistica, questo tipo di modellazione meccanica viene definita con l'acronimo MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing). Questa modellazione ha il vantaggio di creare, oltre che singoli componenti, interi sistemi, come la parte elettrica, quella idronica e quella aerea (HVAC). Molte industrie stanno dedicando tempo e risorse proprio per questo tipo di sperimentazione, concentrandosi sulla modellazione di sistemi ed elementi complessi o intere famiglie già con contenuti parametrici meccanici. Di fatto, durante la modellazione si può decidere in base alle proprie necessità, di caricare degli oggetti realizzati da terze parti, o decidere di crearle in modo autonomo. Questo tipo di modellazione è molto diverso rispetto alla modellazione architettonica e strutturale, in quanto la modellazione MEP non si basa solo sul singolo oggetto, ma consiste nella creazione di veri e propri percorsi di tubazioni e canali, che in base alla loro complessità definita come LOD (Level of Development), possono creare o meno delle collisioni tra le componenti. Il MEP è una sorta di guida alla progettazione in 3D che porta alla definizione degli impianti nei minimi dettagli. In fase di progettazione, permette di adottare le migliori soluzioni nelle scelte da effettuare, permettendo così una miglior integrazione con il resto delle discipline. Il Bim consente di dimensionare automaticamente gli elementi e di gestire le connessioni e le eventuali disconnessioni.

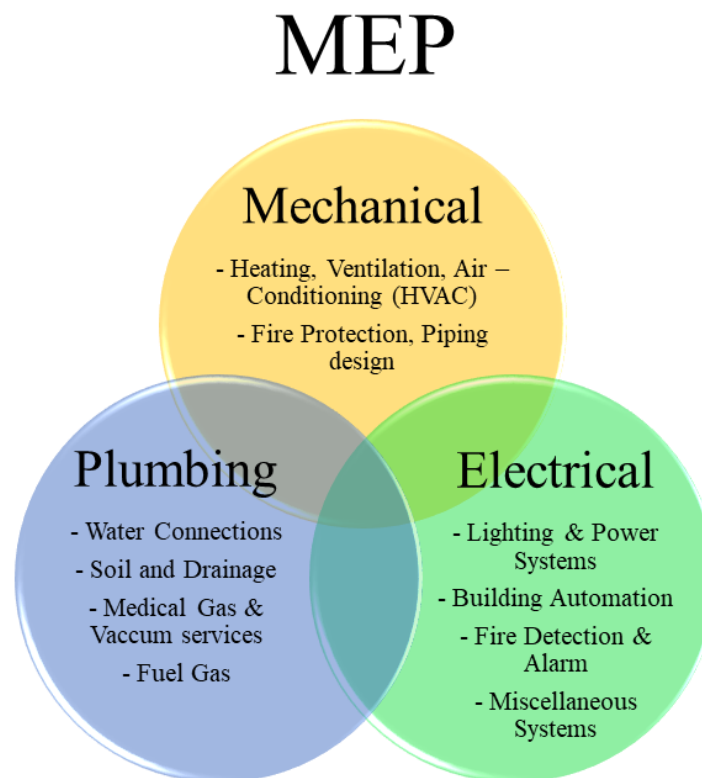


Figura 10: Schema impianto MEP: [Fonte: elaborato personale]

L'acronimo HVAC (heating, ventilation and air conditioning), può essere definito come un sistema che offre diversi servizi di riscaldamento e raffrescamento e si riferisce ai diversi sistemi, macchine e tecnologie utilizzate in ambienti interni degli edifici, principalmente necessario al trasporto dei fluidi necessari a una regolamentazione ambientale, per migliorare il comfort. Prima di tutto, esiste una fonte di aspirazione di aria fresca dall'esterno o dall'interno di un edificio, che utilizza un sistema meccanico. Una volta che l'aria viene immessa, viene aspirata in un'unità di trattamento aria, definito UTA. L'aria viene aspirata attraverso dei filtri e successivamente viene inviata per essere raffrescata o riscaldata rimuovendo l'umidità in eccesso. Dopo che l'aria viene trattata, viene immessa attraverso una rete di condotti negli ambienti e successivamente viene distribuita tramite i terminali, che sono la parte finale del sistema di condotti.

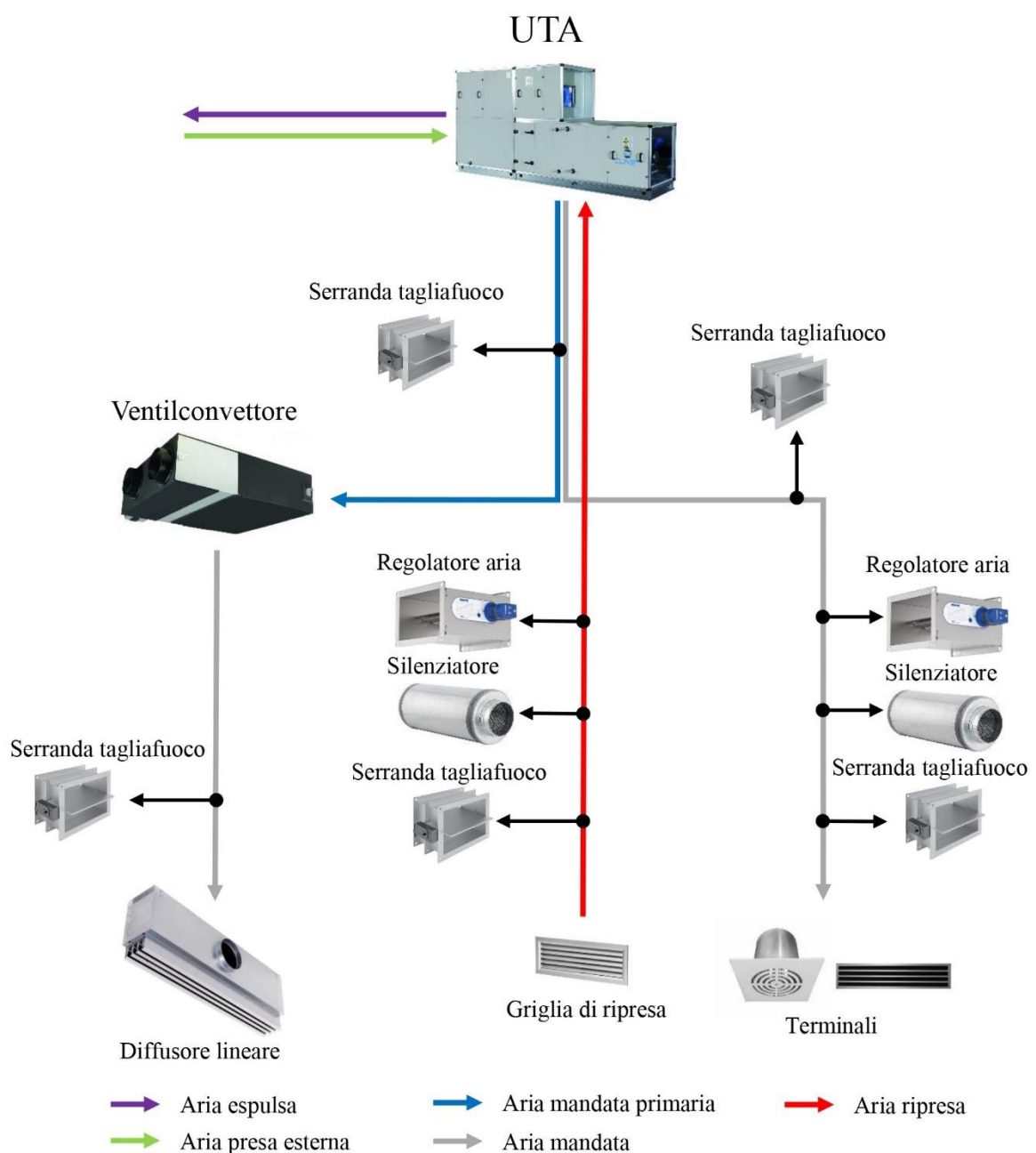


Figura 11: Schema funzionale HVAC Centro Servizi: [Fonte: Elaborato personale]

I vantaggi del BIM MEP possono essere così riassunti:

- Modellazione 3D integrata tra diverse discipline e collegamento automatico degli elementi impiantistici.
- Controllo di parametri come: flussi, velocità, cadute di tensione, etc., nelle varie fasi di progettazione.
- Verifica e ridimensionamento dei sistemi.
- Creazione di schemi di impianto nelle tavole, integrate di computo, report, etc.
- Possibilità di calcolare le quantità degli oggetti tramite abachi.
- Computazione: Associare un costo agli elementi inseriti nel modello in modo da avere un costo generale dell'opera.
- Simulazioni 4D (pianificazione, tempi di installazione, etc)
- Gestione: simulare il ciclo di vita dell'opera e programmare manutenzioni con eventuali costi di gestione.

1.10. Riferimento normativo

In Italia, la normativa per la progettazione BIM arriva un po' tardi, dopo aver subito innumerevoli modifiche e aggiornamenti, rispetto agli altri paesi del Unione Europea che, invece avevano già introdotto una policy sulla digitalizzazione nel settore progettuale edile.

“Con la Legge 28 gennaio 2016, n. 11 sono quindi state attribuite specifiche deleghe al Governo per l’attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 26 febbraio 2014, sull’aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d’appalto, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture. A seguito di tale provvedimento, sempre nel 2016 vede la luce il Nuovo Codice dei Contratti Pubblici, formalizzato con il Decreto legislativo 18 aprile 2016, n.50.

In questo arco di tempo le modalità di introduzione del BIM hanno trovato in ambito nazionale soluzioni eterogenee. Nel luglio 2017, due importanti indirizzi operativi hanno introdotto profili di requisiti e modalità strutturate per l’adozione del Building Information Modeling nelle stazioni appaltanti e nelle amministrazioni concedenti. Il primo è lo schema di Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (MIT) circa l’obbligatorietà dei metodi e strumenti di modellazione richiamati dall’art. 23, comma 13, D.Lgs. n.50/2016 (ora convertito in legge con il Decreto Ministeriale n. 560 del 1° dicembre 2017).” [9]

“L’Italia oggi può vantare un grosso passo avanti sotto l’aspetto normativo volto a disciplinare le commesse BIM-based. Oltre al recente e ampiamente argomentato Decreto BIM (DM 560/2017), la Normativa UNI 11337 rappresenta un importante riferimento per tutta la filiera di progetto. La norma è stata suddivisa in 10 parti, di cui sono state sinora pubblicate la 1, 4, 5 e 6. La UNI 11337 norma gli aspetti legati al tema della gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni di cui la metodologia BIM è il mezzo attraverso il quale ottenerla. I capisaldi della UNI 11337 sono descritti nelle parti tutt’ora pubblicate.” [10]

Le parti della normativa BIM attualmente in vigore sono le seguenti: 1,3,4,5,6,7

1: *Modelli, elaborati e oggetti* legati principalmente agli aspetti della gestione digitale informativa nel processo delle costruzioni e dei prodotti. Questo definisce concetti generali sull’origine delle informazioni iniziando dalla definizione del dato, fino ad arrivare a definire le strutture più complesse e alla definizione delle fasi del processo informativo.

3: *Raccolta, archiviazione e organizzazione delle informazioni tecniche* per i prodotti di costruzione. Lo scopo è quello di indicare un modello strutturato per la raccolta e archiviazione dei dati comprese di informazioni tecniche attraverso template predefiniti.

Questo modello ha la possibilità di raccogliere informazioni e descrizioni misurabili e non misurabili, suddivise in due categorie: LOI (attributi informativi non geometrici) e LOG (attributi informativi geometrici).

4: *Sviluppo informativo di modelli e oggetti* che si concentrano sui livelli di sviluppo dei modelli e degli oggetti, definiti con l'acronimo LOD (livello di sviluppo degli oggetti digitali). I LOD italiani si sviluppano con una scala di classificazione che va da "A" a "G" rispetto alla classificazione di altri paesi che optano per una scala numerica.

5: *Flussi e requisiti* che sono necessari alla produzione e gestione delle informazioni, trasmissione e connessione dei dati nei processi di costruzione digitalizzata. Ha lo scopo di spiegare il coordinamento di modelli grafici con analisi di incoerenze e interferenze, chiamate anche clash detection e code checking.

6: *Guida alle indicazioni procedurali per la redazione del capitolato informativo*, spiega le indicazioni procedurali alla corretta scrittura del capitolato informativo, per evitare incomprensioni, problemi nelle fasi del processo e perdite di tempo.

7: *Requisiti di conoscenza* nella gestione e modellazione informativa per le figure coinvolte nel processo, come: BIM manager, BIM coordinato e BIM specialist.

2. Metodologia

2.1. Schema metodologico

Il seguente schema metodologico rappresenta graficamente il processo adottato per ottenere i risultati prestabiliti inizialmente.

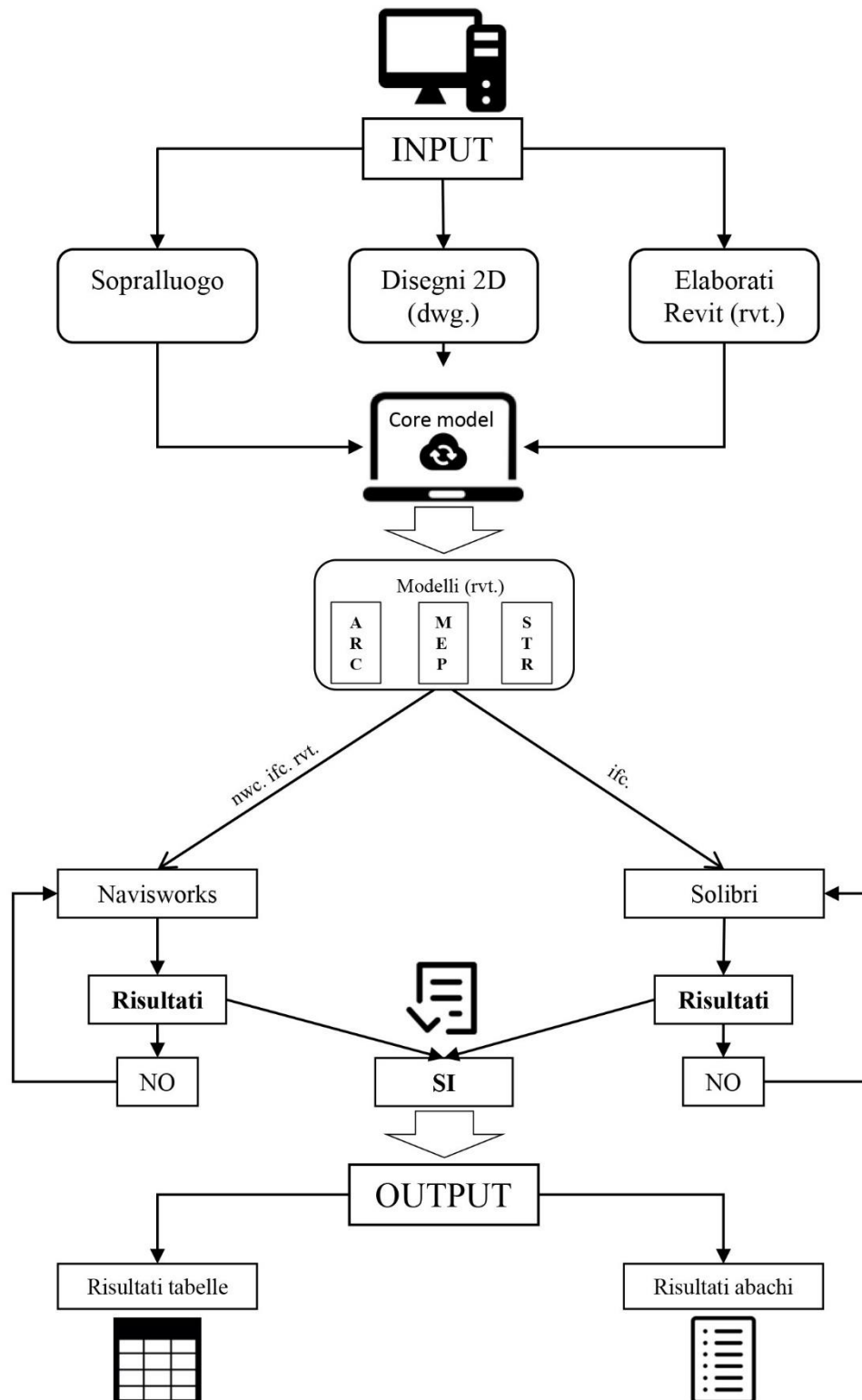


Figura 12 : Schema del workflow: [Fonte: elaborato personale]

Per svolgere il seguente elaborato sono stati usati i seguenti software.







Software utilizzati		
Icona software	Specifiche tecniche	Descrizione
	Autodesk Revit 2017 Sistema Operativo: Windows 10	Utilizzato per la modellazione meccanica del Centro Servizi
	Solibri Sistema Operativo: Windows 10	Utilizzato per il controllo delle interferenze
	Autodesk Navisworks 2017 Sistema Operativo: Windows 10	Utilizzato per il controllo delle interferenze
	DDS-CAD Sistema Operativo: Windows 10	Utilizzato per trovare le coordinate spaziali del modello
	Microsoft Excel Sistema Operativo: Windows 10	Utilizzato per il controllo dei dati e compilazione parametri
	Microsoft Access Sistema Operativo: Windows 10	Usato per completare il codice identificativo

Tabella 1: Software utilizzati: [Fonte: elaborato personale]

2.2. Raccolta documenti

Prima di tutto, come input di partenza si sono raccolti tutti i dati di riferimento al Centro Servizi. Sono stati accuratamente analizzati e controllati, in modo tale da apprendere il meccanismo funzionale delle diverse tipologie costruttive, allo scopo di riprodurre al meglio il modello digitale attraverso il software Revit, in modo da avere un grado di affidabilità simile alla realtà. Nello specifico prima di iniziare la modellazione HVAC, è stato necessario analizzare e capire i file CAD per comprendere al meglio il funzionamento del sistema meccanico, in modo tale da poterlo modellare nella maniera corretta.

Innanzitutto, dai file CAD si sono potuti comprendere le varie tipologie di sistemi di condotti, i canali delle mandate principali, quelle di ritorno, quelle di riprese e infine quelle di espulsione, distribuiti sui vari livelli del centro servizi. Grazie ai file rvt. del modello strutturale e quello architettonico si è potuto capire l'altezza di questi sistemi di condotti, in modo tale da non creare conflitti con altri oggetti.

Infine, per realizzare le macchine termiche e tutte le attrezzature meccaniche, è sempre stato necessario usare i file CAD a disposizione. I file rappresentavano in modo abbastanza dettagliato la forma e le caratteristiche tecniche delle attrezzature, in maniera tale da poter essere riprodotte con il software inserendo tutte le caratteristiche necessarie.

2.3. Creazione del file di modello

Per la modellazione dell'impianto meccanico HVAC aria dei livelli 2,3 e 4 del Centro Servizi, è stato utilizzato il software revit 2017. Questa scelta è in linea con i software utilizzati dagli altri componenti del team work, ed è ricaduta in particolar modo per andare incontro a problematiche di interoperabilità tra le diverse versioni rilasciate, in modo tale da cooperare in una logica di modellazione federata, basata sull'interoperabilità multidisciplinare.

Il modello federato, è stato creato in base a una classificazione dell'iter progettuale denominata “*As Built*”, cioè rappresentare un'opera come è stata realmente costruita, anche in seguito a variazioni progettuali. Questo può accadere per una necessità di modificare il progetto esecutivo, magari derivante nella fase di montaggio in cantiere, dove magari l'elaborato progettuale effettuato dal progettista non risulta fattibile. Per la modellazione infatti si è ricorso alla documentazione “*As built*” fornita dalla Direzione Lavori, che comprende diversi elaborati grafici in formato dwg. Tuttavia, non si poteva sapere se questi elaborati erano effettivamente fedeli alla realtà, in quanto non è stato possibile verificarne la veridicità.

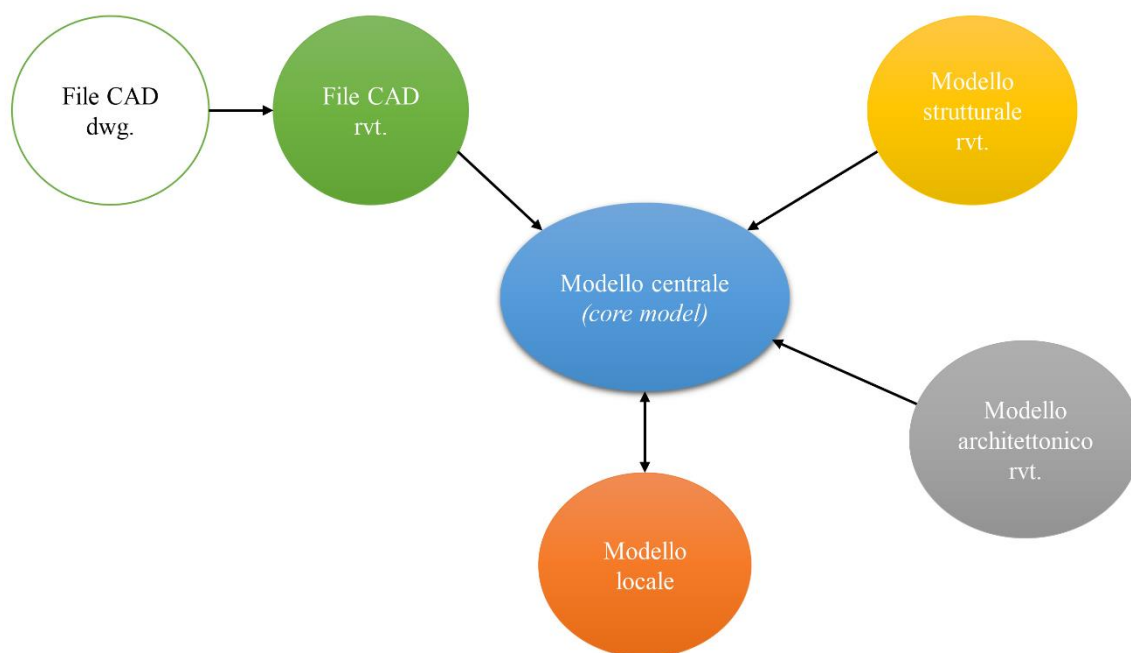


Figura 13: Schema creazione modello centrale: [Fonte: elaborato personale]

Un altro aspetto fondamentale è quello del team durante la fase di realizzazione dell'opera, dove frequentemente si individuano delle criticità progettuali, magari non riscontrabili a livello grafico ma solo nella fase esecutiva. Questi errori dovevano essere risolti per mezzo di soluzioni che potevano provocare il cambiamento del progetto originale, è stato quindi, di fondamentale importanza, avere queste ultime variazioni aggiornate costantemente.

I file CAD, As Built, sono stati ordinati in un file di progetto Revit divisi per piani, in modo tale da consentire una facile lettura e un miglior controllo. Inoltre, sono stati forniti come dati di input, anche i modelli architettonico e strutturale in formato rvt. Questi file di input sono di fondamentale importanza per una corretta realizzazione del modello, poiché, hanno permesso un corretto controllo sulla posizione degli elementi, al fine di evitare incongruenze e conflitti. Per la realizzazione del file di modello, è stato necessario partire da un file vuoto, dove la prima operazione era quella di importare e definire le coordinate di progetto. Benché queste coordinate siano già state fissate da altri studenti del caso studio, si è deciso di importare il modello strutturale, in modo tale da avere una corretta corrispondenza spaziale. Questi file non sono stati semplicemente copiati ed incollati nel modello, ma attraverso una procedura chiamata *link*, sono stati collegati ed è stato possibile ridurre il peso di questo file di modello Revit. I file linkati hanno un enorme vantaggio, cioè quello di non incidere sulla pesantezza del file ospitante. Questo permette innumerevoli vantaggi, tra questi: una facile lettura di file molto complessi, una grande fluidità durante la navigazione e una consultazione dettagliata degli elementi appartenente ai file linkati. La procedura per l'acquisizione delle coordinate è molto semplice: bisogna aprire il file di modello vuoto, andare nella sezione gestisci nella barra degli strumenti, e cliccando sulla voce coordinate si apre un menu a tendina dove poi è possibile andare a selezionare la voce acquisisci coordinate, come nella seguente immagine.

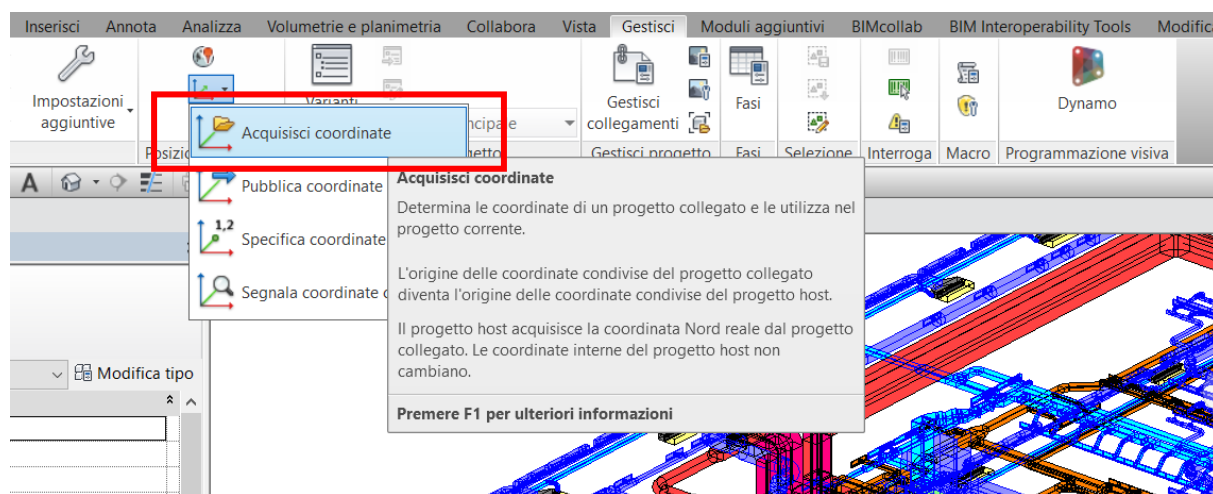


Figura 14: Acquisizione delle coordinate: [Fonte: estratto dal file elaborato tesi]

Pertanto, con questo metodo si sono ricevute le coordinate di riferimento, per gli eventuali successivi collegamenti dei files, è necessario nuovamente andare nella sezione *gestisci* e selezionare *gestisci collegamenti*, cliccare sulla voce *aggiungi*, e selezionare il file .rvt che si desidera linkare facendo attenzione alle varie alternative di *posizionamento*, scegliendo la voce Automatico dà origine a origine. Bisogna fare attenzione alle varie tipologie di posizionamento, perché scegliendo quella sbagliata, si incorre ad avere i file in un unico modello, ma con coordinate spaziali che non coincidono, quindi ad avere dei modelli che non hanno gli stessi punti di riferimento.

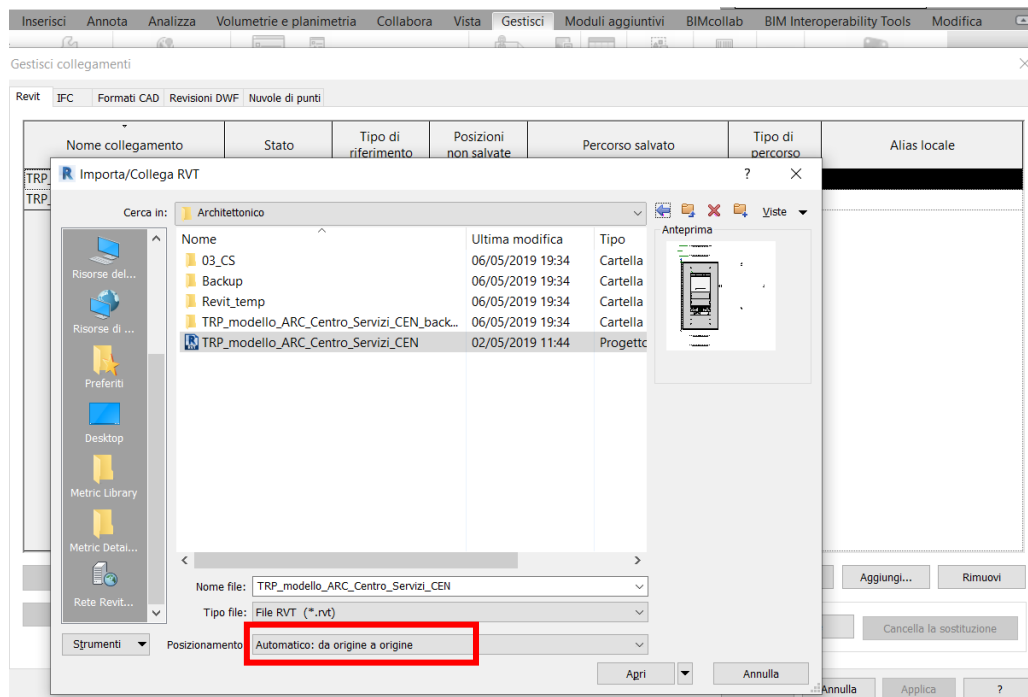


Figura 15: Rappresentazione collegamento links: [Fonte: estratto da file elaborato tesi]

Dopo aver inserito le coordinate, è necessario rendere questo file di progetto un modello centrale. Questo è possibile grazie a un semplice salvataggio spuntando un'opzione che rende tale file centrale. Una volta effettuata questa operazione, è necessario chiudere il file e successivamente riaprirlo per poter creare il proprio file locale associato al modello centrale. Questa procedura avviene durante l'apertura del file centrale, dove esiste un'opzione che dà la possibilità di aprire il corrente file come modello locale.

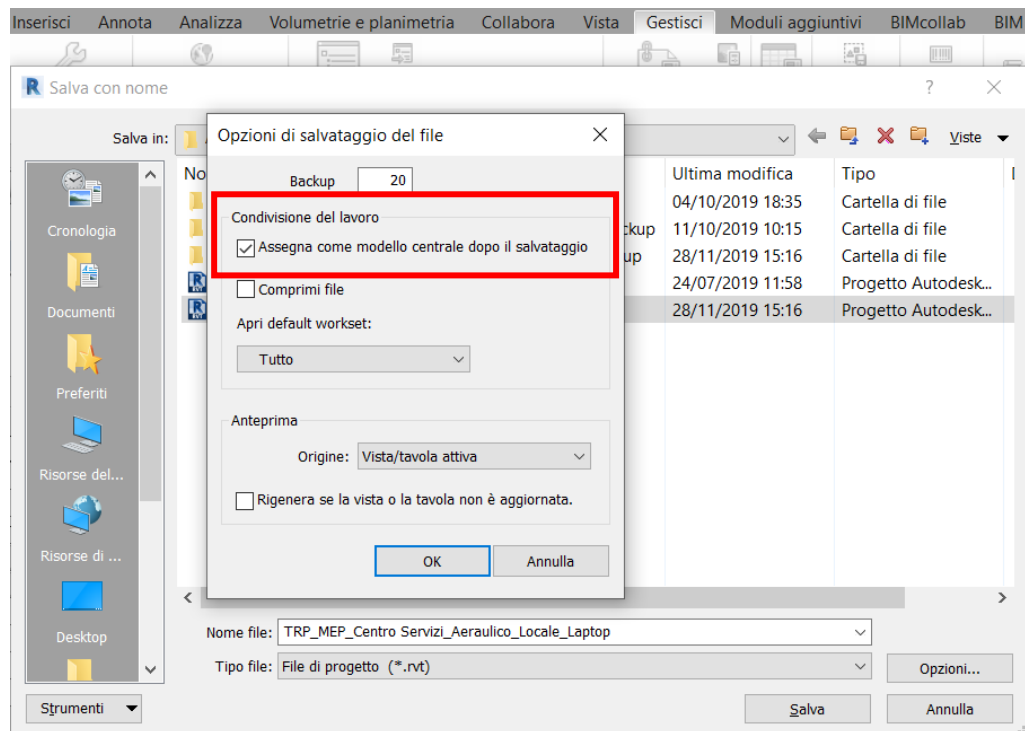


Figura 16: Creazione modello centrale: [Fonte: estratto da file elaborato tesi]

Durante la creazione del modello locale, bisogna prestare attenzione alla posizione del file dopo il salvataggio, perché se il file viene spostato, tale collegamento con il modello centrale andrà perso, e sarà necessario ripetere l'operazione. Da questo punto in poi, il lavoro verrà eseguito sul modello locale, si può quindi salvare il proprio modello nella modalità locale, o si potrà decidere di sincronizzare il proprio modello con quello centrale. Questo metodo dà la possibilità di un lavoro collaborativo multidisciplinare con diversi professionisti, dove ognuno interviene nel proprio modello locale, e aggiornandolo potrà visualizzare, esplorare ed interrogare gli elementi creati dai colleghi delle varie discipline.

