



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile

A.a. 2020/2021

Sessione di Laurea dicembre 2021

**Applicazione della metodologia BIM per
l'individuazione e gestione delle interferenze in un
modello digitale e per la compilazione automatizzata del
computo metrico**

Relatore:

Prof. Matteo Del Giudice

Candidato:

Martina Duino

Abstract

In comparazione con altri settori, il mondo delle costruzioni è stato da sempre caratterizzato da una lenta evoluzione e sviluppo in termini tecnologici. Ciò ha portato, nel corso degli anni, all'instaurarsi di una serie di problemi di natura gestionale, che hanno provocato un rilevante consumo di tempi e costi durante l'iter progettuale di un'opera. La metodologia BIM, che negli ultimi anni sta diventando uno strumento fondamentale alla base della progettazione, esecuzione e gestione di manufatti edilizi, parte innanzitutto da una piena conoscenza delle principali problematiche riscontrabili e delinea, in secondo luogo, processi più efficaci per limitarne l'insorgenza.

L'obiettivo principale della tesi, infatti, è quello di mettere in evidenza i vantaggi che ne derivano dall'utilizzo di tale metodologia: i primi capitoli ripercorrono le principali tappe che hanno caratterizzato il BIM durante il suo processo evolutivo e analizza le varie applicazioni nel campo delle costruzioni. Ai fini della tesi ed in totale analogia alle esigenze dell'azienda Prodim Srl, tra queste applicazioni rientra la creazione di una libreria di oggetti parametrici BIM appartenenti alla disciplina meccanica, che possa essere utilizzata dall'azienda per futuri progetti. Ad ogni elemento viene associato il sistema di codifica interna, utilizzato dalla stessa azienda, realizzando dei codici informatici sull'interfaccia di programmazione Dynamo. Tale aspetto mira ad ottenere sia un risparmio in termini di tempo, durante la fase di progettazione e modellazione di un'opera, ma soprattutto la determinazione di una perfetta correlazione tra i diversi elaborati e la trasmissione delle informazioni. Un altro obiettivo vede la necessità di sperimentare un sistema che permetta di realizzare in maniera del tutto automatizzata il computo metrico di un progetto relativo alla disciplina meccanica. Per valutarne l'affidabilità, si prenderà come riferimento il modello realizzato in BIM del centro uffici della società Iren S.p.A., situato nella città di Genova ed il relativo computo metrico, realizzato dall'azienda secondo un approccio tradizionale. A tal proposito verrà effettuata un'operazione preventiva di Clash Detection del modello digitale per verificare sia la presenza di eventuali interferenze di tipo geometrico, ma soprattutto la presenza di elementi duplicati, che potrebbero essere causa di conteggi sbagliati all'interno del computo metrico e di conseguenza fonte di errori durante stima dei costi.

Abstract

In comparison with other sectors, the world of construction has always been characterized by a slow evolution and development in technological terms. Over the years, this has led to a series of management problems that have caused a significant consumption of time and costs during the design process of a work. The BIM methodology, which in recent years is becoming a fundamental tool behind the design, execution and management of construction products, starts first with a full knowledge of the main problems encountered and outlines, secondly, more effective processes to limit their occurrence.

The main objective of the thesis, in fact, is to highlight the advantages deriving from the use of this methodology: The first chapters trace the main stages that characterized BIM during its evolutionary process and analyze the various applications in the field of construction. For the purposes of the thesis and in total analogy to the needs of the company Prodim Srl, these applications include the creation of a library of parametric objects BIM belonging to the mechanical discipline, which can be used by the company for future projects. Each element is associated with the internal coding system, used by the same company, creating computer codes on the Dynamo programming interface. This aspect aims to achieve both a saving in terms of time during the design and modeling phase of a work, but above all the determination of a perfect correlation between the different processes and the transmission of information. Another objective sees the need to experiment with a system that allows the metric calculation of a project related to mechanical discipline to be carried out in a fully automated way. To assess its reliability, we will take as reference the model made in BIM of the office center of the company Iren S.p.A., located in the city of Genoa and its metric calculation, made by the company according to a traditional approach. In this regard, a preventive operation of clash detection of the digital model will be carried out to verify both the presence of any interference of a geometric type, but above all the presence of duplicate elements, that could cause wrong counts within metric computation and consequently cause errors during cost estimation.

Indice

Acronimi	6
Indice delle figure	8
Introduzione	15
1. Il BIM.....	16
1.1. Che cos'è il BIM	16
1.2. Le definizioni dell'acronimo BIM	18
1.3. Origini del Building Information Modeling.....	20
1.4. Applicazioni	23
1.5. Vantaggi del BIM rispetto al CAD.....	25
1.6. Funzionalità ed interoperabilità.....	28
1.7. Sviluppo del BIM e quadro normativo.....	30
1.8. Definizione dei LOD	36
1.9. Sistemi di classificazione degli elementi e codifica.....	42
1.9.1. UNI 8290.....	42
1.9.2. UniFormat II	44
1.9.3. MasterFormat	45
1.9.4. OmniClass.....	47
1.9.5. UniClass	48
1.9.6. Classificazione gruppi di costo secondo ICMS	49
2. Le dimensioni del BIM	51
2.1. Il BIM come Building Information Model e BIM Uses.....	51
2.2. La dimensione 3D	52
2.3. La dimensione 4D	55
2.4. Metodi tradizionali di computazione.....	58
2.4.1. Stima del valore di costo di un bene immobiliare.....	58
2.4.2. Computo metrico e computo metrico estimativo	59

2.5. La dimensione 5D	62
2.6. La dimensione 6D	63
2.7. La dimensione 7D	64
3. Caso studio.....	65
3.1. Inquadramento territoriale dell'area di interesse	65
3.2. Inquadramento urbanistico dell'area di interesse.....	67
3.3. Stato di consistenza dell'edificio	68
4. Modellazione delle famiglie e assegnazione dei parametri	71
4.1. Definizione del modello e degli elementi presenti.....	72
4.2. Modellazione delle famiglie ed assegnazione dei parametri	75
4.3. Inserimento dei parametri su Revit attraverso Dynamo.....	82
4.3.1. Inserimento del parametro "1 – EDIFICIO".....	83
4.3.2. Inserimento del parametro "2 – DISCIPLINA".....	84
4.3.3. Inserimento del parametro "3 – LIVELLO"	87
4.3.4. Inserimento del parametro "4 – TIPOLOGIA DI IMPIANTO".....	88
4.3.5. Inserimento del parametro "CODICE WBS"	91
5. Clash Detection	94
5.1. Esportazione del modello in formato IFC.....	96
5.2. UsBIM.clash	98
5.3. Formato BCF.....	102
5.4. Revit BCF Managers.....	105
6. Computo metrico degli elementi.....	106
6.1. Computo metrico - categoria "Attrezzatura meccanica"	108
6.2. Computo metrico – categoria "Accessori per condotti"	109
6.3. Computo metrico – categoria "Bocchettoni"	112
6.4. Computo metrico – categoria "Condotto flessibile"	114
6.5. Computo metrico – categoria "Condotto"	115
6.6. Computo metrico – categoria "Tubazione"	117

7. Risultati	119
7.1. Risultati – categoria “Accessori per condotti”	120
7.2. Risultati – categoria “Attrezzatura meccanica”	123
7.3. Risultati – categoria “Bocchettoni”	125
7.4. Risultati – categoria “Condotti flessibili”	127
7.5. Risultati – categoria “Condotti”	128
7.6. Risultati – categoria “Tubazioni”	131
8. Conclusioni e sviluppi futuri.....	134
Allegati.....	136
Allegato A	136
Allegato B	145
Bibliografia e sitografia	146
Bibliografia	146
Sitografia.....	146

Acronimi

ACDat – Ambiente di condivisione dati

ACS – Acqua Calda Sanitaria

AEC – Architecture, Engineering and Construction

AIA – American Institute of Architects

BCF – Building Collaboration Format

BDS – Building Description System

BEM – Building Energy Model

BIM – Building Information Modeling

BSI – Building Smart International

CAD – Computer Aided Design

CAM – Criteri Ambientali Minimi

CAV - Regolatori a portata costante

CDE – Common Data Environment

CDU – Certificato di Destinazione Urbanistica

CM – Construction Management

CME – Computo Metrico Estimativo

CSC – Construction Specification Canada

CSI – Construction Specification Institute

DECA – Danish Enterprise and Construction Authority

D.Lgs – Decreto Legislativo

D.P.R. – Decreto del Presidente della Repubblica

EIR – Employer's Information Requirements

EUPPD – European Union Public Procurement Directive

FM – Facility Management

HCAV – Heating, Ventilation and Air Control

iBIM – Integrated Building Information Model

ICMS - International Construction Measurement Standards

IFC – Industry Foundation Classes

IFMA – International Facility Management Association
IPD – Integrated Project Delivery
ISO – International Organization for Standardization
LEED – Leadership in Energy and Environmental Design
LL.PP. – Lavori Pubblici
LOD – Level of Detail, Development, Definition
LOG – Level of Graphic information
LOI – Level of Information
MEP – Mechanical, Electrical and Plumbing
NBIMS – National BIM Standards
NBS – National BIM Library
OICE – Organizzazioni di Ingegneria e Consulenza Economica
PAS – Publicly Available Specification
PDF – Portable Document Format
P.E.R.T. – Program Evaluation and Review Technique
PUC – Piano Urbanistico Comunale
PVC - Polivinilcloruro
QTO – Quantity Take Off
S.A. – Superficie Agibile
SAL – Stato Avanzamento Lavori
SEFFC – Sistemi di evacuazione forzata di fumo e calore
SIS – Swedish Institute for Standards
Statsbygg – Norwegian Directorate of Public Construction and Property
UNI – Ente Nazionale Italiano di Unificazione
UTA – Unità di trattamento aria
VAV – Regolatori a portata variabile
WBS – Work Breakdown Structure
WIP – Work in Progress

Indice delle figure

Figura 1-1: Rielaborazione del processo BIM utilizzato (Fonte: strumento di cattura su PowerPoint).....	17
Figura 1-2: Ivan Sutherland ed il sistema Sketchpad (Fonte: bimaplus.org)	20
Figura 1-3 Sistema BDS (Fonte: ita.architecturaldesignschool.org)	22
Figura 1-4: Andamento del numero dei bandi BIM in Italia (Fonte: Rapporto sulle gare BIM 2020 per opere pubbliche – OICE)	25
Figura 1-5: Curva di MacLeamy (Fonte: biblus.acca.it).....	26
Figura 1-6: Livelli di maturità del BIM secondo la PAS 1192-3 (Fonte: bim.acca.it)	32
Figura 1-7: Livelli di maturità del BIM secondo la UNI 11337 (Fonte: 01building.it).....	34
Figura 1-8: Livelli di maturità del BIM secondo la ISO 19650 (Fonte: bim.acca.it).....	35
Figura 1-9: Classificazione dei LOD secondo la normativa italiana (Fonte: UNI 11337-4) .	39
Figura 1-10: Quadro riassuntivo dei LOD secondo la normativa americana (Fonte: 01building.it).....	40
Figura 1-11: Definizione dei LOD secondo la normativa inglese (Fonte: PAS 1192-2:2013)	41
Figura 1-12: Sistema di classificazione (1) secondo la UNI 8290 (Fonte: UNI 8290).....	43
Figura 1-13: Sistema di classificazione (2) secondo la UNI 8290 (Fonte: UNI 8290).....	43
Figura 1-14: Sistema di classificazione (3) secondo la UNI 8290 (Fonte: UNI 8290).....	44
Figura 1-15: Sistema di classificazione UniFormat II (Fonte: shelidon.it).....	45
Figura 1-16: Sistema di classificazione MasterFormat (Fonte: are5community.ncarb.org)..	46
Figura 1-17: Sistema di classificazione OmniClass (Fonte: thenbs.com).....	47
Figura 1-18: Sistema di classificazione UniClass (Fonte: shelidon.it)	48
Figura 1-19: Struttura degli ICMS (Fonte: practicalqs.wordpress.com).....	50
Figura 2-1: Le dimensioni del BIM (Fonte: cadlinesw.com).....	52
Figura 2-2: Common Data Environment (Fonte: PAS 1192-2:2013).....	54
Figura 2-3: Diagramma di Gantt (Fonte: vitolavecchia.altervista.org).....	55
Figura 2-4: Diagramma reticolare P.E.R.T. (Fonte: umbertosantucci.it)	56
Figura 2-5: Schematizzazione di un computo metrico (Fonte: strumento di cattura su Excel)	60
Figura 2-6: Schematizzazione di un computo metrico estimativo (Fonte: strumento di cattura su Excel).....	61

Figura 3-1: Progetto relativo alla sede uffici Iren a Genova (Fonte: relazione tecnica di progetto)	65
Figura 3-2: Inquadramento territoriale dell'edificio: Mappa Regionale – scala 1:25000 (Fonte: Geoportale).....	66
Figura 3-3: Schema distributivo-funzionale dell'edificio – piano interrato (Fonte: relazione tecnica di progetto).....	69
Figura 3-4: Schema distributivo-funzionale dell'edificio – piano terra (Fonte: relazione tecnica di progetto).....	69
Figura 3-5: Schema distributivo-funzionale dell'edificio – piano tipo (Fonte: relazione tecnica di progetto)	69
Figura 4-1: Creazione del modello digitale dissociato da quello centrale (Fonte: strumento di cattura su Revit)	72
Figura 4-2: Abachi relativi al modello digitale (Fonte: strumento di cattura su Revit)	73
Figura 4-3: Esempio relativo all'abaco dell'attrezzatura meccanica (Fonte: strumento di cattura su Revit)	74
Figura 4-4: Immagine esemplificativa delle codifiche interne utilizzate dall'azienda: in rosso sono evidenziate quelle inserite all'interno del modello meccanico oggetto di studio (Fonte: strumento di cattura su Excel).....	75
Figura 4-5: Schema riassuntivo degli oggetti modellati e delle relative schede tecniche (Fonte: strumento di cattura su Excel).....	78
Figura 4-6: Schematizzazione dei parametri condivisi creati, racchiusi nei rispettivi gruppi di parametri (Fonte: strumento di cattura su Excel)	80
Figura 4-7: Schema riassuntivo delle tipologie di parametri inserite su Revit per ogni famiglia (Fonte: strumento di cattura su Excel)	81
Figura 4-8: Inserimento del parametro “1 – EDIFICIO” per la categoria “Condotto” - Famiglie di sistema (Fonte: strumento di cattura su Dynamo).....	83
Figura 4-9: Inserimento del parametro “1 – EDIFICIO” per la categoria “Attrezzatura meccanica” - Famiglie caricabili (Fonte: strumento di cattura su Dynamo).....	83
Figura 4-10: Inserimento del parametro “2 – DISCIPLINA” per la categoria “Condotto” - Famiglie di sistema (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)	84
Figura 4-11: Inserimento del parametro “2 – DISCIPLINA” per la categoria “Condotto flessibile” - Famiglie di sistema (Fonte: strumento di cattura su Dynamo).....	85
Figura 4-12: Inserimento del parametro “2 – DISCIPLINA” per la categoria “Tubazione” - Famiglie di sistema (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)	85

Figura 4-13: Inserimento del parametro “2 – DISCIPLINA” per la categoria “Bocchettoni” - Famiglie caricabili (Fonte: strumento di cattura su Dynamo).....	85
Figura 4-14: Inserimento del parametro “2 – DISCIPLINA” per la categoria “Attrezzatura meccanica” - Famiglie caricabili (Fonte: strumento di cattura su Dynamo).....	86
Figura 4-15: Inserimento del parametro “2 – DISCIPLINA” per la categoria “Accessori per condotti” - Famiglie caricabili (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)	86
Figura 4-16: Inserimento del parametro “3 – DISCIPLINA” per la categoria “Condotto” - Famiglie di sistema (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)	87
Figura 4-17: Inserimento del parametro “4 -TIPOLOGIA DI IMPIANTO” per la categoria “Condotto” (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)	89
Figura 4-18: Inserimento del parametro “4 -TIPOLOGIA DI IMPIANTO” per la categoria “Tubazione” (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)	89
Figura 4-19: Inserimento del parametro “4 -TIPOLOGIA DI IMPIANTO” per la categoria “Bocchettoni” (Fonte: strumento di cattura su Dynamo).....	89
Figura 4-20: Inserimento del parametro “4 -TIPOLOGIA DI IMPIANTO” per la categoria “Accessori per condotti” (Fonte: strumento di cattura su Dynamo).....	90
Figura 4-21: Inserimento del parametro “4 -TIPOLOGIA DI IMPIANTO” per la categoria “Attrezzatura meccanica” (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)	90
Figura 4-22: Inserimento del parametro “CODICE WBS” per la categoria “Bocchettoni” (Fonte: strumento di cattura su Dynamo).....	91
Figura 4-23: Inserimento del parametro “CODICE WBS” per la categoria “Condotto” (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)	92
Figura 4-24: Inserimento del parametro “CODICE WBS” per la categoria “Attrezzatura meccanica” (Fonte: strumento di cattura su Dynamo).....	92
Figura 5-1: Modello 3D relativo all’impianto meccanico in Revit (Fonte: strumento di cattura su Revit)	96
Figura 5-2: Configurazione per l’esportazione del modello in formato IFC (Fonte: strumento di cattura su Revit)	96
Figura 5-3: Interfaccia grafica del software usBIM.clash (Fonte: strumento di cattura su usBIM.clash)	98
Figura 5-4: Interfaccia grafica del software usBIM.clash (Fonte: strumento di cattura su usBIM.clash)	99
Figura 5-5: Collisione esigua tra due tubazioni (Fonte: strumento di cattura su usBIM.clash)	100

Figura 5-6: Imprecisione nella modellazione (Fonte: strumento di cattura su usBIM.clash)	100
Figura 5-7: Collisione marcata tra una tubazione ed un diffusore lineare (Fonte: strumento di cattura su usBIM.clash)	101
Figura 5-8: Mancata presenza di raccordo tra le due tubazioni (Fonte: strumento di cattura su usBIM.clash)	101
Figura 5-9: Interfaccia grafica di usBIM.bcf (Fonte: strumento di cattura su usBIM.bcf)	104
Figura 5-10: Interfaccia grafica di Revit 2021 e del plugin Revit BCF Managers (Fonte: strumento di cattura su Revit)	105
Figura 5-11: Interfaccia grafica per editare le informazioni di una issue (Fonte: strumento di cattura su Revit)	105
Figura 6-1: Unità di misura degli elementi presenti nel modello meccanico (Fonte: strumento di cattura su Excel)	106
Figura 6-2: Computo metrico degli elementi appartenenti alla categoria “Attrezzatura meccanica” (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)	108
Figura 6-3: Computo metrico delle serrande tagliafuoco circolari (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)	110
Figura 6-4: Computo metrico delle serrande tagliafuoco rettangolari (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)	110
Figura 6-5: Computo metrico dei silenziatori circolari (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)	111
Figura 6-6: Computo metrico dei silenziatori rettangolari (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)	111
Figura 6-7: Computo metrico delle griglie di transito (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)	112
Figura 6-8: Computo metrico delle griglie di mandata e di ripresa (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)	113
Figura 6-9: Computo metrico dei diffusori lineari (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)	113
Figura 6-10: Computo metrico dei condotti flessibili (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)	114
Figura 6-11: Determinazione della lunghezza per i condotti (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)	115

Figura 6-12: Tabella per la determinazione dei pesi per i condotti circolari (Fonte: strumento di cattura su Excel).....	116
Figura 6-13: Tabella per la determinazione dei pesi per i condotti rettangolari (Fonte: strumento di cattura su Excel).....	116
Figura 6-14: Determinazione della lunghezza per le tubazioni (Fonte: strumento di cattura su Dynamo).....	117
Figura 6-15: Tabella per la determinazione dei pesi per le tubazioni (Fonte: strumento di cattura su Excel).....	118
Figura 7-1: Nodo “Data.ExportExcel” per la categoria “Attrezzatura meccanica” (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)	119
Figura 7-2 Risultati degli elementi appartenenti alla categoria “Accessori per condotti”, situati al piano interrato (Fonte: strumento di cattura su Excel)	120
Figura 7-3: Risultati degli elementi appartenenti alla categoria “Accessori per condotti”, situati al piano terra (Fonte: strumento di cattura su Excel)	120
Figura 7-4: Risultati degli elementi appartenenti alla categoria “Accessori per condotti”, situati al piano primo (Fonte: strumento di cattura su Excel)	121
Figura 7-5: Risultati degli elementi appartenenti alla categoria “Accessori per condotti”, situati al piano secondo (Fonte: strumento di cattura su Excel).....	121
Figura 7-6: Risultati degli elementi appartenenti alla categoria “Accessori per condotti”, situati al piano terzo (Fonte: strumento di cattura su Excel)	121
Figura 7-7: Risultati degli elementi appartenenti alla categoria “Accessori per condotti”, situati al piano quarto (Fonte: strumento di cattura su Excel).....	121
Figura 7-8: Risultati degli elementi appartenenti alla categoria “Accessori per condotti”, situati al piano quinto (Fonte: strumento di cattura su Excel).....	122
Figura 7-9: Risultati degli elementi appartenenti alla categoria “Accessori per condotti”, situati al piano sesto (Fonte: strumento di cattura su Excel).....	122
Figura 7-10: Esempio di intersezione tra un diffusore lineare (M.17.DIF.04) ed un silenziatore rettangolare (M.13.DCM.13) - (Fonte: strumento di cattura su Revit).....	122
Figura 7-11: Risultati degli elementi appartenenti alla categoria “Attrezzatura meccanica” (Fonte: strumento di cattura su Excel)	123
Figura 7-12: Interferenza legata alla presenza di due scalda-salviette (M.16.RAD.02) nella medesima istanza (Fonte: strumento di cattura su Revit)	124

Figura 7-13: Risultati degli elementi appartenenti alla categoria “Bocchettoni”, in particolare relativi all’impianto di climatizzazione – distribuzione acqua (Fonte: strumento di cattura su Excel)	125
Figura 7-14: Risultati degli elementi appartenenti alla categoria “Bocchettoni”, in particolare relativi all’impianto di climatizzazione – distribuzione aria, situati al piano interrato, piano terra e primo piano (Fonte: strumento di cattura su Excel).....	125
Figura 7-15: Risultati degli elementi appartenenti alla categoria “Bocchettoni”, in particolare relativi all’impianto di climatizzazione – distribuzione aria, situati al piano secondo, piano terzo, piano quarto, piano quinto e piano sesto (Fonte: strumento di cattura su Excel)	126
Figura 7-16: Risultati degli elementi appartenenti alla categoria “Condotti flessibili” ai vari piani dell’edificio (Fonte: strumento di cattura su Excel).....	127
Figura 7-17: Esempio di intersezione tra un condotto flessibile ed una tubazione (Fonte: strumento di cattura su Revit)	127
Figura 7-18: Voce relativa ai canali circolari nel computo realizzato da Prodim (Fonte: strumento di cattura su computo Prodim)	128
Figura 7-19: Voce relativa ai canali rettangolari nel computo realizzato da Prodim (Fonte: strumento di cattura su computo Prodim)	128
Figura 7-20: Risultati degli elementi appartenenti alla categoria “Condotti” al piano terra (Fonte: strumento di cattura su Excel)	129
Figura 7-21: Risultati degli elementi appartenenti alla categoria “Condotti” al piano primo (Fonte: strumento di cattura su Excel)	129
Figura 7-22: Risultati degli elementi appartenenti alla categoria “Condotti” al piano secondo (Fonte: strumento di cattura su Excel)	129
Figura 7-23: Risultati degli elementi appartenenti alla categoria “Condotti” al piano terzo (Fonte: strumento di cattura su Excel)	130
Figura 7-24: Risultati degli elementi appartenenti alla categoria “Condotti” al piano quarto (Fonte: strumento di cattura su Excel)	130
Figura 7-25: Risultati degli elementi appartenenti alla categoria “Condotti” al piano quinto (Fonte: strumento di cattura su Excel)	130
Figura 7-26: Risultati degli elementi appartenenti alla categoria “Condotti” al piano sesto (Fonte: strumento di cattura su Excel)	130
Figura 7-27: Voce relativa alle tubazioni (sino a 2”) nel computo realizzato da Prodim (Fonte: strumento di cattura su computo Prodim)	131

Figura 7-28: Risultati degli elementi appartenenti alla categoria “Tubazioni” al piano interrato, piano terra, piano primo, piano secondo e piano terzo (Fonte: strumento di cattura su Excel)	131
Figura 7-29: Risultati degli elementi appartenenti alla categoria “Tubazioni” al piano quarto, al piano quinto e al piano sesto (Fonte: strumento di cattura su Excel).....	132
Figura 7-30: Esempio di tubazioni nella stessa istanza (Fonte: strumento di cattura su Revit)	132
Figura 7-31: Esempio di tubazione che interferisce con un silenziatore rettangolare (Fonte: strumento di cattura su Revit)	133
Figura 7-32: Esempio di tubazione che interseca un diffusore lineare (Fonte: strumento di cattura su Revit)	133
Figura 7-33: Esempio di tubazione che interseca un condotto (Fonte: strumento di cattura su Revit).....	133

Introduzione

Recentemente, diversi studi sui costi di esecuzione di un'opera hanno messo in luce quanto un progetto realizzato senza metodologia BIM comporti l'insorgenza di una serie di problemi di natura collaborativa: la mancata gestione o una gestione poco controllata e organizzata del processo costruttivo costituisce una delle principali cause di ritardi nella consegna dei progetti ed un aumento, talvolta incontrollato, dei costi di realizzazione.

Il BIM, che da anni è al centro di ogni dibattito nel settore delle costruzioni, rappresenta una metodologia che, seppur complessa, mira ad ottenere una gestione digitale dei flussi informativi di progetto, basata sull'utilizzo e sulla condivisione di modelli digitali grafici e alfa-numeric. Il vantaggio dell'impiego di tale approccio consiste nell'integrazione e coordinazione delle varie informazioni relative al progetto e di conseguenza dei vari attori che partecipano all'intero processo edilizio. In questo modo è possibile avere una panoramica dell'edificio per ogni ambito disciplinare (architettonico, strutturale ed impiantistico) e soprattutto per ogni fase edilizia, a partire dalla progettazione ed esecuzione dell'opera, fino ad arrivare alla fase di gestione e manutenzione della stessa.

Tra le nuove figure, che l'utilizzo della metodologia BIM prevede, rientra senza alcun dubbio quella del BIM Coordinator, il quale ricopre il ruolo di coordinatore del team di progettazione. Oltre a supervisionare il lavoro dei vari BIM Specialist, il BIM Coordinator si occupa anche della gestione dei modelli, del controllo delle interferenze e del rispetto degli standard: tali responsabilità, lo rendono una figura di riferimento per l'intero processo edilizio.

Alla luce delle precedenti considerazioni, l'obiettivo della tesi sarà quello di simulare, per quanto possibile, il processo di controllo da parte del BIM Coordinator e di sperimentare, quindi, un approccio sull'analisi delle interferenze: l'analisi di Clash Detection, basata sulla metodologia BIM e sul formato BCF, costituirà una base per una migliore gestione delle informazioni ed un controllo più diretto dei modelli disciplinari. Il tutto sarà finalizzato all'ottenimento di un computo metrico automatizzato, privo di ogni possibile interferenza riscontrabile.

1. Il BIM

1.1. Che cos'è il BIM

Nel settore dell'architettura, dell'ingegneria e delle costruzioni (Architecture, Engineering and Construction, AEC) si sta diffondendo sempre più la metodologia associata al BIM, termine coniato negli ultimi anni per definire un nuovo modo di progettare che mira all'ottimizzazione e al miglioramento di tutti i processi concernenti la realizzazione di un generico manufatto edilizio e civile.

Come definisce lo stesso Charles (Chuck) M. Eastman, considerato uno dei padri fondatori di tale metodologia, il BIM consente la realizzazione di un unico modello virtuale e la rappresentazione informatizzata di caratteristiche fisiche e funzionali di un oggetto edilizio. Eastman, infatti, nel BIM Handbook scrive:

“Il BIM è uno tra i più promettenti sviluppi che consentono l'accurata creazione digitale di uno o più modelli virtuali dell'edificio, facilitandone le attività di progettazione, costruzione, fabbricazione ed approvvigionamento che portano alla sua realizzazione”.

Il BIM, quindi, non è da intendersi come un software né unicamente come un modello tridimensionale, ma come una metodologia complessa, integrata e multidisciplinare che negli ultimi anni sta diventando di riferimento ed essenziale nel settore delle costruzioni. Essa, infatti, permette di raccogliere e unificare tutti i dati riguardanti l'iter progettuale e la vita dell'edificio, a partire dalla pianificazione fino alla realizzazione, arrivando poi alla manutenzione e ad un'eventuale demolizione. E allo stesso tempo consente la lavorazione integrata ed immediata dei diversi stakeholders coinvolti nella progettazione, con l'obiettivo di limitare ed eliminare fin dalle prime fasi i vari errori progettuali o varianti e di conseguenza i costi ad essi collegati.

A tal proposito è bene sottolineare quanto sia importante l'interoperabilità tra tutti i progettisti coinvolti, concetto che verrà poi ripreso ed approfondito nei successivi paragrafi. Il BIM, infatti, rappresenta una delle principali caratteristiche su cui si basa l'Integrated Project Delivery (IPD) o la progettazione integrata, definita dall'American Institute of Architects (AIA) come:

“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.”

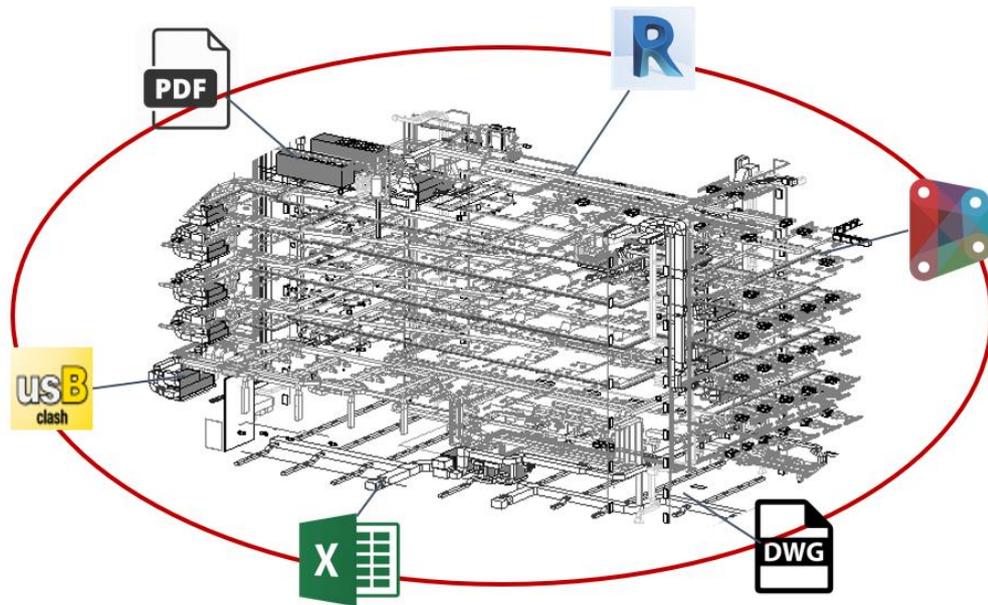


Figura 1-1: Rielaborazione del processo BIM utilizzato (Fonte: strumento di cattura su PowerPoint)

1.2. Le definizioni dell'acronimo BIM

A partire dai primi anni di sviluppo di tale metodologia, le cui origini risalgono intorno agli anni '70/'80 del secolo scorso, sono state date diverse accezioni all'acronimo BIM.

Trattandosi di una metodologia complessa, tali definizioni rispecchiano le caratteristiche principali del BIM, che nel corso del tempo ha subito processi evolutivi, grazie anche allo sviluppo delle nuove tecnologie edilizie e strumenti digitali:

- BIM inteso come *Building Information Model*
- BIM inteso come *Building Information Modeling*
- BIM inteso come *Building Information Management*

La definizione di “**Building Information Model**” risale ai primi anni di sperimentazione di questa nuova metodologia. Tale accezione trova pieno riscontro nel periodo di transizione tra la metodologia tradizionale basata principalmente su carta ed i primi anni di sviluppo del CAD, acronimo di computer-aided design o della progettazione assistita dall'elaboratore. La traduzione di “Model” con “Modello” implica la sola realizzazione di un modello tridimensionale del manufatto edilizio, che però risulta essere privo di ogni altra informazione aggiuntiva. Per questo motivo la definizione di BIM inteso come Building Information Model non risulta essere quella più esaustiva e che ne descrive al meglio le caratteristiche principali ed innovative.

Attraverso, invece, la definizione di “**Building Information Management**” si fa riferimento all'organizzazione e gestione del modello digitale e delle sue informazioni durante tutto il ciclo di vita dell'edificio, con il coinvolgimento delle varie figure interessate alla progettazione e realizzazione dell'opera.

Con la definizione, infine, di “**Building Information Modeling**” si ha una visione più completa di tale metodologia, la quale oltre a mettere in relazione il modello tridimensionale virtuale con tutti i dati relativi al modello stesso, si basa soprattutto sul concetto di interoperabilità e coerenza delle informazioni.

Il BIM, quindi, inteso come “Building Information Modeling”, non rappresenta un modello virtuale tridimensionale di un edificio, ma *“un’attività costruita da tutto l’insieme dei processi applicati per realizzare, gestire, ricavare e comunicare informazioni tra soggetti a livelli differenti, utilizzando dei modelli creati da tutti i partecipanti al processo edilizio, in tempi diversi ed anche per scopi non uguali tra loro, per garantire qualità ed efficienza attraverso l’intero ciclo di vita di un manufatto”* (Osello, 2012).

L’applicabilità della metodologia BIM non è limitata al solo settore edilizio. Seppur essa pone le sue origini durante i primi anni di sperimentazione nel campo delle costruzioni, tale metodologia può essere utilizzata per la progettazione e realizzazione di una qualsiasi opera.

Con il termine “Building”, infatti, si può indicare non solo l’edificio in quanto tale, ma anche un’infrastruttura, una struttura, una costruzione o uno spazio chiuso, di cui si può realizzare un modello digitale che può essere sempre implementato ed interrogato per la gestione e l’extrapolazione di informazioni.

Tali informazioni, da cui deriva il termine “Information” dell’acronimo BIM, possono essere organizzate all’interno di un database digitale in continua evoluzione.

Infine, il termine “Modeling” sta ad indicare non solo la modellazione digitale degli elementi nelle tre dimensioni, ma anche la formazione, gestione, rappresentazione e visualizzazione delle varie informazioni aggiuntive.

1.3. Origini del Building Information Modeling

Lo sviluppo del BIM durante il corso degli anni è stato parte di un percorso evolutivo della tecnologia stessa, partendo dall'introduzione dei primi formati grafici elettronici fino ad arrivare alla rappresentazione tridimensionale degli anni '70, attraverso il tracciamento di geometrie sullo schermo.

Con l'avvento dei primi calcolatori elettronici a seguito della rivoluzione industriale del XIX secolo, si sentì l'esigenza di rappresentare dati ed oggetti su un sistema grafico digitale: fu uno degli obiettivi del Lincoln Laboratory del Massachusetts Institute of Technology (MIT) quello di sviluppare un sistema che potesse ridurre i tempi di realizzazione di un progetto. Presso lo stesso istituto, infatti, Ivan Sutherland sperimentò nel 1963 il sistema Sketchpad durante il suo lavoro di dottorato, attraverso cui si potesse disegnare sullo schermo con una penna grafica ed agire direttamente sui disegni in questione.



Figura 1-2: Ivan Sutherland ed il sistema Sketchpad (Fonte: bimaplus.org)

Il settore delle costruzioni però, a differenza di quello automobilistico, aerospaziale e navale, non ha subito colto l'importanza dell'utilizzo delle nuove tecnologie ed i vantaggi che ne sarebbero potuti scaturire, come la riduzione dei tempi e dei costi di realizzazione di un'opera e la minimizzazione degli errori progettuali. Per decenni, all'interno del campo edilizio, si sono continuati ad utilizzare gli strumenti CAD essenzialmente in modalità 2D, prevedendo unicamente la sostituzione, quando necessario, degli strumenti tradizionali ormai sempre più lenti.

Una prima visione di modello virtuale dell'edificio, realizzato attraverso il modello 3D contenente una serie di informazioni di tipo geometrico, materico, proprietà fisiche/meccaniche e relative ai costi, è data da Charles M. Eastman, uno dei massimi esponenti della metodologia BIM. Nell'abstract di una pubblicazione dal titolo "An outline of the building description system", relativa ad una ricerca effettuata nel 1974 presso la Carnegie-Mellon University di Pittsburgh (USA), afferma:

“Molti dei costi di progettazione, costruzione e funzionamento edilizio derivano dal ricorso a disegni come modalità per riportare le annotazioni dell'edificio. Come alternativa, il presente documento delinea la progettazione di un sistema informatico utile per memorizzare e manipolare le informazioni di progetto in un dettaglio che consente la progettazione, la costruzione e le analisi operative. Un edificio è considerato come la composizione spaziale di un insieme di parti. Il sistema, denominato Sistema Descrittivo dell'Edificio (BDS) è caratterizzato dall'essere:

- *Un mezzo per un facile inserimento grafico di forme di elementi arbitrariamente complessi;*
- *Un linguaggio grafico interattivo per modificare e configurare la disposizione degli elementi;*
- *Capacità grafiche in formato cartaceo che possono produrre prospettiva o disegni ortografici di alta qualità;*
- *Una funzione per l'ordinamento e la schematizzazione, che consenta l'ordinamento della base-dati per attributi, per esempio, per il tipo di materiale, fornitore o componendo un insieme di dati per l'analisi.”*

Charles M. Eastman mette in luce l'importanza di un collegamento tra il modello virtuale e le informazioni alfanumeriche utili durante il processo edilizio e la vita utile di un edificio. Attraverso il sistema BDS (Building Description System) o “Sistema descrittivo dell'edificio”, infatti, è possibile ottenere una creazione automatica di più viste modellando una sola volta i vari elementi dell'edificio, riducendo di gran lunga i vari errori progettuali che ne potrebbero derivare dalla realizzazione di viste non in maniera automatica e di conseguenza i tempi previsti. In questo modo si ha una perfetta corrispondenza degli elementi nelle piante, nelle sezioni, nei prospetti e nelle assonometrie di progetto.

