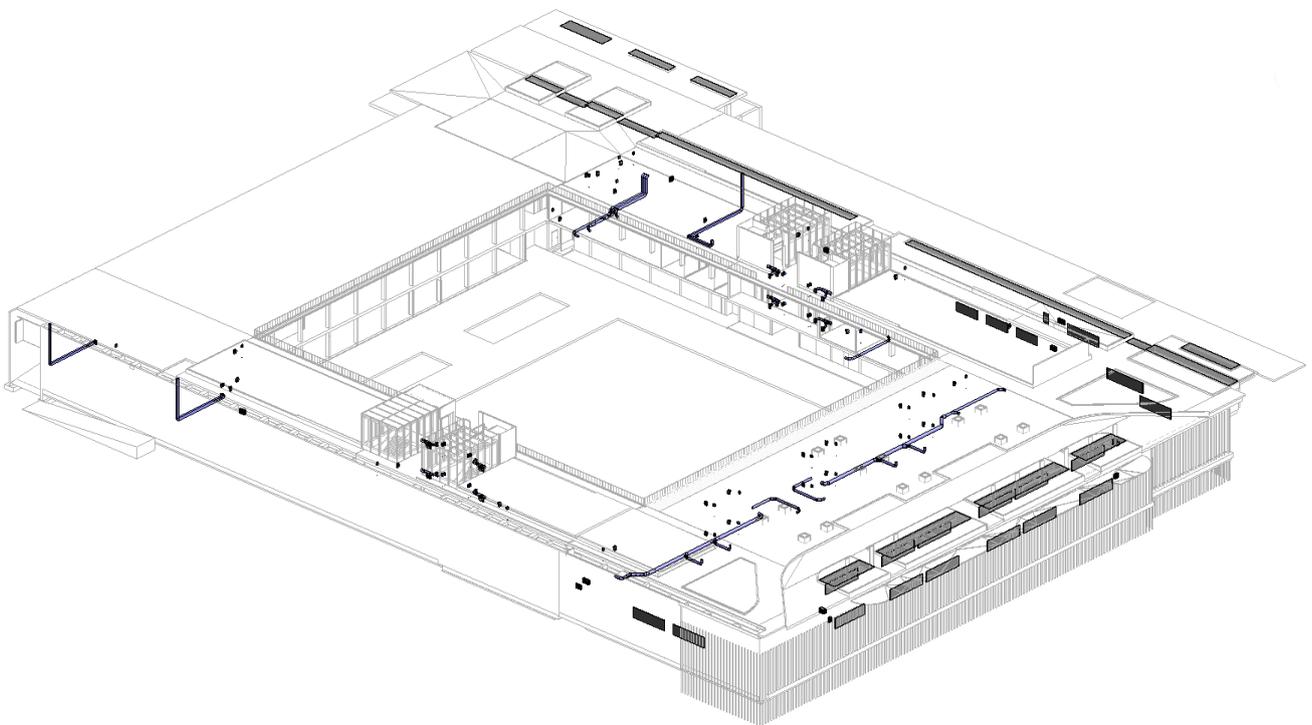


# IL RUOLO DEL MODEL CHECKING PER IL BIM

Candidato  
Sandro Massaro



Relatore  
prof.ssa Anna Osello

Correlatore  
Ing. Matteo Del Giudice



# POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale  
Architettura per il progetto sostenibile

## Il ruolo del Model Checking nel BIM



Relatore  
prof.ssa Anna Osello

Candidato  
Sandro Massaro

Correlatore  
Ing. Matteo Del Giudice

A.A. 2020/2021

## Ringraziamenti

*Un doveroso ringraziamento va alla Prof.ssa Osello che mi ha dato l'opportunità di svolgere questo percorso di tesi, su un caso studio concreto, dandomi la possibilità di apprendere la disciplina impiantistica che fin da subito mi ha coinvolto; di avermi trasmesso motivazioni e determinazione.*

*La voglia di imparare e mettermi in discussione ha ulteriormente incrementato la passione per il BIM. Un doveroso ringraziamento all'Ing. Matteo Del Giudice per la sua guida e proverbiale gentilezza e pazienza.*

*Ringrazio tutti i componenti del Drawing to the Future per la loro disponibilità, e tutti i colleghi del team di lavoro del tirocinio e della tesi con i quali ho collaborato.*

*Termino ringraziando la mia famiglia che mi ha trasmesso i valori della passione, perseveranza e fiducia nei miei mezzi; spero di aver fatto contento mio padre; sento la sua voce dire al telefono quando mi contattava, le parole magiche per sostenermi "Coraggio Sandro", "Bravo".*

## ABSTRACT

Negli ultimi anni, il settore delle costruzioni ha subito notevoli cambiamenti. Questo è da attribuirsi al grande impatto dovuto alla tecnologia digitale. La metodologia Building Information Modeling si pone come nuovo paradigma nel campo delle costruzioni. Il punto di forza riconosciuto a livello internazionale alla metodologia BIM è rappresentato dal tema della collaborazione. Nei capitoli introduttivi, sono esposte le tematiche principali come: la progettazione integrata, i livelli di maturità, le dimensioni, l'interoperabilità, gli standard, e la normativa.

È stata effettuata la modellazione dell'impianto meccanico e unità di ventilazione, a supporto dei filtri antincendio della Torre Regione Piemonte, e più nello specifico degli interrati torre. La presente tesi ha come obiettivo quello di approfondire all'interno della metodologia BIM lo strumento del Model Checking, grazie al quale è possibile verificare e validare i progetti non solo in fase progettuale, ma anche durante tutte le fasi del processo; il fine è di produrre un modello grafico-informativo 3D di elevata qualità per beneficiarne in successivi step del flusso produttivo.

## ABSTRACT

In recent years, the construction sector has undergone significant changes. This is due to the great impact due to digital technology. The Building Information Modeling methodology stands as a new paradigm in the construction field. The internationally recognized strength of the BIM methodology is represented by the theme of collaboration. In the introductory chapters, the main themes are exposed such as: integrated design, levels of maturity, dimensions, interoperability, standards, and legislation. The modeling of the mechanical system and ventilation unit was carried out to support the fire filters of the Piedmont Region Tower, and more specifically of the underground towers. This thesis aims to deepen the Model Checking tool within the BIM methodology, thanks to which it is possible to verify and validate projects not only in the design phase, but also during all phases of the process; the aim is to produce a high quality 3D graphicinformative model to benefit from it in subsequent steps of the production flow.

# INDICE

## I. INTRODUZIONE AL BIM

1.1 Building Information Modeling	5
1.2 La Progettazione Integrata in BIM	6
1.3 Dimensioni del BIM	10
1.4 Livelli di maturità BIM	12
1.5 Interoperabilità	15
1.7 BIM e normativa di riferimento	28

## II. CASO STUDIO

2.1 Dati generali	32
2.2 Aspetti architettonici	33
2.3 Corte interrata	35
2.4 Aspetti strutturali	36

## III. METODOLOGIA

3.1 Level of Development (LOD)	39
3.3 Organizzazione del modello informativo	44

## IV. SVILUPPO DEL MODELLO INFORMATIVO

4.1 Dati di input per il modello digitale	52
4.2 Impostazione file template	52
4.3 Impostazioni delle viste di progetto	53
4.4 Gestione dei collegamenti	54
4.5 Gestione del Browser di sistema	56
4.6 Modellazione del sistema aeraulico (famiglie parametriche)	57
4.7 La compilazione dei parametri condivisi	64

<b>V. IL MODEL CHECKING</b>	
5.1 Quadro Normativo UNI 11337-5	69
5.2 Processi di validazione	74
5.3 Ruoli e responsabilità	81
5.4 Validazione del modello	86
5.5 Gestione intelligente dei dati	93
<b>VI. CONCLUSIONI</b>	108
<b>VII. BIBLIOGRAFIA</b>	109
<b>VIII. SITOGRAFIA</b>	110

## Elenco delle abbreviazioni

SIGLA	DENOMINAZIONE
AEC	Architecture, Engineering and Construction
AIA	Architecture Institute of Architects
ACDat	Ambiente di condivisione dei dati
BEP	BIM Execution Plan
BIM	Building Information Modeling
BSI	Building Smart International
BFC	BIM Collaboration Format
CAD	Computer Aided Design
CDE	Common Data Environment
CI	Capitolato Informativo
COBie	Construction Operation Building Information exchange
EIR	Employer's Information Requirement
FM	Facility Management
IFC	Industry Foundation Classes
IDM	Information Delivery Manual
MEP	Mechanical Electrical Plumbing
Ogi	Offerta Gestione Informativa
OIR	Organizational Information Requirement
Pgi	Piano Gestione Informativa
PAS	Publically Available Specification
PIM	Project Information Model
XML	Extensible Markup Language

## Lista delle figure

- 1) Integrated Project Delivery
- 2) Struttura IPD
- 3) Grafico di Mac Leamy
- 4) Dimensioni del BIM internazionali e italiane
- 5) Triangolo di Bew e Richards
- 6) Livelli di maturità BIM
- 7) Interoperabilità BIM
- 8) Building Smart International
- 9) Industries Foundation Classes
- 10) Triangolo BSI
- 11) BIM collaboration format
- 12) BIM Word
- 13) Bandi BIM 202014) Direttiva Appalti (D 2014/24/UE)
- 14) Direttiva Appalti (D 2014/24/UE)
- 15) Obbligatorietà BIM
- 16) Struttura della Norma
- 17) Schema applicativo degli Standard nel mondo
- 18) Masterplan area intervento
- 19) Sistema facciata a "doppia pelle"
- 20) Intercapedine ventilata
- 21) Planimetria Interrati Torre P-1
- 22) Planimetria Interrati Torre P-2
- 23) Soluzioni tecnologiche
- 24) Posa moduli involucro trasparente
- 25) Posa delle velette
- 26) UNI 11337 Schema Lod
- 27) UNI 11337 Lod Impianti
- 28) Condivisione del lavoro
- 29) Funzione collaborate, Software Revit
- 30) Schema modello federato
- 31) Collaborazione multidisciplinare
- 32) Suddivisione per parti
- 33) Tabella nomenclatura dei file
- 34) Suddivisione per discipline
- 35) Suddivisione dei file
- 36) Codifica Famiglie
- 37) Nomenclatura per tipo
- 38) Codifica attrezzatura meccanica - unità di ventilazione
- 39) Attrezzatura elettrica - quadro comando
- 40) Attrezzatura meccanica - serranda tagliafuoco
- 41) Bocchettoni - griglia di ventilazione
- 42) Condotti - circolari e rettangolari
- 43) Tabella parametri condivisi
- 44) Documenti consegnati
- 45) Impostazioni del file modello meccanico
- 46) Viste assegnate alla disciplina meccanica
- 47) Collegamento file dwg dell'impianto meccanico
- 48) Collegamento dei modello architettonico e strutturale
- 49) Acquisizione coordinate
- 50) Browser di sistema
- 51) Rete di condotti assegnata al sistema
- 52) Scheda famiglia unità di ventilazione
- 53) Scheda famiglia Quadro comando
- 54) Scheda famiglia Serranda tagliafuoco circolare
- 55) Scheda famiglia Griglia di ventilazione
- 56) Impostazioni meccaniche
- 57) Preferenze di instradamento
- 58) Modellazione dell'impianto meccanico
- 59) Abaco Revit
- 60) Esportazione Abaco di Reit con il plugin Import/Export
- 61) Tabella esportata dal plugin
- 62) Script affidabilità
- 63) Script Codice esistente
- 64) Script Codice identificativo
- 65) Schema Model Checking
- 66) Schema sviluppo informativo
- 67) Procedura gara BIM
- 69) Livelli di verifica, pubblicazione, approvazione
- 70) Errore di modellazione
- 71) Errore di progettazione
- 72) Processo iterativo clash detection
- 73) Interferenza tra condotto circolare ed elemento strutturale
- 74) Interferenza tra trave e condotto circolare

- 75) Modellazione impianto meccanico
- 76) Attività BIM Coordinator
- 77) Aperura Model Checker e selezione del model Chekset
- 78) Selezione Chekset Best Practices
- 79) Avvio report
- 80) Risultati in percentuale del controllo
- 81) Categoria Model performance
- 82) Configurazione progetto
- 83) Categoria External files
- 84) Datum and Local Elements
- 85) Levels and Grids
- 86) Views
- 87) Model elements
- 88) La rete dei condotti non è assegnata al sistema
- 89) Selezione del revit model dashboard (checkset)
- 90) Finestra senza risultati
- 91) Report generato in Power BI
- 92) Report variazioni
- 93) Descrizione sulle soglie di visualizzazione file
- 94) Descrizione sulle soglie di visualizzazione elementi
- 95) Flowchart Revit-Dynamo-Excel-PowerBI
- 96) Comandi controllo interferenze Revit
- 97) Interferenze tra impianti e componenti architettonici
- 98) Interferenze riscontrate in Revit
- 99) Vista 3D Revit per Navisworks
- 100) Finestra di esportazione da Revit a Navisworks e settaggi
- 101) Comando aggiungi flie NWC in Navisworks
- 102) Selezione dei modelli per l'analisi
- 103) Arc vs Mec Hard test
- 104) Arc vs Mec Clearance test
- 105) Str vs Mec Hard test
- 106) Arc vs Mec Hard conservative
- 107) Str vs Mec Hard test
- 108) Arc vs Mec Duplicates
- 109) Risultati analisi e assegnazione interferenze
- 110) Formati di esportazione report e report Arc vs Mec formato html
- 111) Esempio di hard clash
- 112) Esempio di clearence clash
- 113) Livelli di conflitto
- 114) Formati file Navisworks
- 115) Schema formati file Navisworks, elaborato personale

# PARTE I

## INTRODUZIONE AL BIM



# I. INTRODUZIONE AL BIM

## 1.1 Building Information Modeling

L'acronimo BIM è stato assoggettato a diverse definizioni e interpretazioni; il suo significato è in continua evoluzione ed è legato ai profondi cambiamenti imposti dalla crescente digitalizzazione alle industrie dell'architettura, ingegneria, e costruzione (AEC, Industria 4.0). La definizione fornita dal NBIMS US National BIM Standard nel 2014 è la seguente:

*“Il Building Information Modeling è la rappresentazione digitale delle caratteristiche fisiche e funzionali di una struttura, che crea una risorsa di conoscenza condivisa per ottenere informazioni sulla struttura stessa, ed una base affidabile per tutte le decisioni nel corso del suo ciclo di vita, dall'idea iniziale alla demolizione.” [1]*

Il BIM, dunque, non è un software, né un elaborato 3D, ma è piuttosto un insieme di tecnologie, processi e metodi che permettono a diversi soggetti interessati di progettare, costruire e gestire in modo collaborativo un'opera in un ambiente virtuale.

Il BIM è un PROCESSO, ovvero un susseguirsi di attività atte a gestire i dati e le informazioni contenute all'interno dei modelli informativi.

Il BIM è un MODELLO, ovvero un contenitore di dati ed informazioni, che devono poter essere letti, arricchiti, modificati durante tutto il ciclo di vita dell'opera.

Il BIM è COLLABORAZIONE, ovvero affinché i modelli informativi siano sempre aggiornati ed utilizzabili, tutti gli operatori devono collaborare in momenti opportuni del processo e secondo determinate regole.

Soffermiamoci sul significato delle prime due lettere:

la B di Building: questo termine può generare confusione all'interno dell'acronimo; se consideriamo la forma verbale avremo “building” (costruire), mentre se lo consideriamo come sostantivo avremo “building” (edificio). Chiariamo il concetto, il quale oltre a definire l'attività di progettazione, costruzione, nella sua più ampia accezione è una metodologia che considera il progetto lungo tutto il ciclo di vita: inizio, pianificazione strategica, progettazione di dettaglio, uso, manutenzione, smantellamento dell'edificio, ecc.

la I di Information: La chiave del BIM sono le informazioni, l'acquisizione, lo scambio e la produzione di informazioni sotto forma di dati.

la M contiene tre livelli:

Model: (Modello) la visualizzazione delle informazioni, cioè qualcosa di digitalmente concreto e consegnabile.

Modeling: (Modellazione) si riferisce alla Modellazione, quindi l'insieme di tecnologie e processi volti a creare un modello contenente le Informazioni.

Management: (Gestione), delle Informazioni durante tutto il ciclo di vita del Building / dell'ambiente costruito di nostro interesse.

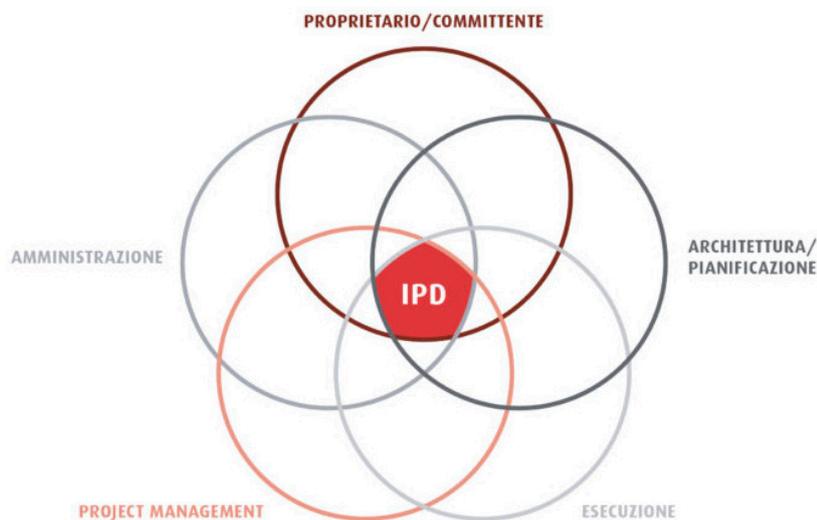
## 1.2 La Progettazione Integrata in BIM

I progetti edili diventano sempre più complessi. L'aumento della domanda dovuto ai tassi bassi e all'immigrazione, la crescente pressione in termini di costi e tempi e l'esigenza sempre più sentita di sostenibilità e qualità fanno sì che gli elementi in gioco in un progetto edile siano sempre più numerosi. Alla comunicazione tra le singole parti viene prestata scarsa attenzione: ognuno deve limitarsi a fare ciò che sa fare meglio. Ciò comporta una forte frammentazione tra i processi di pianificazione e realizzazione, di cui anomalie, errori, costose ricostruzioni e ritardi possono essere la conseguenza. Occorre pertanto un ripensamento dell'attuale processo di costruzione che la faccia finita con la frammentazione e introduca un processo di lavoro collaborativo e cooperativo.

L'Integrated Project Delivery (IPD) è un metodo proveniente dal Nordamerica che mira a rendere più efficiente la gestione dei progetti edili tramite un miglior coordinamento degli elementi in gioco e a sostituire la mentalità non collaborativa, con obiettivi comuni, a vantaggio del progetto complessivo. I rischi devono essere sopportati in egual misura e i profitti ripartiti tra tutte le parti.

L'Integrated Project Delivery (IPD), ovvero gestione integrata dei progetti, è una procedura collaborativa, in cui tutti gli elementi rilevanti (persone, sistemi, strutture e processi) vengono coinvolti sin dall'inizio e condividono rischi e benefici.

### Cos'è l'Integrated Project Delivery?



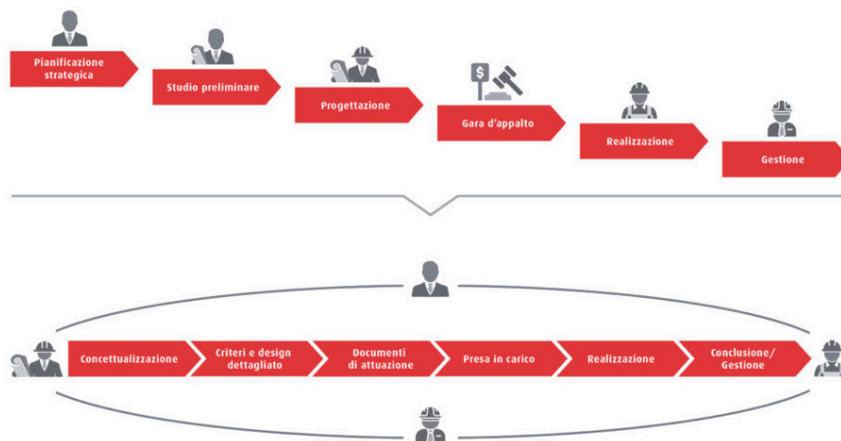
1) Integrated Project Delivery, fonte: <https://baumeister.swiss/it/integrated>

*L'American Institute of Architects (AIA) definisce così la progettazione integrata (IPD, Integrated Project Delivery): "Un approccio progettuale che integri persone, sistemi, strutture aziendali e prassi in un processo capace di sfruttare in modo collaborativo i talenti e le conoscenze di tutti i partecipanti per ottimizzare i risultati del progetto, aumentare il valore per il proprietario, ridurre gli sprechi e massimizzare l'efficienza in tutte le fasi di progettazione, fabbricazione e costruzione".[2]*

L'IPD non è solo un metodo di gestione dei progetti, bensì rappresenta una trasformazione culturale fondamentale, volta a superare la frammentazione tra i processi di pianificazione e di realizzazione. Sulla base di un project management agile e dei principi di lean management/lean construction [3] con l'IPD il progetto è sempre in primo piano. Tutti gli altri fattori, come ad esempio l'appartenenza aziendale o gli obiettivi settoriali, sono rigorosamente subordinati. L'IPD mira a incrementare l'intesa tra i protagonisti, a ripartire i rischi e ad acquisire precocemente le competenze specialistiche. Ciò consente di rendere più brevi ed efficienti le fasi di pianificazione e di eliminare sin dall'inizio i potenziali conflitti. L'IPD è inoltre l'equivalente metodologico del BIM focalizzato sulla tecnica dei dati: tutti i partecipanti dispongono di tutte le informazioni e lavorano insieme al raggiungimento dell'obiettivo complessivo. L'utilizzo del BIM rappresenta pertanto anche una delle condizioni o raccomandazioni per l'applicazione dell'IPD.

Nei classici processi di pianificazione e costruzione, dopo la domanda sul «cosa», si dà risposta alla domanda «come» ed è solo dopo la gara d'appalto che si sa «chi» realizza l'opera progettata. Il ricorso alle conoscenze delle imprese esecutrici avviene quindi tardi e, salvo considerevoli adeguamenti del progetto, praticamente non se ne può più tener conto. Con l'IPD invece il committente sceglie fin dall'inizio il team di progetto o le parti chiave, vale a dire almeno il committente, lo studio di architettura o ingegneria e l'impresario generale. Inoltre, a seconda della complessità si possono coinvolgere altri esperti o imprese, senza però fare la selezione con una gara d'appalto classica focalizzata sul prezzo, bensì tramite una qualificazione basata su competenza, esperienza, bilancio dei risultati, integrità e impegno ad attuare un processo collaborativo.

### Come funziona l'IPD?



2) Struttura IPD, fonte: <https://baumeister.swiss/it/integrated>

Una struttura IPD consiste in un Project Executive Team e in un Project Management Team. Il Project Executive Team, composto da un rappresentante della direzione di ciascuna delle parti chiave, definisce la visione e gli obiettivi del progetto. Il Project Management Team, di cui fa parte un responsabile di progetto per ognuna delle parti chiave, stabilisce la metodologia e i processi finalizzati al raggiungimento degli obiettivi. I team IPD, strutturati in modo interdisciplinare e funzionale, sono composti da membri con diverse responsabilità ed esperienze.

Perciò la gestione integrata dei progetti si concentra in particolare sulla cooperazione, a sua volta basata sulla fiducia reciproca. Senza fiducia reciproca, l'IPD non può funzionare, per cui occorre anche una contabilità trasparente dei partecipanti al progetto.

All'inizio le parti chiave trovano un'intesa su un accordo multi-parte, con o senza creazione di una società semplice. L'accordo prevede che i rischi e i successi siano equamente ripartiti. Alle parti chiave vengono rimborsati i rispettivi oneri; inoltre vengono pagati premi per il raggiungimento degli obiettivi ricorrendo a un apposito paniere di bonus. Se gli obiettivi del progetto non sono stati raggiunti, non ci sono profitti o premi. In caso di insuccesso, inoltre, ogni partner si assume una parte di responsabilità. I costi preventivati e i termini concordati sono garantiti dalle varie parti.

Il BIM è considerata la più importante rivoluzione degli ultimi tempi, presto diverrà lo standard universale dell'industria delle costruzioni: dal 2025 infatti, sarà obbligatorio per tutte le nuove opere realizzate.

Il Building Information Modeling in pochi anni ha rivoluzionato il settore dell'architettura, dell'ingegneria e delle costruzioni (AEC) attraverso l'uso della tecnologia dell'informazione, aumentando la produttività, l'efficienza, la qualità e la sostenibilità del costruito. Il BIM consente una progettazione integrata, coinvolgendo le diverse figure professionali (architetti, ingegneri, costruttori) attraverso l'intero ciclo di vita di un'opera architettonica, in ottica di economia circolare, "from cradle to cradle" (dalla culla alla culla): progettazione, costruzione, funzionamento e dismissione/riuso/riciclo. Il BIM è uno degli strumenti/processi più potenti a supporto della IPD .

I processi IPD si svolgono parallelamente al BIM e ne sfruttano le capacità. In genere si nota che il BIM facilita la IPD ottimizzando il coordinamento, la collaborazione e la comunicazione all'interno del team di progetto.

Il BIM consente al team di progetto di accedere più facilmente all'analisi basata su modelli che, diversamente, risulta piuttosto ingombrante, e talvolta persino impossibile da eseguire. Grazie a questo tipo di analisi, oggi è possibile progettare, costruire, mettere in opera e gestire l'ambiente costruito minimizzando l'impatto ambientale.

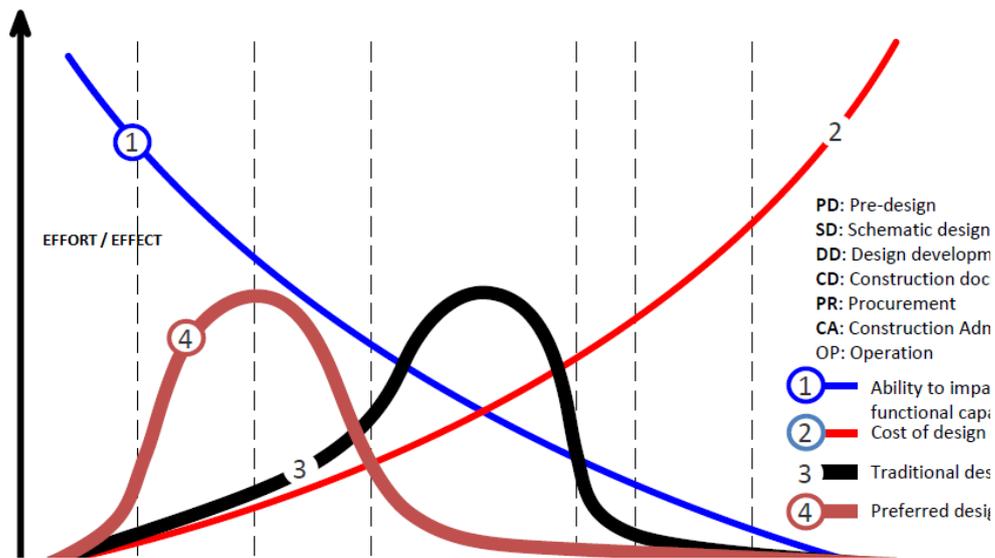
Con l'aiuto del BIM, si possono ottenere miglioramenti in termini di efficienza energetica, riduzione dell'impronta di carbonio e uso efficace dei materiali. In ambiente BIM è facilitata anche la selezione delle alternative progettuali. Già nelle fasi iniziali del ciclo di vita del progetto, i team di ingegneri e architetti possono prendere decisioni basate sull'analisi.

La condivisione di dati e informazioni in un ambiente incentrato sui modelli consente al team di progetto di ricercare soluzioni progettuali sostenibili. L'ambiente ricco di informazioni permette di accedere rapidamente a dati quali l'energia incorporata, le stime iniziali dei costi e altri parametri quantificabili.

Il BIM non si limita a un singolo immobile: può essere utilizzato anche per sviluppare un modello ricco di informazioni a livello cittadino, di quartiere o di zona. Questi modelli possono diventare le basi del "DNA" digitale delle smart city [4].

Le smart city hanno dimensioni spaziali, fisiche, digitali, commerciali e sociali. I professionisti dell'ambiente costruito possono contribuire alla realizzazione del concetto di smart city con una modellazione 3D ricca di informazioni. Il BIM nel contesto della smart city richiede l'uso di standard di dati quali CityGML, LandXML e l'Industry Foundation Classes (IFC) [5]. Il BIM fornisce una delle principali informazioni per il concetto di smart city, ma non può fare tutto da solo.

Il modello di città deve essere collegato a diverse altre fonti di dati, ad esempio dati geospaziali (GIS), dati di sensori, dati transazionali provenienti dai cittadini e dati statistici. Gli elementi che distinguono un processo tradizionale da uno BIM, caratterizzato da tecniche di simulazione, sono mostrati dalla curva di Mac Leamy.



3) Grafico di Mac Leamy, fonte: <http://bis-lab.eu>

La curva (1) rappresenta l'impatto che il processo decisionale è in grado di determinare in termini di costi e prestazioni generali dell'edificio. Partendo dalla fase di PD (PreDesign) il suo andamento generale tende a decrescere costantemente. Questo significa che tutto ciò che verrà stabilito durante le prime fasi di progetto genererà un impatto maggiore in termini di costi e prestazioni rispetto a ciò che potrebbe essere deciso ad esempio durante la fase di costruzione.

La curva (2) rappresenta i costi relativi alla eventuale modifica di progetto, presenta un andamento contrario alla precedente. In questo caso le modifiche di progetto risulteranno avere un costo minore durante prime fasi. Come è facile intuire una modifica di progetto in fase di modellazione concettuale produrrà un impatto quasi nullo in termini di costi rispetto ad una modifica effettuata durante la fase di costruzione.

Grazie alle tecniche BIM di simulazione la curva (4) si colloca più a sinistra del grafico rispetto alla curva (3) che rappresenta a sua volta il processo tradizionale.

Quindi in un processo BIM i vantaggi derivano dalla capacità di operare in fase di progettazione tramite decisioni "migliori" attraverso il continuo gioco di feedback tra decisioni di progetto, simulazione e convalida delle decisioni.

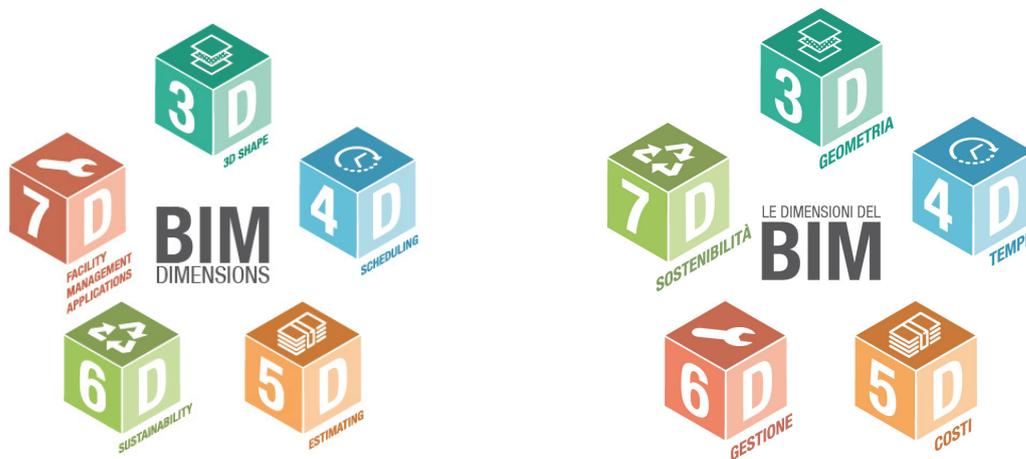
La curva di Mc Leamy ci racconta come la metodologia BIM ci spinga verso una radicale innovazione dell'abituale modo di lavorare. La disponibilità del prototipo (il modello virtuale) consente a tutte le discipline professionali impegnate nelle varie fasi di progettazione, realizzazione e gestione di una costruzione, di effettuare simulazioni, analisi e controlli.

Lo sforzo progettuale concentrato nelle fasi iniziali della progettazione (tipico di un processo BIM) incide in maniera positiva in termini di costi (riduzione), a fronte di quello che abitualmente constatiamo nella realtà, dove il tradizionale processo vede l'ultimazione e il perfezionamento del progetto in fasi più avanzate con costi decisamente maggiori.

Non si tratta di ridurre gli sforzi progettuali, (i punti di massimo delle due curve rappresentative dei processi BIM-oriented e tradizionale sono pressoché identici), ma di anticipare nel tempo tali sforzi.

### 1.3 Dimensioni del BIM

L'evoluzione del contenuto di modelli "intelligenti", sempre più ricchi di informazioni, ha comportato una estensione dimensionale del progetto oltre le classiche tre dimensioni.



4) Dimensioni del BIM internazionali e italiane, fonte: [biblus.acca.it](http://biblus.acca.it)

Nella recente normazione italiana (UNI 11337) [6] sono scambiati i contenuti e le finalità delle dimensioni 6 e 7: così, alla 6 si attribuisce il Facility Management e alla 7 la Sostenibilità.

**BIM 2D:**

L'elaborazione grafica 2D fa ancora parte del processo di ammodernamento del processo progettuale, limitatamente a situazioni di ibridazione tra processo tradizionale e processo innovativo. Nella fase 1.0 del BIM soprattutto, ma anche nella 2.0, il flusso di lavoro si basa ancora sulla trasposizione del modello su elaborati 2D (piante, sezioni, particolari, ecc.); il background socioculturale degli attori del processo edilizio è ancora radicato ad una concezione di trasferimento di informazioni e convalida degli elaborati basata su carta. Ovviamente ciò comporta il rischio di incorrere negli errori progettuali tipici di un approccio tradizionale.

**BIM 3D:**

La modellazione 3D è alla base di tutte le successive analisi che saranno effettuate sul modello: la precisione della modellazione e i dati aggiuntivi richiesti per le analisi specialistiche sono alla base della buona riuscita delle simulazioni n-dimensionali. Il modello 3D esplica la sua massima funzione in una fase 3.0 del BIM; tuttavia, anche nelle fasi di BIM meno avanzato la modellazione 3D comporta dei vantaggi, tra i quali i principali sono: Immediata elaborazione di tavole di progetto 2D; riduzione degli errori dovuti a incoerenza degli elaborati. La dimensione del modello 3D, attraverso specifiche applicazioni, determina anche la possibilità di effettuare analisi sulla correttezza del modello (BIM validation) e analisi specialistiche basate proprio sulla geometria del modello: Clash detection (analisi delle interferenze); Code checking (convalida del progetto in riferimento alle normative vigenti e al quadro esigenziale).

Queste due pratiche innovative di controllo della qualità del modello (Quality Assurance) rappresentano un tassello fondamentale nello sviluppo del BIM e nell'incremento qualitativo della progettazione più in generale.

#### BIM 4D:

Il modello 4D è generato partendo da un modello 3D e integrandone il programma lavori (parametro tempo) al fine di visualizzare la sequenza costruttiva dell'opera. Gli oggetti della modellazione 3D, legati ad attività e lavorazioni specifiche, possono apparire e scomparire in relazione ai tempi indicati dal cronoprogramma. In questo modo gli attori coinvolti possiedono anche un mezzo con cui avere tangibilità circa: Il reale dimensionamento delle aree specifiche di cantiere; la logistica; le procedure e le misure organizzative previste per l'eliminazione o la riduzione dei rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori; I flussi degli operai addetti ai lavori. Inoltre, in cantiere, il modello 4D può essere utilizzato per: confrontare l'as-built con l'as-planned; aggiornare il programma lavori in maniera semi-automatica, consentendo di riallocare le risorse per raggiungere gli obiettivi prefissati.

#### BIM 5D:

La quinta dimensione concerne la stima delle quantità e la relativa stima dei costi. Predisporre un modello intelligente consente la possibilità di avere i dati sempre aggiornati e coerenti in relazione ad eventuali modifiche apportate. Le informazioni presenti nel modello supportano il progettista nella gestione dei costi dell'edificio consentendo di analizzare in real-time i differenti scenari progettuali eventualmente proposti.

#### BIM 6D:

La modellazione 6D supporta le analisi mirate alla sostenibilità ambientale dell'edificio. Le informazioni necessarie per la certificazione energetica e lo studio degli impatti ambientali dell'edificio sono acquisite anche sulla base delle specifiche tecniche dei prodotti e dei materiali utilizzati grazie ai contributi forniti, in termini di collaborazione su piattaforma unica, dai contractor e sub-contractor. Anche in questo caso la simulazione consente di governare i risultati mediante cicli di feedback derivanti dalle differenti analisi.

#### BIM 7D:

Il modello 7D rappresenta la dimensione del Facility Management (FM) inteso come "gestione dell'edificio" in rapporto ai fattori economici, ambientali e sociali. Questa dimensione contempla tutte le operazioni di gestione, manutenzione e rinnovamento degli edifici. Tra le aree caratterizzanti il FM è possibile citare attività di: pianificazione strategica (strategic planning); visualizzazione e gestione degli spazi (space planning and management); gestione energetica (environnement quality and sustainable management); gestione dei sistemi di sicurezza (Emergency/security management); visualizzazione dei dati in tempo reale (real-time data).

## 1.4 Livelli di maturità BIM

Il concetto di lavoro collaborativo sta diventando sempre più popolare: ecco perché è essenziale che tutti gli stakeholder (per stakeholder si intende una persona o un gruppo di persone che hanno un qualche interesse all'interno di un dato progetto) coinvolti nel progetto sappiano quali sono i livelli di maturità BIM.

La tecnologia BIM è un metodo di lavoro collaborativo basato sulla generazione e lo scambio di dati e informazioni tra le parti interessate e coinvolte nel progetto. Grazie a queste informazioni è possibile gestire l'intero ciclo di vita di un edificio o di un progetto, dall'idea iniziale, alla progettazione, fino alla sua realizzazione. In questo senso, il BIM è divenuta parte indispensabile del processo decisionale.

Nel marzo 2011 il BIM Task Group team [7] presieduto da Mark Bew e finanziato dal governo britannico, che pubblicò "la strategia BIM", che consisteva in alcune regole con cui le politiche pubbliche potevano supportare l'industria delle costruzioni per l'adozione di protocolli BIM, attraverso incentivi e consulenze. Nello stesso anno il governo inglese adottò la "Strategia Nazionale delle Costruzioni" con cui si stabiliva che entro il 2016 tutti i progetti di opere pubbliche ed infrastrutture dovessero essere sviluppati obbligatoriamente attraverso tecnologie BIM.

Nel 2013 vengono pubblicate le Pas 1192 [8] (Publically Available Specification), in risposta all'esigenza del governo britannico di implementare l'adozione della metodologia BIM nell'industria delle costruzioni. Vengono stabiliti quattro livelli di maturità, esplicitati nel noto "triangolo di Mark Bew and Mervyn Richards" [9] (Bew e Richards, 2008).

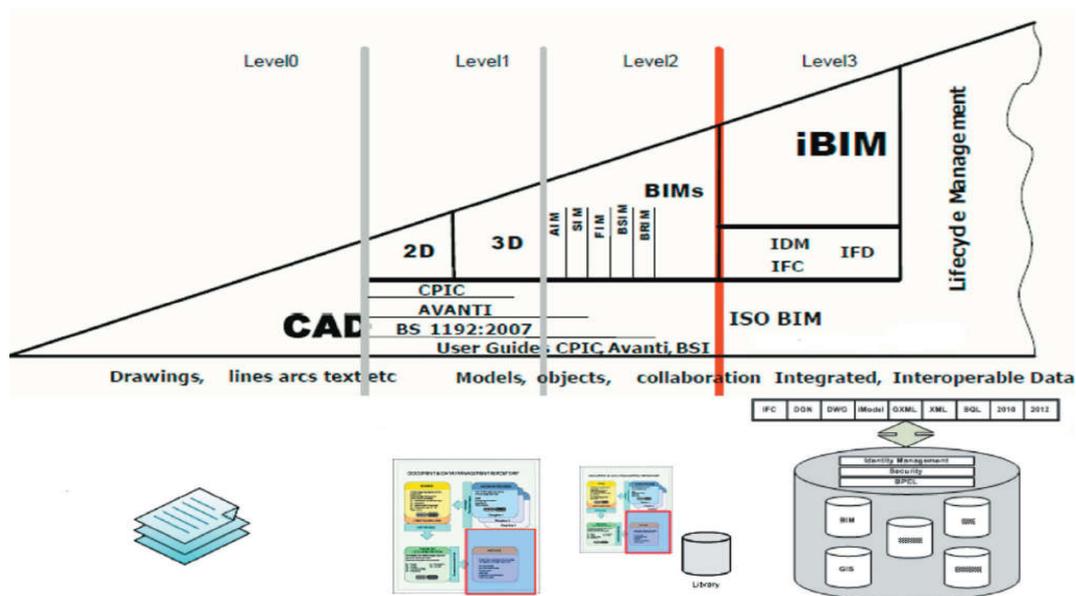
BIM livello 0 (bassa collaborazione) è la fase più semplice del processo di generazione delle informazioni, praticamente non esiste un livello di cooperazione. In questa fase, la produzione e la condivisione delle informazioni avvengono con documenti cartacei non interoperabili: vengono utilizzati i disegni CAD, ma le informazioni del modello non vengono condivise. Al giorno d'oggi, la maggior parte dei tecnici è in questa fase: sebbene utilizzino software orientato al BIM, si scambiano informazioni cartacee che non possono comunicare tra loro.

BIM livello 1 (collaborazione parziale) molti studi e aziende stanno adattando il loro lavoro a questa fase. In questo caso viene utilizzato un Common Data Environment (CDE). Un CDE è un archivio condiviso online in cui vengono raccolti e gestiti tutti i dati del progetto. In altre parole, il livello 1 del BIM si concentra sulla transizione dalle informazioni CAD a quelle 2D e 3D. Nonostante la presenza di un ambiente di dati comune, i modelli generati non sono distribuiti tra i diversi stakeholder. Questo livello riguarda la gestione delle informazioni attraverso una standardizzazione del modello tra i membri del team.

BIM livello 2 (piena collaborazione)

Questo livello si concentra su come le informazioni vengono condivise tra i vari membri del progetto. In questa fase vengono introdotte due nuove dimensioni del progetto: la 4D, gestione del tempo e la 5D, calcolo del budget, cioè i costi. Lo standard internazionale PAS 1192, regola i passaggi per raggiungere il livello 2 BIM. Sebbene il lavoro collaborativo sia al centro del livello BIM 2, non è necessario che tutti i membri del team operino sugli stessi modelli CAD 3D.