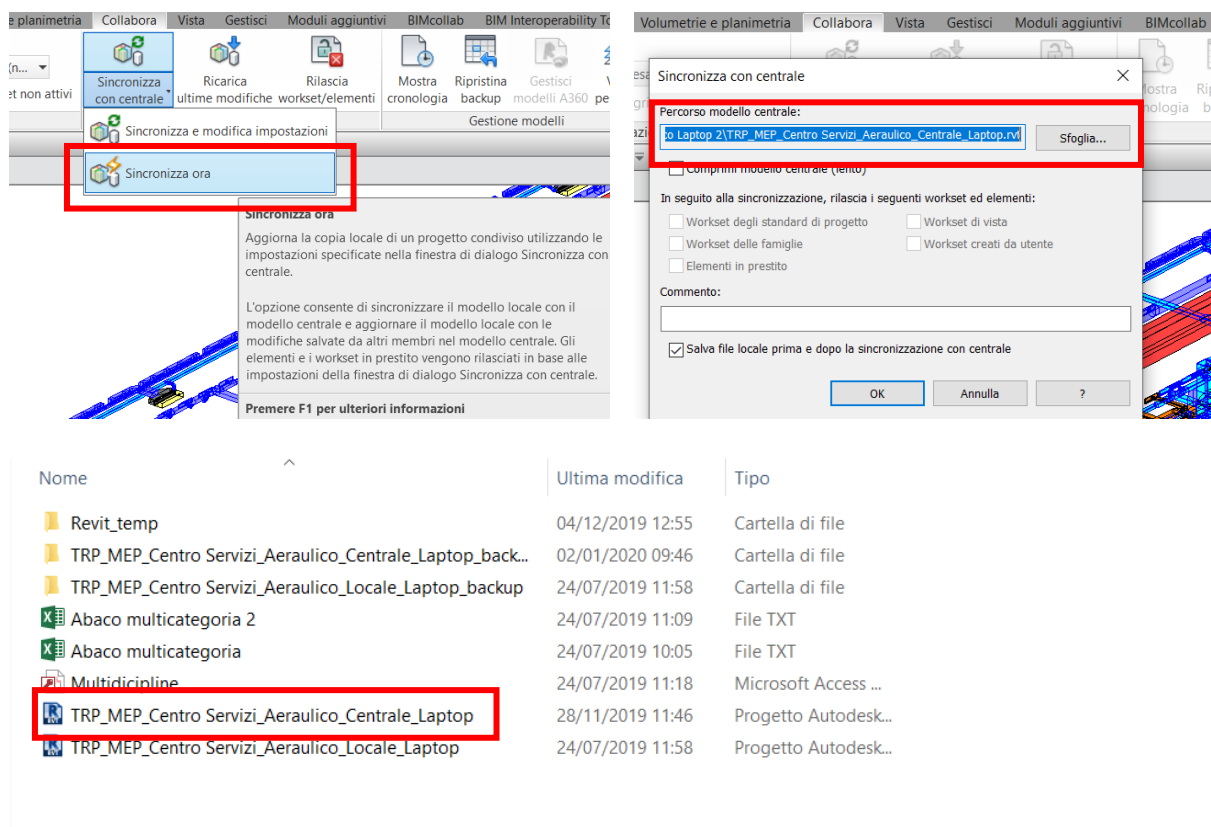


Figura 17: Rappresentazione del processo di sincronizzazione: [Fonte: estratto da file elaborato tesi]

2.3.1. Creazione delle viste di progetto

Innanzitutto, dopo la creazione del file di modello e prima della modellazione, bisogna creare delle viste specifiche necessarie per le rispettive esigenze di modellazione. La creazione della vista è fondamentale durante la fase di modellazione, perché si possono configurare delle impostazioni attribuite a una o più viste, andando a selezionare solo gli elementi necessari da visualizzare per la modellazione. Durante la fase di modellazione HVAC, le viste in pianta sono state impostate rendendo visibili solo le categorie di oggetti necessarie, e che appartenessero solo a quello specifico settore. Per impostare una vista, bisogna selezionarla, successivamente andare in *vista* nella barra degli strumenti, e selezionare la voce *visibilità/grafica*. Dopo di che, si aprirà una finestra dove si potranno selezionare le discipline e successivamente andare a selezionare e deselectare le categorie di oggetti da visualizzare.

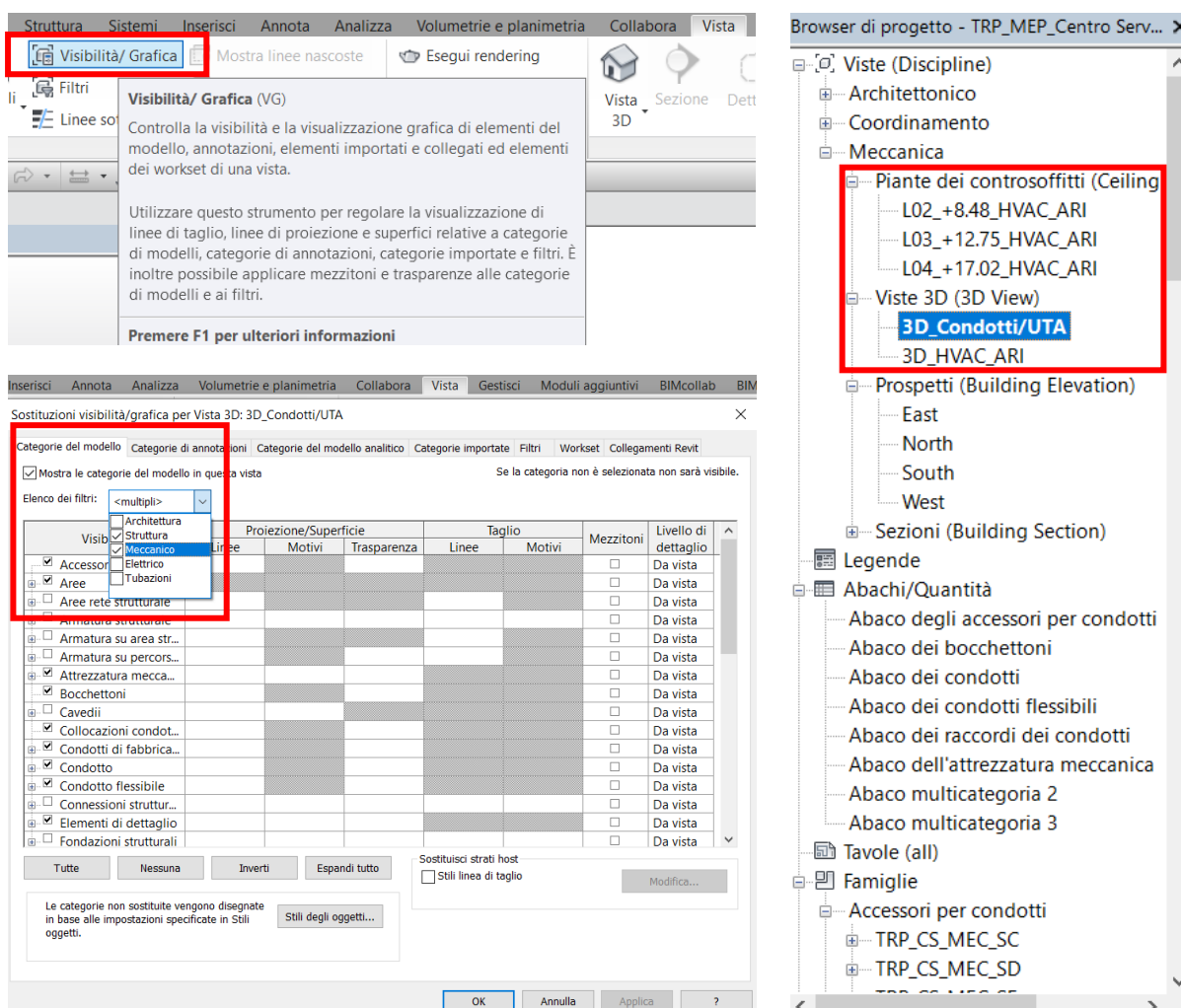


Figura 18: Creazione delle viste: [Fonte: estratto da file elaborato tesi]

2.4. Level Of Development – LOD

L'acronimo LOD indica il “Livello di definizione” degli elementi che il modello BIM deve avere nei diversi livelli e nelle diverse fasi della progettazione. I LOD indicano il grado di dettaglio informativo di un progetto BIM, perciò il livello di dettaglio aumenta con lo svilupparsi del progetto. Nelle fasi iniziali, le informazioni che caratterizzeranno il modello saranno quelle relative alla situazione esistente. Nelle fasi successive si passerà da un semplice modello concettuale ad un modello virtuale grazie ad un livello molto dettagliato.

La definizione dei livelli di dettaglio (LOD) viene concepita dalla necessità di controllare una grande quantità di informazioni e di dati. La scelta di optare per un livello di dettaglio rispetto ad un altro, dipende dalla fase di progetto. Per esempio, in una fase concettuale dove ci saranno solo forme e volumi e dove non sarà definito il materiale, si opterà per un LOD A, che rappresenterà un oggetto simbolico, viceversa in una fase “as built” si cercherà di approfondire il livello con il grado di dettaglio maggiore, cioè quello del LOD F.

La normativa 11337 adotta la seguente definizione di LOD:

- LOD A: le entità sono rappresentate graficamente attraverso un sistema geometrico simbolico o una raffigurazione di genere presa a riferimento senza vincolo di geometria. Le caratteristiche quantitative e qualitative sono indicative;
- LOD B: le entità sono virtualizzate graficamente come un sistema geometrico generico o una geometria d'ingombro. Le caratteristiche qualitative e quantitative sono approssimate;
- LOD C: Le entità sono virtualizzate graficamente come un sistema geometrico definito. Le caratteristiche qualitative e quantitative sono definite in via generica nel rispetto dei limiti della normativa vigente e delle norme tecniche di riferimento e riferibili a una pluralità di entità simili;
- LOD D: le entità sono virtualizzate graficamente come un sistema geometrico dettagliato. Le caratteristiche qualitative e quantitative sono specifiche di una pluralità definita di prodotti simili. È definita l'interfaccia con altri sistemi specifici di costruzione, compresi gli ingombri approssimati di manovra e manutenzione;
- LOD E: le entità sono virtualizzate graficamente come uno specifico sistema geometrico specifico. Le caratteristiche quantitative e qualitative sono specifiche di un singolo sistema produttivo legato al prodotto definito. È definito il livello di dettaglio relativo alla fabbricazione, l'assemblaggio e l'installazione compresi gli specifici ingombri di manovra e manutenzione;

- LOD F: gli oggetti esprimono la virtualizzazione verificata sul luogo dello specifico sistema produttivo eseguito/costruito. Le caratteristiche quantitative e qualitative sono quelle specifiche del singolo sistema produttivo del prodotto posato e installato. Sono definiti per ogni singolo prodotto gli interventi di gestione, manutenzione e/o riparazione e sostituzione da eseguirsi lungo tutto il ciclo di vita dell'opera;
- LOD G: gli oggetti esprimono la virtualizzazione aggiornata dello stato di fatto di una entità in un tempo definito. Sono definiti per ogni singolo prodotto gli interventi di gestione, manutenzione e/o riparazione e sostituzione da eseguirsi lungo tutto il ciclo di vita dell'opera.” [11]








LOD A	LOD B	LOD C	LOD D	LOD E	LOD F	LOD G
						
Geometria Elemento strutturale bidimensionale verticale o pseudoverticale rappresentato mediante un simbolo 2D.	Geometria Elemento strutturale bidimensionale verticale o pseudoverticale rappresentato mediante un solido di estrusione abbozzato con aperture.	Geometria Elemento strutturale bidimensionale verticale o pseudoverticale rappresentato mediante un solido avente dimensioni calcolate secondo la normativa tecnica.	Geometria Elemento strutturale bidimensionale verticale o pseudoverticale rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono modellate tutte le armature in posizione corretta e sono posizionati degli inserti 3D tipici.	Geometria Elemento strutturale bidimensionale verticale o pseudoverticale rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono incluse tutte le armature in posizione corretta, gli inserti specifici del produttore, i dati specifici del fornitore dei materiali e delle armature.	Geometria Come LOD E (rilievo di quanto eseguito).	Geometria Nuovi interventi: Come LOD F (con aggiornamenti) Manutenzione e gestione su elementi esistenti: Come LOD C o D (a partire da).
Oggetto Simboli grafici 2D	Oggetto Solido 3D	Oggetto Solido 3D complesso	Oggetto Solidi 3D complessi	Oggetto Solidi 3D complessi	Oggetto Solidi 3D complessi	Oggetto Solidi 3D complessi
Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> • Posizionamento di massima 	Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> • Materiali ipotizzabili • Incidenza di armatura standard 	Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> • Materiali da calcolo • Incidenza di armatura calcolata 	Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> • Armature 3D • Inserti 3D tipici 	Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> • Inserti 3D reali • Gestione dei getti 	Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> • Certificati di collaudo • Piano di manutenzione 	Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> • Data di manutenzione/sostituzione • Soggetto manutentore • Tipologia di intervento

Figura 19: Tabella rappresentativa dello schema LOD: [Fonte: <https://www.shelidon.it/?p=7828>]

Per descrivere le caratteristiche che ogni oggetto BIM deve avere per appartenere a uno dei livelli di dettaglio LOD, si può fare riferimento alla normativa italiana UNI 11337-4 del 2017, che tratta una diversificazione tra i termini LOD, LOG e LOI.

- LOD: Livello di sviluppo degli oggetti digitali
- LOG: Livello di sviluppo degli oggetti (attributi geometrici)
- LOI: Livello di sviluppo degli oggetti (attributi informativi)

Nella figura seguente viene rappresentato lo schema di strutturazione dei LOD adottato dal paese italiano, dove si può notare che il LOD ha una suddivisione, cioè: una geometrica LOG, e una informativa LOI.

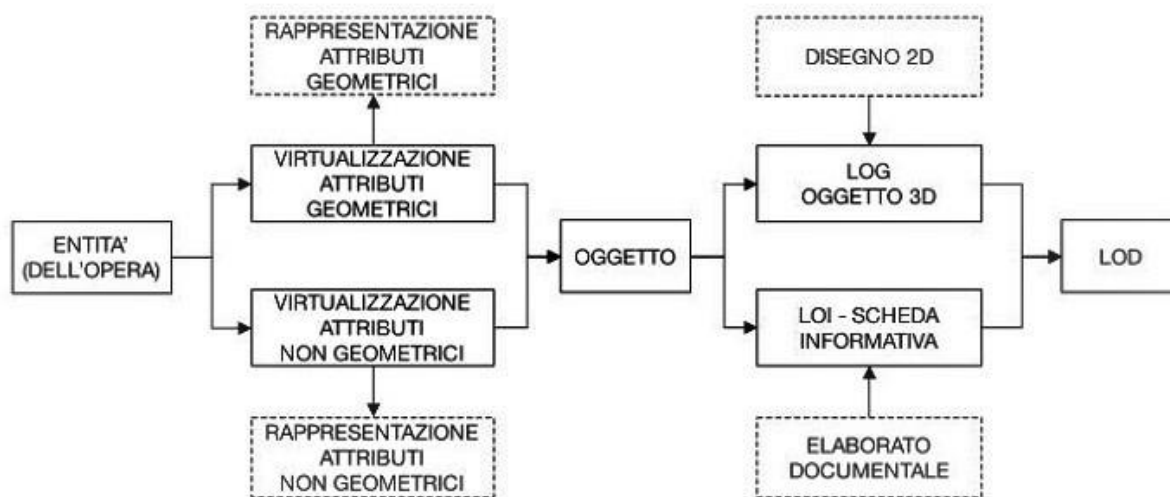


Figura 20: Schema di strutturazione di LOD italiani: [Fonte: <https://www.ingenio-web.it/18667-sistema-dei-lod-italiano-uni-11337-4-2017>]

Nel presente elaborato, durante la definizione del livello di dettaglio degli oggetti appartenenti al modello, si è optato di modellare gli oggetti con un livello intermedio. Con il livello LOD C sono state modellate le componenti geometriche in modo che fosse ben riconoscibile, ma nello stesso tempo che racchiudessero tutti i dettagli parametrici di un livello come quello di un LOD D.

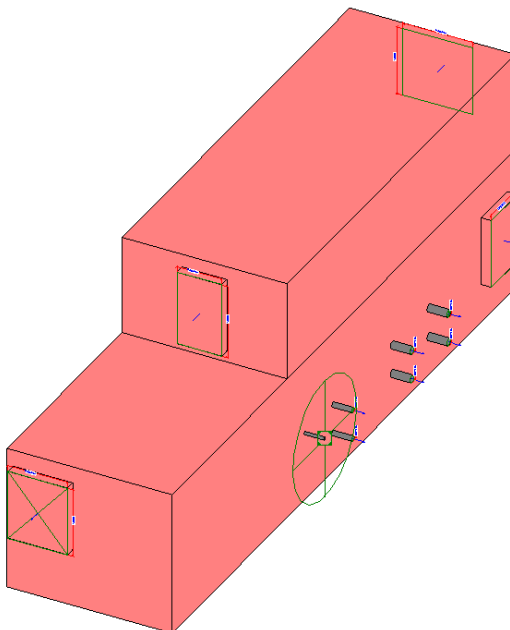
LOD C → TESI ← LOD D	
	GEOMETRIA Elemento meccanico tridimensionale rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali.
	OGGETTO Solido 3D complesso.
	CARATTERISTICHE Definizione di parametri effettivi utili al processo di controllo del sistema HVAC come: -Codice Identificativo -Codice esistente -Affidabilità -Sottodisciplina -Codice padre meccanico -Classi di elementi tecnici

Tabella 2 Scheda livello LOD UTA attrezzatura meccanica: [Fonte: estratto da file elaborato tesi]

2.5. Modellazione MEP

2.5.1. Inserimento delle famiglie

Il software Revit offre una vasta gamma di famiglie nella sua libreria. Bisogna innanzitutto precisare che cosa sia una famiglia, e quanti tipi di categorie di famiglie esistano.

“Per famiglie si intendono classi di elementi all'interno di una categoria. Le famiglie raggruppano elementi con una serie di parametri comuni (proprietà), di uso identico e rappresentazione grafica simile. I diversi elementi di una famiglia possono presentare valori diversi per alcune o tutte le proprietà, ma le combinazioni di proprietà, come i loro nomi e il loro significato, sono uguali.” [12]

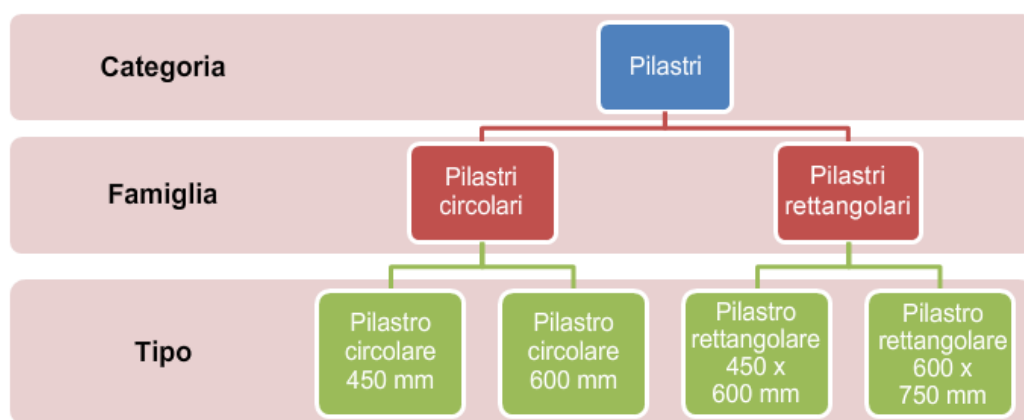


Figura 21: Schema degli elementi Revit: [Fonte: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products>]

Le famiglie utilizzate durante la modellazione in Revit, sono l'insieme di tutti gli elementi che possono essere inseriti in un progetto 2D e 3D. Quindi, le famiglie sono solai, muri, finestre, porte, arredi, quote, testi e qualsiasi cosa che si possa creare con il software Revit. Tutti gli elementi devono appartenere ad una famiglia, e le categorie di famiglie che vengono usate principalmente sono le seguenti tre: famiglie di sistema, famiglie caricabili e famiglie locali.

- *Famiglie di sistema:* Sono tutti quei elementi che sono predefiniti nel software Revit come: muri, tetti, pavimenti, tubazioni e condotti. Questi non possono essere creati né caricati in file separati.
- *Famiglie caricabili:* Sono quelle più comunemente usate e modificate in Revit. A differenza di quelle di sistema, le famiglie caricabili vengono realizzate in file .rfa, e successivamente vengono caricate ed importate nei progetti. Queste famiglie contengono numerosi tipi, quindi c'è la possibilità di caricare solo i tipi necessari.
- *Famiglie locali:* Sono elementi unici e vengono creati quando c'è la necessità di avere un componente univoco e specifico in un progetto. Quando si realizza un elemento locale, viene creato automaticamente in Revit una famiglia che ha un solo tipo, di conseguenza è possibile creare più tipi per famiglia.

Per caricare una famiglia, bisogna andare nella barra degli strumenti e cliccare su *inserisci*, dopo di che, bisogna andare e cliccare su *carica famiglia*. Infine, la finestra che si aprirà, sarà la libreria di Revit dove si potranno selezionare gli elementi da caricare nel modello semplicemente cliccando sulla voce *apri*.

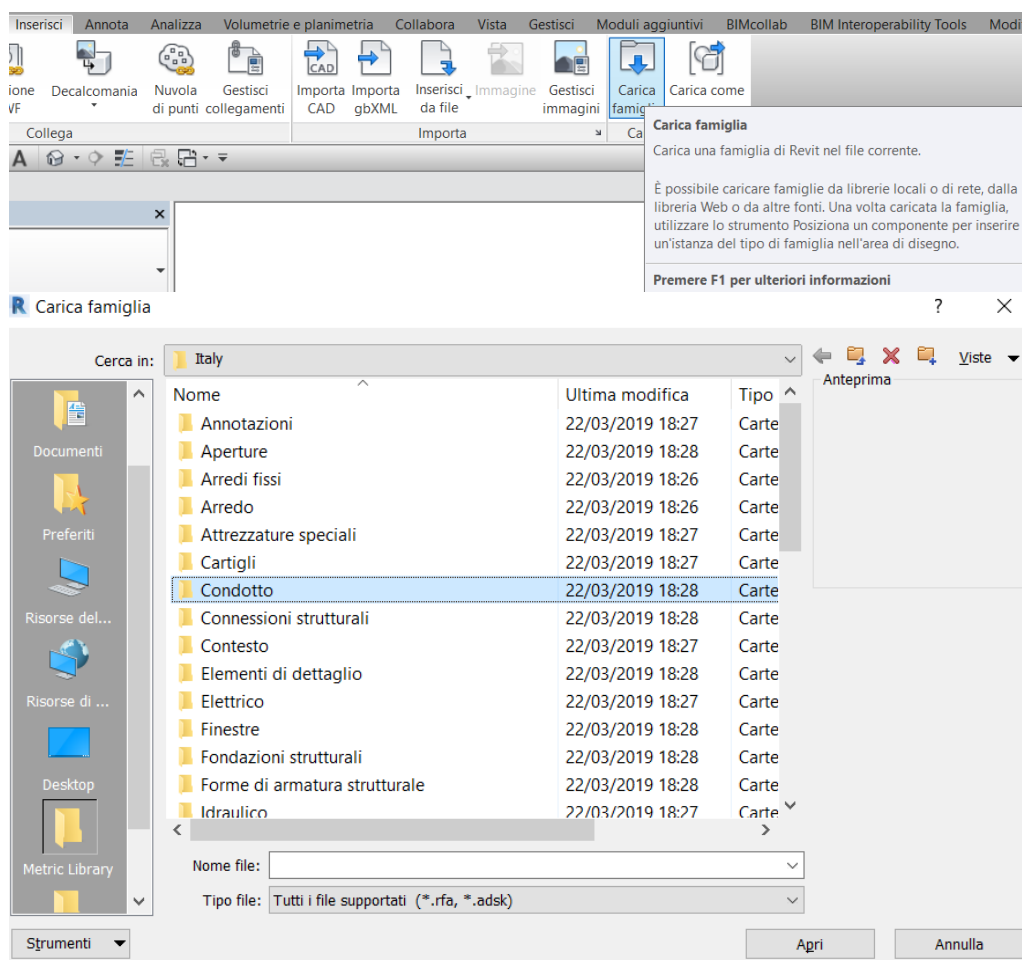


Figura 22: Caricamento di una famiglia: [Fonte: estratto da file elaborato tesi]

Per la creazione di una famiglia caricabile è necessario innanzitutto, definire la volumetria e le dimensioni avvalendosi di un modello di famiglia già creato in Revit. Successivamente è possibile salvare la famiglia come file .rfa e caricarla quando necessario nei progetti.

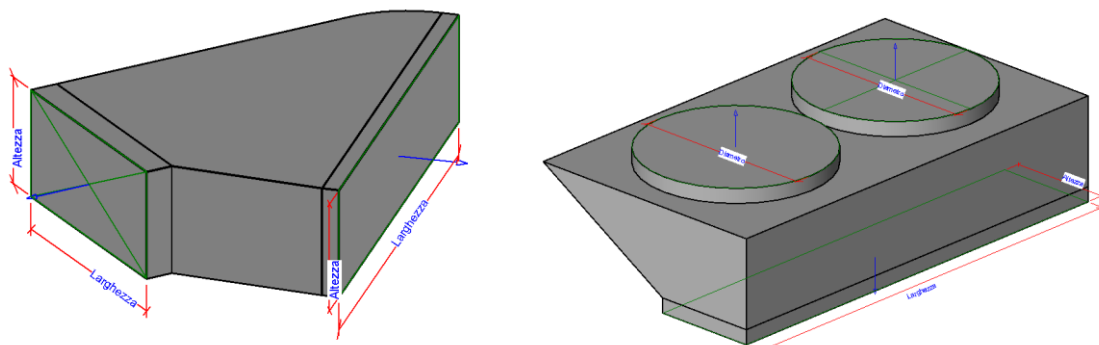


Figura 23: Esempio creazione raccordi: [Fonte: estratto da file elaborato personale]

Esiste la possibilità di creare una famiglia da un file vuoto, per questo è necessario aprire un nuovo modello nell'editor di famiglia. L'editor delle famiglie, ha lo stesso layout progettuale di Revit contenente un'unica scheda chiamata *crea*, e ha lo stesso principio del normale ambiente di lavoro di Revit, che comprende più viste come piante e prospetti. Dopo l'apertura di Revit, c'è la possibilità di aprire un nuovo modello per la creazione della famiglia. Una volta selezionato si aprirà una finestra dove si potrà scegliere che tipo di elemento si vuole modellare, in questo modo Revit aprirà un file già con delle linee guida pronte per la modellazione.

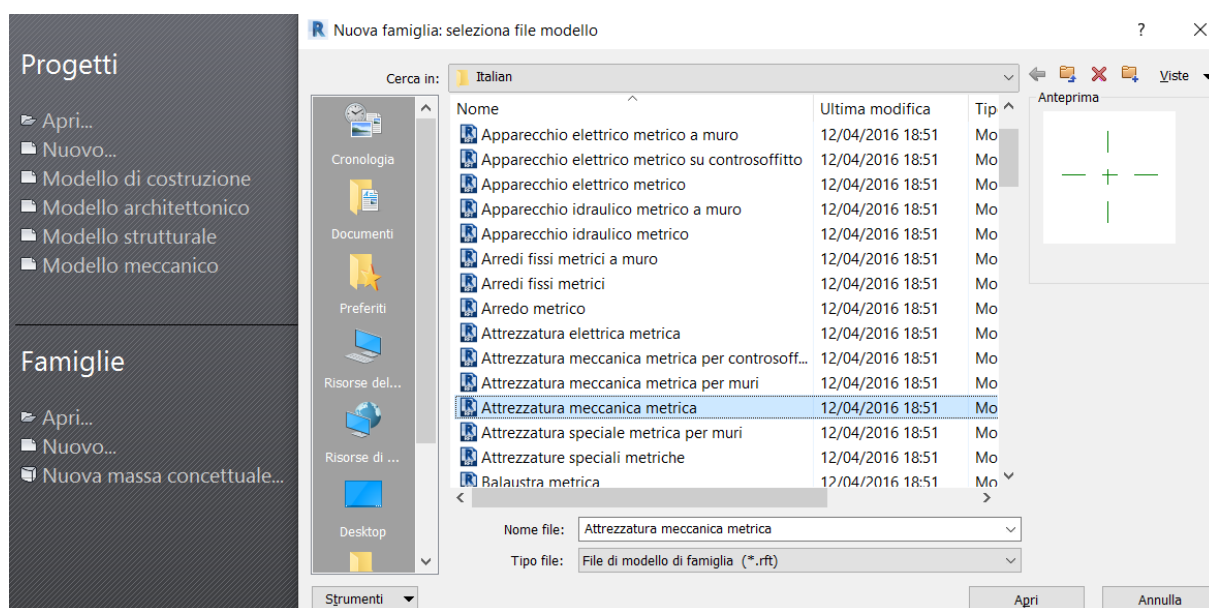


Figura 24: Processo per la creazione di una famiglia: [Fonte: estratto da Revit]

2.5.2. Modellazione aeraulica (HVAC)

Dopo la creazione del modello locale, si è potuti iniziare la modellazione, per prima cosa sono state create delle viste in pianta con le planimetrie dwg dei condotti, in modo tale da poter individuare i vari sistemi di distribuzione, il posizionamento e la dimensione degli oggetti.

I primi elementi ad essere stati modellati e successivamente posizionati, sono stati gli UTA, che si trovano al quarto piano fuori terra. Da questo punto partono tutte le canalizzazioni per la distribuzione dell'aria e di conseguenza sono state modellate le sezioni di impianto composti da canalizzazioni rigide. Sono stati modellati 6 diversi sistemi aerici, differenti tra di loro, che vengono graficamente suddivise in base al colore e alla loro funzione come rappresentato nella seguente figura.