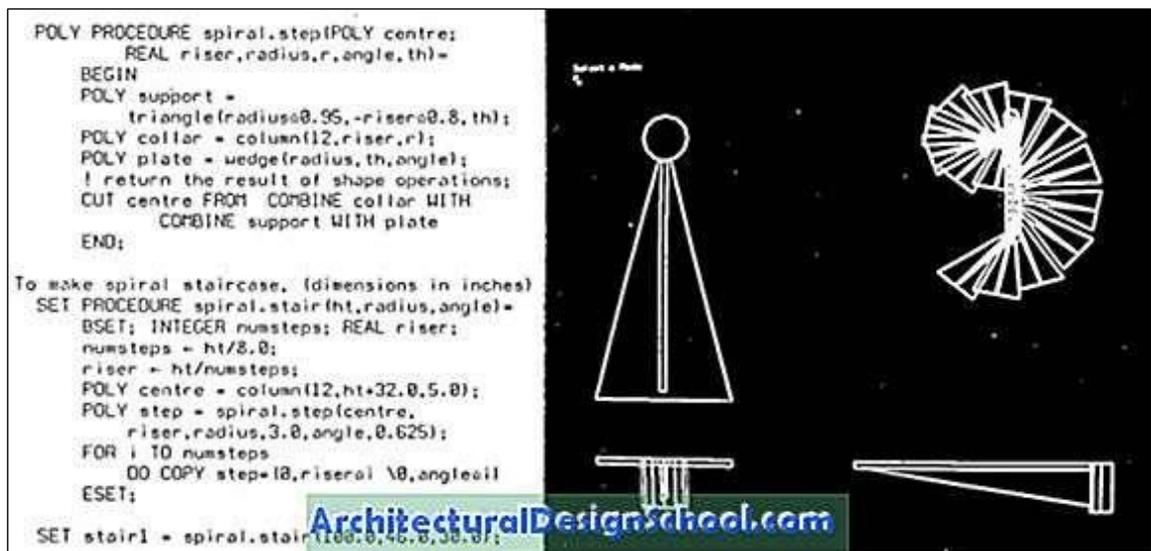


Figura 1-3 Sistema BDS (Fonte: ita.architecturaldesignschool.org)

Un importante passo verso quello su cui si basa oggi il BIM è l'introduzione di oggetti parametrici all'interno di un modello digitale, la cui data risale alla seconda metà degli anni '80: agli oggetti grafici è possibile assegnare dei parametri e delle regole di tipo geometrico, al fine di garantire un maggiore controllo diretto e gestione automatica degli oggetti stessi ma anche dell'intero progetto: infatti, attraverso questa automatizzazione è possibile ottenere un auto-aggiornamento dei parametri in funzione delle richieste della committenza e del progettista. Tale parametrizzazione non riguarda però solo l'aspetto geometrico: a questi oggetti parametrici definiti "intelligenti" è possibile associare delle informazioni inerenti ai materiali, ai costi, alle caratteristiche fisiche e meccaniche ecc.

Durante questi anni, infatti, vennero sperimentati molti software basati sulla modellazione parametrica ad oggetti, tra cui ArchiCAD e Revit che sono quelli ad oggi più utilizzati nel campo delle costruzioni. Il nome "Revit" deriva proprio dall'associazione di due termini "Revise" e "Instantly", letteralmente "rivedere all'istante", il quale sottolinea l'importanza della parametrizzazione e la capacità di apportare modifiche istantaneamente ed in automatico agli elementi di un progetto.

Di degna nota sono anche gli sviluppi nel campo delle simulazioni energetiche e temporali che oggi è possibile effettuare attraverso l'utilizzo di diversi software e scambio in formati IFC: RUCAPS fu il primo software sviluppato nel 1986 da GMW Computers, basato sui concetti delle varie fasi temporali di una costruzione edilizia. Tale sistema è stato utilizzato e sperimentato in quegli anni per assistere, ad esempio, alla costruzione del Terminal 3 dell'aeroporto di Heathrow a Londra.

1.4. Applicazioni

Tra gli aspetti principali del BIM rientra la possibilità di realizzare un processo collaborativo tra gli stakeholders interessati e le discipline di cui si compone un progetto edilizio. In ambito architettonico-ingegneristico generalmente viene data una maggiore importanza alla parte architettonica e strutturale, senza considerare che in moltissimi casi la disciplina vincolante è data dalla parte impiantistica. La scelta della migliore soluzione progettuale è infatti figlia delle tipologie di impianti che si vogliono installare all'interno di un edificio: adottando un sistema basato sulla presenza di un'unità trattamento aria (UTA) piuttosto che un sistema a pavimentazione per il riscaldamento invernale, comporta la predisposizione di uno spazio apposito per il posizionamento del macchinario e la realizzazione di un controsoffitto; al contrario, la seconda soluzione richiede la realizzazione di un massetto dalle dimensioni significative, che possa permettere il passaggio delle tubazioni. Come si può notare da questi due esempi, la scelta della tipologia di impianto influenza notevolmente gli aspetti architettonici e strutturali: occorre, per questo motivo, avere le idee chiare fin dalle prime fasi progettuali, al fine di evitare l'insorgenza di problematiche e varianti progettuali durante l'esecuzione dell'opera.

La progettazione impiantistica nell'ambito BIM viene indicata con l'acronimo MEP (Mechanical, Electrical, Plumbing): attraverso la sezione meccanica presente all'interno dell'interfaccia grafica di ogni software di modellazione digitale è possibile progettare il sistema di riscaldamento invernale e raffrescamento estivo, scegliendo tra le soluzioni più comunemente utilizzate. Allo stesso modo può essere effettuata la progettazione del sistema di impianto elettrico e idrico-sanitario, con la possibilità di creare circuiti elettrici tra i vari dispositivi per il primo caso e di scegliere diametro e materiale delle tubazioni per il secondo.

Oltre alla modellazione tridimensionale di un edificio o di parti di esso, la metodologia BIM permette anche di effettuare delle analisi energetiche nel rispetto dei principi di sostenibilità ambientale: in funzione delle tipologie di impianto scelte per la progettazione ed in funzione delle soluzioni tecnologiche adottate, è possibile scegliere la migliore soluzione progettuale, in modo da valutare il corretto funzionamento dell'edificio in condizioni invernali ed estive ed evitare dispersioni termiche che potrebbero comportare maggiori consumi di energia.

Da un punto di vista strutturale, invece, dall'interoperabilità tra i software di modellazione digitale e di calcolo si possono estrapolare i valori di resistenza meccanica e di conseguenza capire se una data struttura possiede le dovute capacità di resistenza alle azioni verticali, come

il peso proprio e i vari sovraccarichi ed alle sollecitazioni orizzontali, date dal vento e dal sisma.

Alla base di ogni modellazione effettuata vi è senza dubbio l'importanza della gestione delle diverse informazioni. Lavorando su uno stesso modello digitale presente su una piattaforma di condivisione, ogni progettista può apportare delle modifiche in funzione del lavoro altrui effettuato, garantendo un'automatica ed istantanea visibilità di ciò che è stato realizzato. In questo modo, ogni figura interessata può valutare quale soluzione si presti meglio al problema generato. Tale gestione delle informazioni risulta essere un'operazione molto importante anche nei meriti della manutenzione e non solo della progettazione di un'opera. In generale, il termine più adatto alla descrizione di questo aspetto del BIM è il Facility Management, definito dall'IFMA (International Facility Management Association) come *“la disciplina aziendale che coordina lo spazio fisico di lavoro con le risorse umane e l'attività propria dell'azienda. Integra i principi della gestione economica e finanziaria d'azienda, dell'architettura e delle scienze comportamentali e ingegneristiche”*. I vantaggi più significativi di un corretto Facility Management possono essere sintetizzati quanto segue:

- Migliore comunicazione tra tutte le figure interessate al processo edilizio;
- Migliore gestione del ciclo di vita di un edificio e della sostenibilità;
- Efficace manutenzione dei vari componenti tecnologici ed impiantistici;
- Maggiore sicurezza strutturale ed antincendio;
- Puntuale analisi energetica;
- Risparmi rispetto a variazioni e ristrutturazioni.

Un'efficiente comunicazione tra i vari stakeholders di progetto ed un'integrata condivisione di dati ed informazioni consentono anche di ottenere una migliore pianificazione del cantiere e una buona gestione del processo costruttivo di un'opera. La possibilità, infatti, di disporre di ambienti 4D e 5D, ovvero la dimensione temporale e quella relativa ai costi, contribuirebbe alla riduzione degli sprechi in termini di materiali, risorse utilizzate, manodopera e tempi. In questo modo, con la possibilità di effettuare delle simulazioni temporali e spaziali delle varie sequenze costruttive ed attraverso la progettazione parametrica che consente la generazione automatica di computi metrici estimativi, si eviterebbero interferenze in cantiere nei riguardi delle lavorazioni e di conseguenza i costi di realizzazione di un'opera.

1.5. Vantaggi del BIM rispetto al CAD

Nonostante la metodologia BIM non fosse pienamente sviluppata durante i suoi primi anni di sperimentazione, negli ultimi anni si sta notando un forte aumento nell'utilizzo. Secondo un'indagine fornita dall'OICE (Associazione delle organizzazioni di ingegneria, di architettura e di consulenza tecnico-economica) in merito all'utilizzo del BIM, l'andamento del numero dei bandi BIM in Italia è in forte crescita esponenziale.

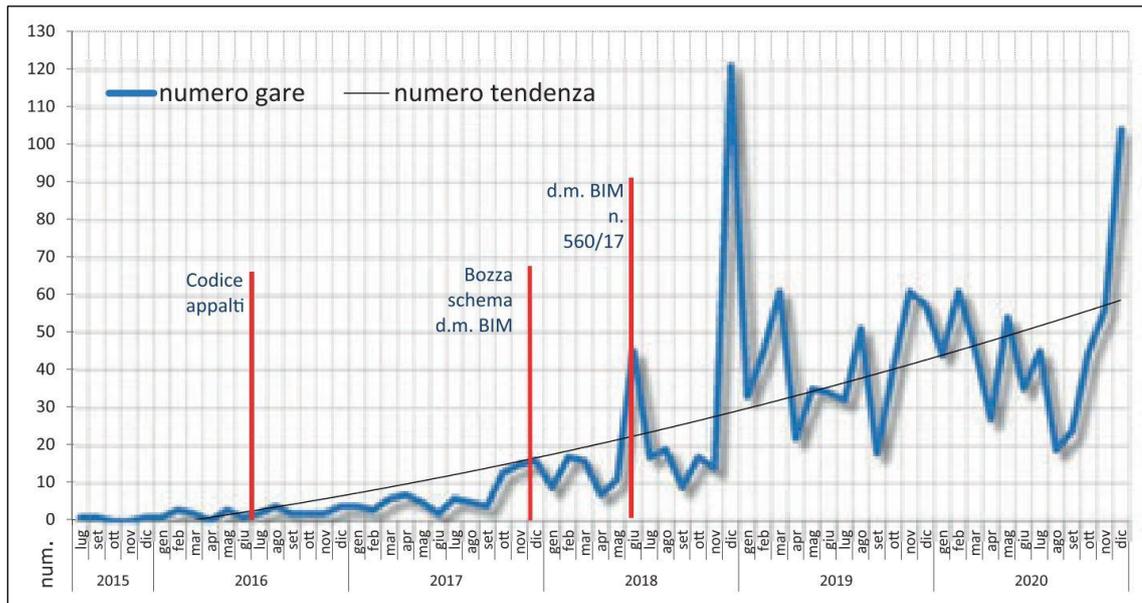


Figura 1-4: Andamento del numero dei bandi BIM in Italia (Fonte: Rapporto sulle gare BIM 2020 per opere pubbliche – OICE)

In particolare, come si può notare dal grafico sopra riportato, il numero dei bandi BIM nel 2015 era pari a 4, arrivando a 26 nell'anno successivo. Nel 2017 tale numero ha subito una rilevante crescita arrivando a 83, con un aumento del + 219,2 % sul 2016. Nel 2018 il numero delle gare è stato di 306 con un aumento del + 263,9 % sul 2017; mentre nel 2019 si sono contati 478 bandi (+ 58,3 %). Infine, nel 2020 il numero è salito a 560, ovvero + 17,2 % sul 2019.

Secondo questi recenti studi, infatti, l'evoluzione del BIM discende proprio dalla comprensione dei numerosi vantaggi di cui si compone tale metodologia nei confronti del CAD. In linea generale, si può affermare come la metodologia BIM imiti il reale processo costruttivo di un'opera. Basti pensare alla sola progettazione di un edificio, caratterizzato dalla presenza di solai, muri, tetti, aperture ed altri elementi tecnologici: la modellazione digitale su un software segue di pari passo l'effettiva logica costruttiva di realizzazione, secondo la quale, ad esempio, una finestra non è altro che un'apertura all'interno di un muro. Attraverso un

disegno bidimensionale sul CAD, invece, tali elementi tecnologici non sono altro che linee sullo schermo al quale non possono essere associate delle caratteristiche o informazioni alfanumeriche. Inoltre, dovendo riportare in ogni vista creata dell'edificio ogni elemento tecnologico, vi è il forte rischio di commettere degli errori progettuali che potrebbero causare un forte ritardo nei tempi di consegna previsti e perciò un aumento dei costi.

Per evidenziare i benefici che si possono ottenere dall'utilizzo del BIM ed effettuare un confronto tra la metodologia tradizionale e quella integrata, si mostra a tal proposito uno dei grafici più conosciuti in materia: la curva di MacLeamy.

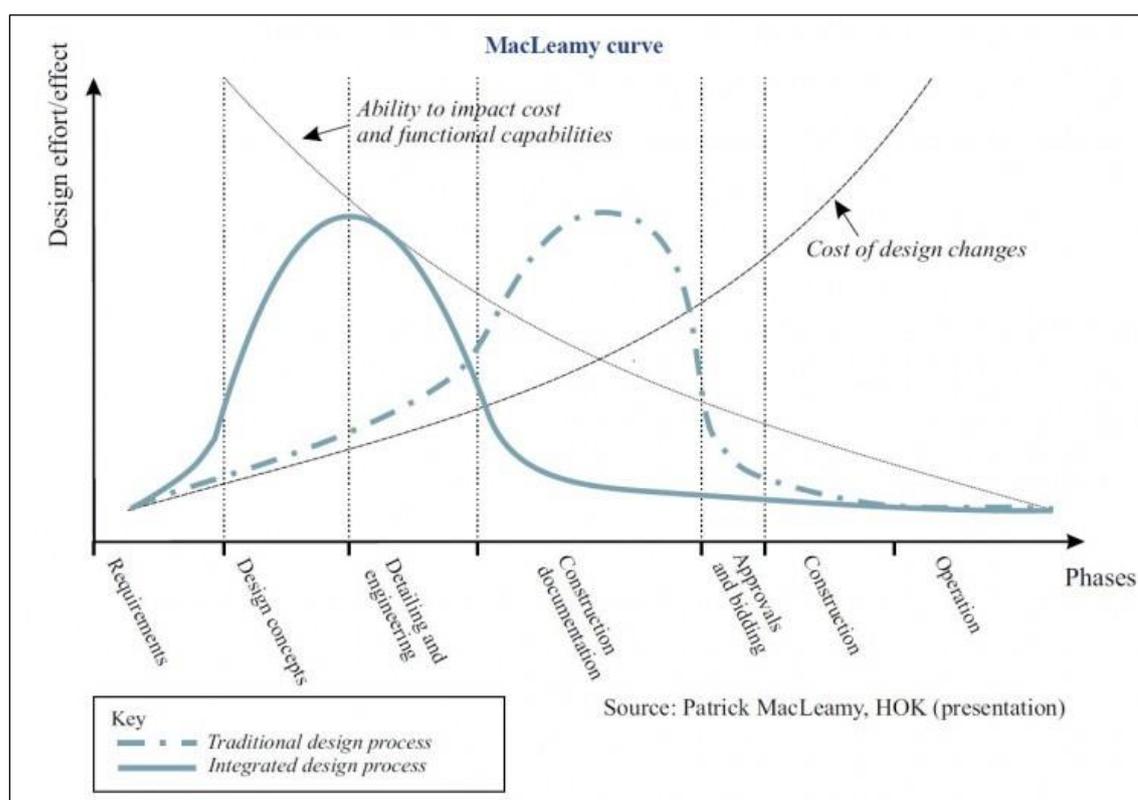


Figura 1-5: Curva di MacLeamy (Fonte: biblus.acca.it)

Si tratta di un grafico sviluppato nel 2007 da Patrick MacLeamy costituito nel seguente modo:

- Sull'asse delle ascisse sono presenti le fasi del processo edilizio (Phases), partendo dalla programmazione dell'opera fino ad arrivare all'utilizzo della stessa;
- Sull'asse delle ordinate è rappresentato, invece, lo sforzo progettuale (Design Effort) speso durante le varie fasi di progettazione e realizzazione dell'opera.

Le due curve poste a confronto sono quelle relative all'utilizzo di un approccio tradizionale, rappresentato con una linea tratteggiata e all'utilizzo di un approccio integrato, rappresentato

con una linea continua. Esse evidenziano come uno sforzo progettuale nelle prime fasi di progettazione di un'opera (tipico di un approccio integrato basato sul BIM) comporti una riduzione dei costi di realizzazione; al contrario, uno sforzo progettuale nelle ultime fasi del processo edilizio, dove si ha un limitato controllo sull'impatto dei costi, a seguito di alcuni cambiamenti progettuali, comporti dei costi decisamente maggiori. L'obiettivo di tale rappresentazione, infatti, non è quello di ridurre gli sforzi progettuali, ma anticipare questi sforzi nel tempo in modo da avere un maggiore controllo sui tempi e costi di realizzazione.

I vantaggi del BIM rispetto ai metodi tradizionali di progettazione possono essere perciò sintetizzati nel seguente modo:

- Condivisione di un unico modello digitale all'interno di una piattaforma comune, in modo da evitare perdite di informazioni durante il ciclo di vita di un edificio, con l'obiettivo di avere invece dati in continuo aggiornamento;
- Maggiore comunicazione tra gli stakeholders interessati, al fine di verificare fin da subito la presenza di eventuali interferenze o errori progettuali e di evitare quindi cambiamenti durante la fase esecutiva di un'opera;
- Riduzione degli errori di progettazione e di conseguenza dei tempi e costi di realizzazione, dal momento in cui attraverso il BIM vi è una perfetta congruenza degli elaborati progettuali;
- Rappresentazione del manufatto edilizio modellato più vicino alla realtà;
- Possibilità di utilizzare formati di interoperabilità tra software per ottenere informazioni relative ai tempi e costi di realizzazione dell'opera ed effettuare delle analisi di tipo energetico e strutturale, riducendo di gran lunga i tempi di progettazione.

1.6. Funzionalità ed interoperabilità

Un concetto fondamentale sul quale si basa la metodologia BIM è l'interoperabilità. Già nelle prime definizioni che furono date per spiegare questo nuovo modo di progettare, si possono trovare chiare descrizioni di quello che avrebbe poi stravolto l'intero processo costruttivo di un'opera. Con il termine interoperabilità, infatti, si indica la possibilità di condividere e scambiare le informazioni appartenenti ad un modello progettuale. Tale scambio di informazioni non riguarda unicamente le varie figure interessate alla realizzazione di un progetto, ma anche e soprattutto la possibilità di importare ed esportare dati da un software ad un altro, in modo da snellire il lavoro di progettazione. Come già accennato nei precedenti paragrafi, attraverso l'interoperabilità tra software, un modello digitale può essere importato all'interno di un programma che permette, ad esempio, di realizzare un computo metrico estimativo in maniera automatica. Discorso analogo può essere effettuato per generare anche simulazioni energetiche o relative alla pianificazione delle lavorazioni in cantiere.

A tal proposito, occorre fare una chiara distinzione tra un **processo interoperabile orizzontale** ed un **processo interoperabile verticale**. Il primo verte sulla condivisione e lo scambio di informazioni tra programmi appartenenti alla stessa software-house, come potrebbe essere "Revit" o "Autocad", appartenenti entrambi alla software-house "Autodesk". In questo modo ne deriva che la perdita di dati nel passaggio da un programma ad un altro è abbastanza improbabile. Il processo interoperabile verticale, invece, è inerente allo scambio di informazioni tra programmi appartenenti a due software-house differenti: è il caso di "Revit" per la modellazione digitale di un edificio e "Primus" (appartenente alla software-house "ACCA") per la generazione dei computi metrici estimativi. In questo caso il rischio che si possa avere una perdita di dati è invece altamente probabile.

Da qui nasce la necessità di avere un unico formato di scambio per garantire una corretta interoperabilità tra software differenti ed in modo da prevenire la perdita dei dati durante il passaggio informativo. Tale esigenza viene concretizzata nella creazione del formato IFC, acronimo di "Industry Foundation Classes": si tratta di un formato file aperto e neutrale, non controllato infatti dalle singole software-house. Il formato IFC nasce nel 1994 da un'iniziativa dei principali produttori di software-house di quel periodo nel campo della modellazione. L'iniziativa era composta da dodici società statunitensi, tra cui Autodesk, AT&T e HOK Architects, che formarono la cosiddetta IAI, "International Alliance for Interoperability", divenuta poi successivamente, nel 1997, "buildingSMART": l'obiettivo principale era la promozione dello sviluppo del formato di interscambio IFC, basato sulla ISO 16739:2013.

Inoltre, vi è una seconda distinzione utile da dover fare per comprendere pienamente le funzionalità dei processi BIM: l'interoperabilità, a seconda della tipologia dei software di modellazione o analisi, può essere definita monodirezionale, se lo scambio di dati è consentito solo da un software ad un altro, o bidirezionale, se tale scambio può essere implementato in un software e poi restituito in quello di partenza.

La collaborazione tra le diverse discipline di un progetto rientra tra i più importanti capisaldi della metodologia BIM. All'interno di un software di modellazione è possibile realizzare tale aspetto in due modi differenti, a seconda della tipologia del progetto e soprattutto in base alla dimensione dello stesso:

- La prima modalità si basa principalmente sulla creazione di un **modello federato**, realizzato attraverso dei modelli locali suddivisi per disciplina e linkati tra di loro fino a formare un unico modello. Generalmente, per la realizzazione di un edificio vengono presi in considerazione un modello architettonico, un modello strutturale ed un modello relativo alla disciplina MEP (impianto meccanico, elettrico ed idrico-sanitario);
- La seconda modalità, invece, prevede la creazione di un unico **modello centrale**, dal quale vengono poi generati, attraverso dei worksets, i diversi modelli locali.

La principale differenza tra modello federato e modello realizzato attraverso i worksets consiste nella possibilità di modificare gli elementi creati dagli altri protagonisti del processo edilizio: se si decidesse di lavorare attraverso un sistema basato sui links, risulta impossibile modificare un elemento di cui non si dispone l'autorità; al contrario, se si lavora su un unico modello centrale tale azione è consentita.

È importante sottolineare quanto sia importante la creazione di un ambiente di lavoro condivisibile, definito dalle normative di riferimento "CDE" o "Common Data Environment", sia se si scelga di utilizzare la prima o la seconda modalità di collaborazione. All'interno di tale CDE vengono conservati e archiviati i modelli digitali di lavoro e i vari documenti utili alla progettazione e resi condivisibili da tutte le figure interessate al processo edilizio.

1.7. Sviluppo del BIM e quadro normativo

Con l'affermarsi di nuove direttive europee e nazionali, l'utilizzo del BIM nel campo delle costruzioni ha subito uno sviluppo differente per i singoli stati europei nel corso degli ultimi anni. I Paesi Scandinavi ed il Regno Unito sono stati tra i primi paesi ad aver accolto questa nuova metodologia alla base della progettazione edilizia già dai primi anni 2000. Mentre vi sono altri paesi, come l'Italia e la Spagna, che si stanno muovendo solo di recente verso questa digitalizzazione.

Il settore delle costruzioni, infatti, nonostante possieda delle grandi potenzialità, è stato caratterizzato da una lenta crescita rispetto ad altri settori, come quello automobilistico e navale. Le principali cause che hanno determinato una digitalizzazione non ancora completa ricadono sicuramente nella frammentarietà dell'industria, nella difficoltà a adeguarsi alle nuove tecnologie e soprattutto nella scarsa collaborazione tra i players. Per questo motivo, i paesi più sviluppati come Svezia, Norvegia, Finlandia, Danimarca e Regno Unito stanno adottando da anni politiche legate alla digitalizzazione del settore edile, al contrario invece di altri paesi che solo negli ultimi anni stanno subendo una forte accelerazione.

In particolare, in Norvegia l'agenzia governativa norvegese "Statsbygg" (Norwegian Directorate of Public Construction and Property), relativa all'edilizia pubblica, ha introdotto a partire dal 2010 l'obbligo dell'utilizzo dell'IFC per tutti i progetti e soprattutto l'utilizzo dello stesso BIM per l'intero ciclo di vita degli edifici. Infatti, uno dei problemi principali dello sviluppo di questa metodologia è legato alla limitazione dell'utilizzo del BIM unicamente per le fasi di progettazione e costruzione, senza considerare la sua importanza anche per le fasi di manutenzione e demolizione. È stato pubblicato, inoltre, un manuale BIM che contiene tutte le linee guida sugli standard norvegesi ed in linea con il National BIM Standards statunitense (NBIMS).

In Danimarca, tale obbligo sull'utilizzo del formato IFC è valido a partire dal 2007, grazie alle autorità danesi della "DECA" (Danish Enterprise and Construction Authority) che hanno messo in evidenza l'importanza dell'interoperabilità all'interno dei progetti BIM.

Analogamente, in Finlandia l'utilizzo del BIM è stato imposto a partire dal 2007, a seguito di alcuni progetti sperimentali promossi dall'ente pubblico "Senate Properties" a partire dal 2001.

Il Regno Unito è considerato anch'esso un paese sviluppato nell'ottica BIM: nel 2011 è stato fondato un Task Group BIM con l'obiettivo di promuovere l'utilizzo del BIM nel settore pubblico delle costruzioni, sviluppando un programma di formazione e supporto sulla metodologia. Da un punto di vista governativo, il National Building Specification (NBS), nello stesso anno, ha annunciato lo sviluppo della National BIM Library, una libreria digitale degli elementi BIM, in modo da rendere accessibili e scaricabili le varie famiglie da poter utilizzare nei progetti in maniera totalmente gratuita.

Lo sviluppo del BIM in Italia, invece, è arrivato solo di recente. Da un punto di vista normativo, infatti, l'utilizzo di questa metodologia e l'importanza della digitalizzazione nel settore edile vengono messe in evidenza per la prima volta solo nel 2016, nel "Nuovo Codice Appalti", da parte del Consiglio dei ministri.

L'articolo 23 c.13 riporta: *"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, 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. Con decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, da adottare entro il 31 luglio 2016, anche avvalendosi di una Commissione appositamente istituita presso il medesimo Ministero, senza oneri aggiuntivi a carico della finanza pubblica sono definiti le modalità e i tempi di progressiva introduzione dell'obbligatorietà dei suddetti metodi presso le stazioni appaltanti, le amministrazioni concedenti e gli operatori economici, valutata in relazione alla tipologia delle opere da affidare e della strategia di digitalizzazione delle amministrazioni pubbliche e del settore delle costruzioni. "* [...] (Consiglio dei ministri, 2016).

Come si può notare dallo stralcio di sopra riportato, nel "Nuovo Codice Appalti" non si parla di nessuna obbligatorietà dei nuovi metodi e strumenti elettronici, ma a differenza degli altri paesi europei tale utilizzo è solamente facoltativo. Le prime obbligatorietà sono state fissate per il 2019 per le opere il cui costo è pari o eccede i 100 milioni di euro e via via fino al 2025, anno in cui l'utilizzo del BIM sarà obbligatorio per tutte le tipologie di opere pubbliche.

Analizzando, infatti, la situazione inerente allo sviluppo del BIM in Europa, si può evincere come ci sia una certa disomogeneità all'interno dei singoli paesi europei. Per sopperire a tale

problema, vi sono state delle direttive europee, a partire dal 2014, che mirano a promuovere l'utilizzo di formati digitali, garantendo anche una certa unicità tra i vari stati membri. La direttiva EUPPD (European Union Procurement Directive), ad esempio, approvata dal Parlamento Europeo, invita i vari paesi all'uso del BIM entro il 2016 per i progetti a finanziamento pubblico. I vantaggi che ne deriverebbero sono i seguenti:

- Riduzione del costo dei progetti edilizi finanziati con fondi pubblici;
- Maggiore efficacia e trasparenza delle procedure di appalto;
- Aumento della competitività globale del mercato europeo;
- Investimenti che mirano ad uno sviluppo sostenibile.

Tutto ciò si concretizza con l'ottenimento di livelli di maturità di sviluppo digitale sempre maggiori, che portano al raggiungimento di una maggiore collaborazione, maggiore trasparenza e all'affermarsi del cosiddetto sistema "OpenBIM".

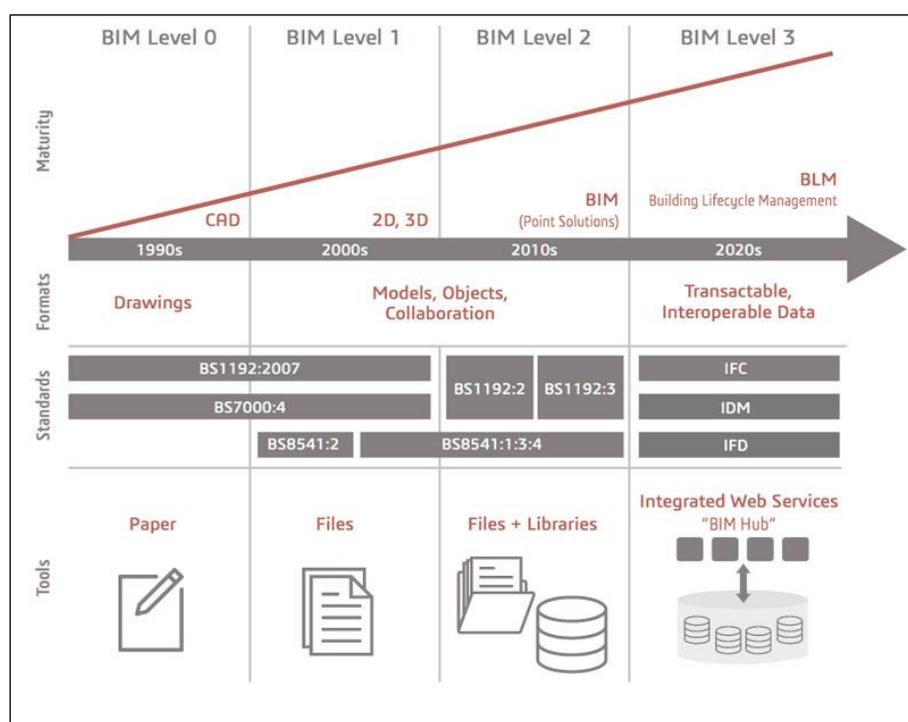


Figura 1-6: Livelli di maturità del BIM secondo la PAS 1192-3 (Fonte: bim.acca.it)

Tali livelli di maturità di sviluppo digitale, raffigurati nel diagramma precedente conosciuto con il nome di "The Wedge" o di "Cuneo BIM", sono stati idealizzati da Mark Bew e Mervyn Richards nel 2008 e rappresentano una chiara strategia di come il Regno Unito intende procedere verso il percorso di digitalizzazione.

Essi sono presenti anche all'interno della normativa inglese PAS 1192-3 e possono essere sintetizzati nel seguente modo:

- **BIM Level 0** (collaborazione bassa), dove non è presente nessuna digitalizzazione. Esso segue prevalentemente un processo tradizionale, dove il concetto di interoperabilità è ancora inesistente. Tale livello è caratterizzato dall'uso di disegni 2D CAD ed informazioni relative al progetto in formato cartaceo;
- **BIM Level 1** (collaborazione parziale): consta di un modello 3D, ma il passaggio delle informazioni è ancora di tipo cartaceo. Il suddetto modello è caratterizzato dalla presenza di soli elementi geometrici, totalmente privi di proprietà fisiche e altre informazioni aggiuntive;
- **BIM Level 2** (collaborazione completa): basato principalmente su un modello digitale nelle tre dimensioni e pone la sua attenzione su una maggiore collaborazione tra le varie discipline che costituiscono l'edificio, attraverso la condivisione dei file di progetto su una piattaforma condivisibile, denominata "CDE" o "Common Data Environment". Attraverso questa condivisione è possibile segnalare ipotetiche interferenze tra i vari modelli e limitare il numero di errori progettuali. Un aspetto importante di tale livello, rispetto a quello precedente, è l'associazione digitale delle varie informazioni al modello virtuale stesso. La direttiva europea mirava al raggiungimento di tale livello entro il 2016;
- **BIM Level 3** (integrazione completa o iBIM): rappresenta il più alto livello di maturità digitale, caratterizzato dalla totale interoperabilità e collaborazione tra le varie figure interessate ma anche e soprattutto tra i vari software di progettazione. Questo livello non interessa solamente le fasi di progettazione e costruzione dell'opera, ma mira a controllarne l'intero ciclo di vita dell'edificio, dalla programmazione dell'opera fino ad arrivare ad un'eventuale demolizione o dismissione. La direttiva europea mirava al raggiungimento di tale livello entro il 2020.

La normativa italiana UNI 11337:2017-1 nel capitolo 5 prevede una scomposizione leggermente differente dei livelli di maturità del BIM:

- **Livello 0** (non digitale): analogamente alla normativa inglese, il livello 0 è basato su un approccio tradizionale, secondo cui lo scambio delle informazioni avviene unicamente in formato cartaceo;
- **Livello 1** (base): lo scambio delle informazioni può avvenire sia in formato digitale che cartaceo, ma, da contratto, la stampa può essere effettuata solamente in formato cartaceo;
- **Livello 2** (elementare): per tale livello si fa una distinzione in base alle discipline di riferimento. Per gli ambiti ambientali e tecnici il trasferimento delle informazioni avviene attraverso modelli informativi grafici e per la rappresentazione di alcuni dettagli, è possibile allegare degli elaborati informativi digitali. I documenti cartacei, inoltre, possono essere accompagnati da contenuti digitali, compreso il modello virtuale dell'edificio;
- **Livello 3** (avanzato): viene abbandonato il mondo cartaceo per dare spazio ad una piena correlazione tra elaborati prettamente digitali, collegati al modello informativo virtuale. Si ha in questo modo, analogamente al BIM Level 2 della normativa britannica, quello che oggi si intende per BIM inteso come Building Information Modeling;
- **Livello 4** (ottimale): lo scambio di informazioni non è più solo di tipo digitale, ma si va verso l'affermazione di modelli disciplinari integrati e pienamente coordinati tra di loro, i cui elaborati derivano direttamente dai modelli BIM generati.

Livello di Maturità (UNI 11337-1)	Livello 0	Livello 1	Livello 2	Livello 3	Livello 4
Esigenze individuate dalla norma	Trasferimento di contenuti informativi tramite elaborati informativi non digitali	Trasferimento di contenuti informativi attraverso elaborati informativi digitali e non	Trasferimento di contenuti informativi prevalentemente attraverso modelli informativi grafici, eventualmente accompagnati da elaborati informativi grafici digitali	Modelli informativi grafici ed elaborati comunicano attraverso schede informative digitali di prodotto e di processo	Trasferimento di contenuti informativi attraverso modelli informativi (virtualizzabili in senso grafico, documentale, multimediale)

Figura 1-7: Livelli di maturità del BIM secondo la UNI 11337 (Fonte: 01building.it)

A livello internazionale, la norma ISO 19650 riprende i livelli di maturità della metodologia BIM secondo lo standard britannico e italiano, ma effettua una semplificazione in modo da unificare le due normative in questione. La scomposizione a cui fa riferimento, che va da una digitalizzazione quasi assente del primo livello ad una maggiore integrazione dei dati dell'ultimo livello, è la seguente:

- **Livello normativo** (Standard Layer);
- **Livello tecnologico** (Technology Layer);
- **Livello informativo** (Information Layer);
- **Livello aziendale.**

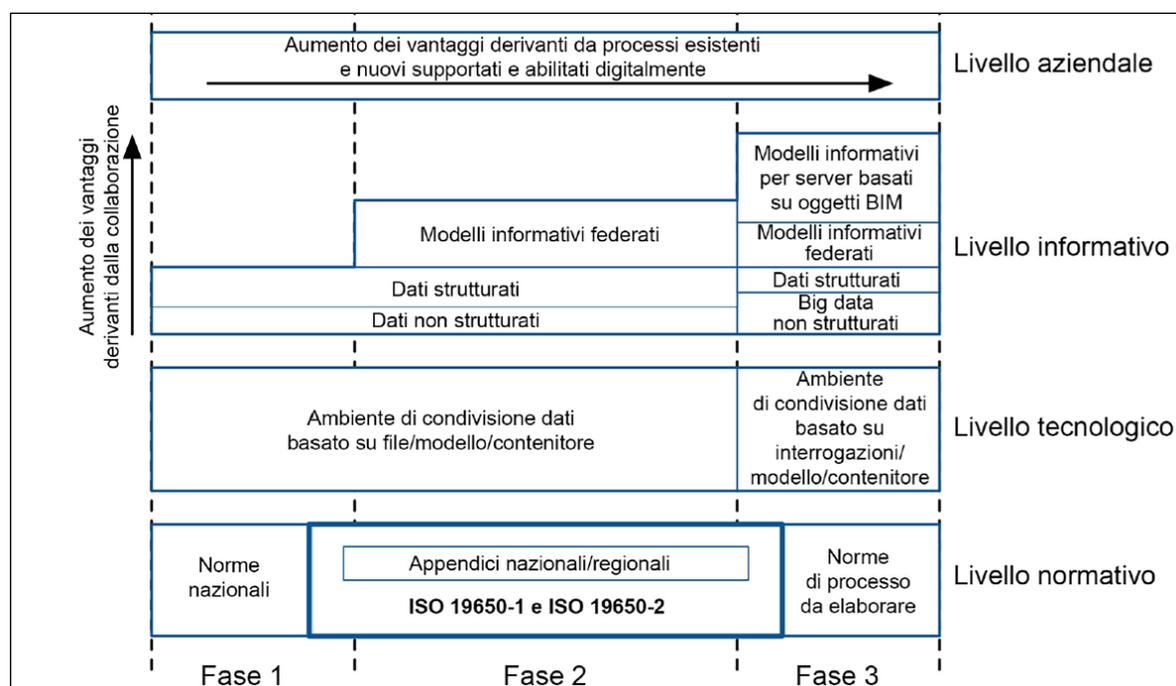


Figura 1-8: Livelli di maturità del BIM secondo la ISO 19650 (Fonte: bim.acca.it)

1.8. Definizione dei LOD

Uno dei problemi principali che generalmente interessano la fase progettuale di un processo edilizio è legato alla mancanza di definizione di un obiettivo preciso. Tale problema potrebbe comportare, durante le fasi successive di realizzazione dell'opera, diverse criticità relative alla congruenza degli elaborati progettuali e di conseguenza errori durante le lavorazioni. Per tale ragione, è fondamentale comprendere fin da subito quanti e quali siano gli elaborati da redigere e consegnare, chiamati anche con il termine "deliverables". Ogni elaborato, però, a seconda degli obiettivi prefissati, a loro volta relazionati agli usi del modello digitale, deve essere caratterizzato dal raggiungimento di un dato livello di sviluppo degli elementi che costituiscono il modello stesso, in modo da rendere il più possibile comprensibile quello che si vuole rappresentare, ma allo stesso tempo evitando di sovraccaricare il contenuto informativo se non rilevante. Infatti, il raggiungimento di un livello di sviluppo minimo è uno dei concetti principali su cui si basa la norma ISO 10650 dell'International Organization for Standardization (ISO).