In effetti, ogni membro può utilizzare un modello CAD distinto in un tipo di file comune (un file IFC, ad esempio, utilizzato per lo scambio di dati BIM) che contiene tutte le informazioni di progettazione. In questo modo, tutti gli stakeholder coinvolti nel progetto hanno una visione d'insieme di tutte le informazioni disponibili e possono modificarle di conseguenza. Ciò consente la piena collaborazione tra le numerose parti del progetto e la creazione di un modello BIM unificato. Per raggiungere questo obiettivo il software CAD, che ogni membro utilizza, dovrebbe avere la possibilità di esportare in tipi di file comuni, come file IFC, file COBie ecc. Riassumendo, in questa fase tutti i membri del team lavorano in modo coordinato per ottenere un modello federato che mantenga le caratteristiche specifiche di ogni disciplina del design.



5) Triangolo di Bew e Richards, fonte: ingenio-web

**BIM livello 3 (piena integrazione)** Il livello 3 BIM è l'obiettivo finale per il settore delle costruzioni. Lo scopo principale di questo livello è ottenere una piena integrazione delle informazioni in un ambiente basato su cloud. Ciò è possibile utilizzando un modello comune condiviso che sarà a disposizione di tutti gli stakeholder del progetto che potranno aggiungere o modificare le proprie informazioni.

Questo modello in formato IFC è la pietra miliare che può essere condivisa e conservata in un cloud, in modo che tutti gli agenti possano avere accesso alle stesse informazioni. Il team di progetto verifica in tempo reale gli effetti della singola azione sul modello.

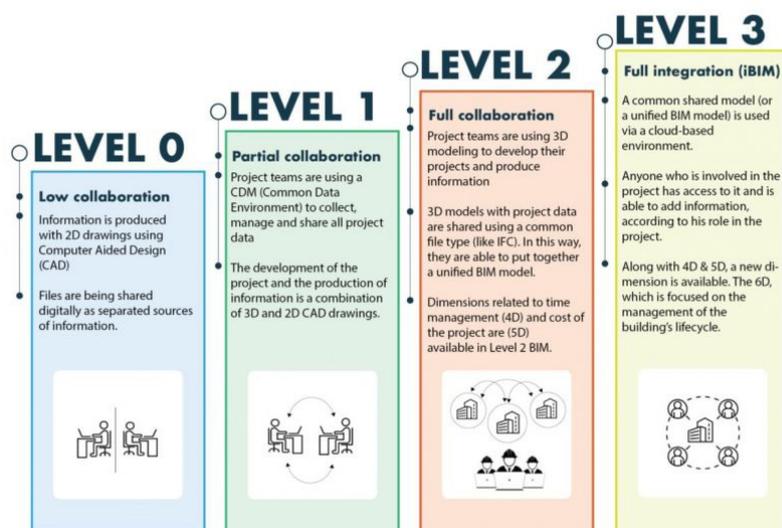
In questo modo è possibile gestire l'intero ciclo di vita di un edificio, dalla sua progettazione alla sua costruzione e manutenzione. Questo è l'obiettivo finale da raggiungere per una piena implementazione del BIM. La realtà del momento vede la maggior parte dei mercati AEC di tutto il mondo concentrarsi sul supporto, formazione e istruzione, per ottenere una piena padronanza del livello 2 di maturità BIM. Questo passaggio è d'obbligo e necessario per poter avere le capacità per puntare e maturare l'ultimo step di livello 3.

In Italia, la normativa nazionale UNI 11337-1 ha recepito gli standard sui Livelli di maturità introdotti nella norma inglese apportando però alcune modifiche.

Il tema del livello di maturità Bim è trattato nella norma UNI 11337:2017: “Edilizia e opere di ingegneria civile, gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni Parte 1: Modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti e processi”. Al capitolo 5 di tale documento, che ha funzione di linea guida ma non è vincolante dal punto di vista normativo, si legge quanto normato per la “maturità digitale del processo delle costruzioni”; se la gestione dei processi informativi può avvenire attraverso elaborati informativi (digitali e non digitali), modelli informativi o sistemi misti, al fine di un più efficace ed efficiente flusso informativo è raccomandato l’impiego di modelli.

La norma definisce cinque livelli di maturità informativa digitale:

- Livello 0 non digitale
- Livello 1 base
- Livello 2 elementare
- Livello 3 avanzato
- Livello 4 ottimale



6) Livelli di maturità BIM, fonte: <https://nemesi.biz>

Livello 0: non digitale, per tutti gli ambiti disciplinari coinvolti il trasferimento di contenuti informativi avviene tramite elaborati informativi non digitali (grafici, documentali, multimediali), su supporto prevalentemente cartaceo. Gli elaborati informativi non digitali possono anche derivare da elaborati informativi digitali ma il veicolo informativo contrattuale è composto dai soli primi.

Livello 1: base, il trasferimento di contenuti informativi avviene attraverso elaborati informativi digitali, e permane la prevalenza contrattuale della riproduzione su supporto cartaceo del contenuto informativo dell’elaborato digitale. L’insieme di elaborati informativi digitali e non digitali costituisce un progetto digitale di base.

Livello 2: elementare, per gli ambiti disciplinari ambientale e tecnico il trasferimento di contenuti informativi avviene prevalentemente attraverso modelli informativi grafici, eventualmente accompagnati da elaborati informativi grafici digitali per specifiche necessità di dettaglio.

Per tutti gli ambiti disciplinari, il trasferimento degli ulteriori contenuti informativi (non trasferibili attraverso i citati modelli grafici) avviene attraverso elaborati informativi digitali. La prevalenza contrattuale si affida al supporto cartaceo del contenuto informativo degli elaborati, accompagnato dal supporto digitale con riferimento al modello grafico.

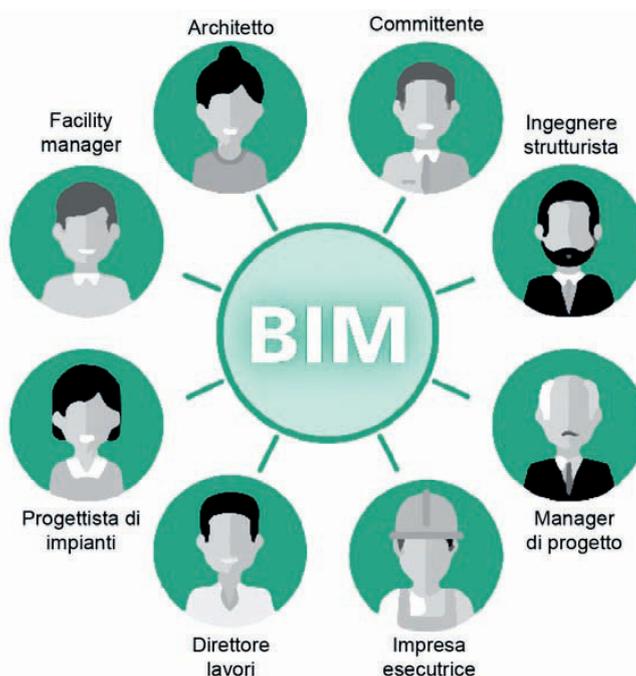
Livello 3: avanzato, per favorire la connessione dei dati tra modelli informativi grafici ed elaborati informativi possono essere impiegate apposite schede informative digitali di prodotto e di processo. Le schede informative digitali possono dialogare direttamente con i modelli grafici ambientali e tecnici. La prevalenza contrattuale riguarda la riproduzione su supporto digitale dei contenuti informativi.

Livello 4: ottimale, il trasferimento di contenuti informativi avviene attraverso modelli informativi virtualizzabili in senso grafico, documentale, multimediale.

I modelli sono eventualmente accompagnati da elaborati informativi digitali per specifiche necessità di dettaglio; gli elaborati grafici sono comunque sempre estrapolati dalle rispettive virtualizzazioni digitali. L'insieme delle virtualizzazioni coordinate costituisce il modello informativo, anche nel caso di un edificio o infrastruttura esistenti.

## 1.5 Interoperabilità

“L'interoperabilità del software identifica lo scambio continuo di dati a livello di software fra applicazioni diverse, ognuna delle quali può avere una propria struttura dati interna: si realizza mappando parti della struttura dati interna di ciascuna applicazione partecipanti verso un modello di dati universale e viceversa”. L'interoperabilità rappresenta lo scambio automatico dei modelli e di altri dati tra diverse piattaforme software per una completa integrazione e collaborazione tra i diversi attori del processo edilizio. Questi software devono contenere tutti gli standard nascondendo la complessità all'utente, definendo le condizioni di scambio delle informazioni in modo dettagliato.



7) Interoperabilità BIM, fonte: Camera di Commercio di Bolzano

Ciascun attore del processo sviluppa il proprio modello BIM in relazione alle attività che è tenuto a svolgere. Inoltre, in un processo collaborativo ciascun attore sviluppa il proprio modello sulla base di modelli forniti da altri attori. A sua volta, il modello sviluppato sarà fornito ad altri attori del processo. I vari modelli BIM sono poi federati formando un unico database.

Questa trasversalità dell'approccio BIM richiede necessariamente la massima accessibilità delle informazioni di progetto a tutti i soggetti coinvolti. Vi è una continua condivisione dei modelli BIM che devono poter essere trasferiti tra applicazioni diverse riducendo al minimo la necessità di copiare manualmente i dati già generati in altre applicazioni. La capacità di un sistema di permettere che ciò accada è detta interoperabilità.

L'interoperabilità è, ancora oggi, un fattore di rallentamento dell'adozione del BIM dovuto al fatto che il settore delle costruzioni fa uso di un gran numero di software diversi ciascuno dei quali utilizza un sistema proprietario di rappresentazione dei dati. Per consentire l'uso del BIM nel settore è fondamentale l'utilizzo di un "linguaggio" comune e condiviso. Al fine di guidare lo sviluppo di un linguaggio standard, riconosciuto a livello internazionale, nel 1996 è stata fondata l'organizzazione Building SMART International, acronimo BSI. BSI è articolata in capitoli nazionali – tra cui quello italiano e si occupa di contribuire alla trasformazione dei processi costruttivi attraverso l'adozione a livello mondiale di standard di tipo "aperto". In particolare, attraverso l'iniziativa Open BIM, BSI intende sviluppare un approccio universale per la collaborazione durante le fasi di progettazione, realizzazione e messa in esercizio degli edifici basato su standard e flussi di lavoro aperti.



8) Building Smart International, fonte: [buildingsmart.org](http://buildingsmart.org)

In una visione più ampia, il concetto di interoperabilità va inteso non solo come l'accezione di un formato di scambio che consenta il trasferimento ma, anche come declinazione del concetto di procedure che assistano tale scambio in maniera coerente e aderente agli obiettivi che la fase, ad esempio progettuale, richiede (CoBie, Building Project Execution Plan - BEP, Digital Plan of Work, Employers Information Requirement, EIR, ecc.).

I formati elettronici dei dati, sulla base dei quali è possibile impostare uno scambio efficace tra piattaforme software, sono di due tipi:

- Formati proprietari (formati nativi);
- Open standard (formati aperti).

I formati proprietari sono originari di un determinato software e consentono lo scambio di dati tra software appartenenti alla stessa società produttrice. L'utilizzo di tale tecnologia potrebbe sollevare problematiche che ostacolano il fluire delle informazioni tra diversi attori del processo edilizio utilizzatori di differenti software, riducendo l'interoperabilità.

Gli open standard rappresentano il fattore che può determinare lo sviluppo della metodologia BIM, o meglio Open BIM, costituendo il supporto sulla base del quale instaurare un processo di trasferimento di informazioni anche tra utilizzatori di software differenti.

La buildingSMART International promuove la standardizzazione dei processi mediante la realizzazione dell'Industry Foundation Class (IFC) come modello di dati neutrale.

L'IFC, liberamente a disposizione degli sviluppatori software che intendono supportare l'interoperabilità delle informazioni in BIM, è stato progettato per soddisfare tutte le informazioni dell'edificio, su tutto il ciclo di vita e basa la propria struttura in termini di semantica, relazioni e proprietà.

Altro aspetto di grande rilievo in materia di interoperabilità risiede nella duplicità degli obiettivi che con essa si possono perseguire:

1. le migliori condizioni per lo scambio di dati e informazioni
2. le condizioni basilari per spingere le attività verso processi di automazione.

Il primo obiettivo è quello che appare di più immediata utilità e, per ovvie ragioni, costituisce una vera e propria necessità per lo sviluppo dell'approccio BIM. Il secondo obiettivo ci appare più lontano rispetto alle necessità immediate, ma è, in realtà, ancora più ambizioso del primo, perché consente di puntare ai risultati conseguibili con processi di automazione, così come accade nelle attività di model checking, che non sarebbe conseguibili se non ci esprimessimo in linguaggi interoperabili tra di loro e, per ciò stesso, gestibili in automatico dai sistemi software.



9) Industries Foundation Classes, fonte: BuildingSmart

#### Riferimenti normativi in Italia

In Italia l'adozione del BIM è stata, fino a tempi recenti, demandata ad iniziative private e volontarie. Solo nel 2016 con il Codice degli Appalti (Dlgs 50/2016) [10], si è introdotto l'uso del mezzo informatico negli appalti pubblici.

Nuovo Codice degli Appalti (Dlgs 50/2016)

L'art.23, comma 13, del Nuovo Codice degli Appalti (Dlgs 50/2016), stabilisce che:

*“Tali strumenti utilizzano piattaforme interoperabili a mezzo di formati aperti non proprietari, al fine di non limitare la concorrenza tra i fornitori di tecnologie e il coinvolgimento di specifiche progettualità tra i progettisti”.*

Decreto Baratonò (DM 560/2017) [11] e obbligatorietà del BIM

Il Decreto Ministeriale, sancisce l'introduzione e l'obbligatorietà del BIM nel settore degli appalti pubblici.

*“Le stazioni appaltanti utilizzano piattaforme interoperabili a mezzo di formati aperti non proprietari. I dati sono connessi a modelli multidimensionali orientati a oggetti secondo le modalità indicate nei requisiti informativi di cui all'articolo 7 e devono essere richiamabili in qualunque fase e da ogni attore durante il processo di progettazione, costruzione e gestione dell'intervento secondo formati digitali aperti e non proprietari, normati, fatto salvo quanto previsto all'articolo 68 del codice dei contratti pubblici, a livello nazionale o internazionale e controllati nella loro evoluzione tecnica da organismi indipendenti.*

*Le informazioni prodotte e condivise tra tutti i partecipanti al progetto, alla costruzione e alla gestione dell'intervento, sono fruibili senza che ciò comporti l'utilizzo esclusivo di applicazioni tecnologiche commerciali individuali specifiche".*

UNI 11337-1: modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti e processi

Definisce concetti generali legati alla natura e origine delle informazioni, partendo dalla definizione del dato, per arrivare alla definizione delle strutture più complesse: quali la struttura dei veicoli informativi e la struttura informativa di prodotti/processi nell'industria delle costruzioni.

La parte I indica le definizioni di formato aperto e formato proprietario.

formato aperto: formato di file basato su specifiche sintassi di dominio pubblico il cui utilizzo è aperto a tutti gli operatori senza specifiche condizioni d'uso.

Esempi di formati aperti di particolare interesse per il campo di applicazione della presente parte della norma sono: .ifc, pdf, .xml, csv, txt, LandXML, .shp, GML, ecc.

formato proprietario: formato di file basato su specifiche sintassi di dominio non pubblico il cui utilizzo è limitato a specifiche condizioni d'uso stabilite dal proprietario del formato.

#### Formati standard internazionali

Tecnicamente, l'interoperabilità in ambito BIM si può ottenere utilizzando uno schema aperto e gestito pubblicamente (dizionario) con un linguaggio standard. Uno schema consiste nella descrizione della struttura formale di un set di informazioni definito. Esso si definisce in genere utilizzando un linguaggio specifico, che comunemente può essere un linguaggio xml ed express. Esistono diversi schemi di questo tipo, ma solo pochi hanno raggiunto livelli di accettazione e maturità tali per cui valga la pena considerarli. I formati di rappresentazione e scambio dati sviluppati da BSI (e dalla buildingSMART Alliance che costituisce la divisione nordamericana di BSI) e dal Construction Operations Building Information Exchange (COBie) [12] hanno raggiunto una diffusa accettazione nel settore e sono attualmente in uso.

#### Panoramica BSI

BSI è un organismo di settore composto da partner appartenenti sia al settore pubblico che a quello privato, riunitisi, allo scopo di accorpare le rispettive competenze tecniche, per sviluppare standard in grado di consentire la rappresentazione e lo scambio pubblico e aperto di dati, nel settore dell'ambiente costruito.

La BuildingSMART alliance è la divisione nordamericana di BuildingSMART International, un'organizzazione internazionale, neutrale ed esclusiva, che supporta metodi BIM aperti per tutto il ciclo di vita. BSI conta divisioni regionali in Asia, Australia, Europa, Medio Oriente e Nord America. L'opera sfociata nella produzione di standard di settore accettati fu inizialmente avviata dall'organizzazione madre, l'International Alliance for Interoperability (attualmente ribattezzata BSI) nel 1995.

Per consentire l'uso del BIM nel settore occorre un "linguaggio" comune che definisca gli oggetti che compongono un progetto nel settore dell'ambiente costruito. Per dare vita ad una piattaforma solida, scientifica e standardizzata a tale scopo BSI essenzialmente utilizza quattro elementi.

## Industry Foundation Classes (IFC)

La specifica IFC è un formato dati neutrale utilizzato per descrivere, scambiare e condividere informazioni nel settore dell'ambiente costruito. IFC è lo standard internazionale open BIM ed è registrato dalla International Standardization Organization (ISO) come ISO 16739, Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management Industries (2013).

Lo standard IFC è costituito da quattro livelli principali. Lo schema concettuale è definito nel linguaggio di specifica dati Express. Utilizzando questo linguaggio si possono definire oggetti come muri, finestre, tubazioni e altro.

## Data dictionary o BuildingSMART Data Dictionary (bSDD)

Il bSDD è un protocollo che consente la creazione di dizionari multilingue. Si tratta di una libreria di riferimento destinata a migliorare l'interoperabilità nel settore dell'ambiente costruito e costituisce uno dei principali componenti del programma di standard dati BSI. L'idea di bSDD è semplice, in quanto mette a disposizione un dizionario multilingue completo dei termini utilizzati nel settore dell'ambiente costruito.

## Data process o Information Delivery Manual (IDM)

Gli IDM forniscono specifiche dettagliate delle informazioni necessarie per tutti i processi nel ciclo di vita della realizzazione del progetto. Contengono e integrano progressivamente i processi di business del settore dell'ambiente costruito. Specificano la natura e le tempistiche delle informazioni che i vari membri del team di progetto devono fornire durante il ciclo di vita del progetto. A ulteriore supporto dello scambio di informazioni, gli IDM propongono inoltre un gruppo di funzioni di modellazione modulari.

## Model View Definition (MVD)

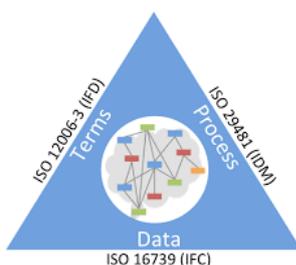
“definiscono il subset di data model IFC necessario a supportare l'esigenza di scambio dati specifici del settore dell'ambiente costruito in tutto il ciclo di vita di un progetto”.

Danno indicazioni per l'implementazione di tutti i concetti IFC (classi, attributi, relazioni, set di proprietà, definizioni quantitative, etc.) utilizzati nell'ambito di uno specifico subset.

In tal modo rappresentano la specifica dei requisiti software per l'implementazione di un'interfaccia IFC per soddisfare le necessità di scambio dati/informazioni.

## BIM Collaboration Format (BCF)

Formato di file aperto che permette di inserire commenti, schermate e altro in aggiunta al livello IFC per una migliore comunicazione tra le parti. Il BCF [13] si utilizza nella revisione di un progetto e nel controllo di qualità. Il suo utilizzo può essere esteso a qualsiasi fase del progetto se è necessario effettuare un controllo e una verifica.



10) Triangolo BSI, fonte: BuildingSmart



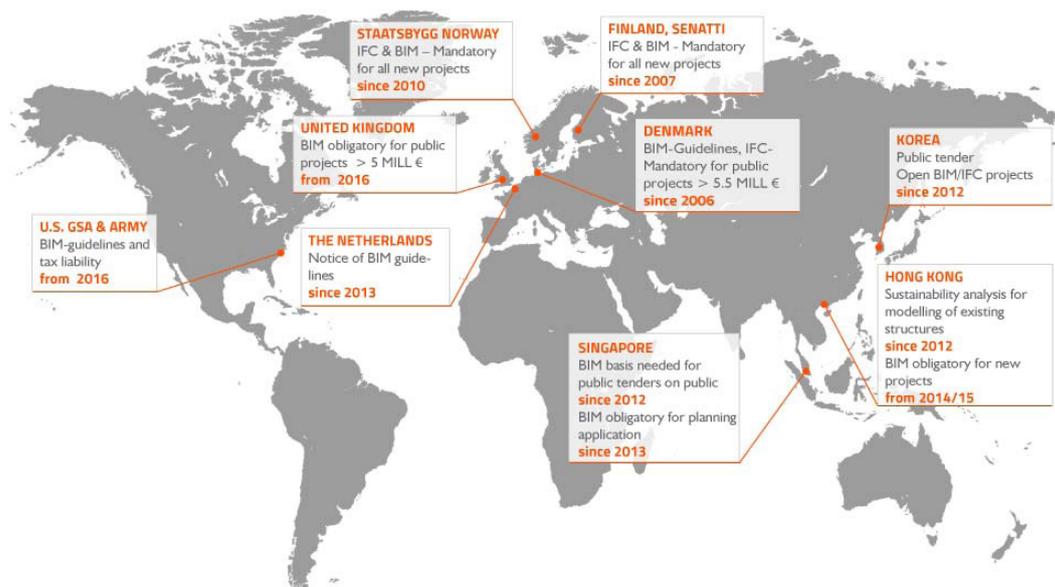
11) BIM collaboration format, fonte: BuildingSmart

## 1.6 Il BIM nel mondo e in Italia

### USA

Mentre l'effettiva implementazione del BIM ed il suo utilizzo avvenivano negli anni '90 in tutto il mondo, gli Stati Uniti sono stati i "pionieri"; iniziarono ad usarlo sin dagli anni '70. Il tasso di adozione nel Paese, infatti, è andato gradualmente rallentando ad una velocità tale che i Paesi più lenti nell'attuazione hanno preso lezioni dagli Stati Uniti, eludendo alcuni dei problemi incontrati nel percorso. Fino ad oggi non vi è alcun mandato da parte del Governo Centrale per utilizzare il BIM: ciò non significa che il Paese non stia prendendo sul serio la tecnologia. Al contrario molti dipartimenti governativi hanno creato un proprio criterio di adozione e lo hanno pubblicato in forum come l'Istituto Nazionale delle Scienze dell'Edilizia (National Institute of Building Sciences) ma, sfortunatamente, questi sono nati in modo indipendente e senza relazioni tra loro, fattore che ha contribuito negativamente nell'adozione generale (mancanza di interoperabilità).

A partire dal 2003 l'Amministrazione Generale dei Servizi degli Stati Uniti (GSA) ha formulato il programma nazionale 3D-4D-BIM, stabilendo una politica che ne richiede l'adozione per tutti i progetti di servizio di edifici pubblici. Il Wisconsin, ad esempio, è diventato il primo stato a stelle e strisce a richiedere il BIM su progetti finanziati con fondi pubblici per un budget di oltre cinque milioni di dollari. Lentamente, ma gradualmente, gli Stati Uniti stanno ora procedendo nella giusta direzione nell'at



12) BIM Word, fonte: logindex.it

tuazione del BIM, considerato dall'industria di ingegneria e costruzione (AEC) locale uno strumento importante nell'architettura del Paese. L'aumento del finanziamento privato dei progetti di costruzione e l'obiettivo del governo degli Stati Uniti di sostenere gli investimenti nelle infrastrutture, rappresentano un'ulteriore spinta propulsiva.

Il Governo statunitense, infatti, ha recentemente pubblicato un piano che prevede investimenti federali per 200 miliardi di dollari nel prossimo decennio, volto a stimolare ulteriori 1,3 trilioni di dollari in spese da città, stati e società private per i principali progetti infrastrutturali: con una spesa globale che raggiunge oltre 1,1 miliardi di dollari nel 2017, gli Stati Uniti rappresentano oggi uno dei più grandi mercati di costruzione di tutto il mondo.

## Singapore

Nel Paese asiatico, il BIM è identificato come una tecnologia chiave abilitante il percorso verso le smart cities. La Building and Construction Authority (BCA) e la costruzione di SMART di Singapore hanno promosso l'uso del BIM nel settore delle costruzioni elaborando già nel 2010, una tabella di marcia di adozione con l'obiettivo ambizioso che entro il 2015, almeno l'80% del settore delle costruzioni impiegasse il BIM. Per giungere all'obiettivo prefissato il governo ha reso obbligatoria la trasmissione elettronica dei piani di architettura o ingegneria esclusivamente nel formato digitale per ottenere l'approvazione normativa e più recentemente ha avviato due differenti roadmap con l'intento di massimizzare l'uso del BIM:

la prima si è concentrata sull'aumento della produttività

la seconda sulla promozione della collaborazione BIM attraverso la progettazione e la costruzione virtuali.

Sotto queste forti spinte, il Paese ha elaborato un apposito programma di formazione, progettato a vari livelli, per creare un apprendimento entusiasmante ed esperienziale in particolar modo nei segmenti del Facility Management e delle Smart City.

## Cina

C'è grande entusiasmo in Cina per il BIM, ma il Paese asiatico ha ancora molta strada da fare. Il Paese ha iniziato la sua esperienza nella trattazione di informazioni BIM nel 2001 quando l'allora Ministero delle Costruzioni (oggi Ministero dell'edilizia abitativa e dello sviluppo urbano-rurale, MOHURD), ha proposto i punti base nell'informatizzazione del lavoro nel campo dell'edilizia nel suo dodicesimo piano quinquennale in forma di suggerimento piuttosto che un mandato: a ciò corrispose un ritmo non elevato di adozione nelle fasi iniziali.

Successivamente il MOHURD ha consegnato il suo tredicesimo Piano quinquennale che va dal 2016 al 2020 nel quale, entro la fine del 2020, le unità di indagine e progettazione o le imprese di costruzioni edili di classe premium dovranno padroneggiare e realizzare applicazioni integrate in BIM. Nel settore delle infrastrutture ferroviarie invece la metodologia risulta essere assai integrata ed avanzata.

## Hong Kong

Hong Kong è un passo avanti nell'adozione del BIM: molti dipartimenti governativi si stanno ora concentrando sugli standard di livello 2 (come nel Regno Unito) e stanno fornendo la formazione per lo stesso.

## Giappone

Sebbene l'uso del BIM si sia diffuso negli anni passati, il progresso della sua attuazione formale in Giappone è lento. L'agenzia governativa giapponese per la costruzione e la costruzione (MLIT) ha avviato i primi progetti pilota BIM nel 2010.

Ha emesso le linee guida per la metodologia digitale nel marzo 2014 per giungere, nel 2017, ad un unico protocollo BIM nazionale che non ne prevede l'uso obbligatorio. Le linee guida così vengono applicate ai progetti pubblici solo nel caso in cui un appaltatore (architetto o costruttore) implementa il BIM secondo una propria decisione o quando sono necessari studi tecnici basati su proposte.

Dopo diverse pubblicazioni per definire lo stato del BIM nel Paese, il report del novembre 2017 è stato reso disponibile con il titolo "Incoraggiamento della costruzione BIM – una guida di avvio". Il sommario del documento fornisce esempi concreti su come implementare la metodologia digitale nei progetti di costruzione.

## Emirati Arabi Uniti

Nel 2013, il Comune di Dubai ha emanato una circolare (196) che imponeva l'uso del BIM per l'architettura. Successivamente è stato ampliato con circolare (207) nel 2015 per includere opere architettoniche e meccaniche per edifici superiori a 20 piani, edifici, strutture e composti con aree superiori a 200 mila metri quadrati, edifici e strutture speciali come ospedali e università, progetti governativi e progetti di uffici stranieri.

Tenendo conto dei numerosi vantaggi offerti per l'impiego della metodologia, questa si sta rapidamente diffondendo nel Paese. Un sondaggio già condotto nell'università di Herriot-Watt nel 2015 su oltre 500 professionisti AEC impegnati in progetti di costruzione nel Paese arabo ha rivelato che l'87% aveva utilizzato il BIM nelle proprie organizzazioni e il 62% aveva utilizzato il BIM per più di un progetto. Il 52% degli intervistati ritiene che il BIM verrà utilizzato comunemente negli Emirati Arabi Uniti in meno di 5 anni.

Questo progresso, tuttavia, non è stato accompagnato da una standardizzazione del processo BIM in tutta l'industria delle costruzioni locale.

## Australia

L'iniziativa BIM nella terra dei canguri è fortemente orientata all'infrastruttura, con gli enti di trasporto e infrastrutturali che hanno coniato il termine "ingegneria digitale".

Il livello di adozione del BIM qui è ampio e frammentato allo stesso tempo. Il continente australiano sta esaminando approcci dettagliati al BIM in un modo tecnologicamente esperto. Alcuni clienti del settore privato stanno adottando il BIM come "business as usual" e stanno implementando la tecnologia a ritmi più rapidi.

Nel settore pubblico, standard come PAS1192-2 vengono utilizzati come base per l'adozione.

Tuttavia, la mancanza di competenze e il lavoro isolati stanno frammentandone l'adozione. In questo, anche i dipartimenti governativi australiani svolgono un ruolo: ogni dipartimento ha il proprio processo e strategia, lavorando separatamente dagli altri e ciò crea confusione nella catena di fornitura, con le aziende che hanno difficoltà a comprendere approcci, processi e requisiti di informazione diversi per ogni dipartimento e stato.

La mancanza di una metodologia coerente per misurare il livello di maturità fa sì che sia i clienti del settore pubblico che quelli privati guardino al Regno Unito come guida alla soluzione per risolvere la problematica.

## Brasile

Seguendo una tabella di marcia dedicata, il Paese carioca adotterà il BIM nel 2021.

Il comitato strategico per l'attuazione del BIM (CE-BIM) e un gruppo di supporto tecnico (CAT-BIM) sono stati istituiti in Brasile nel giugno 2017. Il comitato comprende sei gruppi ad hoc che si occupano di regolamentazione e standardizzazione, infrastrutture tecnologiche, piattaforma BIM, acquisti pubblici, formazione delle risorse umane e comunicazione. Benché la metodologia non sia ancora normata a nessun livello, rapporti del settore come "Il valore aziendale del BIM per la costruzione nei maggiori mercati globali", pubblicato da McGraw Hill Construction nel 2013 e uno studio condotto da un consulente BIM locale, mostrano che l'adozione del BIM è molto avanzata tra i contraenti in Brasile (85% degli intervistati su un totale di 40 appaltatori).

Lo stesso rapporto del settore mostra che, al contrario di altri paesi, l'uso del BIM in Brasile si concentra più sul controllo dei costi in fase di costruzione piuttosto che sulla collaborazione con i proprietari.

## India

L'industria dell'architettura, dell'ingegneria e delle costruzioni è la seconda più grande industria del Paese. Per mantenere la posizione, il Paese sta progressivamente concentrandosi sull'uso del BIM. L'India comprende che il BIM può essere una metodologia digitale molto efficace e conveniente, ma la sta ancora implementando a livello di progettazione. Tanto il settore pubblico che quello privato ne sono molto entusiasti. Nel settore pubblico in particolare, il progetto Nagpur Metro Rail è l'esempio migliore di adozione in tecnologia 5D BIM per il completamento del progetto. Oggi, l'intesa sugli standard da adottare è aumentata nel Paese: i clienti e l'industria delle costruzioni sono consapevoli che il BIM può fornire loro tutte le informazioni coinvolte nella costruzione di un edificio. Tuttavia, il Paese deve lavorare sul livello di consapevolezza: la maggior parte degli utenti utilizzatori è limitata alle organizzazioni di progettazione e ingegneria.

## Unione Europea

La strada verso l'implementazione del BIM in Europa sta facendo grandi progressi: aziende, università, professionisti, istituzioni governative e non, mostrano un grande interesse per la tecnologia. Ci sono diversi obiettivi, mandati e strategie nazionali in corso di adozione nei Paesi della Comunità per influenzare i professionisti in modo che si spostino verso la digitalizzazione nel settore e ne adottino un linguaggio comune. L'Europa comprende (sulla base degli insegnamenti provenienti da altri Paesi più avanzati nell'adozione) che la collaborazione transfrontaliera e la standardizzazione delle pratiche comuni sono la chiave del successo e che i governi debbono svolgere un ruolo propulsore.

Già dal 2016, è stato istituito il BIM Task Group con l'obiettivo di riunire gli sforzi nazionali in un approccio europeo allineato e comune, in modo da poter sviluppare un settore di costruzioni digitali di classe mondiale. Il compito del gruppo di lavoro è quello di fornire una rete europea comune volta ad allineare l'uso della modellazione delle informazioni sugli edifici nelle opere pubbliche. La formazione svolta dal gruppo, ha portato a interessanti sviluppi nell'adozione del BIM nel continente.

## Regno Unito

Il Regno Unito persegue la strategia BIM più ambiziosa e radicale al mondo mirando a migliorare l'immagine globale di progettisti, appaltatori e della manifattura del Paese per tradurre l'adozione in nuovi lavori, opportunità di crescita e maggiore occupazione.

Il Paese è consapevole di disporre di grandi opportunità per capitalizzare il proprio vantaggio (dopo il successo del suo programma interno) assumendo un ruolo di leadership globale nello sfruttamento, nella fornitura di servizi e nello sviluppo di standard in ambito BIM.

La spinta governativa ha decisamente accelerato il tasso di adozione introducendo, sin dall'aprile 2016 in ogni progetto di costruzione finanziato dal governo centrale, un documento BIM 3D pienamente collaborativo. Non a caso con l'entrata in vigore dell'obbligatorietà, si è registrato un considerevole aumento tra gli operatori dei livelli di adozione.

Secondo il rapporto nazionale BIM 2018, il 20% del settore ha adottato la metodologia digitale. Quasi tre quarti stanno ora utilizzando il BIM, con un aumento del 12% rispetto all'anno scorso, valore che rappresenta la crescita più elevata su base annua dal 2014. Secondo il citato rapporto, l'80% delle aziende medie (da 16 a 50 dipendenti) e il 78% delle grandi aziende (con più di 50 dipendenti) hanno adottato il BIM. Inoltre, due terzi di quelle più piccole (con 15 o meno membri dello staff) si descrivono come se lo avessero adottato, confermando che i vantaggi della metodologia digitale sono disponibili per le aziende di tutte le dimensioni.

Le matrici dei dati confermano infine che la diffusione del BIM è una realtà per:  
l'80% delle aziende che operano attività edili nell'ambito sanitario o educativo  
l'83% di quelle che operano attività miste e lavori meno complessi  
Il 67% di quelle aziende che effettuano realizzano costruzioni nuove.

#### Francia

Nel 2014, il governo d'oltralpe ha lanciato un progetto di ricerca e sviluppo nell'area di costruzione denominato "MINnD" volto a sviluppare gli standard BIM per i progetti infrastrutturali. Nello stesso anno, il Governo ha anche deciso di sviluppare 500.000 nuove costruzioni civili utilizzando l'ambiente numerico. Nel 2015, il governo ha stanziato un budget di 20 milioni di euro per digitalizzare l'edilizia: l'iniziativa faceva parte del piano di transizione digitale nell'industria delle costruzioni.

Più recentemente (2017) la Francia ha normato l'uso del BIM rendendo pubblica la roadmap ufficiale di standardizzazione nell'aprile dello stesso anno, quale parte della strategia governativa per la digitalizzazione del settore delle costruzioni: gli obiettivi includono:

il miglioramento della qualità dei dati scambiati

la gestione delle scadenze

la riduzione dei costi complessivi del progetto.

#### Germania

Tenendo il passo con i tempi che cambiano, nel 2015 il governo tedesco ha annunciato la creazione della piattaforma per la costruzione digitale attraverso un gruppo di lavoro appositamente creato da diverse organizzazioni guidate dall'industria, con il compito di sviluppare una strategia nazionale BIM. La dichiarazione ufficiale del Governo parlava di "standardizzazione delle descrizioni dei processi e dei dispositivi, sviluppo di linee guida per i metodi di pianificazione digitale e fornitura di contratti campione" con l'obiettivo di renderlo obbligatorio per i progetti di infrastrutture pubbliche entro il 2020.

#### Danimarca

Il risparmio e la qualità del servizio che può offrire l'ambiente numerico sta guidando l'ascesa della sua adozione in Danimarca. Il Governo è stato un attore di primo piano nella richiesta di modelli BIM tanto che la maggior parte dei progetti su larga scala sono gestiti in modalità digitale. I comuni stanno facendo la propria parte trasferendo i loro portafogli sulle piattaforme digitali mentre gli enti semi-governativi stabiliscono gli standard e svolgono un ruolo di primo piano nell'innalzare il livello a soluzioni realizzabili. Vengono promossi nel Paese sistemi di classificazione che definiscono i criteri per far prosperare i progetti interdisciplinari, consentendo alla Danimarca di essere considerata come uno tra i primi Paesi europei all'avanguardia nell'adozione della modellazione digitale.

#### Paesi Bassi

Il BIM ha visto un'adozione senza precedenti nell'industria edile olandese. Sponsorizzato da grandi clienti pubblici (come l'Agenzia per il Real Estate del Governo Centrale) che ne hanno prescritto l'uso, i Paesi Bassi hanno uno dei più alti tassi di adozione del BIM al mondo. Sono in uso numerosi protocolli (o standard) aperti per processi, formati di dati e/o semantica che supportano la misura in cui i sistemi BIM possono scambiare, interpretare e condividere dati, come:

VISI: standard olandese che costituisce la base della comunicazione e dello scambio di informazioni tra le parti dell'edificio;

COINS (Constructive Objects and the INtegration of processes and Systems): standard olandese integrato e complementare per lo scambio di informazioni digitali e il supporto per l'ingegneria dei sistemi.

Il Rijkswaterstaat, la direzione generale olandese per i lavori pubblici e la gestione delle risorse idriche, è uno dei maggiori clienti pubblici in Europa e leader nell'implementazione del BIM, responsabile della progettazione, della costruzione, della gestione e della manutenzione delle infrastrutture principali del Paese. Avendo definito il BIM come "Better Information Management", l'agenzia governativa sta preparando la strada per l'utilizzo degli standard open BIM su tutti i progetti infrastrutturali in Europa.

#### Spagna

Il BIM non è ancora obbligatorio. Tuttavia, l'industria edile spagnola ha adottato la direttiva UE 2014/24 / UE, secondo la quale gli Stati membri sono invitati a incoraggiare e richiedere l'uso del BIM in progetti di costruzione finanziati da fondi pubblici dell'UE a partire dal 2016.

Comunque, nel 2015, il Ministerio de Fomento (Ministero dello Sviluppo) ha creato la "Commissione BIM", con la missione principale di stabilire una tabella di marcia per l'implementazione della metodologia nel Paese. È stato definito un calendario strategico per l'implementazione che prevede l'uso del BIM obbligatorio nei progetti di costruzione pubblica a partire dal dicembre 2018 e nei progetti di infrastrutture dal luglio 2019.

#### Austria

L'Austria ha iniziato i primi passi nell'adozione della metodologia con gli standard BIM nel 2015 e negli ultimi anni l'Agenzia per gli Standard Austriaci (ASI) ha sviluppato una serie di norme tecniche per la sua implementazione. L'ultimo prodotto è "A 6241-2", modello che introduce BIM Level 3. Tuttavia, l'adozione non sta avvenendo al ritmo desiderato: non ci sono molti appaltatori che sono in grado di lavorare in modalità digitale e non ci sono abbastanza coordinatori BIM disponibili nel Paese.

#### Norvegia

La Norvegia è stata uno dei primi stati europei a adottare gli standard o i requisiti BIM del settore pubblico che risultano ad oggi già in vigore nel Paese. Il Paese nordico è stato un partner nello sviluppo degli standard open BIM lavorando in 3D su progetti pubblici per almeno un decennio; ora sta facendo progressi anche sui sistemi (in stile Singapore) per automatizzare le approvazioni degli edifici e i permessi di pianificazione (code checking).

#### Italia

La sensazione generale attualmente è, quella per cui la metodologia BIM sia appannaggio ancora di poche ed evolute realtà, perlopiù rintracciabili in Committenze di spessore, imprese di costruzioni strutturate oltre ad organizzazioni che si occupano di servizi consulenziali e di progettazione.

Sono ancora numerosi, anzi la maggioranza, i casi in cui il processo edilizio è gestito in modo BIM-free. Anche i progetti che possono essere ritenuti veri e propri progetti BIM sono spesso gestiti attraverso il coinvolgimento di consulenti specialisti, allontanando le questioni relative alla gestione digitale dei processi informativi dai centri decisionali che invece dovrebbero determinare il progetto in modo più consapevole; così facendo il BIM genera disaffezione in coloro che per la prima volta entrano in contatto con questa metodologia.

La diffusione capillare del BIM fra i diversi soggetti coinvolti in un singolo processo edilizio (diffusione orizzontale) e tra le figure professionali indipendentemente dai ruoli svolti (diffusione verticale) è un tema nel pieno della definizione, soprattutto quando si parla della dimensione che il singolo professionista o il piccolo studio di progettazione potrà assumere in questo contesto.

Un ostacolo alla diffusione del BIM in Italia è di natura concettuale. Da noi manca una vera “cultura del progetto”, che presti particolare attenzione alla reale cantierizzazione del progetto stesso. Da noi, spesso, non si progetta per realizzare ma con l’obiettivo di ottenere delle autorizzazioni. Eventuali problemi o discrepanze saranno risolti poi, in cantiere o demandati all’impresa. È una mentalità diffusa, quasi una consuetudine.

Grazie al BIM, invece queste difficoltà possono essere superate. È la mentalità alla base del progetto a cambiare, oltre alle modalità di sviluppo del progetto stesso. Il BIM è concepito per mettere chi lavora al progetto nelle migliori condizioni per operare. Uno strumento del genere diventa semplicemente insostituibile quando si tratta di lavorare in team, unire competenze e far confluire azioni. Lavorare con il BIM significa passare dall’età della pietra al controllo numerico degli oggetti. Al di là di ogni retorica, si tratta davvero di un’evoluzione epocale, con contorni di rivoluzione.

Il ragionamento attorno ad un processo edilizio articolato e complesso dovrebbe trovare nella centralità della fase del progetto una spinta forte e convinta all’innovazione da parte delle strutture di progettazione: la tipologia delle micro strutture esistenti che caratterizzano il nostro tessuto professionale costituiscono esse stesse la criticità dell’intero processo, riconducibile alla frammentazione degli operatori, che intervengono con la loro specialità in modo puntuale e, solitamente, non integrato all’insieme.