Colori	Descrizione
	Idro - canali mandata primaria
	Idro - canali mandata
	Idro - canali ripresa primaria
	Idro - canali ripresa
	Idro - canali presa aria esterna
	Idro - canali espulsione

Tabella 3: Sistemi aeraulici: [Fonte: elaborato personale]

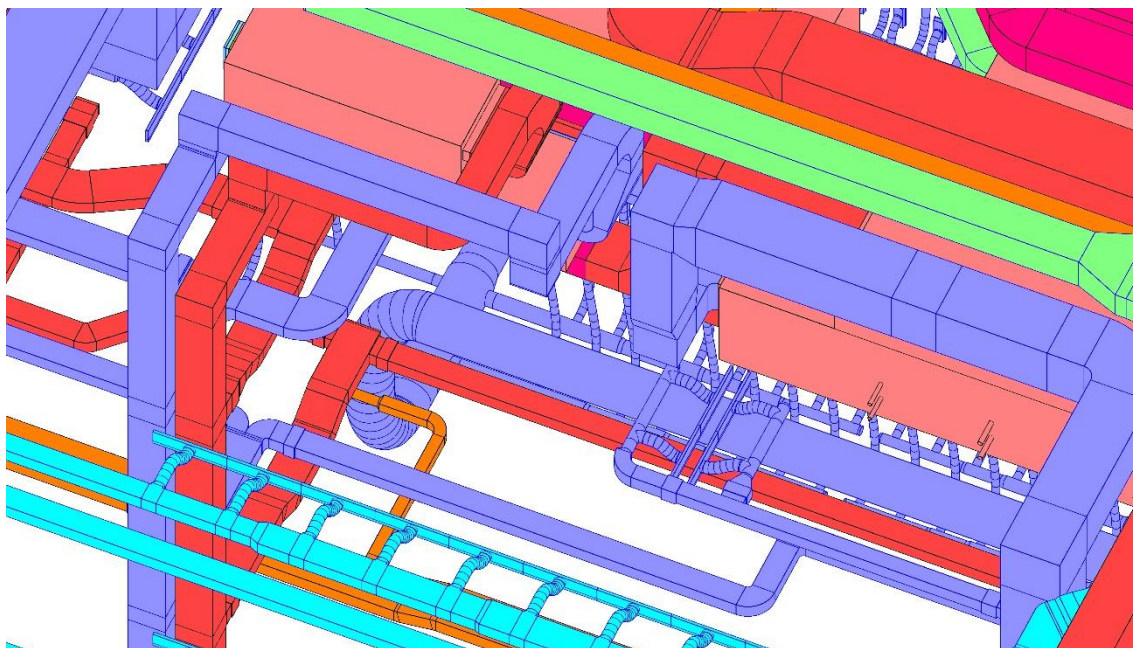


Figura 25: Vista dei diversi tipi di sistemi: [Fonte: estratto da file elaborato tesi]

I sistemi sono stati modellati singolarmente, iniziando da quello delle mandate primarie, e a seguire poi in ordine come rappresentato nella tabella 3. Questi sistemi sono stati modellati sulla base del progetto “as built” fornita dalla Direzione Lavori della Torre Regione Piemonte. In questi file .dwg vengono indicate le dimensioni dei canali e le rispettive quote di posizionamento nel livello associato. Questi canali possono essere suddivisi fondamentalmente in due gruppi, quelli che iniziano e terminano nello stesso livello, dunque quelli orizzontali e poi quelli che iniziano ad un livello e ne attraversano altri, cioè quelli verticali. In questo caso, nel Centro Servizi, i sistemi di condotti avevano anche una distribuzione verticale, per il semplice fatto che gli UTA si trovavano all’ultimo piano.

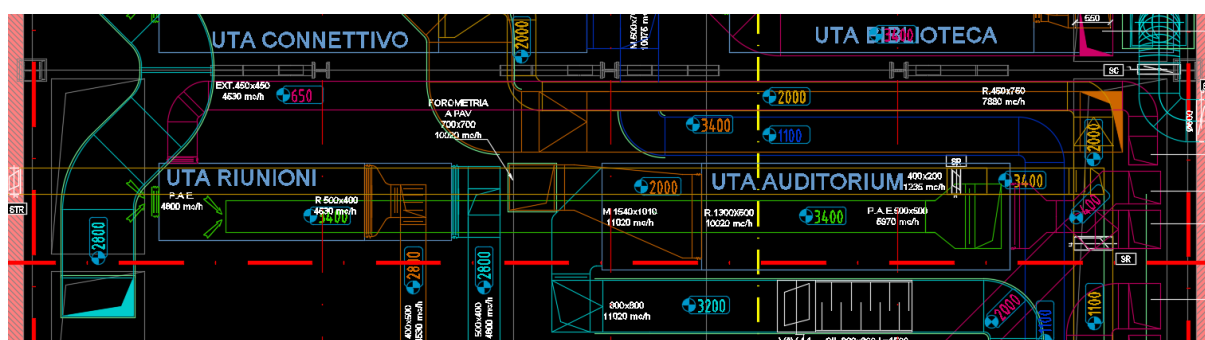


Figura 26: Rappresentazione quote e dimensione canali: [Fonte: estratto da file dwg della Direzione Lavori]

Lungo tutte queste canalizzazioni e per il fatto che alcuni canali si estendevano per diversi piani, è stato necessario inserire serrande tagliafuoco e serrande di regolazione di portata. Di conseguenza, la complessità del sistema aeraulico ha portato alla creazione di nuove famiglie, per tanto si sono modellati nuovi elementi costruiti ad hoc. Sono stati modellati quindi nuovi diffusori, bocchettoni, ventilconvettori, UTA ed elementi basati sul modello generico di condotto. A causa del cambio delle diverse sezioni, da rettangolare a circolare e viceversa, è stato necessario modellare nuovi raccordi specifici che andassero a unire questi due. Come ultimo passaggio, dopo la modellazione dei vari sistemi di canalizzazione e l’inserimento dei terminali, è stato quello di effettuare le connessioni tra canali e terminali, quali: ventilconvettori, bocchettoni, UTA etc. Il Centro Servizi prevede una distribuzione verticale tramite colonne montanti che si trovano nel cavedio, queste ultime variano di dimensione man mano che si va verso il basso, quindi ad ogni cambio di piano è stato introdotto un raccordo a T in modo da poter collegare le colonne che presentavano dimensioni differenti. Inoltre, bisogna prestare molta attenzione durante il collegamento, in modo da non adattare la colonna ad un'unica misura. Questo si fa seguendo una procedura abbastanza semplice, che consiste nell’inserimento del raccordo a T, che propone differenti adattabilità. Inserendo le rispettive misure dei due condotti, si potrà avere un condotto verticale con una variazione di dimensioni.

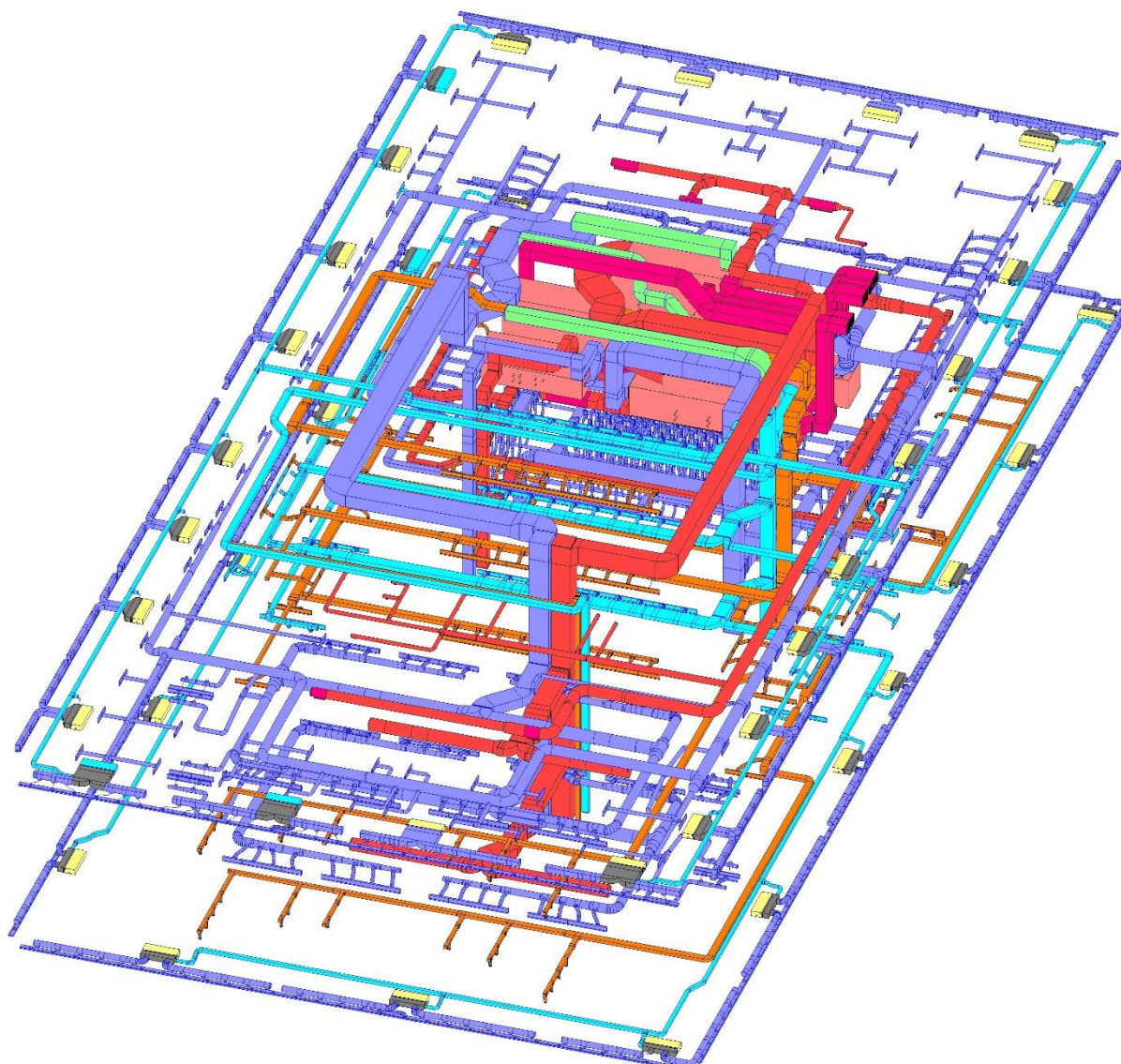


Figura 27: Rappresentazione della modellazione aeraulica: [Fonte: estratto da file elaborato tesi]

Come si può osservare nella rappresentazione soprastante, il sistema aeraulico risulta essere molto complesso. Questa complessità è data dai numerosi tipi di sistemi, e dal fatto che i condotti hanno un ingombro abbastanza considerevole dovendo essere organizzato in uno spazio molto stretto, cioè quello del controsoffitto. Il meccanismo funzionale risulta essere alquanto semplice, tutto ha inizio dagli UTA che si trovano al quarto piano fuori terra. L'aria viene distribuita in tutto il complesso attraverso dei condotti verticali che collegano i vari piani. Sono presenti 6 sistemi differenti:

- *Idro-canali mandata primaria*: l'aria generata dal UTA successivamente arriva nei ventilconvettori dove subisce un secondo trattamento a seconda delle necessità, dopo di che viene distribuita nel sistema connettivo attraverso dei diffusori lineari incassati nel controsoffitto.
- *Idro-canali mandata*: l'aria viene generata dal UTA e viene distribuita nei diversi ambienti del complesso.

2.5.3. Modellazione macchine termiche

Le macchine termiche non sono famiglie di sistema, ma sono famiglie che sono state create appositamente per questo progetto, e che successivamente sono state caricate nel progetto. Questo è il caso dei ventilconvettori e delle UTA. Questi ultimi sono stati modellati a partire da un file di modello vuoto, e per la loro creazione sono stati usati come base, i file CAD che contengono tutte le specifiche inerenti a ciascuna macchina, comprese di misure e portate massime.

UTA SALE CONFERENZE		
Mandata :	15840	m ³ /h
Ripresa :	15000	m ³ /h
P.A.E. :	8480	m ³ /h
Espulsione :	7600	m ³ /h
Lunghezza :	6250 (4914)	mm
Profondità :	1970	mm
Altezza :	2760	mm
Peso app. :	2504	Kg

UTA CONNETTIVO		
Mandata :	10060	m ³ /h
Ripresa :	7880	m ³ /h
P.A.E. :	10060	m ³ /h
Espulsione :	7880	m ³ /h
Lunghezza :	6546 (4350)	mm
Profondità :	1665	mm
Altezza :	2456	mm
Peso app. :	2135	Kg

Figura 29: Caratteristiche UTA [Fonte: Estratto da file CAD]

Le macchine termiche sono state rappresentate, sia nel caso delle UTA, che nel caso dei ventilconvettori, mediante parallelepipedi che simboleggiano la loro forma, quindi sono state rappresentate come delle scatole vuote. Non viene modellato nessun componente al suo interno e non vengono date descrizioni per quanto riguarda la parte interna. Per quanto riguarda la parte esterna, le uniche caratteristiche rappresentate sono le connessioni con i connettori.

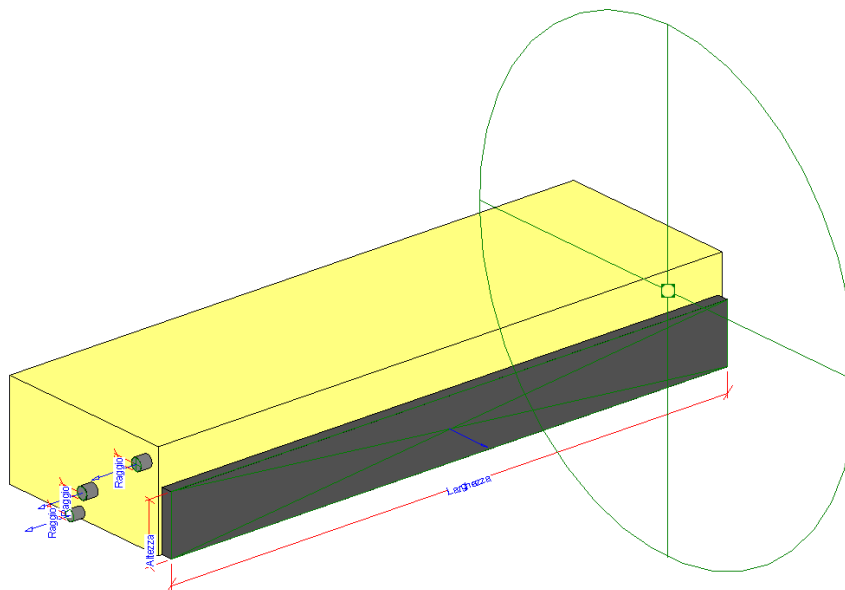


Figura 30: Rappresentazione ventilconvettore [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]

Bisogna prestare molta attenzione nel posizionare questi connettori e soprattutto al tipo di connettore. Questi connettori sono già suddivisi tra mandata, ritorno, espulsione e presa esterna. Una volta inseriti e posizionati nella famiglia che verrà caricata nel modello, sarà impossibile collegare, ad esempio, un connettore di mandata a un circuito di ritorno. In caso di errato collegamento verrà visualizzato un avvertimento di connessione sbagliata. Stessa cosa è stata fatta per la creazione dei connettori idronici ed elettrici.

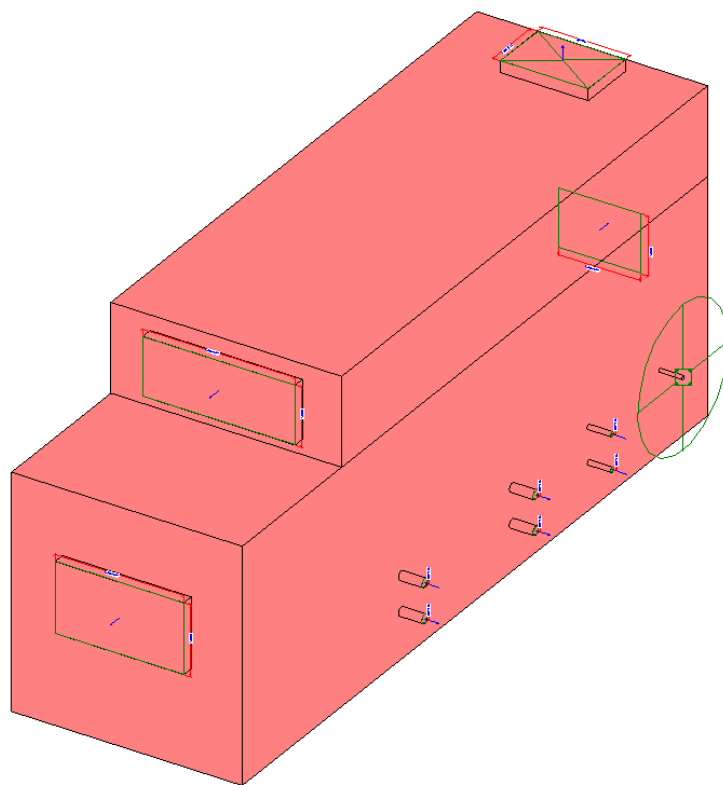


Figura 31: Rappresentazione UTA [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]

2.5.4. Abaco degli elementi meccanici

Per avere una visuale più ampia e dettagliata di facile lettura, sono stati creati degli abachi per ogni tipologia di attrezzatura meccanica. Questo permette una visualizzazione chiara e diretta degli elementi, inoltre consente di verificare le caratteristiche presenti in ogni singolo elemento facilitando la compilazione dei campi o le rispettive modifiche. La creazione degli abachi, in questo caso, è stata utile per il controllo e per la verifica della corretta compilazione di alcuni parametri, uno in particolare è il codice identificativo. Gli abachi sono stati utilizzati anche per verificare che gli elementi fossero assegnati al proprio livello di appartenenza.

I campi usati per creare gli abachi sono i seguenti:

- Tipo
- Livello
- Identificativo
- Codice esistente
- Affidabilità
- Codice Padre Meccanico
- Codice MasterFormat
- Classi di Elementi Tecnici
- Unità Tecnologiche
- Classi di Unità Tecnologiche
- Titolo Master Format
- Sottodisciplina

<Abaco dell'attrezzatura meccanica>

A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		
Famiglia		Tipo		Livello		Identificativo		Codic. Affi		Codice Padre Meccanico		Codice Ma		Classi		Unit		Cla		Titolo MasterFormat		Sotto				
TRP	CS MEC UG	SO	11020 6350x1665	L04	+17.02 HVAC ARI	TRP	CS MEC UG L4 00001	RBK	2	TRP	CS MEC IF Micropro	23	30	00	5.1.2	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC UH	SO	4800 4620x1208	L04	+17.02 HVAC ARI	TRP	CS MEC UH L4 00002	RBK	2	TRP	CS MEC IF Micropro	23	30	00	5.1.2	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC UI	SO	10100 6916x1665	L04	+17.02 HVAC ARI	TRP	CS MEC UI L4 00003	RBK	2	TRP	CS MEC IF Micropro	23	30	00	5.1.2	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC UL	SO	10060 6546x1665	L04	+17.02 HVAC ARI	TRP	CS MEC UL L4 00004	RBK	2	TRP	CS MEC IF Micropro	23	30	00	5.1.2	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC UM	SO	15840 6250x1970	L04	+17.02 HVAC ARI	TRP	CS MEC UM L4 00005	RBK	2	TRP	CS MEC IF Micropro	23	30	00	5.1.2	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VK	TE	1375 1547x250	L02	+8.48 HVAC ARI	TRP	CS MEC VK L2 00001	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VK	TE	1375 1547x250	L02	+8.48 HVAC ARI	TRP	CS MEC VK L2 00002	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VK	TE	1375 1547x250	L02	+8.48 HVAC ARI	TRP	CS MEC VK L2 00003	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VL	TE	1375 1547x250	L02	+8.48 HVAC ARI	TRP	CS MEC VL L2 00004	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VL	TE	1375 1547x250	L02	+8.48 HVAC ARI	TRP	CS MEC VL L2 00005	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VL	TE	1375 1547x250	L02	+8.48 HVAC ARI	TRP	CS MEC VL L2 00006	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VK	TE	1375 1547x250	L02	+8.48 HVAC ARI	TRP	CS MEC VK L2 00007	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VK	TE	1375 1547x250	L02	+8.48 HVAC ARI	TRP	CS MEC VK L2 00008	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VK	TE	1375 1547x250	L02	+8.48 HVAC ARI	TRP	CS MEC VK L2 00009	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VK	TE	1375 1547x250	L02	+8.48 HVAC ARI	TRP	CS MEC VK L2 00010	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VK	TE	1375 1547x250	L02	+8.48 HVAC ARI	TRP	CS MEC VK L2 00011	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VL	TE	1375 1547x250	L02	+8.48 HVAC ARI	TRP	CS MEC VL L2 00012	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VK	TE	1375 1547x250	L02	+8.48 HVAC ARI	TRP	CS MEC VK L2 00013	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VK	TE	1375 1547x250	L02	+8.48 HVAC ARI	TRP	CS MEC VK L2 00014	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VL	TE	1375 1547x250	L02	+8.48 HVAC ARI	TRP	CS MEC VL L2 00015	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VL	TE	1375 1547x250	L02	+8.48 HVAC ARI	TRP	CS MEC VL L2 00016	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VM	TE	1375 1547x250	L02	+8.48 HVAC ARI	TRP	CS MEC VM L2 00017	S23	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VK	TE	1375 1547x250	L04	+17.02 HVAC ARI	TRP	CS MEC VK L4 00006	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VK	TE	1375 1547x250	L04	+17.02 HVAC ARI	TRP	CS MEC VK L4 00007	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VK	TE	1375 1547x250	L04	+17.02 HVAC ARI	TRP	CS MEC VK L4 00008	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VK	TE	1375 1547x250	L04	+17.02 HVAC ARI	TRP	CS MEC VK L4 00009	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VK	TE	1375 1547x250	L04	+17.02 HVAC ARI	TRP	CS MEC VK L4 00010	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VK	TE	1375 1547x250	L04	+17.02 HVAC ARI	TRP	CS MEC VK L4 00011	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VK	TE	1375 1547x250	L04	+17.02 HVAC ARI	TRP	CS MEC VK L4 00012	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VK	TE	1375 1547x250	L04	+17.02 HVAC ARI	TRP	CS MEC VK L4 00013	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VK	TE	1375 1547x250	L04	+17.02 HVAC ARI	TRP	CS MEC VK L4 00014	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VK	TE	1375 1547x250	L04	+17.02 HVAC ARI	TRP	CS MEC VK L4 00015	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VK	TE	1375 1547x250	L04	+17.02 HVAC ARI	TRP	CS MEC VK L4 00016	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VK	TE	1375 1547x250	L04	+17.02 HVAC ARI	TRP	CS MEC VK L4 00017	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VK	TE	1375 1547x250	L04	+17.02 HVAC ARI	TRP	CS MEC VK L4 00018	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VK	TE	1375 1547x250	L04	+17.02 HVAC ARI	TRP	CS MEC VK L4 00019	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VK	TE	1375 1547x250	L04	+17.02 HVAC ARI	TRP	CS MEC VK L4 00020	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI
TRP	CS MEC VK	TE	1375 1547x250	L04	+17.02 HVAC ARI	TRP	CS MEC VK L4 00021	S44	2	TRP	CS MEC UL L4 000	23	82	19	5.1.4	5.1	5									ARI

Figura 32: Abaco attrezzatura meccanica [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]

2.5.5. Gestione del browser di sistema

Durante la modellazione dei sistemi e dei vari componenti, il software Revit 2017 fornisce un ottimo strumento di classificazione per i vari sistemi di impianto, denominato *Browser di sistema*. Si è fatto particolare attenzione nel collegamento di ogni componente con quello prossimo a finché, facesse parte di un sistema gerarchizzato. Questa sezione del programma permette di classificare in una tendina tutti i componenti di impianto raggruppati, che rappresentano tutte le tipologie di sistemi. Per la verifica di tutto ciò, e per il controllo della giusta connessione tra i componenti, è stato necessario effettuare una procedura resa possibile grazie allo strumento *mostra disconnessioni* nella *sezione* del programma BIM. Dopo aver selezionato lo strumento, vengono visualizzate le categorie di componenti da verificare. Selezionando questi componenti, ad esempio i condotti, è stato possibile visualizzare gli errori di disconnessione tra i vari componenti.

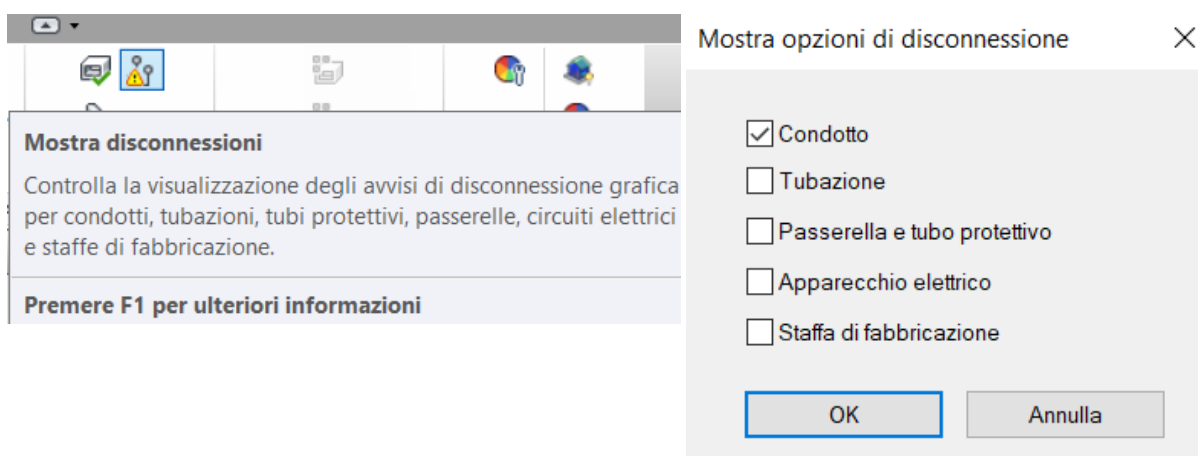


Figura 34: Rappresentazione passaggi per la verifica delle disconnessioni [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]

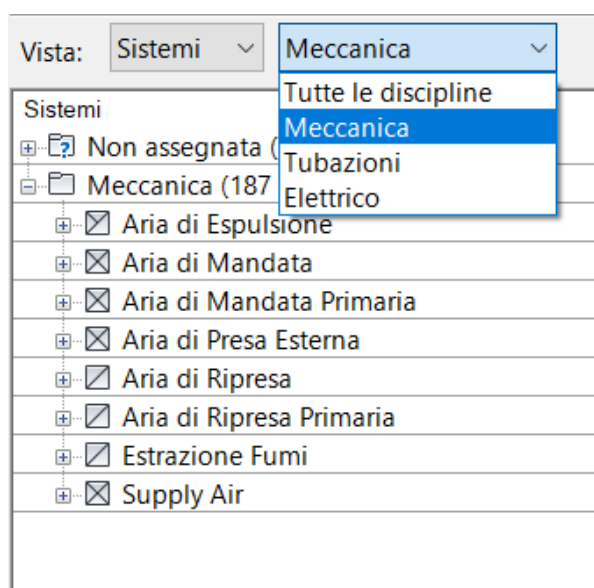


Figura 33: Rappresentazione tendina Browser di sistema [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]

Per ovviare a questo problema, si sarebbero dovuti modellare gli elementi dall'inizio in modo coerente con il sistema scelto, assegnando al primo elemento modellato la classificazione di sistema precedentemente scelta. Il Browser di sistema ha proprio questo scopo di verifica finale, indipendentemente dalla strategia scelta di modellazione. Il metodo consiste nel controllo delle classificazioni di sistema che sono state attribuite automaticamente dal software Revit, e di correggerle attribuendo la giusta connessione dell'elemento facente parte di quel sistema specifico preso in considerazione.

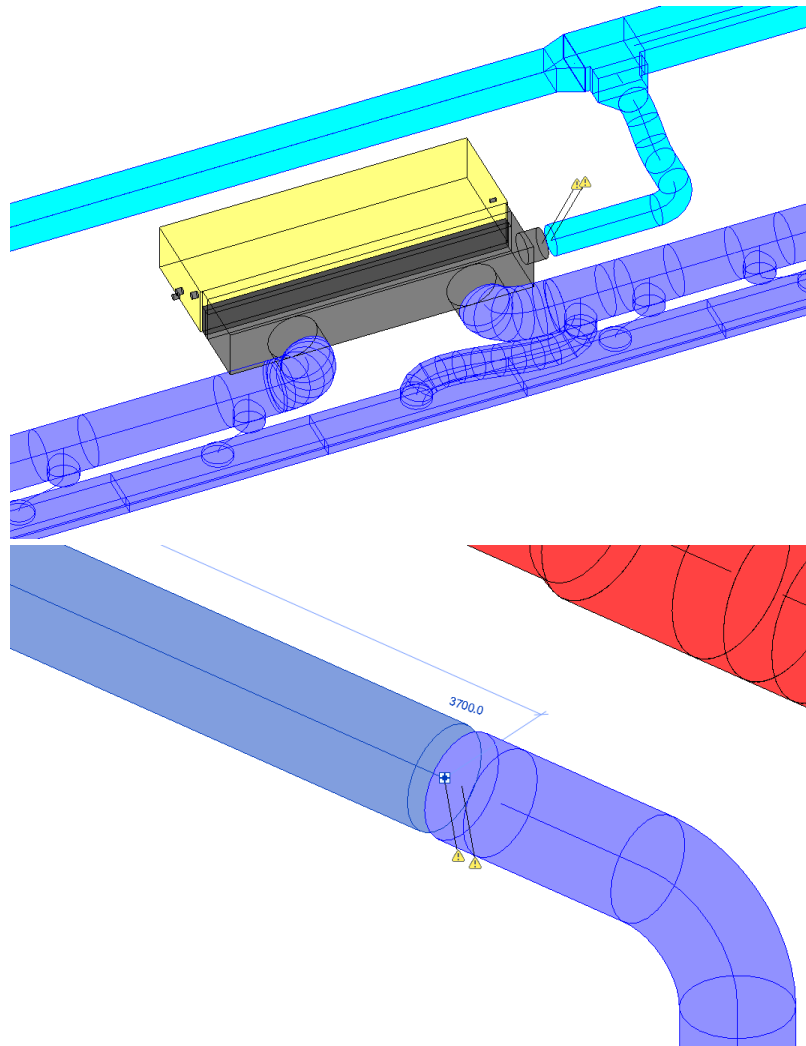


Figura 35: Rappresentazione disconnessione [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]

Dopo aver individuato gli elementi sconnessi nella tendina del Browser di sistema, facenti parte della lista degli elementi non assegnati, è stato possibile visualizzarli graficamente e selezionarli in maniera da potergli connettere con gli elementi facenti parte di un sistema. Così, il passaggio avverrà automaticamente dalla lista dagli elementi *non assegnati* alla lista degli elementi *assegnati*. In questo modo si può avere la certezza di aver eseguito la corretta gerarchizzazione tra gli elementi dei vari sistemi.

2.6. Coordinamento multidisciplinare

Un altro aspetto fondamentale è quello del coordinamento dei file linkati all'interno del file di modello. Innanzitutto si è creato un file .rvt che contiene solo i file .dwg necessari come base per la modellazione dell'impianto meccanico, cioè quelli del secondo, terzo e quarto piano. Prima di tutto si è aperto un file vuoto in Revit, dopodiché si sono linkati i file .dwg nel modello, andando sulla finestra *Gestisci* e cliccando sulla voce *Gestisci collegamenti*, e successivamente il file è stato salvato e chiuso.

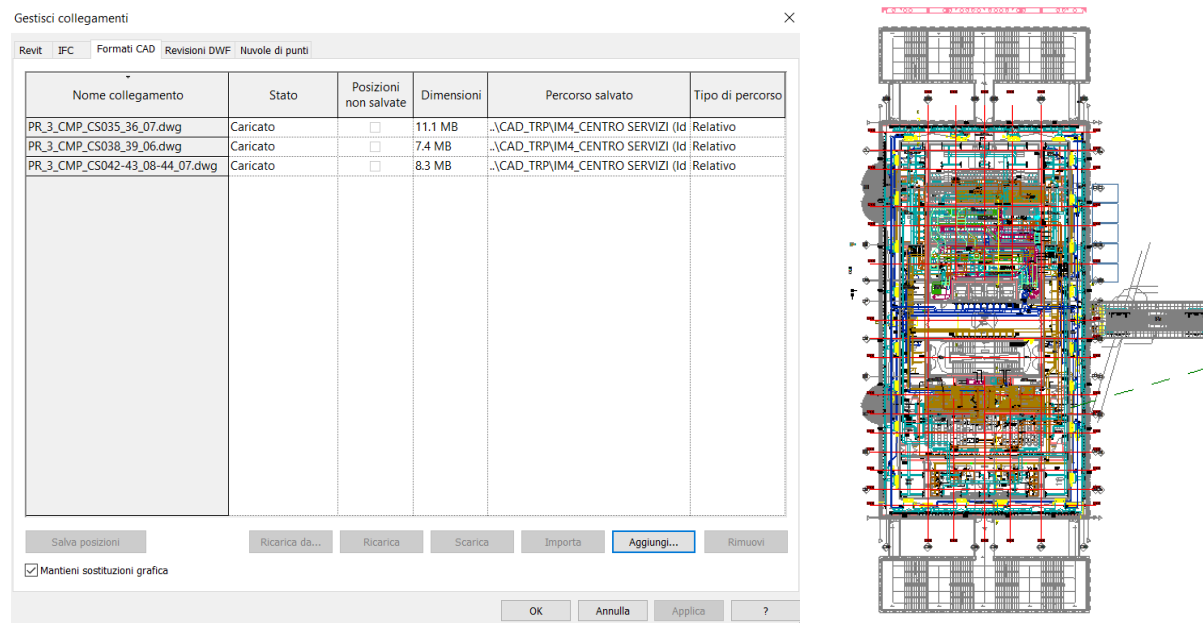


Figura 36: Creazione del file .rvt contenente i file .dwg [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]

Successivamente si è aperto il modello strutturale del Centro Servizi, ed è stato linkato il file del modello architettonico, in modo da avere tutti e due i modelli nello stesso file. Si è prestato particolare attenzione al tipo di riferimento con il quale doveva essere collegato il modello architettonico, per non incorrere alla perdita di informazioni nel collegamento e in accordo con le linee guida si è optato per un collegamento di *associazione*.