Tali livelli di approfondimento, che possono essere assegnati agli elementi di un modello virtuale, vengono denominati generalmente con il termine LOD, il cui acronimo varia in funzione di ciò che si vuole rappresentare e soprattutto in funzione della normativa di riferimento. La dicitura LOD, infatti, può essere acronimo di:

- **Level of Detail** o livello di **dettaglio**, il quale descrive i contenuti grafici del modello in ciascuna fase del processo edilizio. In altre parole, il livello di dettaglio potrebbe essere considerato una sorta di input dell'elemento stesso;
- **Level of Development** o **livello di sviluppo**, che rappresenta il grado di affidabilità della geometria e delle informazioni allegate agli elementi di un modello. Seguendo l'esempio precedente, il livello di sviluppo potrebbe essere associato all'output di un elemento digitale;
- **Level of Definition** o **livello di definizione**, il quale rappresenta il livello minimo di dettaglio richiesto dal committente o dal team di progettazione, al fine di raggiungere gli obiettivi prefissati del modello.

Come si può notare, infatti, data l'inesistenza di un sistema universalmente accettato, il termine LOD assume un significato ben preciso a seconda della normativa vigente, emanata da un dato ente di normazione e certificazione.

In particolare, a livello legislativo vi sono quattro principali enti che vengono presi come riferimento per la definizione dei LOD di un determinato modello digitale:

- *British Standard Institution (BSI)*, ente di normazione, certificazione e formazione internazionale di origine britannica, che opera attraverso la normativa inglese PAS 1192:2013 ed il BIM Toolkit;
- *Ente nazionale italiano di unificazione (UNI)*. La normativa italiana di riferimento per l'ambito BIM è la UNI 11337:2017;
- *American Institute of Architects (AIA)*, ovvero l'associazione degli architetti degli Stati Uniti. A tale ente è associato il protocollo americano AIA G202-2013;
- *International Organization for Standardization (ISO)*, ossia la più importante organizzazione a livello mondiale per la definizione di norme tecniche, la cui norma di riferimento in ambito BIM è data dalla ISO 10650.

Prendendo in considerazione la norma italiana UNI 11337-4:2017, con il termine LOD viene inteso il livello di sviluppo di un elemento, comprendente sia il livello di sviluppo degli oggetti digitali in relazione agli attributi geometrici (LOG o Level of Graphic information) e sia il livello di sviluppo degli oggetti digitali in relazione agli attributi informativi (LOI o Level of Information). Secondo tale normativa, è possibile, quindi, assegnare un determinato "Livello di approfondimento e stabilità dei dati e delle informazioni degli oggetti digitali che compongono i modelli", facendo una distinzione in funzione della tipologia di opera da realizzare. In particolare, la norma individua quattro differenti tipologie:

- Opere di nuova costruzione e recupero degli edifici;
- Interventi territoriali ed infrastrutture;
- Mezzi ed attrezzature;
- Restauro e beni vincolati.

Per ognuna di queste tipologie, è possibile assegnare un livello di sviluppo agli elementi costituenti il modello virtuale. La scala di riferimento per la definizione dei LOD è composta da sette diversi livelli, classificati in ordine crescente in funzione del dettaglio geometrico ed informativo rappresentato:

- **LOD A:** gli elementi sono rappresentati graficamente attraverso un sistema geometrico simbolico. Le caratteristiche quantitative e qualitative sono indicative;

- **LOD B:** gli elementi sono rappresentati graficamente come un sistema geometrico generico o una geometria d'ingombro. Le caratteristiche qualitative e quantitative sono approssimate;
- **LOD C:** gli elementi sono rappresentati graficamente come un sistema geometrico definito. Le caratteristiche qualitative e quantitative sono definite in via generica nel rispetto dei limiti della normativa vigente e delle norme tecniche di riferimento e riferibili a una pluralità di entità similari;
- **LOD D:** gli elementi sono rappresentati graficamente come un sistema geometrico dettagliato. Le caratteristiche qualitative e quantitative sono specifiche di una pluralità definita di prodotti similari. È definita l'interfaccia con altri sistemi specifici di costruzione, compresi gli ingombri approssimati di manovra e manutenzione;
- **LOD E:** gli elementi sono rappresentati graficamente come un sistema geometrico specifico. Le caratteristiche quantitative e qualitative sono specifiche di un singolo sistema produttivo legato al prodotto definito. È definito il livello di dettaglio relativo alla fabbricazione, l'assemblaggio e l'installazione compresi gli specifici ingombri di manovra e manutenzione;
- **LOD F:** gli oggetti esprimono la virtualizzazione verificata sul luogo dello specifico sistema produttivo eseguito/costruito. Le caratteristiche quantitative e qualitative sono quelle specifiche del singolo sistema produttivo del prodotto posato e installato. Sono definiti per ogni singolo prodotto gli interventi di gestione, manutenzione e/o riparazione e sostituzione da eseguirsi durante l'intero ciclo di vita dell'opera;
- **LOD G:** gli oggetti esprimono la virtualizzazione aggiornata dello stato di fatto di una entità in un tempo definito. Sono definiti per ogni singolo prodotto gli interventi di gestione, manutenzione e/o riparazione e sostituzione da eseguirsi lungo tutto il ciclo di vita dell'opera.

UNI 11337-4:2017		Table C.1 Example LOD for a wall							
		LOD A	LOD B	LOD C	LOD D	LOD E	LOD F	LOD G	
Geometry Vertical or pseudo-vertical architectural element represented by a 2D symbol.		Geometry Generic solid to represent a vertical or pseudo-vertical architectural element with approximate shape, thickness and position.		Geometry Vertical or pseudo-vertical architectural element (system and sub-system) represented by outlines calculated according to the technical standards.		Geometry Vertical or pseudo-vertical architectural element represented by a solid with dimensions equal to the real dimensions. It models all the stratigraphy, material supplier-specific data and the finishes.		Geometry Wall object. As in LOD E (as-built survey).	
Object 2D graphic (2D lines and backgrounds)		Object 3D solid		Object Structured 3D solid		Object Complex 3D solids		Object Complete wall solids	
Characteristics - Approximate positioning		Characteristics - Simple outline geometries		Characteristics - Thickness - Length - Width - Volume - Material definitions - Main stratigraphy definitions - Architectural system definition		Characteristics - Detailed stratigraphy definitions - Component thicknesses - Structure - Insulation - Air chamber - Support background - Finish - Constructional details - Component details by group, without reference to individual products		Characteristics - Interior finish type - Exterior finish type - Exterior finish surfaces - Material/Component Composition - Certifications - Structural capacity - Vapor transmission - U value - R value - Absorption value - Sound transmission - Component details by individual product - Mounting information - Substrate material - Individual product data sheets	
								Characteristics - Maintenance manual - Classification (UNI 8290, CSI, etc.) - Product certification - Approval certificate - Finished wall system	
								Characteristics - Maintenance date	

UNI 11337 - 4

Figura 1-9: Classificazione dei LOD secondo la normativa italiana (Fonte: UNI 11337-4)

Secondo la normativa americana, invece, la scala per la definizione dei LOD è composta da cinque diversi livelli:

- **LOD 100:** gli elementi del modello sono graficati come simboli o attraverso una generica rappresentazione, ma che non soddisfano i requisiti previsti per il livello dato dal LOD 200. Le informazioni relative all'elemento (come il costo per metro quadro ecc.) possono essere estrapolate dagli altri elementi presenti;
- **LOD 200:** gli elementi del modello sono rappresentati come generici sistemi o oggetti con quantità, dimensione, forma, localizzazione e orientamento approssimativi. Le informazioni non-grafiche possono anche essere allegate all'elemento modellato;
- **LOD 300:** gli elementi del modello sono rappresentati come sistemi specifici o oggetti con informazioni corrette relative alla quantità, dimensione, forma, localizzazione ed orientamento. Le informazioni non-grafiche possono anche essere allegate all'elemento modellato;
- **LOD 350:** gli elementi del modello sono rappresentati come sistemi specifici o oggetti con informazioni corrette relative alla quantità, dimensione, forma, localizzazione ed orientamento. Inoltre, tali elementi si interfacciano correttamente con gli altri sistemi costruttivi del modello. Le informazioni non-grafiche possono anche essere allegate all'elemento modellato;

- **LOD 400:** gli elementi del modello sono rappresentati come sistemi specifici o oggetti con informazioni corrette relative alla quantità, dimensione, forma, localizzazione ed orientamento, ma anche informazioni relative ai dettagli costruttivi, di fabbricazione, di assemblaggio e di installazione. Le informazioni non-grafiche possono anche essere allegate all'elemento modellato;
- **LOD 500:** gli elementi del modello rispecchiano una rappresentazione reale e verificata in cantiere in termini di quantità, dimensione, forma, localizzazione ed orientamento. Le informazioni non-grafiche possono anche essere allegate all'elemento modellato.

LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400	LOD 500
				
Modello contenente i requisiti di prestazione e le specifiche del sito. Modello concettuale di massa utile allo studio di tutto l'edificio inclusi area di base e volume, orientamento, stima costi iniziale. Progetto preliminare.	Modello contenente i sistemi generalizzati con quantità, dimensioni, forme, posizione ed orientamento approssimati. Progetto definitivo.	Modello di produzione o pre-costruzione, e per gli "intenti progettuali". Modello accurato e coordinato, utile per una stima più accurata dei costi. Progetto Esecutivo.	Modello accurato con i requisiti di costruzione e gli elementi costruttivi specifici.	Modello "as built" dell'edificio che mostra il progetto così come è stato realizzato.

Figura 1-10: Quadro riassuntivo dei LOD secondo la normativa americana (Fonte: 01building.it)

All'interno della normativa inglese PAS 1192-2:2013 viene effettuata una distinzione tra "Level of Model Detail", definito attraverso l'acronimo LOD e "Level of Information Detail", definito con l'acronimo LOI. Il primo si riferisce ad una descrizione del contenuto grafico del modello in ciascuna fase del processo edilizio, mentre il secondo ad una descrizione del contenuto informativo o non-grafico dello stesso.

La scala di definizione del LOD è composta da 4 diversi livelli:

2 – Concept stage: gli elementi del modello possono essere utilizzati per un progetto preliminare, in modo da poter effettuare alcune stime, analisi e verificare la coordinazione geometrica. Tali elementi possono subire delle modifiche, a seguito di alcuni sviluppi successivi;

3 – Developed design: gli elementi del modello sono dimensionalmente corretti e tali informazioni possono essere utilizzate per delle analisi e delle stime più dettagliate;

4 – Technical design: gli elementi sono modellati e rappresentati in conformità alle normative di riferimento. Tali informazioni possono essere utilizzate per comprendere la fabbricazione degli elementi stessi;

5 – Construction: gli elementi risultano essere modellati accuratamente in virtù della fase di costruzione e realizzazione dell'opera. Le informazioni che ne derivano possono essere utilizzate per la fase di montaggio o di installazione in cantiere.

Invece, la scala di definizione del LOI è composta da 5 differenti livelli:

2 – Concept stage: come menzionato precedentemente;

3 – Developed design: come menzionato precedentemente;

4 – Technical design: come menzionato precedentemente;

5 – Construction: come menzionato precedentemente;

6 – Operation and maintenance: sono presenti delle informazioni relative alla fase di utilizzo e manutenzione dell'opera.

Figure 20 – Levels of model definition for building and infrastructure projects

Stage number	1	2	3	4	5	6	7
Model name	Brief	Concept	Definition	Design	Build and commission	Handover and closeout	Operation
Systems to be covered	N/A	All	All	All	All	All	All
Graphical illustration (building project)							
Graphical illustration (infrastructure project)							
What the model can be relied upon for	Model information communicating the brief, performance requirements, performance benchmarks and site constraints	Models which communicate the initial response to the brief, aesthetic intent and outline performance requirements. The model can be used for early design development, analysis and co-ordination. Model content is not fixed and may be subject to further design development. The model can be used for co-ordination, sequencing and estimating purposes	A dimensionally correct and co-ordinated model which communicates the response to the brief, aesthetic intent and some performance information that can be used for analysis, design development and early contractor engagement. The model can be used for co-ordination, sequencing and estimating purposes including the agreement of a first stage target price	A dimensionally correct and co-ordinated model that can be used to verify compliance with regulatory requirements. The model can be used as the start point for the incorporation of specialist contractor design models and can include information that can be used for fabrication, co-ordination, sequencing and estimating purposes, including the agreement of a target price/ guaranteed maximum price	An accurate model of the asset before and during construction incorporating co-ordinated specialist sub-contract design models and associated model attributes. The model can be used for sequencing of installation and capture of as-installed information	An accurate record of the asset as a constructed at handover, including all information required for operation and maintenance	An updated record of the asset at a fixed point in time incorporating any major changes made since handover, including performance and condition data and all information required for operation and maintenance. The full content will be available in the yet to be published PAS 1192-3

PAS 1192-2:2013

Figura 1-11: Definizione dei LOD secondo la normativa inglese (Fonte: PAS 1192-2:2013)

1.9. Sistemi di classificazione degli elementi e codifica

La creazione di un sistema di classificazione degli elementi di un modello digitale si colloca oggi, nell'ottica della metodologia BIM, tra le operazioni più importanti da effettuare all'interno di un progetto. Spesso tale procedura risulta essere vincolante nei confronti della gestione delle varie informazioni, ma soprattutto utile per garantire una corretta interoperabilità tra i software BIM utilizzati. Se si vuole, infatti, generare un cronoprogramma delle lavorazioni in maniera del tutto automatica, è necessario garantire un perfetto collegamento di tali lavorazioni con gli oggetti presenti all'interno di un software di modellazione, in modo da evitare l'insorgenza di criticità durante la fase di esecuzione dell'opera. Analogamente, per ottenere un computo metrico estimativo, senza seguire la metodologia tradizionale, risulta fondamentale estrarre le esatte quantità degli elementi modellati aventi una precisa codifica: in questo modo vengono effettuati dei controlli al fine di non avere errori nei conteggi e di conseguenza problemi legati ai costi.

Per l'assegnazione delle codifiche all'interno di un modello digitale, esistono numerosi sistemi di classificazione che permettono di ottenere una certa univocità degli elementi. Ogni sistema di classificazione, caratteristico di una determinata normativa e paese in cui viene utilizzato, presenta delle caratteristiche differenti, le quali, in funzione delle esigenze progettuali e dei software utilizzati, possono risultare di fondamentale importanza o talvolta irrilevanti ai fini degli obiettivi da perseguire. Quelli maggiormente utilizzati sono i seguenti:

- UNI 8290
- UniFormat II
- MasterFormat
- OmniClass
- UniClass
- Classificazione gruppi di costo secondo ICMS

1.9.1. UNI 8290

La UNI 8290 è la normativa italiana utilizzata per la classificazione degli elementi appartenenti all'edilizia residenziale. Essa si basa su un concetto di destrutturazione o disarticolazione di tipo tecnico-funzionale, secondo cui il sistema edilizio risulta essere scomposto in tre diversi livelli:

- Classi di unità tecnologiche
- Unità tecnologiche
- Classi di elementi tecnici

I vantaggi di tale sistema di classificazione risiedono nell'assoluta facilità del suo utilizzo e schematizzazione degli elementi tecnici che compongono l'edificio. Ma la UNI 8290, come si può notare dalle figure successivamente riportate, risulta essere talvolta insufficiente ed incompleta per la descrizione di alcune classi di elementi tecnici, tanto da rendere necessaria l'introduzione di un altro sistema di classificazione, delle volte anche personalizzato, per l'assegnazione delle codifiche. Inoltre, tale sistema si adatta meglio solamente a edifici di piccola entità e soprattutto risulta essere poco integrata ai software di modellazione e perciò difficilmente utilizzabile.

Classi di unità tecnologiche	Unità tecnologiche	Classi di elementi tecnici
1 Struttura portante	1.1 ...di fondazione	1.1.1. ... dirette 1.1.2. ... indirette
	1.2 ...di elevazione	1.2.1. ... verticali 1.2.2. ... orizzontali ed inclinate 1.2.3. ... spaziali
	1.3 ... contenimento	1.3.1. ... verticali 1.3.2. ... orizzontali
2 Chiusura	2.1 ... verticale	2.1.1. Pareti perimetrali verticali 2.1.2. Infissi esterni verticali
	2.2 ... orizz. inferiore	2.2.1. Solai a terra 2.2.2. Infissi orizzontali
	2.3 ... orizz. su spazi esterni	2.3.1. Solai su spazi aperti
	2.4 ... superiore	2.4.1. Coperture 2.4.2. Infissi esterni orizzontali
3 Partizione interna	3.1 ... verticale	3.1.1. Pareti interne verticali 3.1.2. Infissi interni verticali 3.1.3. Elementi di protezione
	3.2 ... orizzontale	3.2.1. Solai 3.2.2. Soppalchi 3.2.3. Infissi interni orizzontali
	3.3 ... inclinata	3.3.1. Scale interne 3.3.2. Rampe interne
4 Partizione esterna	4.1 ... verticale	4.1.1. Elementi di protezione 4.1.2. Elementi di separazione
	4.2 ... orizzontale	4.2.1. Balconi e logge 4.2.2. Passerelle

Figura 1-12: Sistema di classificazione (1) secondo la UNI 8290 (Fonte: UNI 8290)

5 Impianto di fornitura servizi	4.3 ... inclinata	4.3.1. Scale esterne 4.3.2. Rampe esterne
	5.1 ...di climatizzazione	5.1.1. Alimentazione 5.1.2. Gruppi termici 5.1.3. Centrali di trattamento fluidi 5.1.4. Reti di distribuzioni e terminali 5.1.5. Reti di scarico condensa 5.1.6. Canne di esalazione
	5.2 ... idrosanitario	5.2.1. Allacciamenti 5.2.2. Macchine idrauliche 5.2.3. Accumuli 5.2.4. Riscaldatori 5.2.5. Reti di distribuzione acqua fredda e terminali 5.2.6. Reti di distribuzione acqua calda e terminali 5.2.7. Reti di ricircolo dell'acqua calda 5.2.8. Apparecchi sanitari
	5.3 ... smaltimento liquidi	5.3.1. Reti di scarico acque fecali 5.3.2. Reti di scarico acque domestiche 5.3.3. Reti di scarico acque meteoriche 5.3.4. Reti di ventilazione secondaria
	5.4 ... smaltimento aeriformi	5.4.1. Alimentazione 5.4.2. Macchine 5.4.3. Reti di canalizzazione
	5.5 ... smaltimento solidi	5.5.1. Canne di caduta 5.5.2. Canne di esalazione
	5.6 ... distribuzione gas	5.6.1. Allacciamenti 5.6.2. Reti di distribuzione e terminali
	5.7 ... elettrico	5.7.1. Alimentazione 5.7.2. Allacciamenti 5.7.3. Apparecchiature elettriche 5.7.4. Reti di distribuzione e terminali

Figura 1-13: Sistema di classificazione (2) secondo la UNI 8290 (Fonte: UNI 8290)

	5.8 ... telecomunicazioni	5.8.1. Alimentazione 5.8.2. Allacciamenti 5.8.3. Reti di distribuzione e terminali
	5.9 ... fisso di trasporto	5.9.1. Alimentazione 5.9.2. Macchine 5.9.3. Parti mobili
6 Impianto di sicurezza	6.1 ... antincendio	6.1.1. Allacciamenti 6.1.2. Rilevatori e trasduttori 6.1.3. Reti di distribuzione e terminali 6.1.4. Allarmi
	6.2 ... messa a terra	6.2.1. Reti di raccolta 6.2.2. Dispensori
	6.3 ... parafulmine	6.3.1. Elementi di captazione 6.3.2. Rete 6.3.3. Dispensori
	6.4 ... antifurto e antiintrusione	6.4.1. Alimentazione 6.4.2. Rilevatori e trasduttori 6.4.3. Rete 6.4.4. Allarmi
7 Attrezzatura interna	7.1 Arredo domestico 7.2 Blocco servizi	7.1.1. Pareti contenitore
8 Attrezzatura esterna	8.1 Arredi esterni collettivi 8.2 Allestimenti esterni	8.2.1. Recinzioni 8.2.2. Pavimentazione esterna

Figura 1-14: Sistema di classificazione (3) secondo la UNI 8290 (Fonte: UNI 8290)

1.9.2. UniFormat II

Analogamente al caso precedente, anche il sistema di classificazione individuato dall'UniFormat II è basato su un principio di gerarchizzazione di tipo tecnico-funzionale. Redatto tra il 1973 ed il 1989 dall'American Institute of Architects (AIA) e successivamente revisionato nel 2010, UniFormat II prevede una scomposizione del sistema edilizio in tre diversi livelli:

- Il primo livello è composto dalle principali famiglie di oggetti che costituiscono un edificio, come le fondazioni, le partizioni e l'involucro esterno;
- Il secondo livello individua, invece, sottogruppi del precedente livello;
- Il terzo livello specifica ulteriormente tali famiglie di oggetti con un grado di dettaglio maggiore.

La codifica alfanumerica per identificare l'elemento in questione è composta da una lettera maiuscola iniziale, che identifica il primo livello di disarticolazione, e da quattro cifre: le prime due individuano il secondo livello, mentre le restanti individuano il terzo livello.

Tale sistema di classificazione, inoltre, si presta molto bene alla valutazione dell'incidenza sui costi degli elementi tecnici. Per questo motivo UniFormat II viene spesso utilizzata per le analisi economiche preliminari di un progetto. D'altro canto, invece, dal momento in cui il suddetto sistema di classificazione contempla pochi livelli di gerarchizzazione di una struttura, la codifica che ne deriva, a seguito della modellazione di un elemento, è valida soltanto per dei LOD bassi.

ASTM Uniformat II Classification for Building Elements (E1557-97)

Level 1 Major Group Elements	Level 2 Group Elements	Level 3 Individual Elements
A SUBSTRUCTURE	A10 Foundations	A1010 Standard Foundations A1020 Special Foundations A1030 Slab on Grade
	A20 Basement Construction	A2010 Basement Excavation A2020 Basement Walls
B SHELL	B10 Superstructure	B1010 Floor Construction B1020 Roof Construction
	B20 Exterior Enclosure	B2010 Exterior Walls B2020 Exterior Windows B2030 Exterior Doors
	B30 Roofing	B3010 Roof Coverings B3020 Roof Openings
C INTERIORS	C10 Interior Construction	C1010 Partitions C1020 Interior Doors C1030 Fittings
	C20 Stairs	C2010 Stair Construction C2020 Stair Finishes
	C30 Interior Finishes	C3010 Wall Finishes C3020 Floor Finishes C3030 Ceiling Finishes
D SERVICES	D10 Conveying	D1010 Elevators & Lifts D1020 Escalators & Moving Walks D1090 Other Conveying Systems
	D20 Plumbing	D2010 Plumbing Fixtures D2020 Domestic Water Distribution D2030 Sanitary Waste D2040 Rain Water Drainage D2090 Other Plumbing Systems
	D30 HVAC	D3010 Energy Supply D3020 Heat Generating Systems D3030 Cooling Generating Systems D3040 Distribution Systems D3050 Terminal & Package Units D3060 Controls & Instrumentation D3070 Systems Testing & Balancing D3090 Other HVAC Systems & Equipment
	D40 Fire Protection	D4010 Sprinklers D4020 Standpipes D4030 Fire Protection Specialties D4090 Other Fire Protection Systems
	D50 Electrical	D5010 Electrical Service & Distribution D5020 Lighting and Branch Wiring D5030 Communications & Security D5090 Other Electrical Systems
	E EQUIPMENT & FURNISHINGS	E10 Equipment
	E20 Furnishings	E2010 Fixed Furnishings E2020 Movable Furnishings
F SPECIAL CONSTRUCTION & DEMOLITION	F10 Special Construction	F1010 Special Structures F1020 Integrated Construction F1030 Special Construction Systems F1040 Special Facilities F1050 Special Controls and Instrumentation
	F20 Selective Building Demolition	F2010 Building Elements Demolition F2020 Hazardous Components Abatement

Figura 1-15: Sistema di classificazione UniFormat II (Fonte: shelidon.it)

1.9.3. MasterFormat

Il sistema di classificazione MasterFormat è stato introdotto nel 1963 e aggiornato poi nel 1974 dagli istituti di ricerca nord-americani “Construction Specification Institute” (CSI) e “Construction Specification Canada” (CSC); in quanto tale, esso risulta essere il sistema di classificazione più utilizzato negli Stati Uniti d’America ed in Canada. Rispetto ai precedenti, MasterFormat utilizza una logica non più di tipo tecnico-funzionale, ma legata alle singole lavorazioni costruttive. Per tale ragione, questo sistema di classificazione fornisce un valido supporto per la redazione di un computo metrico estimativo, all’interno del quale è importante

conoscere le singole lavorazioni ed il relativo costo. Infatti, gli elementi all'interno di un software di modellazione vengono rappresentati con un LOD elevato, andando a specificare i singoli componenti di un determinato pacchetto o prodotto.

La struttura utilizzata è la seguente:

- Divisioni, individuate dalla prima coppia di numeri;
- Sottogruppi, individuati dalla seconda coppia di numeri;
- Sezioni, individuate dalla terza coppia di numeri.

In alcuni casi, per avere un dettaglio maggiore dell'elemento che si vuole rappresentare, vi è un quarto livello di scomposizione che è possibile approfondire ed espandere, rendendo MasterFormat un sistema di classificazione aperto e modificabile.

Current MasterFormat Divisions

PROCUREMENT AND CONTRACTING REQUIREMENTS GROUP:

- Division 00 — Procurement and Contracting Requirements

SPECIFICATIONS GROUP

General Requirements Subgroup

- Division 01 — General Requirements

Facility Construction Subgroup

- Division 02 — Existing Conditions
- Division 03 — Concrete
- Division 04 — Masonry
- Division 05 — Metals
- Division 06 — Wood, Plastics, and Composites
- Division 07 — Thermal and Moisture Protection
- Division 08 — Openings
- Division 09 — Finishes
- Division 10 — Specialties
- Division 11 — Equipment
- Division 12 — Furnishings
- Division 13 — Special Construction
- Division 14 — Conveying Equipment
- Division 15 — RESERVED FOR FUTURE EXPANSION
- Division 16 — RESERVED FOR FUTURE EXPANSION

Facility Services Subgroup:

- Division 20 — RESERVED FOR FUTURE EXPANSION
- Division 21 — Fire Suppression
- Division 22 — Plumbing
- Division 23 — Heating Ventilating and Air Conditioning
- Division 24 — RESERVED FOR FUTURE EXPANSION
- Division 25 — Integrated Automation
- Division 26 — Electrical
- Division 27 — Communications
- Division 28 — Electronic Safety and Security
- Division 29 — RESERVED FOR FUTURE EXPANSION

Site and Infrastructure Subgroup:

- Division 30 — RESERVED FOR FUTURE EXPANSION
- Division 31 — Earthwork
- Division 32 — Exterior Improvements
- Division 33 — Utilities
- Division 34 — Transportation
- Division 35 — Waterway and Marine
- Division 36 — RESERVED FOR FUTURE EXPANSION
- Division 37 — RESERVED FOR FUTURE EXPANSION
- Division 38 — RESERVED FOR FUTURE EXPANSION
- Division 39 — RESERVED FOR FUTURE EXPANSION

Process Equipment Subgroup:

- Division 40 — Process Integration
- Division 41 — Material Processing and Handling Equipment
- Division 42 — Process Heating, Cooling, and Drying Equipment
- Division 43 — Process Gas and Liquid Handling, Purification and Storage Equipment
- Division 44 — Pollution Control Equipment
- Division 45 — Industry-Specific Manufacturing Equipment
- Division 46 — RESERVED FOR FUTURE EXPANSION
- Division 47 — RESERVED FOR FUTURE EXPANSION
- Division 48 — Electrical Power Generation
- Division 49 — RESERVED FOR FUTURE EXPANSION

Figura 1-16: Sistema di classificazione MasterFormat
(Fonte: are5community.ncarb.org)

1.9.4. OmniClass

Sulla base dei sistemi analizzati precedentemente “MasterFormat” ed “UniFormat II”, è stato introdotto un altro sistema di classificazione delle costruzioni denominato con il termine “OmniClass”, pubblicato nella sua versione più aggiornata nel 2013 dal “Construction Specification Institute” (CSI) americano.

Esso è formato da 15 tabelle principali che identificano diverse entità, come lavoro, attività, materiali ecc. Infatti, in base alla scelta del loro utilizzo, è possibile effettuare ogni tipo di destrutturazione, tanto da renderlo il sistema che si adatta meglio ad ogni tipo di esigenza e soprattutto utilizzabile per l'intero ciclo di vita dell'edificio. Riprende, infatti, il sistema di classificazione “MasterFormat” nella tabella 22, riferita alle lavorazioni, ed il sistema di classificazione “UniFormat II” nella tabella 21, riferita agli elementi tecnici. Per questo motivo è possibile applicare OmniClass sia agli elementi modellati con un LOD elevato che a quelli la cui rappresentazione è stata effettuata con un livello di sviluppo inferiore.

I codici sono strutturati nel seguente modo: vi è una prima coppia di numeri che identifica la tabella di riferimento. Successivamente vi sono altre 3 coppie che rappresentano i livelli di dettaglio con cui può essere scomposto il sistema costruttivo. La possibilità di aggiungere ulteriormente delle coppie di numeri, in modo da raggiungere un livello di dettaglio maggiore, rende tale sistema di classificazione un sistema aperto ed implementabile.

OmniClass Construction Classification System				
1	Table 11	11-00 00 00	Construction Entities by Function	Entità del sistema costruttivo (classificate per funzioni)
2	Table 12	12-00 00 00	Costruction Entities by Form	Entità del sistema costruttivo (classificate per forma)
3	Table 13	13-00 00 00	Spaces by Function	Spazi (classificati per funzioni)
4	Table 14	14-00 00 00	Spaces by Form	Elementi (elementi progettati compresi)
5	Table 21	21-00 00 00	Elements (Including Designed Elements)	Risultati delle attività
6	Table 22	22-00 00 00	Work Results	Prodotti
7	Table 23	23-00 00 00	Products	Prodotti
8	Table 31	31-00 00 00	Phases	Fasi
9	Table 32	32-00 00 00	Services	Servizi
10	Table 33	33-00 00 00	Disciplines	Discipline
11	Table 34	34-00 00 00	Organizational Roles	Ruoli organizzativi
12	Table 35	35-00 00 00	Tools	Attrezzature
13	Table 36	36-00 00 00	Information	Informazioni
14	Table 41	41-00 00 00	Materials	Materiali
15	Table 49	49-00 00 00	Properties	Proprietà

Figura 1-17: Sistema di classificazione OmniClass (Fonte: thenbs.com)

1.9.5. UniClass

Il sistema di classificazione “UniClass2015”, conforme alla norma ISO 12006-2:2015 “Building construction – organization of information about construction works”, è stato sviluppato in Gran Bretagna ed è l’evoluzione della precedente versione “UniClass 2”. Tale sistema si adatta in maniera abbastanza soddisfacente a tutti i settori di costruzione, dal momento in cui è formato da tabelle in grado di classificare gli elementi di un progetto appartenenti a tutte le scale. Nella sua precedente versione il numero delle tabelle era pari a 15; attualmente tale numero è stato ridotto a 7 e le tabelle di riferimento, che seguono una loro classificazione gerarchica, sono le seguenti:

- Tabella “**Complessi**”, la quale descrive il progetto in termini complessivi. Il complesso in questione può essere suddiviso in raggruppamenti di entità, spazi o attività.
- Tabella “**Entità**”: le entità sono parti discrete che forniscono le zone in cui si verificano diverse attività;
- Tabella “**Attività**”, ovvero riferita alle attività da svolgere all’interno del complesso o dell’entità;
- Tabella “**Spazi**”, concernente gli ambienti in cui vengono svolte le attività;
- Tabella “**Elementi**”, i quali sono costituiti dai principali componenti che delimitano gli spazi;
- Tabella “**Sistemi**”, ovvero insiemi di componenti che costituiscono un elemento o svolgono una data funzione;
- Tabella “**Prodotti**”, riferita ai singoli prodotti utilizzati per realizzare un elemento.

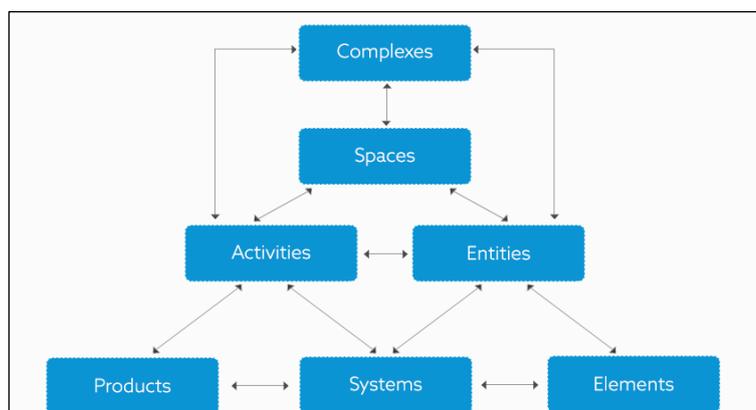


Figura 1-18: Sistema di classificazione UniClass (Fonte: shelidon.it)

Ogni complesso, entità, attività, spazio, elemento, sistema e prodotto può essere codificato secondo una logica ben precisa, la quale prevede l'esistenza di una prima coppia, formata da lettere, che individua la tabella utilizzata; successivamente sono presenti altre quattro coppie, formate da numeri, che si riferiscono rispettivamente al gruppo, sottogruppo, alla sezione ed infine all'oggetto in questione. Il sistema di numerazione, inoltre, possiede la caratteristica di essere flessibile, in modo da poter accogliere futuri requisiti di classificazione, utilizzando anche un linguaggio più familiare del settore delle costruzioni.

La funzione di tali tabelle all'interno di questo sistema di classificazione risulta essere molteplice: attraverso la loro presenza è possibile classificare le varie informazioni per gli oggetti modellati secondo la metodologia BIM, per l'estrazione delle quantità, per la definizione di un computo metrico estimativo, per la preparazione generale di documenti, per la gestione delle stesse informazioni ed infine per poter effettuare un'eventuale manutenzione.

La codifica di ciascun oggetto del modello, che segue tale classificazione, permette in questo modo di ricercare e filtrare per codice tutte le istanze a cui è stato attribuito, producendo in tempi molto brevi un elenco completo di tutti gli oggetti presenti. Un altro vantaggio risiede nella possibilità di identificare facilmente quali spazi siano stati influenzati da un prodotto quando esso termina il suo ciclo di vita e deve essere soggetto a manutenzione o sostituzione.

1.9.6. Classificazione gruppi di costo secondo ICMS

L'International Construction Measurement Standards (ICMS) propone un sistema di classificazione diverso rispetto ai precedenti, ma che ai fini delle analisi economiche si colloca tra quelli più conformi. Esso prende in considerazione non solamente il costo di costruzione di un'opera, ma anche i costi relativi alle altre fasi del ciclo di vita.

Tale sistema di classificazione si articola in quattro livelli:

- **Livello 1: progetto o sotto-progetto** su cui si sta lavorando. Tale livello identifica una particolare destinazione d'uso, quale la costruzione di un edificio, di un'infrastruttura ecc.;
- **Livello 2: categoria di costo**, la quale potrebbe fare riferimento al costo di costruzione, di acquisizione, di rinnovo/ristrutturazione, di manutenzione, di gestione di tale opera e ai costi operativi;

- **Livello 3: gruppo di costo**, il quale risulta essere un livello più dettagliato del precedente;
- **Livello 4: sottogruppo di costo**, se necessario.

In questo modo, avendo una disarticolazione dei vari costi che caratterizzano una struttura durante il suo intero ciclo di vita, è possibile orientare le varie analisi economiche e comprendere più precisamente quale soluzione adottare in virtù degli obiettivi prefissati.

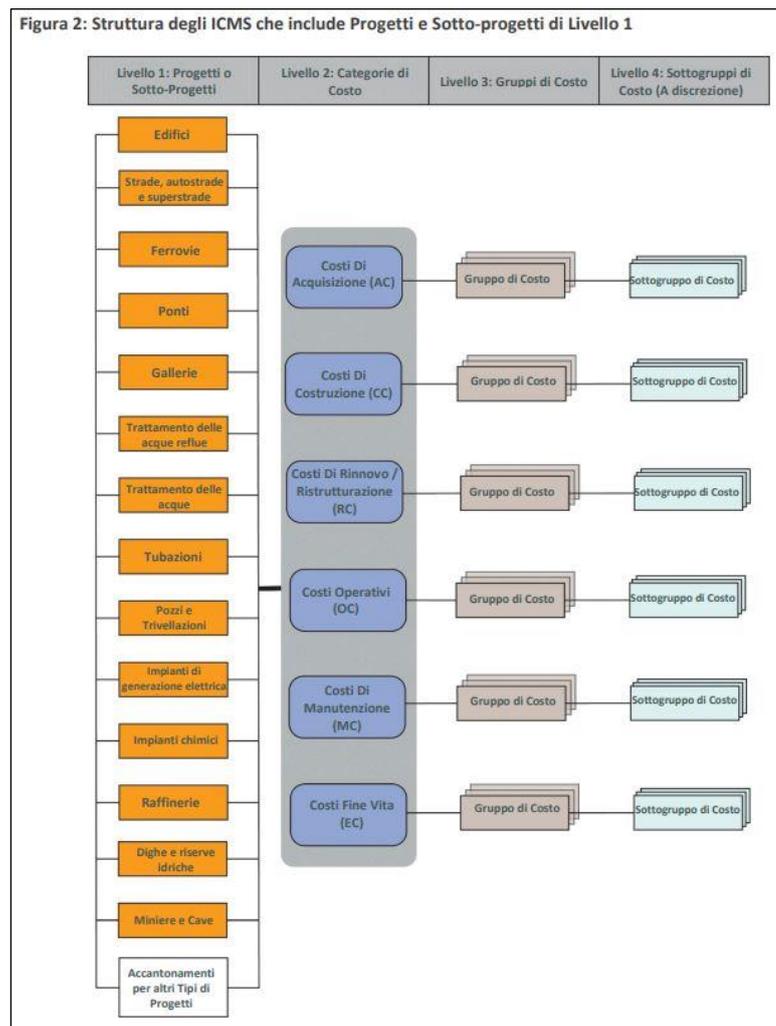


Figura 1-19: Struttura degli ICMS (Fonte: practicalqs.wordpress.com)

2. Le dimensioni del BIM

2.1. Il BIM come Building Information Model e BIM Uses

Come anticipato nel precedente capitolo, il BIM è una rappresentazione digitale delle caratteristiche fisiche e funzionali di un edificio. Come tale, esso ha la capacità di costituire uno strumento di informazione e conoscenza condiviso e dinamico, a proposito dell'oggetto edilizio, da porre alla base delle decisioni intraprese durante il ciclo di vita dell'opera.

La prerogativa del BIM, oltre alla condivisione del dato e alla collaborazione dei soggetti coinvolti, è quella di fornire una rappresentazione digitale, ricca di dati, basata su oggetti (chiamati con il termine "famiglie" all'interno dei software di modellazione) e parametrica dell'edificio.

Da un punto di vista formale, l'acronimo BIM dovrebbe essere utilizzato per descrivere una serie di attività anziché un oggetto; infatti, questo è composto da un insieme di processi applicati per: creare, gestire, derivare ed informare gli stakeholders a vari livelli utilizzando modelli creati dai vari partecipanti al processo edilizio, in differenti momenti e con differenti fini, per assicurare la qualità e l'efficienza durante tutto il ciclo di vita dell'edificio.