Sono poco o per nulla diffusi nella cultura professionale media i fondamentali concetti di sistema di gestione (con riferimento, ad esempio, alla norma UNI EN ISO 9001) [14], project management (con riferimento, ad esempio, alla norma UNI ISO 21500) [15], gestione del rischio (con riferimento, ad esempio, alla norma UNI ISO 31000) [16].

Per il settore delle Opere Pubbliche l’Oice [17] ha presentato il quarto rapporto sulle gare pubbliche del 2020 che hanno previsto l’utilizzo delle metodologie digitali BIM nell’ambito delle procedure di affidamento di servizi di ingegneria e architettura.

I dati dimostrano, dopo la crescita del 2019, (+58,3% sul 2018), un ulteriore balzo del 17,2% sul totale del numero delle gare dell’anno precedente ed evidenziano come progetti in BIM siano chiesti anche per importanti accordi quadro. Tuttavia, è ancora rilevante la disomogeneità dei bandi e l’assenza di capitolati informativi.

*Il presidente OICE, Gabriele Scicolone sostiene che bisogna: “Assicurare investimenti per l’innovazione dei processi e per la formazione dei tecnici”.*



13) Bandi BIM 2020, fonte: OICE

*Aggiunge inoltre: “l’incremento percentuale a doppia cifra dei bandi dimostra che il BIM è una realtà consolidata presso gli operatori economici, siano essi le società di progettazione, o le grandi imprese, o ancora le stazioni appaltanti e committenze, vuoi pubbliche vuoi private, strutturate. Anche quest’anno assistiamo ad un aumento delle gare BIM, con un peso rilevante negli accordi quadro che fanno riferimento ad Anas e RFI”.*

*Nel Recovery Plan [18] si parla di digitalizzazione, tema fondamentale che nel nostro settore è realtà da decenni, ha aggiunto “adesso occorre fare un salto importante in vista del prossimo anno quando in tutte le gare sopra soglia UE si dovrà chiedere la progettazione BIM: assicurare risorse per l’accelerazione dell’innovazione dei processi e per formare adeguatamente dipendenti pubblici e privati”.*

Se nel settore privato del mondo delle costruzioni, in questi anni l’avvicinamento al BIM è partito sicuramente dalla formazione; non si può dire altrettanto del settore Pubblico che ad oggi sembra essere molto indietro. Una immaturità probabilmente da attribuire a una mancanza di strategie specifiche, di investimenti adeguati, di uffici tecnici strutturati con personale in età avanzata e restio al cambiamento nel mondo delle Digitalizzazione nonché realtà tecniche carenti di strumenti informatici adeguati ed aggiornati.

Il driver del cambiamento in Italia deve perseguire la metodologia BIM, per ottenere la qualità nei progetti e nelle opere pubbliche.

## 1.7 BIM e normativa di riferimento

In Europa nel 2014 vi è un importante svolta; inizia un radicale processo di riforma degli Appalti Pubblici, condiviso dall'Unione Europea. Vede infatti la luce la Direttiva appalti (D 2014/24/UE), che introduce l'uso del BIM (art.22, comma 4) negli stati membri:

“Per gli appalti pubblici di lavori e i concorsi di progettazione, gli Stati membri possono richiedere l'uso di strumenti elettronici specifici, quali gli strumenti di simulazione elettronica per le informazioni edilizie o strumenti analoghi.”



14) Direttiva Appalti (D 2014/24/UE), fonte <https://infobuild.it>

In Italia l'adozione del BIM è stata, fino a tempi recenti, demandata ad iniziative private e volontarie. Solo nel 2016 con il Codice degli Appalti (Dlgs 50/2016), si è introdotto l'uso del mezzo informatico negli appalti pubblici.

### D.Lgs 50/2016 - Codice dei contratti pubblici

art.23, comma 1 “«La progettazione in materia di lavori pubblici (...) è intesa ad assicurare la razionalizzazione delle attività di progettazione e delle connesse verifiche attraverso il progressivo uso di metodi e strumenti elettronici specifici quali quelli di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture”. Il comma 13 dello stesso articolo specifica:” Le stazioni appaltanti possono richiedere per le nuove opere nonché per interventi di recupero, riqualificazione o varianti, prioritariamente per i lavori complessi, l'uso dei metodi e strumenti elettronici specifici di cui al comma 1, lettera h). Tali strumenti utilizzano piattaforme interoperabili a mezzo di formati aperti non proprietari [IFC], al fine di non limitare la concorrenza tra i fornitori di tecnologie e il coinvolgimento di specifiche progettualità tra i progettisti. L'uso dei metodi e strumenti elettronici può essere richiesto soltanto dalle stazioni appaltanti dotate di personale adeguatamente formato”.

### DM 560/2017- (Decreto Baratonno)

Il Decreto Ministeriale n.560 del 2017 (Decreto Baratonno o BIM) sancisce l'introduzione e l'obbligatorietà del BIM nel settore degli appalti pubblici.

*Il presente decreto, in attuazione dell'articolo 23, comma 13, del decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50, “definisce le modalità e i tempi di progressiva introduzione, da parte delle stazioni appaltanti, delle amministrazioni concedenti e degli operatori economici, dell'obbligatorietà dei metodi e strumenti elettronici specifici, quali quelli di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture, nelle fasi di progettazione, costruzione e gestione delle opere e relative verifiche”.*



15) Obbligatorietà BIM, fonte: Prof. Angelo Ciribini (Università degli Studi di Brescia)

L'art.6 inserisce l'uso obbligatorio, da parte delle stazioni appaltanti, del BIM, ovvero "dei metodi e degli strumenti elettronici di cui all'articolo 23, comma 1, lettera h), del codice dei contratti pubblici secondo la seguente tempistica:

- 1° gennaio 2019: per i lavori complessi di importo pari o superiore a 100 milioni di euro;
- 1° gennaio 2020: per i lavori complessi di importo pari o superiore a 50 milioni di euro;
- 1° gennaio 2021: per i lavori complessi di importo pari o superiore a 15 milioni di euro;
- 1° gennaio 2022: per le opere di importo pari o superiore alla soglia (art. 35 del codice dei contratti pubblici);
- 1° gennaio 2023: per le opere di importo pari o superiore a 1 milione di euro;
- 1° gennaio 2025: per le opere di importo inferiore a 1 milione di euro.

### UNI 11337:2017- processo informativo delle costruzioni

La norma nazionale UNI 11337 esamina la gestione digitale dei processi informativi del settore delle costruzioni. La prima parte della norma UNI 11337 propone una struttura informativa del processo delle costruzioni.

L'UNI, Ente Nazionale Italiano di Unificazione è un'associazione privata senza scopo di lucro, e regola la gestione informativa BIM. Al tavolo tecnico della UNI 11337 ha partecipato un gruppo formato da ottanta componenti; stakeholder pubblici e privati, rappresentanti di tutta la filiera (progettisti, imprese, produttori, stazioni appaltanti, giuristi, istituti di ricerca, università, case software, ecc.), che chiedono di entrare e partecipare attivamente ai lavori del gruppo. La norma è composta da dieci parti indicate nello schema della seguente figura.



16) Struttura della Norma, fonte: <https://store.uni.com/catalogo>

## UNI ISO 19650:2018

Nell'ambito della progettazione BIM, il recepimento italiano delle ISO fa riferimento alle norme:

BS EN ISO 19650-1 - Parte 1

BS EN ISO 19650-2 - Parte 2

È importante fare chiarezza sulle tipologie di norme nel mondo:

Le norme internazionali sono elaborate e pubblicate dall'ISO (International Organization for Standardization), possono essere adottate a livello nazionale da ogni stato membro in modo volontario.

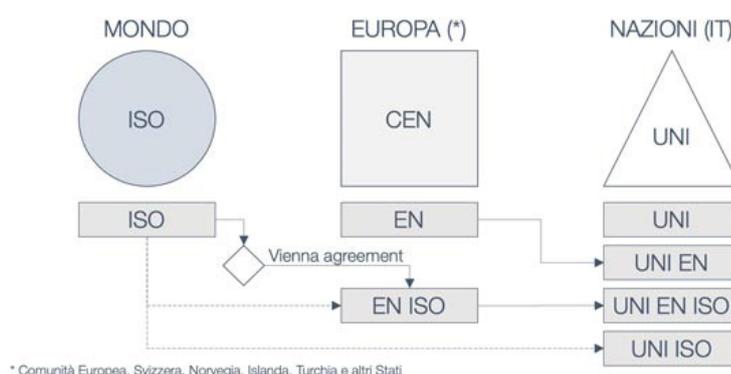
In Italia sono riconoscibili dagli acronimi UNI ISO;

Le norme europee, che sono elaborate dal CEN (European Committee for Standardization) nelle tre lingue riconosciute, inglese, francese e tedesco. Ogni stato membro è obbligato a recepirle e ritirare le norme in vigore, tipicamente nazionali, ad esse in contrasto. Ad esempio, si riconoscono come UNI EN;

Le norme nazionali sono elaborate dall'ente nazionale riconosciuto. In Italia sono deputati a scrivere norme l'UNI, ed i relativi Enti Federati, e il CEI. Esse hanno valore sul territorio nazionale e sono scritte nella lingua madre di ogni paese.

La ISO 19650 [19] è strutturata in due parti: la parte 1 riguarda i "Concetti e principi", mentre la parte 2 si occupa della "Fase di consegna dei cespiti immobili".

La UNI-EN-ISO 19650 parte 1 è attuabile durante tutte le fasi del ciclo di vita di un cespite immobiliare: la pianificazione strategica, la progettazione iniziale, l'affidamento e la costruzione, il funzionamento operativo quotidiano, la manutenzione, la ristrutturazione, la riparazione e la demolizione. La norma può essere adattata a cespiti immobili o a commesse di qualsiasi dimensione e complessità. La parte 2 della ISO 19650 illustra le indicazioni inerenti al processo di gestione delle informazioni, contenente le attività attraverso le quali i gruppi di consegna possono produrre informazioni in modo collaborativo riducendo al minimo le attività dispendiose. La normativa è destinata principalmente all'utilizzo da parte di soggetti coinvolti nella gestione o produzione di informazioni durante la fase di consegna dei cespiti immobili. È diretta nello specifico ai soggetti coinvolti nella definizione e nell'affidamento delle commesse: attori coinvolti nella definizione degli incarichi, nella progettazione, costruzione, funzionamento, manutenzione e demolizione dei cespiti immobili. La norma mostra anche indicazioni relative alle possibili relazioni che intercorrono tra soggetti e gruppi in termini di gestione delle informazioni, al fine di identificare i soggetti responsabili per ogni attività e le relative attività affidate per ciascun membro coinvolto nel processo di gestione delle informazioni.



17) Schema applicativo degli Standard nel mondo, fonte: <https://ingenio-web>

PARTE II

CASO STUDIO

TORRE DELLA REGIONE  
PIEMONTE



## II. CASO STUDIO

### 2.1 Dati generali

Il nuovo Palazzo della Regione Piemonte, ideato dall'arch. Massimiliano Fuksas, è destinato a raggruppare tutte le circa 40 sedi diverse in cui si trovano attualmente gli uffici dell'amministrazione regionale sparsi nella Città di Torino.

L'insediamento del nuovo palazzo nell'area ex Fiat Avio permetterà la valorizzazione ed il recupero ambientale di un territorio urbano deteriorato e contribuirà anche alla riqualificazione del settore sud dell'area metropolitana torinese. L'area ove sorgerà il nuovo complesso per uffici della Regione Piemonte si estende per circa 193.000 m<sup>2</sup> e risulta idonea alla realizzazione di una sede in grado di ospitare i 2.600 dipendenti, i quasi 2.000 visitatori giornalieri (con spazi di lavoro adeguati e servizi funzionali alle esigenze dell'ente), le attività tecniche ed amministrative regionali.

Il grattacielo sorgerà in una posizione strategica, adiacente all'edificio che ha ospitato alcune competizioni olimpiche nel 2006, denominato "Oval" ed accanto al Centro Polifunzionale del Lingotto. Si tratta di un'ubicazione decisamente ben servita anche dal punto di vista dei trasporti pubblici, grazie alla futura stazione della metropolitana sul lato via Nizza, alla presenza della stazione ferroviaria del Lingotto ed alla vicinanza del futuro collegamento alla tangenziale tramite il sottopasso di Corso Giambone.

Il Nuovo Palazzo della Regione si atterrerà su via Nizza allineandosi esattamente con la stazione ferroviaria, in previsione della sua trasformazione in più importante stazione "a ponte", diventando così un catalizzatore efficace alle diverse ore del giorno e della notte attraverso l'innesto di funzioni diversificate.



18) Masterplan area intervento, fonte: Studio Fuksas

## 2.2 Aspetti architettonici

Il progetto architettonico, a firma di Massimiliano Fuksas ha inteso soddisfare la necessità di creare un ambiente di lavoro suggestivo, di forte immagine e rappresentativo per la Regione Piemonte, secondo le richieste da questa, espresse nel Concorso Internazionale di Architettura che fu vinto nel 2001 insieme a Manens S.r.l., Ai Studio ed Ai Engineering S.r.l. Tre elementi principali disegnano il complesso edilizio:

- la torre, nella quale sono collocati tutti gli uffici della Regione;
- l'edificio più basso che ospita il centro congressi, la mensa, l'asilo nido fruibile sia dal personale dipendente sia dai cittadini;
- la corte interrata su due livelli che ospita tutte le funzioni a servizio degli uffici.

Il grattacielo, terzo per altezza in Italia dopo la Torre Unicredit di Milano di 231 metri (dei quali 152 di corpo e 79 di guglia) e la Torre Isozaki (Allianz) di 209,20 metri sempre a Milano, prevede 42 piani fuori terra di 4,30 metri d'altezza d'interpiano (tranne che per la hall e per gli uffici della presidenza che avranno altezze doppie); 41 livelli saranno destinati a ufficio mentre l'attico del 43° piano (posto a circa 200 m di altezza) ospiterà un bosco pensile accessibile al pubblico che costituirà di fatto la piattaforma panoramica più alta tra quelle presenti in qualsiasi grattacielo italiano dato che la Torre Isozaki di Milano non possiede sulla sua sommità un simile spazio aperto al pubblico.

Il progetto subì numerose modifiche che ne determinarono la riduzione in altezza da quella originale di 220 m a quella definitiva di 209 m.

La pianta è quadrata con lato di 45 m, seguendo un modulo di 1,50 metri. Sono inoltre previsti due piani (interrati) sotto il livello stradale anch'essi di 4,30 metri di interpiano.

Sulle facciate è prevista l'installazione di 1.000 m<sup>2</sup> di pannelli fotovoltaici, per garantire per quanto possibile l'autosufficienza energetica, unita alla costruzione di grandi superfici vetrate per ridurre la necessità di ricorrere a luce artificiale.

Il collegamento verticale è garantito da un gruppo di 16 ascensori ad alte prestazioni che permetteranno di raggiungere anche i piani più elevati in tempi particolarmente brevi con ridotti consumi e tempi di attesa.

L'interfaccia tra la torre ed il centro congressi è il "grande vuoto", la lama che rappresenta lo spazio unificante dell'intero complesso con funzione di atrio sia per gli uffici sia per il centro congressi. Si tratta di uno spazio trasparente, "un filtro attraverso il quale l'edificio si affaccia sulla città e la città entra nell'edificio".

Il "grande vuoto" è caratterizzato da una serie di lame poste trasversalmente e con differenti inclinazioni ("i satelliti"), che creano uno spazio di elevata qualità. Dall'esterno, nonché dal livello dell'atrio o dai piani superiori, si può infatti godere un effetto visivo di grande suggestione sulla città.

Oltre ai 70.000 m<sup>2</sup> occupati dalla costruzione, il progetto comprende anche parcheggi privati per 39.000 m<sup>2</sup> con circa 1.300 posti auto ad esclusivo uso regionale, spazi accessori e opere esterne di circa 60.000 m<sup>2</sup>.

Il progetto si caratterizza, inoltre, per l'attenzione posta alle questioni ambientali ed energetiche, seguendo un rigoroso approccio ecosostenibile.



19) Sistema facciata a "doppia pelle", fonte: Ai Group



20) Intercapedine ventilata, fonte: Arketipo

### 2.3 Corte interrata

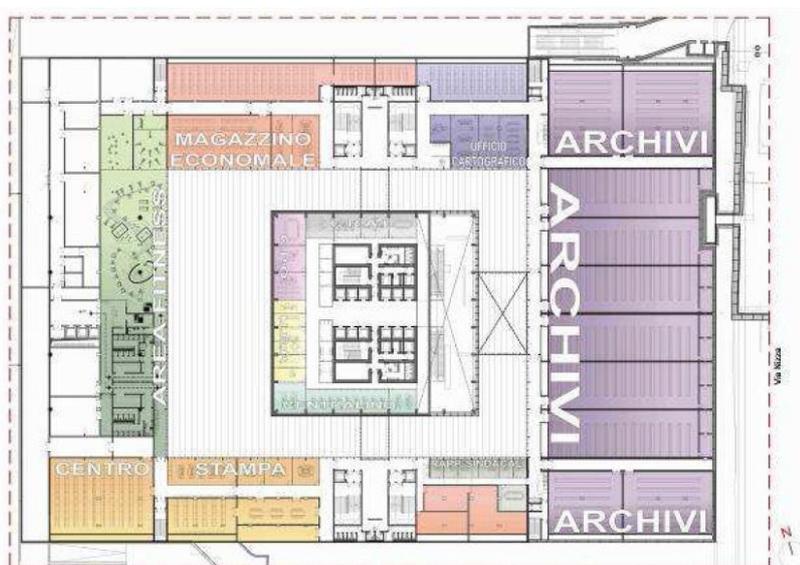
Lo sviluppo di una grande corte di metri 62 x 77, ospita la base della torre, in cui la corte interna rappresenta il cuore delle attività di supporto all'edificio. Anche in questi ambienti si è concentrato l'interesse ai benefici e svantaggi derivati dall'esposizione solare, cercando di destinare la facciata Sud agli uffici che accolgono attività permanenti di lavoro, in modo da beneficiare della massima illuminazione possibile.

Tutti gli spazi di lavoro sono rischiarati e ventilati naturalmente e sono dotati di accessi di servizio direttamente dall'area parcheggi. La fruizione agli ambienti interni è condotta mediante due corridoi perimetrali che fiancheggiano la corte e mette in comunicazione i quattro nuclei centrali, due nell'ala Sud due nell'ala Nord, che dal piano di calpestio esterno a quota 0,00 m giungono a quota -8,54 m nel secondo interrato.

La superficie lorda di pavimento della corte sotto il livello stradale è di 6493 m<sup>2</sup>. Al secondo sotterraneo sono collocati gli archivi che si sviluppano nella zona Est degli interrati, a cui si inseriscono due porzioni di circa 370 m<sup>2</sup> sui lati Nord e Sud. Gli accessi all'archivio sono frazionati in 12 compartimenti separati da pareti REI. La compartimentazione produce dei locali di 500m<sup>2</sup> ciascuno facente parte di una superficie complessiva di circa 6000m<sup>2</sup>.

Il collegamento con la torre è assicurato dall'atrio vetrato mentre la connessione tra il livello superiore e quello inferiore è fornito dai vani scala presenti a Nord e a Sud dell'edificio. Continuando all'interno della corte trova ubicazione il presidio medico, la sala per gli autisti, i locali per le centrali tecnologiche e la mensa dimensionata per 1500 pasti al giorno suddivisi su tre turni.

L'accessibilità alla mensa è consentita dalle superfici vetrate che si affacciano sulla corte interna, ed essendo sviluppata su una superficie completamente aperta ma modulare, si possono prevedere separazioni o entro certi limiti cambiamenti di destinazione degli spazi. Nell'ala Est del primo sotterraneo, così come nel piano inferiore, sono collocati gli archivi, i quali contano globalmente nei due piani circa 12000 m<sup>2</sup> di archivi organizzati con una scaffalatura di lunghezza 32km. Sull'ala sud sono disposti gli uffici per le rappresentanze sindacali e il centro stampa, a Nord invece sono organizzati il magazzino economico e l'ufficio cartografico. I locali tecnici risiedono nella parte più interna dell'ala Ovest all'interno della quale, affacciata sulla corte, si troverà l'area fitness.



21) Planimetria Interrati Torre P-1 , fonte: Fonte: Accordo di Programma – Progetto Definitivo – Codice generale elaborato PR – 3 - D - U –R – 001 – 0 del 27/02/2009



22) Planimetria Interrati Torre P-2, fonte: Fonte: Accordo di Programma – Progetto Definitivo – Codice generale elaborato PR – 3 - D – U –R – 001 – 0 del 27/02/2009

## 2.4 Aspetti strutturali

La torre è caratterizzata da uno schema strutturale molto regolare che si sviluppa per tutta l'altezza e che consente, grazie all'attento studio dei materiali e dei pesi, di ottimizzare al massimo le membrature in modo tale da ridurre al minimo gli ingombri strutturali pur garantendo straordinari livelli di sicurezza. Gli elementi che più caratterizzano l'opera sono i "satelliti", i volumi di forma triangolare aggettanti in facciata, progettati come sbalzi che si staccano dalla torre principale.

La torre si sviluppa attorno al nucleo centrale, progettato in cemento armato ricorrendo a calcestruzzi ad alte prestazioni. L'impronta di tale elemento presenta dimensioni di circa 30 x 18 metri e consente di contenere tutti i servizi al suo interno. Inoltre, sotto il profilo strutturale, presenta una rigidità tale da consentire di controventare la torre in maniera ottimale.

I risultati in termini di spostamenti e vibrazioni indotte da vento ed eventuale terremoto infatti sono ben al di sotto dei limiti di normativa e questo a tutto vantaggio della sicurezza e della fruibilità della struttura anche in condizioni ambientali critiche.

I pilastri perimetrali, costituiti da uno scatolare in acciaio ad alta resistenza riempito di calcestruzzo ad alte prestazioni, hanno sezione ridotta per la tipologia di edificio: sono stati calcolati ed ottimizzati in modo tale da garantire stabilità e sicurezza sotto elevati tassi di lavoro. Questa tipologia costruttiva consente di sfruttare al meglio la resistenza del calcestruzzo che risulta confinato totalmente dall'acciaio e garantisce anche una buona resistenza al fuoco, in quanto la "camicia" protegge l'interno dalle elevate temperature d'incendio e consente di raggiungere tempi di resistenza superiori a quelli richiesti.

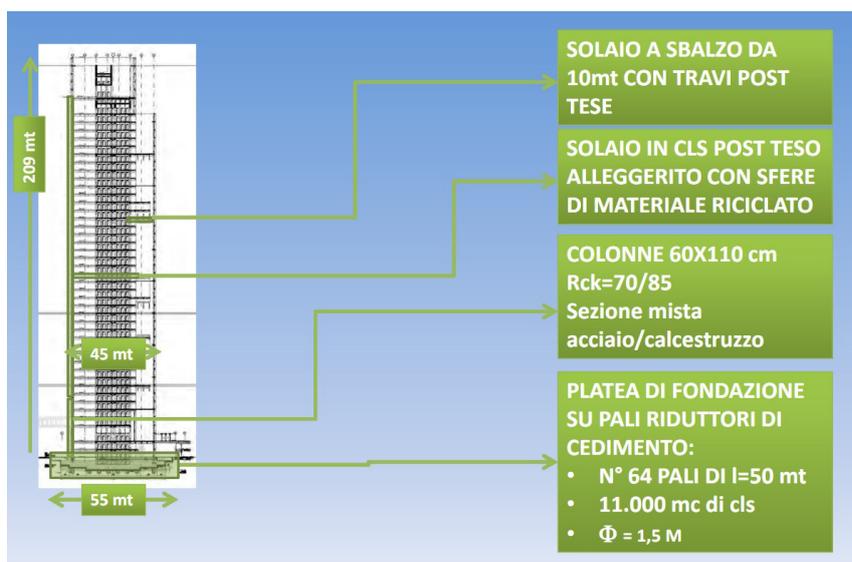
I solai riprendono la tipologia acciaio-calcestruzzo dei pilastri, modificata sulla differente tipologia strutturale, in modo tale da costituirsi come struttura autoprotetta dall'incendio. Sono costituiti da travi metalliche e lamiere grecate con getto collaborante.

L'inusuale altezza della lamiera consente di coprire grandi luci con il minimo numero di travi, le quali a loro volta presentano una sezione tale da poter coprire le ampie luci nello spessore molto ridotto di circa 40 cm.

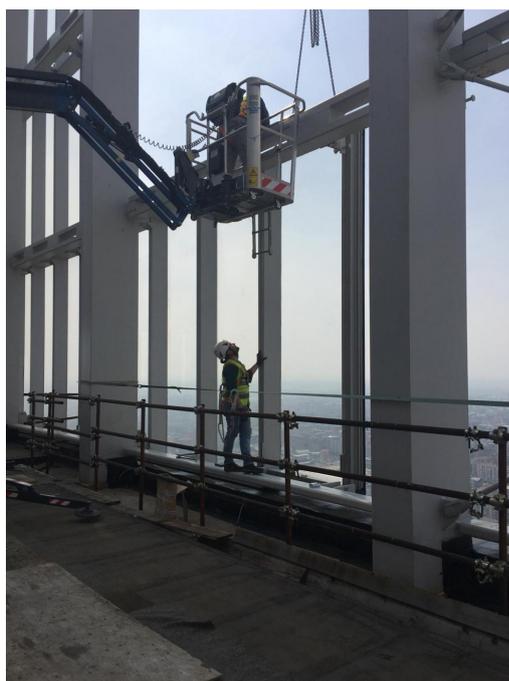
Il getto in calcestruzzo alleggerito consente un notevole sgravio di carico in fondazione a vantaggio di un migliore andamento dei cedimenti del complesso terreno-fondazione e di un comportamento dinamico complessivo più rigido.

I satelliti sono elementi che presentano, in alcuni casi, altezze pari a quella di edifici di dieci piani e sono, strutturalmente, sbalzi sorretti principalmente dal nucleo della torre.

Presentano luci superiori ai 10 metri e quindi hanno richiesto un attento lavoro di verifica e modellazione di strutture portanti e spessori in modo tale da raggiungere livelli di rigidezza delle piastre adeguate ai requisiti progettuali pur riducendo al minimo le masse e quindi i pesi delle strutture stesse. I satelliti sono sostenuti da travi in acciaio annegate nelle pareti del nucleo e collegate da una soletta in calcestruzzo alleggerito spessa appena 17 cm. A chiusura della struttura c'è la cosiddetta "veletta", una pelle in vetro che prosegue al di sopra dell'ultimo solaio per 20 metri circa.



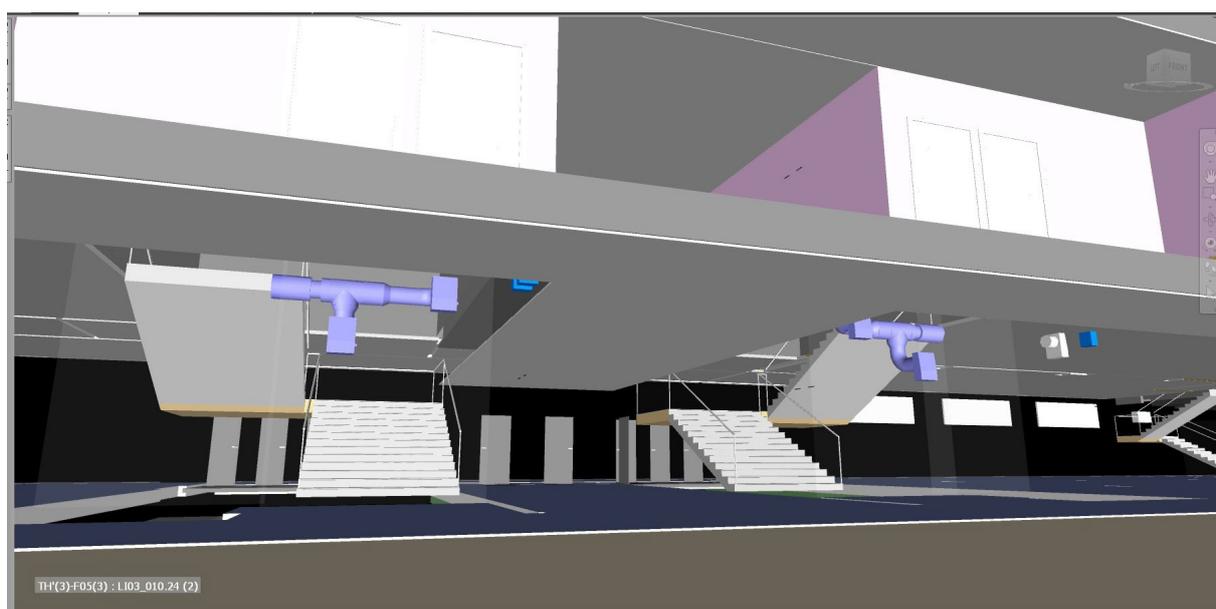
24) Posa moduli involucro trasparente



25) Posa delle velette, fonte: regione.piemonte.it

# PARTE III

## METODODOLOGIA



## III. METODOLOGIA

### 3.1 Level of Development (LOD)

La digitalizzazione sta cambiando il modo di lavorare, in particolare il BIM sta modificando il mondo della progettazione nel settore edile. Il BIM è nato dalla volontà di andare verso la collaborazione tra i progettisti, l'integrazione tra i processi e la sostenibilità. Il BIM è infatti un metodo di progettazione collaborativo in quanto consente di integrare in un unico modello le informazioni utili di ogni disciplina (architettonica, strutturale, impiantistica, energetica e gestionale) ed in ogni fase dell'opera, dalla progettazione alla costruzione.

L'Italia oggi può vantare un grosso passo avanti sotto l'aspetto normativo volto a disciplinare i progetti basati sul BIM. Oltre al Decreto BIM (DM 560/2017), la Normativa UNI 11337 norma gli aspetti legati al tema della gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni. Le norme internazionali che parlano dei concetti e dei principi del BIM e della gestione dei dati sono le ISO 19650; le cui parti 1 e 2 nel 2019 sono state recepite come UNI EN ISO.

La norma per l'IFC (ISO 16739) è entrata in vigore come UNI EN ISO; le UNI 11337 diventano appendice Nazionale per queste norme. Dei gruppi di lavoro italiani stanno lavorando ad aggiornare le UNI 11337 in modo che siano compatibili con le ISO 19650. In particolare, nella parte 4, sono definiti tutti gli aspetti legati alla quantità e qualità dei contenuti informativi che nell'ambito di una gestione digitalizzata del processo delle costruzioni supportano il processo decisionale. La normativa stabilisce quali siano gli obiettivi e finalità che si devono raggiungere in termini informativi durante ogni singola fase del processo, scandendo in particolare la granularità delle informazioni contenute nei modelli attraverso una scala di LOD.

Nelle UNI 11337 parte 4 del 2017 vengono normati in ambito nazionale (italiano) i livelli di sviluppo, corrispettivo dei LOD (Level of Development) inglesi e statunitensi, riferiti alla definizione e progettazione dei componenti dell'opera. All'interno della norma UNI, i LOD sono tradotti nella pratica progettuale attraverso i Level of Detail, o livelli di dettaglio. Ogni oggetto del progetto BIM raggiunge un dato Level of Development quando è descritto attraverso un dato Level of Detail.

Nella terminologia anglosassone (il termine BIM nasce negli USA e UK) l'utilizzo dello stesso acronimo per descrivere Level of Development e Level of Detail ha generato una certa confusione nella comprensione del fatto che i due erano due cose distinte. Cioè il Level of Detail è al servizio del Level of Development.

In Italia vengono utilizzati acronimi diversi, eliminando questo malinteso. Il corrispettivo italiano del Level of Development è il Livello di Sviluppo dell'opera, tradotto operativamente nel Livello di Dettaglio (corrispettivo del Level of Detail): quest'ultimo descrive il singolo oggetto in una data fase progettuale o di manutenzione.

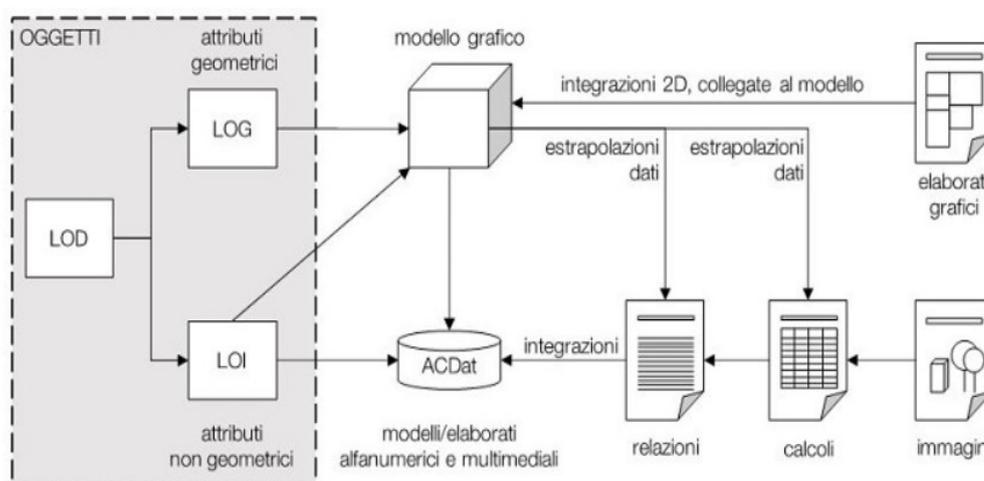
Chiariamo con un esempio: all'interno del Capitolato dell'opera viene stabilito che nella fase iniziale relativa al concept progettuale il LdS (Livello di Sviluppo, Level of Development) richiesto è il più basso, con un LdD (Livello di Definizione, Level of Detail) per la rappresentazione che è il più semplice (il corrispettivo del LOD 100 americano o LOD 1 inglese). Nella fase di cantierizzazione il LdS dovrà essere quello massimo, avendo un LdD a scala di progetto esecutivo, includendo il massimo numero di dettagli (LOD 500 americano o LOD 5 inglese).

Per non generare confusione con le scale di LOD anglosassoni, nella norma italiana si è scelto di utilizzare le lettere dell'alfabeto per categorizzare i Livelli di Dettaglio:

- LOD A - oggetto simbolico;
- LOD B - oggetto generico;
- LOD C - oggetto definito;
- LOD D - oggetto dettagliato;
- LOD E - oggetto specifico;
- LOD F - oggetto eseguito (as built);
- LOD G - oggetto aggiornato (manutenzione e gestione su elementi esistenti; questa voce è presente solo nelle norme italiane per ora).

Le informazioni necessarie alla definizione dell'oggetto (che quindi costituiscono il Level of Detail, Livello di Dettaglio) sono di due tipi:

- Parametri Geometrici (LOG - Level of Geometry anglosassone)
- Parametri Non Geometrici (LOI - Level of Information anglosassone)



26) UNI 11337 Schema Lod, fonte: <https://ingenio-web.it>

Per quanto riguarda il Livello di Sviluppo degli oggetti, la norma UNI definisce varie scale in base all'ambito operativo del progetto:

Scala generale di LOD (per edifici e interventi di nuova costruzione);

Scala di LOD per gli interventi di restauro;

Scala di LOD per interventi territoriali e infrastrutture;

Scala di LOD per il cantiere (mezzi e attrezzature).

LOD A	LOD B	LOD C	LOD D	LOD E	LOD F	LOD G
<b>Geometria</b>	<b>Geometria</b> Rappresentazione concettuale e generica degli spazi degli ingombri principali di tutti gli impianti (cavedi e cunicoli tecnici).	<b>Geometria</b> Rappresentazione concettuale e generica degli spazi degli ingombri complessivi principali delle tubazioni (cavedi e cunicoli tecnici).	<b>Geometria</b> Forma, dimensioni, posizione, ingombri, pendenze, valvole, pezzi speciali per montanti, dorsali e derivazioni effettive. Margine ed ingombri effettivi per manutenzione, supporti, ancoraggi effettivi, per controllo vibrazioni e consolidamento antisismico utilizzati per montanti, dorsali, derivazioni. Forometrie effettive orizzontali e verticali.	<b>Geometria</b> Componenti supplementari per la fabbricazione e l'installazione in cantiere.	<b>Geometria</b> Come LOD E (rilevato di quanto eseguito).	<b>Geometria</b> Nuovi interventi: Come LOD F (con aggiornamenti) Manutenzione e gestione su elementi esistenti: Come LOD C o D (a partire da).
<b>Oggetto</b>	<b>Oggetto</b>	<b>Oggetto</b> Solido 3D	<b>Oggetto</b> Solido 3D	<b>Oggetto</b> Solido 3D	<b>Oggetto</b> Solido 3D	<b>Oggetto</b> Solido 3D
<b>Caratteristiche</b>	<b>Caratteristiche</b> Indicazione delle dimensioni complessive occupate dalle tubazioni	<b>Caratteristiche</b> Definizione dei percorsi principali all'interno dei cavedi e dei cunicoli tecnici	<b>Caratteristiche</b> Definizione effettiva di parametri di performance (diametro nominale, allacciamento, pressioni, portata, potenza, curva caratteristica, prevalenza, ecc.)	<b>Caratteristiche</b> Nome prodotti, nome produttori Modalità di installazione	<b>Caratteristiche</b> Nome prodotti, nome produttore Modalità di installazione	<b>Caratteristiche</b> Data di manutenzione/istituzione Soggetto manutentore Storico delle manutenzioni

27) UNI 11337 Lod Impianti, fonte: Hask Hilti

## 3.2 Workflow BIM

L'elaborato di questa tesi è propedeutico al percorso svolto durante il tirocinio presso il laboratorio "Drawing to the Future", da cui sono stati sviluppati e concordati i temi per la tesi e si colloca nell'ambito di un progetto di ricerca avviato tra il Politecnico di Torino e la Regione Piemonte, con la creazione di un modello BIM federato basato sullo scambio di informazioni e collaborazione multidisciplinare. A questo modello ha partecipato un team di studenti coordinati dalla docenza, dell'area di architettura e ingegneria.

La documentazione in formato digitale è stata fornita dalla Regione Piemonte (soggetto affidatario), e viene utilizzata come base dati per la gestione del progetto, dal "Drawing to the Future". Il modello federato è stato realizzato in base al livello dell'iter progettuale denominato "As built", rappresentativo dell'ultima fase del processo, ovvero come costruito.

In una situazione di cantiere "ideale" che non prevede modifiche e/o varianti in corso d'opera, l'impresa aggiudicataria predispone e aggiorna il suo modello BIM e contemporaneamente aggiorna, con viste opportune e i dovuti approfondimenti in merito a quanto realizzato, il modello BIM contrattuale.

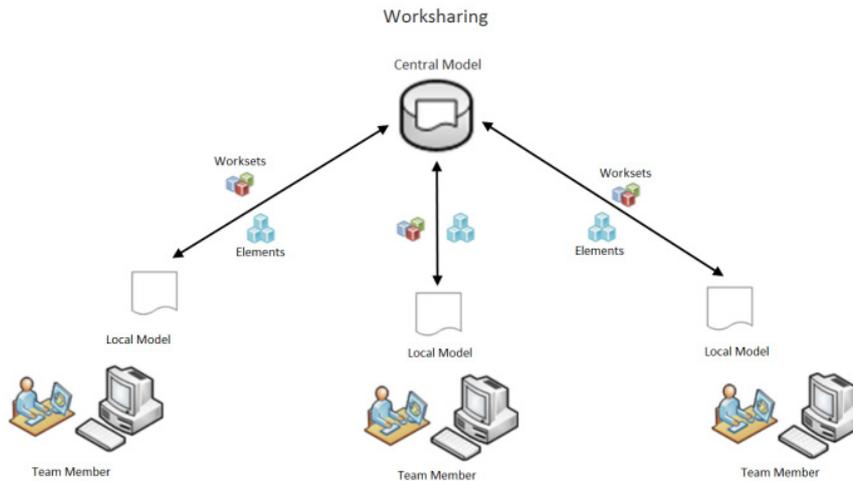
Ciò che in un processo edilizio gestito in BIM cambia, rispetto a una gestione tradizionale, è l'obbligo per la Direzione Lavori di verificare che il modello BIM contrattuale venga completato e aggiornato da parte dell'Impresa durante la fase di costruzione, cioè che "l'As built" nasca un po' alla volta e non alla fine dell'opera, quando molte cose non possono più, per la successione delle varie lavorazioni, essere correttamente verificate. È questa la nuova possibilità che offre il lavorare con i modelli: collegare in automatico tutto il processo che porta all'emissione dei SAL alla verifica del modello as-built BIM contrattuale.

### Modello Federato

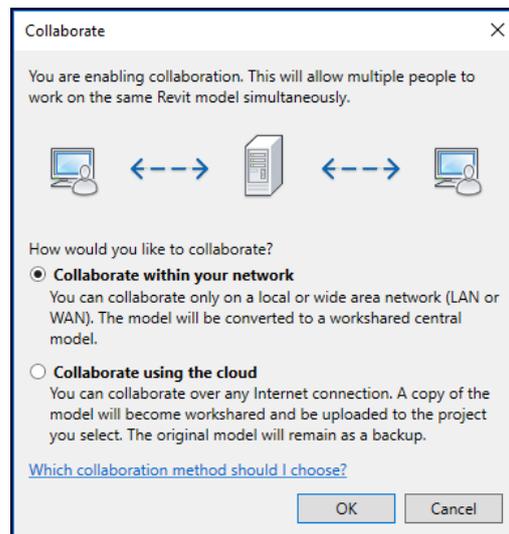
La metodologia BIM pone delle criticità nella gestione dei file realizzati con software di BIM authoring in termini di peso del file; questo è dovuto al quantitativo di memoria ram utilizzato da questi software. L'infrastruttura hardware deve avere dei computer dotati di componenti hardware (processore, ram, scheda video), in grado di sostenere questi processi. Solitamente le case produttrici di software BIM forniscono dei requisiti minimi, medi e massimi per gestire al meglio la metodologia BIM. Nel capitolato informativo la stazione appaltante può richiedere la dimensione massima dei file Revit gestibili, in funzione della ram installata. Di norma è buona pratica per un modello federato non superare i 250 MB di peso per singolo file.

Nel caso del modello della corte degli interrati relativi alla Torre della Regione Piemonte si è ricorsi alla suddivisione per parti o modelli disciplinari come è consuetudine fare in tutti gli ambienti (società, studi, imprese), strutturati per operare in BIM.

Il modello federato può essere ottenuto con due distinte procedure, la prima è il Worksharing.