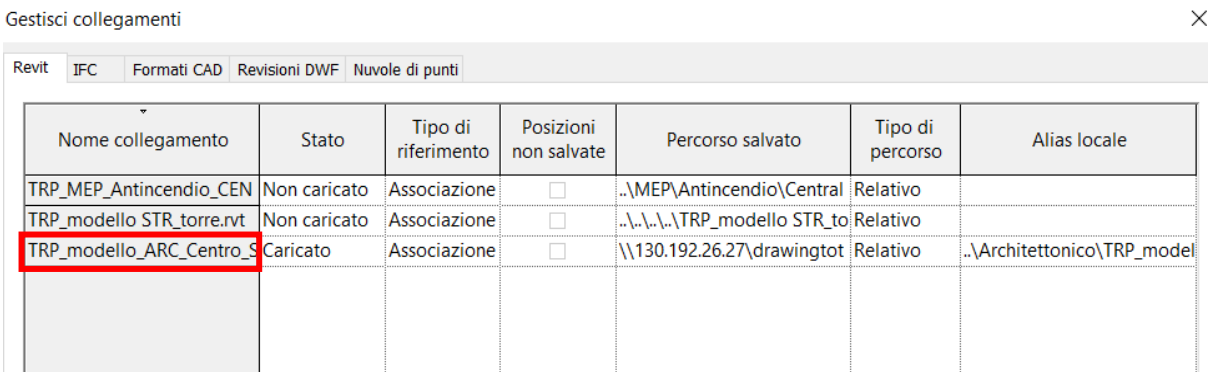


Figura 37: Linkaggio del modello architettonico nel modello strutturale [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]

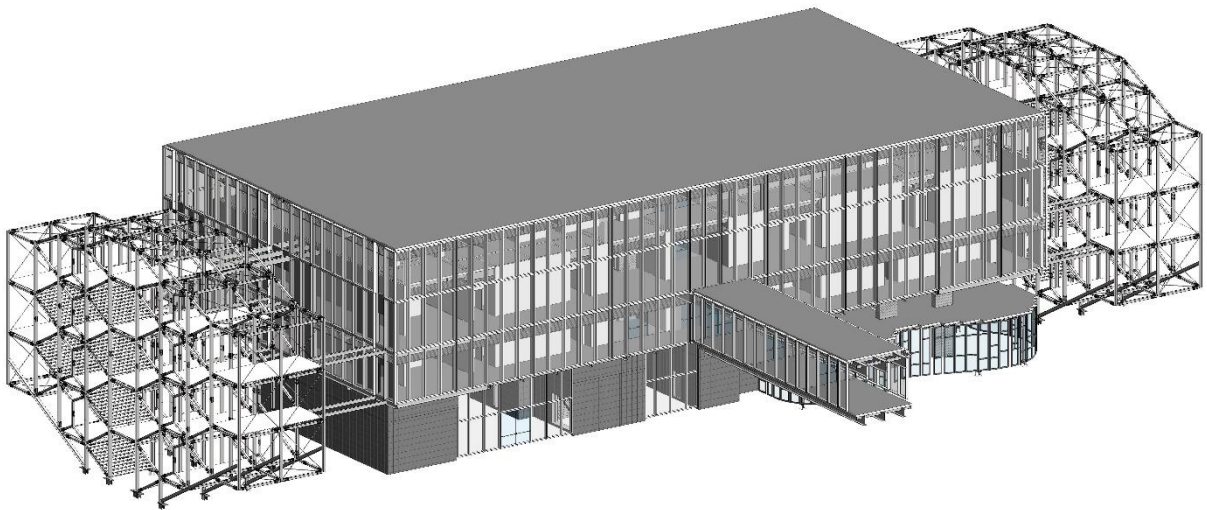


Figura 38: Modello strutturale e modello architettonico [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]

In seguito, dopo la creazione del file del modello meccanico, sono stati linkati sia il file .rvt che conteneva le piante in .dwg, sia il modello strutturale con il collegamento del modello architettonico fatto precedentemente. Il tipo di collegamento fatto per *associazione* ha permesso il corretto inserimento dei modelli attraverso la modalità di linkaggio.

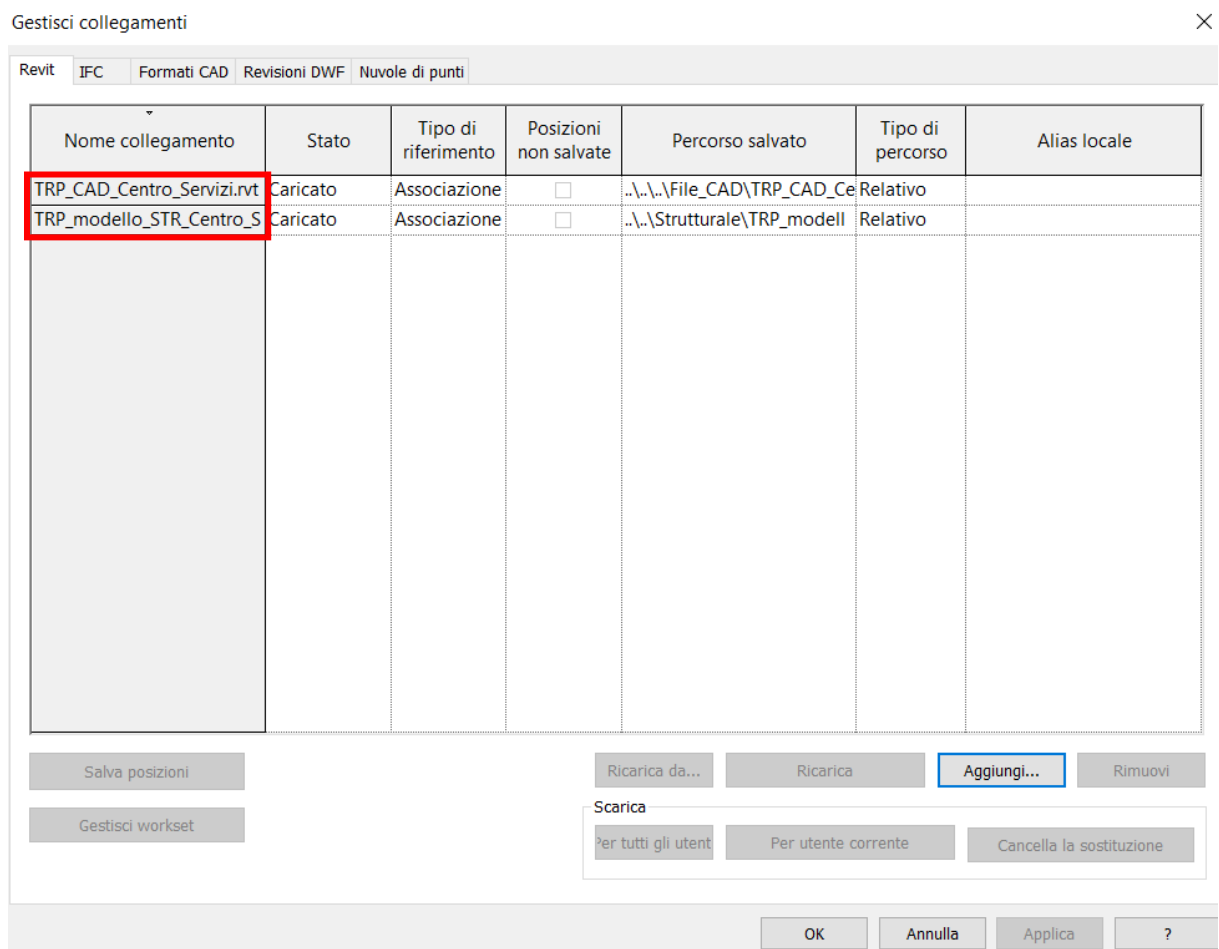


Figura 39: Rappresentazione della corretta avvenuta del linkaggio [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]

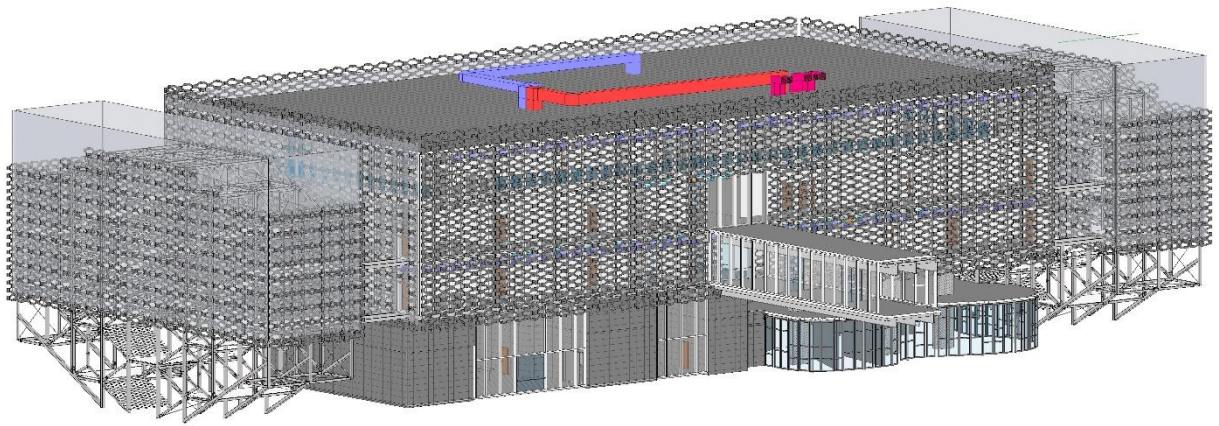


Figura 40: Rappresentazione coordinamento multidisciplinare [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]

2.7. Allineamento standard parametrici

Un punto fondamentale di questo elaborato è l'allineamento a tutti gli standard parametrici stabiliti in precedenza dalla collega Alice Morabito. Nel suo elaborato di tesi, si era concentrata a creare un linguaggio parametrico che fosse comune a tutti, con cui valorizzare le istanze degli elementi nelle vari categorie presenti nel progetto, e con lo scopo di realizzare files .rvt riguardo a differenti discipline che potessero essere interoperabili.

Questi parametri standardizzati sono formati da un set di nove *parametri condivisi* e sono tutti parametri di *testo*. Cinque di questi parametri sono di *tipo* e i restanti quattro sono di *istanza*. Tutti questi parametri devono poi essere inseriti sotto la sezione denominata *generale*.

Parametro	Disciplina	Tipo di parametro	Tipo/Istanza	Raggruppato in	Applicato a
Classi di unità tecnologiche	Comune	Testo	Tipo	Generale	Tutte le categorie di modello
Unità tecnologiche		Testo	Tipo		
Classi di elementi tecnici		Testo	Tipo		
Codice MasterFormat		Testo	Tipo		
Titolo MasterFormat		Testo	Tipo		
Identificativo		Testo	Istanza		
Codice esistente		Testo	Istanza		
Affidabilità		Testo	Istanza		
Sottodisciplina		Testo	Istanza		Viste

Tabella 4: Rappresentazione dei parametri condivisi [Fonte: Tabella elaborato personale da Alice Morabito]

Il significato di ciascun parametro e la definizione sono riportate di seguito:

- *Classi di unità tecnologiche, Unità tecnologiche e Classi di elementi tecnici:*
Questi parametri fanno riferimento alla norma UNI8290 e forniscono in campo residenziale quella che è la classificazione e l'articolazione degli elementi del sistema tecnologico, in base al ruolo interno che ogni elemento deve svolgere in quello che è l'organismo edilizio. Questi parametri, come da normativa, vengono scomposti in tre grandi gerarchie dove vengono descritte in modo più approfondito.
- *Codice MasterFormat e Titolo MasterFormat:*
Questi parametri sono stati compilati grazie ad un elenco chiamato CSI CODE che rappresenta un catalogo riferito alle industrie di costruzione. Questi rappresentano pratiche costruttive che sono state integrate per aggiungere un ulteriore livello di dettaglio, grazie alla quale si riesce a comprendere meglio la descrizione degli elementi.

- *Identificativo*

Questo parametro consiste nella definizione di un codice univoco per ogni singolo oggetto presente nel modello BIM. Tale codice risulta essere molto utile quando ce un'interoperabilità con altri software, dove ogni elemento viene identificato tramite questo codice. Tale parametro è stato compilato secondo le indicazioni fornite nella tesi della collega Alice Morabito, utilizzando il criterio:

Progetto_ Edificio_ Disciplina_ Categoria di modello_ Livello_ Numero progressivo

- *Codice esistente*

Il parametro codice esistente è stato concepito per incrementare ulteriormente il grado di dettaglio degli oggetti. Questo avviene tramite una correlazione tra oggetti sviluppati con altri software, ad esempio CAD, e con quelli della metodologia BIM. La compilazione di tale parametro, è avvenuta grazie alla documentazione che forniva maggiori informazioni sull'oggetto, e che viene così incrementato di maggiori dettagli, evitando così la perdita delle informazioni e che eventualmente potrebbero essere utili in casi futuri.

- *Affidabilità*

Tale parametro rappresenta la veridicità delle informazioni e dei dati fornitoci per la creazione degli oggetti. In poche parole, si basa sull'affidabilità e attendibilità delle informazioni di input per la creazione degli elementi. Perciò l'inserimento di questo parametro rappresenta la veridicità di un oggetto geometrico in termine di misurazioni, che deve essere il più possibile vicino alla realtà. Quindi questo parametro viene suddiviso fondamentalmente in tre livelli basati su una compilazione numerica:

- I. misure in sito
- II. misure da file 2D o documenti
- III. nessuna indicazione

- *Sottodisciplina*

Questo parametro è stato applicato solo alle viste, cioè nella fase iniziale durante la creazione del template. In questo caso ARI, perché gli oggetti di vista modellati sono componenti aeraulici.

Per la compilazione dei parametri condivisi, è stato utile in modo rilevante la creazione degli abachi di quantità per ciascuna delle categorie di elementi presenti all'interno del modello. Questo ha facilitato la compilazione e la verifica, e soprattutto il controllo della giusta e corretta compilazione di tutti i campi relativi ai parametri condivisi.

<Abaco dell'attrezzatura meccanica>

A		B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Famiglia		Tipo	Livello	Identificativo	Codice esistente	Affidabilità	Codice Padre Meccanico	Codice MasterFormat	Classi di Elementi Tecnici	Unità Tecnologiche	Classi di Unità Tecnologiche	Titolo MasterFormat	Sottodisciplinari
RP	CS MEC UG	SO 11020 6350x166	L04 +17.02 HVAC	ARI	TRP CS MEC UG L RBK	2	TRP CS MEC IF Microprocessore	23 30 00	5.12	5.1	5	HVAC Air Distribution	ARI
RP	CS MEC UH	SO 4800 4620x1208	L04 +17.02 HVAC	ARI	TRP CS MEC UH L RBK	2	TRP CS MEC IF Microprocessore	23 30 00	5.12	5.1	5	HVAC Air Distribution	ARI
RP	CS MEC UL	SO 10060 6916x166	L04 +17.02 HVAC	ARI	TRP CS MEC UL L RBK	2	TRP CS MEC IF Microprocessore	23 30 00	5.12	5.1	5	HVAC Air Distribution	ARI
RP	CS MEC UL	SO 10060 6546x166	L04 +17.02 HVAC	ARI	TRP CS MEC UL L4 RBK	2	TRP CS MEC IF Microprocessore	23 30 00	5.12	5.1	5	HVAC Air Distribution	ARI
RP	CS MEC UM	SO 15840 6250x197	L04 +17.02 HVAC	ARI	TRP CS MEC UM L RBK	2	TRP CS MEC IF Microprocessore	23 30 00	5.12	5.1	5	HVAC Air Distribution	ARI
RP	CS MEC UG	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VK L RBK	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC UG	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VK L S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VK	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VK L S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL L4 00004	23 82 19	5.14	5.1	5	Fan Coil Units	ARI
RP	CS MEC VL	TE 1375 1547x250	L02 +8.48 HVAC	ARI	TRP CS MEC VL L2 S44	2	TRP CS MEC UL						

Figura 44: Esempio abaco attrezzatura meccanica [Fonte: Estratto da file elaborato tesi/

2.8. Codifica famiglie e tipi

Un altro aspetto fondamentale è quello della nomenclatura degli elementi modellati, per questo motivo era di fondamentale importanza avere una nomenclatura tecnica. Per porre rimedio a questo problema, ci si è affidati a una codifica creata dalla collega Alice Morabito, cioè quello di generare un codice univoco per ogni tipologia di elemento modellato, distinguendo così la codifica del tipo da quello della famiglia.

Campo	Contenuto	Alternative	Codice
Progetto	3 lettere alfabetiche maiuscole	Torre Regione Piemonte	TRP
Edificio	2 lettere alfabetiche maiuscole	Torre	TO
		Centro Servizi	CS
		Interrati Torre	IT
		Interrati Parcheggio	IP
Disciplina	3 lettere alfabetiche maiuscole	Architettonico	ARC
		Strutturale	STR
		Meccanica	MEC
		Elettrica	ELE
		Idricosanitario	IDR
		Antincendio	ANT
		Reti fluidiche	RFL
		Impianto di irrigazione	IDI
Famiglia	2 lettere alfabetiche maiuscole	Geotermico	GEO
		Coordinamento	COO
		-	XY

Tabella 5: Nomenclatura famiglia [Fonte: Estratto elaborato Alice Morabito]

In questo modo, all'interno del modello Revit, si è creato un elenco degli elementi classificati per categoria, famiglia e tipo. Dopo di che, tramite una semplice regola, si è assegnato un acronimo di due lettere ad ogni elemento per poterlo identificare. Questo lo si è fatto sia per la famiglia che per il tipo.

- Famiglia → Progetto_Edificio_Disciplin_Famiglia
- Tipo → Caratteristica 1_Caratteristica 2

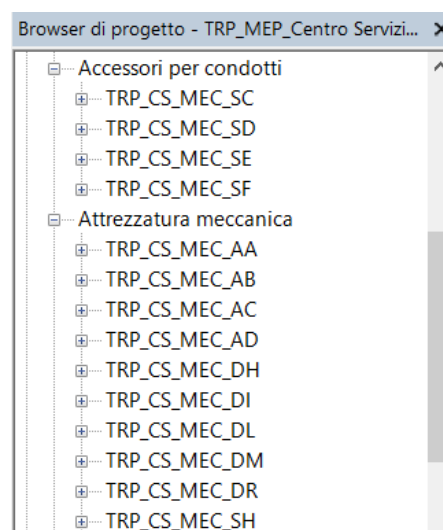


Figura 45: Nomenclatura in Revit [Fonte: Estratto da file elaborato personale]

Categoria	Tipologia di famiglia	FAMIGLIA					TIPO					Nomenclatura Tipo									
		Progetto	Codice Progetto	Edificio	Codice Edificio	Disciplina	Codice Disciplina	Famiglia	Codice Famiglia	Nomenclatura Famiglia	Funzione		Codice Funzione	Caratteristica 1	Caratteristica 2	Codice Caratteristica 1	Codice Caratteristica 2				
Attrezzatura meccanica	Torre Regione Piemonte	TRP	Centro Servizi	CS	Meccanica	MEC	Serranda tagliafuoco circolare	SC	TRP_CS_MEC_SC	Serranda tagliafuoco rettangolare	SD	TRP_CS_MEC_SD	Larghezza	Diametro	112.5	VAR	AC_112.5 VAR				
																	150	VAR	AC_150 VAR		
								Serranda taratura rettangolare	SE		TRP_CS_MEC_SE	Serranda taratura circolare			SF	TRP_CS_MEC_SF	Larghezza	Larghezza x altezza	200	VAR	AC_200 VAR
																			100	VAR	AC_100 VAR
												Silenziatore circolare mandata			SH	TRP_CS_MEC_SH	Larghezza	Larghezza x altezza	150	VAR	AC_150 VAR
																			100	VAR	AC_100 VAR
								Silenziatore circolare Ritorno	SI		TRP_CS_MEC_SI	Silenziatore Rettangolare Mandata			SJ	TRP_CS_MEC_SJ	Larghezza	Lunghezza	150	VAR	AC_150 VAR
																			200	VAR	AC_200 VAR
												Silenziatore Rettangolare Ritorno			SK	TRP_CS_MEC_SK	Larghezza x altezza	Lunghezza	500	VAR	AC_500 VAR
																			560	1200	AC_560_1200
							Ventil convettore_03.1 uscite	VK	TRP_CS_MEC_VK	Ventil convettore_04.1 uscite	VL	TRP_CS_MEC_VL	Capacità Portata	Lunghezza x altezza	630	1200	AC_630_1200				
															1200	1200	AC_1200				
							Ventil convettore_05.1 uscite	VM	TRP_CS_MEC_VM	VAV Circolare Mandata	AA	TRP_CS_MEC_AA	Diametro	Portata (m3/h)	560	3960	RE_560_3960				
															630	5000	RE_630_5000				
								VAV Circolare Ritorno	AB	TRP_CS_MEC_AB	Rete		Diametro	Portata (m3/h)	5100	RE_630_5100					
															3750	RE_560_3750					
								VAV Rettangolare Mandata	AC	TRP_CS_MEC_AC			Larghezza x altezza	Portata (m3/h)	4440	RE_560_4440					
															300x200	800	RE_300x200_800				
								VAV Rettangolare Ritorno	AD	TRP_CS_MEC_AD			Larghezza x altezza	Portata (m3/h)	800x800	11020	RE_800x800_11020				
															300x200	755	RE_300x200_755				
								Uta_01	UG	TRP_CS_MEC_UG			Capacità Portata	Dimensione base	6350x1665	SO_11020_6350x1665					
		4800	4620x1208	SO_4800_4620x1208																	
	Uta_03	UH	TRP_CS_MEC_UH			Capacità Portata	Dimensione base	10100	6916x1665	SO_10100_6916x1665											
								10060	6546x1665	SO_10060_6546x1665											
	Uta_05	UL	TRP_CS_MEC_UL			Capacità Portata	Dimensione base	6250x1970	SO_15840_6250x1970												
								15840													

Tabella 6: Nomenclatura degli elementi: [Fonte: estratto da elaborato personale excel]


2.9. Compilazione parametri condivisi

La gran parte della compilazione dei parametri condivisi è stata svolta manualmente, selezionando singolarmente le famiglie e gli oggetti attraverso i *filtri* e lo strumento *selezione delle istanze*. Questa tipologia, ha automatizzato il processo di selezione delle istanze, e ha facilitato molto la compilazione di molti dei parametri che sono stati già stati elencati in un capitolo precedente. La compilazione è avvenuta in modo rapido e senza complicazioni. I primi parametri ad essere stati compilati sono i seguenti: *Classi di unità tecnologiche*, *Unità tecnologiche* e *Classi di elementi*:

Classi di unità tecnologiche	Unità tecnologiche	Classi di elementi tecnici
5. Impianto di fornitura servizi (segue)	5.4 Impianto di smaltimento aeriformi	5.4.1 Alimentazione 5.4.2 Macchine 5.4.3 Reti di canalizzazione
	5.5 Impianto di smaltimento solidi	5.5.1 Canne di caduta 5.5.2 Canne di esalazione
	5.6 Impianto di distribuzione gas	5.6.1 Allacciamenti 5.6.2 Reti di distribuzione e terminali
	5.7 Impianto elettrico	5.7.1 Alimentazione 5.7.2 Allacciamenti 5.7.3 Apparecchiature elettriche 5.7.4 Reti di distribuzione e terminali

Figura 46: Rappresentazione delle classi tecnologiche [Fonte: Estratto dalla norma UNI8290]

I successivi parametri ad essere stati compilati, sono stati il *Codice MasterFormat* e il *Titolo MasterFormat*:



23 31 00

HVAC Ducts and Casings

CSI Sub Code

Sub Code

Description

23 31 13

Metal Ducts

23 31 13.13

Rectangular Metal Ducts

23 31 13.16

Round and Flat-Oval Spiral Ducts

23 31 13.19

Metal Duct Fittings

23 31 16

Nonmetal Ducts

23 31 16.13

Fibrous-Glass Ducts

23 31 16.16

Thermoset Fiberglass-Reinforced Plastic Ducts

23 31 16.19

PVC Ducts

23 31 16.26

Concrete Ducts

23 31 19

HVAC Casings

Figura 47: Rappresentazione CSI-CODE [Fonte: Acquisizione schermata CSI CODE site]

Proprietà del tipo ✕

Famiglia: Famiglia di sistema: Condotta rettangolare Carica...

Tipo: RE_Raggio/T_VAR Duplica...

Rinomina...

Parametri tipo

Parametro	Valore
Produttore	
Commenti sul tipo	
URL	
Descrizione	
Descrizione assieme	
Codice assieme	
Contrassegno tipo	
Costo	
Workset	Duct Types
Modificato da	
Generale	
Codice MasterFormat	23 31 13
Titolo MasterFormat	Metal Ducts
Classi di Elementi Tecnici	5.1.4
Classi di Unità Tecnologiche	5
Unità Tecnologiche	5.1

^

v

<< Anteprima
OK
Annulla
Applica

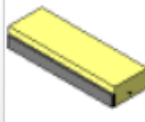
*Figura 48: Compilazione codici di tipo [Fonte:
Estratto da file elaborato tesi]*

Nello specifico, il parametro *affidabilità* non presentava difficoltà nella compilazione, in quanto per la modellazione ci si è basati sui file CAD in 2D e sulla documentazione. In entrambi i casi, il valore del parametro restava invariato, in quanto non si sono prese misurazioni sul campo. Quindi è bastato selezionare tutti gli oggetti presenti nel modello ed attribuire il valore.

L'unica difficoltà nella compilazione del *codice esistente* è stata quella di dove cercare tra i documenti forniti per la modellazione, l'esistenza appunto di questo codice. Successivamente si è proceduti nella selezione degli elementi e nella compilazione manuale del codice.

Il parametro *sottodisciplina* non presentava difficoltà nella compilazione, in quanto il valore del parametro restava invariato per tutti gli oggetti del modello. Anche in questo caso non si sono riscontrati problemi nella compilazione, quindi è bastato eseguire lo stesso procedimento di compilazione come negli altri parametri.

Proprietà



TRP_CS_MEC_VL
TE_1375_1547x250

Attrezzatura meccanica (1) Modifica tipo

Vincoli

Livello	L04_+17.02_HVAC_ARI
Host	Livello : L04_+17.02_HVAC_ARI
Offset	3630.0

Testo

Identificativo	TRP_CS_MEC_VL_L4_00028
Codice esistente	S44
Affidabilità	2
Sottodisciplina	ARI
Codice Padre Meccanico	TRP_CS_MEC_UL_L4_00004
Codice Padre Elettrico	

Figura 49: Compilazione codici di tipo [Fonte Estratto da file elaborato tesi]

L'ultimo parametro condiviso ad essere stato compilato è il *codice identificativo*, che ha avuto una maggiore rilevanza per questo elaborato e che era uno dei parametri più difficili da codificare. Sarà approfondito maggiormente in seguito.

2.9.1. Identificativo

Come già preannunciato, la compilazione del *codice identificativo* è il parametro più difficile da codificare. Quanto già spiegato nei paragrafi precedenti, il codice è composto da una serie di acronimi derivati da molteplici parametri. Riprendendo quanto detto precedentemente, l'identificativo è un codice univoco attribuito a ogni istanza del modello. Le problematiche riscontrate sono principalmente relative alla compilazione del numero progressivo che si trova nella parte finale del codice. La nomenclatura è così composta:

Progetto_ Edificio_ Disciplina_ Categoria di modello_ Livello_ Numero progressivo

Per la compilazione del codice identificativo, si è avvalsi in parte della metodologia sperimentata dalla collega Alice Morabito.

Per completare tale parametro, si sono individuati due modi. Il primo modo consiste nella compilazione manuale, uno ad uno, avvalendosi della creazione di abachi per ogni categoria di modello, o attraverso le proprietà, selezionando manualmente ogni singolo oggetto. Il secondo modo avviene con l'appoggio di un plug-in di Revit: Revit DB Link. Questo plug-in consente l'esportazione di un database del modello di Revit, che dà la possibilità di modificare dei parametri e di reimportarli nel modello. In questo caso si è optato per l'utilizzo di *Microsoft Access*. Innanzitutto, per prima cosa è stato creato l'abaco delle categorie, ordinato nel modo seguente:

Famiglia_ Tipo_ Livello_ Commenti

Proprietà abaco

Campi Filtro Ordinamento/Raggruppamento Formattazione Aspetto

Ordina per: Famiglia ☒ Ascendente ☐ Discendente

☐ Intestazione ☐ Piè di pagina: ☐ Riga vuota

Quindi per: Tipo ☒ Ascendente ☐ Discendente

☐ Intestazione ☐ Piè di pagina: ☐ Riga vuota

Quindi per: Livello ☒ Ascendente ☐ Discendente

☐ Intestazione ☐ Piè di pagina: ☐ Riga vuota

Quindi per: Commenti ☒ Ascendente ☐ Discendente

☐ Intestazione ☐ Piè di pagina: ☐ Riga vuota

☐ Calcola totale: ☐ Titolo totale generale

Totale generale

☒ Elenca ogni istanza

OK Annulla ?

Figura 50: Ordine dell'abaco [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]

Una problematica è stata riscontrata nella fase della creazione dell'abaco, in quanto gli elementi di sistema non presentavano nell'abaco il livello di riferimento, creando così dei problemi. Per risolvere questa problematica è stata sfruttata la compilazione di un parametro già esistente nel *campo identità* di ciascuno oggetto, chiamato *commenti*. La necessità di questo parametro, è stato fondamentale, in quanto è stato usato per indicare il livello di riferimento di tutti quegli oggetti di sistema che nella creazione dell'abaco non presentavano il livello di riferimento. Si è proceduti nella selezione di tutti gli oggetti facenti parte di un livello ed è stato così compilato.