L'informazione geometrica risulta, in base a quanto detto, solo una parte del totale delle informazioni che caratterizzano un modello BIM. Le altre informazioni contenute in un modello sono quindi da considerarsi un ampliamento di dimensione rispetto al 3D.

Si può quindi parlare, in tal senso, delle **dimensioni** che caratterizzano il BIM, attraverso le quali è possibile comprendere pienamente i vantaggi che ne derivano dall'utilizzo di tale metodologia e i rispettivi campi di applicazione:

- **La dimensione 3D**
- **La dimensione 4D**
- **La dimensione 5D**
- **La dimensione 6D**
- **La dimensione 7D**

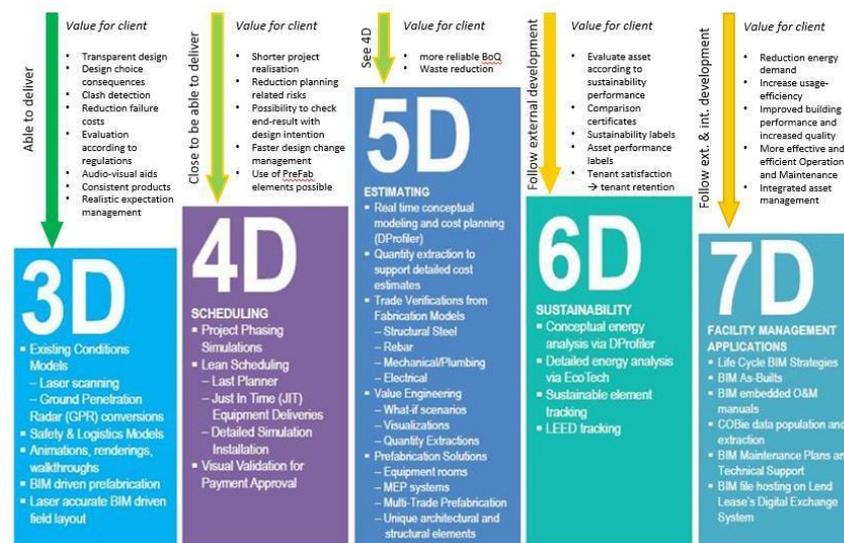


Figura 2-1: Le dimensioni del BIM (Fonte: cadlinesw.com)

2.2. La dimensione 3D

Generalmente, il primo aspetto a cui si pensa quando si parla di metodologia BIM è la possibilità di poter creare un modello digitale tridimensionale di un edificio, in modo da poter rappresentare molto più chiaramente un'idea progettuale e comprendere meglio quale soluzione si avvicini maggiormente agli obiettivi prefissati. Tale aspetto si colloca, infatti, in una delle definizioni che sono state assegnate all'acronimo BIM: attraverso il *Building Information Model* si mette in risalto proprio il vantaggio di poter realizzare un'opera edilizia senza tracciare delle singole linee, ma inserendo e modellando gli elementi che compongono tale sistema edilizio, con la possibilità di assegnare loro dei parametri, delle dimensioni o i relativi materiali.

Oltre a porre l'attenzione al dettaglio grafico della progettazione e all'aspetto estetico di una soluzione progettuale, la terza dimensione si concentra soprattutto sull'interazione tra le varie discipline che compongono un edificio (architettura, strutturale e relativa al MEP) e tra gli attori del processo edilizio, quali architetti, ingegneri, project manager, impiantisti, geometri ecc. Tra le caratteristiche principali di un processo di progettazione integrale vi è senza dubbio la creazione di un ambiente di lavoro e di condivisione delle informazioni, definito dalla normativa britannica PAS 1192 "CDE" o "Common Data Environment" e chiamato dalla normativa italiana UNI 11337 con il termine "ACDat" o "Ambiente di condivisione dati". Esso si pone come uno strumento che raccoglie e gestisce le varie informazioni progettuali,

grafiche e non, tra tutti i membri del team, facilitandone così la collaborazione e l'individuazione delle varie responsabilità.

Come suggerito dalle varie normative di riferimento, l'ambiente di lavoro e condivisione dei dati deve soddisfare alcuni requisiti principali, in modo da poter essere utilizzato correttamente:

- Accessibilità da parte di tutte le figure coinvolte nel processo edilizio;
- Facilità di estrapolazione dei dati;
- Conservazione dei files e aggiornamento nel tempo;
- Tracciabilità e successione storica delle revisioni apportate;
- Supporto di diversi formati;
- Garanzia di riservatezza e sicurezza.

Per questo motivo, seguendo la normativa britannica, il Common Data Environment potrebbe essere organizzato scomponendo i vari files del progetto in più cartelle:

- **WIP** o Work In Progress. All'interno di questa cartella sono inseriti tutti i singoli contenuti informativi ancora in fase di lavorazione e perciò non ancora disponibili per gli altri operatori. A tale cartella viene associato uno stato di lavorazione relativo al livello 0 (L0 o fase di elaborazione/aggiornamento);
- **SHARED**, ovvero la cartella all'interno della quale vengono inseriti i contenuti informativi completi per le varie discipline, ma che potrebbero subire evoluzioni o modifiche nel tempo. A tale cartella viene associato uno stato di lavorazione relativo al livello 1 (L1 o fase di condivisione);
- **PUBLISHED**. Il contenuto informativo è completo ed in fase di pubblicazione, ma potrebbe essere soggetto ad alcune revisioni. A tale cartella viene associato uno stato di lavorazione relativo al livello 2 (L2 o fase di pubblicazione);
- **ARCHIVED**, ovvero la cartella relativa ai files archiviati con l'obiettivo di conservare la successione storica delle revisioni apportate. A tale cartella viene associato uno stato di lavorazione relativo al livello 3 (L3 o fase di archiviazione). Può a sua volta essere scomposta in L3.V o L3.S, se il contenuto informativo risulta essere rispettivamente archiviato ma ancora valido o archiviato ma superato.

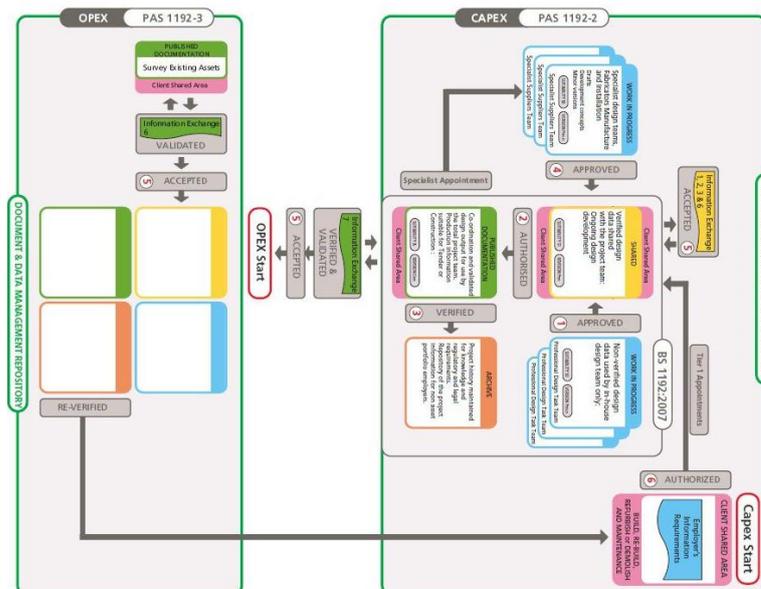


Figura 2-2: Common Data Environment (Fonte: PAS 1192-2:2013)

Anche per lo stato di approvazione, tappa finale di ciascuna fase definita precedentemente, sono stati individuati quattro livelli:

- **A0** – contenuto informativo ancora da approvare;
- **A1** – contenuto informativo approvato con esito positivo;
- **A2** – contenuto informativo approvato con commento, dal momento in cui sono state riscontrate delle criticità tanto da richiedere una revisione per permetterne l’utilizzo;
- **A3** – contenuto informativo non approvato. Se il contenuto informativo ha subito un esito negativo nel processo di approvazione, è necessario effettuare una rielaborazione.

Di qui nasce la necessità di effettuare un controllo operativo all’interno del modello, che prende il nome di “model checking”. Tale operazione si configura sia come l’esigenza di verificare l’aderenza del modello alle richieste progettuali e normative e sia come la possibilità di verificare l’eventuale presenza di interferenze geometriche (e non) all’interno del modello stesso. La prima operazione prende il nome di “code checking” e “rule checking”; la seconda, invece, è chiamata anche operazione di “clash detection”. Esse possono essere implementate sia all’interno dello stesso software di modellazione, ad esempio Revit, e sia attraverso software esterni ed interoperabili, come Navisworks o Solibri, importando semplicemente i modelli di riferimento.

Come già accennato nel precedente capitolo, nonostante la terza dimensione sia quella più evidente e percepibile dalla realizzazione di un progetto secondo la logica BIM, le caratteristiche principali di tale metodologia sono riscontrabili nelle altre dimensioni.

2.3. La dimensione 4D

La quarta dimensione su cui si basa un modello realizzato tramite la logica BIM è quella relativa alla dimensione temporale. Esistono dei processi tradizionali, su cui si basano ancora molti progetti, che prevedono l'introduzione della quarta dimensione: il *diagramma a barre di Gantt* ed il *diagramma reticolare P.E.R.T* sono, ad esempio, due tecniche di programmazione delle varie operazioni in cantiere, che mettono in relazione le attività da dover svolgere nella fase esecutiva di un'opera con i relativi tempi previsti. Si ha in questo modo un'idea generale della durata di costruzione di un'opera, ma, attraverso questa pianificazione, è possibile verificare soprattutto l'eventuale presenza di contemporaneità delle varie lavorazioni, che potrebbero causare interferenze e ritardi nella realizzazione.

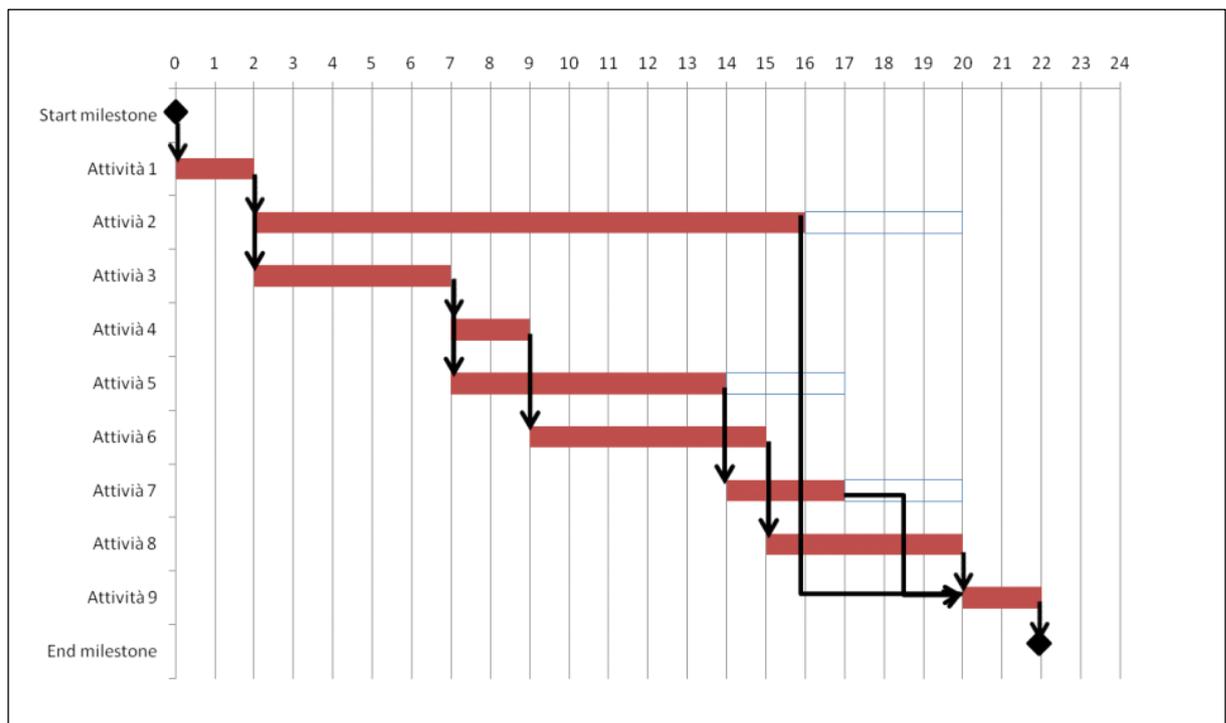


Figura 2-3: Diagramma di Gantt (Fonte: vitolavecchia.altervista.org)

Il diagramma reticolare P.E.R.T. permette anche di individuare il cosiddetto “cammino o percorso critico”, ovvero l'insieme di quelle attività che non possono subire dilatazioni nel tempo, senza rischiare di compromettere l'intera programmazione. Tali attività sono quelle che necessitano, per questo motivo, di un controllo più preciso e puntuale.

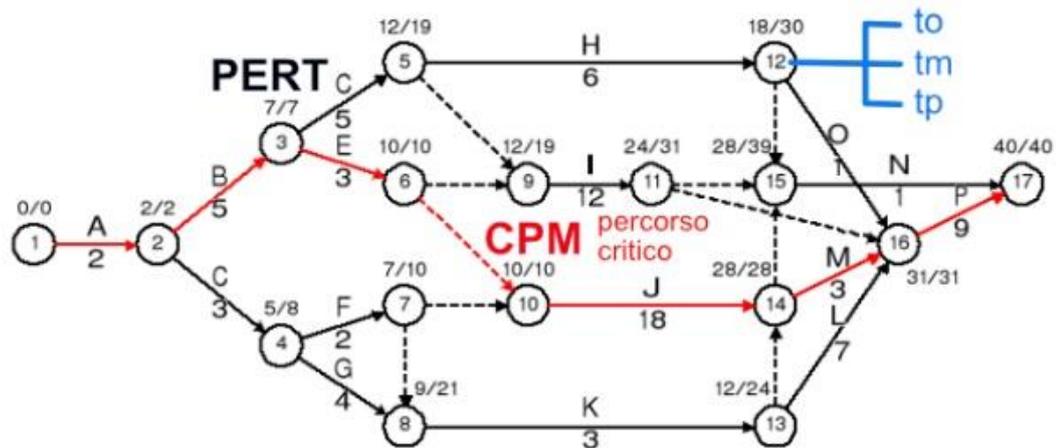


Figura 2-4: Diagramma reticolare P.E.R.T. (Fonte: umbrertosantucci.it)

Se, inoltre, si volesse effettuare un'analisi più dettagliata della fase di realizzazione di un'opera ed avere quindi un elenco delle persone che costituiscono una squadra operativa o una lista dei materiali e delle attrezzature utilizzate per una data lavorazione, è possibile anche associare ad ogni lavorazione le risorse necessarie o i costi che ne derivano: in questo modo si può avere una visione complessiva dello stato avanzamento lavori (SAL), a supporto della gestione dell'intero progetto.

Il *Construction Management* (CM) è infatti la disciplina che regola, programma e monitora l'intero processo costruttivo nei riguardi dei tempi di costruzione, costi di realizzazione e qualità dell'intervento. Ed in quanto tale, permette di gestire accuratamente l'immensa quantità di dati generati dalla presenza di un cantiere, coprendo aspetti della costruzione di un'opera anche molto diversi tra di loro:

- Organizzazione delle lavorazioni;
- Sicurezza degli operai;
- Accettazione e conservazione dei materiali provenienti dai diversi fornitori;
- Stato di avanzamento dei lavori;
- Ritardi e/o anticipi sulle lavorazioni;
- Eventuali difformità dell'eseguito rispetto a quello che era stato progettato;
- Condizioni metereologiche;
- Vincoli provenienti dal contesto urbano, culturale, sociale, storico ed economico in cui il cantiere si colloca.

Queste due tecniche di pianificazione temporale, però, se non ben collegate agli elaborati progettuali, rischiano di provocare ritardi ed inefficienze durante la fase esecutiva, con la conseguente necessità di revisionare l'intera programmazione. I principali motivi, infatti, sono riscontrabili nella possibilità di perdere informazioni durante la trasmissione degli elaborati dal progettista all'impresa esecutrice e, più in generale, nella mancanza di comunicazione tra tutti gli stakeholders interessati.

La metodologia BIM, in tal senso, viene in soccorso alla risoluzione di questo problema: disponendo di un modello digitale di un edificio e soprattutto disarticolando l'intero sistema edilizio attraverso un sistema di classificazione, è possibile associare le informazioni provenienti dalla programmazione temporale (il diagramma di Gantt, ad esempio) ai singoli elementi costituenti il modello virtuale, in modo da organizzare, gestire e visualizzare più facilmente l'intero processo evolutivo dell'opera. L'interoperabilità tra software, infatti, gioca un ruolo fondamentale, senza la quale non sarebbe possibile effettuare delle simulazioni temporali della fase di costruzione. Tra i software maggiormente utilizzati ed interoperabili con i software di modellazione si trova Naviswork.

Il modello digitale, realizzato attraverso la metodologia BIM, è visualizzabile anche attraverso la realtà aumentata che permette di avere una visione più dettagliata e più vicina alla realtà del cantiere: conoscere precisamente lo spazio a disposizione per il posizionamento dei macchinari, delle opere provvisorie e dei punti di stoccaggio garantisce una corretta gestione del cantiere ed una migliore efficienza delle lavorazioni.

2.4. Metodi tradizionali di computazione

La disciplina che si occupa da sempre della computazione delle opere edilizie è l'estimo. In generale, con il termine estimo si indica la valutazione dei beni immobiliari e delle relative vendite, ma vi sono diverse definizioni che aiutano a comprenderne meglio le caratteristiche principali:

- *“Estimo è la disciplina che insegna ad esprimere motivati giudizi sul valore dei beni economici”*. Tale definizione, data da Formulario, mette in luce l'importanza che ha, all'interno del settore delle costruzioni, la stima di un bene, caratterizzato da un determinato valore che a sua volta ha un equivalente in denaro.
- *“Estimo è la disciplina che ha la finalità di fornire strumenti metodologici per la valutazione di beni per cui non esiste un apprezzamento univoco”*. Attraverso questa seconda definizione, Grillenzoni e Grittani affermano come sia possibile, attraverso l'estimo, dare una stima di quel bene con degli strumenti metodologici, quando ad esempio non vi è un accordo tra le due parti.
- *“Estimo si è occupato e si occupa di attribuire probabili valori di mercato a beni scarsi appropriabili ad un certo prezzo”*. Infine, Roscelli mette in evidenza l'importanza di tale disciplina soprattutto quando alcuni beni non sono facilmente rintracciabili sul mercato.

2.4.1. Stima del valore di costo di un bene immobiliare

Con l'obiettivo di introdurre i vari metodi utilizzati per la stima del valore di costo di un bene, è necessario effettuare una distinzione tra il concetto di “valore di costo” e quello di “valore di mercato”. Seppur apparentemente simili, con la definizione di “valore di costo” si intende la somma delle spese da sostenere per la produzione e realizzazione di un certo bene immobiliare; attraverso, invece, la definizione di “valore di mercato” ci si riferisce al prezzo di mercato di tale immobile, come punto d'incontro della domanda e dell'offerta.

Tale valore di costo, che sarà l'oggetto principale di tale tesi, può essere definito, dal punto di vista del costruttore o dell'impresa costruttrice, nel seguente modo:

$$Cc = Mt + Mo + Nt + Sg + Ui$$

I vari termini esplicitati nella precedente formula indicano rispettivamente:

- Il costo di costruzione per l'impresa (**Cc**);
- I materiali utilizzati per la realizzazione dell'immobile (**Mt**);
- La manodopera (**Mo**);
- I noli e i trasporti (**Nt**);
- Le spese generali effettuate da tale impresa per la produzione (**Sg**);
- L'utile d'impresa, ovvero ciò che guadagna l'impresario (**Ui**).

Per effettuare la stima del valore di costo di un bene immobiliare vi sono diversi metodi. I principali, a cui ricorre la disciplina dell'estimo, fanno riferimento alle cosiddette *procedura diretta* e *procedura indiretta*.

La *procedura diretta* è basata sostanzialmente sulla comparazione di beni immobiliari, ovvero tra l'immobile oggetto di stima e altri immobili già presenti sul mercato. In funzione del numero di parametri utilizzati per la stima di tale bene, la procedura diretta può essere a sua volta suddivisa in:

- procedura diretta mono-parametrica, se la variazione di prezzo tra un bene ed un altro è data da un solo parametro, ovvero quando i due beni sono abbastanza simili tra loro;
- procedura diretta pluri-parametrica, quando i due beni presentano molte diversità tra loro e perciò vengono presi in considerazione più parametri.

La *procedura indiretta*, invece, viene presa in considerazione qualora non dovessero esserci dei comparativi validi. Difatti, essa non si basa sulla singola comparazione di tali beni immobiliari, bensì fa riferimento alla compilazione del computo metrico estimativo.

2.4.2. Computo metrico e computo metrico estimativo

Il computo metrico ed il computo metrico estimativo sono considerati, infatti, dei validi strumenti utilizzati per la valutazione del valore di costo di un immobile. Nonostante i due vengano spesso identificati come un'unica cosa, è bene sottolinearne le differenze per comprendere i principi su cui si basano entrambi i documenti.

Il computo metrico è fondamentalmente un documento edilizio in cui vengono specificate le operazioni necessarie per compiere un progetto ed esplicitati i calcoli delle quantità di materiali e servizi utilizzati per il completamento dell'opera. In quanto tale, il computo

metrico analizza e descrive le varie fasi di lavoro che devono essere eseguite per la realizzazione di un'opera, come la fase di demolizione, la fase di realizzazione delle fondazioni, la fase di costruzione della struttura in elevazione, la fase relativa alle opere integrative e degli impianti.

La struttura più diffusa di tale documento fa riferimento ad un sistema matriciale, formato da righe e colonne. Le righe corrispondono alle varie lavorazioni da effettuare per tutte le fasi di realizzazione di un'opera edilizia, come definito precedentemente. All'interno delle colonne, invece, possono essere identificati i dati principali di ogni lavorazione, come:

- Codice della lavorazione, ovvero un codice identificativo ed univoco, creato appositamente per distinguere tutti i processi costruttivi di un'opera. Esso corrisponde al codice WBS (Work Breakdown Structure), realizzato seguendo i principi dei sistemi di codifica esistenti;
- Descrizione della voce di computo, che comprende la categoria di sistema costruttivo (muratura ecc.) e la tipologia (manodopera, opera ecc.);
- Unità di misura per la determinazione delle quantità. Tali unità di misura variano in base alla tipologia di materiale utilizzato per quella specifica lavorazione e possono essere espresse al metro lineare (lunghezza, larghezza o altezza), al metro quadrato (superficie), al metro cubo (volume), in kg (peso) o cadauno;
- Quantità.

	CODICE WBS	DESCRIZIONE	UNITA' DI MISURA	QUANTITA'
ELENCO LAVORAZIONI				

Figura 2-5: Schematizzazione di un computo metrico (Fonte: strumento di cattura su Excel)

Tale computo metrico, in una seconda fase, sarà alla base per la determinazione del costo complessivo del lavoro, attraverso la redazione del computo metrico estimativo. Si tratta di un documento che permette di definire il costo di costruzione di un'opera edilizia e per questo motivo dà la possibilità di confrontare, in maniera accurata, diversi preventivi edili, provenienti dai fornitori di materiali e servizi. È usato, infatti, per determinare il valore

economico delle quantità definite precedentemente e quindi per stimare la consistenza degli interventi legati alla struttura del lavoro.

In quanto tale, il computo metrico estimativo presenta la stessa struttura del computo metrico, ma con l'aggiunta di altre due colonne:

- Prezzo unitario di quella lavorazione, ricavabile dai prezzi regionali o locali;
- Importo totale della voce, considerando il prezzo unitario definito precedentemente e le rispettive quantità.

	CODICE WBS	DESCRIZIONE	UNITA' DI MISURA	QUANTITA'	PREZZO UNITARIO	PREZZO TOTALE
ELENCO LAVORAZIONI						

Figura 2-6: Schematizzazione di un computo metrico estimativo (Fonte: strumento di cattura su Excel)

I vantaggi ricavabili dalla compilazione del computo metrico e del computo metrico estimativo sono infatti rintracciabili nell'opportunità di ridurre o addirittura azzerare le possibilità di incorrere in costi aggiuntivi non previsti in precedenza. Per questo motivo risulta necessario evitare in ogni modo i rischi che potrebbero provenire da una computazione effettuata manualmente e procedere, invece, con dei meccanismi automatizzati secondo la logica BIM.

Tale aspetto relativo alla rilevazione delle quantità totali delle singole lavorazioni sono propedeutiche alla fase di pianificazione e programmazione dei tempi e dei costi di progetto.

2.5. La dimensione 5D

Il tema della computazione di un determinato progetto ha rappresentato per anni un problema, tanto da renderlo uno dei principali oggetti di discussione. Sostanzialmente, ci si chiede se sia possibile effettuare una stima dei costi esente da errori più o meno grossolani e soprattutto se ci sia un modo per ottenere un'analisi economica aggiornabile, a seguito di alcune modifiche apportate all'interno del progetto.

La metodologia tradizionale, che per anni ha accompagnato la determinazione dei computi metrici estimativi, presenta delle criticità non affatto trascurabili: effettuata l'operazione di QTO "Quantity take off", ossia l'esportazione degli elementi e dei materiali utilizzati in un progetto, è compito del progettista quello di associare ad ogni elemento una voce di prezzo e generare così il computo metrico estimativo, aumentando inevitabilmente il rischio di commettere errori nella computazione. Ma soprattutto, nelle fasi preliminari del processo edilizio, non si ha ancora un adeguato livello di sviluppo degli elementi appartenenti ad un modello e la possibilità che si verifichino delle modifiche al progetto stesso è abbastanza elevata.

Per garantire, quindi, una determinazione delle quantità dei materiali presenti in un modello digitale ed una conseguente associazione automatica degli elementi alle voci di prezzo (prese da prezzari regionali o personalizzati dall'impresa stessa), risulta di rilevante importanza utilizzare la metodologia BIM ed i software di computazione interoperabili con quelli di modellazione. Tali software permettono, in questo modo, di ottenere una stima economica di elevata precisione, evitando le ricorrenti perdite di dati della metodologia tradizionale durante le operazioni di importazione ed esportazione.

Allo stesso modo, se il computo metrico estimativo generato presentasse la caratteristica principale di essere aperto, integrato e dinamico, si potrebbero effettuare delle modifiche all'interno del progetto che non comprometterebbero il computo metrico estimativo di partenza: il nuovo valore economico viene aggiornato in maniera del tutto automatica, senza la necessità di ripetere le procedure di stima ed avere così un aumento dei tempi di computazione.

2.6. La dimensione 6D

Il concetto di “sviluppo sostenibile” è stato introdotto per la prima volta nel 1987 dal Rapporto Brundtland della Commissione Mondiale per l’Ambiente e lo Sviluppo; si intende uno sviluppo volto al soddisfacimento dei bisogni della generazione presente, senza andare a compromettere le capacità di quella futura. Il termine “sostenibilità” riguarda non solo una sostenibilità ambientale, nei riguardi delle risorse naturali, ma anche una sostenibilità sociale ed economica, con una maggiore attenzione al benessere dell’uomo.

Dal momento in cui il settore delle costruzioni rappresenta una delle principali sorgenti di consumi energetici, è importante parlare di sostenibilità all’interno di una progettazione, in riferimento ai materiali e alle risorse utilizzate per la costruzione dell’opera, alle soluzioni tecnologiche adottate, ma anche in riferimento all’impatto che genera l’opera da realizzare a livello territoriale, ambientale, sociale ed economico.

Per la determinazione di questo impatto, è necessario effettuare delle valutazioni e delle analisi circa l’intero ciclo di vita dell’edificio (LCA o Life Cycle Assessment), a partire dalla fase di estrazione, trasformazione e produzione dei materiali, utilizzati per la costruzione, passando per i processi e le tecniche di esecuzione dell’opera, arrivando poi all’utilizzo della stessa, in virtù anche di un’ipotetica dismissione o demolizione.

A tal proposito, per la valutazione della sostenibilità, vengono compilate ed utilizzate delle schede che certificano quanto un edificio sia più o meno sostenibile. Uno dei principali parametri è infatti il consumo energetico, ottenibile attraverso la conversione di un modello digitale BIM in un modello energetico (BEM o Building Energy Model), sul quale vengono effettuati i vari calcoli per la determinazione delle prestazioni.

2.7. La dimensione 7D

Con la settima e ultima dimensione viene analizzato un tema che rappresenta oggi uno degli aspetti più innovativi della metodologia BIM. Infatti, se per anni la gestione di un'opera ultimata ha rappresentato spesso una questione secondaria rispetto alle altre fasi del processo edilizio, con il passaggio dalla metodologia tradizionale all'uso del BIM si ha, per la prima volta, una visione ed un controllo più diretto dell'edificio durante l'intero ciclo di vita. Il Facility Management, alla base della dimensione 7D, è stato definito dall'IFMA (Institute Facility Management Association) come la *“disciplina aziendale che coordina lo spazio fisico di lavoro con le risorse umane e l'attività propria dell'azienda e integra i principi della gestione economica e finanziaria d'azienda, dell'architettura e delle scienze comportamentali e ingegneristiche”*.

In sintesi, la settima dimensione verte sulle attività di gestione e manutenzione di un'opera edilizia, a partire dalla fine della sua costruzione fino ad arrivare ad un'eventuale demolizione o dismissione.

Per tale ragione, risulta di rilevante importanza avere a disposizione un modello digitale che permetta di estrapolare le varie informazioni contenute: il modello che ne deriva sarà considerato un modello “as-built”, ovvero che si presenta nelle condizioni in cui è stato realmente realizzato e non solo progettato. Nel caso in cui dovessero esserci delle varianti in corso d'opera, infatti, i dati provenienti dalle prime fasi di realizzazione dell'opera saranno inevitabilmente aggiornati, rendendo in questo modo il modello stesso un modello aperto, integrato e dinamico.

Tale gestione interattiva permette di aggiungere informazioni alfanumeriche all'interno del modello digitale anche a seguito delle operazioni di manutenzione effettuate, attraverso l'utilizzo ed il collegamento al modello di dispositivi mobili (come tablet, smartphone ecc.) o anche attraverso la realtà aumentata, durante le varie ispezioni sul posto. Queste informazioni potranno riguardare, ad esempio:

- Data di installazione e nome del produttore;
- Manuali di installazione ed uso;
- Schede tecniche;
- Data in cui viene effettuata la manutenzione ed il relativo responsabile;
- Data del prossimo controllo.

3. Caso studio

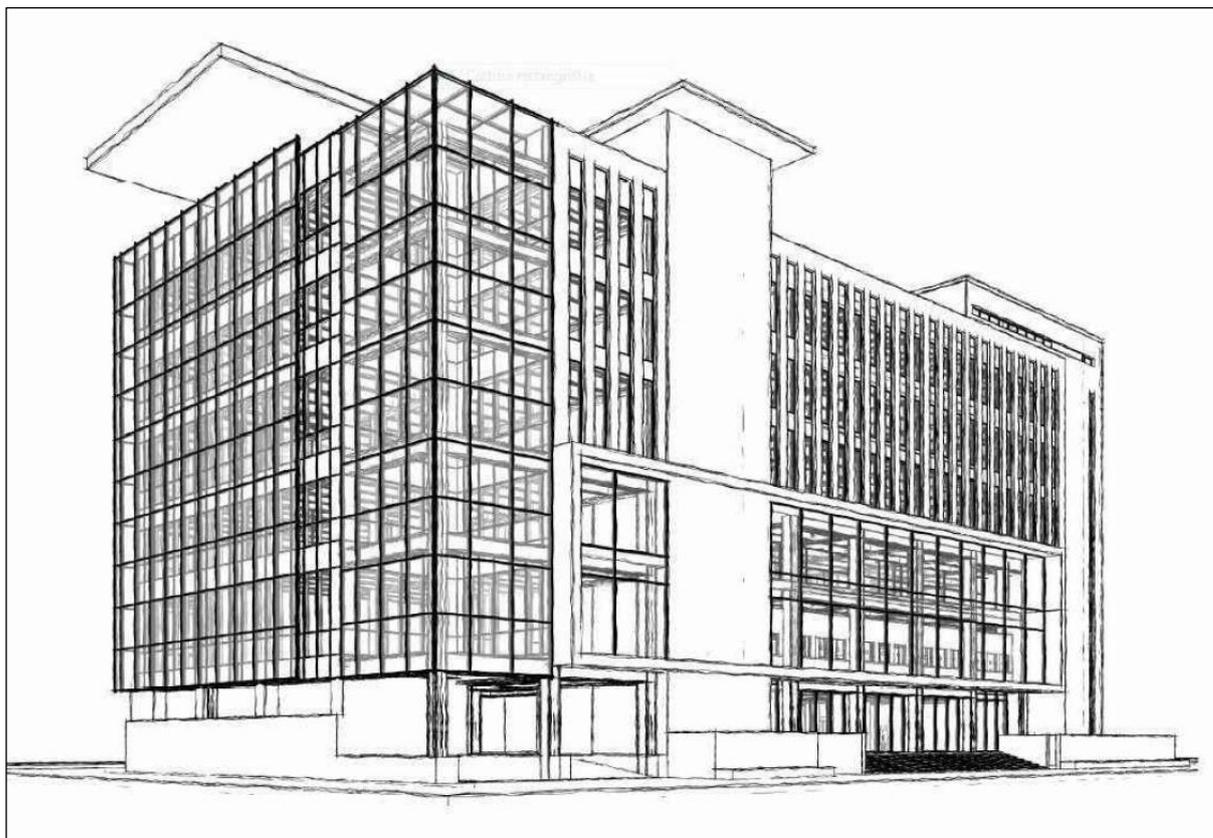


Figura 3-1: Progetto relativo alla sede uffici Iren a Genova (Fonte: relazione tecnica di progetto)

3.1. Inquadramento territoriale dell'area di interesse

L'edificio oggetto di studio è situato nel quartiere di Brignole, ad est del porto della città di Genova, in Liguria, precisamente all'incrocio tra via Canevari, piazza Gian Battista Raggi, passo Borgo Incrociati e la stazione Brignole.

Il Borgo degli Incrociati, situato a nord rispetto all'edificio oggetto di interesse, è caratterizzato prevalentemente dalla presenza di edifici residenziali e piccole attività commerciali e si presenta oggi in uno stato di forte degrado. Per tale ragione, dal momento in cui il borgo è inserito all'interno del Piano Comunale tra i beni paesaggistici soggetti a tutela, l'edificio oggetto di studio rappresenta uno degli interventi atti a migliorare la condizione urbanistica della zona.

A sud l'edificio si affaccia sulla ferrovia della stazione Brignole, adiacente al Viale Brigata Bisagno, il quale rappresenta un importante asse di collegamento con il mare e con la zona Fiera della città di Genova, ossia una nota area espositiva, situata nel quartiere genovese della Foce, che da qualche anno costituisce uno strumento di promozione del territorio stesso. Inoltre, la presenza della stessa stazione e della vicina linea metropolitana genera la creazione di flussi di persone verso l'area interessata.

Sul lato ovest dell'edificio, precisamente sul corso Monte Grappa, sono presenti degli edifici residenziali dalla considerevole altezza (7-8 piani fuori terra); tale strada urbana è stata realizzata nella prima metà del 1900 ed è collegata all'edificio oggetto di interesse con delle scalinate urbane che fungono da raccordo del dislivello tra il corso Monte Grappa e Piazza Gianbattista Raggi, dove è presente l'entrata della futura sede Iren.

Infine, sul lato est è situata via Canevari che separa l'edificio dal Torrente Bisagno. Attraverso il sottopasso ferroviario di tale via, è possibile raggiungere direttamente la piazza antistante la stazione Brignole e il Viale Brigata Bisagno.



Figura 3-2: Inquadramento territoriale dell'edificio: Mappa Regionale – scala 1:25000 (Fonte: Geoportale)

Trattandosi di un edificio collocato in un importante nodo di connessione per le restanti zone della città di Genova, le scelte architettoniche, strutturali ed impiantistiche che ne derivano sono frutto di tutte queste considerazioni urbanistiche.

3.2. Inquadramento urbanistico dell'area di interesse

Per la realizzazione dell'edificio oggetto di studio è stato fondamentale comprendere il contesto urbanistico all'interno del quale è collocato. Infatti, nel PUC (Piano Urbanistico Comunale), aggiornato al mese di ottobre del 2016 e tutt'ora in vigore, tale edificio rientra, a livello urbano, all'interno di "AC-IU: AMBITO DI CONSERVAZIONE DELL'IMPIANTO URBANISTICO", secondo il quale, all'interno di tale area, non è consentita la realizzazione di nuovi edifici né l'alterazione di quelli già presenti, ma solamente la riqualificazione e/o ristrutturazione degli stessi.

Tra gli interventi che è possibile realizzare vi sono:

- Conservazione del patrimonio edilizio esistente fino alla ristrutturazione edilizia;
- Gli interventi devono essere verificati ai sensi della disciplina dei Piani di Bacino;
- Negli interrati accessibili da un punto di vista carrabile, gli interventi di ristrutturazione edilizia e cambio di destinazione d'uso sono consentiti esclusivamente per la realizzazione di parcheggi;
- Sugli edifici esistenti è consentito l'ampliamento entro il 20% del volume geometrico esistente, con incremento della Superficie Agibile (S.A.) esistente, anch'essa nel limite del 20%;
- L'altezza non deve essere superiore all'altezza media degli edifici circostanti;
- Possono essere realizzati parcheggi privati interrati o a raso;
- Il Certificato di Destinazione Urbanistica (C.D.U), già ottenuto in data 04/12/2018 con protocollo n. 573/18/B5, ammette, tra le varie destinazioni d'uso possibili, i servizi di uso pubblico, i servizi privati e gli uffici;
- L'altezza massima consentita, in virtù della presenza dell'Aeroporto Cristoforo Colombo di Genova, è pari a 147,72 metri;
- Considerando le diverse fasce d'inondazione descritte nelle Norme di Tutela Ambientale, l'edificio ricade nella fascia fluviale A con la classe di rischio idraulico più elevata (R4). Per tale ragione, gli interventi messi in atto per la ristrutturazione dell'edificio hanno tenuto conto di questi aspetti idrogeologici;
- Tra le varie destinazioni d'uso possibili, si hanno quelle relative agli uffici, alle strutture alberghiere, ai servizi di uso pubblico, alle residenze, agli esercizi di vicinato e medie strutture di vendita, ai servizi privati, ai connettivi urbani, ai piccoli magazzini ad uso privato non carrabili e non funzionali ad attività commerciali o artigianali, ai parcheggi privati.

Ne consegue che per l'edificio oggetto di studio è stato scelto di attuare un intervento di riqualificazione a partire da un edificio già presente, relativo alle Poste, che sarà atto ad ospitare la sede della società Iren S.p.A. adibita ad uffici ed altri servizi annessi. Nel 1971 è stato presentato il primo progetto di massima al Ministero dei LL.PP. (Ministero dei Lavori Pubblici), il quale ha autorizzato la realizzazione del progetto a livello urbanistico al Comune di Genova. Successivamente, si sono attuate sostanziali modifiche rispetto al primo permesso di costruire, tra cui la sopraelevazione del manufatto, presentata nel 1978, fino ad arrivare agli interventi di ristrutturazione previsti per la realizzazione della sede dell'Iren.