28) Condivisione del lavoro, fonte: Autodesk



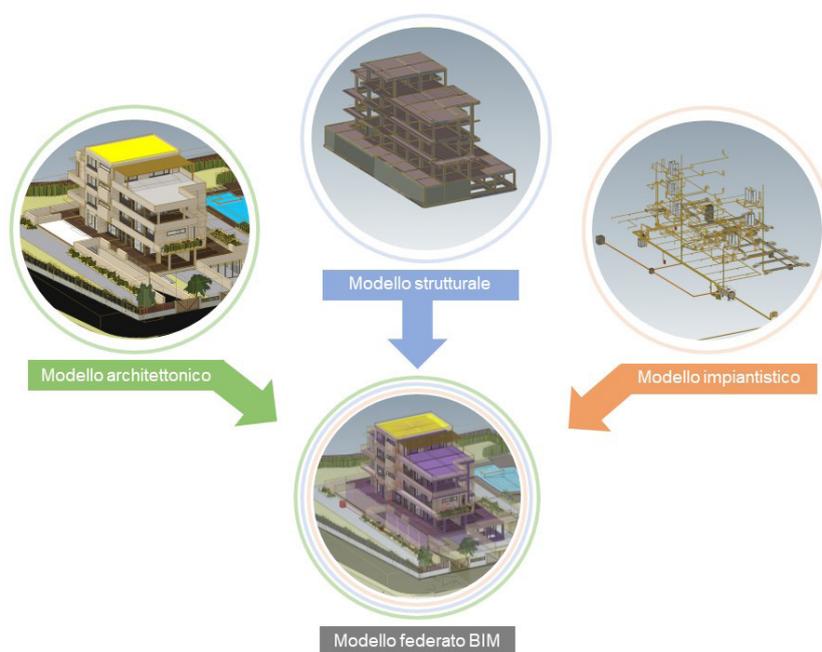
29) Funzione collaborate, Software Revit

All'interno del software Revit, tramite il pannello "Collaborate" è possibile impostare il modello di condivisione in rete locale o in cloud, a seconda dell'ambiente di lavoro in cui si sta lavorando. Effettuato questo primo passaggio, si procede con il salvataggio del modello come file centrale, su un'unità di rete condivisa accessibile a tutti i membri del team (nel caso di condivisione in rete locale) o in cloud (in questo caso sarà necessaria l'installazione di Revit Server su ogni computer). Successivamente, possono essere creati quanti più file locali si desiderano, a seconda degli utenti che dovranno interagire con il modello centrale ed eseguire, quando necessario, la sincronizzazione con quest'ultimo, in modo da salvare e pubblicare tutte le modifiche apportate, rendendole visibili agli altri utenti.

Inoltre, si possono creare e impostare i workset (sono delle raccolte di elementi del modello BIM), strumento indispensabile per lavorare in worksharing, poiché attraverso l'apertura e la chiusura selettiva di parti del progetto, ne ottimizzano il workflow, permettendo la modifica simultanea di intere sezioni e il controllo della visibilità globale dell'opera oggetto della modellazione.

La creazione dei workset e la suddivisione del modello può essere effettuata su base disciplinare (workset architettonico, strutturale, ecc.), tematica, o anche spaziale (un workset per edificio o per blocchi di piani ecc.), l'importante è comunque essere sempre chiari e precisi nella suddivisione in modo tale da poter assegnare correttamente i compiti nella progettazione.

Ogni workset è legato all'utente proprietario che lo ha realizzato, che assume la proprietà esclusiva di tutti gli oggetti in esso contenuti. Tutti gli utenti possono visualizzare i workset di proprietà di altri membri, ma possono modificarli solo previa richiesta al proprietario. Sarà facoltà di quest'ultimo concedere o meno la modifica degli elementi, per evitare l'insorgere di conflitti all'interno del progetto. La seconda procedura è quella relativa ai Link, la quale permette la suddivisione del progetto per discipline; all'interno del software Revit si trova lo strumento link revit che permette di collegare all'interno del file host (principale) altri file. Generalmente la base è il modello architettonico, al quale vengono collegati i modelli dei vari ambiti disciplinari (strutturale, meccanico, elettrico, antincendio, ecc.); tutti i modelli disciplinari collegati al modello architettonico costituiscono il modello federato.



30) Schema modello federato, fonte: <https://bim.acca.it>

Un tipico workflow viene effettuato con lo strumento Copia/Controllo, tra il modello architettonico e gli altri due modelli, e il controllo delle interferenze tra i modelli MEP e Strutturale. Lo strumento Copia/Controllo (Copy/Monitoring) permette di copiare e/o monitorare elementi tra i diversi modelli collegati, in modo da stabilirne una forte relazione all'occorrenza così da tracciarne i cambiamenti; per esempio, seguendo lo schema proposto il modello Strutturale e MEP copiano al loro interno i livelli e le griglie di riferimento che sono state definite nel modello Architettonico, agevolando il coordinamento tra discipline. Se avviene una modifica su degli elementi che sono copiati con il controllo attivato allora in automatico si riceve una notifica degli avvenuti cambiamenti tramite le verifiche di coordinamento, che permette di accettare, rifiutare e commentare i cambiamenti.



31) Collaborazione multidisciplinare, fonte: <https://buildingincloud.net>

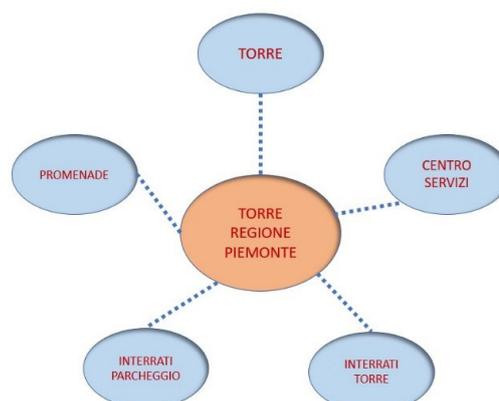
Per l'elaborato di tesi ho utilizzato la procedura dei Link del software Revit perché non sussisteva più la necessità di dover lavorare con i Workset (come nel tirocinio), il quale per sua natura richiedeva un collegamento quotidiano per sincronizzare il mio file locale col file centrale ubicato nel server del dipartimento del Politecnico. Questa procedura non permette una sincronizzazione dei dati in real time e di conseguenza il suo aggiornamento come invece avviene con la procedura Worksharing; inoltre, con i modelli collegati, se devo eseguire delle modifiche al mio modello disciplinare devo staccare il modello dal file host architettonico e successivamente ricaricarlo per vedere l'aggiornamento del modello.

La procedura dei Link è utilizzata nella fase di coordinamento, relativo alle attività di Model Checking che esporrò più avanti.

### 3.3 Organizzazione del modello informativo

Il seguente elaborato di tesi segue il percorso da me iniziato durante la fase di tirocinio e fa riferimento alle linee guida costituite dal "Drawing to the Future"; questo step è fondamentale per un approccio metodologico e per la creazione del modello informativo in quanto strutturano e regolano il lavoro del team di progetto, in una commessa BIM.

Il modello informativo segue una struttura gerarchica secondo la logica del modello aggregato; è stato suddiviso spazialmente in cinque parti come da figura. Ogni parte poi è stata suddivisa in sette discipline.



32) Suddivisione per parti, fonte: Linee Guida

Le linee guida sono strutturate secondo quattro capitoli:

- 1. Premessa
- 2. Normativa di riferimento
- 3. Sezione tecnica
- 4. Sezione gestionale

I primi due capitoli contengono: un breve glossario e le normative di riferimento (la UNI 11337, la UNI 8290, l'UK BIM Protocol [19] e lo standard Master format) [20]. La sezione tecnica tratta dell'infrastruttura hardware dei computer preposti alla creazione e gestione delle informazioni contenute nel modello digitale; viene indicata la documentazione as-built consegnata dal soggetto affidatario. La sezione gestionale è la più importante delle linee guida, in quanto specifica l'organizzazione del modello nella sua interezza. Essa, oltre che i BIM uses e l'organizzazione del modello informativo, definisce in modo specifico i seguenti punti:

- definizione del livello di sviluppo (LOD)
- software BIM authoring utilizzato
- denominazione dei file
- denominazione delle famiglie e dei tipi
- organizzazione dei parametri condivisi
- denominazione delle viste

#### Definizione del livello di sviluppo

Il livello di sviluppo LOD è specificato dalla norma 11337; quello atteso per la fase di gestione, sia previsto un LOD F. Secondo la UNI 11337/4 si definisce LOD F un "oggetto eseguito", ovvero un elemento modellato e verificato sul luogo le cui caratteristiche fanno riferimento al singolo sistema produttivo del prodotto, posato ed installato. Il raggiungimento di tale livello non è stato possibile a causa della mancanza dei dati specifici forniti dalla Regione; pertanto, è stato scelto il LOD C, il quale è definito dalla norma come oggetto definito, ovvero: "Elemento modellato con forma e dimensioni. Eventuali informazioni non geometriche sono aggiunte all'oggetto".

#### Software BIM Authoring utilizzato

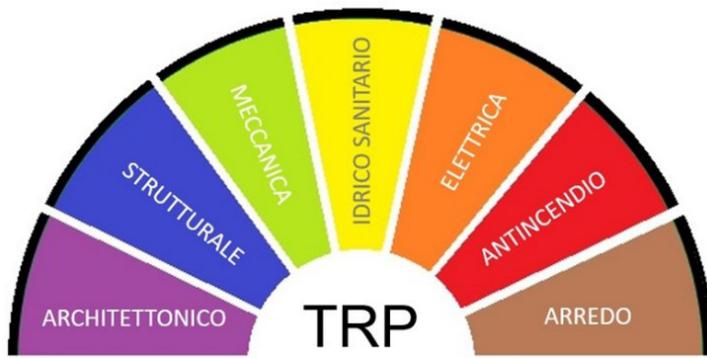
Il software di BIM authoring è Autodesk Revit versione 2019; questi è certificato da BuildingSmart.

#### Denominazione dei file

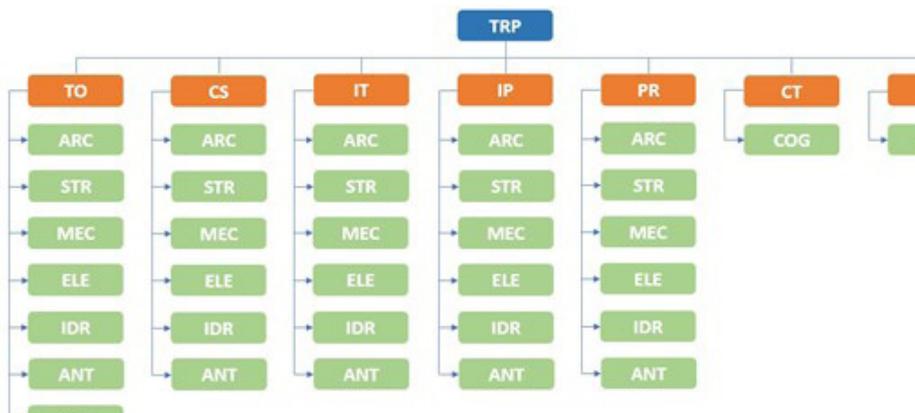
I file utilizzati nel progetto hanno una denominazione di tipo gerarchico. La descrizione dei codici presenti nella denominazione è riportata nella seguente tabella in figura qui sotto.

	Campo	Contenuto	Alternative	Codice
Livello 1	Progetto	3 lettere alfabetiche maiuscole	Torre Regione Piemonte	TRP
Livello 2	Edificio	2 lettere alfabetiche maiuscole	Torre	TO
			Centro Servizi	CS
			Interrati Torre	IT
			Interrati Parcheggio	IP
			Promenade	PR
			Coordinamento totale siti	CT
			Coordinamento multi-siti	CX
			Generico	GN
Livello 3	Disciplina	3 lettere alfabetiche maiuscole	Architettonico	ARC
			Strutturale	STR
			Meccanica	MEC
			Elettrica	ELE
			Idricosanitar	IDR
			Antincendio	ANT
			Arredo	ARD
			Coordinamento globale discipline	COG
			Coordinamento interdisciplinare	XXX
			Condiviso	CON
			Coordinamento disciplinare	COD
			Livello 4	Tipologia
Onnicomprensivo	ONN			
File cad	CAD			
Nuvola di punti	NDP			
File di testo	TXT			
Da -03 a 47	LXX			
Livello 5	Livello iniziale	3 lettere alfanumeriche	Da -03 a 47	LXX
Livello 6	Livello finale	3 lettere alfanumeriche	Da -03 a 47	LXX

33) Tabella nomenclatura dei file, fonte: Linee Guida



34) Suddivisione per discipline, fonte: Linee guida



35) Suddivisione dei file, fonte: Linee guida

Disciplina	Codice Disciplina	Progetto	Codice Progetto	Edificio	Codice Edificio	Tipologia di famiglia	Categoria	Codice categoria	Famiglia	Codice Famiglia	Nomenclatura Famiglia
Architettonico	ARC	Torre Regione Piemonte	TRP	Torre	TO	Caricabile	Muri	MU	Muro di base	-	Muro di base
		Torre Regione Piemonte	TRP	Centro Servizi	CS	Sistema	Pavimenti	PV	Pavimento	-	Pavimento
Strutturale	STR	Torre Regione Piemonte	TRP	Torre	TO	Sistema	Pilastr	PL	Pilastr in calcestruzzo - rettangolare	-	Pilastr in calcestruzzo - rettangolare
		Torre Regione Piemonte	TRP	Centro Servizi	TO	Sistema	Pilastr	PL	Pilastr in acciaio	PA	TRP_TO_STR_PA
Meccanica	MEC	Torre Regione Piemonte	TRP	Torre	TO	Caricabile	Accessori Per tubazioni	AT	Collettore pannelli radianti soffitto	CH	TRP_TO_MEC_CH
		Torre Regione Piemonte	TRP	Centro Servizi	IT	Sistema	Tubazione flessibile	TF	Tubazione flessibile circolare	-	Tubazione flessibile circolare
Idrico sanitario	IDR	Torre Regione Piemonte	TRP	Torre	TO	Caricabile	Raccordi tubazione	RT	Raccordo a T	RQ	TRP_TO_IDR_RQ
		Torre Regione Piemonte	TRP	Centro Servizi	TO	Sistema	Tubazione flessibile	TF	Tubazione flessibile circolare	-	Tubazione flessibile circolare
Elettrica	ELE	Torre Regione Piemonte	TRP	Torre	TO	Caricabile	Attrezzatur a elettrica	AF	Quadro di servizio	QS	TRP_TO_ELE_QS
		Torre Regione Piemonte	TRP	Centro Servizi	TO	Sistema	Dispositivi illuminazione	DI	M Interruttori e illuminazione	IN	TRP_TO_ELE_IN
Antincendio	ANT	Torre Regione Piemonte	TRP	Torre	TO	Caricabile	Attrezzatur a meccanica	AM	Naspo con manichetta a bobina	NP	TRP_TO_ANT_NP
		Torre Regione Piemonte	TRP	Centro Servizi	CS	Sistema	Tubazione	TF	Tubazione	-	Tubazione
Arredo	ARD	Torre Regione Piemonte	TRP	Torre	TO	Caricabile	Sedia	a	a	a	a

36) Codifica Famiglie, fonte: Linee guida

La nomenclatura delle famiglie e dei tipi presenti all'interno del modello meccanico rispetta una gerarchia, esattamente al pari dei file.

La denominazione della Famiglia è composta da quattro campi alfabetici maiuscoli, separati dal carattere “\_”, secondo la seguente codifica:

Campo 1: è il Codice Progetto, formato da 3 lettere;

Campo 2: è il Codice Edificio, formato da 2 lettere;

Campo 3: è il Codice Disciplina, formato da 3 lettere;

Campo 4: è il Codice Famiglia, formato da 2 lettere;

La denominazione del tipo è composta da due campi alfanumerici maiuscoli, separati dal carattere “\_”, secondo la seguente codifica:

Campo 1: è il Codice Funzione, formato da 2 lettere;

Campo 2: è il Codice Caratteristica: è un codice alfanumerico che rappresenta una caratteristica (parametro) di TIPO e non di ISTANZA dell'elemento;

Categoria	Codice categoria	Tipologia di famiglia	FAMIGLIA							TIPO							
			Progetto	Codice Progetto	Edificio	Codice Edificio	Disciplina	Codice Disciplina	Famiglia	Codice Famiglia	Nomenclatura Famiglia	Funzione	Codice Funzione	Caratteristica	Codice Caratteristica	Nomenclatura Tipo	
Accessori per tubazioni	AT	Cambiabile	Torre Pagine Piemonte	TRP	Torre	TO	Meccanica	MEC	Collettore pannelli radianti soffitto	CA	TRP_TO_MEC_CA	Accessorio	AC	Derivazioni mandata	3M	AC_3M	
									Collettore pannelli radianti soffitto	CF	TRP_TO_MEC_CF				4M	AC_4M	
									TRP_TO_MEC_X1	CM	TRP_TO_MEC_CM				6M	AC_6M	
									TRP_TO_MEC_X4	CO	TRP_TO_MEC_CO				5M	AC_5M	
									TRP_TO_MEC_X6	CQ	TRP_TO_MEC_CQ				3M	AC_3M	
									Collettore pannelli radianti soffitto	CG	TRP_TO_MEC_CG				3R	AC_3R	
									Collettore pannelli radianti soffitto	CH	TRP_TO_MEC_CH				4R	AC_4R	
									TRP_TO_MEC_X2	CN	TRP_TO_MEC_CN				6R	AC_6R	
									TRP_TO_MEC_X3	CP	TRP_TO_MEC_CP				5R	AC_5R	
									TRP_TO_MEC_X5	CR	TRP_TO_MEC_CR				3R	AC_3R	
									Valvola di intercettazione	VA	TRP_TO_MEC_VA				Diametro	20	AC_20
									Valvola di sfato	VB	TRP_TO_MEC_VB				Diametro	25	AC_25
															32	AC_32	
															40	AC_40	
									Valvola di taratura	VC	TRP_TO_MEC_VC				Diametro	15	AC_15
															20	AC_20	
															25	AC_25	
30	AC_30																
Valvola RW21312P	VD	TRP_TO_MEC_VD	Diametro	20	AC_20												

37) Nomenclatura per tipo, fonte: Linee guida

Altezzatura meccanica	AM	Cambiabile	Torre Pagine Piemonte	TRP	Torre	TO	Meccanica	MEC	Famiglia	Codice Famiglia	Nomenclatura Famiglia	Funzione	Codice Funzione	Caratteristica	Codice Caratteristica	Nomenclatura Tipo						
									Ventilatore elicocentrifugo	VE	TRP_TO_MEC_VE			Tipologia	F01	AC_F01						
															F02	AC_F02						
															F03	AC_F03						
															F04	AC_F04						
															S03	AC_S03						
															S05	AC_S05						
															Unità di ventilazione	UV	TRP_IT_MEC_UV	Terminale	TE	Uscite	U2	TE_U2
																				Uscite	U1	TE_U1
																				Uscite	U2	TE_U2
																				Uscite	U3	TE_U3
Uscite	U4	TE_U4																				
Uscite	U3	TE_U3																				
Uscite	U2	TE_U2																				
Uscite	U0	TE_U0																				
Q1700	TE_Q1700																					
Q1800	TE_Q1800																					
Q1950	TE_Q1950																					
Q2150	TE_Q2150																					
Q2400	TE_Q2400																					

38) Codifica attrezzatura meccanica - unità di ventilazione, fonte: Linee guida

Attrezzatura elettrica	AF	Caricabile	Torre Regione Piemonte	TRP	Interni	IT	Elettrica	ELE	Quadro di comando_Master 48 V	QC	TRP_IT_MEC_QC	Alimentazione	AL	Voltaggio	V48	AL_48V
------------------------	----	------------	------------------------	-----	---------	----	-----------	-----	-------------------------------	----	---------------	---------------	----	-----------	-----	--------

### 39) Attrezzatura elettrica - quadro comando fonte: Linee guida

Attrezzatura meccanica	AM	Caricabile	Torre Regione Piemonte	TRP	Torre	TO	Meccanica	MEC	Serranda tagliafuoco circolare mandata	SC	TRP_IT_MEC_SC	Accessorio	AC	Diametro	125	AC_125	
									Serranda tagliafuoco rettangolare mandata	SD	TRP_TO_MEC_SD			250	AC_250		
														300	AC_300		
									Serranda tagliafuoco rettangolare ritorno	SE	TRP_TO_MEC_SE			Larghezza x altezza	250x150	AC_250x150	
														400x300	AC_400x300		
									Serranda taratura ritorno	SF	TRP_TO_MEC_SF			Larghezza x altezza	200x200	AC_200x200	
200x250	AC_200x250																
Serranda ventilazione circolare mandata	SG	TRP_TO_MEC_SG	250x150	AC_250x150													
			400x300	AC_400x300													
Attrezzatura meccanica	AM	Caricabile	Torre Regione Piemonte	TRP	Torre	TO	Meccanica	MEC					Accessorio	AC	Larghezza x altezza	200x200	AC_200x200
															Diametro	150	AC_150
															125	AC_125	
															F01	AC_F01	

### 40) Attrezzatura meccanica - serranda tagliafuoco, fonte: Linee guida

Bocchettoni	BO	Caricabile	Torre Regione Piemonte	TRP	Torre	TO	Meccanica	MEC	Fentola destra A	FB	TRP_TO_MEC_FB	Accessorio	AC	Larghezza x altezza	200x2400	AC_200x2400
									Fentola sinistra B	FC	TRP_TO_MEC_FC				400x2400	AC_400x2400
														Fentola satellite A	FD	TRP_TO_MEC_FD
									400x2400	AC_400x2400						
									Fentola satellite B	FE	TRP_TO_MEC_FE			Larghezza x altezza	400x1200	AC_400x1200
														400x1200	AC_400x1200	
									Fentola diametro 150mm	FF	TRP_TO_MEC_FF			Flusso d'aria (m³/h)	0	AC_0
390	AC_390															
Griglia di ventilazione	GV	TRP_TO_MEC_GV	Flusso d'aria (m³/h)	40	AC_40											
			30	AC_30												

### 41) Bocchettoni - griglia di ventilazione, fonte: Linee guida

Condotta	CN	Sistema	Torre Regione Piemonte	TRP	Torre	TO	Meccanica	MEC	Condotta circolare	CC	Condotta circolare	Rete	RE	Variable	VAR	RE_VAR
									Condotta rettangolare	CR	Condotta rettangolare	Rete	RE	Variable	VAR	RE_VAR

### 42) Condotti - circolari e rettangolari, fonte: Linee guida

## Organizzazione dei parametri condivisi

Le linee guida della Torre Regione Piemonte contengono 14 parametri condivisi (di cui 7 di Tipo e 5 di Istanza), che sono di tipo o di istanza; sono scritti in un file di testo indipendente e possono essere utilizzati in diversi progetti e famiglie. La loro funzione va ad implementare le proprietà delle famiglie modellate e ad organizzare la loro struttura gerarchica nel caso più famiglie siano connesse tra loro (es: famiglie degli schemi impiantistici). La possibilità di risalire ad una gerarchia delle famiglie facilita le operazioni di analisi, in fase di gestione e manutenzione delle parti del progetto.

Parametro	Tipo di parametro	Tipo/Istanza	Gruppo	Applicato a	Descrizione parametro	Esempio
<b>Progetto</b>	Testo	Istanza	Generale	Tutte le categorie di modello	Codice di 3 lettere (A-Z) rappresentativo del progetto in oggetto	TRP
<b>Edificio</b>	Testo	Istanza			Codice di 2 lettere (A-Z) rappresentativo della porzione di progetto in oggetto	TO
<b>Classi di Unità Tecnologiche</b>	Testo	Tipo			Classe di elementi funzionali omogenei, raggruppati per funzione prevalente, per continuità fisica e funzionale (UNI 8290)	5
<b>Unità Tecnologiche</b>	Testo	Tipo		Insieme di elementi tecnici che rappresentano funzioni finalizzate al soddisfacimento di esigenze dell'utenza (UNI 8290)	5.1	
Classi di Elementi Tecnici	Testo	Tipo		Classe di prodotti che assolvono a funzioni proprie di una o più classi tecnologiche (UNI 8290)	5.1.3	
<b>Codice MasterFormat</b>	Testo	Tipo		Codifica numerica per elementi funzionali definita da CSI CODE	23 82 19	
<b>Titolo MasterFormat</b>	Testo	Tipo		Codifica testuale associata a codice MasterFormat per elementi funzionali definita da CSI CODE	Fan coil units	
<b>Codice Categoria</b>	Testo	Tipo		Codice di 2 lettere maiuscole utilizzato per identificare la Categoria di un'istanza	AM	
<b>Identificativo</b>	Testo	Istanza		Tutte le categorie di modello, viste escluse	Caratterizzazione univoca di ogni singola istanza presente all'interno del modello in oggetto. Criterio compilativo: CodiceFamiglia_CodiceTipo_Livello_Numero progressivo	TRP_TO_MEC_VN_TE_U0_L42_00003
<b>Codice Padre</b>	Testo	Istanza		Caratterizzazione dell'istanza sorgente di riferimento, nella struttura gerarchica di una Disciplina ***	TRP_TO_MEC_VN_TE_U0_L42_00003	
<b>Codice esistente</b>	Testo	Istanza		Codice rilevato da documentazione esistente per mantenimento informazioni nel passaggio CAD/BIM*	VC2-01 LT	
<b>Affidabilità</b>	Testo	Istanza		Classe di affidabilità di un'istanza modellata: 1: misure in sito 2: misure da DWG 3: ipotizzato	2	
<b>Codice Famiglia</b>	Testo	Istanza		Codice di 2 lettere (A-Z) usato nella compilazione dell'Identificativo **	NA	
<b>Sottodisciplina</b>	Testo	Istanza		Viste	Codice di 3 lettere (A-Z) rappresentativo delle discipline trattate nelle viste (ARI componenti aeraulici)	ARI

43) Tabella parametri condivisi, fonte: Linee guida

## Denominazione delle viste

La nomenclatura delle viste è un passaggio fondamentale; in un processo BIM è nella fase di preparazione della documentazione, antecedente alla modellazione e la sua impostazione è gestita dal browser di progetto. Viene definita una nomenclatura specifica per ognuno dei cinque gruppi di viste proposte da Revit.

Le viste appartenenti ai gruppi sono nominate secondo campi separati dal carattere “\_” come elencato di seguito:

### 1) Piante dei pavimenti:

- campo 1: codice sotto disciplina, formato da 3 lettere corrispondenti al parametro condiviso.
- campo 2: codice livello, formato da 4 caratteri, di cui i primi 2 sono lettere maiuscole che indicano se il piano è fuori terra (LF) o interrato (IT) e le ultime 2 il livello del piano.
- campo 3: codice quota altimetrica, composto da 5 numeri, di cui 2 decimali, indica la quota altimetrica in metri del livello del piano

esempio: ARI\_LI02\_008.54

### 2) Piante dei controsoffitti: idem piante dei pavimenti.

### 3) Viste 3D:

- campo 1: codice sotto disciplina
- campo 2: codice costante, uguale ai caratteri “3D”

esempio: ARI\_3D

### 4) Prospetti:

- campo 1: codice sotto disciplina
- campo 2: codice orientamento, composto da uno dei 4 punti cardinali

esempio: ARI\_Est

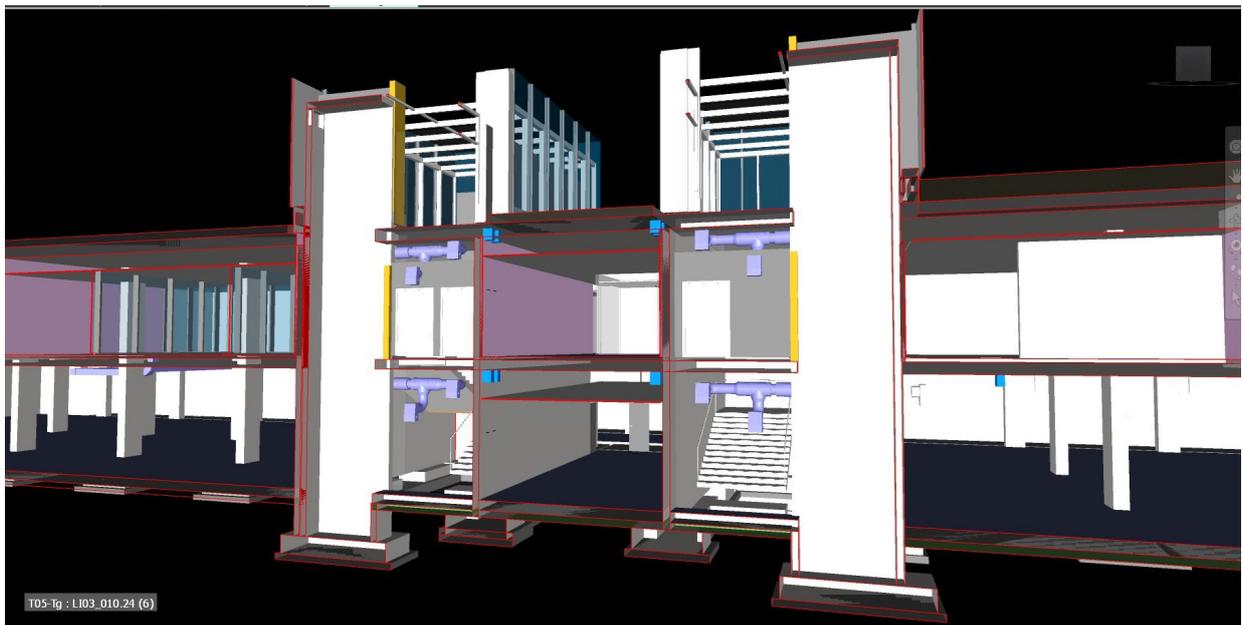
### 5) Sezioni:

- campo 1: codice costante, uguale alla parola “Section”
- campo 2: codice progressivo, composto dal numero progressivo di sezioni create. Esempio:

Section\_1.

# PARTE IV

## SVILUPPO DEL MODELLO INFORMATIVO



## IV. SVILUPPO DEL MODELLO INFORMATIVO

### 4.1 Dati di input per il modello digitale

La Regione Piemonte ha fornito i dati al “Laboratorio Drawing to the Future”; le piante e gli schemi sono stati consegnati in formato dwg di Autocad, le relazioni tecniche ed i layout di stampa delle tavole in PDF. I file dell’elenco elaborati IT (interrati torre) sono aggiornati al 2015. La documentazione “As Built” in formato digitale, fornita dalla Regione Piemonte viene utilizzata come base dati per la gestione del progetto, è contenuta in una cartella e presente nel server del Laboratorio “Drawing To The Future” del Politecnico di Torino.

Dato	Formato dato
Elaborati 2D	.dwg
Relazioni tecniche	.pdf
Documentazione	.docx

44) Documenti consegnati, fonte: Linee guida

### 4.2 Impostazione file template

La prima operazione riguarda la scelta del file modello relativo all’attività di modellazione specifica (architettonico, strutturale, meccanico). I file modello hanno un’estensione .rte, contengono dei preset specifici per le discipline e per i bim uses. Per l’Italia il file template è contenuto nella cartella: C:\ProgramData\Autodesk\RVT2019\Templates\Italy\Mechanical-Default\TAITA.rte

Per la modellazione del sistema aeraulico è stato utilizzato il template

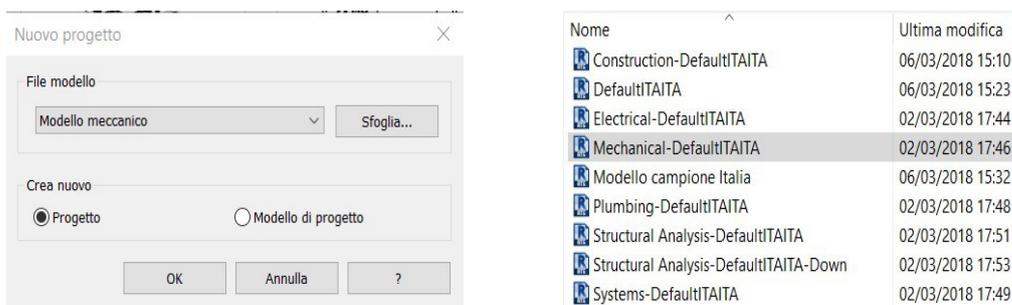
Mechanical-Default\TAITA.rte. Il file presenta una configurazione ottimale per la modellazione di impianti meccanici, in particolare:

l’organizzazione della sotto disciplina meccanica nel browser di progetto

La presenza di famiglie meccaniche di default nelle categorie: condotti, raccordi condotti, accessori per condotti, condotti flessibili, bocchettoni, attrezzatura meccanica.

la definizione corretta delle unità di misura

la pre-impostazione di impostazioni meccaniche e preferenze di instradamento.

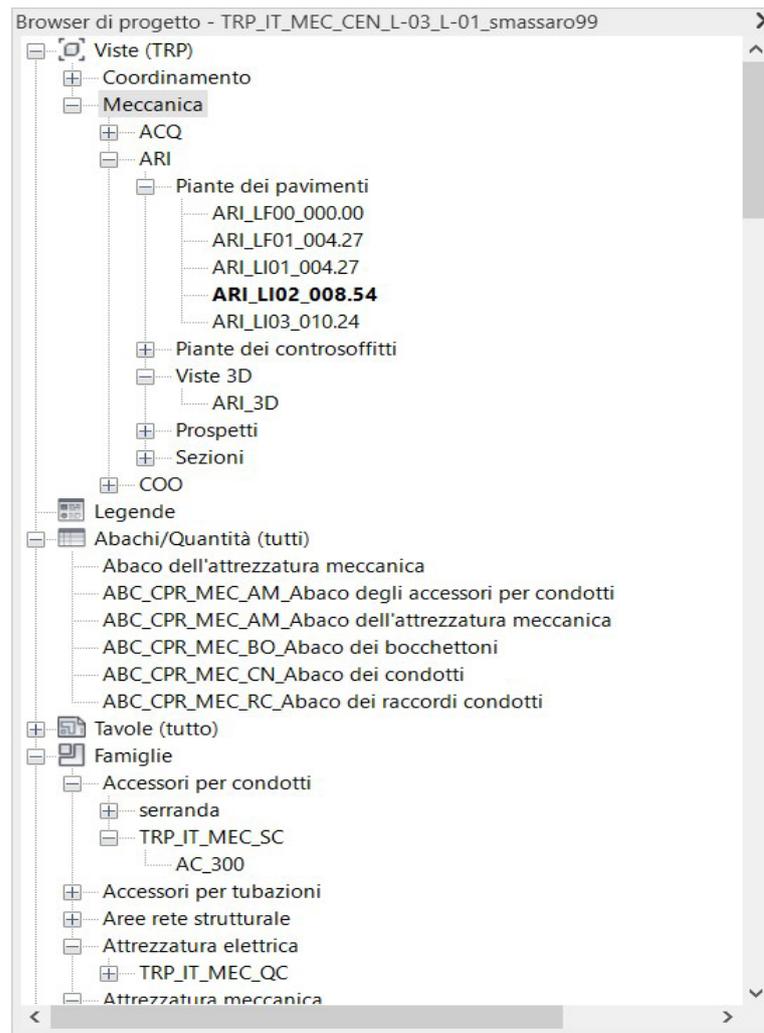


45) Impostazioni del file modello meccanico

### 4.3 Impostazioni delle viste di progetto

La categoria di viste e la sua nomenclatura è stata illustrata nelle sezioni precedenti. Sono state create viste specifiche per ogni livello e delle viste modello appartenenti a tre sotto discipline: Acqua, Aria, Coordinamento; la modellazione del sistema aeraulico appartiene al modello di vista della sotto disciplina Aria.

I modelli di vista Aria, indipendentemente dal livello contengono solo le canalizzazioni ad aria e i terminali di questa categoria (bocchettoni).



46) Viste assegnate alla disciplina meccanica

#### 4.4 Gestione dei collegamenti

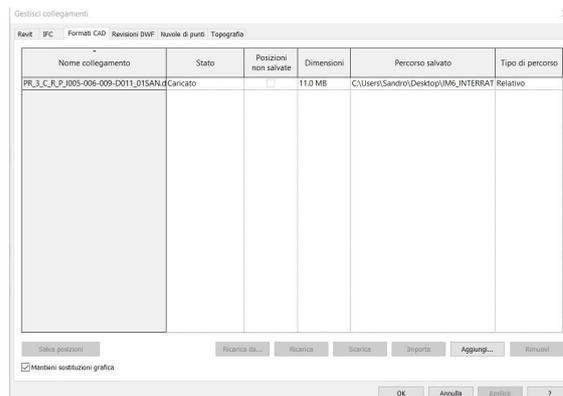
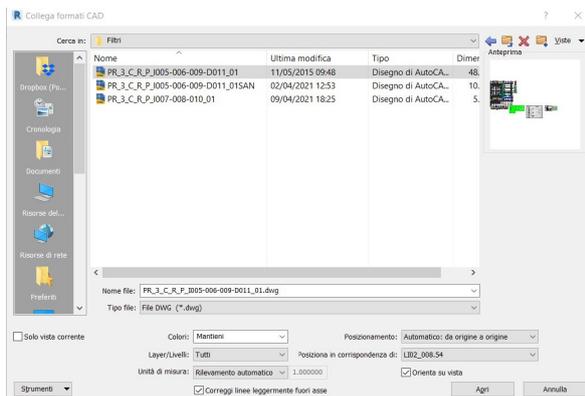
Prima di esporre la creazione del modello aeraulico è bene fare delle premesse per comprendere il buon andamento di un processo BIM in relazione al processo edilizio: in un processo gestito con questa metodologia, la fase di progetto porta alla creazione di un modello BIM che contiene, in modo integrato, tutti gli oggetti e componenti architettonici, strutturali e impiantistici, ciascuno con le proprie informazioni (geometriche, tecniche, funzionali, economiche, ecc.). Gli oggetti del modello BIM sono facilmente collegabili agli elenchi prezzi e a un cronoprogramma di massima, predisposto in genere per la definizione dei piani di sicurezza.

Sono questi, con i capitolati generale e speciale, i documenti alla base di un appalto. A questi, la Stazione Appaltante [21] aggiunge un Capitolato Informativo che rappresenta la garanzia di una corretta gestione in BIM di tutto il processo edilizio fino alla consegna finale dell'opera. Questi documenti diventano i riferimenti contrattuali e come tali vanno rispettati.

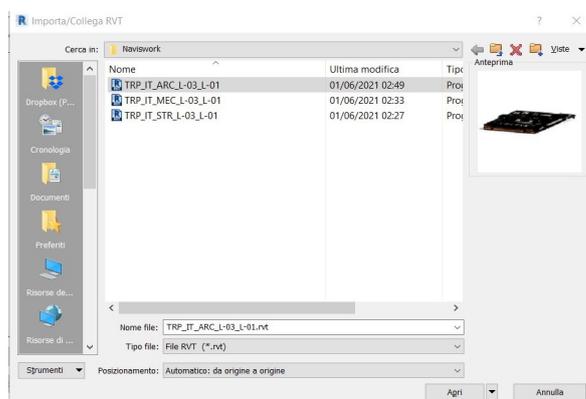
In questa fase il modello BIM posto a base di gara può subire delle modifiche; l'impresa modificherà il modello contrattuale (esecutivo); è importante che l'impresa completi e aggiorni il modello BIM contrattuale nella fase di costruzione predisponendo un cronoprogramma delle operazioni, e se non modifica i tempi contrattuali può anche non richiedere la modifica del cronoprogramma di massima; allo stesso modo per le soluzioni tecniche se rispondono alle specifiche di contratto, non comportano obbligatoriamente modifiche al modello a base di appalto. È buona norma che l'As built nasca un po' alla volta e non alla fine dell'opera, quando molte cose non possono più, per la successione delle varie lavorazioni, essere correttamente verificate dalla Direzione Lavori.

Da questa premessa scaturiscono delle criticità; la modellazione effettuata si è avvalsa della documentazione "as built" (soggetto affidatario), con supporto di elaborati grafici bidimensionali "dwg"; non sappiamo se e quanto questa documentazione sia effettivamente fedele alla realtà. Si sono riscontrate incongruenze progettuali in termini di mancata corrispondenza tra piante e sezioni; questo è dovuto al fatto che gli elaborati rappresentano il progetto in tempi diversi per via delle successive revisioni e soprattutto per la frammentazione, e mancanza di interoperabilità disciplinare di risorse umane e di software, del processo progettuale gestito con il metodo tradizionale. Queste considerazioni ci tengo a precisare, non vogliono sminuire il lavoro svolto da altri professionisti, quanto piuttosto fanno emergere le difficoltà nel settore edilizio e dei grandi progetti senza un cambio di paradigma verso la metodologia BIM.

Sono stati collegati al file modello meccanico (aeraulico), i file delle discipline architettonico, strutturale e il file dwg (Cad) dell'impianto meccanico; questo permette di realizzare una corretta modellazione per produrre elaborati quali piante, prospetti e sezioni. Uno dei vantaggi di questa procedura è quello di non far gravare il peso sull'intero modello, in quanto i files collegati non incidono in termini di peso sul file host del modello meccanico.



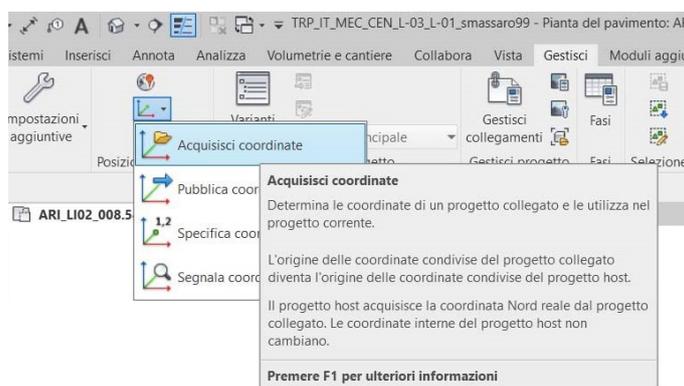
47) Collegamento file dwg dell'impianto meccanico



48) Collegamento dei modello architettonico e strutturale

Ultimate le operazioni di collegamento dei file delle varie discipline si è proceduto ad acquisire il sistema di coordinate da tali file; si è scelto di acquisire le coordinate del modello architettonico centrale, tramite lo strumento presente in Revit 2019 “acquisisci coordinate” che permette di acquisire, ma anche di pubblicare le coordinate ad altri modelli.

Questa procedura è di fondamentale importanza prima della modellazione degli elementi, perché definisce il sistema di coordinate globali di riferimento per tutte le istanze; inoltre permette di avere perfetta corrispondenza spaziale tra i file collegati.