<Abaco multicategoria 3>

A	B	C	D				
Famiglia	Tipo	Livello	Commenti				
TRP CS MEC RI	SO 11020 6350x	L04 +17.02 HV	4	Condotto circolare	RE Raggio stretto	L02 +8.48 HVA	2
TRP CS MEC UH	SO 4800 4620x1	L04 +17.02 HV	4	Condotto flessibile circolare	RE VAR VAR		2
TRP CS MEC UI	SO 10100 6916x	L04 +17.02 HV	4	TRP CS MEC RI	RA 150 VAR	L02 +8.48 HVA	2
TRP CS MEC UL	SO 10060 6546x	L04 +17.02 HV	4	Condotto circolare	RE Raggio stretto		2
TRP CS MEC UM	SO 15840 6250x	L04 +17.02 HV	4	Condotto flessibile circolare	RE VAR VAR		2
TRP CS MEC VK	TE 1375 1547x25	L02 +8.48 HVA	2	TRP CS MEC RI	RA 150 VAR	L02 +8.48 HVA	2
TRP CS MEC VK	TE 1375 1547x25	L02 +8.48 HVA	2	Condotto circolare	RE Raggio stretto		2
TRP CS MEC VK	TE 1375 1547x25	L02 +8.48 HVA	2	Condotto flessibile circolare	RE VAR VAR		2
TRP CS MEC VL	TE 1375 1547x25	L02 +8.48 HVA	2	TRP CS MEC RI	RA 150 VAR	L02 +8.48 HVA	2
TRP CS MEC VL	TE 1375 1547x25	L02 +8.48 HVA	2	Condotto circolare	RE Raggio stretto		2
TRP CS MEC VL	TE 1375 1547x25	L02 +8.48 HVA	2	Condotto flessibile circolare	RE VAR VAR		2
TRP CS MEC VK	TE 1375 1547x25	L02 +8.48 HVA	2	TRP CS MEC RI	RA 150 VAR	L02 +8.48 HVA	2
TRP CS MEC VK	TE 1375 1547x25	L02 +8.48 HVA	2	Condotto circolare	RE Raggio stretto		2
TRP CS MEC VK	TE 1375 1547x25	L02 +8.48 HVA	2	Condotto flessibile circolare	RE VAR VAR		2
TRP CS MEC VK	TE 1375 1547x25	L02 +8.48 HVA	2	TRP CS MEC RI	RA 150 VAR	L02 +8.48 HVA	2

Figura 51: Abaco di Revit [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]

Dopo la compilazione di questo campo e la creazione dell'abaco, si è proceduti con l'esportazione nel seguente modo: nell'interfaccia di *Revit* in alto a sinistra si è cliccata la *R* → *Esporta* → *Rapporti* → dopodiché, l'abaco è stato salvato in formato .txt e successivamente aperto con *Excel*, dove nella sezione *Delimitatori* è stata selezionata l'opzione *Tabulazione*.

M20				
	A	B	C	D
1	Abaco multicategoria 3			
2	Famiglia	Tipo	Livello	Commenti
3				
4	TRP_CS_MEC_UG	SO_11020_6350x1665	L04_+17.02_HVAC_ARI	4
5	TRP_CS_MEC_UH	SO_4800_4620x1208	L04_+17.02_HVAC_ARI	4
6	TRP_CS_MEC_UI	SO_10100_6916x1665	L04_+17.02_HVAC_ARI	4
7	TRP_CS_MEC_UL	SO_10060_6546x1665	L04_+17.02_HVAC_ARI	4
8	TRP_CS_MEC_UM	SO_15840_6250x1970	L04_+17.02_HVAC_ARI	4
9	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	L02_+8.48_HVAC_ARI	2
10	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	L02_+8.48_HVAC_ARI	2
11	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	L02_+8.48_HVAC_ARI	2
12	TRP_CS_MEC_VL	TE_1375_1547x250	L02_+8.48_HVAC_ARI	2
13	TRP_CS_MEC_VL	TE_1375_1547x250	L02_+8.48_HVAC_ARI	2
14	TRP_CS_MEC_VL	TE_1375_1547x250	L02_+8.48_HVAC_ARI	2
15	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	L02_+8.48_HVAC_ARI	2
16	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	L02_+8.48_HVAC_ARI	2
17	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	L02_+8.48_HVAC_ARI	2
18	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	L02_+8.48_HVAC_ARI	2

Figura 52: Abaco in Excel [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]

Dopo aver completato la prima fase di esportazione dell'abaco, in seguito è stato creato un file Access vuoto, salvato con l'estensione .mdb che poi è stato chiuso.

Successivamente dal programma *Revit: R → Esporta → Database ODBC → Nuovo → Microsoft Access Driver (.mdb - .acddb) → Avanti → Sfoglia →* Inserire un nome ODBC nello spazio “Nome file” e salva → *Avanti → Fine →* Seleziona Database scegliendo quello creato nel precedentemente. → *ok → ok →* l'origine dati su file non è stata salvata *ok →* In “cerca in” cercare il nome DSN del file ODCB salvato prima → *ok → ok.* Una volta aperto, tale file risulta essere in italiano.

Da Revit: *Moduli aggiuntivi → Revit DB Link → MS Access 2007 → Seleziona una nuova connessione → esporta.* Una volta creato, è stato aperto e cliccando col tasto destro nella colonna ID, è stata ordinata dalla A alla Z. Tale file Access risulta essere in inglese.

Il successivo step è stato quello di aprire il file access in lingua inglese e copiare le colonne *ID*, *ID Tipo* e colonna *Commenti* in un nuovo file vuoto di Excel.

ACCESS

EXCEL

The screenshot displays two windows side-by-side. The left window shows the Microsoft Access database 'Tutti gli og...' with a table named 'DuctAccessories'. The table has three columns: 'Id', 'IDtipo', and 'Commenti'. The right window shows the Microsoft Excel spreadsheet with the same data copied from the Access table. The Excel spreadsheet has columns A, B, C, D, and E, corresponding to the Access columns. Red arrows point from the Access table to the Excel spreadsheet, indicating the data transfer process.

Id	IDtipo	Commenti
847157	AC_150_VAR	4
848381	AC_150_VAR	4
848451	AC_150_VAR	4
848481	AC_150_VAR	4
848584	AC_150_VAR	4
848700	AC_150_VAR	4
848754	AC_150_VAR	4
848774	AC_150_VAR	4
848843	AC_150_VAR	4
848872	AC_150_VAR	4
848891	AC_150_VAR	4
849424	AC_150_VAR	4
849484	AC_150_VAR	4
849657	AC_150_VAR	4
849880	AC_150_VAR	4
850059	AC_150_VAR	4
850151	AC_150_VAR	4
850228	AC_150_VAR	4
850306	AC_150_VAR	4
850337	AC_150_VAR	4
852724	AC_150_VAR	4

Id	IDtipo	Commenti
246220	SO_11020_6350x1665	4
247278	SO_4800_4620x1208	4
248259	SO_10100_6916x1665	4
249308	SO_10060_6546x1665	4
250295	SO_15840_6250x1970	4
252067	TE_1375_1547x250	2
252334	TE_1375_1547x250	2
252441	TE_1375_1547x250	2
253965	TE_1375_1547x250	2
254035	TE_1375_1547x250	2
254126	TE_1375_1547x250	2
254196	TE_1375_1547x250	2
254246	TE_1375_1547x250	2
254272	TE_1375_1547x250	2
254355	TE_1375_1547x250	2
254412	TE_1375_1547x250	2
254452	TE_1375_1547x250	2
254519	TE_1375_1547x250	2
254653	TE_1375_1547x250	2
254695	TE_1375_1547x250	2
254753	TE_1375_1547x250	2

Figura 53: Copia colonne da Access a Excel [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]

Una volta completata questa fase, cioè quella di riportare le colonne da Access (file in inglese) su Excel, la colonna ID è stata ordinata dalla più *piccola* alla più *grande*. Si può notare quindi che grazie a questo ordine, il file creato ha lo stesso ordine con l'abaco esportato dal software Revit.

Access → Excel

Abaco Revit

Access → Excel				Abaco Revit			
A	ID	C	D	A	B	C	D
1	attrezzatura meccanica	246220	SO_11020_6350x1665	1	TRP_CS_MEC_UG	SO_11020_6350x1665	L04_+17.02_HVAC_ARI
2	attrezzatura meccanica	247278	SO_4800_4620x1208	2	TRP_CS_MEC_UH	SO_4800_4620x1208	L04_+17.02_HVAC_ARI
3	attrezzatura meccanica	248259	SO_10100_6916x1665	3	TRP_CS_MEC_UI	SO_10100_6916x1665	L04_+17.02_HVAC_ARI
4	attrezzatura meccanica	249308	SO_10060_6546x1665	4	TRP_CS_MEC_UL	SO_10060_6546x1665	L04_+17.02_HVAC_ARI
5	attrezzatura meccanica	250295	SO_15840_6250x1970	5	TRP_CS_MEC_UM	SO_15840_6250x1970	L04_+17.02_HVAC_ARI
6	attrezzatura meccanica	252067	TE_1375_1547x250	6	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	02_+8.48_HVAC_ARI
7	attrezzatura meccanica	252334	TE_1375_1547x250	7	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	02_+8.48_HVAC_ARI
8	attrezzatura meccanica	252441	TE_1375_1547x250	8	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	02_+8.48_HVAC_ARI
9	attrezzatura meccanica	253965	TE_1375_1547x250	9	TRP_CS_MEC_VL	TE_1375_1547x250	02_+8.48_HVAC_ARI
10	attrezzatura meccanica	254035	TE_1375_1547x250	10	TRP_CS_MEC_VL	TE_1375_1547x250	02_+8.48_HVAC_ARI
11	attrezzatura meccanica	254126	TE_1375_1547x250	11	TRP_CS_MEC_VL	TE_1375_1547x250	02_+8.48_HVAC_ARI
12	attrezzatura meccanica	254196	TE_1375_1547x250	12	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	02_+8.48_HVAC_ARI
13	attrezzatura meccanica	254246	TE_1375_1547x250	13	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	02_+8.48_HVAC_ARI
14	attrezzatura meccanica	254272	TE_1375_1547x250	14	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	02_+8.48_HVAC_ARI
15	attrezzatura meccanica	254355	TE_1375_1547x250	15	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	02_+8.48_HVAC_ARI
16	attrezzatura meccanica	254412	TE_1375_1547x250	16	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	02_+8.48_HVAC_ARI
17	attrezzatura meccanica	254452	TE_1375_1547x250	17	TRP_CS_MEC_VL	TE_1375_1547x250	02_+8.48_HVAC_ARI
18	attrezzatura meccanica	254519	TE_1375_1547x250	18	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	02_+8.48_HVAC_ARI
19	attrezzatura meccanica	254653	TE_1375_1547x250	19	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	02_+8.48_HVAC_ARI
20	attrezzatura meccanica	254695	TE_1375_1547x250	20	TRP_CS_MEC_VL	TE_1375_1547x250	02_+8.48_HVAC_ARI
21	attrezzatura meccanica	254753	TE_1375_1547x250	21	TRP_CS_MEC_VL	TE_1375_1547x250	02_+8.48_HVAC_ARI
22	attrezzatura meccanica	255583	TE_1375_1547x250	22	TRP_CS_MEC_VM	TE_1375_1547x250	02_+8.48_HVAC_ARI
23	attrezzatura meccanica	255678	TE_1375_1547x250	23	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	L04_+17.02_HVAC_ARI
24	attrezzatura meccanica	255912	TE_1375_1547x250	24	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	L04_+17.02_HVAC_ARI
25	attrezzatura meccanica	255950	TE_1375_1547x250	25	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	L04_+17.02_HVAC_ARI
26	attrezzatura meccanica	256020	TE_1375_1547x250	26	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	L04_+17.02_HVAC_ARI
27	attrezzatura meccanica	256066	TE_1375_1547x250	27	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	L04_+17.02_HVAC_ARI

A	B	C	D	A	B	C	D
1332	Raccordi condotto	458365	RA_150_VAR	1332	TRP_CS_MEC_RI	RA_150_VAR	L02_+8.48_HVAC_ARI
1333	condotto	458366	RE_Raggio stretto_VAR	1333	Condotta circolare	RE_Raggio stretto_VAR	
1334	condotto flessibile	458375	RE_VAR_VAR	1334	Condotta flessibile circolare	RE_VAR_VAR	
1335	Raccordi condotto	458378	RA_150_VAR	1335	TRP_CS_MEC_RI	RA_150_VAR	L02_+8.48_HVAC_ARI
1336	condotto	458379	RE_Raggio stretto_VAR	1336	Condotta circolare	RE_Raggio stretto_VAR	
1337	condotto flessibile	458493	RE_VAR_VAR	1337	Condotta flessibile circolare	RE_VAR_VAR	
1338	condotto flessibile	458496	RE_VAR_VAR	1338	Condotta flessibile circolare	RE_VAR_VAR	
1339	condotto flessibile	458622	RE_VAR_VAR	1339	Condotta flessibile circolare	RE_VAR_VAR	
1340	Raccordi condotto	458625	RA_150_VAR	1340	TRP_CS_MEC_RI	RA_150_VAR	L02_+8.48_HVAC_ARI
1341	condotto	458626	RE_Raggio stretto_VAR	1341	Condotta circolare	RE_Raggio stretto_VAR	
1342	condotto flessibile	458634	RE_VAR_VAR	1342	Condotta flessibile circolare	RE_VAR_VAR	
1343	Raccordi condotto	458637	RA_150_VAR	1343	TRP_CS_MEC_RI	RA_150_VAR	L02_+8.48_HVAC_ARI
1344	condotto	458638	RE_Raggio stretto_VAR	1344	Condotta circolare	RE_Raggio stretto_VAR	
1345	condotto flessibile	458646	RE_VAR_VAR	1345	Condotta flessibile circolare	RE_VAR_VAR	

A	B	C	D	A	B	C	D
4729	condotto flessibile	794819	RE_VAR_VAR	4729	Condotta flessibile circolare	RE_VAR_VAR	
4730	Raccordi condotto	794822	RA_VAR_VAR	4730	TRP_CS_MEC_RL	RA_VAR_VAR	L02_+8.48_HVAC_ARI
4731	condotto	794823	RE_Raggio/Giunti_VAR	4731	Condotta rettangolare	RE_Raggio/Giunti_VAR	
4732	Raccordi condotto	794826	RA_45_150	4732	TRP_CS_MEC_TI	RA_45_150	L02_+8.48_HVAC_ARI
4733	condotto flessibile	794829	RE_VAR_VAR	4733	Condotta flessibile circolare	RE_VAR_VAR	
4734	Raccordi condotto	794832	RA_VAR_VAR	4734	TRP_CS_MEC_RL	RA_VAR_VAR	L02_+8.48_HVAC_ARI
4735	condotto	794833	RE_Raggio/Giunti_VAR	4735	Condotta rettangolare	RE_Raggio/Giunti_VAR	
4736	Raccordi condotto	794836	RA_45_150	4736	TRP_CS_MEC_TI	RA_45_150	L02_+8.48_HVAC_ARI
4737	attrezzatura meccanica	796081	AC_800x800_1500	4737	TRP_CS_MEC_SJ	AC_800x800_1500	L04_+17.02_HVAC_ARI
4738	attrezzatura meccanica	797591	RE_800x800_11020	4738	TRP_CS_MEC_AC	RE_800x800_11020	L04_+17.02_HVAC_ARI
4739	condotto	797810	RE_Raggio/T_VAR	4739	Condotta rettangolare	RE_Raggio/T_VAR	
4740	condotto	797818	RE_Gomito/T_VAR	4740	Condotta rettangolare	RE_Gomito/T_VAR	
4741	Raccordi condotto	797825	RA_0.7_VAR	4741	TRP_CS_MEC_GJ	RA_0.7_VAR	L04_+17.02_HVAC_ARI

Figura 54: Rappresentazione ordine delle colonne [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]

Dopo quest'ultima fase, è stato creato un altro file Excel contenente le colonne di questi ultimi due file. In questo file si sono aggiornati i livelli mancanti degli oggetti e successivamente sono stati ordinati in base al livello dal più *piccolo* al più *grande*.

	A	B	C	D	E	F
1	attrezzatura meccanica	252067	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	L02_+8.48_HVAC_ARI
2	attrezzatura meccanica	252334	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	L02_+8.48_HVAC_ARI
3	attrezzatura meccanica	252441	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	L02_+8.48_HVAC_ARI
4	attrezzatura meccanica	253965	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VL	TE_1375_1547x250	L02_+8.48_HVAC_ARI
5	attrezzatura meccanica	254035	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VL	TE_1375_1547x250	L02_+8.48_HVAC_ARI
6	attrezzatura meccanica	254126	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VL	TE_1375_1547x250	L02_+8.48_HVAC_ARI
7	attrezzatura meccanica	254196	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	L02_+8.48_HVAC_ARI
8	attrezzatura meccanica	254246	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	L02_+8.48_HVAC_ARI
9	attrezzatura meccanica	254272	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	L02_+8.48_HVAC_ARI
10	attrezzatura meccanica	254355	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	L02_+8.48_HVAC_ARI
11	attrezzatura meccanica	254412	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	L02_+8.48_HVAC_ARI

	A	B	C	D	E	F
6681	Raccordi condotto	879564	RA_25_250 x 250	TRP_CS_MEC_CC	RA_25_250 x 250	L04_+17.02_HVAC_ARI
6682	Raccordi condotto	879586	RA_25_250 x 250	TRP_CS_MEC_CC	RA_25_250 x 250	L04_+17.02_HVAC_ARI
6683	Raccordi condotto	879605	RA_25_250 x 250	TRP_CS_MEC_CC	RA_25_250 x 250	L04_+17.02_HVAC_ARI
6684	Raccordi condotto	879633	RA_25_250 x 250	TRP_CS_MEC_CC	RA_25_250 x 250	L04_+17.02_HVAC_ARI
6685	Raccordi condotto	879646	RA_25_250 x 250	TRP_CS_MEC_CC	RA_25_250 x 250	L04_+17.02_HVAC_ARI
6686	Raccordi condotto	879655	RA_25_250 x 250	TRP_CS_MEC_CC	RA_25_250 x 250	L04_+17.02_HVAC_ARI
6687	Raccordi condotto	879671	RA_25_250 x 250	TRP_CS_MEC_CC	RA_25_250 x 250	L04_+17.02_HVAC_ARI
6688	Raccordi condotto	879700	RA_25_200 x 250	TRP_CS_MEC_CC	RA_25_200 x 250	L04_+17.02_HVAC_ARI
6689	Raccordi condotto	879717	RA_25_200 x 250	TRP_CS_MEC_CC	RA_25_200 x 250	L04_+17.02_HVAC_ARI
6690	Raccordi condotto	879793	RA_25_200 x 250	TRP_CS_MEC_CC	RA_25_200 x 250	L04_+17.02_HVAC_ARI
6691	Raccordi condotto	879854	RA_25_200 x 250	TRP_CS_MEC_CC	RA_25_200 x 250	L04_+17.02_HVAC_ARI

Figura 55: Aggiornamento livelli [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]

Come si può notare nelle due immagini soprastanti, si è riusciti a creare un unico file con tutte le informazioni per la realizzazione del codice *identificativo*. Successivamente la colonna “F” è stata scomposta per creare il codice identificativo. La formula utilizzata è stata quella messa in pratica dalla collega Alice Morabito.

6	attrezzatura meccanica	252067	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	L	2	8.48	HVAC	ARI	1	TRP_CS_MEC_VK_L2_00001
7	attrezzatura meccanica	252334	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	L	2	8.48	HVAC	ARI	2	TRP_CS_MEC_VK_L2_00002
8	attrezzatura meccanica	252441	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	L	2	8.48	HVAC	ARI	3	TRP_CS_MEC_VK_L2_00003
9	attrezzatura meccanica	253965	TRP_CS_MEC_VL	TE_1375_1547x250	L	2	8.48	HVAC	ARI	4	TRP_CS_MEC_VL_L2_00004
10	attrezzatura meccanica	254035	TRP_CS_MEC_VL	TE_1375_1547x250	L	2	8.48	HVAC	ARI	5	TRP_CS_MEC_VL_L2_00005
11	attrezzatura meccanica	254126	TRP_CS_MEC_VL	TE_1375_1547x250	L	2	8.48	HVAC	ARI	6	TRP_CS_MEC_VL_L2_00006
12	attrezzatura meccanica	254196	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	L	2	8.48	HVAC	ARI	7	TRP_CS_MEC_VK_L2_00007
13	attrezzatura meccanica	254246	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	L	2	8.48	HVAC	ARI	8	TRP_CS_MEC_VK_L2_00008
14	attrezzatura meccanica	254272	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	L	2	8.48	HVAC	ARI	9	TRP_CS_MEC_VK_L2_00009
15	attrezzatura meccanica	254355	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	L	2	8.48	HVAC	ARI	10	TRP_CS_MEC_VK_L2_00010
16	attrezzatura meccanica	254412	TRP_CS_MEC_VK	TE_1375_1547x250	L	2	8.48	HVAC	ARI	11	TRP_CS_MEC_VK_L2_00011
17	attrezzatura meccanica	254452	TRP_CS_MEC_VL	TE_1375_1547x250	L	2	8.48	HVAC	ARI	12	TRP_CS_MEC_VL_L2_00012

Figura 56: Rappresentazione codice identificativo [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]

L'ultimo passaggio è stato quello di filtrare ciascuna categoria di oggetti ed andare a copiare la colonna del codice identificativo e incollarla nel file salvato precedentemente (file inglese), dopodiché il file è stato salvato e chiuso.

Da Revit: *Moduli aggiuntivi* → *Revit DB Link* → è stata selezionata la connessione creata precedentemente → *modifica e importa* → *ok*. Questo processo ha permesso la compilazione del campo in ogni istanza per ciascuna delle categorie del modello.

L'utilizzo del software Microsoft Excel ha facilitato molto l'unione e la comunicazione tra i due fogli Access, in quanto nessuno dei due files era completo dei dati necessari per la creazione del codice. Il file esportato tramite DB Link non aveva la colonna dei livelli di riferimento per gli oggetti, e in quello esportato con ODBC risulta essere presente la colonna dei livelli e non i nomi dei tipi di famiglia. Quindi con Excel si è associati il livello di riferimento a quelli dei nomi dei tipi di famiglia. Nell'immagine seguente viene rappresentata il codice identificativo incollato all'interno del file Access.

MechanicalEquipment			
	Id	IDtipo	Identificativo
+	254653	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VK_L2_00014
+	254695	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VL_L2_00015
+	254753	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VL_L2_00016
+	255583	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VM_L2_00017
+	255678	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VK_L4_00006
+	255912	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VK_L4_00007
+	255950	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VK_L4_00008
+	256020	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VK_L4_00009
+	256066	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VK_L4_00010
+	256117	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VK_L4_00011
+	256135	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VK_L4_00012
+	256154	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VK_L4_00013
+	256170	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VK_L4_00014
+	256196	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VK_L4_00015
+	256212	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VK_L4_00016
+	256257	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VK_L4_00017
+	256289	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VK_L4_00018
+	256338	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VK_L4_00019
+	256432	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VK_L4_00020
+	256618	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VK_L4_00021
+	256800	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VL_L4_00022
+	256879	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VL_L4_00023
+	256937	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VL_L4_00024
+	256979	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VL_L4_00025
+	257013	TE_1375_1547x250	TRP_CS_MEC_VL_L4_00026

Figura 57: Rappresentazione codice identificativo in Access [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]

2.9.2. Codice padre disciplinare

Dopo la conclusione della compilazione dei parametri condivisi sviluppato dalla collega Alice Morabito, è sorta la necessità di dover selezionare porzioni di impianti per poter svolgere delle operazioni successive come ad esempio quello dei costi di una porzione di impianto o lo sviluppo di un cronoprogramma manutentivo. Questi nuovi parametri condivisi sono chiamati *Codici Padre*, e consistono in una ulteriore suddivisione dell'impianto centrale.

I codici padre sono tante quante sono le discipline trattate in un progetto, ad esempio:

- Codice Padre Meccanico
- Codice Padre Idraulico
- Codice Padre Elettrico

Il Codice Padre è il Codice Identificativo della sorgente alla quale sono collegate una o più impianti di sistema formato da un insieme di oggetti.

The image shows two side-by-side software property windows. The left window is titled 'Proprietà' and shows properties for a 'Condotto rettangolare RE_Raggio/T_VAR'. The right window is also titled 'Proprietà' and shows properties for 'TRP_CS_MEC_VL TE_1375_1547x250'. Both windows have a 'Vincoli' (Constraints) section and a 'Testo' (Text) section. In the 'Testo' section of both windows, the 'Codice Padre Meccanico' field is highlighted with a red border. The value for this field in both windows is 'TRP_CS_MEC_UL_L4_00004'.

Proprietà	
Condotto (1)	Modifica tipo
Vincoli	
Giustificazione orizzontale	Al centro
Giustificazione verticale	Al centro
Livello di riferimento	L04_+17.02_HVAC_ARI
Offset	3960.2
Offset iniziale	3960.2
Offset finale	3960.2
Inclinazione	0.0000%
Testo	
Identificativo	TRP_CS_MEC_CR_L4_01268
Codice esistente	NA
Affidabilità	2
Sottodisciplina	ARI
Codice Padre Meccanico	TRP_CS_MEC_UL_L4_00004

Proprietà	
Attrezzatura meccanica (1)	Modifica tipo
Vincoli	
Livello	L04_+17.02_HVAC_ARI
Host	Livello : L04_+17.02_HVAC_ARI
Offset	3630.0
Testo	
Identificativo	TRP_CS_MEC_VL_L4_00027
Codice esistente	S44
Affidabilità	2
Sottodisciplina	ARI
Codice Padre Meccanico	TRP_CS_MEC_UL_L4_00004

Figura 58: Rappresentazione Codice Padre [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]

I Codici Padre sono stati compilati manualmente. Purtroppo, non era possibile la compilazione di questo campo attraverso gli abachi, in quanto non si poteva capire visivamente quali fossero gli oggetti facenti parte di una sorgente disciplinare specifica. Non potendo capire quali fossero gli oggetti da attribuire alle sorgenti, si è optato per la compilazione manuale. Appunto, quella mediante la capacità dell'operatore di indagare visivamente e individuare gli oggetti facenti parte del sistema con la stessa sorgente disciplinare. Una volta individuati e selezionati, si procedeva con l'assegnazione del codice. È nelle abilità dell'operatore, quindi, prestare molta attenzione a non trascurare degli oggetti durante la fase di selezione.

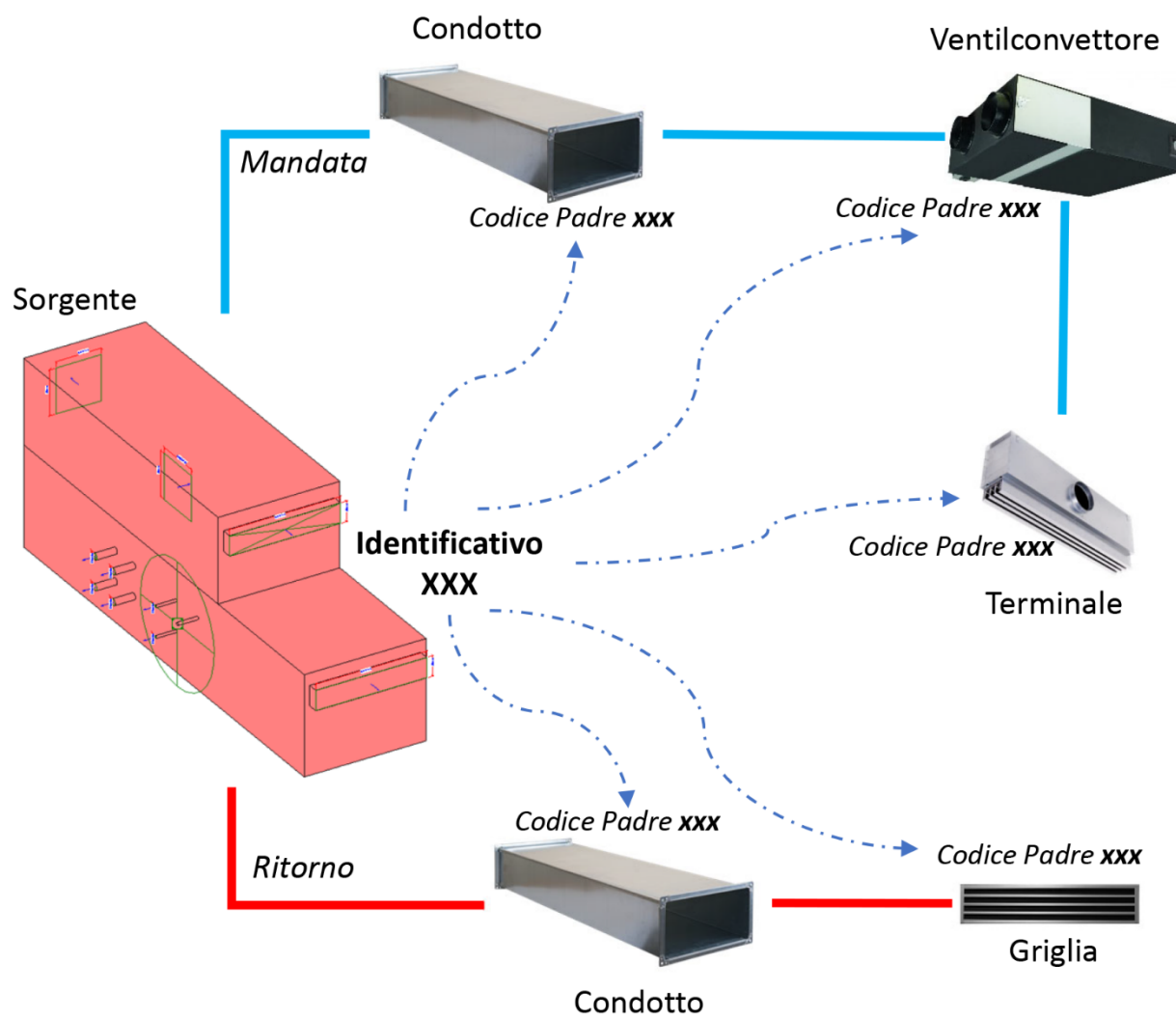


Figura 59: Schema Codice Padre meccanico [Fonte: Elaborato personale]

2.10. Model Checking

Il Model Checking è un momento di validazione e di verifica formale che permette di gestire le informazioni di un'opera lungo tutto il suo ciclo di vita. È caratterizzato da un contenuto informativo all'interno di un progetto, e permette di individuare con largo anticipo le possibili criticità, in modo da garantire affidabilità per tutte le fasi di progettazione e gestione dell'opera.

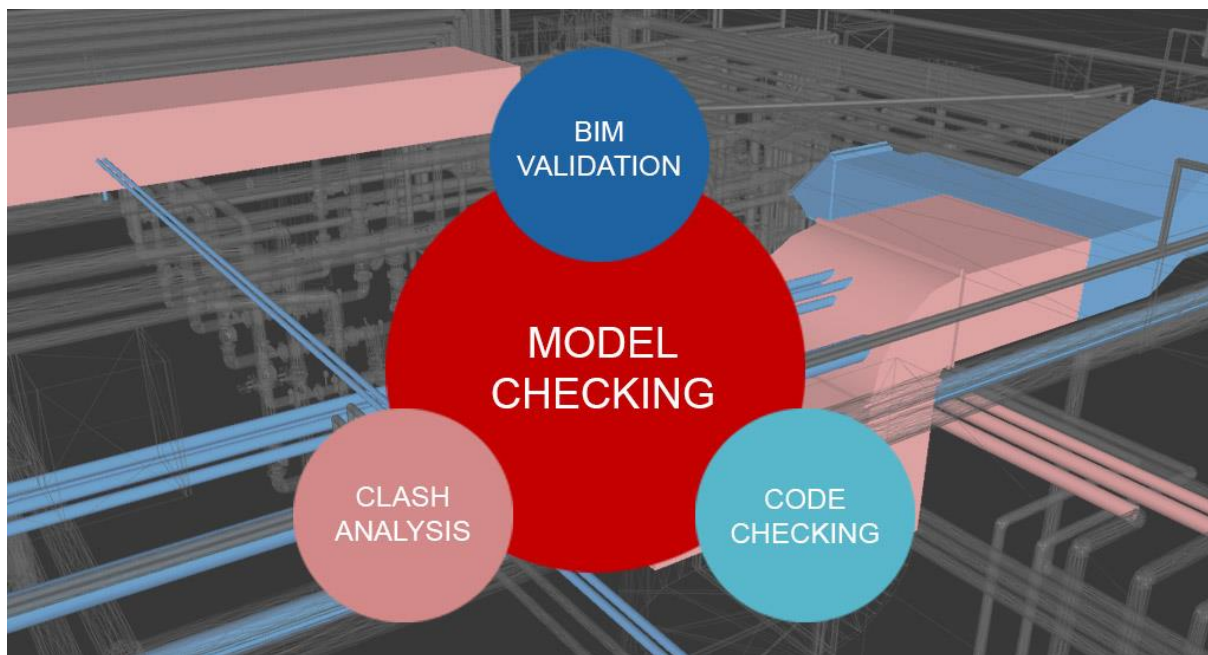


Figura 60: Schema Model Checking [Fonte: www.google.it]

In particolare, questo controllo avviene attraverso tre fasi principali:

- Il *BIM Validation* consiste nella validazione del contenuto informativo del modello. Questo modello deve risultare, in fase di modellazione, molto accurata per garantire risultati affidabili. Tale controllo sfrutta i valori parametrici inseriti nel modello per controllare il livello di qualità all'interno del modello. Perciò in fase di modellazione bisogna prestare attenzione a questi parametri che devono essere previsti e inseriti prima di dare inizio alla modellazione.
- Il *Code Checking* è una validazione del progetto che mette a confronto i parametri del modello con le normative e i rispettivi codici di riferimento. Questi parametri, che si intendono mettere a confronto, devono essere, come nel caso del BIM Validation, inseriti a monte o nel corso della modellazione.