3.3. Stato di consistenza dell'edificio

L'edificio originario, di cui si andranno a svolgere gli interventi di riqualificazione, si presenta come una struttura formata da sei piani fuori terra, di cui uno interrato ed uno seminterrato dal lato della ferrovia, dovendo considerare la presenza del dislivello citato precedentemente; la copertura, definita come un elemento di chiusura orizzontale, risulta essere piana. La superficie lorda dell'intero edificio si attesta intorno ai 14600 m².

La suddivisione dei piani è la seguente:

- L'accesso principale è situato sul lato che affaccia su piazza Gianbattista Raggi, dove è presente un grande disimpegno centrale come ingresso pedonale e due rampe di accesso carraio nella parte interrata;
- Il piano terra, a sua volta, è composto da un dislivello di circa 80 cm, raccordato attraverso delle scalette: il primo livello, che costituisce il vero e proprio ingresso, si trova alla stessa quota della piazza antistante, mentre, il secondo si trova allo stesso livello di dove erano localizzate le attività delle poste;
- Sui restanti piani, invece, erano collocate le varie attività di ufficio legate al centro smistamento delle poste;
- Infine, in copertura sono situati i locali tecnici per la gestione e il corretto funzionamento dei sistemi impiantistici ed il locale mensa attrezzato con cucina, risalente all'intervento di sopraelevazione voluto alla fine degli anni '70.

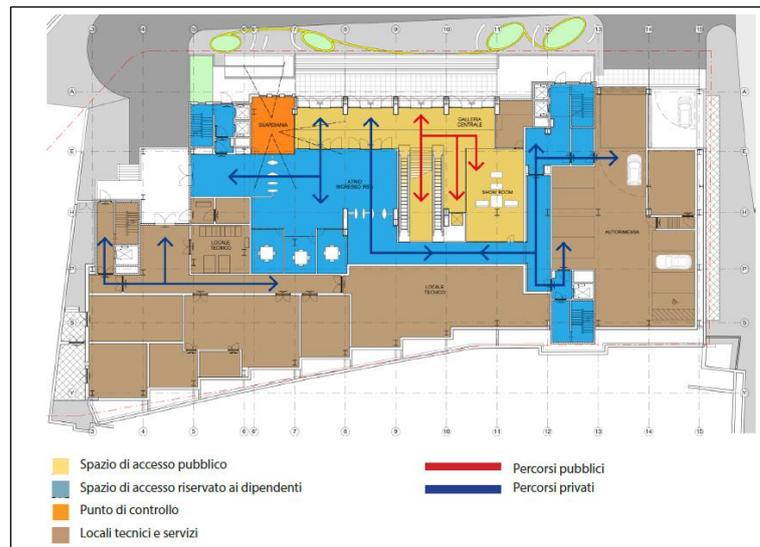


Figura 3-3: Schema distributivo-funzionale dell'edificio – piano interrato (Fonte: relazione tecnica di progetto)

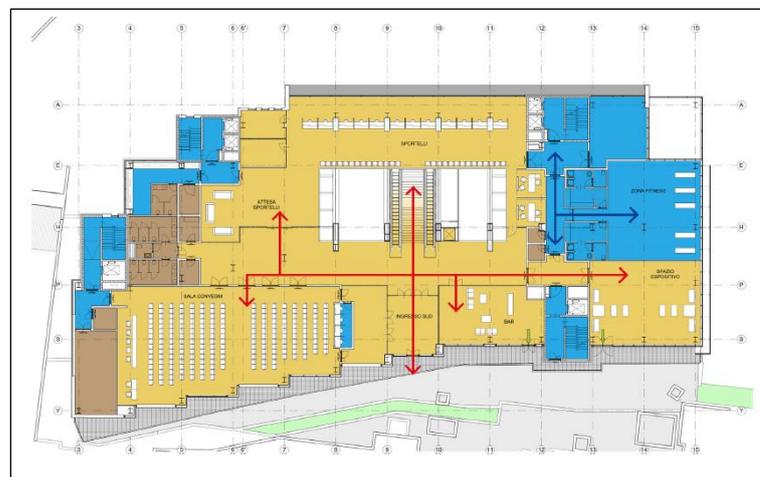


Figura 3-4: Schema distributivo-funzionale dell'edificio – piano terra (Fonte: relazione tecnica di progetto)



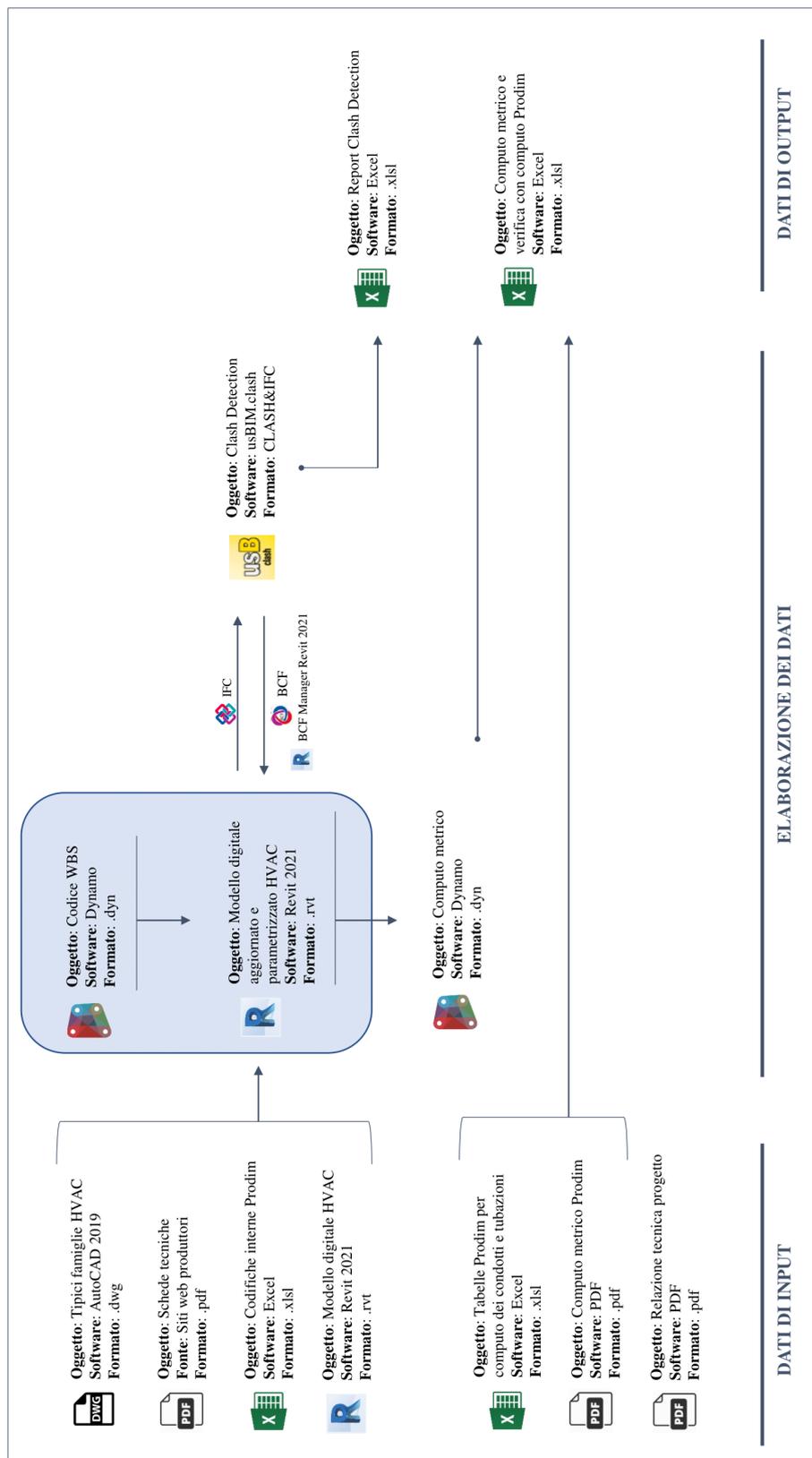
Figura 3-5: Schema distributivo-funzionale dell'edificio – piano tipo (Fonte: relazione tecnica di progetto)

Da un punto di vista strutturale è stata utilizzata una conformazione mista: la maglia strutturale è di circa 14,40 m x 6,00 m in acciaio ed i setti dei vani scala e ascensore sono in calcestruzzo armato; questi ultimi, risalenti già ai primi anni di costruzione dell'edificio (1975-1979), fungono da elementi di controvento nei confronti delle azioni orizzontali date dal vento e dal sisma, considerando la loro posizione centrale in pianta e la loro elevazione lungo tutta l'altezza dell'edificio. I pilastri e le travi principali sono in acciaio, costituiti da profili ad I ottenuti con dei piatti saldati. Le travi secondarie sono anch'esse in acciaio, ma formate da profili IPE 500. Altri elementi metallici presenti nella struttura portante dell'edificio sono dati da controventi presenti su ogni piano, a livello dei solai. Questi ultimi, invece, sono formati da lastre in Predalles, ovvero degli elementi prefabbricati aventi una soletta superiore di 5 cm, anch'essa in calcestruzzo armato, per uno spessore totale di 12 cm.

Da un punto di vista impiantistico, si può ancora notare la presenza delle grandi tubazioni di distribuzione dell'aria a soffitto e i ventilconvettori a mobiletto. Inoltre, le restanti tubazioni sono celate all'interno delle contro-pareti localizzate lungo il perimetro esterno dell'edificio e all'interno dei controsoffitti, isolate attraverso l'utilizzo di materiali a fibra e finitura garzata. L'impianto di illuminazione, invece, prevedeva una distribuzione localizzata all'interno dei controsoffitti con la presenza di apparecchi di illuminazione lineari a soffitto.

Attualmente l'edificio si trova in uno stato di totale abbandono e degrado; per tale ragione, tra i primi obiettivi degli interventi di riqualificazione vi è l'esigenza di attuare un piano di recupero, che prevede delle lavorazioni di strip-out e successivamente di bonifica dei materiali inquinanti. In questo modo, si andrà a mettere a nudo la struttura principale e si potrà procedere con la ristrutturazione effettiva.

4. Modellazione delle famiglie e assegnazione dei parametri



4.1. Definizione del modello e degli elementi presenti

Il punto di partenza per il raggiungimento degli obiettivi prefissati è stata la definizione del modello digitale su cui effettuare le analisi e i vari processi sperimentali. Dall'azienda Prodim, presso cui è stato svolto il suddetto lavoro di tesi, è stato fornito il modello digitale relativo alla disciplina meccanica, il quale a sua volta fa riferimento al progetto esecutivo dell'opera in questione. Tale modello digitale è stato realizzato con la versione di Revit risalente all'anno 2019 e successivamente aggiornato alla versione del 2021 per poter usufruire di maggiori funzionalità.

La metodologia di condivisione delle informazioni, utilizzata dall'azienda durante la fase di progettazione, era basata sulla creazione di un unico modello centrale e sulla definizione di diversi worksets. Dal momento in cui non fossero presenti altri membri nel processo di realizzazione della tesi, il primo passo effettuato è stato quello di dissociare il modello in questione da quello centrale, in modo da alleggerirlo in termini di quantità di memoria utilizzata.

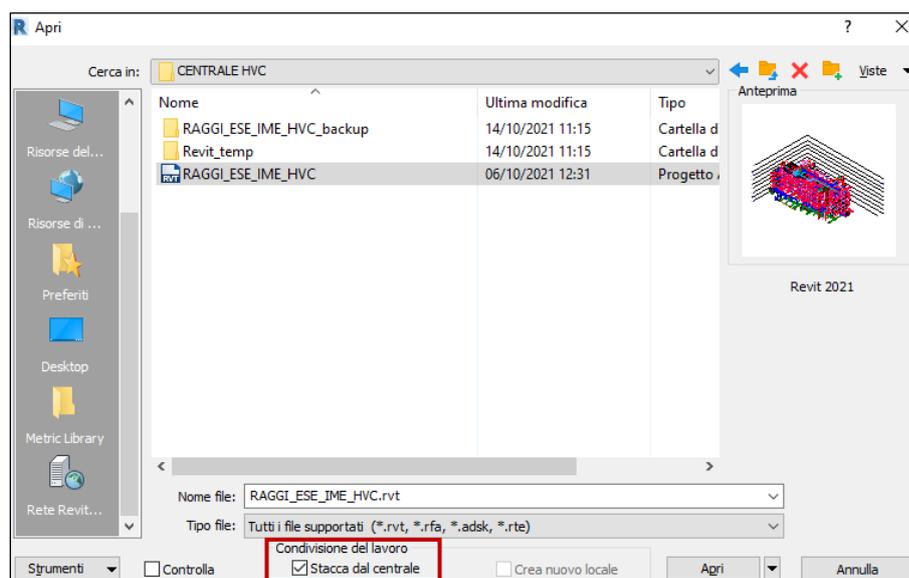


Figura 4-1: Creazione del modello digitale dissociato da quello centrale (Fonte: strumento di cattura su Revit)

Una delle principali richieste elaborate dall'azienda Prodim consisteva nella creazione di una libreria interna di elementi BIM appartenenti alla disciplina meccanica ed idraulica, che potesse essere standardizzata ed utilizzata in altri progetti e di conseguenza snellire il lavoro di modellazione.

In riferimento al progetto di realizzazione della sede di Iren S.p.A. a Genova, si è ritenuto utile comprendere quali oggetti BIM fossero già presenti all'interno del modello digitale per poi poterli sostituire con quelli appartenenti a tale libreria. Attraverso l'utilizzo e l'esportazione degli abachi dal software Revit è stato possibile:

- Definire le tipologie di elementi presenti all'interno del modello;
- Estrapolare le dimensioni degli elementi modellati per poterle successivamente considerare nella fase di creazione e standardizzazione della libreria BIM;
- Classificare gli elementi in base alla categoria di sistema secondo cui erano stati modellati, in modo da avere una visione schematizzata dell'intero impianto meccanico.

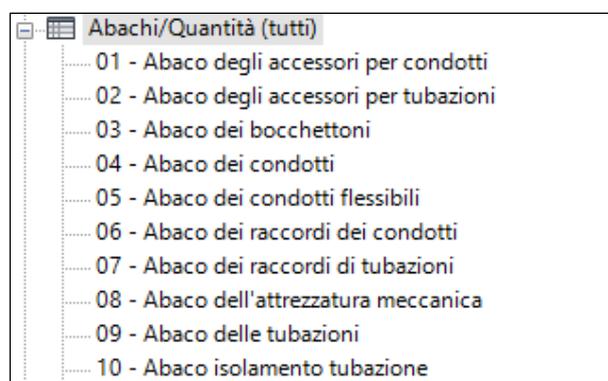


Figura 4-2: Abachi relativi al modello digitale (Fonte: strumento di cattura su Revit)

Per ognuna delle tipologie di abaco generate sono elencati gli oggetti del modello digitale che, in base ai principi di modellazione considerati, rientrano in tale categoria. Ma dal momento in cui la maggior parte delle famiglie caricabili provenisse da siti web esterni, i parametri ad esse associati non rispecchiavano le richieste dell'azienda e lo stesso nome della famiglia e del tipo non era congruente alle codifiche interne utilizzate.

Si riporta un esempio di elementi presenti all'interno del modello digitale, privi di ogni standardizzazione necessaria:

<08 - Abaco dell'attrezzatura meccanica>
A
Famiglia e tipo
ACLM_W_: ACLM20W
CASSONE: CASSONE
Epecol-4-148: Epecol-4-1000-148-598_15
EXT3: EXT3
FCZI_P_2Pipes_Ceiling_FCP2H1: FCZI_P_700_MedSpeed
FCZI_P_2Pipes_Ceiling_FCP2H: FCZI_P_500_MedSpeed
FLO-_: FLO 0505_15
GLO_WALL_IN: GLO_WALL_IN-1
GRUPPO FRIGO: GRUPPO FRIGO
HC_Heat Pump_MEPcontent_Mitsubishi Electric Corporation_PUHY-P300-400YKB-A1_IT-IT: PUHY-P300YKB-A1
HVAC_Solar-Heating_Cordivari_Bolly1: ø1300 - h2500
LATORE VSF: LATORE VSF
M_Serbatoio polmone - Verticale: 1900 L
NB000_International: NB 40-125/142_50_97839258
NB000_International: NB 65-160/157_50_97839240
POMPA DI CALORE: POMPA DI CALORE
silenziatore: silenziatore
silenziatoreverticale1: silenziatoreverticale1
silenziatoreverticale: silenziatoreverticale
TP000_International: TP 50-190/2_50_96086974
UTA PIANI: UTA A12 2
UTA PIANI: UTA A01
UTA PIANI: UTA A02
UTA PIANI: UTA A03
UTA PIANI: UTA A04
UTA PIANI: UTA A05
UTA PIANI: UTA A07
UTA PIANI: UTA A09
UTA PIANI: UTA A10
UTA PIANI: UTA C01
UTA PIANI: UTA C01.1
UTA RISTORANTE D01: UTA RISTORANTE D01
UTA_RIP-MAN: UTA_RIP-MAN
VENTILATORE CASSONATO: VENTILATORE CASSONATO
Totale generale: 255

Figura 4-3: Esempio relativo all'abaco dell'attrezzatura meccanica (Fonte: strumento di cattura su Revit)

4.2. Modellazione delle famiglie ed assegnazione dei parametri

Per poter effettuare una modellazione standardizzata dei vari elementi appartenenti al modello meccanico, sono state prese in considerazione le schede tecniche relative agli elementi in questione, selezionate dall'azienda stessa durante la realizzazione dei vari progetti nel corso degli anni.

Ad ogni elemento, inoltre, è stata associata una codifica interna strutturata nel seguente modo:

- Il primo termine fa riferimento alla **disciplina** di appartenenza ed è indicato con una lettera maiuscola. Trattandosi di un impianto meccanico, la prima parte della codifica è indicata con la lettera 'M';
- Il secondo termine individua il **codice dell'ambito**, indicato con un numero formato da due cifre;
- Il terzo termine, dato da una sigla formata da tre lettere, indica il **codice della categoria/famiglia** di tale elemento;
- Il quarto e ultimo termine è individuato da un numero progressivo che rappresenta il **codice della tipologia di quel componente**.

M	13	CANALIZZAZIONI E ACCESSORI	DCM	CANALI DI DISTRIBUZIONE ARIA	01	CANALI ARIA IN LAMIERA ZINCATA CIRCOLARI	M.13.DCT.01		
M	13		DCM		COMPONENTI IMPIANTI DI FILTRAZIONE ARIA	02	CANALI ARIA IN LAMIERA ZINCATA RETTANGOLARI	M.13.DCT.02	
M	13		DCM			ACCESSORI E COMPLEMENTI PER IMPIANTI AEREAULICI	03	CANALI ARIA INOX CIRCOLARI	M.13.DCT.03
M	13		DCM				04	CANALI ARIA INOX RETTANGOLARI	M.13.DCT.04
M	13		DCM				05	CANALI ARIA PREISOLATI IN PAL	M.13.DCT.05
M	13		FLT	01			FILTRI PER UNITA' DI TRATTAMENTO ARIA	M.13.FLT.01	
M	13		FLT	02	FILTRI ASSOLUTI SU TERMINALI IN AMBIENTE		M.13.FLT.02		
M	13		FLT	03	CANISTER	M.13.FLT.03			
M	13		DCM	01	REGOLATORI VAV CIRCOLARI	M.13.DCM.01			
M	13		DCM	02	REGOLATORI VAV RETTANGOLARI	M.13.DCM.02			
M	13		DCM	03	CASSETTE VAV	M.13.DCM.03			
M	13		DCM	04	CASSETTE VAV	M.13.DCM.04			
M	13		DCM	05	MISURATORI PORTATA ARIA	M.13.DCM.05			
M	13		DCM	06	REGOLATORI CAV CIRCOLARI	M.13.DCM.06			
M	13		DCM	07	REGOLATORI CAV RETTANGOLARI	M.13.DCM.07			
M	13		DCM	08	LIMITATORI DI PORTATA	M.13.DCM.08			
M	13	DCM	09	SERRANDE TAGLIAFUOCO CIRCOLARI	M.13.DCM.09				
M	13	DCM	10	SERRANDE TAGLIAFUOCO RETTANGOLARI	M.13.DCM.10				
M	13	DCM	11	CONDOTTI FLESSIBILI	M.13.DCM.11				
M	13	DCM	12	SILENZIATORI CIRCOLARI	M.13.DCM.12				
M	13	DCM	13	SILENZIATORI RETTANGOLARI	M.13.DCM.13				
M	13	DCM	14	BATTERIE DI POST RISCALDO	M.13.DCM.14				
M	13	DCM	15	SERRANDE DI TARATURA CIRCOLARI	M.13.DCM.15				
M	13	DCM	16	SERRANDE DI TARATURA RETTANGOLARI	M.13.DCM.16				

Figura 4-4: Immagine esemplificativa delle codifiche interne utilizzate dall'azienda: in rosso sono evidenziate quelle inserite all'interno del modello meccanico oggetto di studio (Fonte: strumento di cattura su Excel)

Si riporta di seguito la tipologia di famiglie inserite all'interno del modello meccanico oggetto di studio:

- **M.04.CHA.01:** gruppo frigorifero aria/acqua (2 tubi – compressori scroll – ventilatori assiali);
- **M.04.CHA.09:** gruppo frigorifero in pompa di calore aria/acqua (2 tubi – compressori a vite);
- **M.08.VCP.01:** elettropompe centrifughe monostadio in linea;
- **M.09.DHS.03:** bollitore inox alimentato a vapore;
- **M.09.WHS.02:** serbatoi stoccaggio acqua in acciaio zincato;
- **M.10.AHU.01:** unità di trattamento aria a sezione componibile;
- **M.10.FAN.01:** ventilatore centrifugo a cassetto insonorizzato;
- **M.11.HYP.01:** tubazioni in acciaio nero per fluidi termovettori;
- **M.11.PLP.09:** tubazioni in PVC per scarichi;
- **M.13.DCT.01:** canali aria in lamiera zincata circolari;
- **M.13.DCT.02:** canali aria in lamiera zincata rettangolari;
- **M.13.DCM.01:** regolatori VAV circolari;
- **M.13.DCM.02:** regolatori VAV rettangolari;
- **M.13.DCM.06:** regolatori CAV circolari;
- **M.13.DCM.07:** regolatori CAV rettangolari;
- **M.13.DCM.09:** serrande tagliafuoco circolari;
- **M.13.DCM.10:** serrande tagliafuoco rettangolari;
- **M.13.DCM.11:** condotti flessibili;
- **M.13.DCM.12:** silenziatori circolari;
- **M.13.DCM.13:** silenziatori rettangolari;
- **M.13.DCM.14:** batterie di post riscaldamento;
- **M.16.RAD.02:** radiatori a colonne;
- **M.16.RAD.03:** scaldasalviette;
- **M.16.RAP.04:** pannelli radianti a soffitto – metallici;
- **M.16.AHE.04:** lame d'aria;
- **M.17.DIF.04:** diffusori lineari;
- **M.17.REG.03:** valvole di ventilazione;
- **M.17.GRI.01:** griglie di transito;
- **M.17.GRI.03:** griglie di presa aria ed espulsione;
- **M.21.SMF.01:** ventilatori SEFFC assiali per estrazione fumi certificati a 400 gradi.

In particolare, per quanto riguarda il **codice d'ambito**, ogni numero è associato ad un macro-ambito della disciplina meccanica:

- **04:** centrali frigorifere;
- **08:** pompe e gruppi di pompaggio;
- **09:** scambiatori di calore – bollitori – serbatoi;
- **10:** unità di ventilazione e condizionamento;
- **11:** tubazioni e accessori;
- **13:** canalizzazioni e accessori;
- **16:** terminali impianti idronici;
- **17:** terminali impianti aeraulici;
- **21:** sistemi di ventilazione di sicurezza e protezione dal fumo.

Per quanto riguarda, invece, il **codice della categoria/famiglia**, ogni acronimo ha una sua indicazione precisa:

- **CHA:** gruppi frigoriferi/pompe di calore aria/acqua;
- **VCP:** elettropompe centrifughe monostadio in linea;
- **DHS:** bollitori produzione ACS (acqua calda sanitaria);
- **WHS:** serbatoi;
- **AHU:** unità di trattamento aria;
- **FAN:** ventilatori per usi convenzionali;
- **HYP:** tubazioni per impianti idronici;
- **PLP:** tubazioni per impianti idrico-sanitari;
- **DCT:** canali di distribuzione aria;
- **DCM:** accessori e complementi per impianti aeraulici;
- **RAD:** radiatori e scaldasalviette;
- **FCU:** ventilconvettori;
- **RAP:** pannelli radianti;
- **AHE:** corpi scaldanti per ambienti industriali;
- **DIF:** diffusori di mandata e ripresa aria;
- **REG:** griglie e valvole di ventilazione;
- **GRI:** griglie di transito, presa aria esterna ed espulsione;
- **SMF:** ventilatori per sistemi di sicurezza.

Infine, considerando le schede tecniche dei prodotti attualmente in uso, si riporta uno schema riassuntivo degli oggetti che costituiscono l'impianto, modellati prendendo come riferimento le dimensioni presenti all'interno dei manuali:

CODICE OGGETTO	TIPOLOGIA DI FAMIGLIA	DESCRIZIONE	SCHEDA TECNICA
M.04.CHA.01	Caricabile	Gruppo frigorifero aria/acqua	-
M.04.CHA.09	Caricabile	Gruppo frigorifero in pompa di calore aria/acqua	-
M.08.VCP.01	Caricabile	Elettropompe centrifughe monostadio in linea	Grundfos
M.09.DHS.03	Caricabile	Bollitore inox alimentato a vapore	-
M.09.WHS.02	Caricabile	Serbatoi stoccaggio acqua in acciaio zincato	-
M.10.AHU.01	Caricabile	Unità di trattamento aria a sezione componibile	-
M.10.FAN.01	Caricabile	Ventilatore centrifugo a cassonetto insonorizzato	FLAKTGROUP mod. SABINA
M.11.HYP.01	Di sistema	Tubazioni in acciaio nero per fluidi termovettori	-
M.11.PLP.09	Di sistema	Tubazioni in PVC per scarichi	-
M.13.DCT.01	Di sistema	Canali aria in lamiera zincata circolari	-
M.13.DCT.02	Di sistema	Canali aria in lamiera zincata rettangolari	-
M.13.DCM.01	Caricabile	Regolatori VAV circolari	TROX mod. VFL
M.13.DCM.02	Caricabile	Regolatori VAV rettangolari	TROX mod. TVJ
M.13.DCM.06	Caricabile	Regolatori CAV circolari	TROX mod. RN
M.13.DCM.07	Caricabile	Regolatori CAV rettangolari	TROX mod. EN
M.13.DCM.09	Caricabile	Serrande tagliafuoco circolari	TROX mod. FKRS-EU
M.13.DCM.10	Caricabile	Serrande tagliafuoco rettangolari	TROX mod. FKA2-EU
M.13.DCM.11	Di sistema	Condotti flessibili	-
M.13.DCM.12	Caricabile	Silenziatori circolari	TROX mod. CA
M.13.DCM.13	Caricabile	Silenziatori rettangolari	TROX mod. MSA/XSA
M.13.DCM.14	Caricabile	Batteria di post riscaldamento	TROX mod. WL
M.16.RAD.02	Caricabile	Radiatori a colonne	IRSAP mod. TESI3
M.16.RAD.03	Caricabile	Scalda-salviette	IRSAP mod. VELA
M.16.RAP.04	Caricabile	Pannelli radianti a soffitto metallici	PROTER-IMEX mod. Kappa Hospital
M.16.AHE.04	Caricabile	Lame d'aria	-
M.17.DIF.04	Caricabile	Diffusori lineari	TROX mod. VDS35
M.17.REG.03	Caricabile	Valvole di ventilazione	TROX mod. LVS (estrazione) e Z-LVS (mandata)
M.17.GRI.01	Caricabile	Griglie di transito	TROX mod. AGS
M.17.GRI.03	Caricabile	Griglie di presa aria ed espulsione	TROX mod. ALS
M.21.SMF.01	Caricabile	Ventilatori SEFFC assiali per estrazione fumi	AerNova mod. SEDuct ELI-CL

Figura 4-5: Schema riassuntivo degli oggetti modellati e delle relative schede tecniche (Fonte: strumento di cattura su Excel)

Come si può notare, infatti, dall'immagine di sopra riportata, le tipologie di famiglie presenti in Revit sono sostanzialmente due:

- **Famiglie di sistema**, ovvero quelle famiglie che consentono di creare elementi di base da assemblare in cantiere, come muri, pavimenti, tetti, tubazioni e condotti. Esse sono predefinite all'interno del programma e per tale ragione non è possibile caricarle da progetti esterni o esportarle su altri progetti;
- **Famiglie caricabili**, ovvero quei componenti di costruzione o di sistema che vengono normalmente acquistati, consegnati ed installati all'interno e all'esterno dell'edificio. A differenza delle precedenti, tali famiglie possono essere modellate ex novo o scaricate dal web, ma soprattutto caricarle in altri progetti.

In riferimento al modello oggetto di studio, nella prima categoria rientrano:

- Le tubazioni appartenenti al sistema idronico (climatizzazione – distribuzione acqua) o all'impianto di scarico;
- I condotti flessibili, posizionati in prossimità dei terminali dell'impianto di climatizzazione relativo alla distribuzione dell'aria;
- I canali in lamiera zincata circolari e rettangolari per la climatizzazione relativa alla distribuzione dell'aria.

Alla seconda categoria, invece, appartengono tutte le restanti famiglie modellate ex novo, prendendo come riferimento le varie schede tecniche.

Successivamente, per ogni famiglia sono stati creati dei parametri di testo, sulla base dei quali è stato sviluppato il codice WBS, utilizzato dall'azienda per effettuare il computo metrico. A tal proposito sono stati creati dei **parametri condivisi**, in modo da renderli sempre riutilizzabili per altri progetti. Creando dei gruppi di parametri, tali parametri condivisi sono stati strutturati nel seguente modo:

- Primo livello WBS, il quale, come indica la dicitura stessa, individua il primo livello del codice WBS da assegnare agli elementi. Esso comprende i seguenti parametri:
 - **1 – EDIFICIO**: parametro di tipo, il quale indica il nome dell'edificio relativo ad un progetto;
 - **2 – DISCIPLINA**: parametro di tipo, il quale indica la disciplina di modellazione;
 - **3 – LIVELLO**: parametro di istanza, il quale indica il livello di riferimento su cui è stato modellato l'elemento in questione;
 - **4 – TIPOLOGIA DI IMPIANTO**: parametro di tipo, il quale indica la tipologia di impianto di una data disciplina.
- Secondo livello di WBS, al quale sono associati i seguenti parametri:
 - **1 – CODIFICA OGGETTO**: parametro di tipo, all'interno del quale è stato inserito il codice oggetto definito dall'azienda e descritto precedentemente;
 - **2 – DIMENSIONI**: parametro di tipo, che descrive in maniera specifica la forma e la tipologia dell'oggetto.

- WBS completo, con il parametro:
 - **CODICE WBS**: parametro di istanza, il quale definisce l'intero codice WBS, dato dalla sovrapposizione dei parametri relativi ai primi due livelli.

Gruppi di parametri	Parametri condivisi			
Primo livello WBS	1 - EDIFICIO (tipo)	2- DISCIPLINA (tipo)	3 - LIVELLO (istanza)	4 - TIPOLOGIA DI IMPIANTO (tipo)
Ultimo livello WBS	1 - CODIFICA OGGETTO (tipo)	2 - DIMENSIONI (tipo)		
WBS completo	CODICE WBS (istanza)			

Figura 4-6: Schematizzazione dei parametri condivisi creati, racchiusi nei rispettivi gruppi di parametri (Fonte: strumento di cattura su Excel)

Di conseguenza, il CODICE WBS sarà strutturato nel seguente modo:

EDIFICIO _ DISCIPLINA _ LIVELLO _ IMPIANTO _ OGGETTO _ DIMENSIONI

Nella fase di modellazione delle famiglie, si è ritenuto opportuno inserire manualmente, volta per volta, i parametri relativi all'ultimo livello di WBS, ovvero la codifica dell'oggetto e le dimensioni. Quest'ultimo parametro, a seconda di come vengano computati generalmente i vari elementi appartenenti all'impianto meccanico o al fine di descriverne meglio la tipologia, è stato appositamente strutturato nel seguente modo:

- La lettera D (diametro nominale) seguita dal relativo valore numerico, espresso in millimetri, per gli elementi dalle dimensioni circolari;
- Due valori numerici intervallati dal segno 'X', che indicano le dimensioni di base ed altezza di un elemento rettangolare o quadrato. Anche in questo caso, l'unità di misura utilizzata è il millimetro;
- La lettera W (volume) seguita dal relativo valore numerico, espresso in litri;
- La lettera L (lunghezza) seguita dal relativo valore numerico, espresso in millimetri;
- La lettera H (altezza) seguita dal relativo valore numerico, espresso in millimetri.

Per le famiglie che costituiscono i diffusori lineari è stato inserito, all'interno del parametro "2 – DIMENSIONI", anche l'informazione relativa al numero di feritoie secondo cui sono stati modellati: tale dato aggiuntivo si è rivelato necessario ai fini della compilazione del computo metrico per gli elementi in questione:

- 1F per i diffusori lineari costituiti da una feritoia;

- 2F per i diffusori lineari costituiti da due feritoie;
- 3F per i diffusori lineari costituiti da tre feritoie;
- 4F per i diffusori lineari costituiti da quattro feritoie.

I restanti parametri, invece, sono stati inseriti utilizzando degli script creati sull'interfaccia grafica di Dynamo, come si vedrà nel paragrafo successivo.

Parametro	Tipologia di parametro	Tipo di parametro	Raggruppato in	Tipologia
1 - EDIFICIO	Di tipo	Testo	Altro	IREN RAGGI
2 - DISCIPLINA	Di tipo	Testo	Altro	IMPIANTO MECCANICO
				IMPIANTO IDRAULICO
				IMPIANTO ANTINCENDIO
3 - LIVELLO	Di istanza	Testo	Altro	Livello P1 (interrato)
				Livello PT (terra)
				Livello P1 (primo)
				Livello P2 (secondo)
				Livello P3 (terzo)
				Livello P4 (quarto)
				Livello P5 (quinto)
				Livello P6 (sesto)
				Livello PC (copertura)
4 - TIPOLOGIA DI IMPIANTO	Di tipo	Testo	Altro	CENTRALE TERMO-FRIGORIFERA
				SOTTOCENTRALE UTA
				IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA
				IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA
				IMPIANTO IDROSANITARIO - ADDUZIONE E SCARICHI
				IMPIANTO ANTINCENDIO - SISTEMA DI EVACUAZIONE FUMO E CALORE
1 - CODIFICA OGGETTO	Di tipo	Testo	Testo	M.04.CHA.01
				M.04.CHA.09
				M.08.VCP.01
				M.09.DHS.03
				M.09.WHS.02
				M.10.AHU.01
				M.10.FAN.01
				M.11.HYP.01
				M.11.PLP.09
				M.13.DCT.01
				M.13.DCT.02
				M.13.DCM.01
				M.13.DCM.02
				M.13.DCM.06
				M.13.DCM.07
				M.13.DCM.09
				M.13.DCM.10
				M.13.DCM.11
				M.13.DCM.12
				M.13.DCM.13
				M.13.DCM.14
				M.16.RAD.02
				M.16.RAD.03
				M.16.RAP.04
				M.16.AHE.04
				M.17.DIF.04
				M.17.REG.03
				M.17.GRI.01
				M.17.GRI.03
				M.21.SMF.01
2 - DIMENSIONI	Di tipo	Testo	Testo	D [mm]
				X [mm]
				W [l]
				L [mm]
				H [mm]
CODICE WBS	Di istanza	Testo	Altro	EDIFICIO DISCIPLINA LIVELLO IMPIANTO OGGETTO DIMENSIONI

Figura 4-7: Schema riassuntivo delle tipologie di parametri inserite su Revit per ogni famiglia (Fonte: strumento di cattura su Excel)

Successivamente alla creazione delle varie famiglie costituenti il modello meccanico oggetto di esame, si è eseguita la sostituzione degli elementi che fossero già presenti con quelli modellati secondo standard precisi, effettuando i dovuti accorgimenti per non alterare la conformazione dell'edificio.

4.3. Inserimento dei parametri su Revit attraverso Dynamo

Per velocizzare l'inserimento dei parametri appartenenti al primo livello di WBS e del codice WBS stesso si è fatto ricorso all'utilizzo dell'interfaccia grafica di Dynamo, basato sul linguaggio di programmazione Python ed accessibile dalla sezione "Gestisci" sul software di modellazione Revit. Attraverso Dynamo, infatti, è possibile creare degli script in grado di automatizzare attività ripetitive e semplificare perciò il flusso di lavoro basato sul BIM, all'interno del programma Revit.

Ogni script segue una struttura abbastanza precisa e risulta essere formato da:

- **Nodi**, ovvero gli oggetti collegati per formare un programma visivo che eseguono una data operazione. Ogni nodo può essere formato da diverse parti, la cui presenza o meno dipende dalla tipologia in questione:
 1. Nome del nodo, con una convenzione di denominazione del tipo "Category.Name";
 2. Principale, ovvero il corpo principale del nodo, dal quale è possibile visualizzare le opzioni di creazione del nodo stesso;
 3. Porte di entrata ed uscita, collegate dai fili per permettere di utilizzare dei dati di input e fornire dei dati di output;
 4. Icona di collegamento, che indica le opzioni di collegamento specificate per gli input;
 5. Valore di default da utilizzare per alcuni casi particolari di nodo.

- **Fili**, ovvero i collegamenti tra un nodo e l'altro per permettere di eseguire delle operazioni ed indicare il flusso di lavoro del programma visivo. In generale, tale flusso si sposta da sinistra verso destra, dal momento in cui i dati di input sono posizionati sulla sinistra e quelli di output sul lato opposto;

- **Libreria di Dynamo**, dove sono contenuti tutti i nodi che è possibile utilizzare, suddivisi in base alla categoria di riferimento (es. liste, stringhe ecc.). Tali nodi possono essere quelli di base installati, personalizzati e scaricati da pacchetti che è possibile aggiungere su Dynamo.

4.3.1. Inserimento del parametro “1 – EDIFICIO”

Il primo parametro ad essere inserito all’interno delle famiglie di Revit è stato quello relativo al nome dell’edificio di progetto. Dovendo tenere conto della presenza di famiglie di sistema e di famiglie caricabili, i due script sono stati realizzati in maniera differente: per i primi si sono selezionati i tipi di famiglia della categoria “Tubazione”, “Condotto” e “Condotto flessibile”; per i restanti, invece, si sono selezionate tutte le famiglie delle categorie “Attrezzatura meccanica”, “Accessori per condotti” e “Bocchettoni”, effettuando un’operazione di filtraggio che consentisse di operare solo sulle famiglie modellate ex novo e non su quelle già esistenti. Per tale ragione, è stato inserito il nodo “List.FilterByBoolMask” che permettesse di modificare il parametro “1 – EDIFICIO” solo alle famiglie denominate secondo la codifica vista precedentemente, il cui nome contenesse, quindi, la stringa “M.”. Si riportano degli esempi relativi a due sole categorie, una appartenente alle famiglie di sistema e una alle famiglie caricabili.