49) Acquisizione coordinate

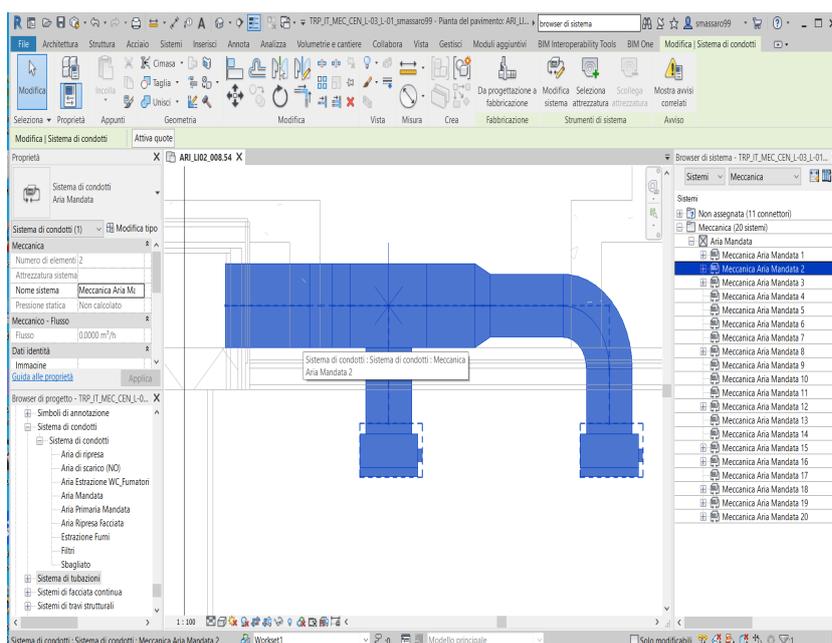
## 4.5 Gestione del Browser di sistema

Il browser di sistema è un potente strumento all'interno del software Revit 2019; consente di verificare se i componenti sono assegnati al sistema (aria di mandata), ma verifica anche se una rete di condotti è assegnata al sistema.

Questa organizzazione e gerarchizzazione dei componenti la si può vedere nel browser di sistema; quando una rete di condotti è assegnata al sistema, il software la rileva evidenziandola con una linea azzurra tratteggiata, se una unità o componente non fosse connesso alla rete di condotti non verrebbe evidenziato. Questi sistemi sono anche accessibili dal browser di progetto, sono stati concepiti per le discipline meccanica (sistemi di condotti), e idraulica (sistemi di tubazioni).

Sistemi	Flusso	Dimensione
Non assegnata (11 connetton)		
Meccanica (21 sistemi)		
Aria Mandata		
Meccanica Aria Mandata 1	0 m³/h	
TRP_IT_MEC_UV: TE_Q1800	0 m³/h	300 mm
TRP_IT_MEC_UV: TE_Q1800	0 m³/h	300 mm
Meccanica Aria Mandata 2	0 m³/h	
Meccanica Aria Mandata 3	0 m³/h	
Meccanica Aria Mandata 4	0 m³/h	
Meccanica Aria Mandata 5	0 m³/h	
Meccanica Aria Mandata 6	0 m³/h	
Meccanica Aria Mandata 7	0 m³/h	
Meccanica Aria Mandata 8	0 m³/h	
TRP_IT_MEC_UV: TE_Q1800	0 m³/h	300 mm
TRP_IT_MEC_UV: TE_Q1800	0 m³/h	300 mm
Meccanica Aria Mandata 9	0 m³/h	
Meccanica Aria Mandata 10	0 m³/h	
Meccanica Aria Mandata 11	0 m³/h	
Meccanica Aria Mandata 12	0 m³/h	
Meccanica Aria Mandata 13	0 m³/h	
Meccanica Aria Mandata 14	0 m³/h	
Meccanica Aria Mandata 15	0 m³/h	
TRP_IT_MEC_UV: TE_Q1800	0 m³/h	300 mm
TRP_IT_MEC_UV: TE_Q1800	0 m³/h	300 mm
Meccanica Aria Mandata 16	0 m³/h	
Meccanica Aria Mandata 17	0 m³/h	
Meccanica Aria Mandata 18	0 m³/h	
Meccanica Aria Mandata 19	0 m³/h	
Meccanica Aria Mandata 20	0 m³/h	
Meccanica Aria Mandata 21	0 m³/h	

50) Browser di sistema



51) Rete di condotti assegnata al sistema

## 4.6 Modellazione del sistema aeraulico (famiglie parametriche)

### Mep BIM

La modellazione impiantistica in ambiente BIM viene definita dall'acronimo MEP che stà ad indicare Mechanical Electrics Plumbing e racchiude al suo interno tutti i componenti impiantistici delle suddette discipline di competenza. Il software BIM authoring utilizzato è Autodesk Revit 2019; il software viene definito "one box" perché al suo interno dispone di strumenti specifici per le tre discipline (architettónica, strutturale, impiantistica), fattore non trascurabile per l'interoperabilità tra professionisti.

### Le Famiglie di Revit

Innanzitutto, bisogna definire il concetto di Famiglie Revit, le quali sono la definizione e la raccolta di tutti gli elementi che possiamo inserire in un progetto, sia in 2D che in 3D.

Gli elementi principali contenuti in Autodesk Revit sono riconducibili a due tipologie di famiglie:

**Famiglie di sistema:** contengono tipi di famiglie utilizzati per creare elementi di base degli edifici, quali muri, pavimenti, controsoffitti e scale. Altre famiglie di questa tipologia comprendono inoltre impostazioni di sistema e di progetto che influiscono sull'ambiente di progetto e includono tipi per elementi come livelli, griglie e tavole. Questa tipologia di famiglia è predefinita nel software, vengono salvate nei modelli e non possono essere caricate nei modelli da file esterni ma solo trasferite tra essi. Non è possibile creare, copiare ed eliminare le famiglie di sistema ma è invece possibile duplicare i tipi personalizzandoli. Le famiglie di sistema inoltre fungono da host per altri tipi di famiglie, ad esempio una famiglia muri può ospitare una famiglia finestre;

**Famiglie caricabili:** contengono componenti e simboli di dimensioni e configurazioni standard utilizzati nel progetto di un edificio. Per creare una famiglia caricabile occorre definirne la geometria e le dimensioni utilizzando un modello base di famiglia predefinito. È possibile salvare la famiglia come un file esterno distinto e caricarla nei progetti desiderati. Queste tipologie di famiglia riguardano sia oggetti 3D, che oggetti 2D.

Gli oggetti BIM, chiamati 'famiglie' nel lessico di Revit, sono elementi fondamentali di un progetto BIM in quanto costituiscono il modello stesso e ne determinano la qualità.

A servizio dei filtri antincendio ai piani interrati dei depositi, per i quali non è prevista la ventilazione naturale, è stato previsto un impianto di sovrappressione mediante canali in calcio silicato e ventilatori che entreranno in funzione in caso di segnalazione di allarme e saranno in grado di mantenere una pressione differenziale di 50Pa come previsto per la classe C della norma UNI12101-6. Sono stati modellati i seguenti componenti:

- Unità di ventilazione
- Unità di controllo e comando
- Griglie di ventilazione
- Serrande tagliafuoco

A ognuna di queste famiglie (componenti), sono stati assegnati 7 Parametri di Tipo e 5 di Istanza; questi fanno parte dell'elenco di Parametri Condivisi esposti nei capitoli precedenti.

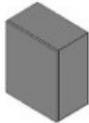
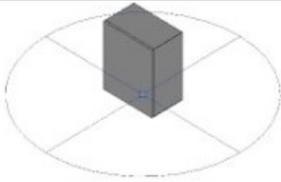
## I parametri di Tipo e di Istanza

Quando si crea un elemento in un progetto con una famiglia e un Tipo di famiglia specifici, si crea un Istanza dell'elemento. Ogni istanza include un insieme di proprietà in cui è possibile modificare alcuni parametri di elemento indipendenti dai parametri del tipo di famiglia. Queste modifiche si applicano solo all'istanza dell'elemento, l'elemento singolo nel progetto. Se si modificano i parametri del tipo di famiglia, le modifiche vengono applicate a tutte le istanze dell'elemento create con quel tipo. Le famiglie modellate in Revit contengono nelle loro proprietà una serie di parametri, definiti per arricchire di informazioni le stesse e per poter organizzare la loro struttura gerarchica, qualora più famiglie siano connesse tra loro (es: famiglie degli schemi impiantistici). La possibilità di risalire ad una gerarchia delle famiglie facilita le operazioni di analisi, in fase di gestione e manutenzione delle parti del progetto.

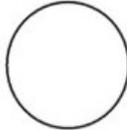
Sono scritti all'interno del file .txt denominato "TRP\_GN\_CON\_TXT\_L-03\_L47". Per poter utilizzare questi Parametri condivisi in un progetto Revit occorre creare Parametri Progetto (ossia i parametri utilizzabili ed applicabili a viste e/o oggetti). Inserendo tale file .txt nel file .rvt è possibile aggiungere i Parametri condivisi nell'elenco dei Parametri progetto, associandoli ad un gruppo di parametri (la piattaforma Revit propone ad esempio i gruppi Grafica, Dati identità, Generale).

<b>Disciplina</b>		<b>Nome oggetto</b>	TRP_IT_MEC_UV
		<b>Tipologia di famiglia</b>	Caricabile
<b>Meccanica</b>		<b>Livello di sviluppo Raggiunto</b>	C+
<b>LOG</b>	<b>Livello di visualizzazione</b>	<b>Descrizione visualizzazione</b>	Rappresentazione grafica
	<b>Basso</b>	Elemento 2D	
	<b>Medio</b>	Elemento 3D approssimato	
	<b>Alto</b>	Elemento 3D definito	
<b>LOI</b>	<b>Parametro</b>		<b>Codice parametro</b>
	Progetto		TRP
	Edificio		IT
	Classi di unità tecnologiche		5
	Unità tecnologiche		5.4
	Classi di elementi tecnici		5.4.1
	Codice MasterFormat		23 37 23
	Titolo MasterFormat		HVAC Gravity Ventilators
	Codice Categoria		AM
	Identificativo		TRP_IT_MEC_UV_TE_Q1800_LI02_00001
	Codice Padre		TRP_IT_MEC_UV_LI01_00001
	Codice esistente		2PB2089
	Affidabilità		2
Codice Famiglia		UV	

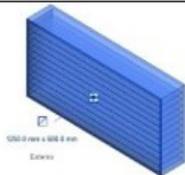
52) Scheda famiglia unità di ventilazione

<b>Disciplina</b>		<b>Nome oggetto</b>	TRP_IT_MEC_QC
		<b>Tipologia di famiglia</b>	Caricabile
<b>Meccanica</b>		<b>Livello di sviluppo Raggiunto</b>	C+
<b>LOG</b>	<b>Livello di visualizzazione</b>	<b>Descrizione visualizzazione</b>	Rappresentazione grafica
	<b>Basso</b>	Elemento 2D	
	<b>Medio</b>	Elemento 3D approssimato	
	<b>Alto</b>	Elemento 3D definito	
<b>LOI</b>	<b>Parametro</b>		<b>Codice parametro</b>
	Progetto		TRP
	Edificio		IT
	Classi di unità tecnologiche		5
	Unità tecnologiche		5.7
	Classi di elementi tecnici		5.7.1
	Codice MasterFormat		26 06 20
	Titolo MasterFormat		Electrical Panelboard Schedule
	Codice Categoria		AF
	Identificativo		NA
	Codice Padre		NA
	Codice esistente		ND
	Affidabilità		3
Codice Famiglia		QC	

53) Scheda famiglia Quadro comando

<b>Disciplina</b>		<b>Nome oggetto</b>	TRP_IT_MEC_SC
		<b>Tipologia di famiglia</b>	Caricabile
<b>Meccanica</b>		<b>Livello di sviluppo Raggiunto</b>	C+
<b>LOG</b>	<b>Livello di visualizzazione</b>	<b>Descrizione visualizzazione</b>	Rappresentazione grafica
	<b>Basso</b>	Elemento 2D	
	<b>Medio</b>	Elemento 3D approssimato	
	<b>Alto</b>	Elemento 3D definito	
<b>LOI</b>	<b>Parametro</b>		<b>Codice parametro</b>
	Progetto		TRP
	Edificio		IT
	Classi di unità tecnologiche		5
	Unità tecnologiche		5.1
	Classi di elementi tecnici		5.1.4
	Codice MasterFormat		23 36 00
	Titolo MasterFormat		Air Terminal Units
	Codice Categoria		AM
	Identificativo		TRP_IT_MEC_BR_AC_90_LI02_00001
	Codice Padre		TRP_IT_MEC_BR_LI01_00001
	Codice esistente		ND
	Affidabilità		2
Codice Famiglia		SC	

54) Scheda famiglia Serranda tagliafuoco circolare

<b>Disciplina</b>		<b>Nome oggetto</b>	TRP_IT_MEC_GV
		<b>Tipologia di famiglia</b>	Caricabile
<b>Meccanica</b>		<b>Livello di sviluppo Raggiunto</b>	C+
<b>LOG</b>	<b>Livello di visualizzazione</b>	<b>Descrizione visualizzazione</b>	Rappresentazione grafica
	<b>Basso</b>	Elemento 2D	
	<b>Medio</b>	Elemento 3D approssimato	
	<b>Alto</b>	Elemento 3D definito	
<b>LOI</b>	<b>Parametro</b>		<b>Codice parametro</b>
	Progetto		TRP
	Edificio		IT
	Classi di unità tecnologiche		5
	Unità tecnologiche		5.1
	Classi di elementi tecnici		5.1.4
	Codice MasterFormat		23 37 00
	Titolo MasterFormat		Air Outlets and Inlets
	Codice Categoria		AM
	Identificativo		TRP_IT_MEC_BR_AC_90_LI02_00001
	Codice Padre		TRP_IT_MEC_BR_LI01_00001
	Codice esistente		ND
	Affidabilità		2
Codice Famiglia		SC	

55) Scheda famiglia Griglia di ventilazione

## Condotti

Prima di realizzare la modellazione è stata analizzata con attenzione l'intera documentazione fornita. Le informazioni sorgenti relative agli impianti, ovvero la base più importante, sono le tavole CAD dove gli impianti vengono tracciati con simboli e notazioni nelle piante dei due piani interrati torre (-1 a quota -4,27, -2 a quota -8,54).

Le impostazioni meccaniche precedono la modellazione; terminata la fase di preparazione del modello meccanico, sarà possibile andare a modificare le preferenze che influenzeranno la modellazione del nostro impianto, sia a livello grafico, sia a livello pratico.

Da qui possiamo impostare:

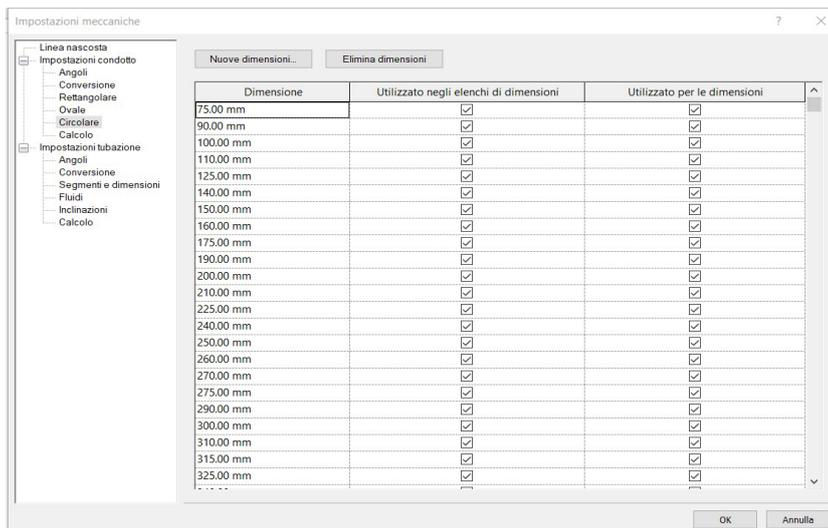
Angoli di raccordo dei condotti (curva/gomito)

Soluzioni di modellazione suggerite dal software (se attivata la funzione Soluzioni di instradamento)

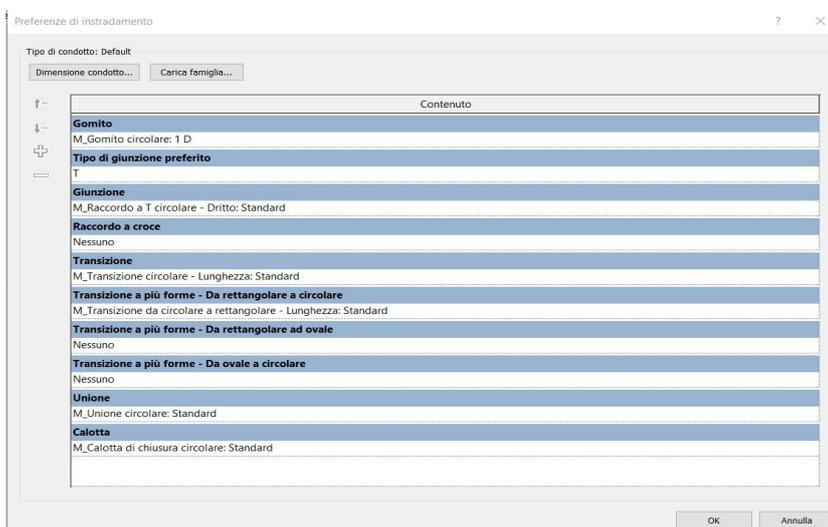
Scelta dimensioni per i condotti di forma (rettangolare, ovale, circolare)

Calcolo del valore di caduta di pressione

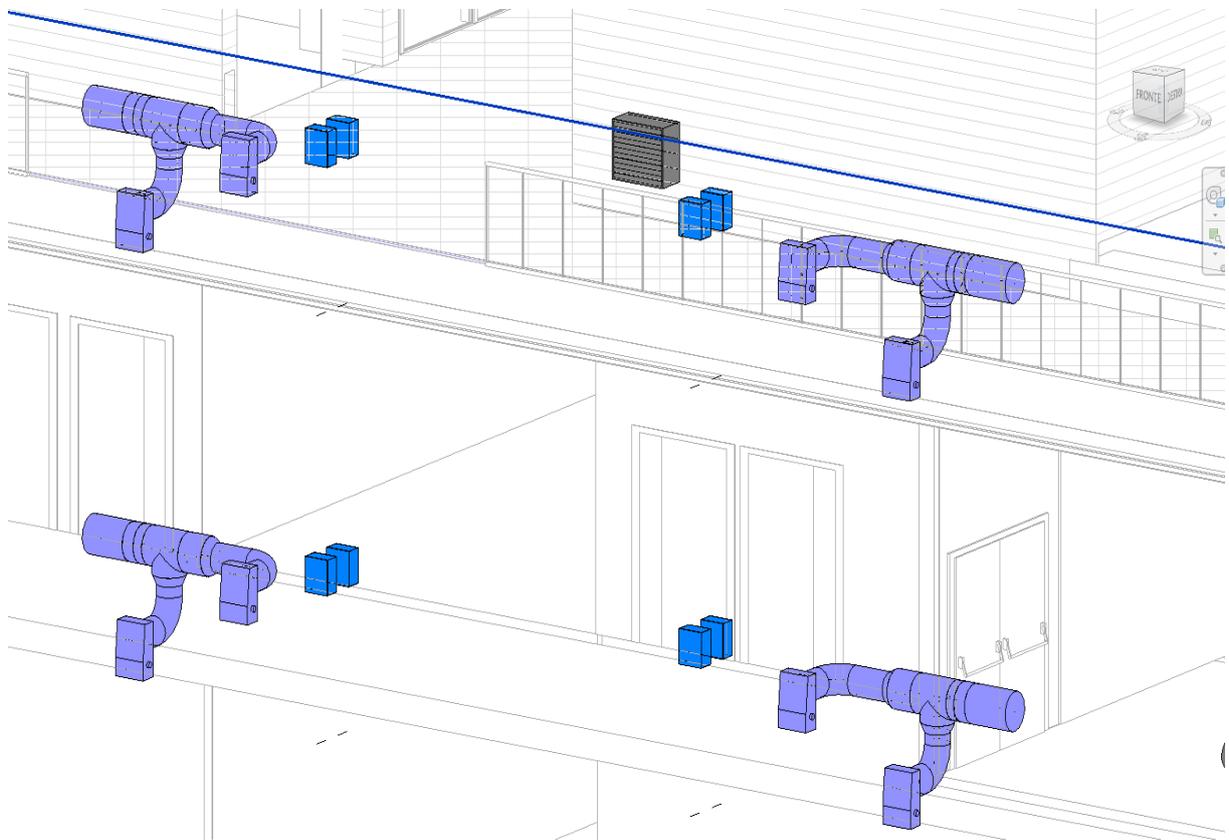
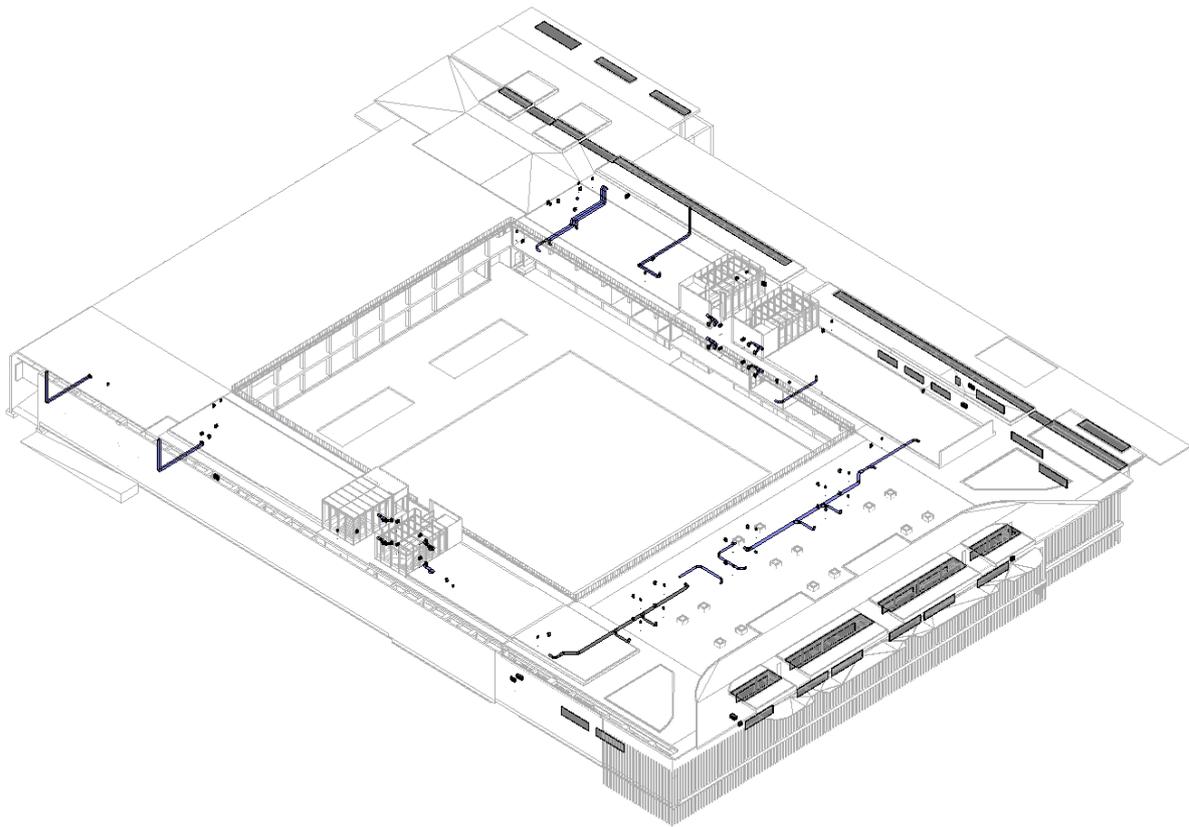
Nelle Preferenze di instradamento invece identifichiamo quali sono le famiglie di Raccordi condotto che Revit deve inserire tra un condotto e l'altro per consentire la completa modellazione di una rete aerea.



56) Impostazioni meccaniche



57) Preferenze di instradamento



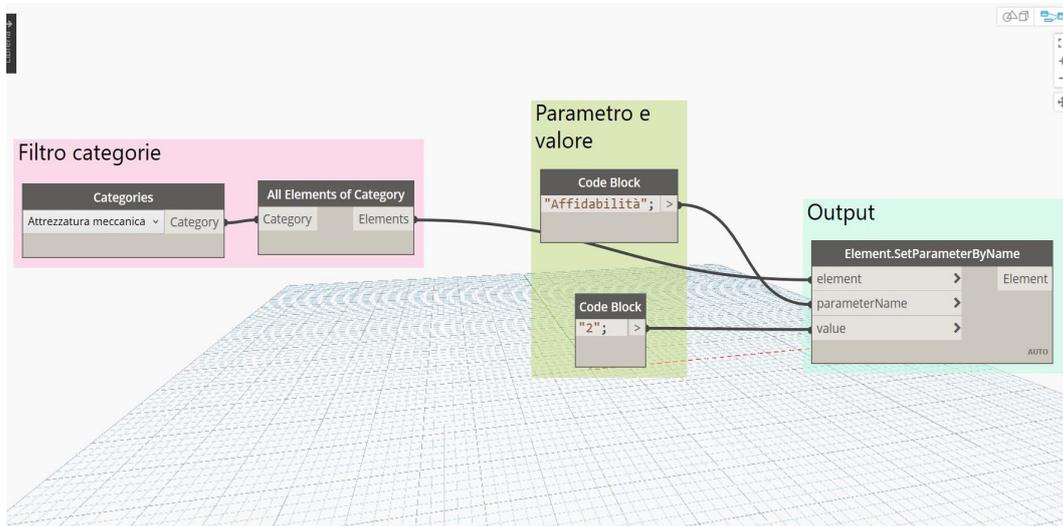
58) Modellazione dell'impianto meccanico





## Compilazione del parametro Affidabilità:

Nella prima parte dello script è stato creato il nodo categorie, il quale seleziona tutte le categorie contenenti almeno un elemento all'interno del modello BIM; si è poi creato il nodo relativo al nome e al valore del parametro, per tutti gli elementi delle diverse categorie; infine il nodo `Element.SetParameterByName`; estrae dagli elementi e compila il parametro Affidabilità.



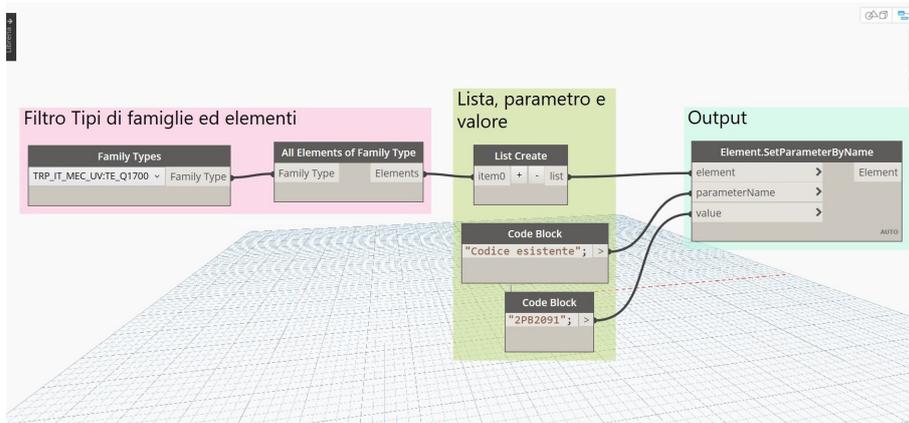
62) Script affidabilità

## Compilazione parametro codice esistente

In questo caso variano i dati di input, in quanto la selezione degli elementi non è stata eseguita attraverso il nodo di selezione per categoria, ma è stato richiesto il nodo specifico `Family Type` interessato, poi è avvenuta la selezione di tutti gli elementi contenuti nel gruppo di selezione mediante il nodo `All Elements of Family Type` ed è stata creata una lista mediante `List Create`.

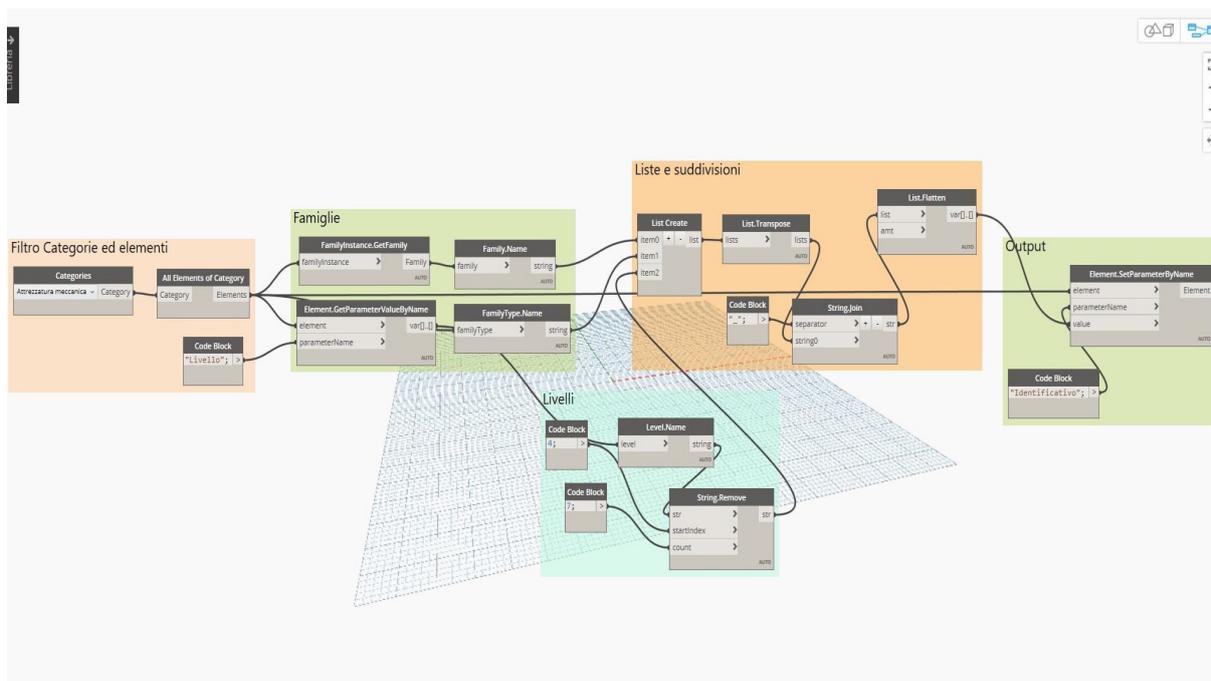
Ultimo step, la compilazione del parametro specifico mediante il nodo `Element.SetParameterByName`, specificando il nome del parametro da compilare e cosa scrivere nel presente parametro tramite delle stringhe.

63) Script Codice esistente



## Compilazione parametro identificativo

L'imput è restituito dal nodo categorie ed elementi, poi nel secondo blocco Famiglie sono state estratte le istanze delle famiglie per nome e per livello; nel terzo blocco è stata creata la lista e successivamente suddivisa e ordinata. Il quarto e ultimo blocco imposta e compila il parametro identificativo, dagli elementi per categoria richiesti nel nodo di input iniziale.



64) Script Codice identificativo

# PARTE V

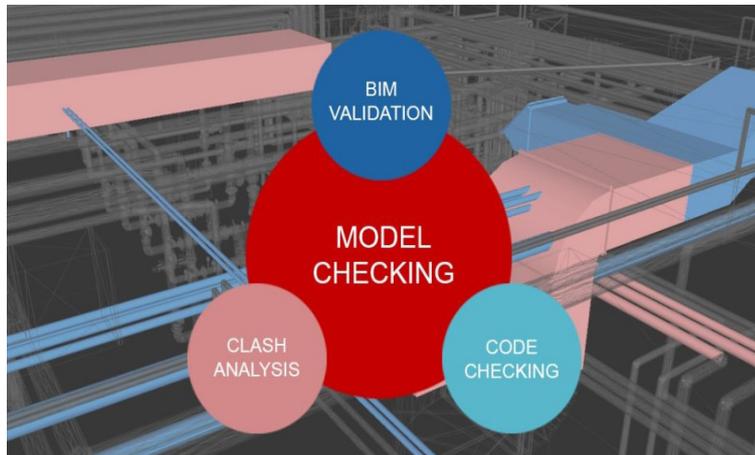
## IL MODEL CHECKING



## V. IL MODEL CHECKING

### 5.1 Quadro Normativo UNI 11337-5

Il Model Checking è la validazione e verifica formale del contenuto informativo in un processo BIM; questa disciplina è favorita dalla collaborazione multidisciplinare e dall'interoperabilità dei dati. Nella gestione dei modelli la possibilità di automazione, e del loro coordinamento ha da sempre suscitato forte interesse tra gli operatori, cosicché l'espressione Model Checking ha avuto grande diffusione pur non risultandone sempre ben chiaro il relativo significato.



65) Schema Model Checking, fonte: <https://adhox.it/model-checking-modelli-bim>

In processi di progettazione tradizionale, solo il 5-10% del contenuto informativo del progetto viene sistematicamente controllato a campione; mentre con l'attività di Model Checking il controllo è automatizzato.

Durante la fase di realizzazione del modello BIM vengono utilizzati software di modellazione specifici che creano i componenti del progetto. Ogni oggetto viene inserito, descritto e progettato in termini di geometria, caratteristiche, collocazione e relazione reciproca.

Il Model Checking richiede l'utilizzo di applicativi appositi che consentano, attraverso la visualizzazione e la navigazione intelligente sui modelli, di validare i dati, di fare controlli di interferenze, di verificare regole preventivamente implementate.

Ormai è uno strumento diffuso sui vari livelli del processo produttivo ed ogni Committente, Ente Pubblico, RUP, verificatore in generale, dovrebbe necessariamente averlo per svolgere al meglio il proprio lavoro; anche diverse aziende/studi di progettazione si dotano di determinati software di validazione e controllo al fine di produrre un modello grafico-informativo 3D di elevata qualità per beneficiarne in successivi step del flusso produttivo.

Vi è ancora la convinzione che il BIM permetta di controllare quasi esclusivamente le interferenze geometriche dei modelli provenienti dalle varie discipline coinvolte (architettoneca, strutturale, impiantistica ed altre). Regna ancora della confusione rispetto a quanto si possa ottenere dai modelli BIM in termini di verifiche dei dati e di rispondenza alle normative; sono molti i casi in cui si pensa che sia superfluo dover utilizzare strumenti di verifica e controllo in aggiunta a ciò che già è possibile realizzare attraverso i software di progettazione utilizzati.

Nella convinzione di molti professionisti, è sufficiente che i modelli BIM vengano realizzati con cura da strumenti software specifici per ridurre il rischio di incorrere in errori. Inoltre, viene considerato il fatto che se il progettista abbia una esperienza professionale pluriennale, questo possa ridurre ulteriormente il rischio di sbagliare.

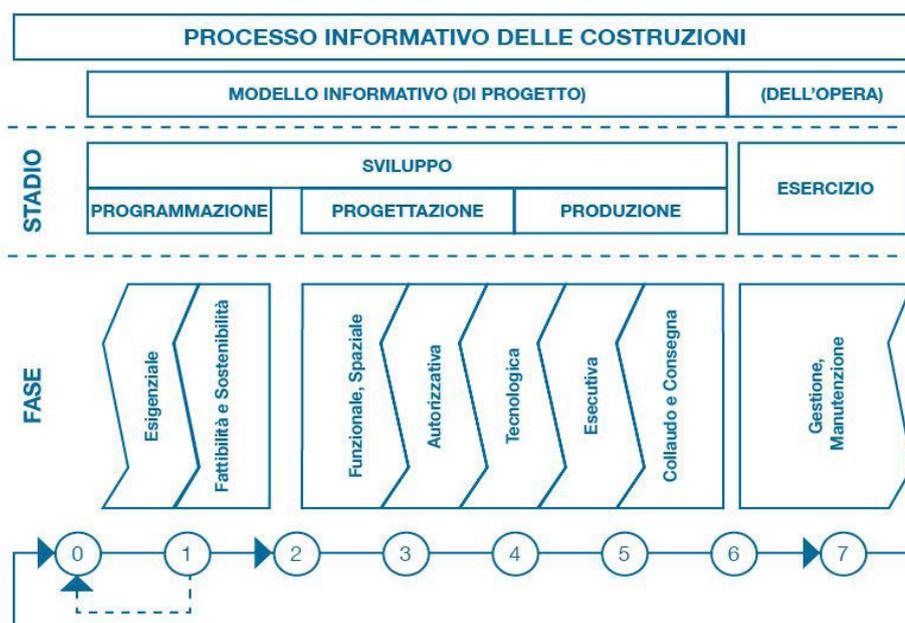
La normativa UNI 11337 parte 5

La parte 5, Flussi informativi dei processi digitalizzati della UNI 11337 si occupa di definire i ruoli, i requisiti e i flussi necessari alla produzione, gestione e trasmissione delle informazioni e la loro connessione e interazione nei processi di costruzione digitalizzati. Questa sezione della UNI 11337 introduce in particolare i concetti di Capitolato Informativo, Offerta di Gestione Informativa e Piano di Gestione Informativa, definendo inoltre il coordinamento dei modelli grafici, l'analisi di clash detection e code checking e i livelli di verifica previsti per i modelli, fornendo infine i requisiti previsti per l'ambiente di condivisione dei dati o Common Data Environment [23].

Il Capitolato Informativo, comunemente abbreviato in "CI", è il documento emesso dal committente ed indirizzato ai potenziali affidatari, in cui vengono approfonditi i requisiti di gestione informativa relativi al progetto. Il Decreto sul BIM già all'Articolo 1, introduce il Capitolato Informativo come documento la cui redazione da parte della Stazione Appaltante è da ritenersi obbligatoria per ogni gara d'appalto emessa in BIM, a prescindere da entità o importo.

Nella progettazione BIM il flusso delle informazioni viene condiviso dalle differenti discipline coinvolte (architettoneca, strutturale e impiantistica) grazie all'adozione di formati di scambio aperti (IFC) e interoperabili (secondo i criteri e le linee guida definite da BuildingSmart).

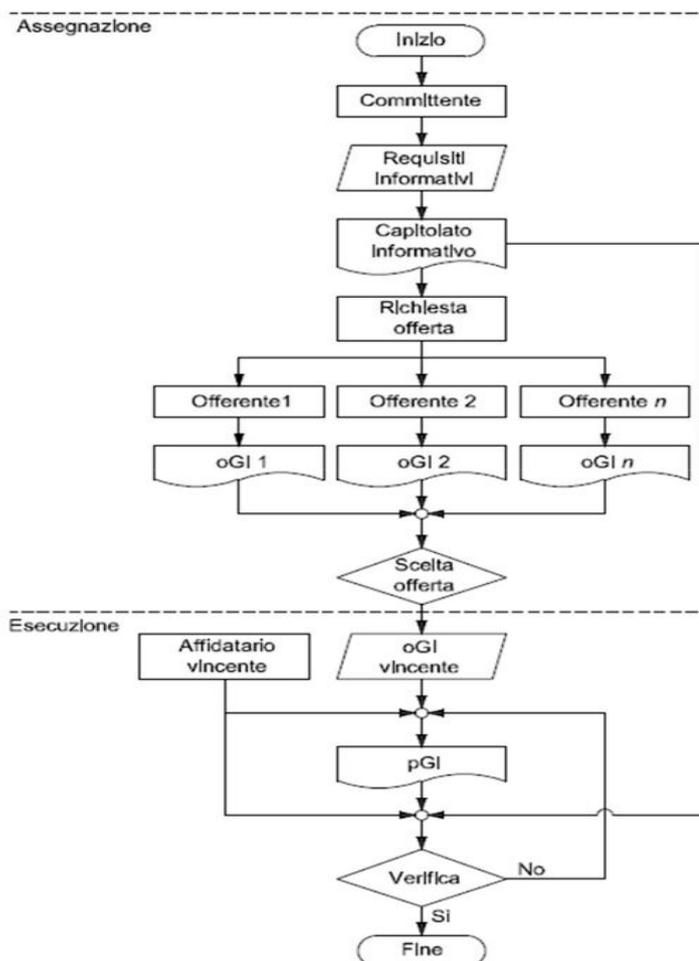
Il processo informativo delle costruzioni è composto da una serie di fasi raggruppate in stadi (come si può notare dalla figura le fasi sono più articolate rispetto alle conosciute preliminare, definitivo, esecutivo). Le fasi (che nell'immagine vengono numerate progressivamente) vanno da quella richiesta a quella dedicata a gestione e manutenzione. Tra questi estremi esistono delle fasi di consegna e verifica, vere e proprie milestone progettuali chiamati livelli di coordinamento e verifica che esporremo fra qualche paragrafo.



66) Schema sviluppo informativo, fonte: <https://ingenio-web.it>

Le Organizzazioni che partecipano quindi a gare d'appalto in BIM sono tenute a rispondere al Capitolato Informativo con una oGI (Offerta di Gestione Informativa), per qualificarsi come potenziali affidatari dell'appalto. Una volta che il Committente avrà selezionato l'offerente migliore, sarà cura dell'Affidatario della gara di redigere il pGI (Piano di Gestione Informativa) in cui verranno dettagliate in ottica operativa le strategie illustrate nella propria oGI.

Nel seguente processo si chiarisce il flusso della documentazione all'interno di una gara BIM, semplificando il contenuto della norma UNI 11337-5.



67) Procedura gara BIM, fonte: <https://ingenio-web.it>

Sulla base del Capitolato Informativo, gli affidatari si impegnano a presentare ciascuno una oGI (Offerta di gestione informativa); questi è un documento strategico. All'interno dell'oGI va illustrato come si intende procedere in merito, tenendo presente che è un documento che oltre ad avere valenza contrattuale ha anche valenza legale.

In chiusura al documento vengono, infine, definite le modalità di consegna ed archiviazione del materiale sviluppato, in linea con quanto richiesto dall'Ente Aggiudicatore oppure su proposta dell'Offerente. L'Offerta di Gestione Informativa, completa in ogni parte rilevante ai fini dell'appalto e dei servizi erogati, è quindi pronta per essere inviata alla Stazione Appaltante e da essa valutata.

In caso di aggiudicazione dell'Appalto, l'operatore economico vincitore si impegnerà a redigere il pGI (Piano di Gestione Informativa), che andrà a dettagliare nello specifico, ed in concerto con la Committenza, quanto promesso in sede di oGI.

Il pGI è un documento di dettaglio finalizzato a definire le modalità attraverso le quali l’Affidatario si impegna ad applicare la metodologia BIM all’intervento oggetto di aggiudicazione. Il Piano di Gestione Informativa ricalca dunque la struttura del Capitolato Informativo, integrandola qualora non fosse completa e dettagliando tutte le sue parti.

Le informazioni grafiche e alfanumeriche contenute nei modelli digitali appartenenti ad un processo BIM devono essere coordinate tra loro mediante regole di riferimento.