- Il *Clash Detection (Clash Analysis)* consiste nel controllo delle interferenze, quelle geometriche e quelle spaziali, all'interno di un modello. L'obiettivo principale è quello di individuare le collisioni fisiche tra gli oggetti della stessa disciplina o con le altre discipline. Le diverse tipologie di clash si possono suddividere nel seguente modo:
 - *Hard Clash Detection* → Questa verifica consente di individuare le interferenze che avvengono tra due oggetti separati occupando lo stesso spazio. L'interferenza può essere causata da un errato posizionamento o errata progettazione da parte dell'operatore.
 - *Soft Clash Detection* → Questo controllo è molto fondamentale durante la fase di montaggio o di manutenzione, in quanto individua, attraverso un parametro di tolleranza, due o più oggetti vicini tra di loro.
 - *Workflow Clash Detection* → Tale verifica analizza la dimensione temporale, cioè eventuali intersezioni lungo il periodo temporale di oggetti non ammissibili durante il processo di posa in opera.

In questo elaborato ci si è soffermati sulla Clash Detection, in quanto per l'analisi si sono presi in considerazione due software per analizzare le due diverse modalità di clash e per comprendere al meglio, durante la fase di interoperabilità tra Revit e questi software, quali fossero i dati persi.

2.10.1. Creazione modelli per interoperabilità

In questa fase dell'elaborato ci si sofferma maggiormente sull'interoperabilità tra software. Nello specifico si andranno ad analizzare i due software, *Navisworks Manage 2017* e *Solibri Model Checker*, e i formati di file compatibili per ciascuno di essi, in modo tale da poter analizzare quale formato sia meno soggetto alla perdita di informazioni.

Di seguito, la descrizione dei due software utilizzati:

- *Navisworks Manage 2017*

Questo software, in ambiente BIM, si occupa principalmente tanto quanto del coordinamento e dell'analisi, quanto della pianificazione dei costi (5D) e tempistiche (4D) delle costruzioni. Navisworks permette di raccogliere in un unico progetto i dati e i modelli BIM che provengono da altri software più diffusi, come Civil 3D, ArchiCAD, Revit, Rhino e molti altri. Inoltre, permette di verificare diversi aspetti in un'unica analisi, anche essendoci stati interventi da parte di diverse figure professionali. Ovviamente non può mancare la possibilità di eseguire controlli accurati delle interferenze (clash detection) per poter individuare, anche in fase progettuale, problemi che potrebbero rallentare la fase in cantiere e perdite di tempo.

- *Solibri Model Checker*

È un software di analisi e di controllo della qualità dei modelli BIM, dove all'interno di esso sono presenti dei set di regole standard che possono essere personalizzate dall'utente in base alle necessità e al tipo di intervento. Attraverso le regole si può controllare il modello da diversi punti di vista, incluso quello quantitativo (*Information TakeOff*). Successivamente si possono anche effettuare dei controlli legati alla normativa e alla verifica della conformità. Solibri è nato come un software appositamente studiato per queste tipologie di controllo, che lascia un enorme spazio di manovra e personalizzazione delle regole. Anche in questo caso Solibri è un ottimo strumento per il controllo della clash detection, in quanto ce un maggior dettaglio per quanto riguarda le impostazioni prima di effettuare l'analisi.

Navisworks, essendo della medesima software house di Revit, cioè Autodesk, supporta il formato con l'estensione .rvt e il formato di dati aperto con l'estensione .ifc. Dato che si sperimenta l'interoperabilità tra software, si è deciso di volere avere il file del modello Revit anche in formato .nwc. La prima operazione da eseguire è andare sul sito ufficiale di Autodesk e scaricare un plug-in che permetta l'esportazione del modello da Revit a un file di modello Navisworks .nwc. Questo particolare formato supporta e facilita la lettura in Navisworks, e oltre tutto, permette il trasferimento sia dei metadati associati agli elementi, sia della geometria completa degli oggetti.

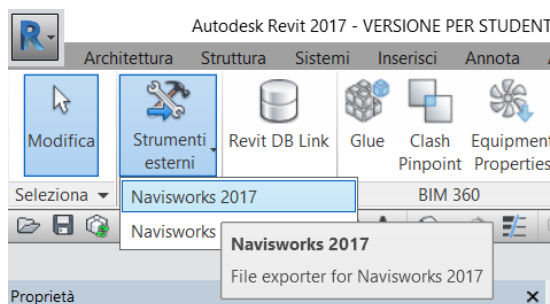


Figura 61: Plug-in di Navisworks in Revit [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]

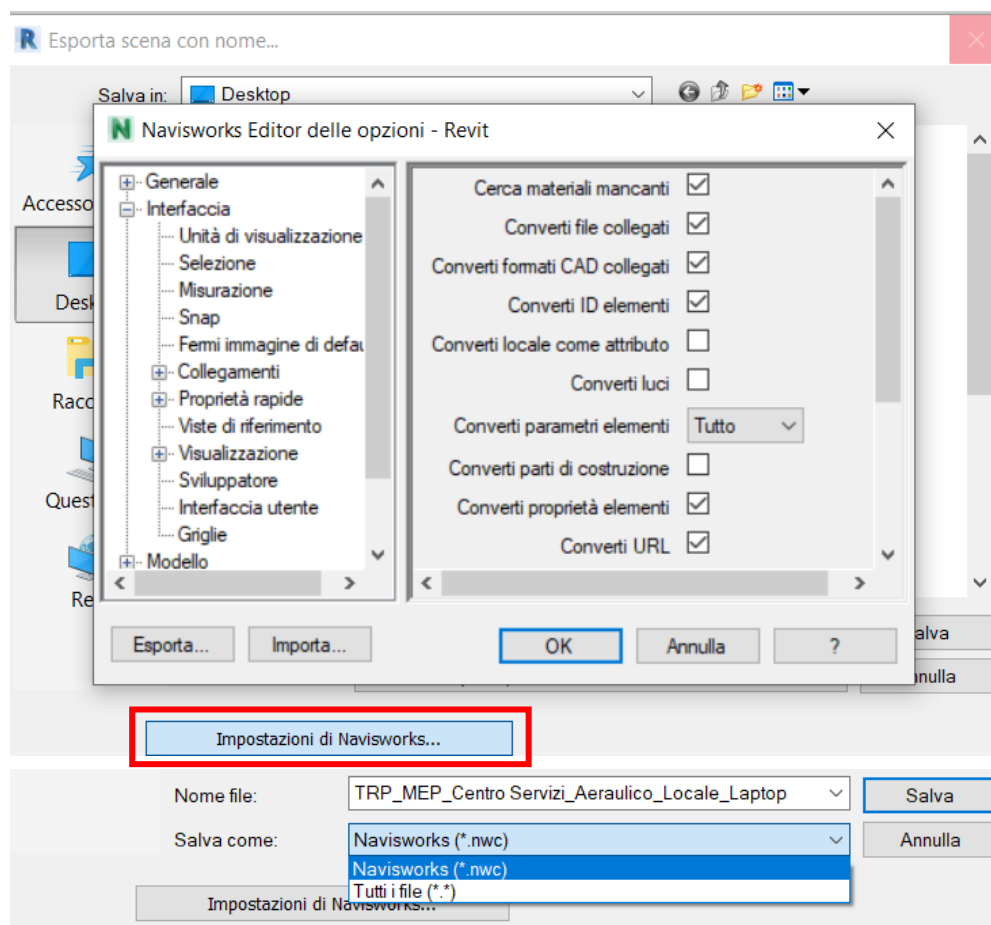


Figura 62: Impostazioni ed esportazione del file .nwc [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]

L'esportazione del modello di Revit, nel formato di Navisworks, permette, grazie a una finestra chiamata *impostazioni di Navisworks*, di selezionare e deselectare diverse impostazioni a seconda delle necessità. Queste impostazioni vanno a determinare la presenza o meno di elementi nel modello dopo l'esportazione. Si possono, per esempio, *convertire i files CAD collegati* al modello Revit, o di *convertire le proprietà degli elementi*. Oltre tutto si possono scegliere le impostazioni di visualizzazione e l'impostazione dell'interfaccia del modello. Bisogna prestare particolare attenzione alle impostazioni di esportazione, in quanto la scelta di selezione delle caselle incide sull'esportazione finale. Un esempio può essere quello dei *livelli separati*, dove bisogna selezionare la casella per poi avere i livelli di riferimento separati sul modello di Navisworks, in modo tale da permettere la selezione degli oggetti.

Dopo la creazione del file di modello Navisworks, si è proceduti nella preparazione del modello di Solibri. Quest'ultimo, non essendo della software house di Autodesk, non supporta il file .rvt o qualsiasi altro formato Autodesk al di fuori del formato .dwg e il formato aperto .ifc. Di conseguenza, il passo successivo è stato quello di preparare all'esportazione il modello di Revit in formato .ifc.

Per l'esportazione del file .ifc basta andare su $R \rightarrow Esporta \rightarrow IFC$.

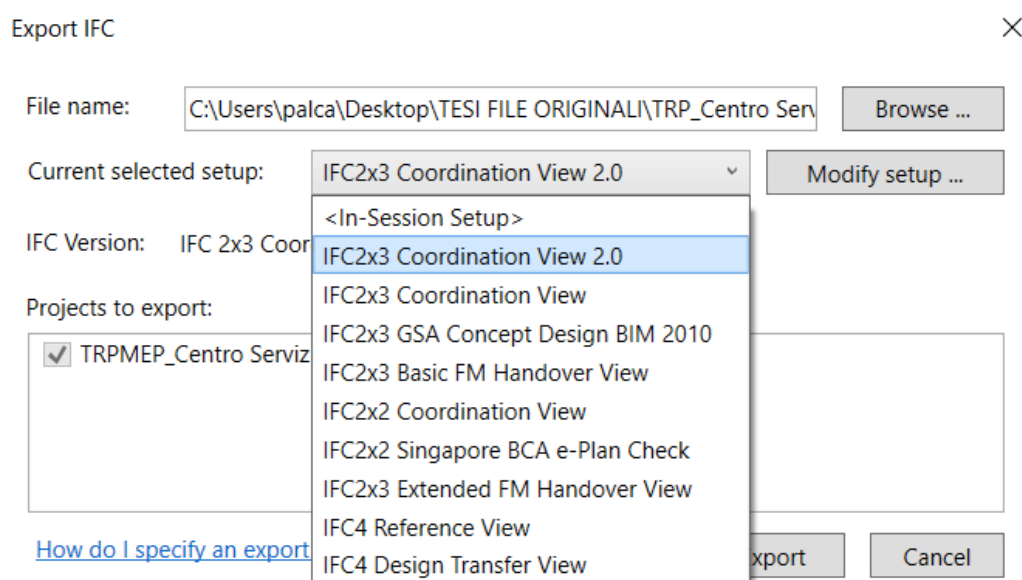


Figura 63: Esportazione IFC [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]

Per l'esportazione del file .ifc, si è usato come base *IFC2X3 Coordination View 2.0* in massima qualità *High*.

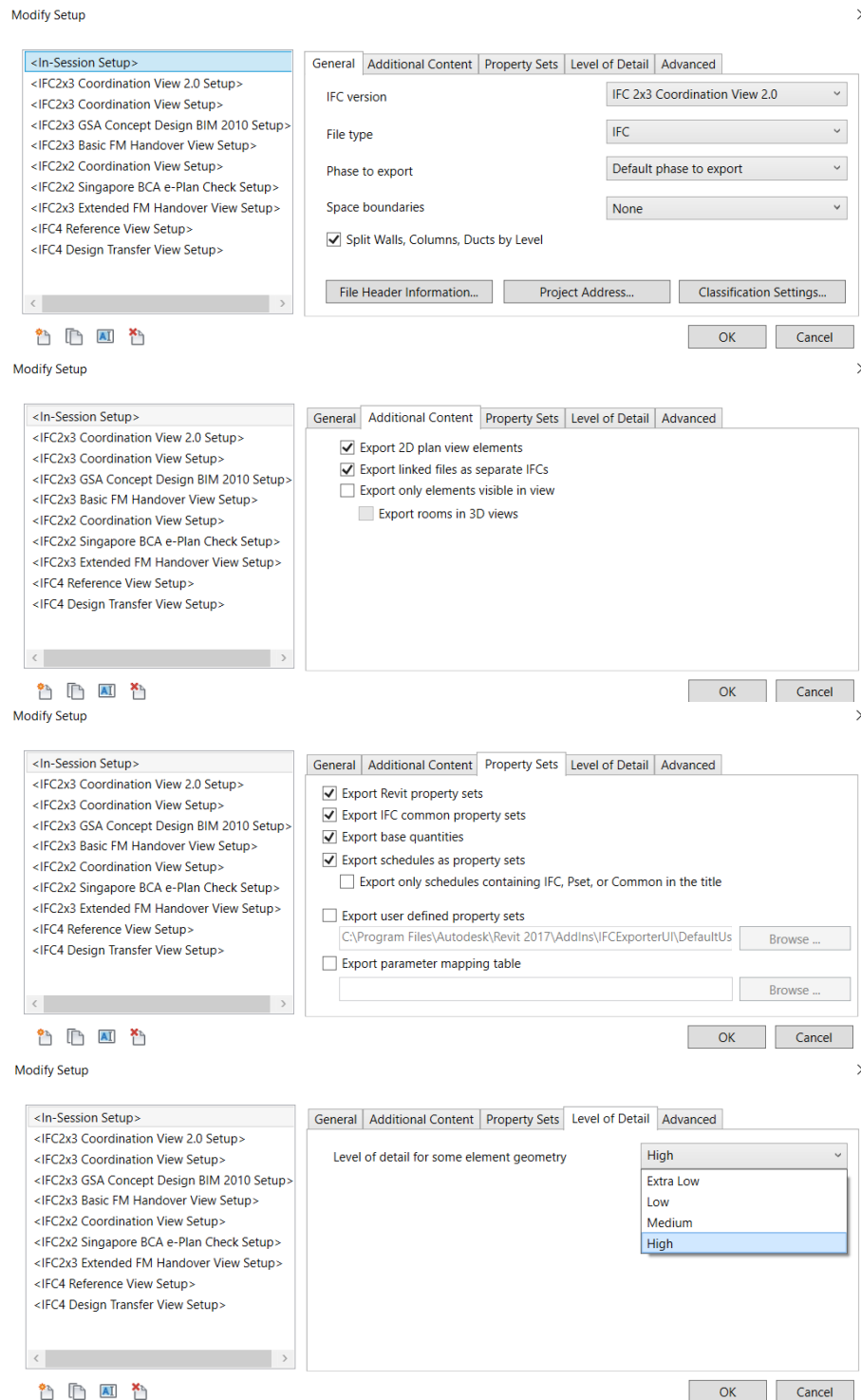


Figura 64: Passaggi eseguiti per l'esportazione del file IFC [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]

A questo punto si è creato il modello IFC da importare successivamente in Solibri, inoltre il modello appena creato è compatibile anche con il software Navisworks come detto precedentemente, è sarà usato all'interno di questo software per le analisi.

Per queste analisi sono stati tenuti in considerazione il modello meccanico e quello strutturale. Nell'apertura del file di modello di Navisworks esportato precedentemente in formato .nwc, non sono stati riscontrati problemi. Nella figura 65 viene rappresentato il modello aperto con Navisworks dove si può notare che il modello strutturale e quello meccanico si sovrappongono perfettamente condividendo le stesse coordinate spaziali.

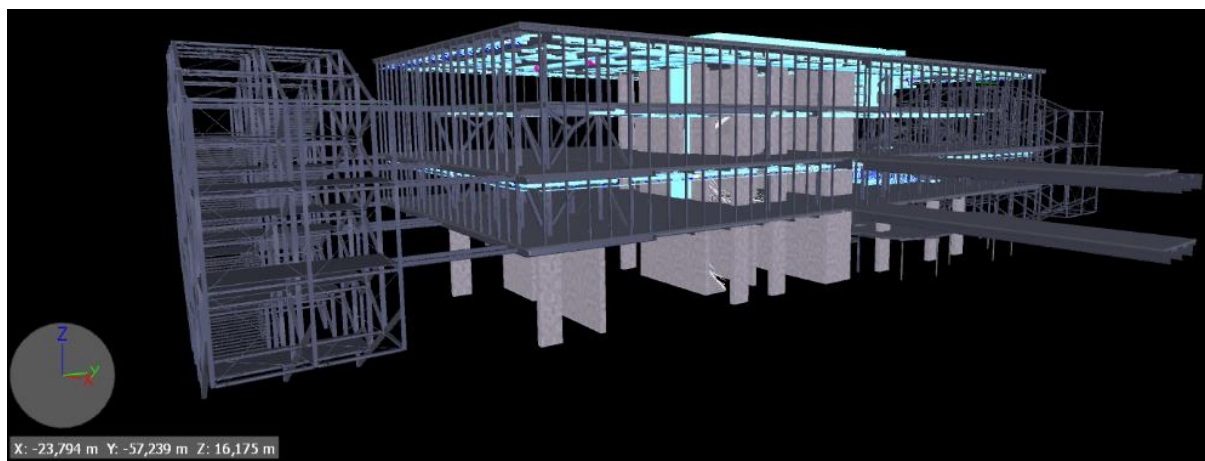


Figura 65: Rappresentazione modello Navisworks .nwc [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]

Ciò non è avvenuto nell'apertura del modello con Solibri in formato .ifc, dove i modelli delle rispettive due discipline avevano coordinate spaziali del tutto diverse. Infatti, durante l'apertura dei modelli veniva segnalato un errore di *scattered models* (figura 66), dove veniva appunto segnalato questo problema di non corretta sovrapposizione dei modelli disciplinari. Non era neanche possibile selezionare il modello per poi sovrapporlo all'altro, in quanto i due modelli erano dispersi a km di distanza l'una dall'altra. Questo ha creato qualche problema nel coordinare i due modelli. Era quindi necessario trovare una soluzione in modo tale da coordinare le due discipline con le stesse coordinate spaziali.

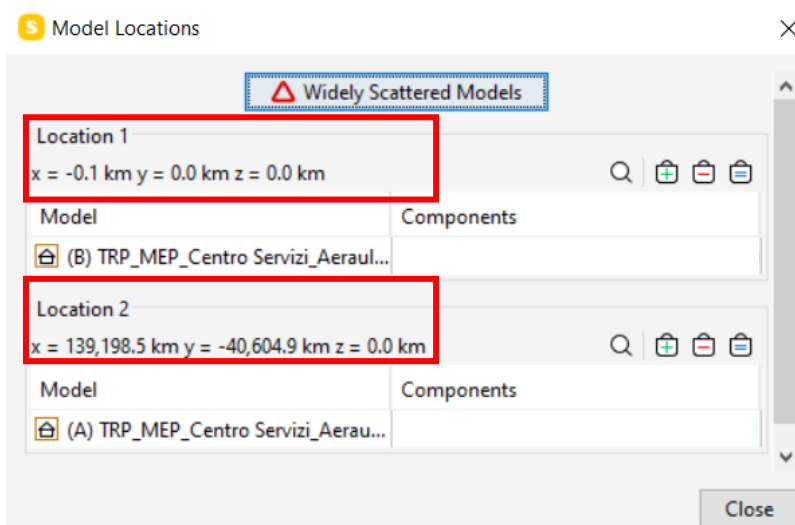


Figura 66: Rappresentazione errore coordinate di modello in Solibri [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]

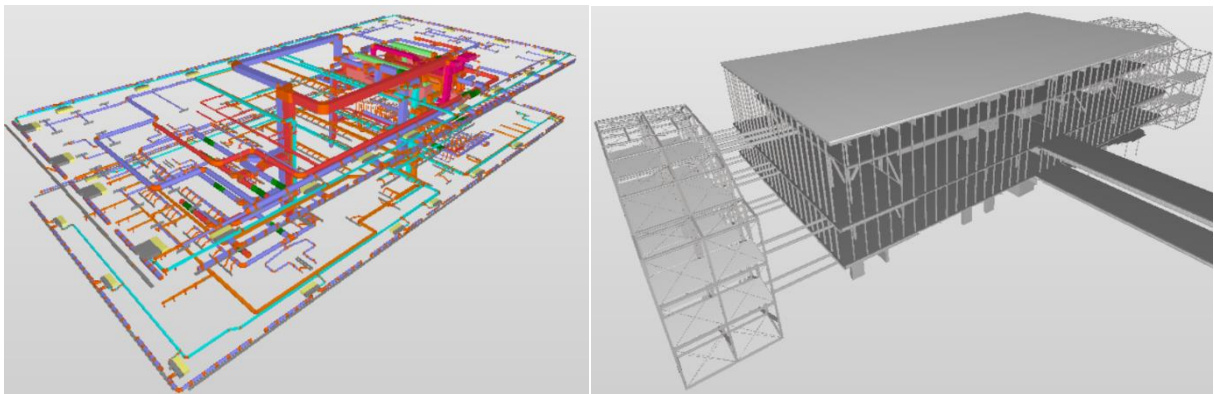


Figura 67: Rappresentazione dei due modelli disciplinari con coordinate diverse in Solibri [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]

La soluzione è stata trovata grazie al software DDS-CAD. Infatti, questo software dà la possibilità di aprire i file .dwg. dove è stato possibile prendere due punti di riferimento in ciascuna delle discipline, questi punti rappresentavano le coordinate spaziali. I due punti di riferimento selezionati avevano una coordinata di inizio e una di fine.

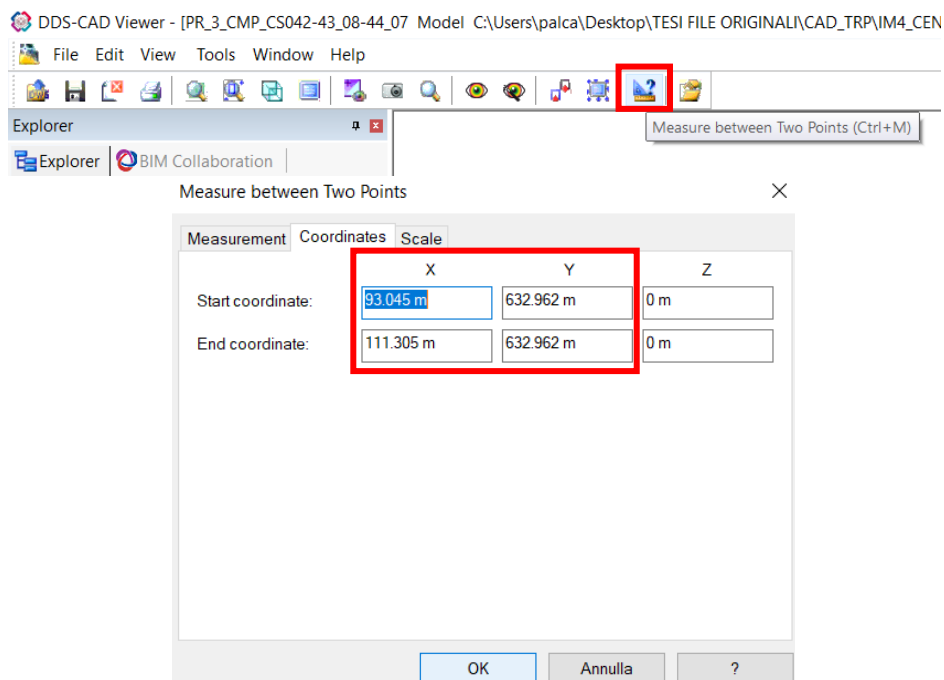


Figura 68: Rappresentazione punti di coordinate DDS-CAD [Fonte: Cattura immagine DDS-CAD]

Successivamente, queste coordinate sono state riportate in un foglio di calcolo Excel, dove attraverso delle formule si sono trovate le coordinate di differenza (*scarto*) tra i due modelli disciplinari. Dopodiché, le coordinate trovate sono state inserite in Solibri, andando a selezionare il modello disciplinare al quale associarle. Cliccando col tasto destro e selezionando la voce *Move or Rotate models*, si aprirà una finestra dove andranno inserite le nuove coordinate. Bisogna prestare molta attenzione alle unità di misura, assicurandosi di inserire quella giusta. Nella figura di esempio del foglio di calcolo Excel (figura 69), l'unità di misura in questo caso è in *mm*, mentre nella finestra di Solibri bisogna inserirla in *m*.

2.10.2. Verifica della quantità degli elementi

Dopo la creazione dei modelli è stata condotta una verifica per il controllo degli elementi all'interno dei modelli con diverse estensioni di formati. Si è fatto ciò per controllare quale fosse l'estensione con il minor numero degli elementi persi. Di seguito, verrà spiegato solamente una tipologia di controllo per ciascuno dei due software, e in fine, nel capitolo *Risultati e criticità*, sarà mostrata una tabella riassuntiva con tutti i formati di estensione presi in considerazione.

In Navisworks, per estrarre le informazioni riguardanti la quantità degli elementi è disponibile uno strumento chiamato *Cartella di lavoro di quantification*, dove è possibile selezionare i vari livelli o le singole categorie di elementi, ed esportarli o in formato XML o in formato Excel. In questo caso, si sono selezionati i tre livelli contenente gli elementi ed esportati tramite un rapporto di quantità con Excel. In questo rapporto sono rappresentati tutti i dati riguardanti ai singoli elementi, nonché un sommario di conteggio degli elementi presenti all'interno del modello.

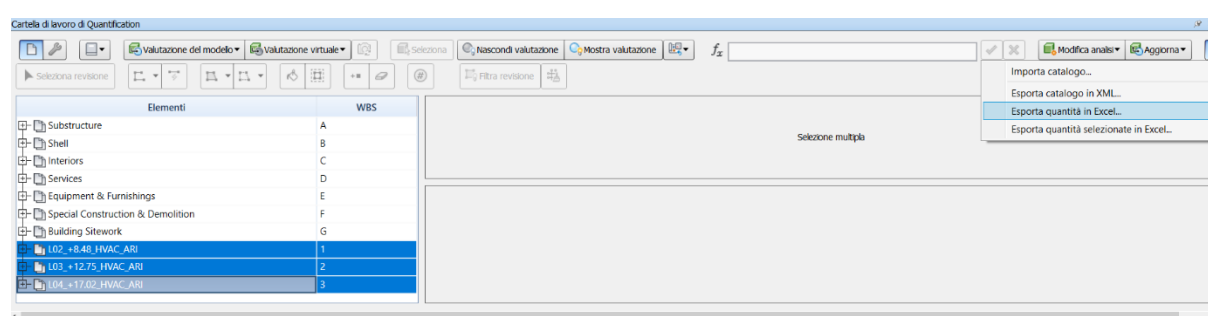
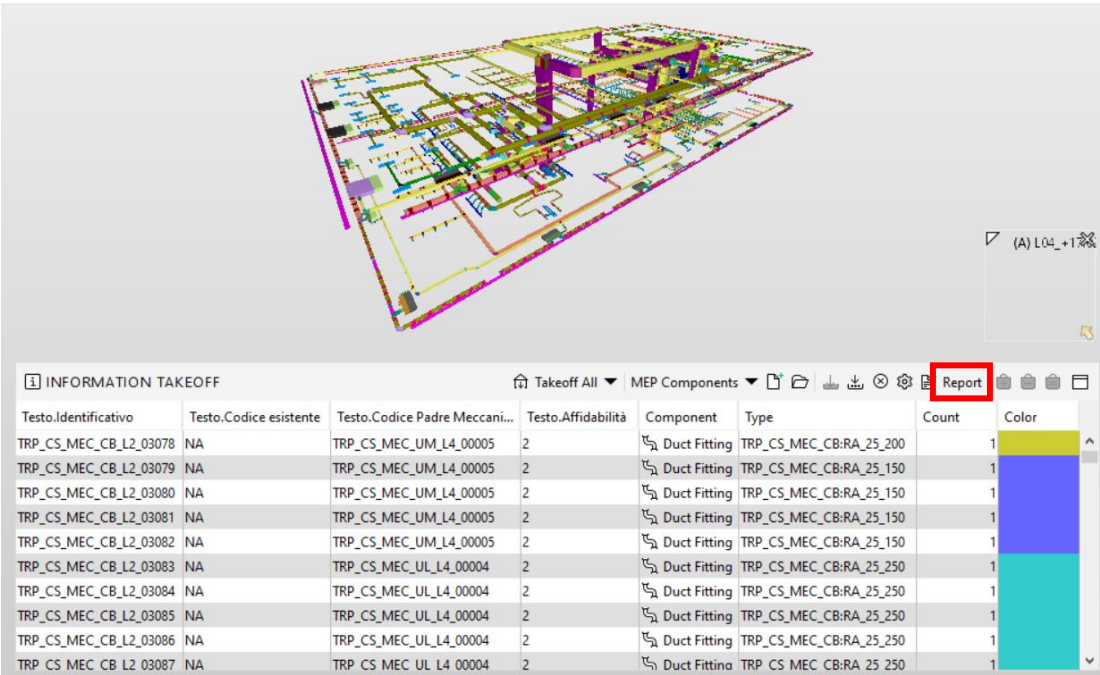


Figura 71: Cartella di lavoro di Quantification in Navisworks [Fonte: Cattura immagine da Navisworks]

	A	B	C	D
1	Etichette di riga	Somma di Conteggio		
2	= L02_+8.48_HVAC_ARI			
3	Accessori per condotti	75		
4	Attrezzatura meccanica	568		
5	Bocchettoni	22		
6	Condotto	768		
7	Condotto flessibile	574		
8	Raccordi condotto	1067	3074	
9	(vuoto)	436		
10	= L03_+12.75_HVAC_ARI			
11	Accessori per condotti	50		
12	Attrezzatura meccanica	142		
13	Bocchettoni	15		
14	Condotto	498		
15	Condotto flessibile	136		
16	Raccordi condotto	574	1415	
17	(vuoto)	212		
18	= L04_+17.02_HVAC_ARI			
19	Accessori per condotti	56		
20	Attrezzatura meccanica	335		
21	Bocchettoni	27		
22	Condotto	748		
23	Condotto flessibile	239		
24	Raccordi condotto	928	2333	
25	(vuoto)	270		6822

Figura 72: Rapporto quantità esportato da Navisworks [Fonte: Estratto da file Excel]

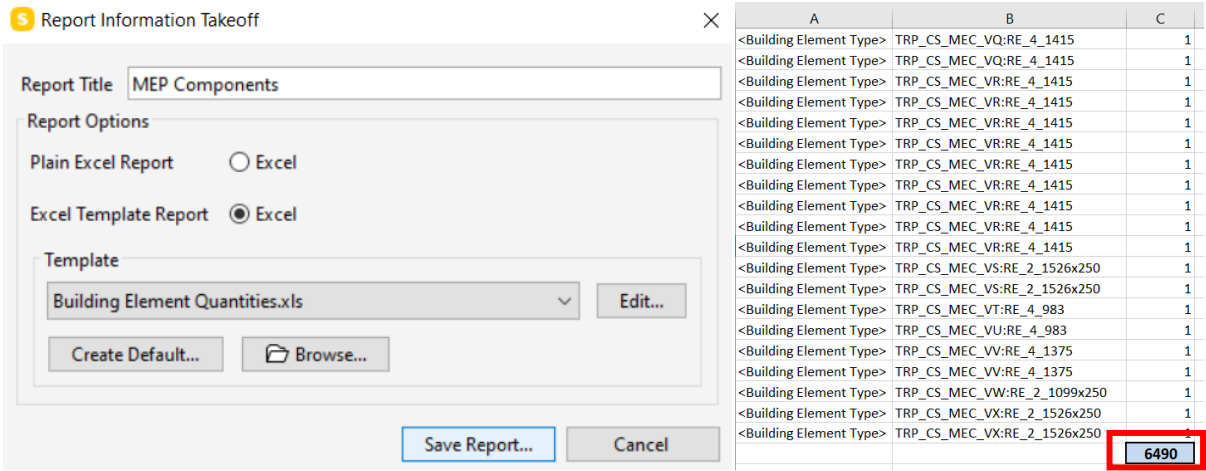
Per quanto riguarda Solibri, esiste un vero e proprio strumento per il controllo della quantità degli elementi, chiamato appunto *Information TakeOff*, che si trova in alto a sinistra. Prima di procedere al calcolo della quantità, bisogna definire una nuova *TakeOff* personalizzata, dove si andranno ad inserire le categorie di elementi che verranno considerate per il calcolo. In questo caso, sono state selezionate tutte le categorie riguardante il modello meccanico, cioè 6 categorie. Una volta definita la propria *TakeOff*, si può decidere di attribuire un colore a ogni tipologia di elemento e successivamente si può procedere con il lancio del calcolo. Una volta terminato, anche in questo caso come in quello di Navisworks, la modalità di esportazione avviene tramite l'estensione .xls selezionando la casella *Report*.