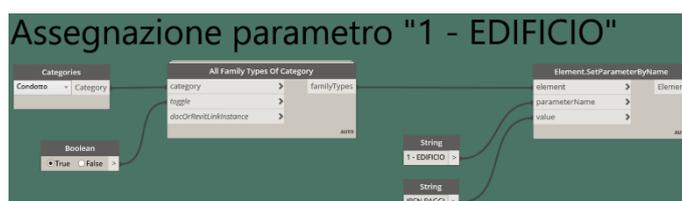


Figura 4-8: Inserimento del parametro “1 – EDIFICIO” per la categoria “Condotto” - Famiglie di sistema (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)

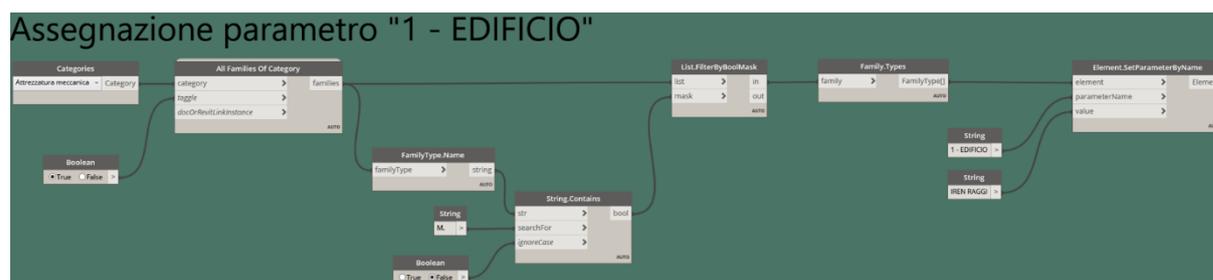


Figura 4-9: Inserimento del parametro “1 – EDIFICIO” per la categoria “Attrezzatura meccanica” - Famiglie caricabili (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)

Come si può notare, per entrambe le categorie l’operazione di inserimento del parametro avviene attraverso il nodo “Element.SetParameterByName”, selezionando:

- Gli elementi di cui si vuole modificarne il contenuto;
- Il nome del parametro da modificare, inserito su Revit. In questo caso il parametro è “1 – EDIFICIO”;
- Il testo da inserire, ovvero il contenuto di tale parametro.

4.3.2. Inserimento del parametro “2 – DISCIPLINA”

Per l’inserimento del secondo parametro relativo al primo livello di WBS, si sono effettuate le medesime considerazioni precedenti, suddividendo le varie categorie e le famiglie di ogni categoria in base alla disciplina di appartenenza, definita dall’azienda. In particolare:

- Per la categoria “Condotto” e “Condotto flessibile”, nelle quali rientrano le famiglie di sistema relative ai condotti dell’aria, la disciplina di riferimento è “IMPIANTO MECCANICO”;
- Per la categoria “Tubazione”, nella quale rientrano sia le famiglie di sistema relative alle tubazioni dell’aria e sia le famiglie di sistema relative alle tubazioni per lo scarico dell’acqua, la disciplina di riferimento è “IMPIANTO MECCANICO” per le prime e “IMPIANTO IDRAULICO” per le seconde. Per tale ragione, all’interno del parametro è stata inserita la voce “IMPIANTO MECCANICO” per le famiglie che contenessero la stringa “HYP”, derivante dalle codifiche viste precedentemente, e la voce “IMPIANTO IDRAULICO” per le restanti. Anche in questo caso è stato utilizzato il nodo di filtraggio;
- Per la categoria “Bocchettoni” ed “Attrezzatura meccanica”, nelle quali rientrano le famiglie caricabili relative alla distribuzione dell’aria, la disciplina di riferimento è “IMPIANTO MECCANICO”;
- Per la categoria “Accessori per condotti”, nella quale rientrano sia famiglie caricabili relative all’impianto meccanico e sia quelle relative all’impianto antincendio, la disciplina di riferimento è “IMPIANTO MECCANICO” per le prime ed “IMPIANTO ANTINCENDIO” per le ultime. A tal proposito, è stata eseguita anche in questo caso un’operazione di filtraggio che permettesse di selezionare le famiglie appartenenti all’impianto meccanico direttamente dal loro nome “M.13”.

Lo script relativo alla categoria “Condotto” è il seguente:

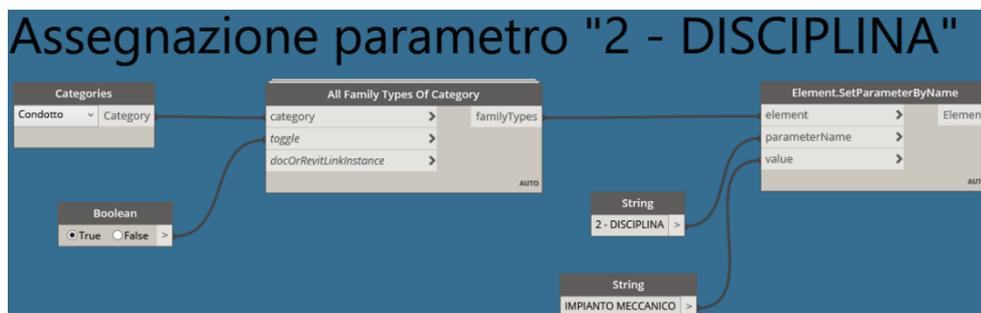


Figura 4-10: Inserimento del parametro “2 – DISCIPLINA” per la categoria “Condotto” - Famiglie di sistema (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)

Lo script relativo alla categoria “Condotto flessibile” è il seguente:

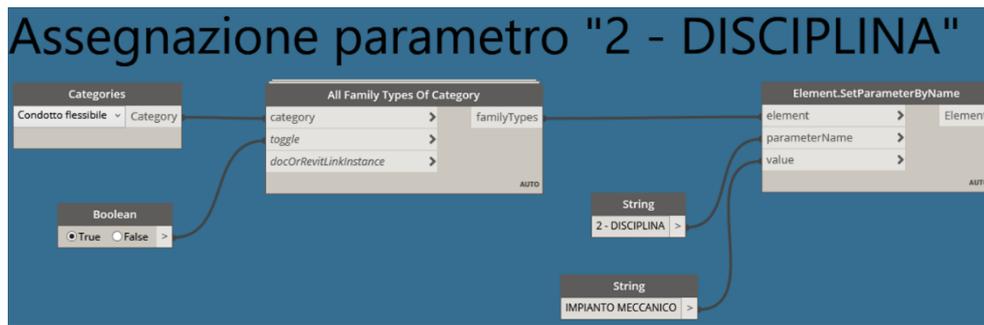


Figura 4-11: Inserimento del parametro “2 – DISCIPLINA” per la categoria “Condotto flessibile” - Famiglie di sistema (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)

Lo script relativo alla categoria “Tubazione” è il seguente:

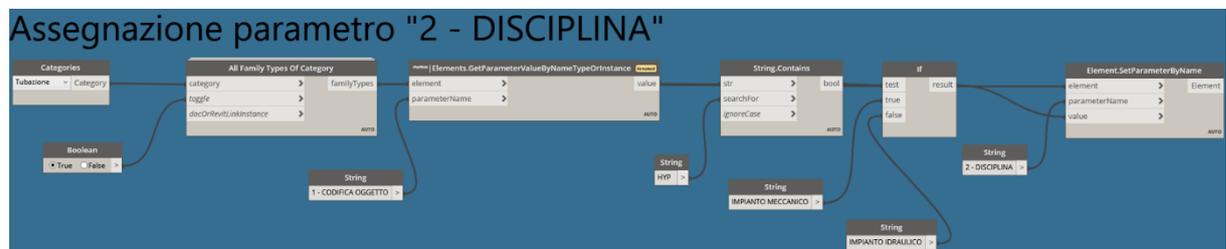


Figura 4-12: Inserimento del parametro “2 – DISCIPLINA” per la categoria “Tubazione” - Famiglie di sistema (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)

Gli script relativi alla categoria “Bocchettoni” e “Attrezzatura meccanica” sono i seguenti:

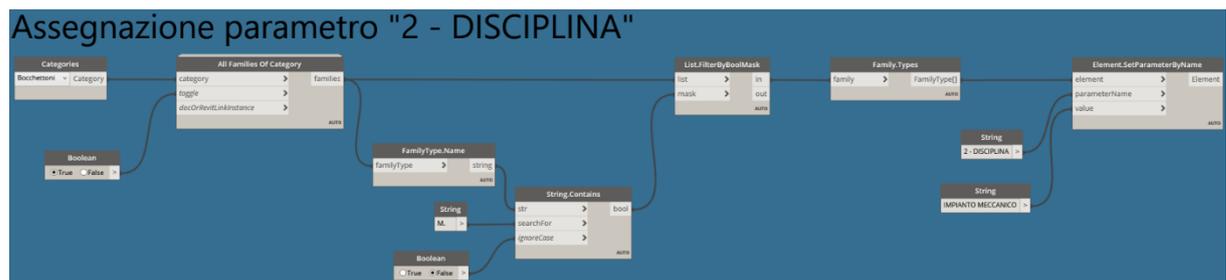


Figura 4-13: Inserimento del parametro “2 – DISCIPLINA” per la categoria “Bocchettoni” - Famiglie caricabili (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)

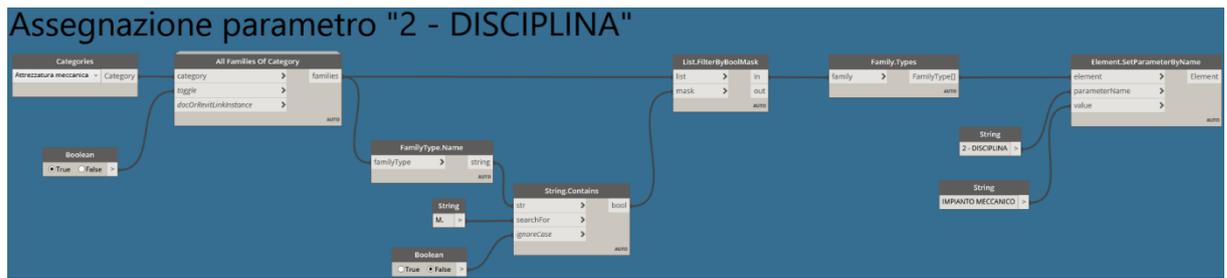


Figura 4-14: Inserimento del parametro “2 – DISCIPLINA” per la categoria “Attrezzatura meccanica” - Famiglie caricabili (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)

Lo script relativo alla categoria “Accessori per condotti” è il seguente:



Figura 4-15: Inserimento del parametro “2 – DISCIPLINA” per la categoria “Accessori per condotti” - Famiglie caricabili (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)

Dal momento in cui il comando “Element.GetParameterValueByName” di Dynamo è possibile utilizzarlo solo per gli elementi del modello e non in generale per le famiglie, è stato necessario scaricare il pacchetto aggiuntivo “Rhythm” per poter usufruire del nodo “Element.GetParameterValueByNameTypeOrInstance”, il quale permette di associare un determinato tipo di parametro sia ai tipi di famiglia che ai singoli elementi (istanze), bypassando l’associazione obbligatoria intrinseca del programma. In secondo luogo, è stato scaricato un ulteriore pacchetto dal nome “Clockwork”, il quale consente di selezionare tutte le famiglie appartenenti ad una data categoria e non solo gli elementi.

4.3.3. Inserimento del parametro “3 – LIVELLO”

Per quanto riguarda l’inserimento del parametro relativo al livello in cui gli elementi sono stati modellati o posizionati, attraverso il comando “Element.GetParameterValueByName” è stato possibile leggere il parametro di Revit “Livello” (per le famiglie caricabili) e “Livello di riferimento” (per le famiglie di sistema) ed eseguire successivamente un’operazione di confronto, considerando ogni livello dell’edificio (dal piano interrato al piano di copertura). Se l’opzione di confronto riporta un esito positivo, allora il livello che viene letto da Revit è quello che verrà inserito all’interno di questo terzo parametro.

A titolo esemplificativo, viene illustrato lo script relativo alla categoria “Condotta” per le famiglie di sistema. Per le categorie relative alle famiglie caricabili, alla stringa contenente la dicitura “Livello di riferimento” è stata sostituita una stringa contenente la dicitura “Livello”, facendo riferimento ai parametri impostati in automatico su Revit.

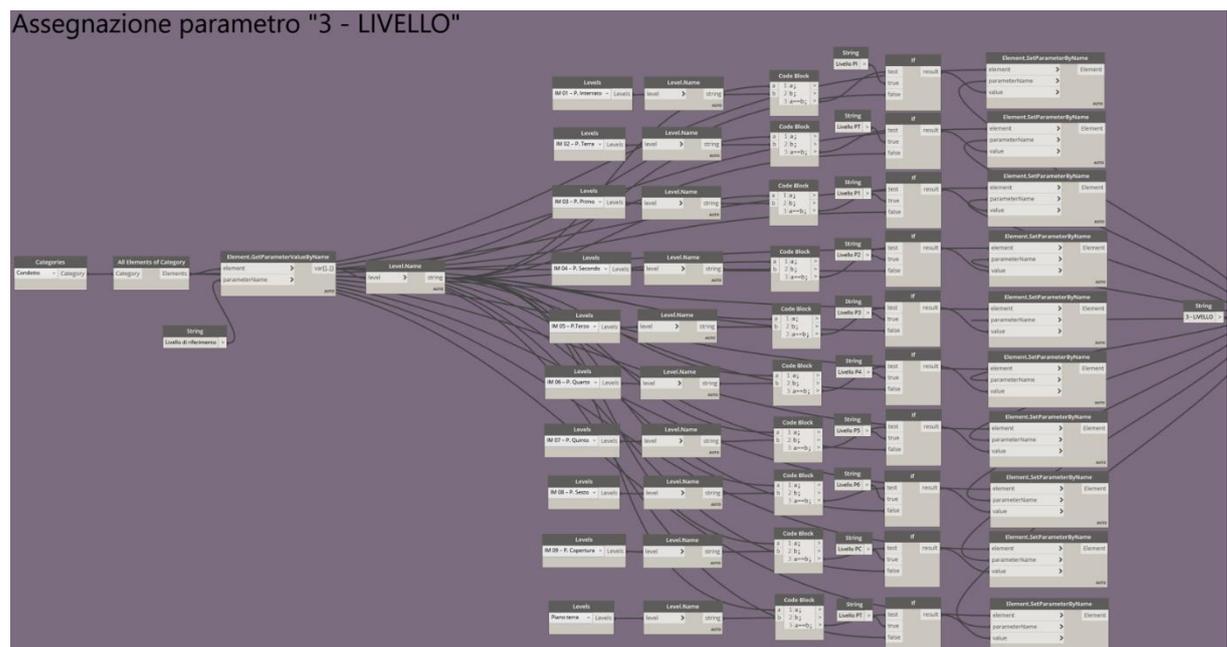


Figura 4-16: Inserimento del parametro “3 – DISCIPLINA” per la categoria “Condotta” - Famiglie di sistema (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)

4.3.4. Inserimento del parametro “4 – TIPOLOGIA DI IMPIANTO”

In riferimento alla classificazione definita dall'azienda e riportata nei precedenti paragrafi, si è effettuata la seguente scomposizione per l'inserimento del parametro relativo alla tipologia di impianto:

- Per la categoria “Condotta” e “Condotta flessibile” è stata inserita la voce “IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE – DISTRIBUZIONE ARIA” all'interno del suddetto parametro;
- Per la categoria “Tubazione” si è effettuata un'ulteriore distinzione: per le tubazioni relative alla climatizzazione è stata inserita la voce “IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE – DISTRIBUZIONE ACQUA”; invece, per le tubazioni relative allo scarico dell'acqua, è stata inserita la voce “IMPIANTO IDROSANITARIO – ADDUZIONE E SCARICHI”;
- Per la categoria “Bocchettoni” è stata inserita la voce “IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE – DISTRIBUZIONE ARIA”, fatta eccezione per i pannelli radianti metallici a soffitto che, invece, rientrano nella tipologia di “IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE – DISTRIBUZIONE ACQUA”. Per questi ultimi, infatti, è stata realizzata un'operazione di filtraggio, considerando il nome della famiglia “M.16”;
- Per la categoria “Accessori per condotti” ed in particolare per le famiglie il cui nome presentasse la dicitura “M.13” è stata assegnata la voce “IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE – DISTRIBUZIONE ARIA” all'interno del parametro. Per le restanti famiglie, invece, come i ventilatori assiali per l'estrazione dei fumi, è stata assegnata la voce “IMPIANTO ANTINCENDIO – SISTEMA DI EVACUAZIONE FUMO E CALORE”;
- Per la categoria “Attrezzatura meccanica” si sono effettuate diverse scomposizioni: alle famiglie relative ai radiatori a colonna e scalda-salviette (“M.16”) è stata assegnata la voce “IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE – DISTRIBUZIONE ACQUA”. Alle famiglie relative alle UTA (Unità di trattamento aria) è stata assegnata la tipologia “SOTTOCENTRALE UTA”. Alle famiglie contenenti i gruppi frigoriferi, i serbatoi e i bollitori è stata assegnata la tipologia “CENTRALE TERMO-FRIGORIFERA”. Ed infine, alle restanti famiglie è stata assegnata la tipologia “IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE – DISTRIBUZIONE ARIA”.

Lo script relativo alla categoria “Condotto” e “Condotto flessibile” è il seguente:

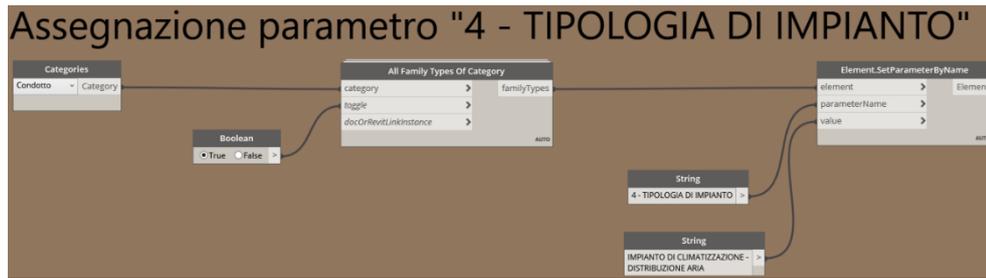


Figura 4-17: Inserimento del parametro “4 -TIPOLOGIA DI IMPIANTO” per la categoria “Condotto” (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)

Lo script relativo alla categoria “Tubazione” è il seguente:



Figura 4-18: Inserimento del parametro “4 -TIPOLOGIA DI IMPIANTO” per la categoria “Tubazione” (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)

Lo script relativo alla categoria “Bocchettoni” è il seguente:

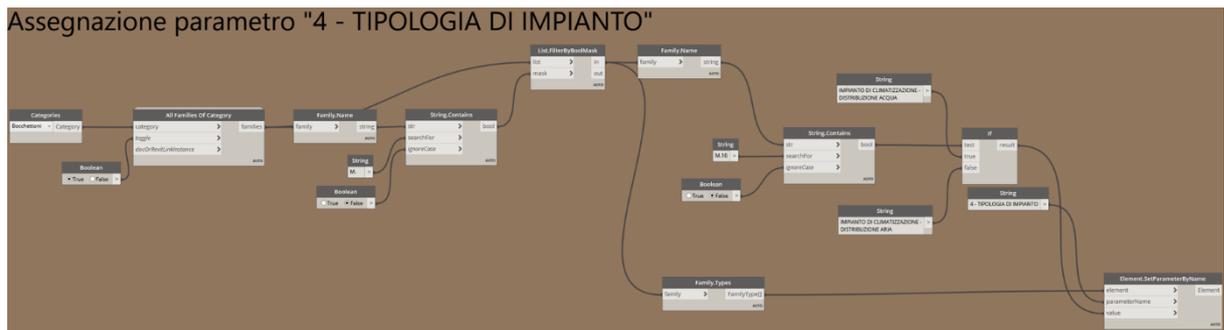


Figura 4-19: Inserimento del parametro “4 -TIPOLOGIA DI IMPIANTO” per la categoria “Bocchettoni” (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)

Lo script relativo alla categoria “Accessori per condotti” è il seguente:

Assegnazione parametro “4 - TIPOLOGIA DI IMPIANTO”

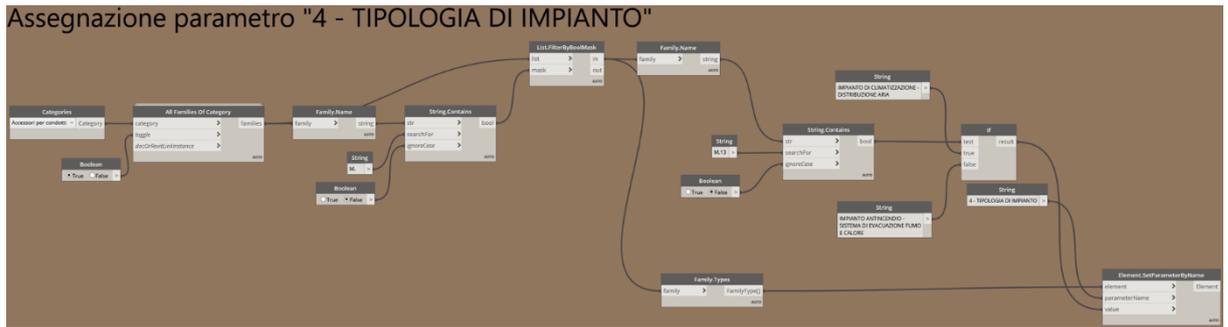


Figura 4-20: Inserimento del parametro “4 -TIPOLOGIA DI IMPIANTO” per la categoria “Accessori per condotti”
(Fonte: strumento di cattura su Dynamo)

Lo script relativo alla categoria “Attrezzatura meccanica” è il seguente:

Assegnazione parametro “4 - DISCIPLINA”

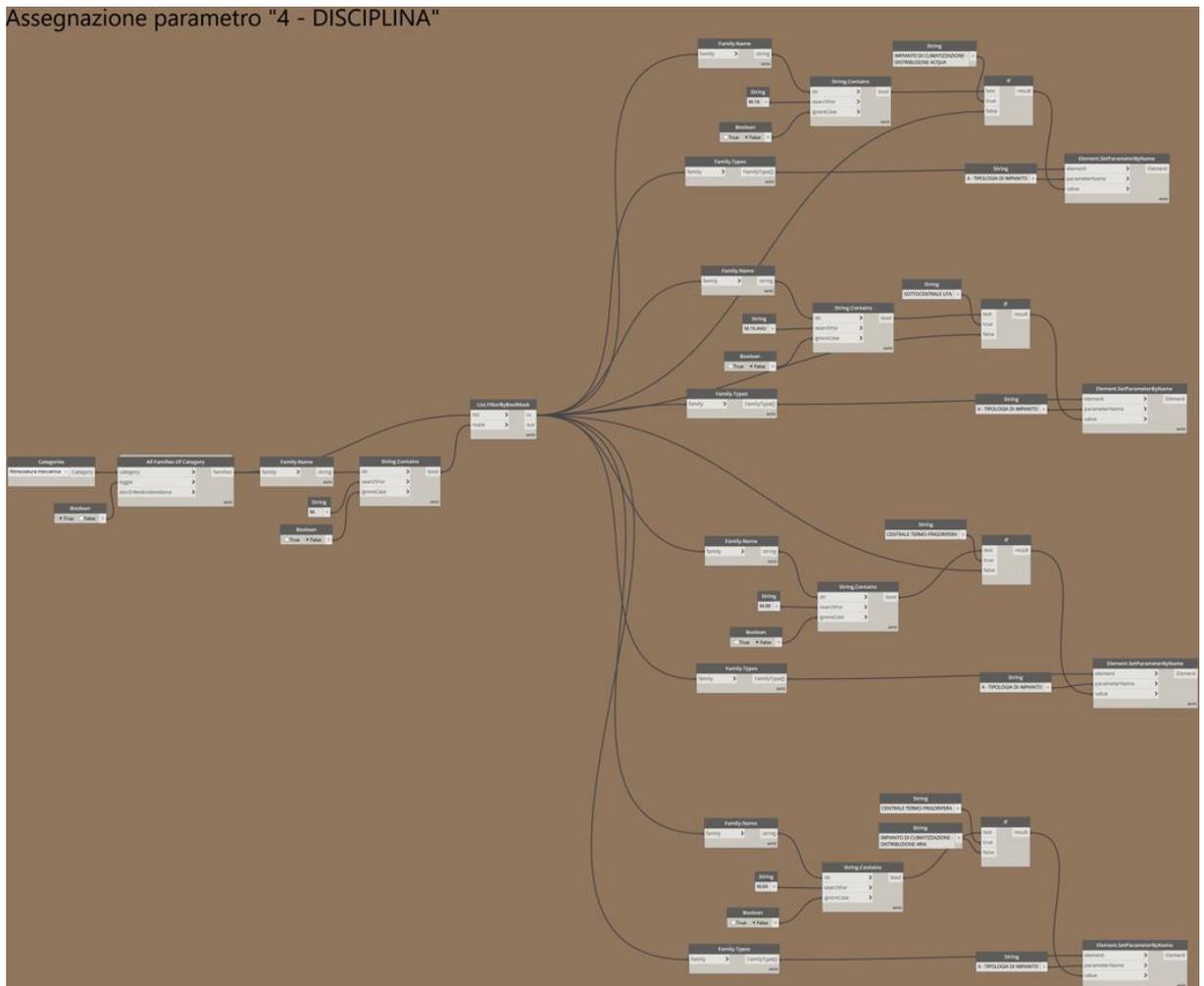


Figura 4-21: Inserimento del parametro “4 -TIPOLOGIA DI IMPIANTO” per la categoria “Attrezzatura meccanica”
(Fonte: strumento di cattura su Dynamo)

4.3.5. Inserimento del parametro “CODICE WBS”

Come ultimo step per l’assegnazione dell’intero codice WBS, dato dall’unione del primo livello di WBS, realizzato attraverso Dynamo, e dell’ultimo livello, inserito manualmente, si è ritenuto necessario effettuare un’importante osservazione per le famiglie costituite dai diffusori lineari. Come accennato precedentemente, per effettuare il computo metrico di questi elementi, è fondamentale conoscere l’informazione relativa al numero di feritoie che li compongono. Quest’ultimo dato, nella fase di modellazione della libreria BIM, era stato inserito in un parametro separato del tipo “Si/No”. In particolare, si sono creati quattro differenti parametri di questa tipologia, ognuno relativo al numero di feritoie possibili:

- 1F (una feritoia);
- 2F (due feritoie);
- 3F (tre feritoie);
- 4F (quattro feritoie).

In questo modo, in funzione del numero di feritoie necessarie per ogni diffusore lineare, è bastato semplicemente spuntare il parametro che lo rappresentasse. A quest’informazione, per la creazione dell’intero codice WBS, sono stati aggiunti i precedenti parametri, separati dal carattere “_”, attraverso un semplice nodo “Code Block” che permettesse di effettuare la somma.

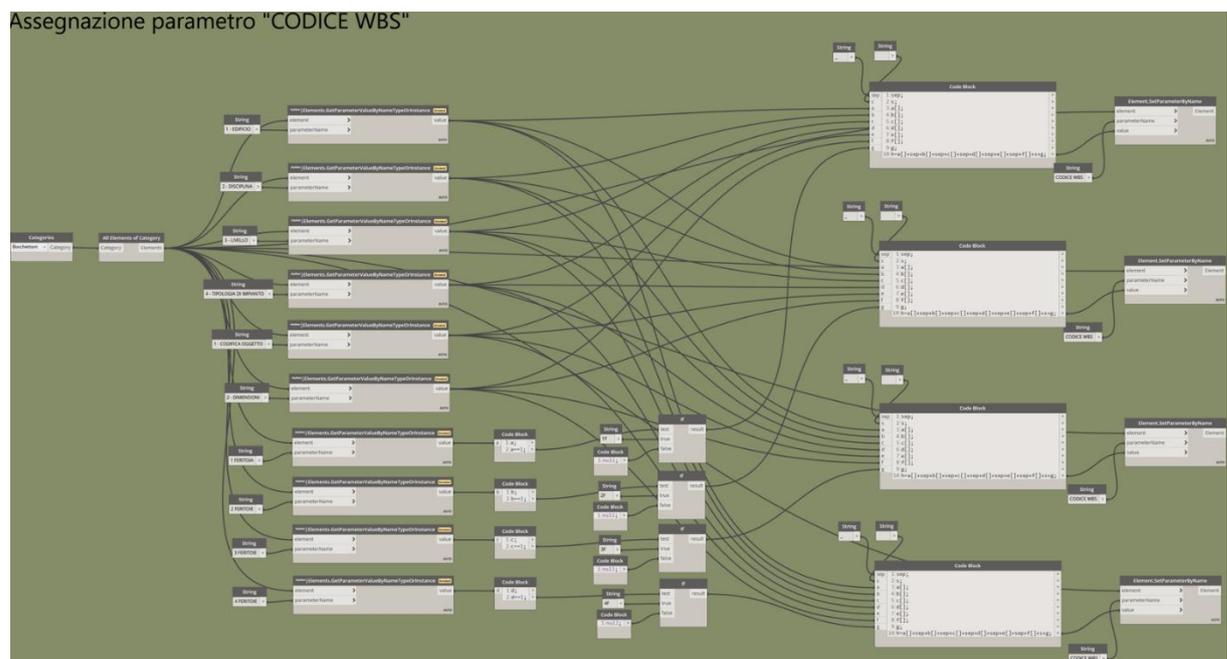


Figura 4-22: Inserimento del parametro “CODICE WBS” per la categoria “Bocchettoni” (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)

Per le restanti categorie, non si è tenuto conto dell'informazione relativa al numero di feritoie. Pertanto, lo script di riferimento si presenta in maniera più semplice e lineare.

Vengono riportati come esempi quelli relativi alla categoria “Condotta” per le famiglie di sistema e alla categoria “Attrezzatura meccanica” per le famiglie caricabili.

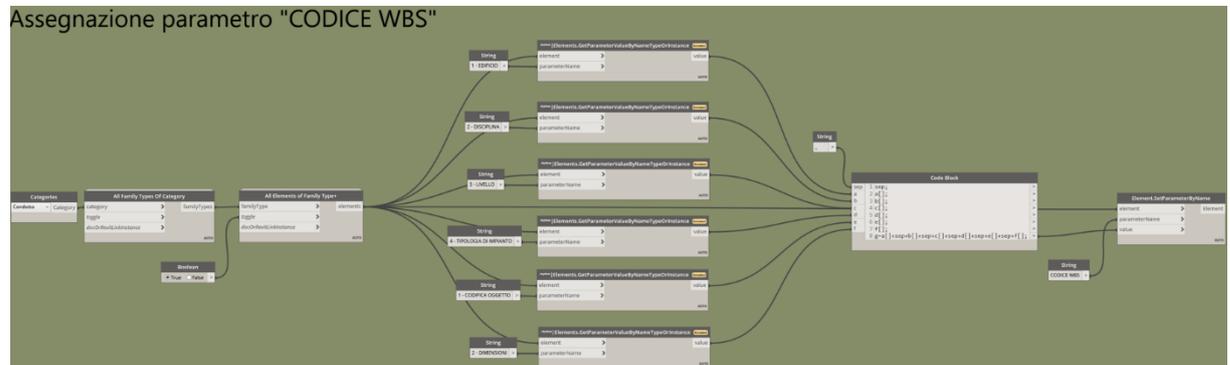


Figura 4-23: Inserimento del parametro “CODICE WBS” per la categoria “Condotta” (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)

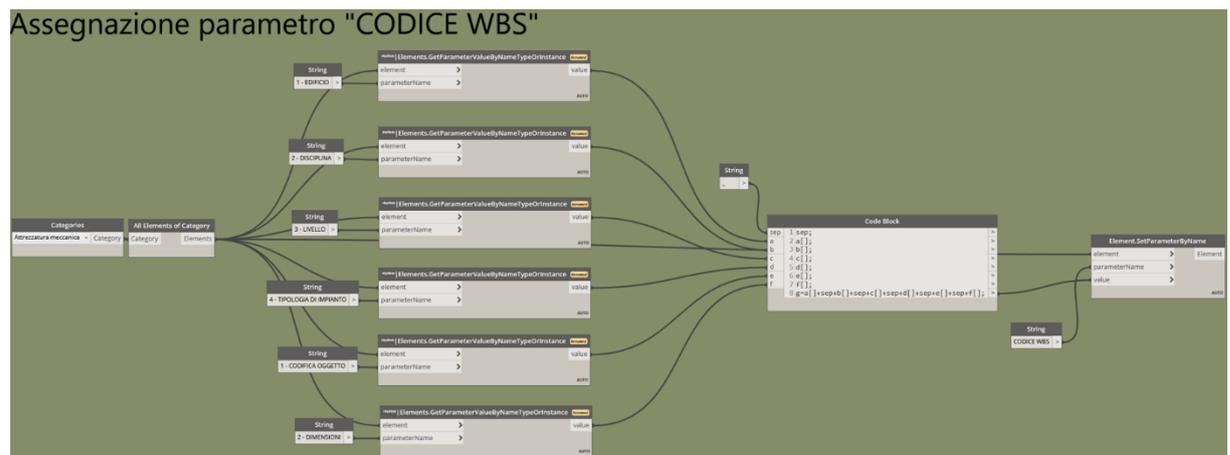
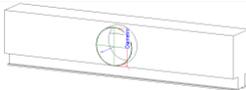


Figura 4-24: Inserimento del parametro “CODICE WBS” per la categoria “Attrezzatura meccanica” (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)

Viene riportato un esempio di scheda LOD per sintetizzare le varie informazioni grafiche e non, inserite durante la modellazione delle famiglie.

L'esempio in questione riguarda la famiglia relativa ai diffusori lineari, con le seguenti caratteristiche:

- Lunghezza pari a 1050 mm
- Diametro 160 mm
- Numero di feritoie pari a 2

DISCIPLINA				Meccanica			
CATEGORIA				Bocchettoni			
FAMIGLIA				Diffusori lineari			
TIPOLOGIA DI FAMIGLIA				Caricabile			
LIVELLO DI SVILUPPO RAGGIUNTO (UNI 11337-4:2017)				LOD C			
LIVELLO DI SVILUPPO RAGGIUNTO (AIA G202-2013)				LOD 350			
LIVELLO DI SVILUPPO RAGGIUNTO (PAS 1192:2013)				3 - Developed design (LOD e LOI)			
LOG	Livello di visualizzazione	Lunghezza [mm]	Diametro [mm]	 			
	Alto	1050	160				
LOI	Parametro	Nome del parametro	Disciplina	Tipo di parametro	Raggruppamento in	Parametro di	Esempio
	Condiviso	1 - EDIFICIO	Comune	Testo	Altro	Tipo	IREN RAGGI
	Condiviso	2 - DISCIPLINA	Comune	Testo	Altro	Tipo	IMPIANTO MECCANICO
	Condiviso	3 - LIVELLO	Comune	Testo	Altro	Istanza	Livello P2
	Condiviso	4 - TIPOLOGIA DI IMPIANTO	Comune	Testo	Altro	Tipo	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA
	Condiviso	1 - CODIFICA	Comune	Testo	Testo	Tipo	M.17.DIF.04
	Condiviso	2 - DIMENSIONI	Comune	Testo	Testo	Tipo	L1050
	Famiglia	1 FERITOIA	Comune	Sì/No	Dati	Tipo	No
	Famiglia	2 FERITOIE	Comune	Sì/No	Dati	Tipo	Si (2F)
	Famiglia	3 FERITOIE	Comune	Sì/No	Dati	Tipo	No
Condiviso	CODICE WBS	Comune	Testo	Altro	Istanza	IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P2_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.DIF.04_L1050 2F	

5. Clash Detection

Come definito nei precedenti capitoli, un importante aspetto, che spesso è associato alla dimensione 3D della metodologia BIM, è dato dal concetto di “*Clash Detection*”. Tale termine, letteralmente “rilevamento degli scontri”, è utilizzato per definire il meccanismo di individuazione e gestione delle interferenze che possono essere riscontrate sia all’interno di uno stesso modello digitale e sia a seguito della sovrapposizione di più modelli appartenenti ad una diversa disciplina.

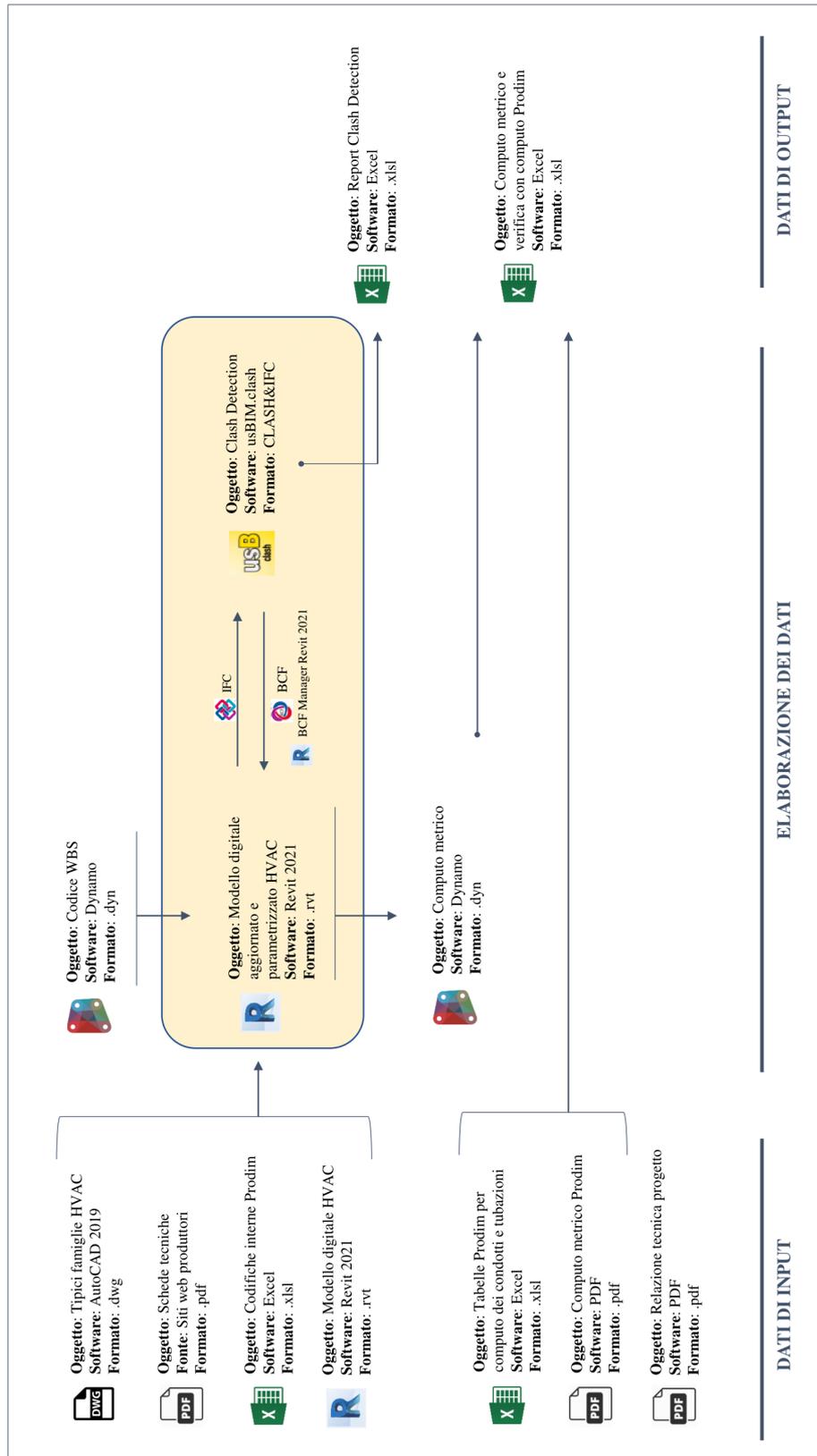
Le principali tipologie di clash che possono essere individuate a seguito di un’analisi di questo genere sono:

- *Hard clash*: gli elementi appartenenti a modelli separati occupano lo stesso spazio fisico;
- *Soft clash* o *Clearance clash*: gli elementi presentano dei parametri incompatibili, ovvero quando non vi è abbastanza spazio per poter effettuare la manutenzione o il montaggio degli stessi;
- *4D/Workflow clash*: gli elementi sono temporalmente non ammissibili in ottica dell’effettiva fase di realizzazione in cantiere.