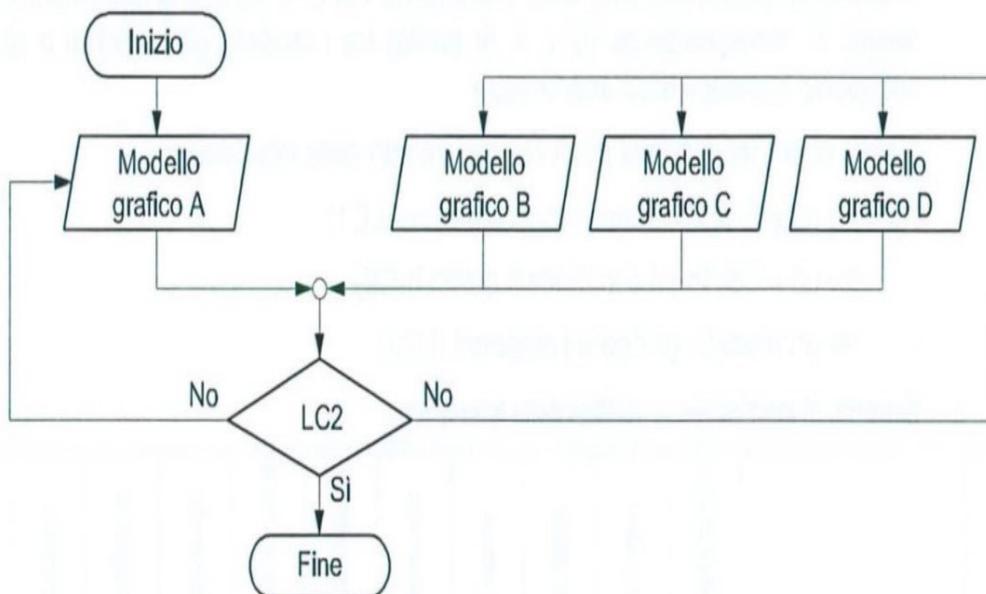
Il coordinamento (tra modelli disciplinari, tra stessi modelli e/o componenti diversi,) deve avvenire attraverso le verifiche di interferenze (clash detection), verifiche delle incoerenze (code checking) e relative risoluzioni di eventuali incoerenze riscontrate.

La norma tre differenti livelli di coordinamento:

LC1 (coordinamento di primo livello). Coordinamento di dati e informazioni all’interno di un singolo modello BIM

LC2 (coordinamento di secondo livello). Coordinamento di dati e informazioni tra più modelli grafici, e può avvenire attraverso la loro aggregazione simultanea o mediante successive verifiche di congruenza dei rispettivi contenuti informativi (vedere figura)

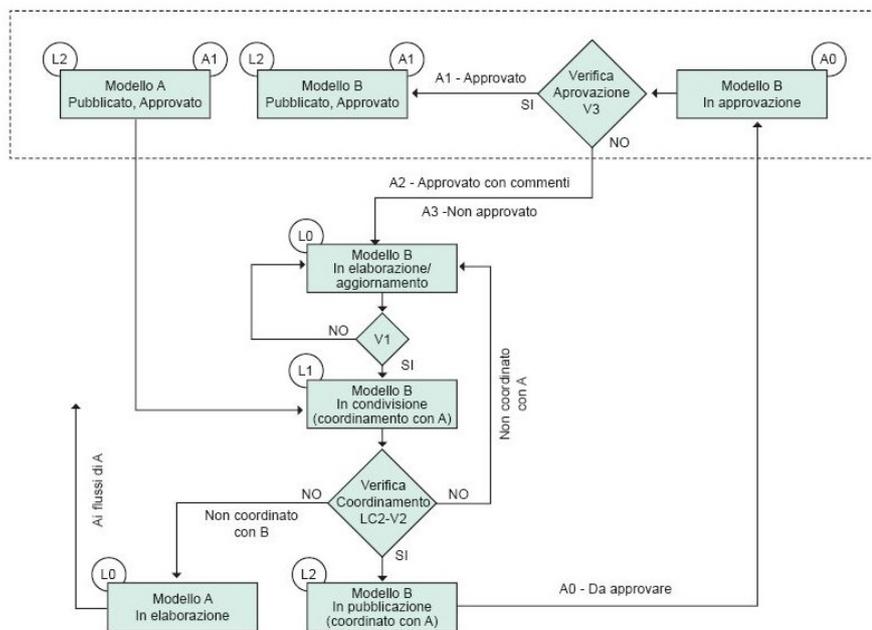
LC3 (coordinamento di terzo livello). Il Controllo e la soluzione di interferenze e incoerenze tra dati/informazioni/contenuti informativi generati da modelli grafici, e dati/informazioni/contenuti informativi (digitali e non digitali) non generati da modelli grafici.



68) Flusso coordinamento, fonte: Harpaceas

All'interno del processo digitale delle costruzioni si identificano tre livelli di verifica (LV) di natura informativa:

- LV1 (verifica di primo livello). È una verifica della corretta modalità di produzione, consegna e gestione delle informazioni all'interno dei modelli federati; questa si basa su quanto indicato nel Capitolato Informativo e nel pGI; è una verifica interna e formale.
- LV2 (verifica di secondo livello). È ancora una verifica interna ma di tipo sostanziale, mira ad accertare la leggibilità, tracciabilità e coerenza delle informazioni contenute nei vari modelli.
- È preposta al raggiungimento dell'evoluzione informativa di modelli (e relativi oggetti) ed elaborati secondo quanto richiesto nel Capitolato informativo (e previsto nel Piano di Gestione Informativa)
- LV3 (verifica di terzo livello). È una verifica indipendente, formale e sostanziale; da effettuarsi a carico del committente, il quale può avvalersi di una figura terza indipendente rispetto a quelle coinvolte nel processo.



69) Livelli di verifica, pubblicazione, approvazione, fonte UNI 11337-5:2017

## 5.2 Processi di validazione

### Model Checking

Lo sviluppo e la diffusione della metodologia BIM nel settore delle costruzioni, agevolato dall'introduzione di formati neutri (IFC, BCF) e dall'interoperabilità ha coinvolto sempre più i progettisti a un interesse verso l'utilizzo di nuovi applicativi per il Model Checking; c'è stato anche l'introduzione di applicativi di nuova generazione per le attività di Quality Assurance e Quality Control (QA/QC) basati su regole parametriche (rule based); oggi possiamo affermare che il Model Checking è uno strumento fondamentale nel processo edilizio, perché va ad incidere sulla qualità finale del progetto. Il settore delle costruzioni grazie alla digitalizzazione sta cercando di colmare il divario nei confronti del settore industriale, dove le fasi di controllo e verifica sono fondamentali ai fini della qualità; diciamo che il settore edilizio sta mutuando dal settore dell'industria questi processi, favorendo la trasformazione e il cambiamento di paradigma. Il Bim non è solo una mera modellazione tridimensionale ma un nuovo approccio che si basa sulla programmazione, progettazione, realizzazione e gestione di un bene. Un modello BIM contiene non solo informazioni geometriche ma anche informazioni alfanumeriche che vanno modellate, gestite in modo coerente e soprattutto devono essere affidabili per le successive fasi di analisi.

Con il BIM la committenza assume un ruolo fondamentale in una Gara d'appalto e nei documenti importanti quali il Capitolato Informativo e Piano di Gestione Informativa ma anche nella fase di verifica dell'attività di coordinamento. L'interoperabilità gioca un ruolo fondamentale nello scambio di informazioni tra i diversi attori disciplinari e tra software, in tutto il ciclo di vita dell'opera, che coinvolge i processi di progettazione, realizzazione, gestione e manutenzione e dismissione; quindi, i modelli BIM sono implementati e aggiornati da queste informazioni. I dati richiesti dalla committenza (EIR) sono importanti in termini contrattuali, sono importanti per evitare controversie.

La Norma UNI 11337 part 5 è strutturata e organizzata per fare in modo che il Model Checking diventi il focus per la gestione dei dati e deve assumere un ruolo decisivo.

I progettisti e la committenza devono collaborare al fine di ridurre le famigerate "varianti in corso d'opera" che hanno contribuito all'inefficienza nel settore delle costruzioni e a livello economico. Il Bim favorisce la trasparenza di processo in tal senso.

*"In processi di progettazione tradizionale, solo il 5-10% del contenuto informativo del progetto viene sistematicamente controllato. Il Model Checking permette di raggiungere una validazione automatizzata per il 40-60% del progetto, procedendo per controlli puntuali e non a campione" [24].*

I checkpoint (momenti di controllo) sono preposti al controllo delle informazioni e individuano con anticipo potenziali criticità in modo tale da garantire un risultato affidabile per le successive operazioni; la base delle informazioni è sempre il BIM model. Il processo di controllo della qualità, Quality Assurance (QA), di un modello BIM, e del progetto sono funzionali alla committenza ai fini della verifica e congruenza dei requisiti richiesti e sviluppati nel BIM Execution Plan [25]. I checkpoint dovrebbero far parte di una normale attività di pianificazione.

Nella fase di Model Checking le informazioni geometriche e non, implementate nel BIM model vengono analizzate e validate mediante diversi domini di validazione. Il set di regole di controllo (rule-set) è strutturato in tre fasi consecutive di verifica: la BIM Validation, che controlla attributi e procedure di modellazione, la Clash Detection, cioè l'analisi delle interferenze, e il Code Checking che verifica la conformità del progetto alle normative di riferimento.

## Bim Validation

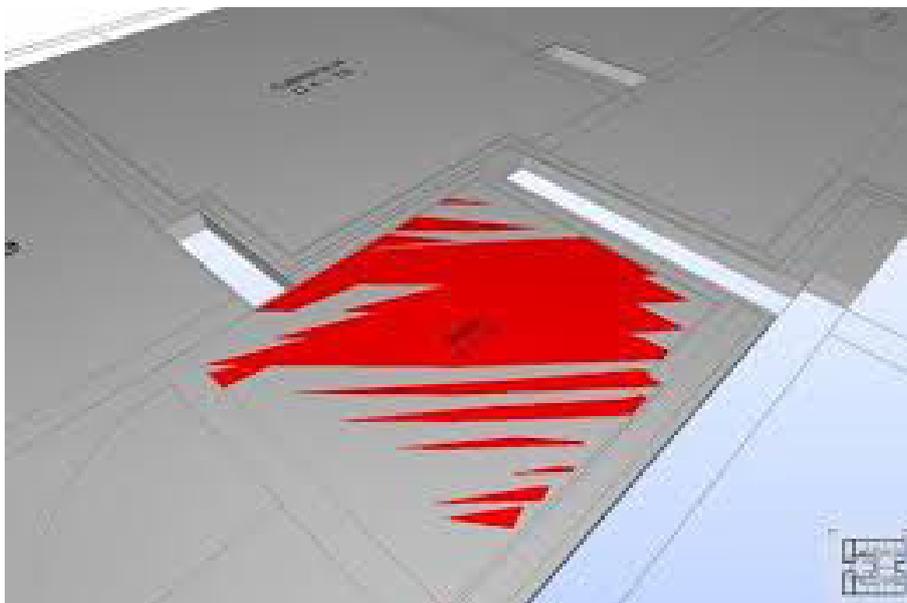
Nella fase di BIM Validation la corretta implementazione delle informazioni nel BIM Model è importante per il controllo della coerenza e della qualità del dato; le regole di controllo e il Bim Model devono contenere la stessa codifica, cioè i componenti parametrici devono poter essere mappati e riconosciuti anche dallo strumento di Model Checking attraverso le proprietà. Prima di effettuare analisi avanzate, si effettua un pre-check sul BIM Model attraverso un rule-set che verifichi la correttezza e quindi si parla di BIM Validation.

La BIM Validation analizza e determina il livello di qualità e coerenza interna di un Building Information Model e garantisce l'estrazione di risultati affidabili per le successive fasi di analisi BIM-based; controlla, inoltre, che gli elementi siano stati nominati e classificati correttamente. Questo processo viene definito Quality Assurance assicura che il modello contenga le informazioni di un processo di Information Management strutturato; queste rientrano nei BIM Requirement in fase di redazione del BIM Execution Plan (BEP) e che sono fondamentali per lo scambio informativo tra le parti, nonché per la completezza ed affidabilità dei documenti estratti dal Building Information Model.

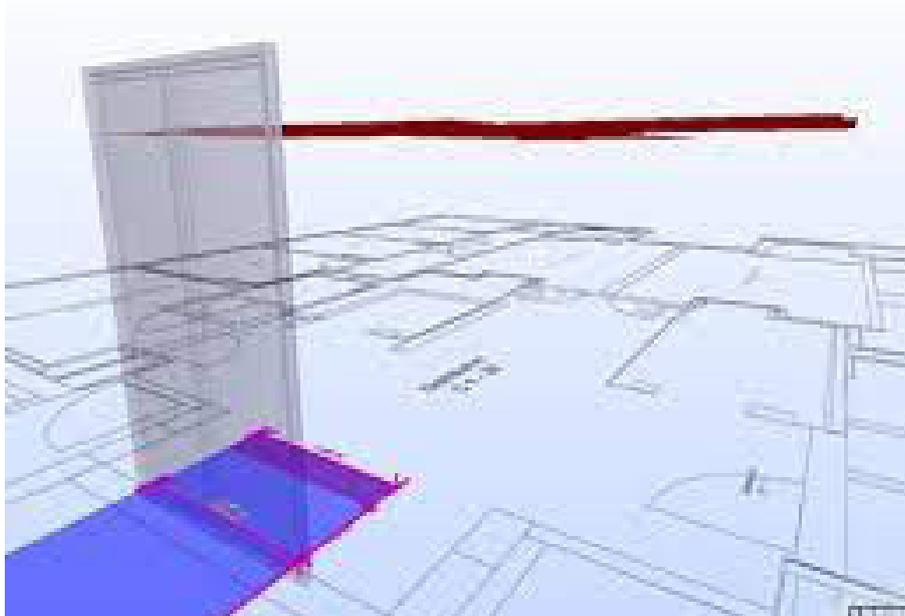
Verifica che il modello sia conforme ai requisiti specifici di progettazione, in funzione dei BIM Use definiti dalla committenza e delle finalità da perseguire. Lo strumento di Model Checking dispone di set di regole predefinite per la fase di BIM Validation, va applicato prima al singolo modello disciplinare, e poi al Modello Federato. Terminata questa fase si può passare ad analisi più specifiche come: il quantity take-off per la computazione, l'analisi energetica (Building Energy Modeling) o la verifica di conformità del progetto alle normative di riferimento (Code Checking).

Gli errori riscontrati nella BIM Validation riguardano il contenuto alfanumerico, ovvero gli attributi, del modello parametrico, o l'aspetto geometrico dello stesso rilevando due tipologie di errore: di modellazione e di progettazione. È importante controllare la modellazione tridimensionale ai fini della fase di computazione (quantity take-off). Non è infrequente il caso di una modellazione di due pavimenti sovrapposti; questo si ripercuoterebbe in un doppio conteggio dei materiali costituenti il relativo pacchetto stratigrafico.

Altro errore potrebbe essere l'incongruenza tra il dimensionamento di un infisso e la quota del controsoffitto.



70) Errore di modellazione, fonte: Ciribini



71) Errore di progettazione

La BIM Validation permette di analizzare l'interezza del contenuto informativo associato ad un oggetto parametrico e quindi di validare anche il relativo Level Of Development (LOD), in funzione del BEP (BIM Execution Plan).

#### Clash Detection

La Clash Detection è il controllo delle interferenze; è un'analisi di coerenza geometrica e spaziale, ed è la più diffusa del Building Information Modeling, ha numerosi vantaggi e richiede investimenti, sforzi e tempo minimi per implementare il processo.

Nel BIM Execution Plan saranno definiti diversi gradi di severità; avremo Clash Test tra impianti ed elementi strutturali, oppure tra impianti ed elementi architettonici. Si procede effettuando dei controlli manuali sulla base dei BIM Requirement relativi alla modellazione geometrica. Prima del controllo delle interferenze va verificato che tutti i modelli disciplinari abbiano le stesse coordinate cartesiane. Successivamente si procede con la validazione dei singoli modelli disciplinari e del modello federato. Per individuare eventuali incoerenze (tra la modellazione impiantistica e quella strutturale), è buona norma modellare con accuratezza geometrica gli impianti.

In questa fase è possibile riscontrare problematicità che altrimenti si riscontrerebbero nella realizzazione dell'impianto. Questa è una caratteristica fondamentale di un processo BIM, il quale è nato proprio con lo scopo di effettuare progettazione, analisi, simulazioni predittive; ossia prima di realizzare in cantiere, il BIM Model è stato processato e verificato in tutte le fasi del processo edilizio.

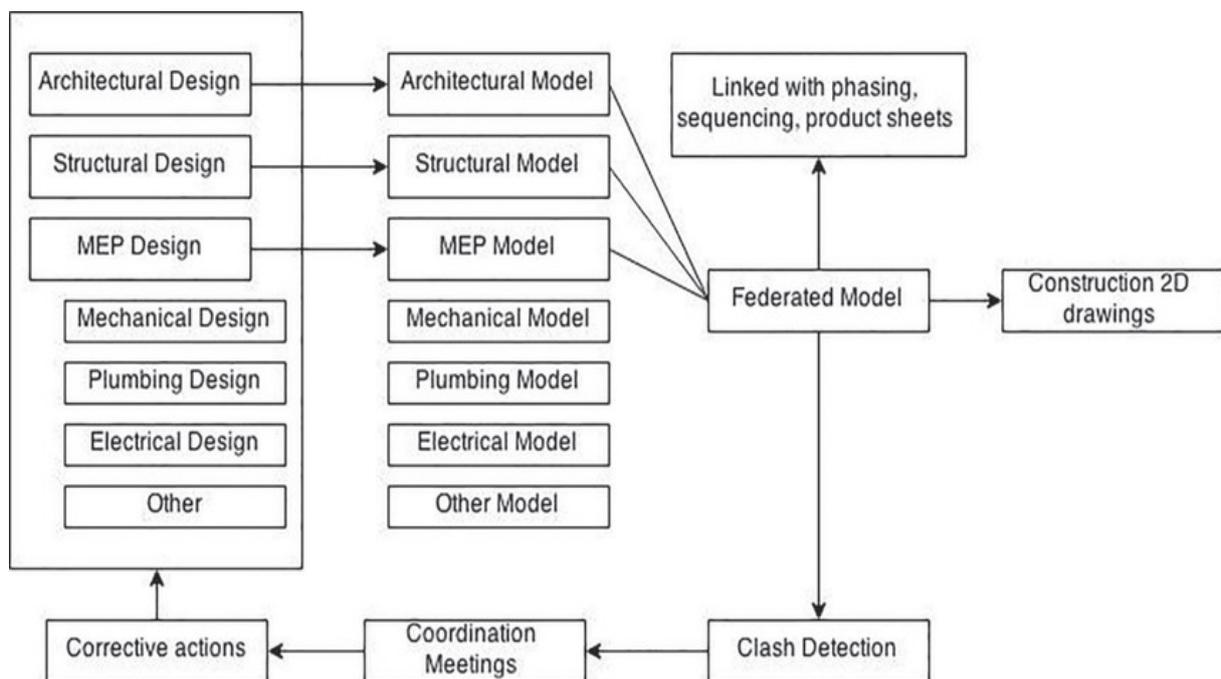
In Finlandia le BIM Guide Lines pongono come condizione che l'accuratezza geometrica degli impianti meccanici, elettrici, idricosanitari (MEP), si basino sul BIM. L'obiettivo deve essere una modellazione geometrica di un BIM Model senza intersezioni; questo approccio ricade sulle responsabilità del progettista nel processo edilizio; questa responsabilità aumenta con il crescente coordinamento multidisciplinare in un processo BIM.

La Clash Detection si effettua per step successivi; ogni progettista (BIM Coordinator) deve provvedere a rilevare interferenze per la sua competente disciplina e nella stessa piattaforma di BIM Authoring. Ad oggi i software di BIM Authoring più importanti permettono di effettuare una clash detection preliminare relativa alle geometrie del modello.

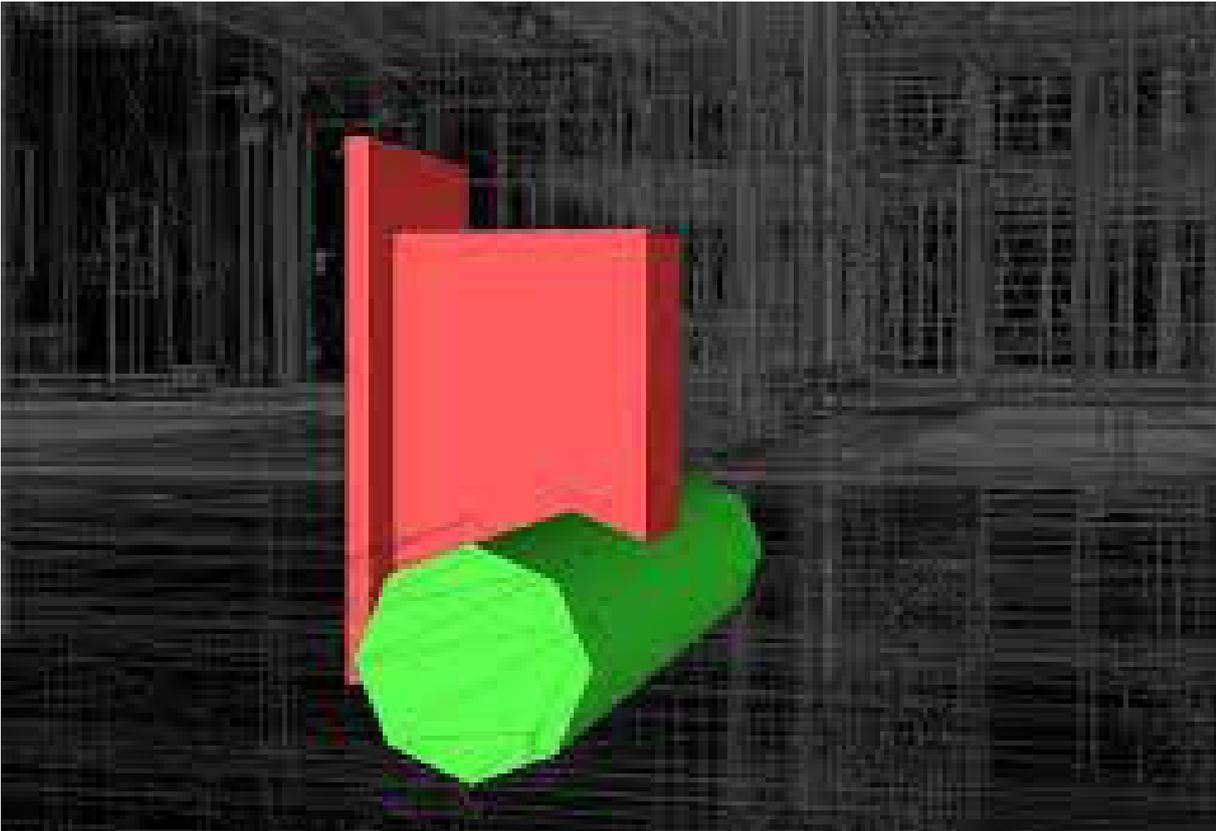
Per la successiva attività di coordinamento multidisciplinare esistono BIM Viewer e BIM Coordination tool, come Tekla BIMsight, Solibri Model Viewer, Autodesk Navisworks o Autodesk BIM 360 Glue, alcuni dei quali funzionano anche su dispositivi mobile.

Per controlli avanzati bisogna affidarsi a strumenti dedicati come Navisworks Manage, o Solibri Model Checker. Dopo aver impostato i rule-set, questi vanno applicati al singolo modello disciplinare e poi al modello federato. Gli errori rilevati non sono sempre interferenze fisiche, ma grazie ai rule-set impostati è possibile rilevare anche solo la vicinanza tra oggetti e definire una tolleranza minima per l'ispezione o la manutenzione degli impianti.

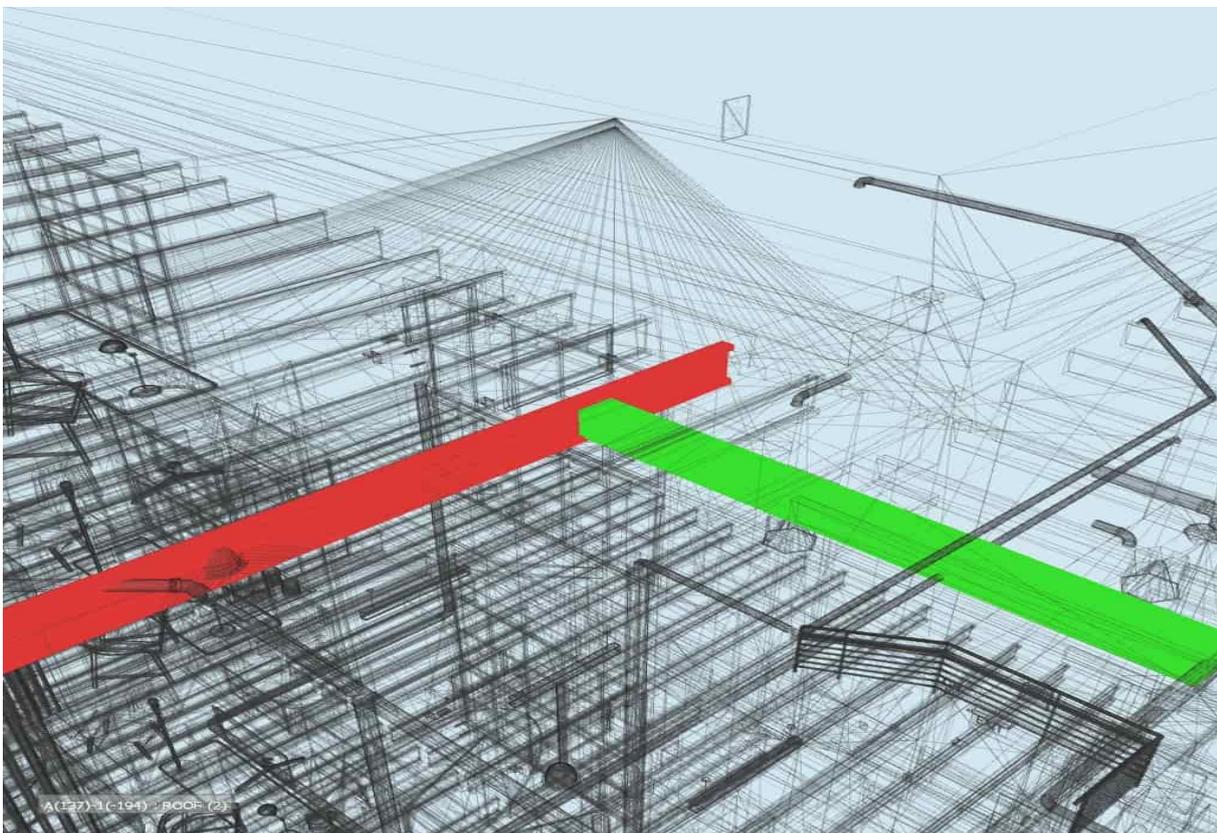
Il controllo iterativo delle interferenze è un processo che supporta la fase costruttiva di un manufatto, in quanto permette di verificarne la costruibilità sulla base della documentazione progettuale proposta. Controlli ciclici del modello federato evidenziano interferenze multidisciplinari che favoriscono attività di coordinamento, in cui gli attori disciplinari possono discutere nelle riunioni e proporre soluzioni. Questo migliora notevolmente il coordinamento ed il processo.



72 Processo iterativo clash detection, fonte: ResearchGate



73) Interferenza tra condotto circolare ed elemento strutturale



74) Interferenza tra trave e condotto circolare

## Code Checking

Il Code Checking è una declinazione del Model Checking tramite la quale validare la progettazione comparando i parametri contenuti nel modello a normative e codici di riferimento. Il processo costruttivo è costituito da numerose leggi a livello locale, nazionale ed internazionale e le informazioni importanti contenute in questi documenti possono essere tradotte in regole parametriche mediante un sistema di codifica di lettura.

Un sistema di controllo rule-based consente all'operatore di eseguire un check, i cui risultati consistono in "approvato" (pass), "bocciato" (fail), "attenzione" (warning) e "sconosciuto" (unknown) nel caso in cui i dati necessari al controllo fossero incompleti o mancanti. Per favorire l'automazione del processo i BIM Model devono essere arricchiti di informazioni alfanumeriche che non sono sempre disponibili nei software di Bim Authoring [26] come lo sono invece per le informazioni geometriche. Con la progettazione tradizionale, la verifica di conformità alle norme, basata sulla rappresentazione grafica bidimensionale, è condotta manualmente, a campione, e richiede numerosi incontri e momenti di confronto. Inoltre, una specifica fase del processo non viene valutata finché non sono stati completati tutti gli elaborati progettuali. Questo approccio genera discrepanze, controversie, ambiguità, soggettività nell'interpretazione dei documenti, oltre ad un aumento di costi e tempi. Per evitare questo occorre acquisire una nuova cultura progettuale e favorire un cambio di paradigma che grazie alla tecnologia e innovazione migliorano il settore delle costruzioni che ad oggi è ancora indietro rispetto a quello industriale.

Con la creazione di rule-set il processo di validazione risulta essere più oggettivo in quanto le richieste sono definite in modo univoco. Questo approccio riduce l'interpretazione soggettiva del testo normativo, spesso generico e privo di dettagli; uno stesso set di regole può essere utilizzato per la verifica di un BIM Model in uno stesso ambito progettuale.

Si pensi alla progettazione di edilizia scolastica, ospedaliera o alle strutture ricettive dove gli standard di verifica funzionale e qualitativa possono compararsi tra diversi modelli disciplinari, sviluppando progetti con maggior trasparenza e velocità. Il processo di Rule-based è organizzato in quattro fasi: Rule Interpretation, Building Model Preparation, Rule Execution, Rule Reporting.

### Rule Interpretation

In questa fase le norme vengono analizzate e strutturate in parametri i quali sviluppano regole di controllo implementabili nello strumento di Rule Checking; codici e regolamenti possono essere tradotti in parametri. È stato provato che un'interpretazione basata su quattro operatori semantici di controllo assicura regole e risultati affidabili. Questi sono:

- Requisiti (Requirements)
- Applicabilità (Applicability)
- Selezione (Selection)
- Esclusione (Exception)

Questi operatori formano la RASE Methodology [27], un metodo di analisi di supporto logico-semantica che supporta l'interpretazione delle normative e le traduce in regole implementabili nel tool di Rule-based Model Checking. La maggioranza dei testi normativi può essere parametrizzata con questo approccio; esistono però delle eccezioni nel caso in cui alcune regole sono legate al giudizio umano; ad esempio "è consigliato l'utilizzo di strumenti informatici", "deve essere sostenibile" possono essere aggiunte come regole parametriche ma non possono essere verificate se non diventano dei parametri oggettivi.

Queste regole possono essere implementate come testo e inserite in una checklist a sostegno della progettazione; per questo si parla di validazione “semi-automatica” per cui è sempre legata al giudizio umano.

### Building Model Preparation

In questa fase, il modello parametrico viene arricchito di informazioni in modo che sia confrontabile con il set di regole per la sua validazione. I BIM Model possono contenere dati che non provengono sempre da software di BIM Authoring. Per la Clash Detection è sufficiente la classificazione per discipline, ma affinché il processo sia sempre più automatizzato occorre che i BIM model debbano essere arricchiti di informazioni necessarie per il controllo e la rispondenza normativa di riferimento. A seconda degli aspetti da verificare (antincendio, barriere architettoniche, efficienza energetica), le informazioni richieste possono necessitare di ulteriore sviluppo di specifici modelli disciplinari. La fase di Building Model Preparation va effettuata in parallelo all’implementazione delle regole per il Rule Checking, queste devono interagire con il BIM model ed interpretarne il contenuto informativo ai fini della validazione.

Oltre a definire i BIM requirement (dati richiesti committenza), necessari agli usi e ai controlli da implementare, è importante che i progettisti consegnino un documento (Model specification), nel quale espongono come la modellazione effettuata sia conforme alle specifiche richieste.

Attualmente i principali software di BIM authoring rappresentano bene gli spazi tridimensionali ai quali associare forme e proprietà. Uno spazio non è solo rappresentato dalla geometria 3D e dalle relazioni spaziali, ma è arricchito di proprietà quali il nome, gruppo, numero, area, volume, destinazione d’uso ed eventualmente da requisiti di programmazione degli spazi gestibili da applicativi esterni (software facility management).

I software BIM consentono di assegnare locali ed aree per disporre di una classificazione sistematica e per agevolare fin da subito l’interoperabilità dei dati.

### Rule Execution

La Rule Execution è la fase esecutiva del processo di controllo, attraverso l’applicazione del set di regole al modello, importato nel software di Quality Assurance in un formato interoperabile quale, di solito, l’Industry Foundation Classes (IFC); terminata la fase di analisi della semantica dei testi normativi e tradotte in parametri, le regole vengono raggruppate in un pacchetto di prescrizioni; queste saranno il dominio di validazione da sottoporre al BIM Model.

### Rule Reporting

L’ultima fase del processo (iterativo), di Rule Checking è il Rule Reporting, ossia la reportistica automatizzata dei risultati del controllo, la quale può essere condivisa e analizzata con i vari team di progettazione e soprattutto con la committenza e gli stakeholders del processo costruttivo.

Il Code Checking si occupa degli aspetti geometrici e di verifica, ad esempio di altezze e superfici minime ammissibili, rapporti aero-illuminanti o la disposizione spaziale di aree funzionali ed unità ambientali; questi verifica anche l’accessibilità (barriere architettoniche), tema fondamentale per la progettazione; ad esempio sono stati creati i Rule-set di verifica geometrica, come spazi di manovra e accostamento laterale della sedia a rotelle; ma è possibile grazie anche alla sensoristica includere sistemi di apertura e chiusura di porte e finestre.

Un altro esempio di Code Checking è l’implementazione di regole parametriche per la prevenzione incendi del controllo delle compartimentazioni e delle vie di fuga.

Diciamo che grazie al BIM possiamo creare specifici modelli parametrici disciplinari in funzione dei BIM use. Anche il settore prevenzione incendi, prevede che vengano soddisfatti i BIM requirement alfanumerici, come l'inserimento degli attributi di resistenza al fuoco e direzione di apertura delle porte. La pianificazione e la previsione dei parametri ai fini della modellazione consentono allo strumento di Code Checking la lettura direttamente dal file IFC, parallelamente ai dati geometrico-dimensionali degli oggetti BIM, garantendo l'automazione in fase di analisi. Le regole impostate nei Rule-set forniscono risultati basati sulle informazioni disponibili in un BIM Model.

### 5.3 Ruoli e responsabilità

Il processo BIM (Building Information Modeling) genera dei modelli geometrici ed informativi utili per la gestione delle informazioni durante l'intero ciclo di vita dell'opera. Il cuore di tale processo è quindi il modello 3D digitale intelligente dell'opera progettuale, grazie al quale è possibile gestire tutta la documentazione di progetto, controllare lo stato di avanzamento dell'opera e verificare, in tempo reale, i costi di costruzione.

Per gestire in modo efficace le informazioni che vengono prodotte, scambiate e utilizzate, occorre ci sia una chiara definizione dei ruoli e delle responsabilità dei soggetti coinvolti nel processo BIM. L'introduzione della metodologia BIM comporta quindi l'acquisizione di nuove competenze, lo sviluppo di nuovi workflow di progettazione e la nascita di nuove figure professionali.

Diverse autorevoli fonti accademiche e professionali accreditate in tutto il mondo hanno descritto i profili e le aree di competenza dei professionisti operanti in ambito BIM. La normativa inglese PAS 1192-2:2013 identifica fino a 7 tipologie di ruoli, cui sono assegnate differenti responsabilità, che possono essere considerati nella gestione di un processo BIM. La stessa norma specifica che tali ruoli non sono da confondersi con i titoli professionali dei soggetti appartenenti all'organizzazione, ma piuttosto sono caratterizzati in base al livello di autorità nella gestione del flusso informativo all'interno del processo BIM.

- **BIM Manager:** si occuperà della gestione dei processi digitalizzati relazionandosi con l'organizzazione (supervisione e coordinamento generale delle commesse dal punto di vista informativo). In quanto soggetto delegato dai vertici dell'organizzazione, definisce le istruzioni BIM e il modo in cui il processo di digitalizzazione impatta sull'organizzazione e sugli strumenti di lavoro.
- **BIM Coordinator:** opera a livello della singola commessa, di concerto con i vertici dell'organizzazione e su indicazione del BIM Manager.
- **BIM Specialist:** è l'operatore avanzato della gestione e della modellazione informativa e agisce solitamente all'interno delle singole commesse per le attività di authoring attraverso procedure di digitalizzazione e di modellazione a oggetti e di gestione informativa delle conoscenze disciplinari.
- **Gestore ACDat:** il gestore dell'ambiente di condivisione dei dati è una figura che si occupa dell'ambiente di condivisione dei dati implementato dall'organizzazione a cui appartiene oppure previsto contrattualmente per una specifica commessa da altro soggetto.

#### Il BIM Manager

Il gestore dei processi digitalizzati (BIM Manager) è una figura che si relaziona principalmente al livello dell'organizzazione, per quanto attiene alla digitalizzazione dei processi posti in essere dalla stessa, avendo eventualmente la supervisione o il coordinamento generale delle commesse in corso.

La figura del BIM Manager è in grado di:

- gestire e coordinare progetti BIM multidisciplinari secondo le risorse, gli standard e le procedure aziendali;
- utilizzare gli strumenti software necessari per il coordinamento delle attività di gestione del progetto BIM.

È il responsabile:

- della gestione e del coordinamento delle informazioni per i fornitori coinvolti nei servizi di progettazione, realizzazione e gestione dell'opera;
- dell'implementazione dei processi e della strategia BIM all'interno dell'azienda;
- della redazione della documentazione tecnica ed operativa per la produzione degli elaborati e dei modelli (standard e procedure).

Conosce le caratteristiche principali e le modalità di utilizzo dei software per la redazione dei modelli BIM per più discipline (architettonica, strutturale, impiantistica, ambientale, infrastrutturale, ecc.).

Tale funzione, pertanto, si occupa abitualmente di:

- redigere il capitolato informativo (CI);
- verificare l'offerta di Gestione Informativa (oGI) e il piano di Gestione Informativa (pGI), con segnati dall'appaltatore, eventualmente con il supporto dei BIM coordinator.

Tale funzione si pone come garante dell'implementazione della digitalizzazione nei processi dell'organizzazione per conto della quale agisce. All'interno dell'organizzazione la funzione si occupa, di definire gli standard informativi aziendali, dalla struttura dei modelli informativi all'organizzazione logica e funzionale degli ambienti di collaborazione, per giungere sino alla definizione dei set di attributi e dei documenti caratteristici.

Tale funzione è, inoltre, responsabile, assieme al BIM Coordinator, della coerenza e della consistenza dei contenuti informativi. Il BIM manager, quale soggetto delegato dai vertici dell'organizzazione sulla materia, può avere in carico la proposizione della definizione del piano formativo periodico e la definizione della proposta di investimenti annuale o pluriennale in hardware e in software, strettamente legata alla adozione di azioni preventive o correttive. Sarà compito del BIM Manager configurare un'attività sistematica di reporting e supportare l'attività di auditing, per mantenere costantemente in efficienza i processi organizzativi digitalizzati, supportando il reclutamento di risorse umane e valutando le situazioni in cui si renda necessaria l'esternalizzazione di servizi connessi alla digitalizzazione. Il BIM Manager ha incarico di redigere e di aggiornare periodicamente le Linee Guida BIM per la progettazione e la DL in merito ai temi di gestione informativa e di processi digitalizzati dell'organizzazione, in quanto costituisce il documento di riferimento per promuovere la cultura e l'operatività digitale all'interno dell'organizzazione.

La figura del BIM Coordinator è in grado di:

- gestire e coordinare progetti BIM multidisciplinari secondo le risorse, gli standard e le procedure aziendali;
- utilizzare gli strumenti software necessari per il coordinamento delle attività di redazione, controllo e gestione del progetto BIM;
- comprendere, utilizzare ed aggiornare la documentazione tecnica ed operativa della commessa per la produzione degli elaborati e dei modelli (standard e procedure).

Il BIM Coordinator conosce, inoltre, le modalità di utilizzo dei software per la redazione dei modelli BIM per più discipline (architettonica, strutturale, impiantistica, ambientale, infrastrutturale, ecc.).

Svolge le seguenti attività:

- coordina le attività dei BIM Specialist;
- coordina i contenuti informativi dei modelli;
- lavora in stretta collaborazione con i BIM Manager ed è il loro tramite verso i ruoli operativi;
- può partecipare all'elaborazione del Capitolato Informativo in collaborazione con il BIM Manager;
- lavora in stretta collaborazione con il Project Manager (PM);
- definisce e controlla i contenuti informativi ed i livelli di dettaglio dei modelli, degli elaborati e degli oggetti dei modelli grafici;
- verifica l'applicazione operativa e il rispetto degli standard stabiliti.

Il BIM coordinator opera a livello della singola commessa, di concerto con i vertici dell'organizzazione e con il BIM manager nella gestione complessiva dei processi digitalizzati adottati nella stessa. Tale funzione si pone come garante della efficienza e della efficacia dei processi digitalizzati della organizzazione con riferimento alla specifica commessa, presentando modalità differenti a seconda che essa operi in un contesto mono disciplinare o pluridisciplinare, in stretta collaborazione con il BIM manager, a cui risponde del proprio operato, e con il project manager. Nei casi in cui la commessa presenti gradi elevati di complessità e di pluridisciplinarietà si potranno prevedere più BIM coordinator (a titolo di esempio, per la progettazione BIM based si potranno prevedere almeno un BIM Coordinator per l'ambito building e BIM Coordinator per l'ambito infrastrutture).

Il BIM Coordinator collabora a redigere il Capitolato Informativo. Tale funzione, in coerenza con quanto previsto nel capitolato informativo deve configurare i flussi di lavoro digitale all'interno dell'ambiente di condivisione dei dati facendo sì che i flussi informativi elaborati entro i singoli applicativi non subiscano perdite o snaturamenti informativi.

Il BIM Coordinator supporta il responsabile di commessa nell'assunzione delle decisioni, assicurando l'affidabilità dei flussi informativi su cui il processo decisionale si fonda.

Il BIM Coordinator dovrà gestire l'identificazione delle interferenze e dei conflitti (di natura geometrico dimensionale e alfa numerica) nel corso e a seguito delle riunioni di coordinamento assicurandosi che la risoluzione degli stessi avvenga nel rispetto degli impegni contrattuali. Per quanto concerne la funzione di coordinamento e di validazione dei singoli modelli informativi disciplinari di competenza, tale funzione dovrà assicurarne l'adesione ai requisiti informativi contenuti nel capitolato informativo e la corrispondenza a quanto previsto nel piano di gestione informativa.

Il BIM coordinator dovrà, altresì, assicurare che i dati contenuti nel modello informativo aggregato o federato siano coerenti con l'impostazione condivisa dei repertori di oggetti o di entità. Il BIM Coordinator deve, infine, assicurarsi che vi sia la massima connessione tra ambienti di calcolo e ambienti di modellazione non solo in merito all'interoperabilità, ma anche in termini di processi decisionali.