The screenshot shows the Solibri Information TakeOff interface. At the top, there is a 3D model of a building structure with various MEP components highlighted in different colors. Below the model, there is a table titled "INFORMATION TAKEOFF" with columns for "Testo.Identificativo", "Testo.Codice esistente", "Testo.Codice Padre Meccani...", "Testo.Affidabilità", "Component", "Type", "Count", and "Color". The table lists several duct fitting components with their respective counts and colors.

Testo.Identificativo	Testo.Codice esistente	Testo.Codice Padre Meccani...	Testo.Affidabilità	Component	Type	Count	Color
TRP_CS_MEC_CB_L2_03078	NA	TRP_CS_MEC_UM_L4_00005	2	Duct Fitting	TRP_CS_MEC_CB:RA_25_200	1	Yellow
TRP_CS_MEC_CB_L2_03079	NA	TRP_CS_MEC_UM_L4_00005	2	Duct Fitting	TRP_CS_MEC_CB:RA_25_150	1	Blue
TRP_CS_MEC_CB_L2_03080	NA	TRP_CS_MEC_UM_L4_00005	2	Duct Fitting	TRP_CS_MEC_CB:RA_25_150	1	Blue
TRP_CS_MEC_CB_L2_03081	NA	TRP_CS_MEC_UM_L4_00005	2	Duct Fitting	TRP_CS_MEC_CB:RA_25_150	1	Blue
TRP_CS_MEC_CB_L2_03082	NA	TRP_CS_MEC_UM_L4_00005	2	Duct Fitting	TRP_CS_MEC_CB:RA_25_150	1	Blue
TRP_CS_MEC_CB_L2_03083	NA	TRP_CS_MEC_UL_L4_00004	2	Duct Fitting	TRP_CS_MEC_CB:RA_25_250	1	Blue
TRP_CS_MEC_CB_L2_03084	NA	TRP_CS_MEC_UL_L4_00004	2	Duct Fitting	TRP_CS_MEC_CB:RA_25_250	1	Blue
TRP_CS_MEC_CB_L2_03085	NA	TRP_CS_MEC_UL_L4_00004	2	Duct Fitting	TRP_CS_MEC_CB:RA_25_250	1	Blue
TRP_CS_MEC_CB_L2_03086	NA	TRP_CS_MEC_UL_L4_00004	2	Duct Fitting	TRP_CS_MEC_CB:RA_25_250	1	Blue
TRP_CS_MEC_CB_L2_03087	NA	TRP_CS_MEC_UL_L4_00004	2	Duct Fitting	TRP_CS_MEC_CB:RA_25_250	1	Blue

Figura 73: Information TakeOff della quantità [Fonte: Cattura immagine da Solibri]

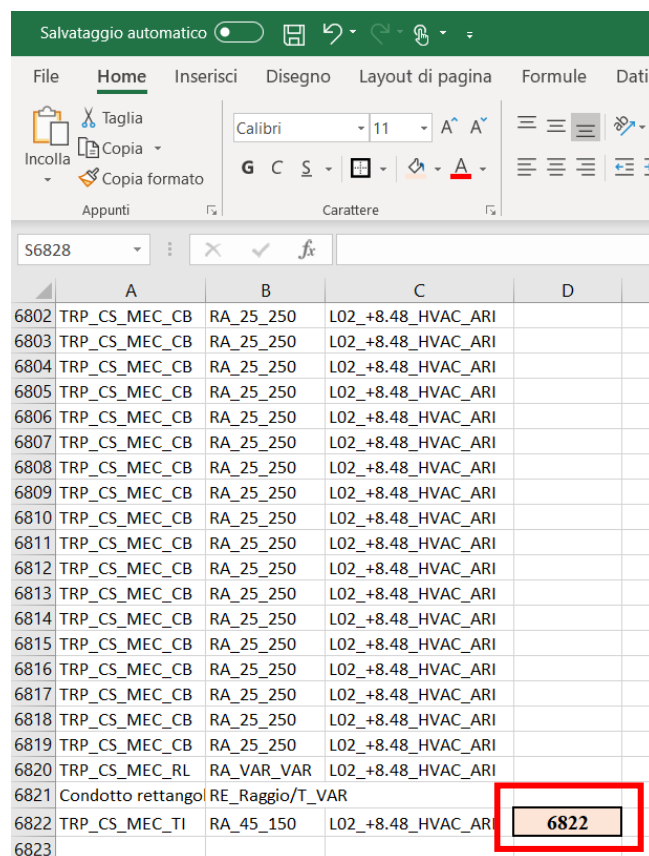


The screenshot shows the "Report Information Takeoff" dialog box in Solibri. The "Report Title" is "MEP Components". Under "Report Options", "Excel Template Report" is selected. The "Template" is "Building Element Quantities.xls". The "Save Report..." button is highlighted. To the right, an Excel spreadsheet is shown with columns A, B, and C. Column A contains "<Building Element Type>", column B contains the component name, and column C contains the count. The total count of 6490 is highlighted in the bottom right cell of the spreadsheet.

A	B	C
<Building Element Type>	TRP_CS_MEC_VQ:RE_4_1415	1
<Building Element Type>	TRP_CS_MEC_VQ:RE_4_1415	1
<Building Element Type>	TRP_CS_MEC_VR:RE_4_1415	1
<Building Element Type>	TRP_CS_MEC_VR:RE_4_1415	1
<Building Element Type>	TRP_CS_MEC_VR:RE_4_1415	1
<Building Element Type>	TRP_CS_MEC_VR:RE_4_1415	1
<Building Element Type>	TRP_CS_MEC_VR:RE_4_1415	1
<Building Element Type>	TRP_CS_MEC_VR:RE_4_1415	1
<Building Element Type>	TRP_CS_MEC_VR:RE_4_1415	1
<Building Element Type>	TRP_CS_MEC_VR:RE_4_1415	1
<Building Element Type>	TRP_CS_MEC_VS:RE_2_1526x250	1
<Building Element Type>	TRP_CS_MEC_VS:RE_2_1526x250	1
<Building Element Type>	TRP_CS_MEC_VT:RE_4_983	1
<Building Element Type>	TRP_CS_MEC_VU:RE_4_983	1
<Building Element Type>	TRP_CS_MEC_VV:RE_4_1375	1
<Building Element Type>	TRP_CS_MEC_VV:RE_4_1375	1
<Building Element Type>	TRP_CS_MEC_VW:RE_2_1099x250	1
<Building Element Type>	TRP_CS_MEC_VX:RE_2_1526x250	1
<Building Element Type>	TRP_CS_MEC_VX:RE_2_1526x250	1
		6490

Figura 74: Esportazione Report quantità da Solibri [Fonte: Estratto da file Excel]

Dopo aver definito esattamente quanti elementi sono stati conteggiati nei due rispettivi software, si sono paragonati i risultati con il conteggio degli elementi avvenuta anche con Revit tramite l'esportazione di un abaco degli elementi. Si è infatti notato che gli elementi conteggiati nell'abaco di Revit sono esattamente 6822 (figura 75).



The image shows a screenshot of an Excel spreadsheet. At the top, there is a ribbon with tabs: File, Home, Inserisci, Disegno, Layout di pagina, Formule, and Dati. The 'Home' tab is active, showing options for Font (Carattere) and Paragraph (Paragrafo). Below the ribbon, there is a formula bar showing 'S6828'. The spreadsheet contains a table with columns A, B, C, and D. The rows are numbered from 6802 to 6823. The last row, 6822, is highlighted with a red box, and the value '6822' is displayed in the cell. The table data is as follows:

	A	B	C	D
6802	TRP_CS_MEC_CB	RA_25_250	L02_+8.48_HVAC_ARI	
6803	TRP_CS_MEC_CB	RA_25_250	L02_+8.48_HVAC_ARI	
6804	TRP_CS_MEC_CB	RA_25_250	L02_+8.48_HVAC_ARI	
6805	TRP_CS_MEC_CB	RA_25_250	L02_+8.48_HVAC_ARI	
6806	TRP_CS_MEC_CB	RA_25_250	L02_+8.48_HVAC_ARI	
6807	TRP_CS_MEC_CB	RA_25_250	L02_+8.48_HVAC_ARI	
6808	TRP_CS_MEC_CB	RA_25_250	L02_+8.48_HVAC_ARI	
6809	TRP_CS_MEC_CB	RA_25_250	L02_+8.48_HVAC_ARI	
6810	TRP_CS_MEC_CB	RA_25_250	L02_+8.48_HVAC_ARI	
6811	TRP_CS_MEC_CB	RA_25_250	L02_+8.48_HVAC_ARI	
6812	TRP_CS_MEC_CB	RA_25_250	L02_+8.48_HVAC_ARI	
6813	TRP_CS_MEC_CB	RA_25_250	L02_+8.48_HVAC_ARI	
6814	TRP_CS_MEC_CB	RA_25_250	L02_+8.48_HVAC_ARI	
6815	TRP_CS_MEC_CB	RA_25_250	L02_+8.48_HVAC_ARI	
6816	TRP_CS_MEC_CB	RA_25_250	L02_+8.48_HVAC_ARI	
6817	TRP_CS_MEC_CB	RA_25_250	L02_+8.48_HVAC_ARI	
6818	TRP_CS_MEC_CB	RA_25_250	L02_+8.48_HVAC_ARI	
6819	TRP_CS_MEC_CB	RA_25_250	L02_+8.48_HVAC_ARI	
6820	TRP_CS_MEC_RL	RA_VAR_VAR	L02_+8.48_HVAC_ARI	
6821	Condotto rettangolo	RE_Raggio/T_VAR		
6822	TRP_CS_MEC_TI	RA_45_150	L02_+8.48_HVAC_ARI	6822
6823				

Figura 75: Abaco quantità di Revit [Fonte: Cattura immagine da Excel]

Mettendo a confronto i dati di Navisworks con 6822 elementi conteggiati, Solibri con 6490 e infine Revit con 6822, si può notare come ci sia stata una perdita di informazioni riguardanti il file .ifc importato in Solibri. Si è infatti notato, attraverso la navigazione del modello 3D e la visualizzazione grafica dei rispettivi software, che in Solibri non sono stati riportati i *Condotti flessibili*. Questo ha generato un problema che in realtà risale a monte, cioè durante la modellazione in Revit, dove i condotti flessibili non sono stati concepiti geometricamente per problemi di spazio tra i vari componenti, e stata quindi rappresentata in modo automatico solo una treccia simbolica del condotto. Questo ha fatto sì che, durante la creazione del file .ifc, non è stata riportata la geometria di questi condotti flessibili, ma si sono esportati solamente gli elementi che avevano una geometria spaziale definita e questo ha generato di conseguenza una perdita di informazioni. In Navisworks, per quanto riguarda gli elementi, non ci sono state perdite e di conseguenza risultano essere presenti tutti gli elementi.

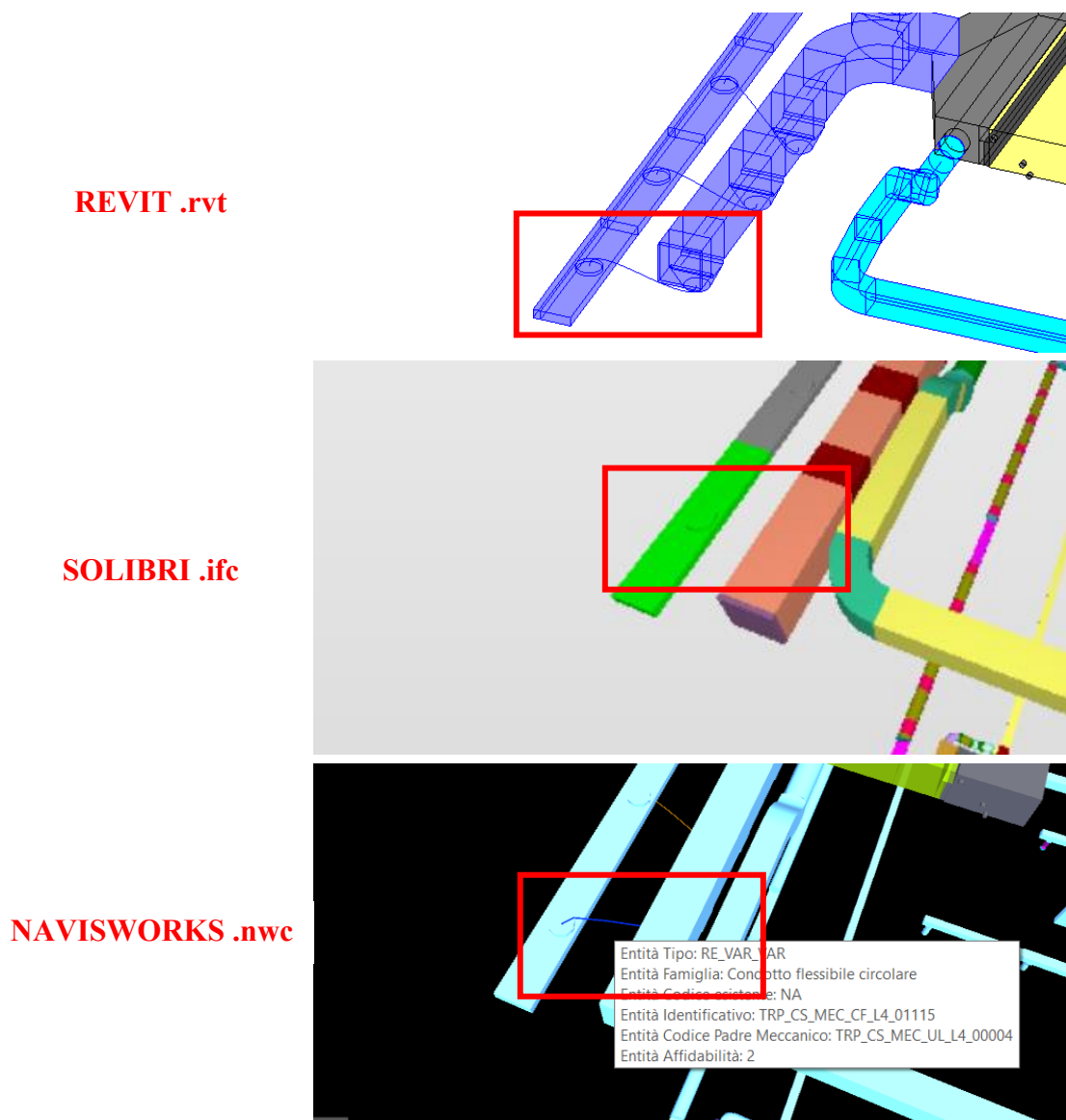


Figura 76: Visualizzazione della problematica dei condotti flessibili [Fonte: Estratto da file elaborato tesi]

Un'altra verifica condotta è stata quella di controllare la corretta compilazione di alcuni parametri presi in considerazione, come ad esempio il *codice identificativo*. Si sono presi in considerazioni più parametri da controllare, ma di seguito viene illustrato solo il *codice identificativo*. Questa verifica è stata necessaria per controllare questo codice univoco che era stato attribuito ad ogni elemento. Nel caso di controllo delle interferenze, si può andare a identificare l'elemento in base a questo suo codice univoco.

Per questa verifica si è preso in considerazione il formato Navisworks .nwc. Questo controllo si può verificare con lo strumento *Trova elementi*, selezionando tutte le categorie appartenenti al modello meccanico, dopodiché scegliere la *categoria* → *proprietà* → *condizione* → *valore* (se necessario) → *invio*. In questo caso sono risultati 6690 elementi compilati con il codice identificativo su 6822 elementi presenti nel modello meccanico. I restanti 132 elementi non sono definiti con il codice identificativo, quindi ci sono state delle perdite di informazioni durante il passaggio *Revit* → *Navisworks*.

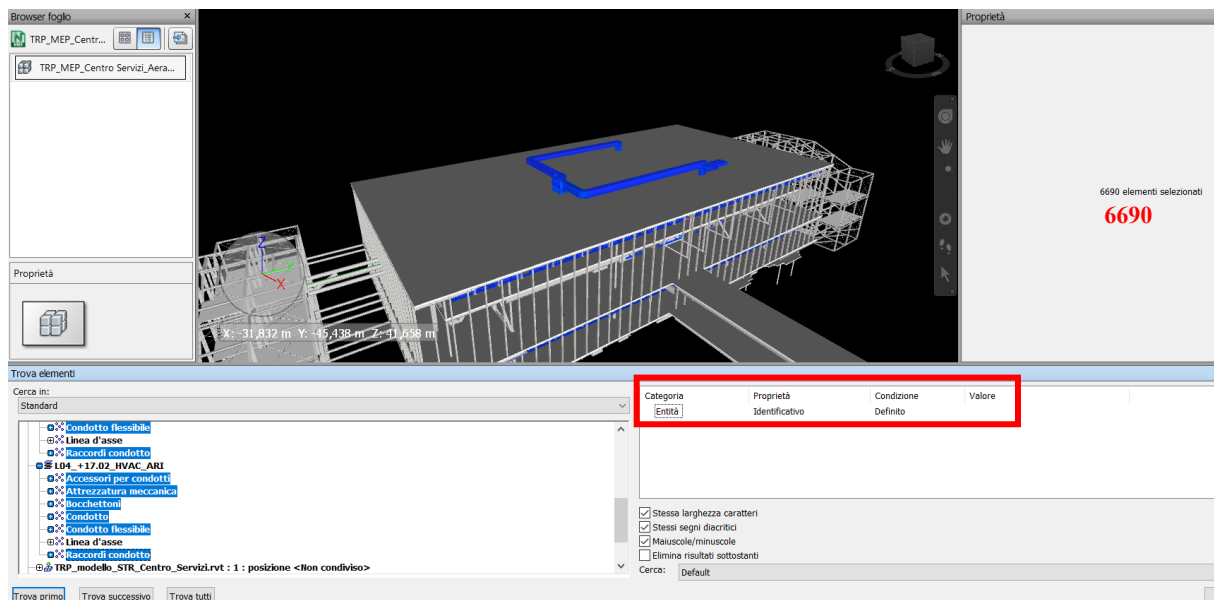


Figura 77: Trova elementi in Navisworks [Fonte: Cattura da Navisworks]

In Solibri, questa verifica si fa con lo strumento *Classification*, dove attraverso delle proprietà si possono definire quali elementi andare a classificare. Questa classificazione ha la stessa funzione di un filtro, dove appunto si possono fare delle raccolte degli elementi interessati, oppure può essere utilizzato semplicemente per verifiche o controlli della avvenuta compilazione di alcuni campi. Dopo la creazione di una nuova classificazione, bisogna andare a selezionare *stato* → *component* → *property* → *operator* → *value* (se necessario) → *ok*. In questo caso, sono stati rilevati 6490 elementi compilati correttamente con il codice identificativo su un totale di 6490 elementi presenti nel modello meccanico.

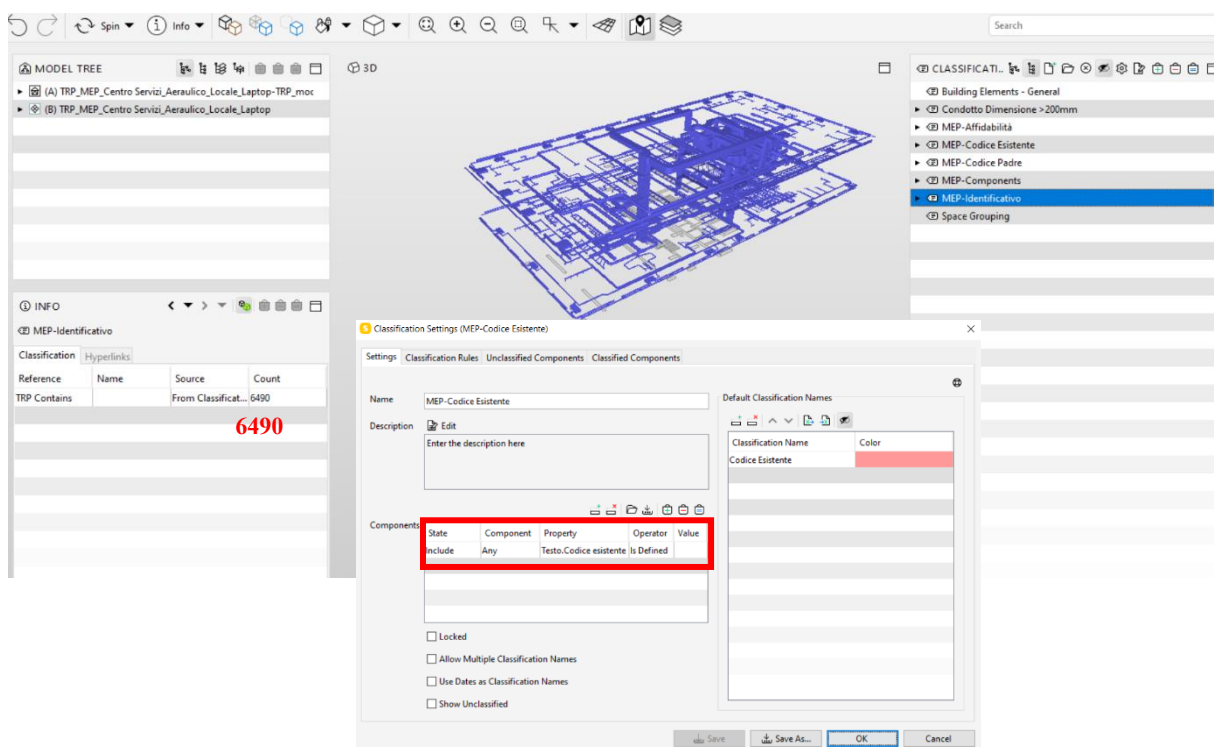


Figura 78: Classificazione in Solibri [Fonte: Cattura da Solibri]

2.10.3. Definizione delle Rules

Navisworks, essendo della software house di Autodesk, presenta un'interfaccia semplice e intuitiva. Il software presenta una sezione dedicata alle interferenze e permette di mettere a confronto gli oggetti secondo l'inserimento di parametri di tolleranza. Sono presenti due sezioni che hanno una struttura ad albero, sezione A, e sezione B. Questa struttura è facile e molto intuitiva in questo facilita molto anche visivamente la comparazione degli oggetti da confrontare. Selezionando tutte le categorie delle due sezioni A e B si possono eseguire verifiche sull'intero progetto.

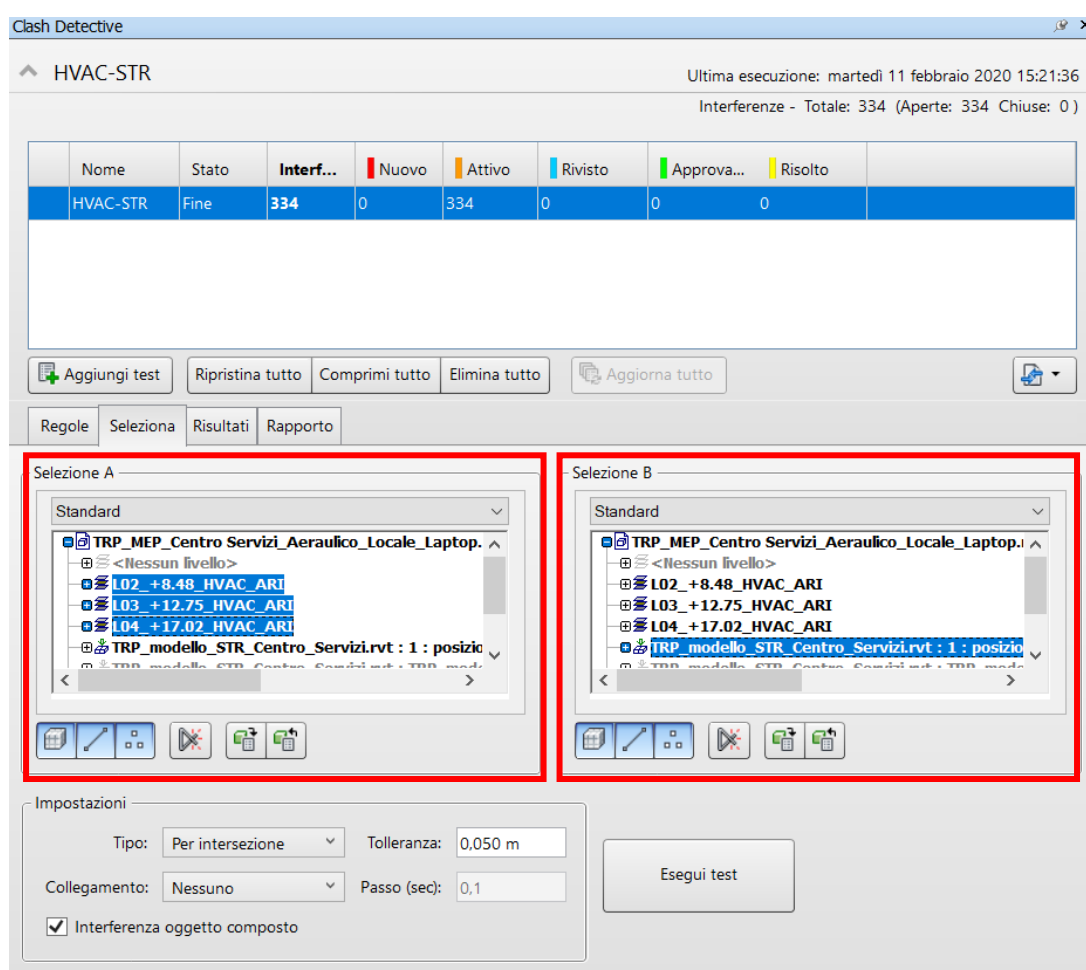


Figura 79: Rappresentazione della sezione di controllo interferenze in Navisworks
[Fonte: Cattura da Navisworks]

La definizione delle regole in Navisworks non è molto complessa, in quanto consiste nella scelta di alcuni parametri e la definizione della *tolleranza* nelle impostazioni. Ce la possibilità di scegliere anche il tipo di controllo, *se per intersezione, margine di spazio e duplicati*, tutti questi tipo sono poi controllati attraverso la tolleranza.

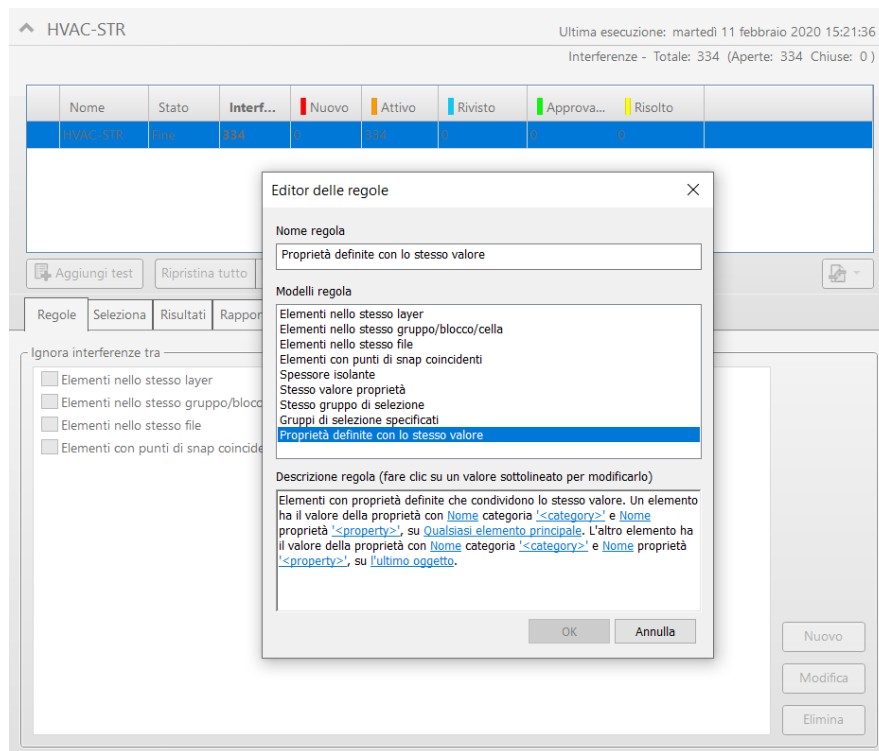


Figura 80: Editor di regole Navisworks [Fonte: Cattura da Navisworks]

L'editor delle regole, permette la creazione di piccole regole dove magari si possono scegliere degli oggetti, degli elementi o proprietà che possono essere escluse dal controllo delle interferenze.

Per quanto riguarda Solibri, la creazione di regole è risultata essere più completa. La sezione dedicata al Checking è definita il cuore del programma. Una volta aperta questa sezione verranno caricate un set di regole che presentano una struttura gerarchica dove esistono più livelli di set che sono composti da altri set di regole. Il *Ruleset manager* è un'interfaccia per la gestione delle regole dove è possibile sfogliare i set di regole chiamata *Ruleset folder*, e le regole singole che la compongono nella sezione *Libraries*. Grazie a queste regole di base, ce la possibilità di creare delle proprie regole andando a modificare i parametri all'interno della regola stessa, per configurarla in base alle necessita e al controllo che si vuole fare.

Innanzitutto, è stata creata una regola generale che controlla le posizioni dei componenti nei modelli MEP in riferimento al modello strutturale. Si sono create diverse regole ma si sono prese in considerazione solo le regole elencate di seguito:

- *BIM Validation – MEP*
 - *Model Structure Check*

Questo set di regole controlla la struttura del modello.

- *Distance between Components*

Questo insieme di regole verifica che vi sia una distanza sufficiente tra i componenti architettonici e MEP

- *Distance Between Columns/Beams and MEP components*

Questa regola verifica che vi sia spazio sufficiente tra i componenti MEP e travi o colonne.

- *Distance Between Walls and MEP components*

Questa regola controlla che vi sia spazio sufficiente tra i componenti MEP e le pareti.

- *Conflitti componenti e distanze*

Questa regola controlla le distanze dei componenti, quando i componenti si trovano uno dentro l'altro secondo una tolleranza. (usata per il confronto con Navisworks)

- *Intersection HVAC models*

Questa regola verifica le collisioni tra gli impianti Hvac.