Una delle principali cause connesse all’insorgenza di queste conflittualità è, infatti, legata all’utilizzo del modello/i da parte di diverse persone. Per tale ragione, è buona norma effettuare un controllo degli eventuali conflitti in modo da evitare sia problemi in fase esecutiva e sia l’ottenimento di conteggi e calcoli errati, che potrebbero provocare un ritardo nei tempi di realizzazione dell’opera e soprattutto costi aggiuntivi.

Dal momento in cui il fine principale di questa tesi è la sperimentazione di un codice che possa permettere di effettuare il computo metrico relativo all’impianto meccanico in maniera del tutto automatica, l’analisi di clash detection servirà ad ottenere un modello depurato da eventuali elementi duplicati, presenti nella stessa istanza, e da intersezioni geometriche che potrebbero variarne le corrette misure.

I software ad oggi più utilizzati per effettuare un’analisi di clash detection sono *Solibri*, *Navisworks* (Autodesk) e *usBIM.clash* (ACCA), i quali sono basati su meccanismi molto analoghi tra loro. Per ragioni del tutto casuali, è stato deciso di determinare l’eventuale presenza di interferenze attraverso il software *usBIM.clash*, appartenente alla software-house ACCA.



5.1. Esportazione del modello in formato IFC

Il modello digitale dell'edificio relativo alla disciplina meccanica è stato realizzato attraverso il programma Revit 2019 (Autodesk) e successivamente aggiornato alla versione del 2021 per l'utilizzo di nuove funzionalità.

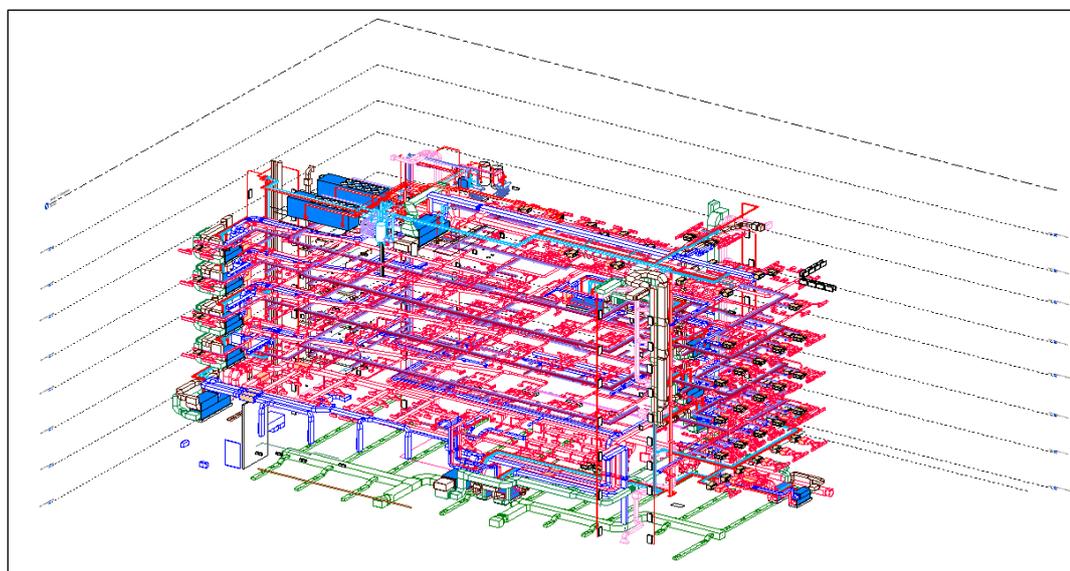


Figura 5-1: Modello 3D relativo all'impianto meccanico in Revit (Fonte: strumento di cattura su Revit)

Il primo passo per ottenere una corretta interoperabilità tra software differenti, evitando quindi la perdita di dati ed informazioni, è dato dall'uso del formato di scambio IFC (Industry Foundation Classes). Per tale ragione, il modello digitale realizzato su Revit è stato esportato in questo formato creando una nuova configurazione, idonea allo scopo da raggiungere, che è possibile utilizzare anche per altri progetti.

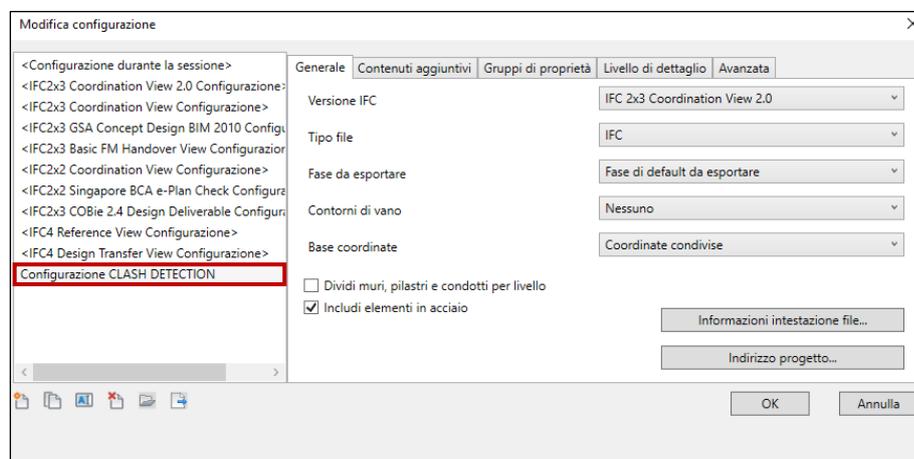


Figura 5-2: Configurazione per l'esportazione del modello in formato IFC (Fonte: strumento di cattura su Revit)

La configurazione è stata denominata “Configurazione CLASH DETECTION” e le varie impostazioni sono state modificate nel seguente modo:

- Nella sezione inerente ai “Contenuti aggiuntivi” si è scelta la possibilità di esportare i file collegati come IFC separati;
- Nella sezione inerente ai “Gruppi di proprietà” si sono spuntate le opzioni relative all’esportazione dei gruppi di proprietà di Revit, dei gruppi di proprietà IFC comuni, delle quantità di base e degli abachi come gruppi di proprietà;
- Nella sezione inerente al “Livello di dettaglio” è stato considerato un livello di dettaglio alto;
- Nella sezione denominata “Avanzata” si è deciso di utilizzare il nome ed il tipo di famiglia per il riferimento, includendo la quota altimetrica IFC SITE nell’origine di posizionamento del sito locale.

Una volta modificate le impostazioni della configurazione utilizzata, si è proceduto con l’esportazione del modello digitale di Revit (.rvt), relativo alla disciplina meccanica, nel formato IFC.

5.2. UsBIM.clash

La scelta per l'individuazione e la gestione delle varie interferenze riscontrabili è ricaduta sul software *usBIM.clash*. Ai fini della tesi, è stata scaricata dal sito della software-house ACCA una versione trial di 30 giorni e successivamente si è importato il modello in formato IFC all'interno del programma.

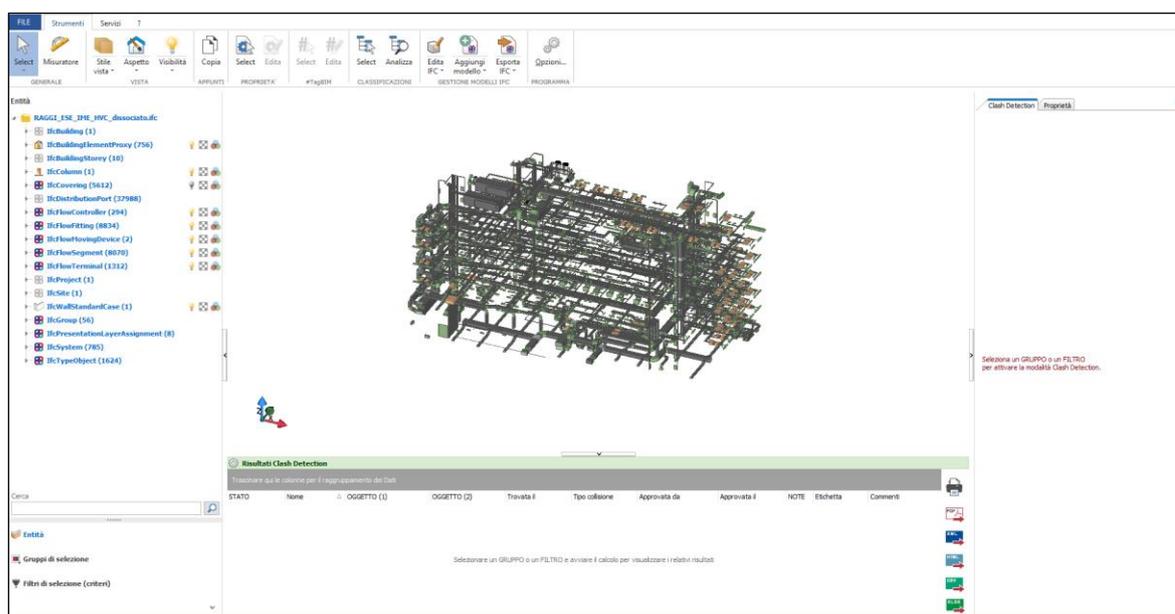


Figura 5-3: Interfaccia grafica del software *usBIM.clash* (Fonte: strumento di cattura su *usBIM.clash*)

L'interfaccia grafica del programma *usBIM.clash*, una volta importato il modello in questione, si presenta nel seguente modo:

- Al centro è presente il modello 3D, con l'indicazione del suo orientamento nelle tre direzioni x, y, z;
- In basso a sinistra è possibile scegliere tra “Entità”, “Gruppi di selezione” e “Filtri di selezione”: la prima opzione permette di visualizzare tutte le entità presenti all'interno del modello ed i relativi parametri IFC. Una volta selezionate le entità, è possibile creare da queste un gruppo di selezione o un filtro di selezione su cui poter fare poi l'analisi delle interferenze. A tal proposito, è stato deciso di disattivare nella sezione inerente alle “Entità” gli elementi relativi all'isolamento delle tubazioni “IfcCovering” e non includerle nell'analisi, dal momento in cui avrebbero generato circa 6000 intersezioni.
- Sulla destra ed in basso è possibile visualizzare le varie informazioni della clash detection attivata, una volta creato il gruppo o il filtro di selezione.

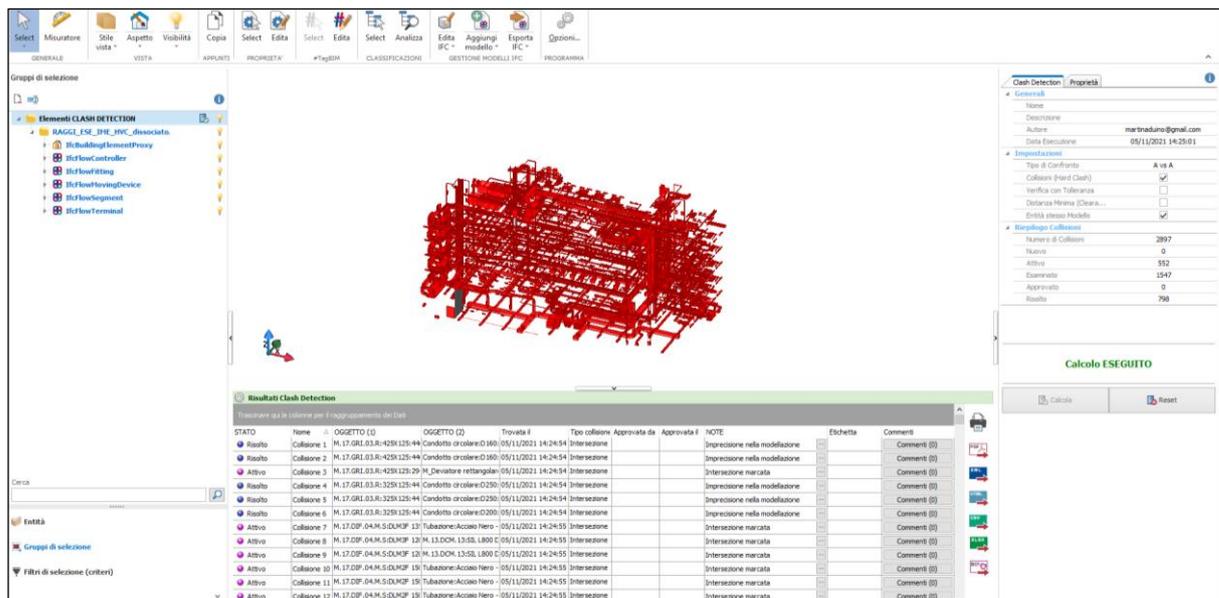


Figura 5-4: Interfaccia grafica del software usBIM.clash (Fonte: strumento di cattura su usBIM.clash)

In particolare, sulla destra sono presenti le informazioni generali della clash detection, come il nome, la descrizione, l'autore e la data di esecuzione. Successivamente è possibile modificare le impostazioni della clash, come la tipologia di confronto e la tipologia di collisioni da analizzare (Hard Clash, Soft Clash ed entità nello stesso modello). Dal momento in cui lo scopo di tale analisi è quello di determinare eventuali elementi presenti nella stessa istanza ed intersezioni marcate, sono state prese in considerazione le tipologie di collisioni relative all'Hard Clash e alle entità nello stesso modello, trascurando quindi le interferenze appartenenti alla Soft Clash. Inoltre, se si volessero considerare solo alcune intersezioni in funzione di una certa distanza, il programma permette anche di effettuare una verifica con tolleranza, impostando un valore deciso dall'autore stesso.

A seguito delle precedenti impostazioni, è stato effettuato il calcolo che ha generato un totale di 2897 interferenze, riepilogate nella sezione inferiore dell'interfaccia grafica. Come ogni altro software che permette di effettuare un'analisi di clash detection, per ogni collisione rilevata è possibile visualizzarne lo stato, il nome, il tipo di collisione, la data in cui è stata individuata e gli elementi del modello digitale che l'hanno generata. Nel caso in cui si volessero inserire dei commenti che possano aiutare a comprenderne meglio la tipologia e comunicarla al team di progettazione in maniera più efficace, è possibile anche scrivere delle note relative ad una data collisione.

Nel caso in esame, per comprenderne meglio la natura, tutte le interferenze sono state analizzate singolarmente in dettaglio e catalogate in maniera differente in funzione delle loro caratteristiche:

- Con lo stato “*Risolto*” sono state catalogate le collisioni che presentassero delle intersezioni molto esigue, quasi trascurabili. In questa categoria rientrano anche le imprecisioni di modellazione, che caratterizzano ad esempio i sistemi di condotte circolari, ai quali sono state inserite delle griglie di ventilazione rettangolari. Dal momento in cui non sono stati modellati i fori sui canali per l’inserimento di tali griglie, il programma le ha rilevate come intersezioni, ma che successivamente sono state trascurate ai fini della tesi.

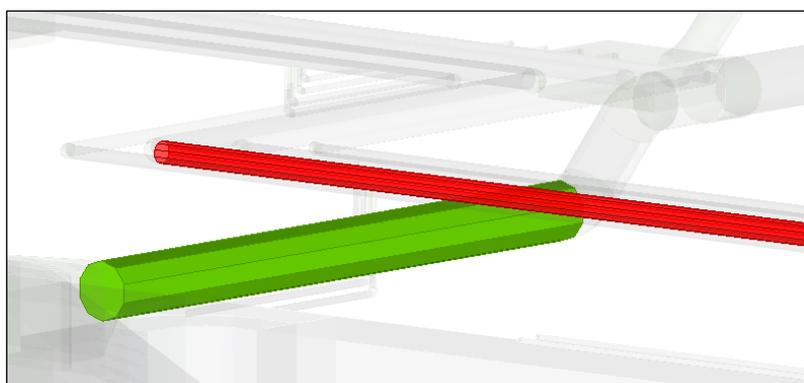


Figura 5-5: Collisione esigua tra due tubazioni (Fonte: strumento di cattura su usBIM.clash)

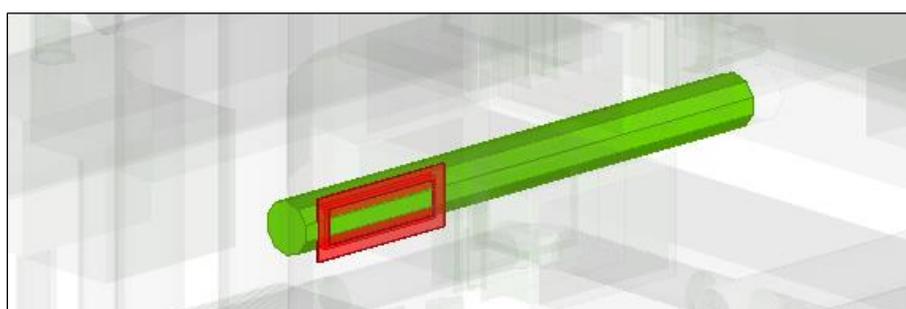


Figura 5-6: Imprecisione nella modellazione (Fonte: strumento di cattura su usBIM.clash)

- Con lo stato “*Attivo*” sono state catalogate le collisioni che presentassero, invece, delle intersezioni abbastanza marcate ed oggetto, quindi, di un’ulteriore verifica all’interno del modello digitale.

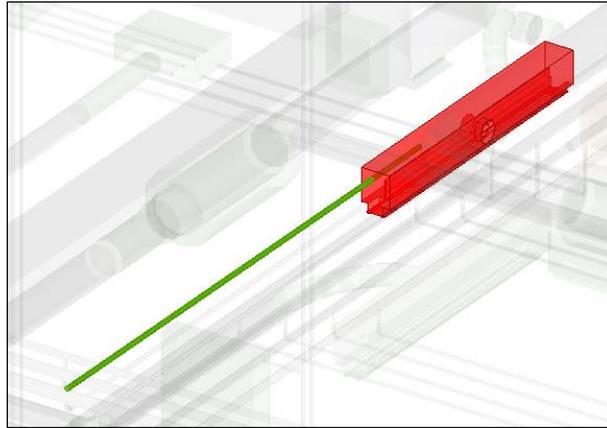


Figura 5-7: Collisione marcata tra una tubazione ed un diffusore lineare (Fonte: strumento di cattura su usBIM.clash)

- Con lo stato “*Esaminato*” sono state catalogate le collisioni che apparentemente potessero presentare dei problemi, ma che in funzione degli obiettivi della tesi fossero trascurabili. In questa categoria rientrano le intersezioni tra le varie tubazioni, classificate inizialmente come collisioni, data l’assenza di raccordi nella modellazione.

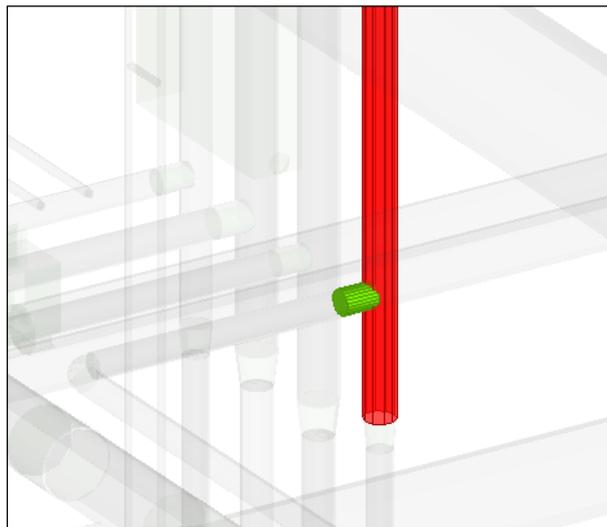


Figura 5-8: Mancata presenza di raccordo tra le due tubazioni (Fonte: strumento di cattura su usBIM.clash)

Terminata l’analisi, per la comunicazione dei risultati è possibile scegliere di esportare il file in diversi modi, generando report in formato .pdf, ma anche .xml, .html, .csv, .xlsx, .bcf. A differenza degli altri, quest’ultimo permette di operare in maniera dinamica direttamente sul modello di Revit, individuando automaticamente la posizione della collisione in esame.

5.3. Formato BCF

Il formato BCF (BIM Collaboration Format) è un formato aperto di interscambio che consente di comunicare in maniera più efficace problemi relativi ai modelli di un progetto, garantendo l'interscambio di dati. Tale formato, basato a sua volta su modelli in formato IFC, è finalizzato al miglioramento delle attività di coordinamento tra tutti i membri del team di progettazione.

Lo sviluppo del formato BCF ha origine nel 2009 quando Solibri Inc. e Tekla Corporation, entrambi membri del buildingSMART International Implementation Support Group (ISG), hanno concepito l'idea di realizzare un formato openBIM, aperto a tutti.

Esso è basato principalmente sul formato XML, all'interno del quale sono incluse delle informazioni inerenti alla contestualizzazione del problema rilevato, tra cui commenti e viste del modello, catturate in formato .PNG, dalle quali è possibile individuarne l'esatta posizione attraverso le coordinate del punto di scatto e della direzione all'interno di un file IFC. In questo modo ogni membro del team di progettazione può sollevare dubbi e osservazioni, fornire delle risposte e soprattutto risolvere i problemi in maniera diretta, avendo acquisito automaticamente la posizione dell'interferenza dalle viste di modello catturate.

Il sistema BCF prevede l'utilizzo di due modalità di scambio delle informazioni:

- Flusso di lavoro basato su file, il quale risulta ad oggi il metodo più semplice e più utilizzato. Esso prevede la generazione di un file BCF (.bcfzip) che viene trasferito da un utente all'altro, il quale può apportare delle modifiche e aggiornare il processo di risoluzione delle interferenze. Nonostante sia il metodo più intuitivo e facilmente utilizzabile, tale flusso di lavoro basato su file può comportare una serie di problemi quando avviene l'aggiornamento di una problematica che coinvolge più autori e di conseguenza la variazione del modello ad essa associata. Infatti, nel momento in cui viene effettuata la creazione di una nuova problematica, questa necessiterà di un nuovo coordinamento e così via.
- Modalità API basata su servizi Web. Tale modalità comporta l'implementazione di un server centrale dove vengono memorizzati tutti i dati BCF e consente a tutti i partecipanti al progetto di sincronizzare la creazione, la modifica e la restituzione di una problematica. In questo modo sarà possibile tracciare l'avanzamento delle singole issues in tempo reale.

La seconda modalità rappresenta, dunque, la modalità più efficace quando vi sono più stakeholders interessati alla gestione delle varie problematiche.

Tra le piattaforme collaborative BIM viene spesso utilizzata *usBIM.platform*, all'interno del quale è possibile caricare diverse tipologie di documenti modificabili dagli autori che ne hanno l'accesso.

Le tipologie di file caricabili sono principalmente:

- *usBIM.bcf*, ovvero il servizio che consente di visualizzare e modificare file in formato BCF;
- *usBIM.gis*, ovvero il servizio che consente di contestualizzare su mappa territoriale i vari modelli;
- *usBIM.office*, ovvero il servizio che integra le funzionalità di Microsoft 365 per gli utenti che ne possiedono una licenza;
- *usBIM.writer*, ovvero il servizio che mette a disposizione un editor di testo per creare o modificare documenti in formato doc, docx, rtf, html, htm, odt, txt, whtml.

Creando un nuovo file BCF o caricando uno già esistente, si procede all'analisi delle issues con la possibilità di editare l'elaborato inserendo delle informazioni su:

- “Titolo” riferito alla issue corrente;
- “Assegnato a”, nel quale viene riportato il nome dell'utente a cui è stata assegnata la risoluzione del problema;
- “Data di creazione”;
- “Descrizione”, per comprendere meglio la tipologia di issue analizzata;
- “Commenti generali”, per facilitare la comunicazione con le altre persone interessate alla gestione delle interferenze;
- “Immagini/viste” georeferenziate della issue corrente;
- “Etichette”, per la classificazione della problematica in base al tema;
- “Stato”, per la classificazione della problematica in base al processo di risoluzione;
- “Priorità”, in base all'urgenza di risoluzione del problema;
- “Tipo”, per determinare la tipologia di interferenza.

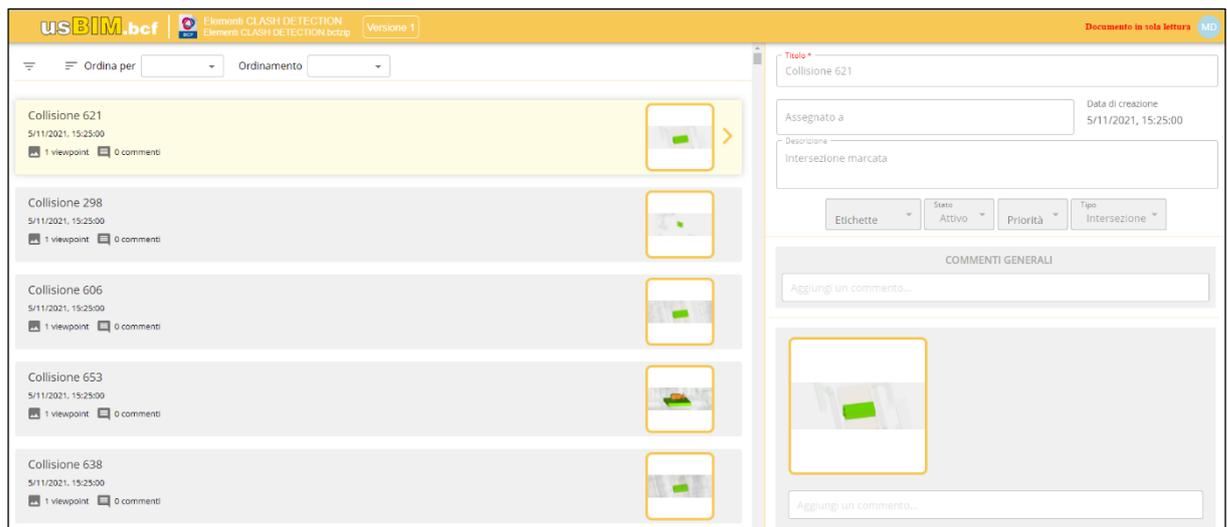


Figura 5-9: Interfaccia grafica di usBIM.bcf (Fonte: strumento di cattura su usBIM.bcf)

Non essendoci altre persone coinvolte nell'operazione di clash detection per il lavoro di tesi in questione, si è optato per un flusso di lavoro basato semplicemente su file, senza il supporto di una piattaforma centrale di condivisione.

5.4. Revit BCF Managers

Come ultimo step per completare l'operazione di clash detection, è stato necessario scaricare un plugin, "Revit BCF Managers", per il programma di modellazione "Revit 2021"; in questo modo è stato possibile collegare il file BCF precedentemente creato, contenente l'analisi delle interferenze, direttamente al modello digitale dell'impianto meccanico.

Tale estensione è presente nella sezione "BIMcollab" sulla barra delle applicazioni di Revit ed una volta importato il file BCF, il plugin permette di risolvere ogni intersezione semplicemente selezionando le viste del modello salvate.

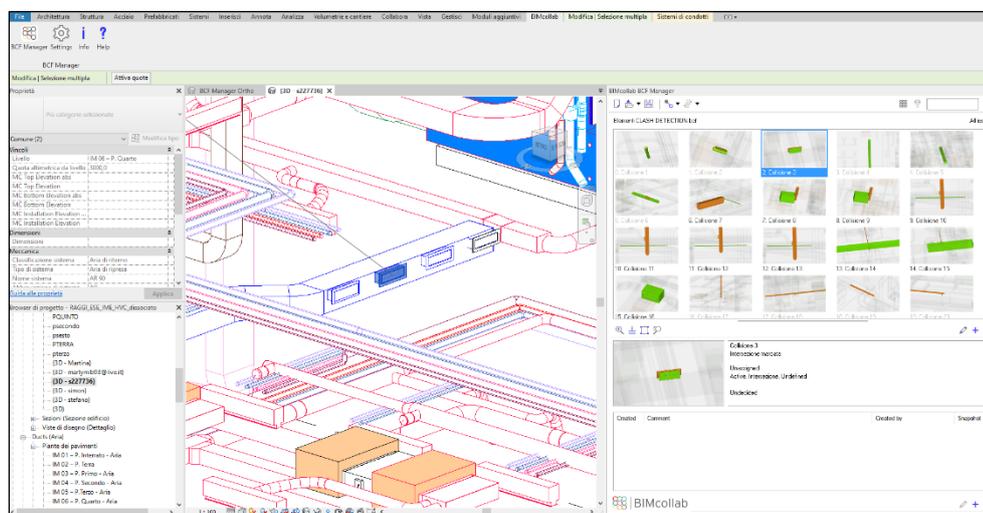


Figura 5-10: Interfaccia grafica di Revit 2021 e del plugin Revit BCF Managers (Fonte: strumento di cattura su Revit)

Selezionando ogni issue generata, è possibile editare le varie informazioni e decidere, in funzione della risoluzione o meno della problematica, di chiudere o lasciare aperta la questione.

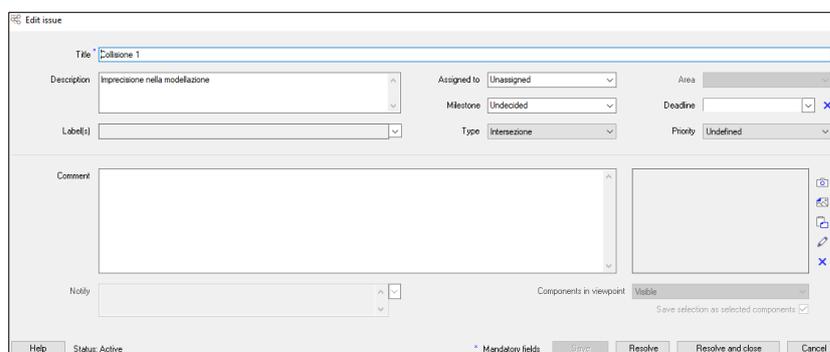


Figura 5-11: Interfaccia grafica per editare le informazioni di una issue (Fonte: strumento di cattura su Revit)

6. Computo metrico degli elementi

Il computo metrico di un progetto è un importante documento che ha lo scopo di stimare le quantità degli elementi di un edificio per poter in seguito utilizzarle nella compilazione del computo metrico estimativo: infatti, dall'associazione delle quantità con i rispettivi prezzi unitari, è possibile ricavare il costo totale di realizzazione di un'opera.

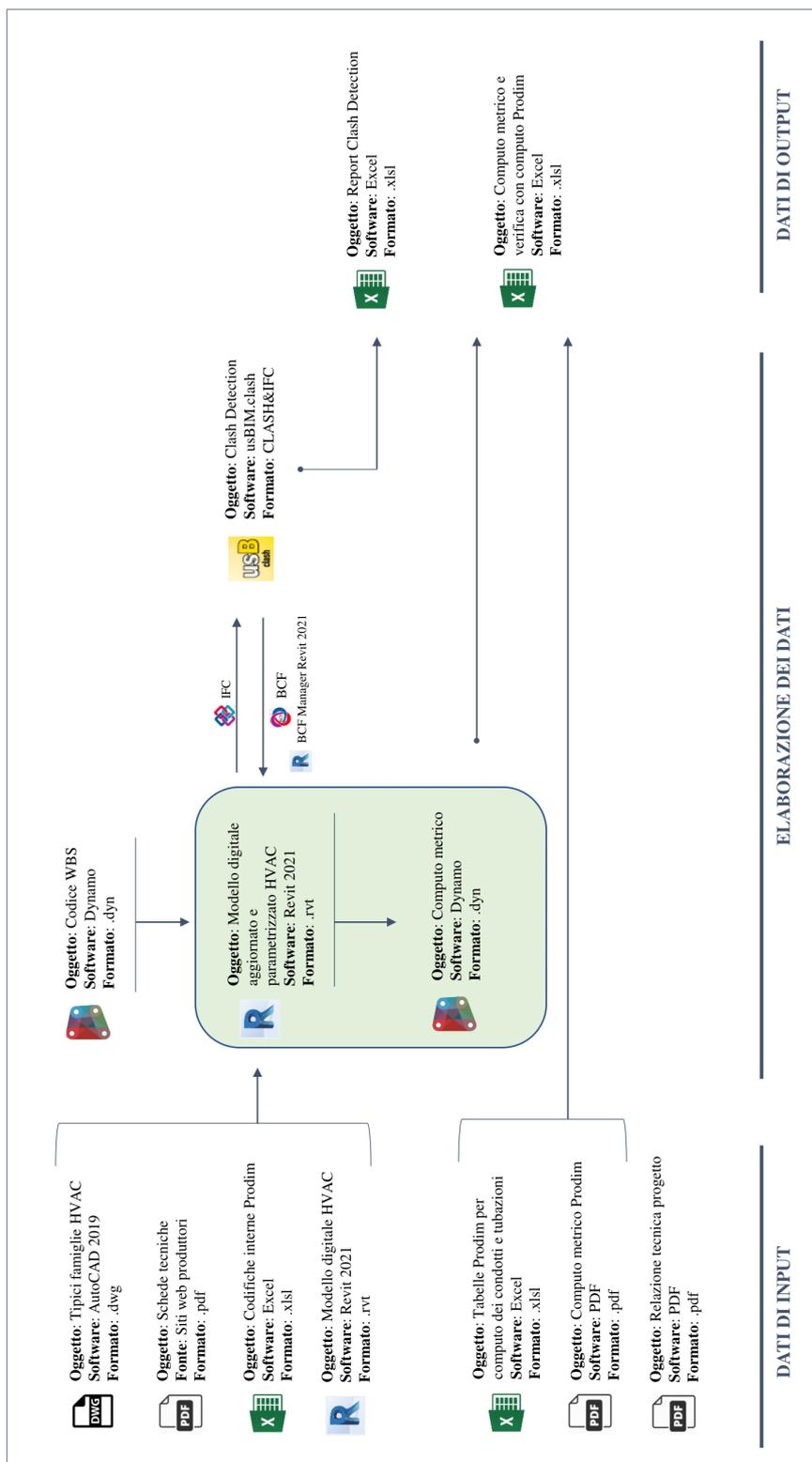
L'operazione di clash detection, descritta precedentemente, è risultata necessaria per la definizione delle corrette quantità e misure dell'impianto meccanico oggetto d'esame. Infatti, eseguendo inizialmente il computo metrico in una fase precedente all'analisi delle interferenze, si sono messe in evidenza delle criticità nel modello digitale che avrebbero potuto alternarne le quantità all'interno di computo metrico definitivo. Attraverso, invece, un'operazione preventiva di clash detection, è possibile ottenere un conteggio degli elementi depurato da ogni tipologia di errore.

Passando, quindi, all'elaborazione del computo metrico, per limitare il numero di errori spesso generati da una compilazione manuale, è stato sperimentato un meccanismo di compilazione automatizzata basata su Dynamo, il quale, partendo dagli elementi modellati su Revit e modificando i vari script in funzione delle unità di misura di norma utilizzate, è in grado di restituire le corrette quantità necessarie.

CODICE OGGETTO	DESCRIZIONE	ABACO DI APPARTENENZA	UNITA' DI MISURA (computo metrico)
M.04.CHA.01	Gruppo frigorifero aria/acqua	Attrezzatura meccanica	cadauno
M.04.CHA.09	Gruppo frigorifero in pompa di calore aria/acqua	Attrezzatura meccanica	cadauno
M.09.DHS.03	Bollitore inox alimentato a vapore	Attrezzatura meccanica	cadauno
M.09.WHS.02	Serbatoi stoccaggio acqua in acciaio zincato	Attrezzatura meccanica	cadauno
M.10.AHU.01	Unità di trattamento aria a sezione componibile	Attrezzatura meccanica	cadauno
M.10.FAN.01	Ventilatore centrifugo a cassonetto insonorizzato	Attrezzatura meccanica	cadauno
M.11.HYP.01	Tubazioni in acciaio nero per fluidi termovettrici	Tubazione	kg
M.11.PLP.09	Tubazioni in PVC per scarichi	Tubazione	m
M.13.DCT.01	Canali aria in lamiera zincata circolari	Condotto	kg
M.13.DCT.02	Canali aria in lamiera zincata rettangolari	Condotto	kg
M.13.DCM.01	Regolatori VAV circolari	Accessori per condotti	cadauno
M.13.DCM.02	Regolatori VAV rettangolari	Accessori per condotti	cadauno
M.13.DCM.06	Regolatori CAV circolari	Accessori per condotti	cadauno
M.13.DCM.07	Regolatori CAV rettangolari	Accessori per condotti	cadauno
M.13.DCM.09	Serrande tagliafuoco circolari	Accessori per condotti	dm ²
M.13.DCM.10	Serrande tagliafuoco rettangolari	Accessori per condotti	dm ²
M.13.DCM.11	Condotti flessibili	Condotto	m
M.13.DCM.12	Silenziatori circolari	Accessori per condotti	dm ²
M.13.DCM.13	Silenziatori rettangolari	Accessori per condotti	dm ²
M.13.DCM.14	Batteria di post riscaldamento	Accessori per condotti	cadauno
M.16.FCU.01	Ventilconvettori da soffitto	Attrezzatura meccanica	cadauno
M.16.RAD.02	Radiatori a colonne	Attrezzatura meccanica	cadauno
M.16.RAD.03	Scalda-salviette	Attrezzatura meccanica	cadauno
M.16.RAP.04	Diffusore per integrazione pannelli radianti a soffitto metallici	Bocchettoni	cadauno
M.16.AHE.04	Lame d'aria	Attrezzatura meccanica	cadauno
M.17.DIF.04	Diffusori lineari	Bocchettoni	m
M.17.REG.03	Valvole di ventilazione	Bocchettoni	cadauno
M.17.GRI.01	Griglie di transito	Bocchettoni	dm ²
M.17.GRI.03	Griglie di presa aria ed espulsione	Bocchettoni	dm ²
M.21.SMF.01	Ventilatori SEFFC assiali per estrazione fumi	Accessori per condotti	cadauno

Figura 6-1: Unità di misura degli elementi presenti nel modello meccanico (Fonte: strumento di cattura su Excel)

Tali quantità verranno, in una seconda fase, confrontate con il computo metrico precedentemente realizzato dall'azienda, senza ricorrere alla metodologia BIM, in modo da validare la funzionalità o meno di questo meccanismo di compilazione automatizzata, ma anche per trarre delle conclusioni in merito al tempo impiegato per entrambe le modalità.