La figura del BIM Specialist è in grado di:

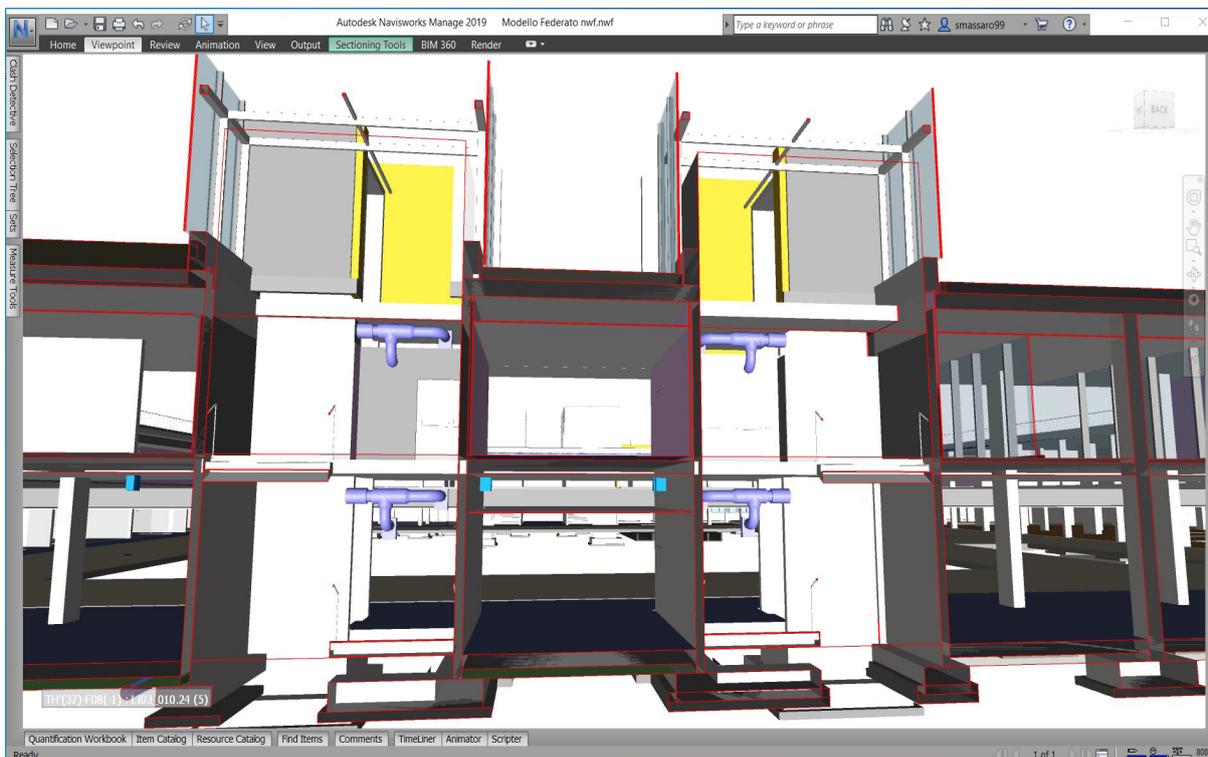
- utilizzare il software per la realizzazione di un progetto BIM secondo la propria competenza disciplinare (architettonica, strutturale, impiantistica, ambientale ed infrastrutturale);
- comprendere ed utilizzare la documentazione tecnica ed operativa aziendale per la produzione degli elaborati e dei modelli (standard e procedure).

Ha il ruolo di “modellatore delle informazioni” per i modelli grafici e non, e svolge le seguenti attività:

- può lavorare sotto la supervisione e coordinamento del BIM Coordinator o del BIM Manager dell'azienda o del gruppo di progettazione;
- elabora i modelli grafici e gli oggetti ad essi correlati e le loro librerie;
- esegue l'estrazione di dati dai modelli, dagli elaborati e dagli oggetti;
- esegue le modifiche ai modelli ed agli oggetti definite in conseguenza dell'esito delle procedure di coordinamento e/o federazione;
- esegue le modifiche ai modelli ed agli oggetti definite nelle operazioni di revisione del progetto.

Il BIM Specialist, a seguito di ulteriore formazione specifica, verrà individuato all'interno del gruppo di lavoro per gli interventi nei quali è previsto lo sviluppo della progettazione interna, agisce solitamente per singole commesse, collaborando con una specifica organizzazione. La funzione ha familiarità con determinate procedure digitalizzate e con la modellazione a oggetti rappresentando il soggetto in grado di introdurre nelle modalità operative della modellazione e della gestione informativa le conoscenze disciplinari.

Il BIM Specialist possiede capacità operativa di utilizzo dello/gli strumento/i di produzione e di aggiornamento dei modelli informativi (authoring) inserendo la propria attività all'interno dei flussi di lavoro digitale consegnati dal BIM coordinator. Tale funzione ha, altresì, la capacità di analizzare i principali contenuti del capitolato informativo e del piano di gestione informativa, oltre che di eseguire, in prima persona, alcune verifiche sul modello informativo disciplinare. Il BIM Specialist contribuisce alla costituzione del contenuto informativo di commessa contribuendo, di concerto con le funzioni sovraordinate, anche alla validazione della consistenza informativa dei singoli oggetti dei modelli informativi.

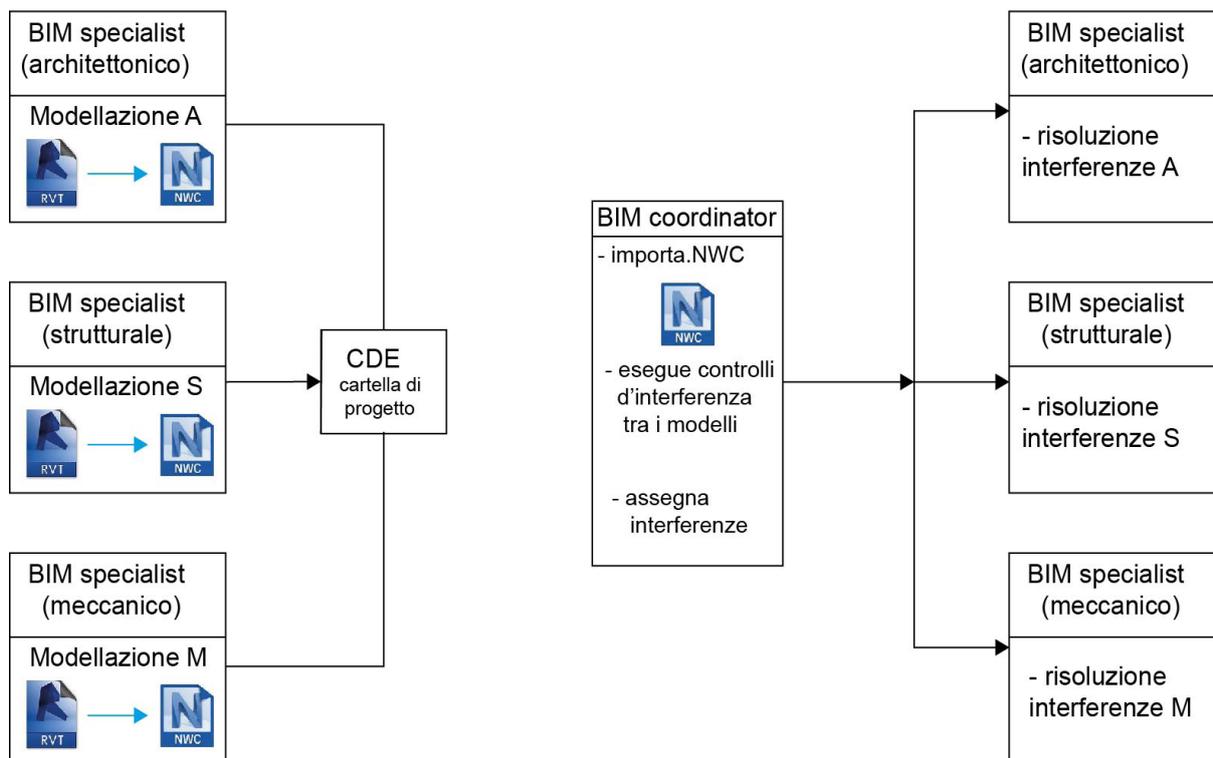


75) Modellazione impianto meccanico

Il tema di questo elaborato di tesi è il Model Checking ossia la validazione e verifica formale del contenuto informativo in un processo BIM; tra le figure professionali sopra citate quella che è coinvolta nelle fasi di coordinamento, controllo e verifica dei contenuti informativi è il BIM Coordinator; posizionato a metà della gerarchia aziendale, egli opera a livello di commessa interfacciandosi in linea diretta con il BIM Manager della sua organizzazione e coordinando l'attività del team di BIM Specialist in relazione alla disciplina progettuale di sua competenza. L'attività del BIM Coordinator e la gestione del model checking deve essere necessariamente coordinata e condivisa con tutti gli altri attori che fanno parte del progetto. Questo avviene all'interno delle riunioni periodiche condotte tra i team di lavoro dove vengono discusse le varie problematiche progettuali che emergono dal controllo dei BIM model.

Il BIM Coordinator ha una conoscenza specifica sui software di Model Checking; questo aumenta le responsabilità in termini di controllo e verifica dei contenuti informativi.

Il BIM Coordinator deve avere una conoscenza diffusa dei software esistenti. In questo modo ci sarebbe maggiore l'elasticità in campo operativo per l'interfacciamento con altre realtà professionali e con BIM Coordinator di diverse discipline, oltre che per il suo coinvolgimento in tutte le fasi del workflow di progetto.



76) Attività BIM Coordinator, fonte: schema elaborato personale

## 5.4 Validazione del modello

Per questo elaborato di tesi il Model Checking è stato effettuato attraverso l'utilizzo di Software e Plugin specifici:

Autodesk Model Checker for Revit per la fase di BIM Validation

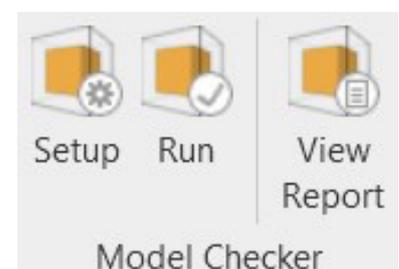
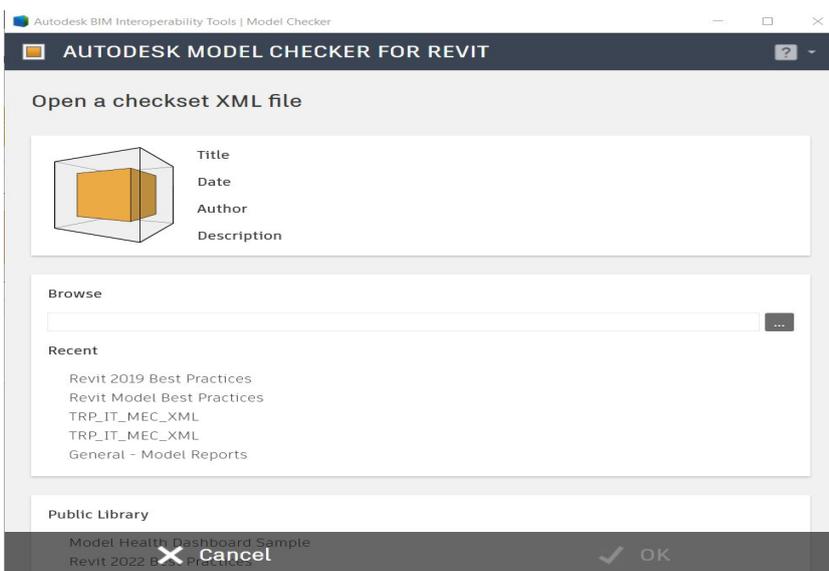
Autodesk Naviswork Manage 2019 per la fase di Clash Detection

Autodesk Model Checker fa parte di una collezione (BIM Interoperability Tools), di plugin scaricabili gratuitamente dal sito della software house Autodesk; sono stati sviluppati per supportare i vari attori disciplinari, ma anche appaltatori e committenti, in un processo BIM.

Si procede con la verifica del modello tramite il plugin Model Checker; si effettua la configurazione dello strumento facendo click su setup; da qui è possibile scegliere un checkset file fra i vari proposti all'interno di una libreria pubblica con i relativi standard di controllo (Public Library) appartenenti al mercato anglosassone, e nello specifico il checkset "Revit 2019 Best Practices" rispondente alla versione del software di BIM Authoring utilizzato Revit 2019. Questi checkset file sono una sorta di pacchetti di regole e possono essere personalizzabili andando a modificarli, adattandoli alle specifiche verifiche.

Il plugin permette anche di caricare dei checkset localmente eventualmente preparati prima dell'inizio della fase di validazione. Il checkset file "Best Practice" verifica che il modello sia sviluppato secondo regole precise, per evitare controversie in fase di consegna.

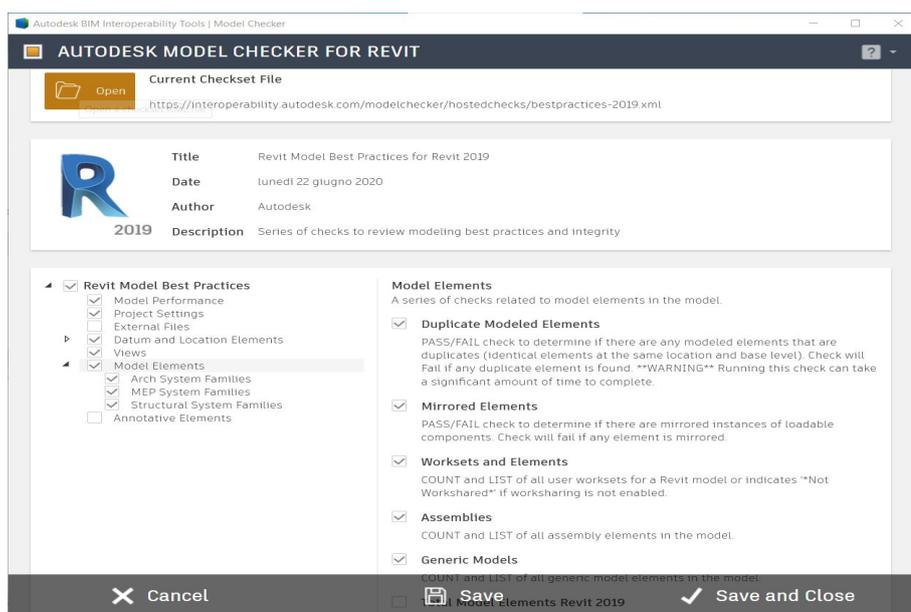
Questo strumento è uno dei più validi che possano essere a disposizione del BIM Manager e del BIM Coordinator; esso verifica le incongruenze in modo sistematico declinando al software le attività più critiche delle figure responsabili prima citate.



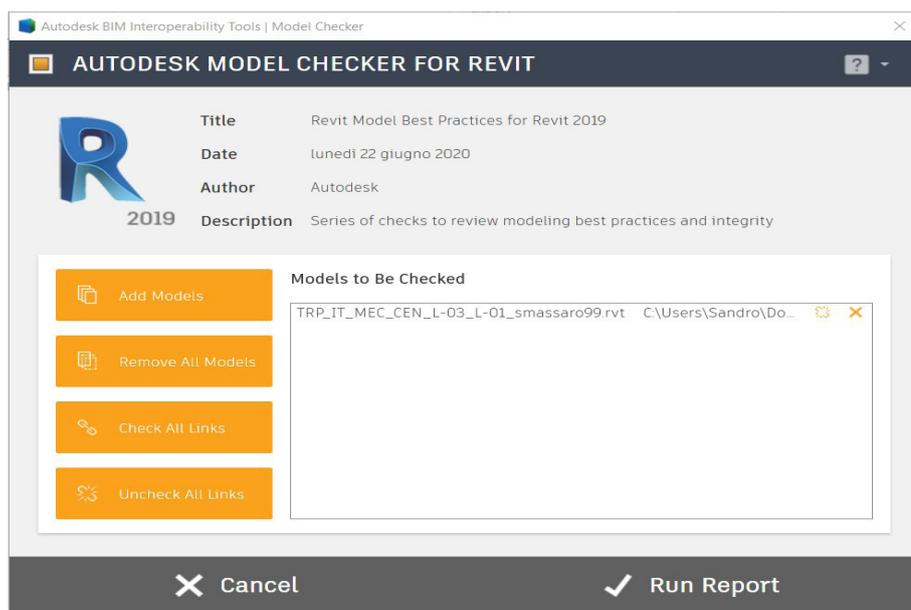
77) Apertura Model Checker e selezione del model Checkset

Per il nostro modello meccanico è stato scelto il checkset file “Revit Model Best Practice 2019” in linea con il software utilizzato Revit 2019 e definito dalle linee guida del “Drawing to the Future”. Questi è stato selezionato dalla libreria e successivamente si sono impostate le fasi di checking dai menù a tendina. Sono stati esclusi dal checking gli elementi annotativi.

Lo step successivo è stato quello di eseguire il check andando a cliccare sul comando “Run” nella barra relativa ai “BIM Interoperability Tool”; veniamo portati alla schermata di avvio del check, e qui potremo andare ad aggiungere o rimuovere altri modelli, così come includere o no i collegamenti. Model Checker verificherà le incongruenze e l’integrità del file.



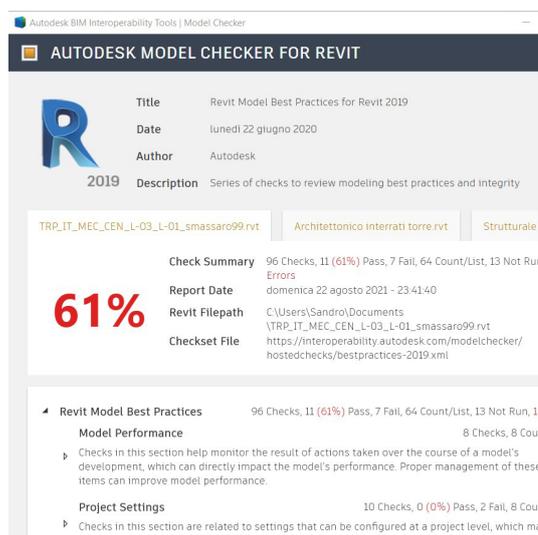
78) Selezione Chekset Best Practices



79) Avvio report

Terminato il Check apparirà la schermata “View Report”. Il report mostra in primo piano una valutazione in percentuale in relazione al Checkset standard selezionato e alle sue impostazioni. Di seguito mostriamo la verifica effettuata sul file:

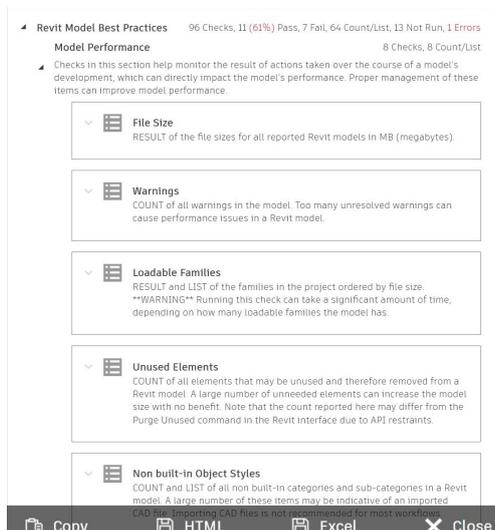
TRP\_IT\_MEC\_CEN\_L-03\_L-01; questo è il file meccanico degli Interrati Torre. Il risultato ottenuto è pari al 61%; possiamo analizzare il check in ogni punto in tutte le sue categorie e sottocategorie grazie ai menù a discesa nella parte inferiore della View Report. Si può notare come sia possibile copiare il report, esportarlo in html o in excel.



## 80) Risultati in percentuale del controllo

Sotto al titolo “Revit Model Best Practice” abbiamo la prima categoria “Model Performance”. Questa categoria non incide sul calcolo della percentuale, perché analizza totalmente il modello; i dati mostrano una panoramica globale del BIM Model, la sua dimensione, il numero di famiglie modellate, e il conteggio dei messaggi warning (es: componenti meccanici non connessi al sistema di rete dei condotti).

Questa prima categoria permette al modellatore di monitorare le maggiori criticità che comprometterebbero la sua approvazione nella fase di coordinamento e verifica in un processo BIM.



## 81) Categoria Model performance

Nella seconda categoria” Project settings” vi è una suddivisione delle voci in relazione alla valutazione delle impostazioni del progetto (project setting). Le singole voci analizzate non incidono sulla percentuale.

**Project Settings** 10 Checks, 0 (0%) Pass, 2 Fail, 8 Count/List

Checks in this section are related to settings that can be configured at a project level, which may need to be verified for compliance with standards defined for the project.

- Revit Version  
LIST of the version and build data of Revit running the check.
- Design Options  
COUNT and LIST of all elements created in each design option of the model.
- Elements Per Phase  
COUNT and LIST of all elements in each phase of the model.
- Worksets  
COUNT and LIST of all user worksets in the model or indicates "Not Workshared" if worksharing is not enabled.
- Project Information  
COUNT and LIST of all parameters and values attached to Project Information for a project except those associated with Revit Extensions (starting with 'Extensions').
- Project Coordinates  
COUNT and LIST of the coordinate values of the survey and project base points, elevation, and true north.

Copy HTML Excel Close

## 82) Configurazione progetto

La terza categoria” External files” analizza tutti i collegamenti esterni al Modello Meccanico, cioè i modelli BIM disciplinari architettonico, strutturale e i file cad (dwg), i quali sono stati utilizzati come base da modellazione.

**External Files** 8 Checks, 2 (100%) Pass, 0 Fail, 6 Count/List

A series of checks related to linked and imported files in the model.

- Linked Revit Files and Their Link Method  
COUNT and LIST of the link method (overlay vs. attach) for each Revit link in the model.
- Linked Revit Files Not Pinned in Place  
PASS/FAIL check to determine if any linked Revit files are not pinned in place. Will Fail if any are found.
- Linked CAD Files  
COUNT and LIST of all linked CAD files in the model.
- Linked CAD File Visible in All Views  
COUNT and LIST of all linked CAD files not set to Current View Only.
- Linked CAD File Not Pinned in Place  
PASS/FAIL check to determine if any linked CAD files are not pinned in place. Will Fail if any are found.
- Imported CAD files  
COUNT and LIST of all CAD files that were Imported and not Linked.
- Imported SKP files  
COUNT and LIST of all SKP files in the model.

Copy HTML Excel Close

## 83) Categoria External files

La quarta categoria “Datum and Location Elements” contiene un’analisi della corretta assegnazione dei livelli, locali (Rooms), degli spazi e delle aree.

▲ Datum and Location Elements	17 Checks, 7 (88%) Pass, 1 Fail, 8 Count/List, 1 Errors
A series of checks related to datum and location elements in the model.	
▶ Levels and Grids	6 Checks, 0 (0%) Pass, 1 Fail, 4 Count/List, 1 Errors
▶ Rooms	4 Checks, 3 (100%) Pass, 0 Fail, 1 Count/List
▶ Spaces	4 Checks, 3 (100%) Pass, 0 Fail, 1 Count/List
▶ Areas	3 Checks, 1 (100%) Pass, 0 Fail, 2 Count/List

#### 84) “Datum and Local Elements”

Ognuna di queste sottocategorie contiene un menù a discesa in cui vengono ulteriormente scomposte. Il secondo livello di scomposizione riporta la sottocategoria “Level and Grids”.

In questa sezione lo strumento analizza la corretta impostazione di livelli e griglie verificando la corretta assegnazione al workset “Shared Level and Grids”; nelle best practices Autodesk raccomanda l’inserimento di tutti i livelli e griglie in un workset specifico, affinché possano essere condivisi o non autorizzati in altri modelli; in questo caso l’errore “Level and Grids on wrong workset” indica che i livelli e le griglie sono sul workset errato e non condiviso; questo perché il file TRP\_IT\_MEC\_CEN\_L-03\_L-01 è stato staccato dal file centrale del server del Politecnico, per evitare sovraccarichi ai server, ma anche perché non necessitava in questa fase di elaborato di tesi il collegamento.

▲ Levels and Grids	6 Checks, 0 (0%) Pass, 1 Fail, 4 Count/List, 1 Errors
▼ [Icon] Levels	COUNT of all level elements in the model.
▼ [Icon] Level Types	COUNT and LIST of all level types in the model.
▼ [Icon] Grids	COUNT of all grid elements in the model.
▼ [Icon] Grid Types	COUNT and LIST of all grid types in the model.
▼ [Icon] Wrong Elements on Shared Levels and Grids	COUNT and LIST of all elements in the model that are on the 'Shared Levels and Grids' workset that are not levels or grids. Note that the 'Shared Levels and Grids' workset must have both 'level' and 'grid' (case insensitive) in the name in order to be recognized.
▼ [Icon] Levels and Grids on Wrong Workset	PASS/FAIL check to determine if any levels or grids are not on the Shared Levels and Grids workset. Will Fail if any are found.

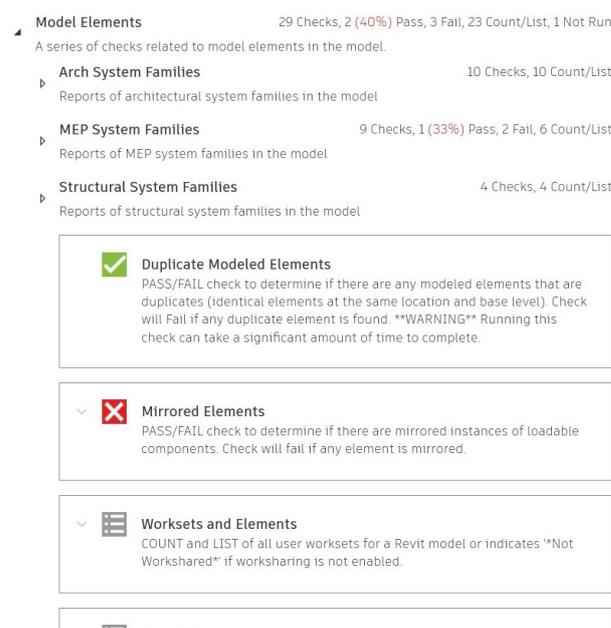
#### 85) “Levels and Grids”

La quinta categoria “View” analizza le viste e controlla i dati a loro associate, importanti per la gestione del modello informativo. Autodesk suggerisce come best practice la creazione di una vista 3D per l’esportazione in Navisworks.



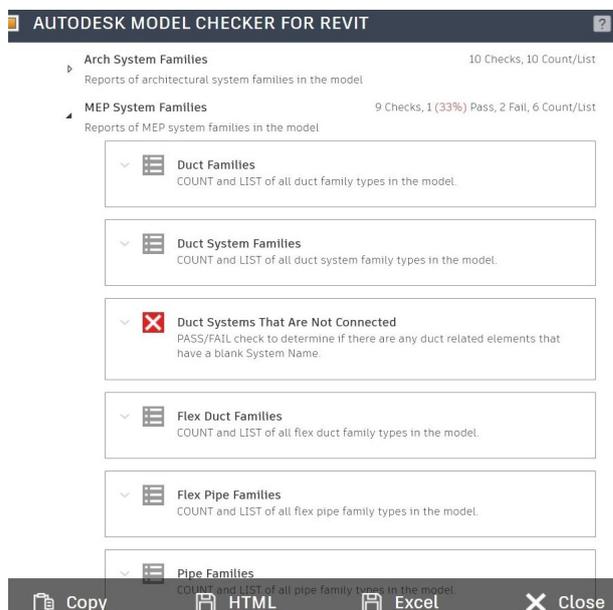
86) “Views”

La sesta categoria “Model elements” analizza gli elementi (le istanze), del progetto; questa sezione incide maggiormente sulla valutazione in percentuale della congruenza del modello. È suddivisa in tre sottocategorie relative alle analisi dei componenti delle singole discipline. Nel modello meccanico il check “Mirrored elements” non è stato superato perché lo strumento considera errate le istanze degli elementi (ad es. raccordi condotto, attrezzatura meccanica, accessori per condotto), che sono contrapposti e quindi lo strumento li considera specchiati.



87) “Model elements”

La sottocategoria “MEP System Families” include le analisi al sistema nel progetto, nel nostro caso solo l’impianto meccanico (Conduct). Il modello non ha superato il check “Duct System that are not connected”, perché lo strumento non riconosce i raccordi condotto utilizzati per chiudere i condotti aperti. Questa è un’operazione che si effettua quando si devono chiudere delle estremità aperte dei condotti mediante calotte di chiusura, altrimenti non vengono assegnati al sistema ovvero riportano un warning “elementi non connessi al sistema”; quindi per lo strumento queste calotte di chiusura non vengono riconosciute dal Model Checker.



88) “La rete dei condotti non è assegnata al sistema

## 5.5 Gestione intelligente dei dati

Si esegue un secondo check per verificare l'integrità del modello e l'analisi delle metriche (insieme degli indicatori), del modello informativo; utilizziamo anche per questo check lo strumento Model Checker e per l'output dei risultati il software Microsoft Power BI.

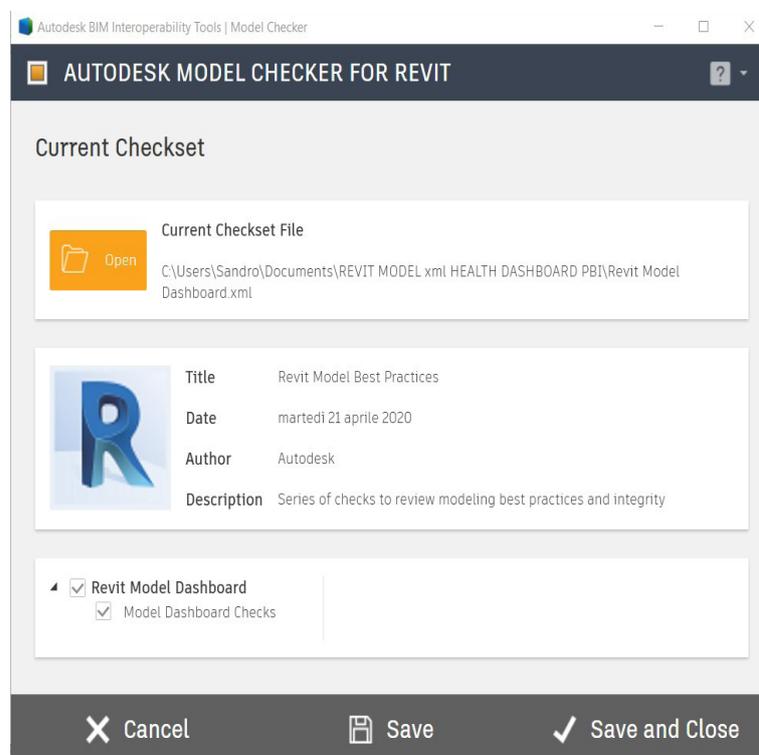
I report creati all'interno di Model Checker possono essere importati in Power BI; questo agevola l'interoperabilità tra software di natura diversa in un processo BIM dove la reportistica del dato è importante. Power BI è uno strumento di Business Analysis (composto da una serie di app che interagiscono tra loro).

Permette di trasformare origini di dati che non sono tra loro correlati (es. tabelle separate), in insiemi di dati coerenti e visivamente interessanti; da semplice tabella a cruscotto (dashboard), mette in evidenza la percentuale di test positivi rispetto alla quantità totale di elementi. La dashboard può monitorare il modello nel tempo e prestare attenzione ai suoi cambiamenti attraverso il processo di progettazione. I report di Power BI permettono l'esportazione di file in formato PDF.

Sono stati creati dal sottoscritto un modello Microsoft Power BI, e il corrispondente file di checkset di Revit Model Checker per aiutare gli operatori a tenere traccia e monitorare lo stato di salute del modello Revit. Il report di Power BI include una pagina "Report più recente". Questa raccolta di visualizzazioni esamina il report Excel del set di controllo creato più di recente nell'origine dati e offre un feedback visivo sulle informazioni contenute.

Il workflow si articola in cinque step che visualizzeremo di seguito.

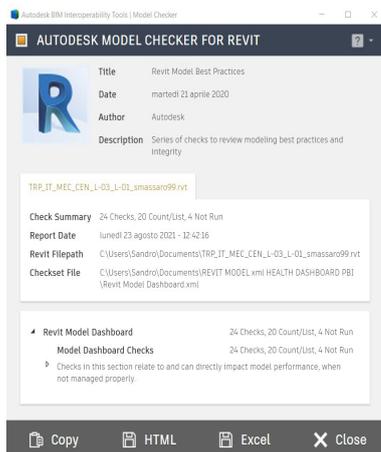
Il primo step riguarda l'esecuzione del check con lo strumento Model Checker utilizzando il modello fornito per il checkset; questi viene configurato e salvato, pronto per eseguire il check.



89) Selezione del revit model dashboard (checkset)

La finestra successiva relativa ai risultati non riporta i check “Pass” (superati) e “Fail” (non superati), perchè viene utilizzata la dashboard di Power BI per restituire le informazioni sulle soglie. Il check di Model Checker ci serve per essere esportato.

Il passo successivo è quello di esportare il report in Excel andando a salvarlo localmente nella cartella creata per i report all’interno della cartella generale nominata “revit model xml health dashboard pbi”; questo per avere un’organizzazione strutturata all’interno del workflow. In questo template di Power BI, i valori numerici della dashboard sono stati modificati e adattati dal sottoscritto, al Modello informativo (BIM).

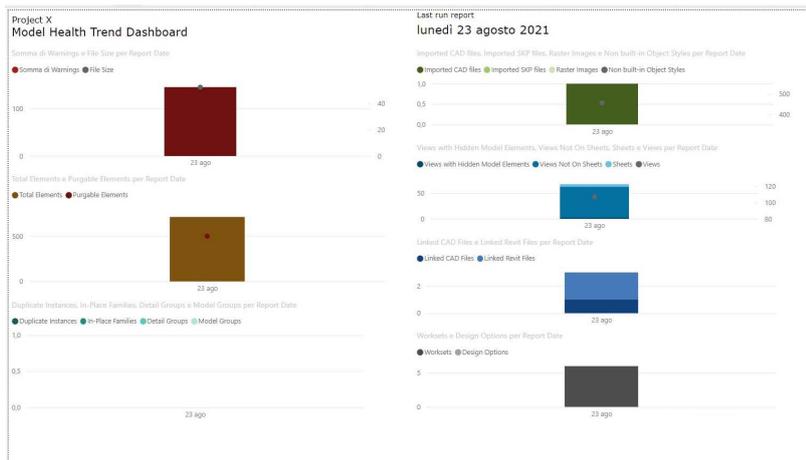


90) Finestra senza risultati

In Power BI apro il template “Revit Model Dashboard.pbix”, configuro il template per estrarre i dati generati dal file Excel; Power Bi riconosce i report di excel salvati nella apposita cartella e genera il suo report con la dashboard e gli indicatori. Questo report di Power BI è stato salvato nella cartella di progetto.



91) Report generato in Power BI



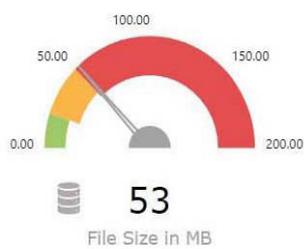
## 92) Report variazioni



Il quadrante degli avvisi è una combinazione di due rapporti specifici. Il numero elevato in fondo è semplicemente il totale degli avvisi trovati nel rapporto.

Il quadrante stesso riporta il numero di avvisi diviso per la dimensione del file. Molte organizzazioni utilizzano questo calcolo per monitorare il numero appropriato di avvisi in un modello.

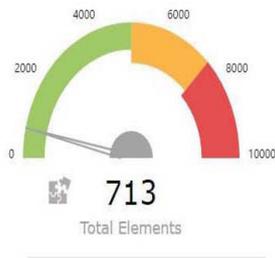
- VERDE** Da 0 a 3 avvisi per MB
- GIALLO** Da 3 a 5 avvisi per MB
- ROSSO** Più di 5 avvisi per MB



Il quadrante Dimensione file riporta la dimensione del modello arrotondata a

- VERDE** Da 0 a 20 MB
- GIALLO** Da 20 50 MB
- ROSSO** Più di 50 MB

## 93) Descrizione sulle soglie di visualizzazione file



Riporta un conteggio di tutte le istanze nelle categorie di modelli e annotazioni.

<b>VERDE</b>	Da 0 a 5000 elementi
<b>GIALLO</b>	Da 5000 a 7500 elementi
<b>ROSSO</b>	Più di 7500 elementi



Purgable Elements è un report raccolto degli elementi inutilizzati nel modello. Si noti che questo non è lo stesso del conteggio Elimina inutilizzati nell'interfaccia utente di Revit, a causa di una limitazione con l'API di programmazione di Revit, ma il numero è una rappresentazione ravvicinata.

<b>VERDE</b>	Da 0 a 300 elementi
<b>GIALLO</b>	Da 300 a 500 elementi
<b>ROSSO</b>	Più di 500 elementi

#### 94) Descrizione sulle soglie di visualizzazione elementi

Queste procedure di output tra il software di BIM Authoring e gli strumenti di gestione dei dati ci rendono consapevoli delle potenzialità di strumenti e metodi in costante evoluzione e Questo caso richiama uno dei concetti cardine del BIM, ossia l'interoperabilità tra strumenti e metodi.



#### 95) Flowchart Revit-Dynamo-Excel-PowerBI

## 5.5 Clash Detection (Workflow)

Con l'adozione del Building Information Modeling, le organizzazioni strutturate hanno cominciato a capire i vantaggi che tale processo apporta attraverso lo scambio delle informazioni. Già in molti hanno capito che lo scambio di modelli digitali può aumentare notevolmente la produttività e l'efficienza. Uno degli usi del BIM, oggi particolarmente apprezzato, ed utilizzato è la Clash Detection, ovvero l'analisi delle interferenze.

Queste analisi sono importanti per la fase di coordinamento; sono contrattualmente definite nel Capitolato Informativo e nel Piano di Gestione Informativa.

Per l'elaborato di tesi è stato utilizzato il software di BIM processing e reviewing Autodesk Naviswork Manage 2019 in linea con il software Revit 2019 definiti dalle "Linee Guida".

Navisworks Manage permette di effettuare la pianificazione e la simulazione dei tempi di costruzione, nonché per la verifica delle interferenze geometriche tra più modelli BIM.

L'analisi delle interferenze può essere effettuata quando la fase di modellazione è terminata; i BIM specialist anche se non sono responsabili per il Coordinamento (BIM Coordinator), devono fare l'analisi all'interno del software di BIM Authoring Revit. Questo è funzionale alle attività di coordinamento e verifica del BIM Coordinator.

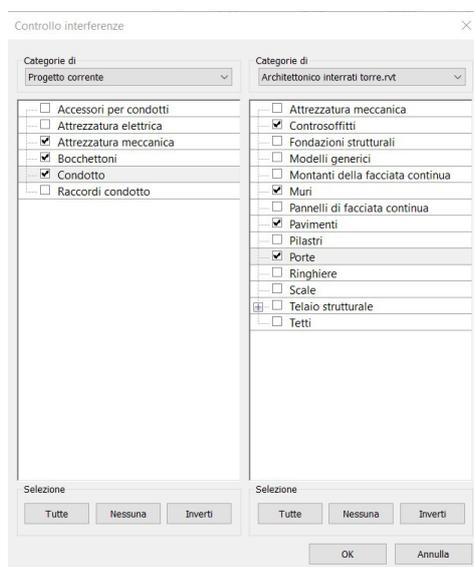
Dalla scheda Collabora di Revit richiamo il comando Controllo Interferenze. In questo caso ho un Modello Federato precedentemente preparato nel quale, al Modello "host" dell'impianto meccanico sono stati collegati i modelli (architettonico e strutturale).

È possibile effettuare analisi tra Modelli disciplinari diversi oppure tra i componenti dello stesso modello disciplinare.



96) Comandi controllo interferenze Revit

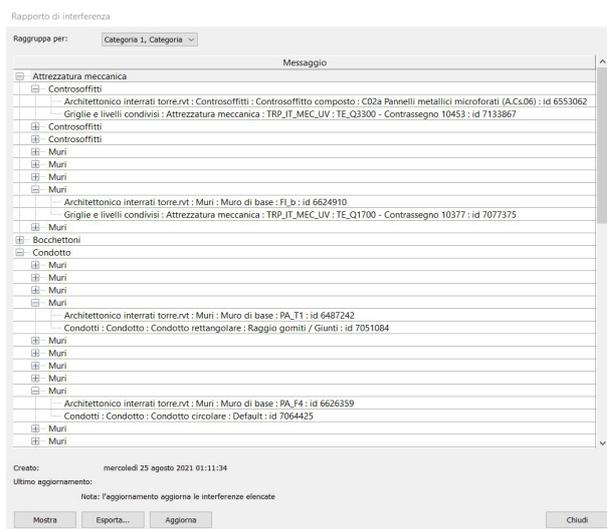
Compare una finestra in cui dovremo selezionare i componenti per l'analisi; di seguito ho effettuato l'analisi tra componenti dell'impianto meccanico e componenti del modello architettonico e da qui avviare l'analisi.



97) Interferenze tra impianti e componenti architettonici

Terminata l'analisi compare l'elenco delle interferenze tra i componenti dell'impianto meccanico e quelli della disciplina architettonica; da qui è possibile mostrare nel software l'interferenza selezionata, inoltre possiamo notare associazione ad ogni componente di un Identificativo (id) molto importante per la fase di computistica. Il report può essere esportato in formato html per comunicare con gli altri operatori del Team.