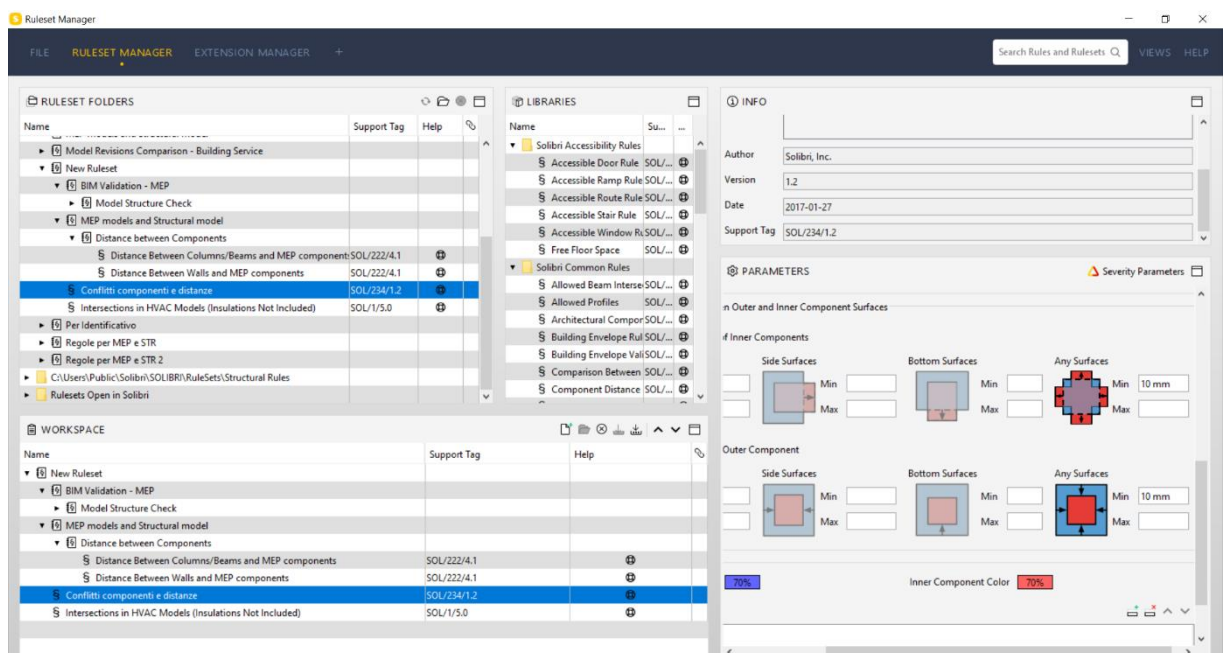


Figura 81: Ruleset Manager in Solibri [Fonte: Cattura da solibri]

Nel capitolo seguente, verranno messe in pratica una serie di controlli di clash detection per verificare la quantità di interferenze, inoltre si cercherà di confrontare la quantità di collisioni tra Navisworks e Solibri, cercando per quanto possibile di lanciare un calcolo simile. Le verifiche effettuate sono solo di tipo formale e non sostanziale. Queste ultime, fanno parte di un processo di Model Checking più ampio, ma per ragioni di tempo non è stato possibile approfondirle ed esplorarle maggiormente.

2.10.4. Clash Detection

Questo processo di controllo è una verifica formale delle geometrie presenti nel modello, dove si vanno ad esaminare gli scontri tra gli elementi del modello. Dopo il completamento del modello si può procedere con il controllo degli elementi nel modello che presentano irregolarità spaziali e dimensionali. Questo processo di verifica, per facilitare il processo costruttivo, viene spostato dalla fase di cantiere, per non incorrere a problematiche durante la fase di montaggio, alla fase di progettazione, garantendo così, un processo di verifica per il controllo dei margini di tolleranza e per il corretto posizionamento degli impianti. Attraverso la Clash, queste problematiche vengono portate in primo piano, così da poter essere risolte in fase di progetto, risparmiando tempo durante la fase di montaggio.

Come già detto precedentemente, il software Navisworks presenta una sezione dedicata a questa operazione di controllo che permette facilmente di selezionare gli oggetti da mettere a confronto, dopo aver definito i parametri per il controllo. La presente verifica consiste nel controllo degli elementi meccanici messi a confronto con la struttura, per individuare eventuali collisioni spaziali. Di seguito viene mostrato la sezione di Clash con tutti gli scontri individuati con una tolleranza di 5 centimetri, dove vi è possibile selezionare il singolo elemento, e nella casella *stato* andare ad attribuire all'elemento stesso se è stato risolto, se va rivisto o approvato.

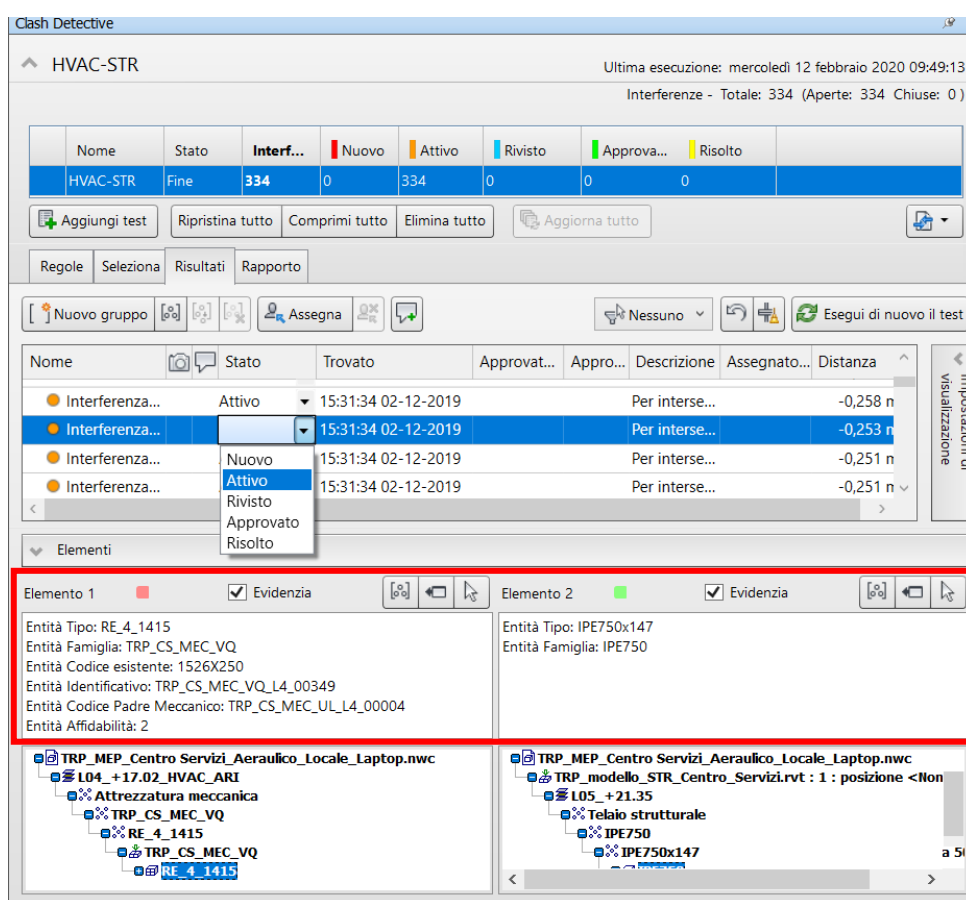


Figura 82: Rappresentazione Clash Detection in Navisworks [Fonte: Cattura immagine da Navisworks]

Come si può notare nella figura 82, una volta lanciato il calcolo e selezionato un oggetto, vengono riportati tutti i dati dei due elementi scontrati. In questo caso, si può notare come il parametro *codice identificativo*, sia stato molto utile per l'identificazione dell'oggetto, in quanto durante l'importazione del modello in Navisworks si è perso l'ID dell'oggetto. Quindi il codice identificativo è una valida alternativa per l'individuazione degli oggetti. Ecco perché, prima di procedere alle analisi bisogna verificare appunto la giusta compilazione di questo parametro.

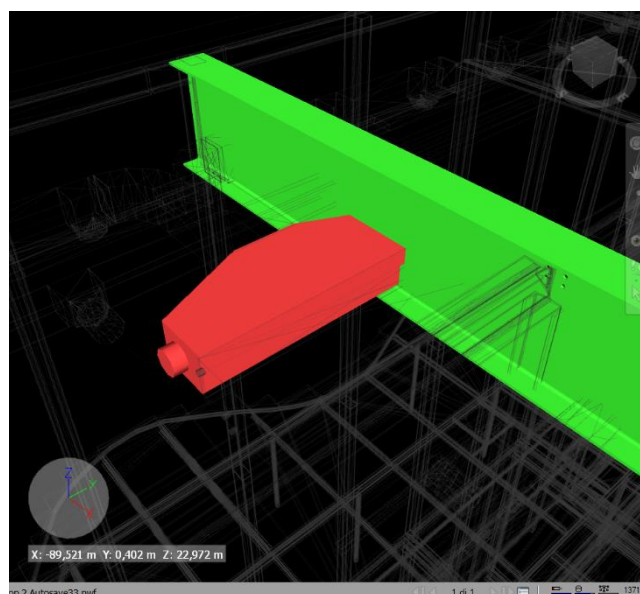


Figura 83: Scontro Ventilconvettore e Trave IPE [Cattura immagine Navisworks]

Con la presente verifica si sono rilevati quindi gli scontri tra l'impianto aeraulico e l'impianto strutturale. Si verificano quindi un totale di 334 conflitti con una tolleranza di 5 centimetri, tra le quali interferenze tra travi - condotti, travi - attrezzatura meccanica e travi - raccordi, che fanno parte dell'impianto di distribuzione. Una seconda verifica è stata fatta tra i condotti e le attrezzature meccaniche, una con tolleranza di 5 centimetri, dove è stata riscontrata una sola collisione, e l'altra a 1 centimetro di distanza con un numero di collisioni pari a 145. Una terza verifica è stata condotta mettendo a confronto l'attrezzatura meccanica e lo strutturale, per verificare appunto la collisione della distanza e per evitare problemi durante la fase di montaggio delle attrezzature principali. La verifica ha riscontrato 397 conflitti con una tolleranza definita a 5 centimetri, quindi questi elementi hanno meno di 5 centimetri di spazio. Questi risultati possono poi essere indagati nella finestra di simulazione nella sezione *risultati*.

Clash Detective							
Conflitti Condotti/ Attrezzatura Meccanica 5 cm				Ultima esecuzione: mercoledì 12 febbraio 2020 10:50:14			
				Interferenze - Totale: 1 (Aperte: 1 Chiuse: 0)			
Nome	Stato	Interf...	Nuovo	Attivo	Rivisto	Approva...	
Conflitti Condotti/ Attrezzatura Meccanica 5 cm	Fine	1	0	1	0	0	0
Hvac/Str 5 cm	Fine	334	334	0	0	0	0
Conflitti Attrezzatura Meccanica/ Strutturale	Fine	397	0	358	0	0	3
Hvac/Str 1 cm	Fine	646	646	0	0	0	0
Conflitti Condotti/ Attrezzatura Meccanica 1 cm	Fine	145	145	0	0	0	0

Figura 84: Controlli effettuati con Navisworks [Fonte: Cattura immagine da Navisworks]

Con Solibri, inizialmente è stata fatta una verifica di BIM Validation – MEP, dove si controlla che il modello includa un edificio e piani, inoltre, verifica che tutti i componenti siano contenuti in un pavimento. Oltretutto, con questa regola si è verificato che il modello non abbia alcun piano vuoto e che ogni piano abbia un nome. Viene verificato anche che per errore non vi siano più piani con la stessa elevazione. Come si può notare nella figura 85, vengono rispettate queste regole attraverso il simbolo *ok*. Nella *ruleset*, sulla parte destra sono rappresentate con dei simboli (triangoli) la gravità del conflitto. Il rosso sta ad indicare una *criticità grave*, mentre quello arancione una *criticità intermedia*, e infine quello giallo una *bassa criticità*. Il simbolo *V* verde indica che il risultato è stato accettato, mentre la *X* rossa indica un *risultato respinto*.

CHECKING		Check Model	Report
Ruleset - Checked Model			
▼ New Ruleset			
▼ BIM Validation - MEP			
▼ Model Structure Check			
§ Model Hierarchy			OK
§ Building Floors			OK
▼ MEP models and Structural model			
▼ Distance between Components			
§ Distance Between Columns/Beams and MEP components			Warning
§ Distance Between Walls and MEP components			Warning
§ Conflitti componenti e distanze			Warning
§ Intersections in HVAC Models (Insulations Not Included)			Error

Figura 85: Rappresentazione delle regole utilizzate in Solibri [Fonte: Cattura immagine da Solibri]

Successivamente si è verificata la distanza tra le colonne/travi con i componenti meccanici. Anche in questo caso si è impostata una tolleranza di 5 centimetri, rilevando così 262 elementi che hanno una distanza compresa tra 0-5 centimetri. In questo caso, in fase di montaggio o di manutenzione potrebbero esserci dei problemi per l'insufficienza dello spazio.

RESULT SUMMARY					
	Error	Warning	Low	Failed	OK
Issue Count	0	262	0	0	0

Figura 86: Rappresentazione distanza colonna/condotto [Fonte: Cattura immagine da Solibri]

Dopodiché sono state verificate le collisioni tra i componenti meccanici e i muri portanti. Come si può notare sono stati riscontrati 19 elementi che non rispettano questa regola. Il problema riscontrato può essere attribuito a un errore in fase di progettazione, dove non sono stati creati i fori nei muri per il passaggio dei condotti. Questo è un chiaro esempio di quello che può essere un problema in fase di cantiere, cioè quello di non prevedere l'accesso per il passaggio degli impianti. (figura 87)

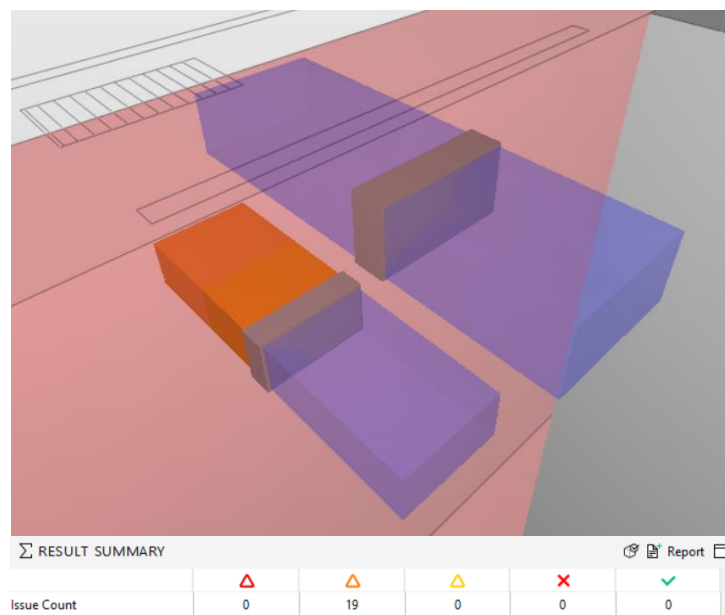


Figura 87: Collisione tra impianto aeraulico e muro [Fonte: Cattura immagine da Solibri]

In seguito, si sono verificati anche i conflitti tra i rispettivi componenti aeraulici, dove sono stati individuati 259 elementi ad incidenza critica e 35 ad incidenza moderata. La maggior parte di questi conflitti, è a causa dei condotti flessibili, in quanto, non si sono adattati correttamente allo spazio libero tra i componenti. La maggior parte di questi condotti, essendo flessibili, possono essere, in fase di montaggio, spostati o reindirizzati facilmente, appunto grazie alla loro struttura flessibile.

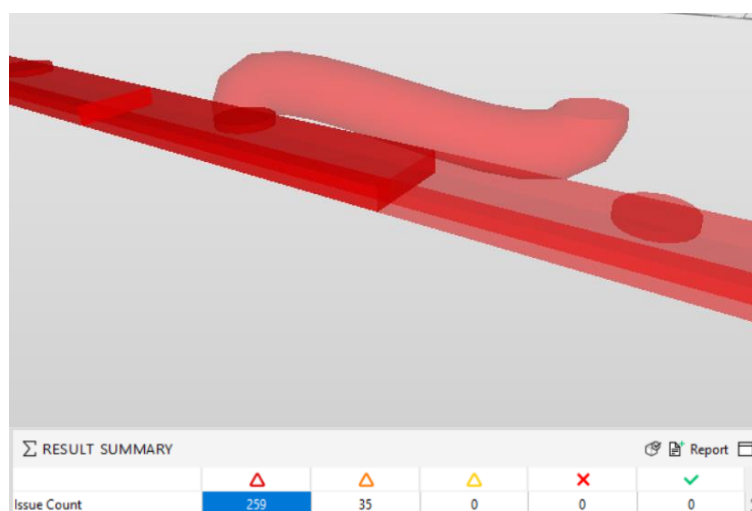


Figura 88: Collisione tra condotto flessibile e terminale [Fonte: Cattura immagine da Solibri]

In fine, come già accennato precedentemente, si è cercato di fare un paragone tra i due software, cercando di lanciare un calcolo, per quanto possibile simile, in modo da confrontare la quantità di conflitti individuati. Si è fatta la verifica tra l'impianto aeraulico e quello strutturale con una tolleranza di 1 centimetro. In Navisworks sono stati individuati 646 conflitti, mentre in Solibri ne sono stati individuati 674. Da questo punto di vista entrambi i software risultano essere validi per queste tipologie di verifiche di *clash detection*.

Con entrambi i software, c'è la possibilità di esportare il rapporto di *clash detection* in formato .xml per la condivisione dei dati e delle informazioni riguardanti le verifiche. Oltre a ciò, vi è la possibilità di creare anche delle presentazioni, indicando il problema e il responsabile delle operazioni di verifica. Entrambi i software hanno la possibilità di report attraverso la modalità *BCF*, che consente di caricare le presentazioni con le rispettive problematiche in altri software.

3. Risultati e criticità

Il presente elaborato di tesi svolto ha portato alla modellazione degli impianti HVAC del Centro Servizi sottostante alla Torre Regione Piemonte. Per quanto riguarda la modellazione, si sono impiegate all'incirca 300 ore di lavoro corrispondenti a circa tre mesi, in quanto, quasi tutti gli oggetti sono stati modellati personalmente. La scarsa padronanza iniziale del software *Revit*, ha sicuramente incrementato le tempistiche di modellazione, in quanto si affrontava per la prima volta un vero approccio di questo genere, incrementando di conseguenza le competenze durante tutto il percorso di tesi. Molto importante è stato quello di aumentare maggiormente le informazioni relative a tutti i componenti del modello, attraverso una accurata compilazione parametrica conforme alle linee guida stabilite, con lo scopo di creare uno standard lavorativo comune.

L'obiettivo di questa tesi è sperimentare diverse tipologie di modelli per esportare i contenuti BIM in un formato che mantenesse l'integrità degli oggetti, non solo dal punto di vista geometrico ma anche di dati, per poi effettuare un'analisi di interferenze con due software differenti.

La tabella sottostante riassume in modo sintetico la quantità di elementi esportati con le diverse estensioni di file. Le categorie esportate e verificate, sono le stesse modellate con il software *Revit*, e sono le seguenti: *accessori per condotti, attrezzatura meccanica, bocchettoni, condotti, condotti flessibili e raccordi condotti*, per un totale di *6822 elementi*. Il modello successivamente è stato esportato nei seguenti formati: *.ifc, .nwc ed .rvt*. Il formato *.ifc* è stato utilizzato per il controllo delle quantità sia con *Solibri* che con *Navisworks*. Come si può notare gli unici due formati di file che esportano interamente tutti gli elementi sono i formati *.nwc ed .rvt*, non a caso sono della stessa software house di *Autodesk*. Invece il formato *.ifc* non ha esportato parte dei condotti flessibili per una problematica di tipo geometrico avvenuta in *Revit*. Il formato *.ifc*, non riconoscendo la geometria dei condotti, che in *Revit* è stata semplificata simbolicamente tramite una linea, non gli ha esportati.

Importazione Categorie	Accessori per condotti	Attrezzatura meccanica	Bocchettoni	Condotto	Condotto flessibile	Raccordo condotto	Totale elementi
Solibri .ifc	✓	✓	✓	✓	X	✓	6490/6822
Navisworks .nwc	✓	✓	✓	✓	✓	✓	6822/6822
Navisworks .ifc	✓	✓	✓	✓	X	✓	6489/6822
Navisworks .rvt	✓	✓	✓	✓	✓	✓	6822/6822

Tabella 7: Rappresentazione elementi esportati [Fonte: Elaborato personale]

La seguente tabella rappresenta alcuni parametri presi in considerazione per verificare la corretta importazione dei dati attribuiti agli oggetti del modello. I parametri presi in considerazione sono i seguenti: *identificativo*, *affidabilità*, *codice esistente* e *codice padre*. Si può osservare che l'unico formato ad avere importato correttamente questi parametri, è il formato .rvt. Nonostante il file .nwc abbia importato tutti gli elementi, ha comunque subito una perdita di dati durante il passaggio Revit → Navisworks, infatti presenta 6690 parametri definiti, mentre il restante 132 non sono definiti. Il formato .ifc, nonostante non abbia importato tutti gli elementi, ha comunque mantenuto tutti i parametri quanti erano gli elementi importati.

Importazione Elementi	Identificativo	Affidabilità	Codice esistente	Codice Padre
Solibri .ifc	6490/6822	6490/6822	6490/6822	6490/6822
Navisworks .nwc	6690/6822	6690/6822	6690/6822	6690/6822
Navisworks .ifc	6489/6822	6489/6822	6489/6822	6489/6822
Navisworks .rvt	6822/6822	6822/6822	6822/6822	6822/6822

Tabella 8: Parametri importati [Fonte: Elaborato personale]

Nella tabella seguente, vengono ricapitolati i pro e i contro dei due rispettivi software. Come si può notare, le uniche differenze sostanziali sono che Solibri non ha né la quarta dimensione *4D* e *5D* per il controllo temporale dei processi di costruzione e costi, né la funzione render / animazione. L'unico punto a sfavore di Navisworks, è che la sezione dei controlli basati su regole non è molto sviluppata quanto quella di Solibri. In Navisworks questi controlli avvengono solo per comparazione, basandosi sulle tolleranze. Un'altra peculiarità di Navisworks, è che l'algoritmo di calcolo clash detection si basa solo sulle geometrie rispetto a quello di Solibri che si basa su algoritmi, il che risulta essere più completo. Uno dei vantaggi che ha Navisworks è quello di essere della software house di Autodesk, il che gli garantisce una maggiore interoperabilità di formati, rispetto a quello di Solibri che supporta sostanzialmente l'.ifc ed il suo formato nativo .smc.

Pro & Contro	Navisworks	Solibri
Scopo principale	Revisione Progetto & Controllo qualità	Revisione del progetto
Supporto .IFC	✓	✓
Navigazione 3D	✓	✓
Verifica delle Interferenze	✓	✓
Algoritmo Clash Detection	Basato sulle geometrie	Basato su algoritmi
File nativo	NWC, NWF, NWD	SMC
Tipi di file importati	dwg, .dxf, .dwf, .dwfx, .fbx, .ifc, .rvt, .skp, .3dm, .stl etc.	ifc, rcp, dwg.
Report	pdf/html	pdf.
Cronoprogramma/Time linear	✓	X
Funzione Render/Animazione	✓	X
Camminare nel Modello	✓	✓
Salvataggio delle viste del modello	✓	✓
Attribuire un colore agli oggetti dal modello	✓	✓
Ricerca e raggruppamento di oggetti dal modello	✓	✓
Controllo del modello basato su Regole	X	✓
Proiezioni 2D nello spazio	X	✓
Selezione area	✓	✓
Misurazione Angolo	✓	✓
Misurazione Area	✓	✓
Misurazione Volume	X	✓
Misurazione Peso	X	✓
Aggiungere e condividere commenti	✓	✓
Compatibile con BCF	Con plugin	✓
Collegamento diretto	Revit	ArchiCad

Tabella 9: Comparazione tra Navisworks e Solibri [Fonte: Elaborato personale]

4. Conclusioni e sviluppi futuri

Come già detto e dimostrato precedentemente nel presente elaborato, l'obiettivo di questa tesi è stato quello di verificare e sperimentare questa metodologia di lavoro basata sull'interoperabilità dei software e controllo delle interferenze. Questa verifica è stata sviluppata in concomitanza a delle linee guida e regole dettate e determinate in precedenza, con lo scopo di sperimentare e sviluppare maggiormente le funzionalità di questa metodologia e lo sviluppo di un linguaggio comune interoperabile.

Durante il percorso di tesi, si è appreso di come questa metodologia di lavoro e interscambio delle informazioni sia utile a un professionista, che nell'utilizzo di diversi software, compie verifiche e controlli sui modelli allo scopo di evitare problematiche che potrebbero svilupparsi in fase di cantiere o nelle fasi di montaggio e manutenzione. Questi processi avvengono grazie alle potenzialità dei software e ai loro processi di interoperabilità e interscambio di dati. La compilazione di alcuni parametri hanno garantito la corretta interoperabilità e la sostituzione di alcune informazioni che, in alcuni casi di interscambio di dati, vengono persi. Attraverso la Clash Detection, è stato possibile controllare la veridicità delle informazioni e delle quantità, così da porre in luce la corretta interpretazione delle interferenze tra gli oggetti del modello.

Le potenzialità del lavoro svolto nel creare sviluppi futuri, sono numerosi, due delle quali dal mio punto di vista ritengo più importanti. Un' primo sviluppo, potrebbe essere quello di definire in modo più accurato le informazioni presenti nel modello, rendendolo più completo e con l'ulteriore possibilità di creare una simulazione 4D. Questo non è stato possibile in quanto il modello del Centro Servizi non era completo. Sfortunatamente per cause tempistiche ed esigenze accademiche non è stato possibile approfondire maggiormente le verifiche per il controllo delle interferenze. Un secondo sviluppo che potrebbe essere approfondito è quello di eseguire operazioni accurate di code checking, facendo riferimento al quadro normativo e agevolando il controllo anche di quest'ultimo aspetto.

In conclusione, volevo sottolineare l'importanza di tale metodologia e l'apprendimento della padronanza di tali strumenti per migliorare e controllare in modo efficace le verifiche in un processo edilizio. Il processo tecnologico sta progredendo in modo rapido e la conoscenza di tali strumenti aiuta a migliorare il processo edilizio in continuo sviluppo. Tale padronanza aiuta nel creare un linguaggio più comune, rendendo più efficace e vantaggioso lo sviluppo innovativo della progettazione, a vantaggio di tutte le figure professionali.

Riferimenti

- [1] [Online]. Available: <https://www.ingegneriaconcriterio.it/che-cose-il-bim-building-information-modeling/>.
- [2] [Online]. Available: <https://www.bimticino.ch/cosa-e-il-BIM>.
- [3] [Online]. Available: <https://www.str.it/magazine-edilizia/bim/interoperabilita>.
- [4] [Online]. Available: <https://www.01building.it/bim/centralita-modello-federato-relazioni-attori-processo/amp/>.
- [5] [Online]. Available: https://www.associatiminucci.com/?gclid=CjwKCAiA__HvBRACEiwAbViuUxN5jdW32DkUSc76Cs4KoLIB5ZOI4fs-bepiYeFa1HsukO4rbXafGBoC6l4QAvD_BwE.
- [6] [Online]. Available: <https://www.01building.it/bim/bim-facility-management/>.
- [7] [Online]. Available: <https://www.01building.it/bim/bim-progettazione-impiantistica/>.
- [8] [Online]. Available: http://biblus.acca.it/focus/ifc-cose-e-quali-sono-i-vantaggi/#Cos8217e_IFC.
- [9] [Online]. Available: <https://www.01building.it/pubblica-amministrazione/bim-normativa-pubblica-amministrazione/>.
- [10] [Online]. Available: <https://www.ediltecnico.it/63404/uni-11337-standard-italiani-bim/>.
- [11] [Online]. Available: <https://www.01building.it/bim/lod-progettazione-bim/>.
- [12] [Online]. Available: <https://knowledge.autodesk.com/it/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2014/ITA/Revit/files/GUID-2480CA33-C0B9-46FD-9BDD-FDE75B513727-htm.html>.

Bibliografia e sitografia

1. Anna Osello, Il futuro del disegno con il BIM per ingegneri e architetti, Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2012.
2. Lo Turco M.; Osello A, Building Information Modeling (BIM) e l'interoperabilità delle informazioni, Torino, 2012.
3. <https://www.athsoftware.it/prodotti/modulo-schemi-e-pannelli-radianti-hvac-bim/>
4. <https://www.bimportale.com/magicad/>
5. <https://bimon.it/gestione-delle-interferenze-nel-bim/>
6. <https://www.kelarpacific.com/clashmep/>
7. <https://www.acca.it/bim-clash-detection-software#more>
8. <http://www.energymep.it/bimmep/gestione-delle-interferenze/>
9. <https://bimon.it/model-checking-per-rendere-efficace-il-processo-bim/>
10. http://www.sedeunica.regione.piemonte.it/la_sede_unica.php
11. <https://design.fanpage.it/torino-il-grattacielo-della-regione-piemonte-di-fuksas-verso-la-fine/>
12. <http://www.valsir.it/news/item/282-importanza-della-mep-clash-detection-in-edifici-multipiano-adibiti-a-hotel>
13. <https://bimvision.eu/en/functionality/>
14. <http://bimsolutions1.blogspot.com/2013/03/solibri-versus-navisworks-versus.html>
15. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580516300401#ab0010>
16. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580515002083>
17. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580512001495>
18. <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/2579671>
19. https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17452007.2017.1370995?casa_token=G62psPJoeSMAAAAAA%3AdIJmPnoE4YE3xqPbQfO12MLiI0pZvPIIihvWPkWXvFhguGRY44_5hA3h7tUEkIgcEr2ps3QaQ7V
20. <https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/9780784413616.072>
21. <http://usir.salford.ac.uk/id/eprint/28380/>
22. <http://archnet-ijar.net/index.php/IJAR/article/view/881>
23. https://ascelibrary.org/doi/full/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0000992?casa_token=qsyhhlMyOYAAAAA%3ATbJc1dxwIkxjR4KyRLUUIvToT_rXqzqskqEEuVlanSLttLWo1i91VM9T1uXUe-Wtq5anv0vvM1WznQ
24. <https://www.ingenio-web.it/6836-bim-conflitti-interferenze-identita>
25. <https://design.fanpage.it/torino-il-grattacielo-della-regione-piemonte-di-fuksas-verso-la-fine/>
26. <https://solibri.wordpress.com/2017/08/18/missing-revit-properties/>
27. <https://www.ediltecnico.it/63404/uni-11337-standard-italiani-bim/>
28. <https://www.ingenio-web.it/18667-sistema-dei-lod-italiano-uni-11337-4-2017>

29. <https://harpaceas.it/il-bim-e-il-concetto-di-dettaglio-e-lod/>
30. <https://www.tres-progetti.com/index.php/servizi/progettazione-bim-mep>
31. <http://bim.acca.it/ecco-cosa-sono-clash-detection-clash-management/>
32. <https://bimtrack.co/blog/blog-posts/understanding-clash-detection-and-making-it-more-efficient>
33. <https://www.bimcommunity.com/news/load/943/benefits-of-using-bim-clash-detection-and-mep-coordination-services>
34. <https://www.supportobim.it/formazione/gestione-interferenze-dalla-progettazione-al-cantiere/>
35. <https://www.energymep.it/gestione-delle-interferenze/>
36. <https://www.tres-progetti.com/index.php/servizi/progettazione-bim-mep>
37. <https://www.ediltecnico.it/64369/il-facility-management-basato-sul-bim/>
38. <https://www.infobuild.it/approfondimenti/bim-orientato-facility-management/>

Ringraziamenti

*Un doveroso ringraziamento va alla
professoressa Anna Osello per avermi dato
l'opportunità di svolgere questo percorso di
tesi, inoltre la ringrazio per la forte
motivazione e determinazione
nell'incoraggiarci a dare ogni volta il
massimo di noi stessi.*

*Un ringraziamento particolare va al Ing.
Matteo Del Giudice e ai suoi preziosi
consigli, un correlatore esemplare che mi ha
dato le giuste indicazioni in ogni step del mio
percorso.*

*Inoltre, voglio ringraziare tutti i membri
del Drawing TO the Future, e tutti i colleghi
del team di lavoro tesi con i quali ho
collaborato.*

*Non posso non menzionare la mia famiglia,
che da sempre mi ha sostenuto e guidato
nella realizzazione dei miei sogni e progetti.
Non finirò mai di ringraziarvi per avermi
permesso di arrivare fin qui.*

*Grazie ai miei amici per essere stati sempre
presenti e comprensivi durante questa fase
del mio percorso di studi. Grazie per aver
ascoltato i miei sfoghi, grazie per tutti i
momenti di spensieratezza.*

*Ringrazio chi mi ha trasmesso in questi
anni nozioni, di scienza e di vita,
ringrazio chi si è mostrato come esempio da
seguire.*