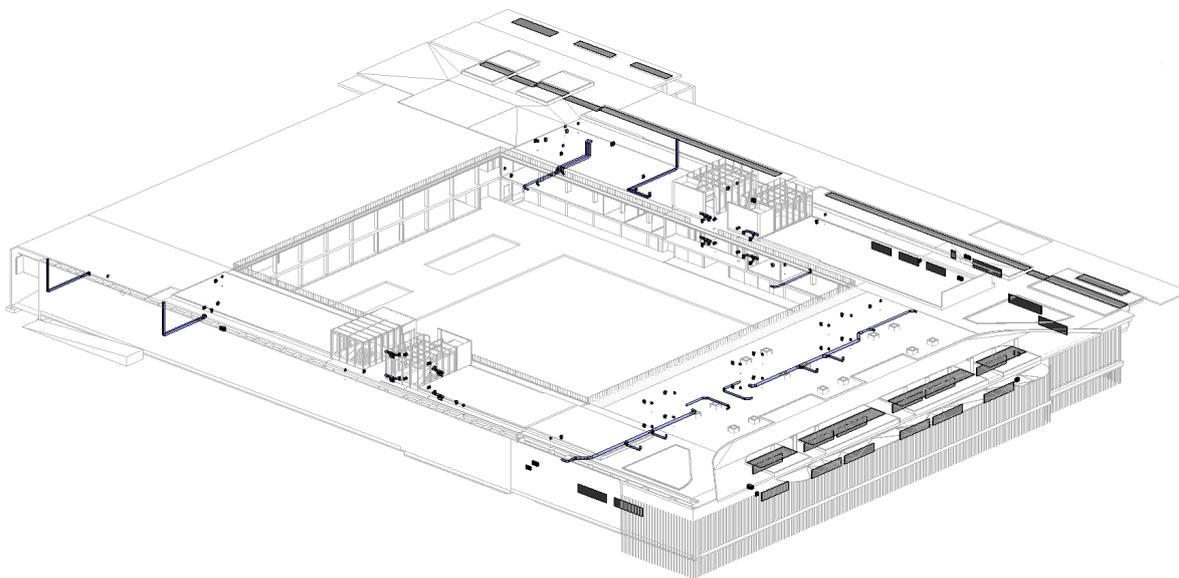
Non approfondiremo ulteriormente tutta la procedura; era importante esporla, anche se in modo sintetico ma utile per comprendere il processo BIM; l'analisi delle interferenze è stata approfondita in modo specifico in termini di metodi e strumenti software.



98) Interferenze riscontrate in Revit

## Organizzazione delle informazioni

Prima di effettuare l'analisi è stata preparata una vista 3D in Revit 2019, questo per avere un modello completo in Navisworks; Autodesk consiglia sempre questo metodo per ottimizzare il processo in Navisworks.



99) Vista 3D Revit per Navisworks

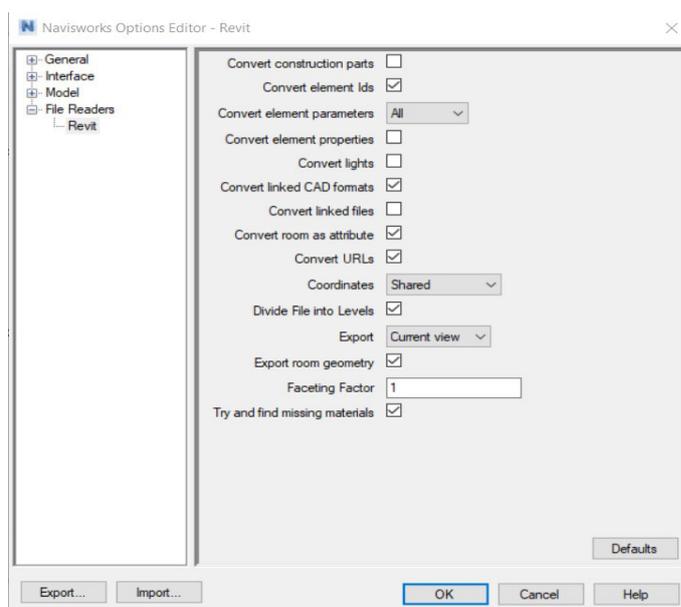
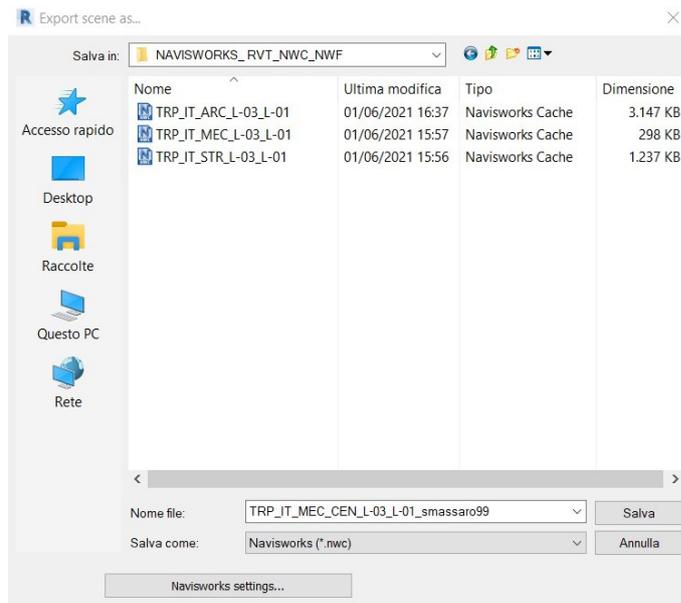
Terminata la fase di preparazione e organizzazione di ogni modello disciplinare è possibile poi esportare da Revit i relativi modelli. In questo caso vi è una buona interoperabilità tra Revit e Navisworks; i file di Revit verranno convertiti in formato NWC di Navisworks.

Basterà andare nella scheda Moduli aggiuntivi > Strumenti esterni > Navisworks 2019.

Navisworks carica le geometrie e le informazioni senza appesantire i file; i file NWC sono detti file di cache (memoria); più avanti spiegheremo il significato dei formati di Navisworks.

Apparirà la finestra di esportazione in cui dovremo andare a configurare delle opzioni.

In questa finestra è molto importante attivare l'opzione "Coordinate condivise", perché i modelli di Revit sono stati configurati attraverso il metodo del posizionamento condiviso.



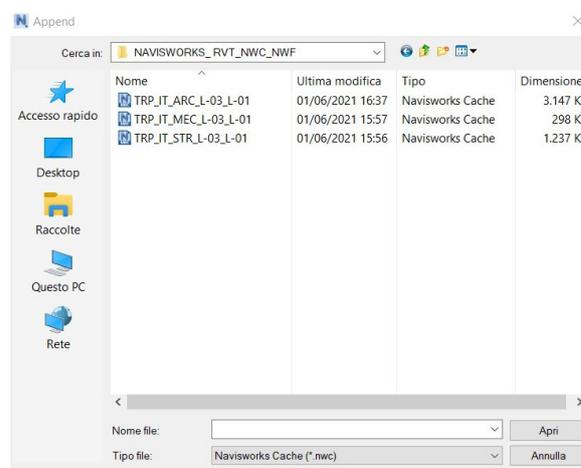
100) Finestra di esportazione da Revit a Navisworks e settaggi

Nel paragrafo 5.1 abbiamo descritto le procedure di controllo e verifica nella fase di coordinamento; attraverso il grafico, il quale chiarisce i compiti e le responsabilità delle figure professionali. Per questa tesi ho simulato il processo di una commessa BIM.

### Importazione dei BIM Model disciplinari

In questa fase di coordinamento sono stati importati tutti i modelli disciplinari (architettonico, strutturale e meccanico), ovvero quelli convertiti in Revit nel formato NWC, nella fase di esportazione. Una volta aperto Naviswork 2019 basterà andare nella scheda Progetto e cliccare su “Aggiungi”, qui dovremo selezionare i tre modelli disciplinari che definiscono il nostro Modello Federato. Esiste anche un secondo metodo per importare i file NWC; basta aprirli direttamente in Navisworks.

Terminata l'importazione dei tre file NWC, facciamo un salvataggio del file in formato, questa volta NWF; questa operazione ci consente di gestire in un unico file i tre modelli precedentemente importati. Il formato NWF è un set di dati.



101) Comando aggiungi file NWC in Navisworks

### Test di Interferenza

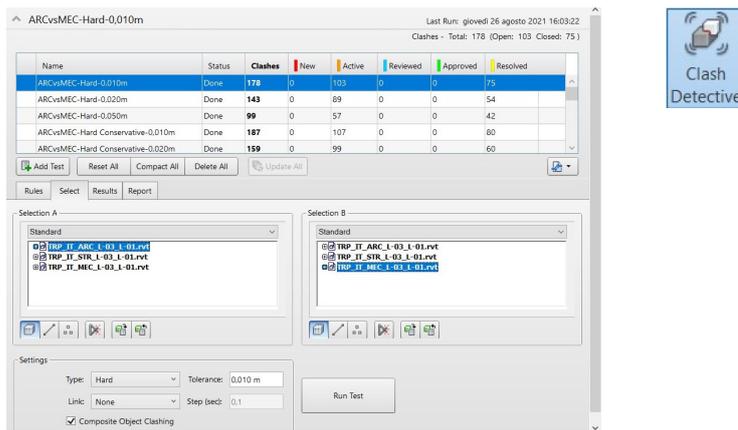
Vediamo come impostare una Clash Detection in Navisworks, basandoci sulle regole impostate nella configurazione.

Per Clash Detection intendiamo l'individuazione di conflitti fisici tra elementi di modello. In realtà a questa attività si potrebbero associare delle Clash non fisiche ma di movimentazione degli elementi, parlando di Interference Check-in generale.

Per l'analisi il flusso di lavoro è stato il seguente:

- Definire i test di interferenza tra gli elementi dei modelli
- Definire le regole che controllano i test di interferenza
- Effettuare il test
- Analisi dei risultati: Nell'apposita interfaccia e visibili nei modelli
- Assegnazione dell'interferenza ai componenti del team: Attraverso la apposita funzione Associa
- Creazione del rapporto: La generazione del rapporto, è esportabile in molti formati, importabili e gestibili attraverso diversi software
- Condivisione del rapporto: per garantire la collaborazione ed il coordinamento del team

Attiviamo il comando “Clash Detective” nella barra dei comandi, molto familiare a chi opera con i software Microsoft per via della sua interfaccia; appare la finestra relativa ai Test di analisi.



102) Selezione dei modelli per l'analisi

Per questo lavoro di tesi ho effettuato tre tipi di test tra il modello architettonico e il modello meccanico e rispettive tolleranze visibili in figura.

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved
ARCvsMEC-Hard-0,010m	Done	178	0	103	0	0	75
ARCvsMEC-Hard-0,020m	Done	143	0	89	0	0	54
ARCvsMEC-Hard-0,050m	Done	99	0	57	0	0	42

103) Arc vs Mec Hard test

I test sono stati ripetuti questa volta con un'altra categoria e medesime tolleranze; di seguito andremo a chiarire il significato delle categorie e la relazione che intercorre tra queste e le tolleranze.

ARCvsMEC-Clearance-0,050m	Done	306	0	176	0	0	130
ARCvsMEC-Clearance-0,100m	Done	430	0	245	0	0	185
ARCvsMEC-Clearance-0,150m	Done	559	0	322	0	0	237

104) Arc vs Mec Clearance test

I medesimi test sono stati poi effettuati tra il modello Strutturale e il modello Meccanico.

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved
STRvsMEC-Hard-0,010m	Done	103	103	0	0	0
 STRvsMEC-Hard-0,020m	Old	80	0	80	0	0
STRvsMEC-Hard-0,050m	Done	63	0	63	0	0

105) Str vs Mec Hard test

Ulteriori test sono stati fatti tra il modello architettonico e il modello meccanico, per le categorie di clash “Hard conservative”.

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved
ARCvsMEC-Hard Conservative-0.010m	Done	187	0	107	0	0	80
ARCvsMEC-Hard Conservative-0.020m	Done	159	0	99	0	0	60
ARCvsMEC-Hard Conservative-0.050m	Done	139	0	91	0	0	48

106) Arc vs Mec Hard conservative

Quindi anche per lo strutturale

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved
STRvsMEC-Hard-0.010m	Done	103	103	0	0	0
STRvsMEC-Hard-0.020m	Old	80	0	80	0	0
STRvsMEC-Hard-0.050m	Done	63	0	63	0	0

107) Str vs Mec Hard test

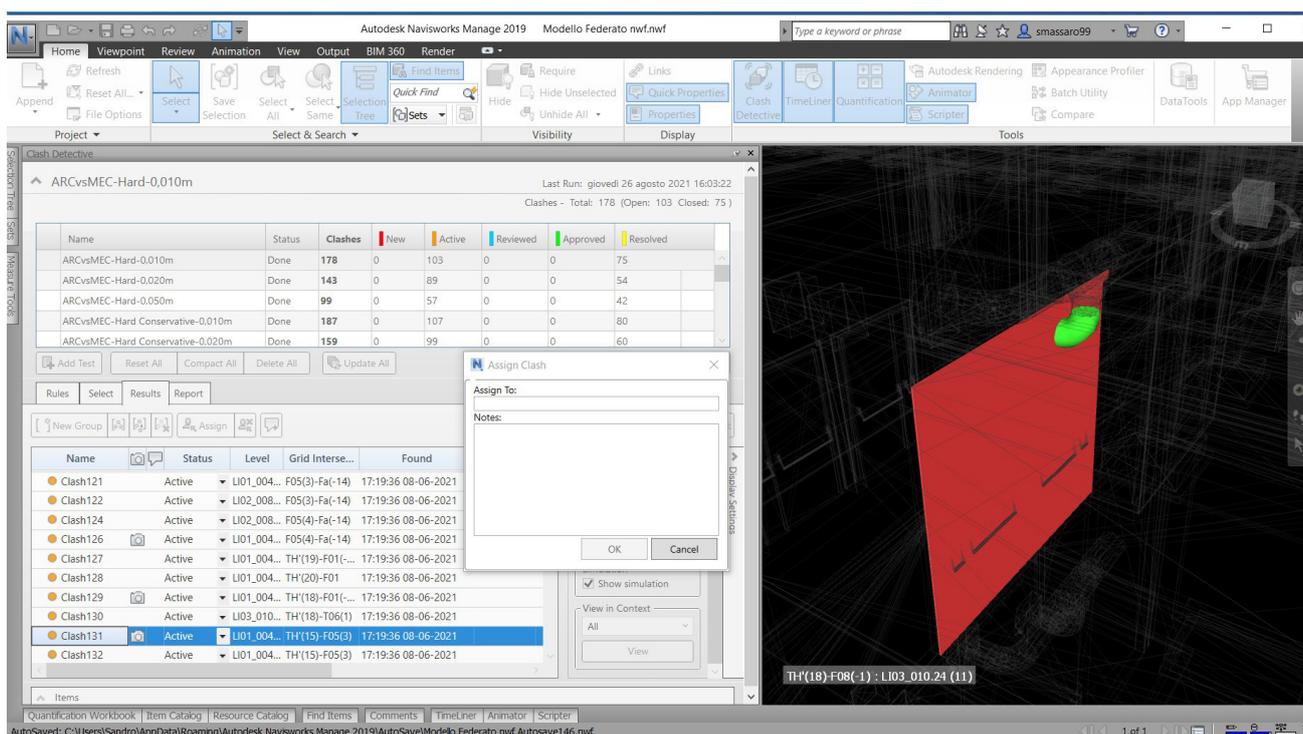
Un ultimo test è stato effettuato tra il modello architettonico e il modello meccanico per verificare la presenza di duplicati.

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved
ARCvsMEC-Duplicates-0.050m	Done	0	0	0	0	0	0

108) Arc vs Mec Duplicates

Per questa tesi ho simulato le regole definite dal BIM Coordinator; questo settaggio ovviamente è da definire all’inizio della commessa BIM.

Risultati delle analisi di interferenza



109) Risultati analisi e assegnazione interferenze

AUTODESK®  
NAVISWORKS® Clash Report

ARCvsMEC-Hard-0,010m	Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status
	0,010m	178	0	103	0	0	75	Hard	OK

Image	Clash Name	Status	Distance	Grid Location	Description	Date Found	Clash Point	Item 1				Item 2			
								Item ID	Layer	Item Name	Item Type	Item ID	Layer	Item Name	Item Type
	Clash17	Active	-0.148	Fa-T05 : LI03_010.24	Hard	2021/6/8 15:19	x:-22.543, y:-42.059, z:-0.706	Element ID: 6706747	LI02_008.54	Scale 255	Rooms	Element ID: 7214997	LI01_004.27	Round Duct	Ducts: Round Duct: Default
	Clash18	Active	-0.148	Fa-T05 : LI03_010.24	Hard	2021/6/8 15:19	x:-22.590, y:-42.222, z:-5.133	Element ID: 6706747	LI02_008.54	Scale 255	Rooms	Element ID: 7214397	LI02_008.54	Round Duct	Ducts: Round Duct: Default
	Clash19	Active	-0.147	TH-F05 : LI03_010.24	Hard	2021/6/8 15:19	x:-13.538, y:33.182, z:-0.707	Element ID: 6706750	LI02_008.54	Scale 256	Rooms	Element ID: 7218078	LI01_004.27	Round Duct	Ducts: Round Duct: Default
	Clash20	Active	-0.147	TH-F05 : LI03_010.24	Hard	2021/6/8 15:19	x:-13.490, y:33.346, z:-5.134	Element ID: 6706750	LI02_008.54	Scale 256	Rooms	Element ID: 7146327	LI02_008.54	Round Duct	Ducts: Round Duct: Default
	Clash21	Active	-0.146	TH-F05 : LI03_010.24	Hard	2021/6/8 15:19	x:-1.566, y:29.806, z:-5.012	Element ID: 6706753	LI02_008.54	Scale 257	Rooms	Element ID: 7146790	LI02_008.54	Round Duct	Ducts: Round Duct: Default
	Clash22	Active	-0.146	TH-F05 : LI03_010.24	Hard	2021/6/8 15:19	x:-1.623, y:29.811, z:-5.012	Element ID: 6706753	LI02_008.54	Scale 257	Rooms	Element ID: 7146790	LI01_004.27	Round Duct	Ducts: Round Duct: Default

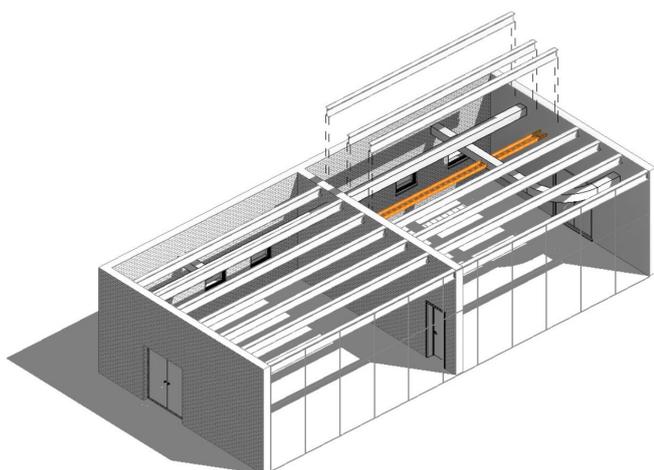
The screenshot shows the 'Clash Detective' application window. At the top, it displays the project name 'ARCvsMEC-Hard-0,010m' and the last run date 'giovedì 26 agosto 2021 16:03:22'. Below this is a summary of clashes: 'Clashes - Total: 178 (Open: 103 Closed: 75)'. A table lists various test configurations with columns for Name, Status, Clashes, New, Active, Reviewed, Approved, and Resolved. The 'Contents' section on the left has checkboxes for 'Summary', 'Clash Point', 'Date Found', 'Assigned To', 'Date Approved', 'Approved By', 'Layer Name', 'Item Path', 'Item ID', and 'Status', all of which are checked. The 'Include Clashes' section on the right has a dropdown for 'Group Headers Only' and a checkbox for 'Include only filtered results'. Below that, 'Include these statuses:' has checkboxes for 'New', 'Active', 'Reviewed', 'Approved', and 'Resolved', all checked. The 'Output Settings' section at the bottom has a 'Report Type' dropdown set to 'Current test' and a 'Report Format' dropdown menu open, showing options: 'HTML (Tabular)', 'XML', 'HTML', 'HTML (Tabular)', 'Text', and 'As viewpoints'. A 'Write Report' button is visible to the right of the dropdown.

110) Formati di esportazione report e report Arc vs Mec formato html

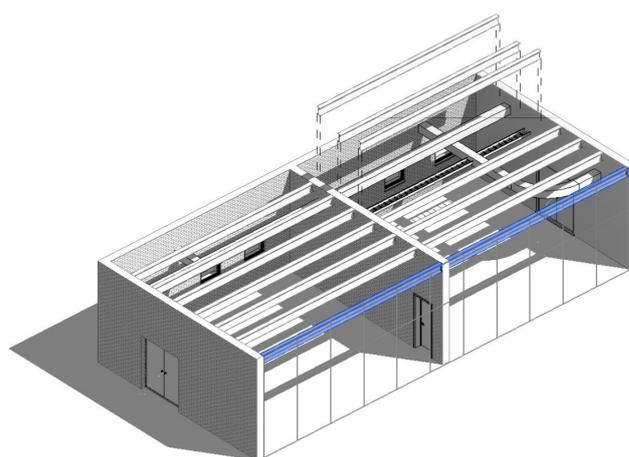
La definizione del tipo di clash è configurabile nella parte bassa della finestra di Navisworks e possiamo differenziarle per quattro tipologie: Hard Clash, Clearance Clash (o Soft Clash), Hard Conservative e Duplicate.

**Hard Clash:** È il clash più comune, e si verifica quando due oggetti sono fisicamente in conflitto. Un condotto dell'aria condizionata che attraversa una trave appartiene a questo tipo di clash. Generalmente si richiede che questi clash vengano sempre risolti nel modello, sin dalla fase di Concept, e generalmente essi vengono risolti spostando uno dei due elementi. Può anche accadere che il conflitto venga risolto sostituendo uno degli elementi con un elemento che consenta di risolvere il conflitto in cantiere. In questo caso, si può parlare di Hard Manageable Clash, ovvero un conflitto noto che verrà risolto in fase di realizzazione. Il tipico esempio è la sostituzione di un condotto dell'aria condizionata con un condotto flessibile. In questo caso è comunque necessaria un'alterazione del modello (la sostituzione del componente) ed è consigliabile mantenere viva la segnalazione apponendo un qualche tipo di mark (Avviso).

Un esempio di Hard Clash: quando gli impiantisti non collaborano (un portacavi attraversa un condotto dell'aria condizionata)



111) Esempio di hard clash



112) Esempio di clearance clash

**Clearance Clash (o Soft Clash):** quando due oggetti non si compenetrano fisicamente, ma la loro prossimità è tale da renderne impossibili o eccessivamente difficoltosi il montaggio e/o la manutenzione. Può trattarsi ad esempio di una gola per illuminazione a controsoffitto troppo stretta, che non consente di montare o sostituire le lampade, di un vetro che non è possibile pulire, di un profilo che non è possibile avvitare. Generalmente si richiede che questi conflitti vengano risolti in fase di schematizzazione o, in fase di progettazione e naturalmente si tratta di conflitti estremamente difficili da individuare. Per quasi tutte le discipline impiantistiche, è richiesto che gli spazi di tolleranza vengano modellati; questo è un problema del BIM coordinator.

Un esempio di Clearance Check: l'architetto non ha senso pratico (una trave impedisce di pulire la parte superiore del vetro)

La quarta e più spinosa categoria di clash è la 4d o Workflow Clash. È un conflitto di tipo temporale e si verifica quando due oggetti dell'edificio sono progettati in modo da collidere o sovrapporsi in fase di montaggio. La sua risoluzione potrebbe essere responsabilità del progettista, ma più spesso è responsabilità del direttore lavori, e coinvolge informazioni che non sono presenti all'interno del modello, come i percorsi di ingresso delle merci o i luoghi di deposito dei materiali. Difficilmente è richiesto che questi conflitti vengano risolti prima della gara d'appalto.

Hard (Conservative):

Trova potenziali conflitti quando la geometria non si interseca (attraverso triangoli complanari) per esempio: un elemento contenuto in un altro, oppure due condotti esattamente paralleli e leggermente sovrapposti alle estremità.

Duplicates: Cerca errori nei modelli (elementi che sono stati modellati due volte, copie e così via).

A queste categorie di clash si sovrappone trasversalmente il concetto di Collision Level, che gestisce quando e come i diversi tipi di clash devono essere risolti dalle diverse discipline. Il livello 1 è quello con massima criticità e deve essere risolto immediatamente all'interno del modello. Il livello 2 ha alta criticità ma può essere risolto in fase di riunione di coordinamento. Il livello 3 comprende collisioni importanti ma in continuo divenire ed è quindi accettabile che vengano risolte solo in chiusura di una fase. Bisogna ricordare che queste categorie sono applicate a un BIM collaborativo; queste fasi sono definite nel Capitolato Informativo e nel BEP (BIM Execution Plan).



113) Livelli di conflitto

## Formati file di Navisworks

Autodesk Navisworks dispone di tre versioni:

- Autodesk Navisworks Freedom: si tratta di un semplice visualizzatore, che consente la visualizzazione e/o la riproduzione di TimeLine. Uno strumento quindi legato non tanto all'operatività quanto più alla condivisione e revisione, con i team esterni e con la committenza.
- Autodesk Navisworks Simulate: consente, come dice il nome, le sole simulazioni, e non le clash detection.
- Autodesk Navisworks Manage: è la versione completa, quindi permette sia simulazioni che detection di interferenze, ed accetta diversi tipi di formati in input.

Il sottoscritto per questo lavoro di tesi ha utilizzato Navisworks Manage 2019; in questo caso non si parla di singolo software ma di piattaforma collaborativa basata su tre tipologie di file: NWC, NWF, NWD.

NWC: quando si apre un file di BIM Authoring in Navisworks, per default viene creato un file di cache (NWC) corrispondente, che contiene tutti i dettagli di conversione richiesti da Navisworks. Quando successivamente si apre tale file in Navisworks, il programma verifica se è disponibile un file di cache. Se il file di cache è disponibile, Navisworks verifica se il file di BIM Authoring è stato modificato dopo l'ultima apertura nel programma.

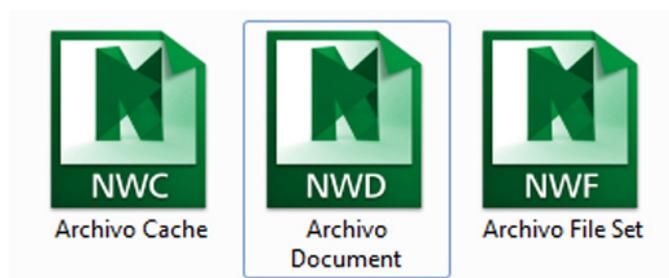
Se il file non è stato modificato, Navisworks legge il file memorizzato nella cache, velocizzando il processo di caricamento e utilizzando una quantità inferiore di memoria. Se il file CAD è stato modificato, Navisworks legge nuovamente il file CAD e ricrea la cache. I file NWC sono più piccoli dei file originali e velocizzano l'accesso.

NWF: Un file NWF contiene collegamenti ai file nativi originali (come elencato nell'albero di selezione di Navisworks), insieme a dati specifici di Navisworks, come le revisioni. Nessuna geometria del modello viene salvata con questo formato di file; questo rende un file NWF di dimensioni considerevolmente più piccolo di un file NWD. Questo formato è importante per l'attività di coordinamento. È consigliabile utilizzare un file NWF quando si fa riferimento a diversi file BIM Authoring. In questo modo, non sarà necessario ripubblicare il file Navisworks quando uno dei file BIM viene modificato, perché con il file NWF vengono aperti i file più recenti disponibili.

Il file NWF esegue la lettura nei file di cache dei file BIM Authoring che non sono stati modificati. Ciò consente di ridurre notevolmente il tempo di caricamento dei file e la quantità di memoria utilizzata. Per questo motivo, è inoltre consigliabile utilizzare un file NWF quando si eseguono test di interferenza. I risultati originali dei test di interferenza vengono salvati nel file NWF. È quindi possibile modificare i file BIM Authoring, se necessario. Quando si apre di nuovo il file NWF, vengono aperti i file BIM Authoring aggiornati e Clash Detective, in base ai dati di interferenza originali memorizzati; questo determinerà che tali interferenze sono già state risolte.

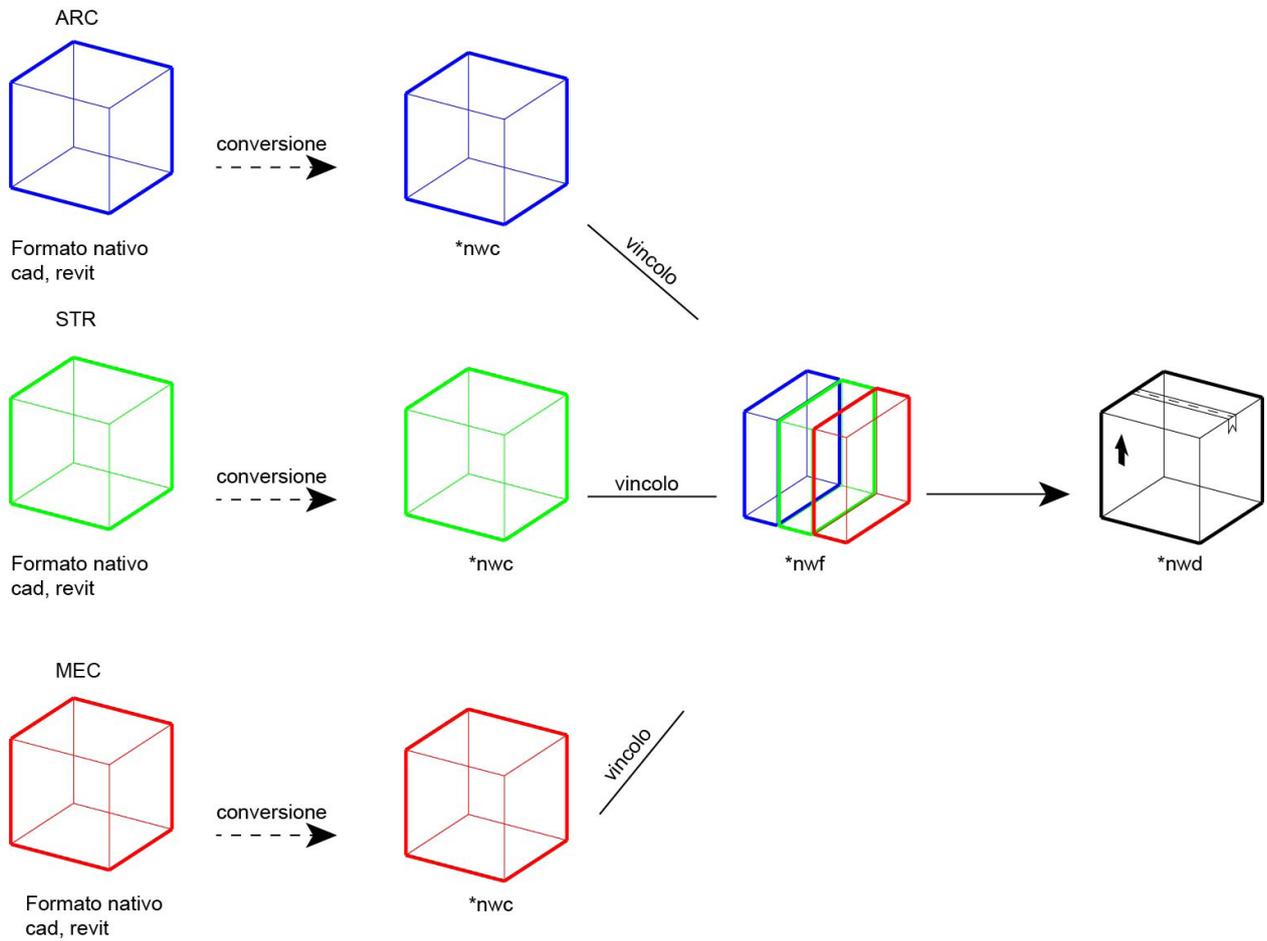
NWD: Un file NWD contiene tutta la geometria del modello insieme ai dati specifici di Navisworks, come le revisioni, le viste salvate, i commenti; si pensi a un file NWD come un'istantanea dello stato corrente del modello. I file NWD sono generalmente più compatti dei file BIM Authoring originali e possono essere caricati più rapidamente in Navisworks.

Questi file sono destinati a pubblicare e distribuire una versione compilata del progetto corrente per consentire ad altri utenti di esaminarla. Il vantaggio dei file NWD è che altri utenti possono esaminarli anche se non dispongono di Navisworks, utilizzando Freedom, il visualizzatore gratuito di Navisworks. Inoltre, non è necessario inviare tutti i disegni di origine ad altri utenti, ma solo un file NWD protetto. Sono file per la pubblicazione e condivisione.



114) Formati file Navisworks

Si consiglia di utilizzare un file NWF quando si fa riferimento a diversi file CAD. In questo modo, non sarà necessario ripubblicare il file Navisworks quando uno dei file CAD viene modificato, perché con il file NWF vengono aperti i file più recenti disponibili. Il file NWF esegue la lettura nei file di cache dei file CAD che non sono stati modificati. Ciò consente di ridurre notevolmente il tempo di caricamento dei file e la quantità di memoria utilizzata.



115) Schema formati file Navisworks, elaborato personale

## VI. CONCLUSIONI

L'elaborato di questa tesi parte da un percorso iniziato con il tirocinio, dove sin da subito mi sono confrontato con il caso studio della Torre della Regione Piemonte e degli Interrati Torre; questa esperienza mi ha dato l'opportunità di operare concretamente su una tipologia di edificio mai affrontata dal sottoscritto. Al di là dei metodi e delle procedure con cui ho approcciato a questo lavoro, devo dire che mi ha molto entusiasmato il fatto di esplorare, studiare e capire un progetto di così vasta entità e complessità; vedere come sono state organizzate e gestite le distribuzioni degli ambienti interni ed esterni, i rapporti e le relazioni con lo spazio pubblico e nell'insieme, degli aspetti architettonici, ma anche dal punto di vista degli aspetti strutturali con le soluzioni tecnologiche adottate. I grandi sbalzi aggettanti che si staccano dalla torre sulla facciata, la sua rigidità strutturale con le sue controventature e l'attenzione posta agli aspetti sismici.

La prima parte della tesi riguarda l'introduzione al BIM e la sua costante evoluzione, l'interoperabilità, la metodologia, lo sviluppo informativo, gli standard e le normative.

Nella seconda parte della tesi ho trattato la disciplina impiantistica; da un punto di vista pratico ho effettuato la modellazione dell'impianto meccanico (aerulico) degli interrati della torre; modellazione che ha riguardato anche la modellazione delle unità di ventilazione a supporto dei filtri antincendio e altri componenti relativi all'attrezzatura meccanica e accessori per condotti. Il modello BIM è stato arricchito di tutta una serie di informazioni precise, vincolate a una semantica dei termini indicati dalle linee guida, quindi parliamo di modellazione delle informazioni.

L'approfondimento della tesi riguarda la validazione del modello BIM attraverso la procedura di Model Checking che risulta essere uno strumento innovativo nell'evoluzione del metodo BIM; favorisce l'integrazione tra i modelli e la collaborazione multidisciplinare; inoltre attribuisce maggior importanza alla committenza la quale richiede i requisiti scritti nel capitolato informativo.

Ho effettuato il processo di verifica e di coordinamento andando a simulare le attività del BIM coordinator, utilizzando software specifici e riscontrando una buona interoperabilità tra software di BIM authoring e software di model checking. Inizialmente ho sottoposto il modello federato a un controllo sugli elementi modellati e analizzato quanti erano i test "passati" e quelli "non passati"; successivamente è stata gestita la fase di esportazione dei dati con l'utilizzo di specifici software.

L'ultima fase ha riguardato i controlli delle interferenze tra modelli disciplinari e l'esportazione dei report.

Lo scopo della tesi era quello di verificare le potenzialità di questi strumenti e quanto incidano sin dalle fasi iniziali sul progetto; il model checking può risolvere molte delle problematiche che derivano dal cantiere, perchè a differenza di un processo tradizionale, con lo strumento di model checking si fanno analisi e simulazioni prima di realizzare l'opera. In un processo tradizionale, lo scambio di informazioni è frammentato o inesistente, oltretutto supportato ancora dalla documentazione cartacea.

Questo comporta una non congruità nei progetti tra quanto richiesto in fase esecutiva dal capitolato informativo e quanto realizzato in cantiere. Tutti gli attori del processo edilizio dovrebbero acquisire un nuovo modello culturale e innovativo basato sulla digitalizzazione dei processi edilizi. Il model checking attribuisce responsabilità agli operatori, ma va ad incrementare la qualità dell'opera; alcuni enti governativi in Europa pongono come condizione di partenza per lo sviluppo dei progetti, l'utilizzo del modello BIM.

## VII. BIBLIOGRAFIA

1. National Institute of Building Sciences buildingSMART alliance National BIM Standard, United States Version 2, 2012.
2. American Institute of Architects, Integrated Project Delivery, a guide, version 1, 2007.
3. Aalto University, Department of Civil Engineering, Rakentajanaukio 4A, FI-02150 ESPOO, Finland "The Effects of BIM and Lean Construction on Design Management Practices", Researchgate, 2016
4. Carlo Ratti, M.G. Mattei, "Smart city, smart citizen Meet the media guru", Egea, 2013.
5. Paolo Borin, Carlo Zanchetta, "IFC Processi e modelli digitali Open BIM per l'ambiente costruito", Maggioli editore, 2020.
6. Arch. Luciana Bianchin, "Lo stato legislativo del BIM in Italia", BIM, Ingegneria, 2016.
7. BIM Handbook, "A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers, 3rd Edition, Rafael Sacks, Chuck Eastman, Ghang Lee, Paul Teicholz, 2018.
8. "Come redigere il capitolato informativo secondo la metodologia BIM", Guida pratica, Ferrara Andrea, Feligioni Eva, Dario Flaccovio Editore, 2018.
9. "Analisi dei livelli di maturità nell'approccio BIM", Prof. Ing. Simone Garagnani, Università di Bologna, Think BIM-AssoBIM, 2019.
10. "Procedure di affidamento, guida operativa al D.lgs. 18 aprile 2016, n. 50. con aggiornamento online", Massimiliano Alesio, Marco Panato, Nicola Sperotto, Ipsosa, 2016.
11. "Come redigere il capitolato informativo secondo la metodologia BIM", Guida pratica, aggiornato a D.M. 560/2017 e UNI 11337:2017, E-book formato PDF, Ferrara Andrea, Dario Flaccovio Editore, 2018.
12. "Construction-Operation Building information exchange (COBie)", E William East, lulu.com, 2016.
13. "Il futuro del disegno con il BIM per ingegneri e architetti", Anna Osello, Politecnico di Torino Diseg, Dario Flaccovio Editore, 2012.
14. "Manager della qualità. Il modello organizzativo ISO 9001", Erika Leonardi, Egea, 2015.
15. "Il project management. Secondo la norma UNI ISO 21500", Pier Luigi Guida, Franco Angeli, 2015.
16. "Risk management. La norma ISO 31000. La metodologia per applicare efficacemente il risk management in tutti i contesti", Ioanis Tsiouras, Youcanprint Self-Publishing, 2016.
17. Pubblicazione, "Rapporto sulle gare BIM 2020 per opere pubbliche", pdf, OICE, 2021.
18. Pubblicazione "Piano nazionale di ripresa e resilienza", pdf, Governo, Italia domani, 2020.
19. "A Practical Guide to Adopting BIM in Construction Projects", Bimal Kumar, Whittles Pub, 2015.
20. Pubblicazione "MasterFormat", CSI, 2018.
21. "BIM per professionisti e stazioni appaltanti", Alessio Bertella, Mario Caputi, Angelo Rota, Andrea Versolato, Grafill, 2018.
22. "Linguaggi di programmazione", Simone Martini, Gabrielli Maurizio, McGraw Hill, 2011.
23. Pubblicazione "Che cosa è il CDE, Common Data Environment (o Ambiente di Condivisione dei Dati)", Pavan Alberto Associate professor, Politecnico di Milano, 2019.
24. Pubblicazione "La validazione del contenuto informativo è la chiave del successo di un processo BIM-based", Angelo Luigi Camillo Ciribini, Silvia Mastrolembo Ventura, Marzia Bolpagni, Politecnico di Milano, 2015.

25. "BIM Execution Plan", Rizzarda Chiara, Gallo Gabriele, Tecniche Nuove, 2020.
26. "IL BIM Guida completa al Building Information Modeling", Eastman, Teicholz, Sacks, Liston, Hoepli, 2016.
27. "BIM and Construction Management", Brad Hardin, Wiley, 2015.

#### Normativa

- Nuovo Codice degli Appalti (Dlgs 50/2016).
- DM 560/2017- (Decreto Baratonò).
- UNI 11337:2017: "Edilizia e opere di ingegneria civile, gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 5: Flussi informativi nei processi digitalizzati.
- UNI EN ISO 19650:2019, Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modelling (BIM).
- UNI EN 12101-6:2005, Sistemi per il controllo di fumo e calore - Parte 6: Specifiche per i sistemi a differenza di pressione - Kit.

## VIII. SITOGRAFIA

1. <https://baumeister.swiss/it/integrated-project-delivery-e-i-suoi-vantaggi/>
2. <http://www.bis-lab.eu/2017/02/28/bim-building-information-modeling-i-principi-di-una-rivoluzione/>
3. <https://biblus.acca.it/focus/le-7-dimensioni-del-bim/>
4. <http://www.eubim.eu/>
5. [https://en.wikipedia.org/wiki/Mark\\_Bew](https://en.wikipedia.org/wiki/Mark_Bew)
6. <https://www.ibimi.it/lezione-22-il-cuneo-e-la-curva-a-s/>
7. <https://www.nemesi.biz/blog/https-www-nemesi-biz-blog-livelli-e-dimensioni-di-maturita-bim/>
8. <https://www.buildingsmart.org/>
9. [https://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie\\_generale/caricaDettaglioAtto/originario?](https://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie_generale/caricaDettaglioAtto/originario?)
10. <https://www.mit.gov.it/normativa/decreto-ministeriale-numero-560-del-01122017>
11. <https://www.wbdg.org/bim/cobie>
12. <https://www.agendadigitale.eu/infrastrutture/building-information-modeling-bim-cose-stato-di-adozione-in-italia-e-nel-mondo/>
13. <http://store.uni.com/catalogo/uni-en-iso-9001-2015>
14. <http://store.uni.com/catalogo/uni-iso-21500-2013>
15. <http://store.uni.com/catalogo/uni-iso-31000-2018>
16. <https://www.bimportale.com/rapporto-bim-oice-2020-cresce-valore-del-bim-140-rispetto-al-2019/>
17. <https://www.infobuild.it/approfondimenti/bim-building-information-modeling-e-appalti-pubblici/>
18. <https://www.iso.org/home.html>
19. [https://it.wikipedia.org/wiki/Organizzazione\\_internazionale\\_per\\_la\\_normazione](https://it.wikipedia.org/wiki/Organizzazione_internazionale_per_la_normazione)
20. [https://it.wikipedia.org/wiki/Comitato\\_europeo\\_di\\_normazione](https://it.wikipedia.org/wiki/Comitato_europeo_di_normazione)
21. [https://it.wikipedia.org/wiki/Ente\\_nazionale\\_italiano\\_di\\_unificazione](https://it.wikipedia.org/wiki/Ente_nazionale_italiano_di_unificazione)
22. <https://www.ingenio-web.it/26765-standard-bim-il-mondo-dopo-la-iso-19650>
23. <https://www.ingenio-web.it/26828-il-modello-bim-in-fase-di-esecuzione-criticita-ed-uso-per-le-imprese>