6.1. Computo metrico - categoria “Attrezzatura meccanica”

Gli elementi appartenenti a tale categoria sono generalmente computati cadauno, considerando quindi i singoli elementi presenti.

Fanno eccezione dei silenziatori rettangolari verticali, che inizialmente erano stati modellati nella suddetta categoria: per questi elementi, infatti, il cui nome della famiglia è “M.13.DCM.13”, è stato realizzato uno script differente, basato sul reperimento da Revit dei parametri relativi alla larghezza e all’altezza della bocca e sul prodotto di questi. Dal momento in cui l’unità di misura utilizzata in Revit fosse il mm, tale valore corrispondente all’area della sezione, è stato diviso per 10000, in modo da ottenere la misura espressa in dm².

Per le restanti famiglie, invece, è stato utilizzato il nodo “List.CountOccurrences”, il quale permette di selezionare da una lista gli elementi che vengono ripetuti e per ognuno di questi riporta il numero di volte in cui viene ripetuto/conteggiato.

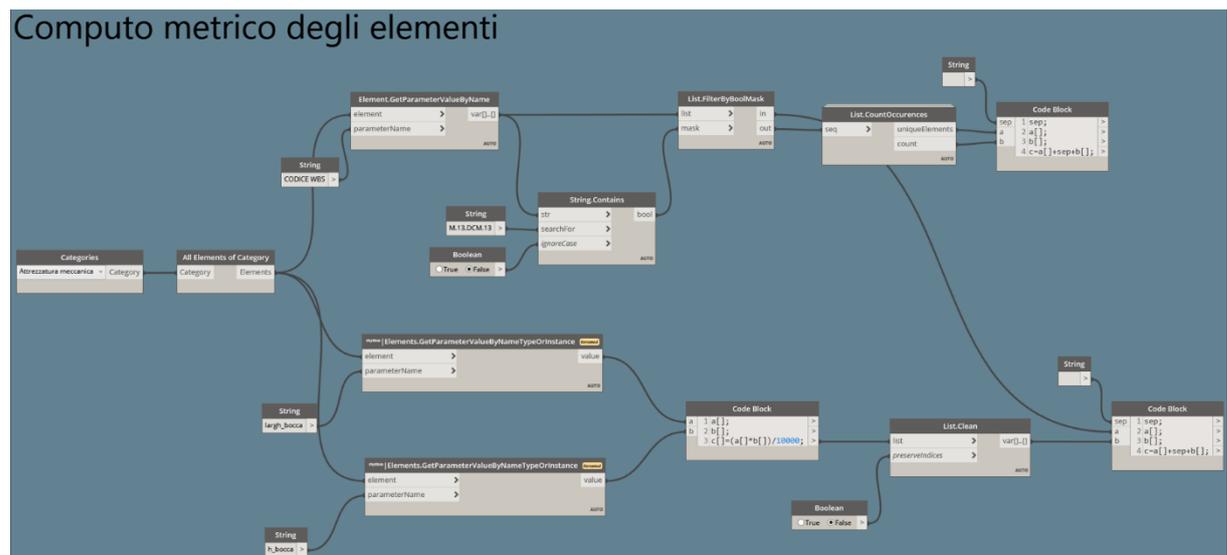


Figura 6-2: Computo metrico degli elementi appartenenti alla categoria “Attrezzatura meccanica” (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)

6.2. Computo metrico – categoria “Accessori per condotti”

A questa categoria appartengono una serie di elementi che vengono computati in maniera differente:

- Le famiglie relative ai regolatori di portata VAV e CAV, sia circolari che rettangolari, rispettivamente “M.13.DCM.01”, “M.13.DCM.02”, “M.13.DCM.06”, “M.13.DCM.07”, vengono computati considerando il numero effettivo di elementi presenti;
- Discorso analogo viene effettuato per le famiglie relative alla batteria di post riscaldamento “M.13.DCM.14”;
- Anche i ventilatori assiali per l'estrazione dei fumi “M.21.SMF.01” vengono computati cadauno;
- Le serrande tagliafuoco, il cui nome della famiglia è “M.13.DCM.09” per quelle circolari e “M.13.DCM.10” per quelle rettangolari, vengono computate considerando l'area della sezione;
- Analogamente per i silenziatori circolari e rettangolari, rispettivamente “M.13.DCM.12” e “M.13.DCM.13”, il computo metrico viene realizzato sulla base dell'area della sezione.

Per i primi lo script è stato realizzato come per la categoria precedente, andando a riportare il numero di volte in cui gli elementi vengono ripetuti.

Per gli elementi, invece, che vengono computati in riferimento all'area della sezione, si sono dovuti eseguire dei passaggi fondamentali:

- Il primo passo è stato quello di determinare, a partire dal CODICE WBS precedentemente compilato, il parametro relativo alla dimensione: il diametro per gli elementi circolari e l'altezza e la larghezza per quelli rettangolari. Partendo da questi valori, si è determinata l'area della sezione;
- Successivamente, sia la lista che riporta il CODICE WBS degli elementi e sia la lista che riporta le varie aree di ogni elemento sono state ordinate in riferimento ad una seconda lista che riporta solo gli elementi univoci;
- Attraverso il nodo “List.Chop” e grazie anche all'informazione relativa al numero di occorrenze di ogni elemento, è stato possibile suddividere la lista, contenente le varie aree, in più sotto-elenchi, ognuno di questi relativo ad un elemento univoco. E da qui, effettuando la somma delle aree per ogni elemento univoco, è stato possibile ricavare l'area totale.

Per le famiglie “M.13.DCM.09” (serrande tagliafuoco circolari) si è eseguito il seguente script:

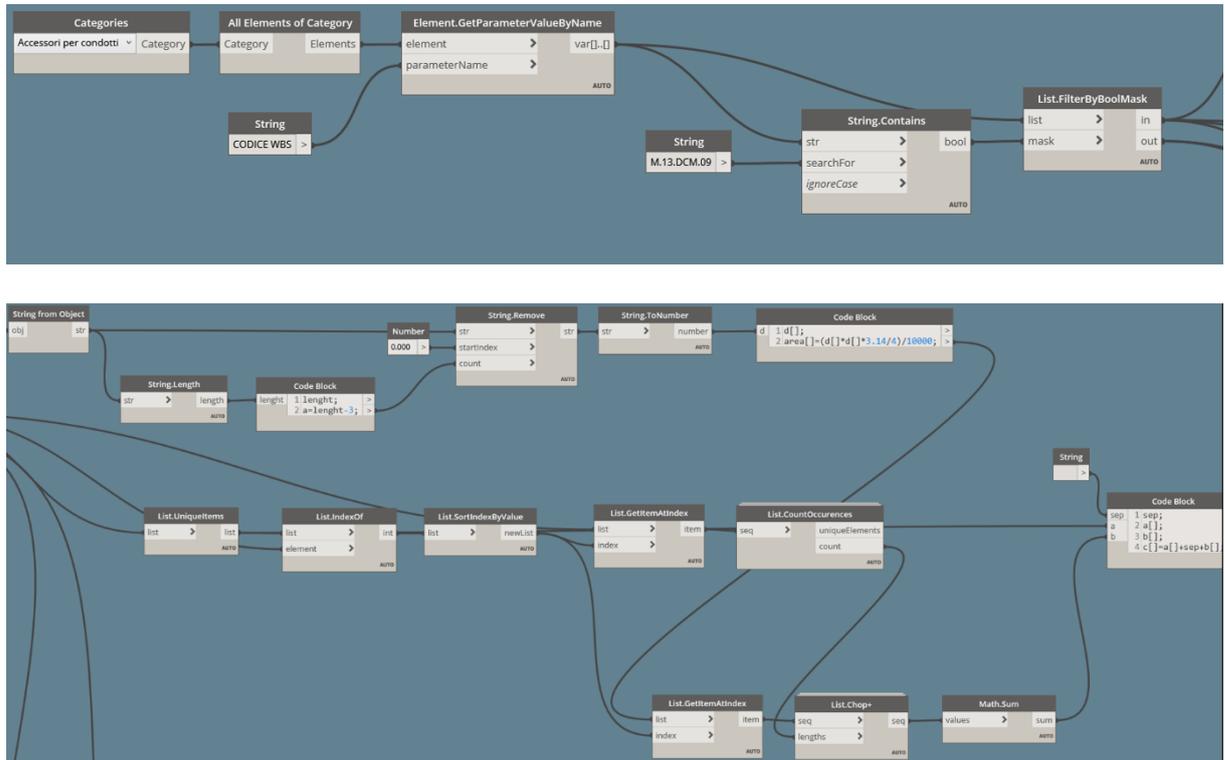


Figura 6-3: Computo metrico delle serrande tagliafuoco circolari (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)

Per le famiglie “M.13.DCM.10” (serrande tagliafuoco rettangolari) si è eseguito il seguente script:

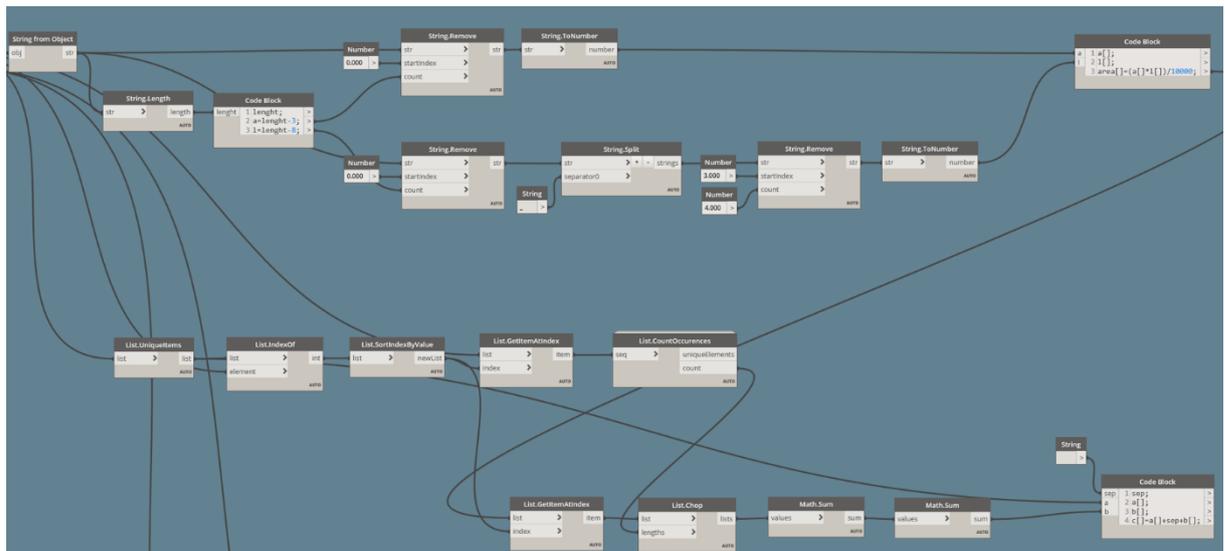


Figura 6-4: Computo metrico delle serrande tagliafuoco rettangolari (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)

Per le famiglie “M.13.DCM.12” (silenziatori circolari) si è eseguito il seguente script:

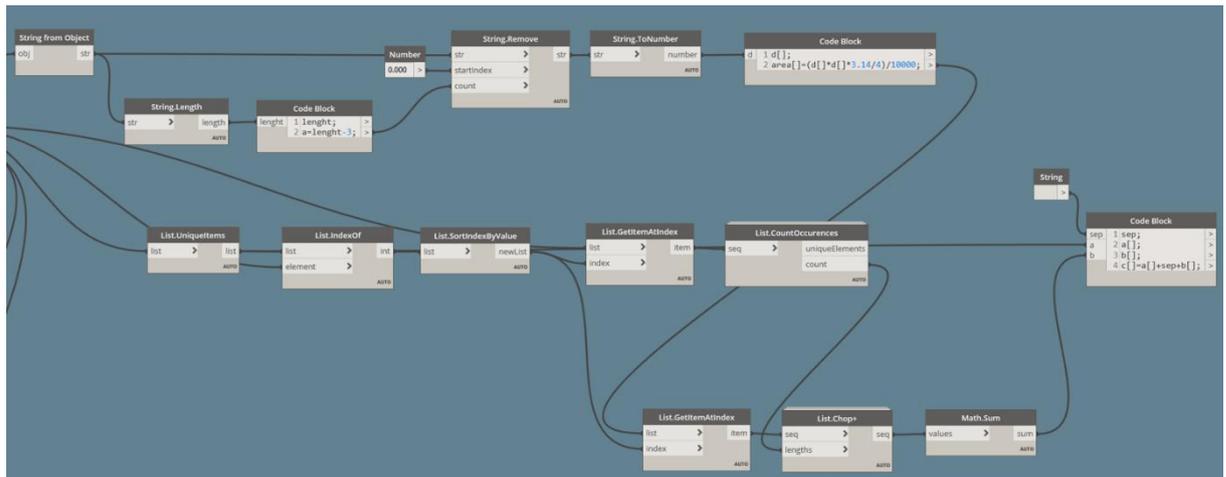


Figura 6-5: Computo metrico dei silenziatori circolari (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)

Per le famiglie “M.13.DCM.13” (silenziatori rettangolari) si è eseguito il seguente script:

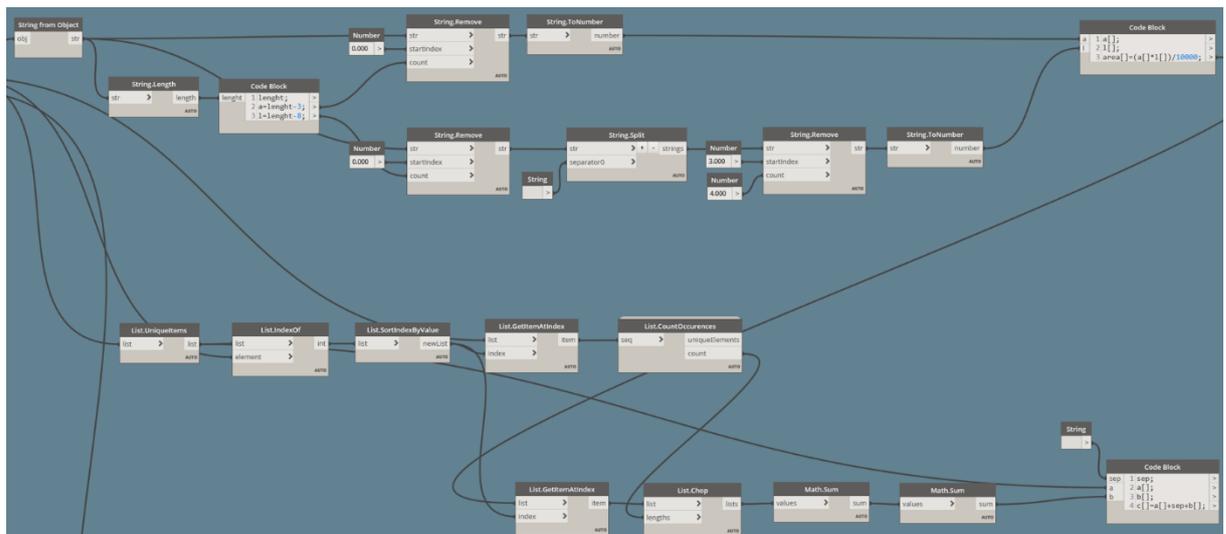


Figura 6-6: Computo metrico dei silenziatori rettangolari (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)

6.3. Computo metrico – categoria “Bocchettoni”

Allo stesso modo della precedente categoria, anche le famiglie che appartengono alla categoria “Bocchettoni” sono computate in maniera differente:

- I diffusori lineari “M.17.DIF.04” sono computati in funzione della lunghezza espressa in metri. Infatti, dal momento in cui l’unità di misura di Revit è il mm, tale valore è stato diviso per 1000. I nodi utilizzati per la computazione di questi elementi sono analoghi ai precedenti;
- Le griglie di transito “M.17.GRI.01”, le griglie di mandata “M.17.GRI.03.M” e ripresa di aria “M.17.GRI.03.R” sono computate generalmente considerando l’area della sezione espressa in dm^2 . Per tale ragione, si sono effettuate le stesse considerazioni per gli elementi appartenenti alla categoria “Accessori per condotti”;
- Le valvole di ventilazione “M.17.REG.03” e i diffusori per integrazione dei pannelli radianti a soffitto metallici “M.16.RAP.04”, invece, si computano prendendo in considerazione il numero effettivo di elementi presenti.

Per le griglie di transito “M.17.GRI.01” si riporta lo script seguente:

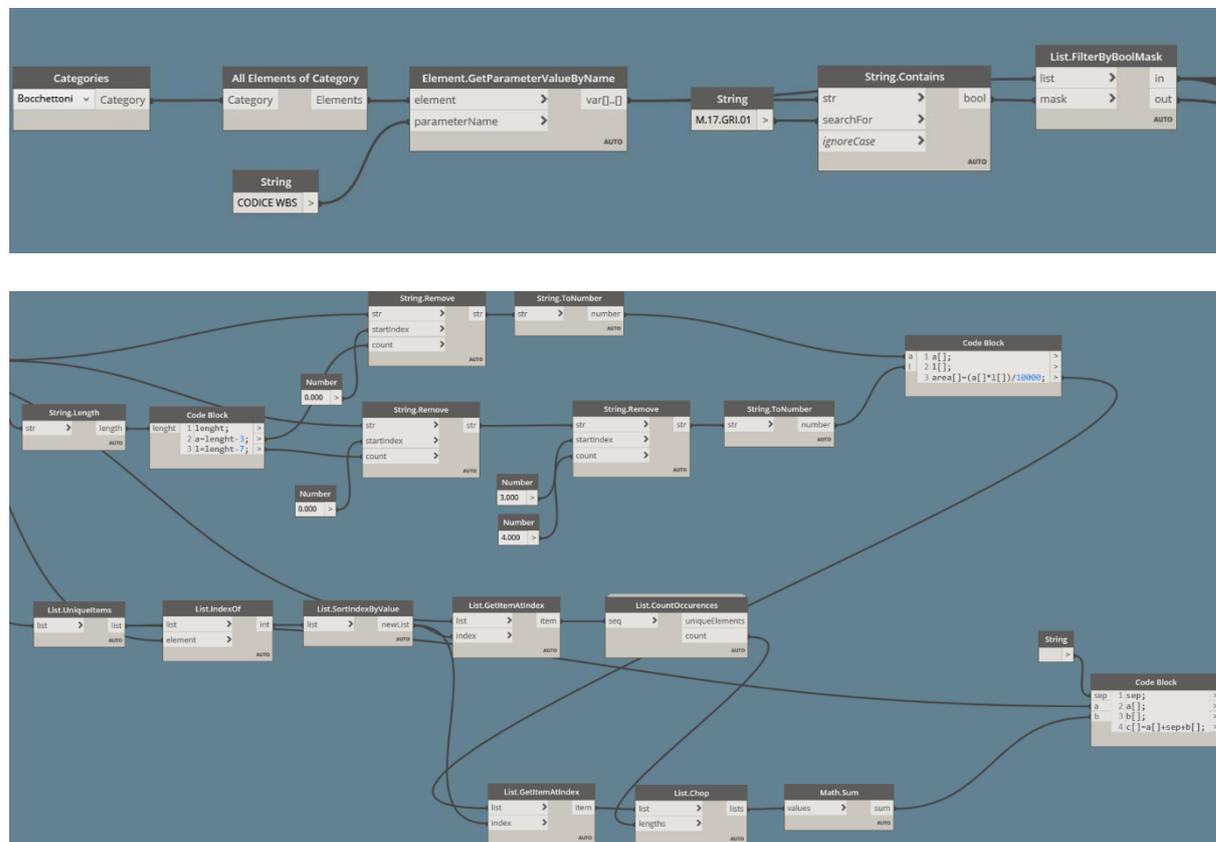


Figura 6-7: Computo metrico delle griglie di transito (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)

Per le griglie di mandata e ripresa di aria “M.17.GRI.03” si riporta lo script seguente:

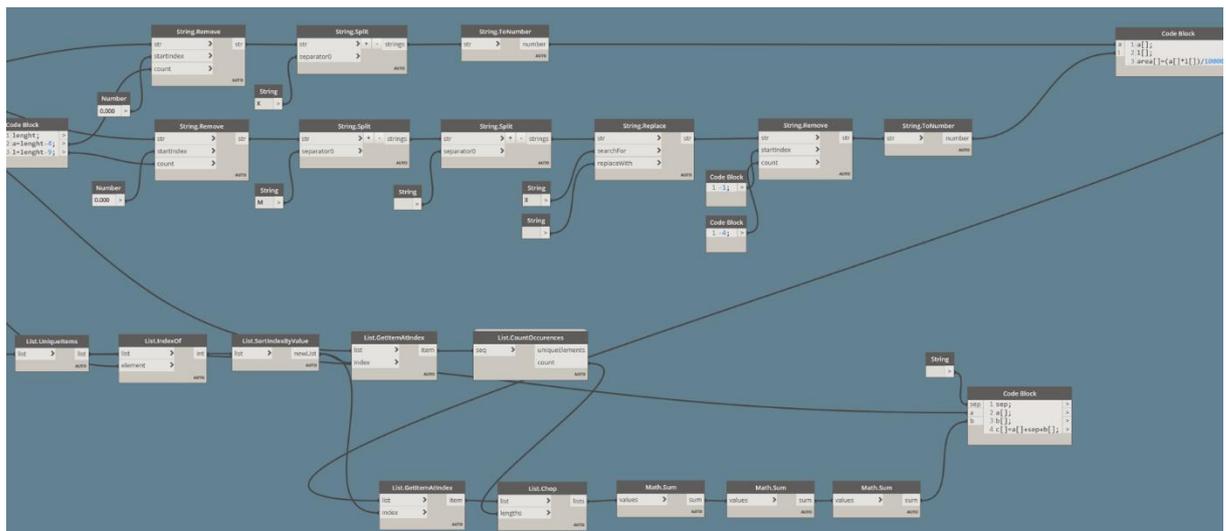


Figura 6-8: Computo metrico delle griglie di mandata e di ripresa (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)

Per i diffusori lineari “M.17.DIF.04” si riporta lo script seguente:

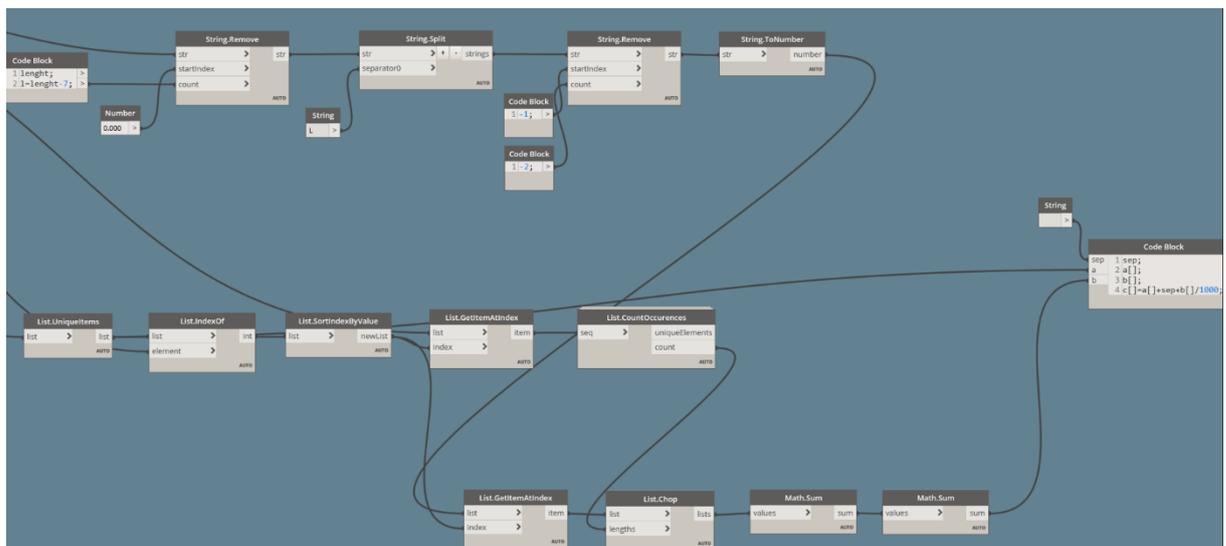


Figura 6-9: Computo metrico dei diffusori lineari (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)

6.4. Computo metrico – categoria “Condotto flessibile”

In questa categoria appartengono le famiglie di sistema relative ai condotti flessibili per la distribuzione dell'aria. Tali elementi vengono computati utilizzando come unità di misura il metro. Per questa ragione, si è pensato di utilizzare all'interno dello script il parametro esportabile da Revit relativo alla lunghezza di modellazione ed effettuare la somma delle varie lunghezze, per gli elementi univoci, seguendo la stessa logica delle precedenti categorie. Anche in questo caso, la lunghezza viene divisa per 1000 in modo da ottenere, come unità di misura, il metro.

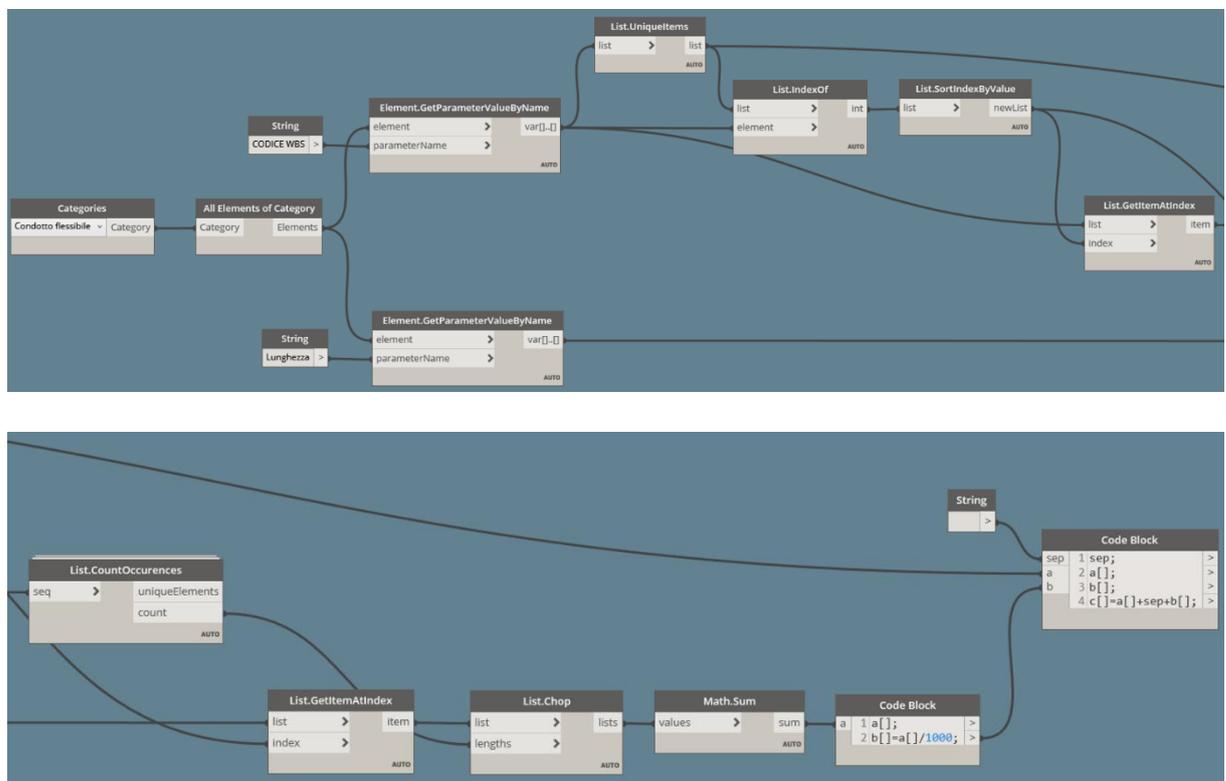


Figura 6-10: Computo metrico dei condotti flessibili (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)

6.5. Computo metrico – categoria “Condotto”

Per la computazione dei condotti dell'aria dell'edificio oggetto di esame, si è in un primo momento utilizzato Dynamo per ottenere il parametro da Revit relativo alla lunghezza. Successivamente, dal momento in cui i condotti dell'aria vengono computati a peso (kg), si sono utilizzate delle tabelle create e messe a disposizione dall'azienda Prodim, che consentono di ottenere tale peso partendo dalla lunghezza dei condotti: tale lunghezza, infatti, viene moltiplicata all'interno di questa tabella per il relativo valore del peso/lunghezza, il quale a sua volta è funzione delle dimensioni della sezione del condotto e del materiale di riferimento.

Lo script di Dynamo è il seguente:



Figura 6-11: Determinazione della lunghezza per i condotti (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)

Di seguito vengono riportate le tabelle relative alla computazione dei condotti circolari e rettangolari: inserendo le lunghezze in funzione del diametro nominale o dell'altezza e larghezza della sezione, è possibile ottenere il peso espresso in kg.

TABELLA COMPUTO CANALI CIRCOLARI								Isolamento mandata	Isolamento ripresa	riferimento pesi LINDAB SR	
Dimensioni	Mandata	Ripresa	Peso	Lunghezza	Incremento	Incremento	Peso			Note	
					accessori	sicurezza				accessori: 10-20%	
φ [mm]	m	m	[kg/m]	[m]	[%]	[%]	[kg]	[mq]	[mq]	sicurezza 10-30%	
80			1,3	0	20	10	0	0	0		
100			1,3	0	20	10	0	0	0		
125			1,6	0	20	10	0	0	0		
160			2,0	0	20	10	0	0	0		
200			2,6	0	20	10	0	0	0		
250			3,2	0	20	10	0	0	0		
315			4,8	0	20	10	0	0	0		
355			5,4	0	20	10	0	0	0		
400			6,6	0	20	10	0	0	0		
450			9,8	0	20	10	0	0	0		
500			9,5	0	20	10	0	0	0		
560			12,2	0	20	10	0	0	0		
630			13,5	0	20	10	0	0	0		
TOTALE CANALI								0	0	0	
PEZZI SPECIALI							20	0	0	0	
TOTALE COMPLESSIVO								0	0	0	

Figura 6-12: Tabella per la determinazione dei pesi per i condotti circolari (Fonte: strumento di cattura su Excel)

TABELLA COMPUTO CANALI RETTANGOLARI										Note		
Dimensioni		Peso	Lunghezza mandata / PAE	Lunghezza ripresa / EXP	Superficie	Incremento	Incremento	Peso	Isolamento mandata e PAE	Isolamento RIPR/EXP	riferimento PER I PESI	
						accessori 20-30%	di sicurezza		Incremento 20%	Incremento 20%	NORMA UNI 10381-2	
a [mm]	b [mm]	[kg/mq]	[m]	[m]	[mq]	[%]	[%]	[kg]	[mq]	[mq]	CLASSE DI TENUTA B	
400	500	8,2	0	0	0	20	10	0	0	0		
400	600	8,2	0	0	0	20	10	0	0	0		
400	700	8,2	0	0	0	20	10	0	0	0		
400	800	9,8	0	0	0	20	10	0	0	0		
1800	900	12	0	0	0	20	10	0	0	0		
300	1200	9,8	0	0	0	20	10	0	0	0		
450	800	9,8	0	0	0	20	10	0	0	0		
800	900	9,8	0	0	0	20	10	0	0	0		
800	1800	12	0	0	0	20	10	0	0	0		
550	300	8,2	0	0	0	20	10	0	0	0		
850	250	9,8	0	0	0	20	10	0	0	0		
1000	450	9,8	0	0	0	20	10	0	0	0		
1000	500	9,8	0	0	0	20	10	0	0	0		
1250	400	12	0	0	0	20	10	0	0	0		
250	400	8,2	0	0	0	20	10	0	0	0		
500	200	8,2	0	0	0	20	10	0	0	0		
TOTALE								0	0	0		
PEZZI SPECIALI							20%	0	0	0		
TOTALE CON PEZZI SPECIALI								0	0	0		
STAFFAGGI ANTISISMICI (considerare +20% peso canali) (gli staffaggi antisismici costano +37% rispetto a quelli normali)							20%	0,00				

Figura 6-13: Tabella per la determinazione dei pesi per i condotti rettangolari (Fonte: strumento di cattura su Excel)

Come si può notare dalle tabelle di sopra riportate, i vari accessori come i raccordi e le transizioni vengono considerate apportando un incremento del 20 o 30% sul peso totale. Per tale ragione, si è effettuata l'analisi trascurando tali elementi da Revit.

6.6. Computo metrico – categoria “Tubazione”

Analogamente al caso precedente, le lunghezze delle tubazioni sono state ricavate attraverso il codice di Dynamo. Successivamente, per le tubazioni relative all’impianto di climatizzazione, si è utilizzata la tabella messa a disposizione dall’azienda Prodim che segue la stessa logica della categoria “Condotto”. Mentre, per le tubazioni relative all’impianto di adduzione e scarichi, non è stata utilizzata nessuna tabella aggiuntiva, dal momento in cui tali elementi vengono computati a metro e non kg.

Lo script di Dynamo relativo alla definizione delle lunghezze è il seguente:

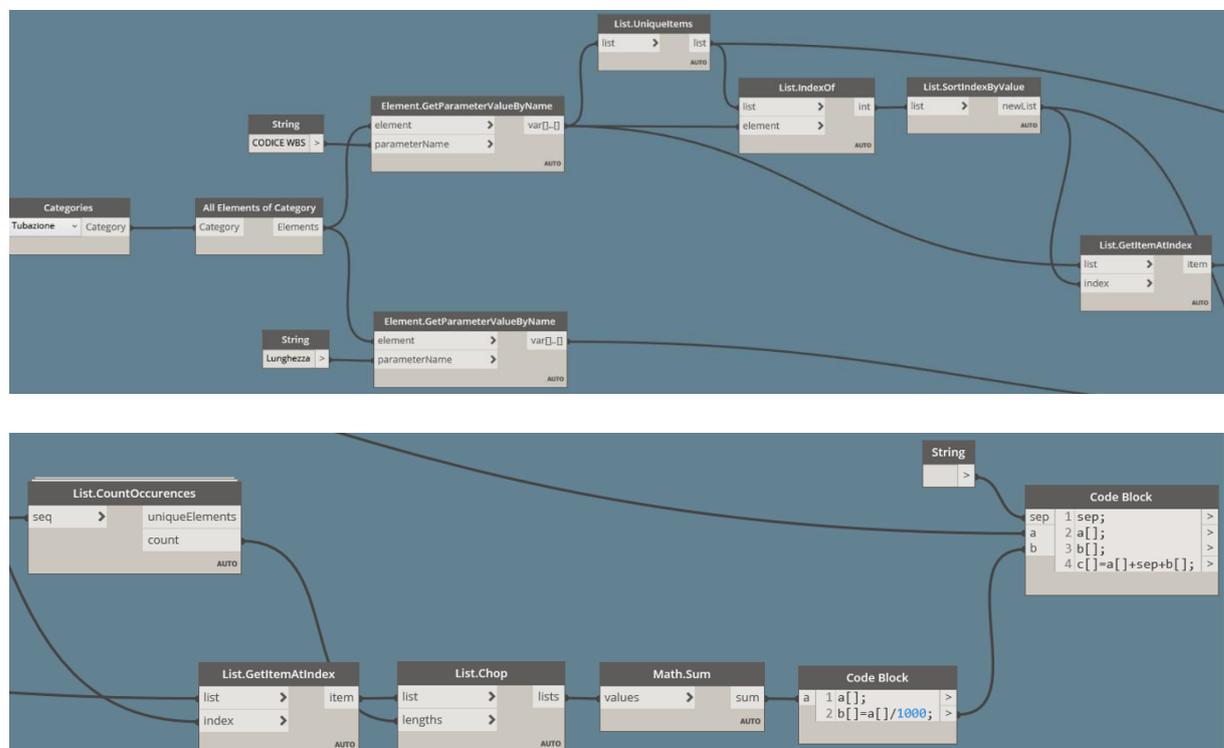


Figura 6-14: Determinazione della lunghezza per le tubazioni (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)

Mentre la tabella per la definizione dei pesi è riportata di seguito:

TABELLA COMPUTO TUBAZIONI UNI EN 10255(serie leggera) e UNI EN 10216-1								
DN		Lungh. [m]	Peso unit. [kg/m]	Incr.su tubo e isolamento [%]	Peso totale [kg]	Isolante [m+20%]	Isolante [mq+20 %]	
15	1/2"		1,1	20	0	0	0	nero
20	3/4"		1,41	20	0	0	0	nero
					0			
25	1"		2,21	20	0	0	0	nero
32	1"1/4		2,84	20	0	0	0	nero
40	1"1/2		3,26	20	0	0	0	nero
50	2"		4,56	20	0	0	0	nero
					0			
65	2"1/2		5,81	20	0	0	0	nero
80	3"		7,65	20	0	0	0	nero
100	4"		11	20	0	0	0	nero
					0			
125	5"		13,5	20	0	0	0	nero
150	6"		18,1	20	0	0	0	nero
200	8"		31	0	0	0	0	nero
250	10"		41,6	0	0	0	0	nero
300	12"		55,6	20	0	0	0	nero
					0			
				TOTALE		[m]	[mq]	
				[kg]	0	0,00	0,00	
				TUBO NERO FINO A 3/4"	0			
				TUBO NERO FINO A 2"	0			
				TUBO NERO 2"1/2 A 4"	0	0,00		
				TUBO NERO OLTRE 5"	0			

Figura 6-15: Tabella per la determinazione dei pesi per le tubazioni (Fonte: strumento di cattura su Excel)

7. Risultati

In questo capitolo verranno illustrati i risultati ottenuti eseguendo il computo metrico su Dynamo e successivamente, tenendo conto delle interferenze emerse dall'analisi di clash detection, verranno effettuati dei confronti per mettere in luce diversi aspetti:

- Funzionalità e validità degli script su Dynamo per un successivo utilizzo in altri progetti;
- Importanza dell'analisi di clash detection per limitare il numero di errori di progetto, garantendo, d'altro canto, una migliore coordinazione (all'interno del modello, tra modelli differenti e tra progettisti);
- Vantaggi nell'utilizzo della metodologia BIM, sia in termini di quantità di tempo impiegato per svolgere un computo metrico, ma anche in termini di bassi rischi nel commettere errori.

Eseguiti gli script su Dynamo che permettessero di definire il computo metrico per ogni categoria selezionata, sono stati esportati i risultati in un foglio Excel attraverso il nodo "Data.ExportExcel": si sono selezionati, infatti, il percorso del foglio di calcolo, il nome specifico del foglio, la riga e la colonna iniziali da cui far partire l'elenco di esportazione e i dati da esportare.

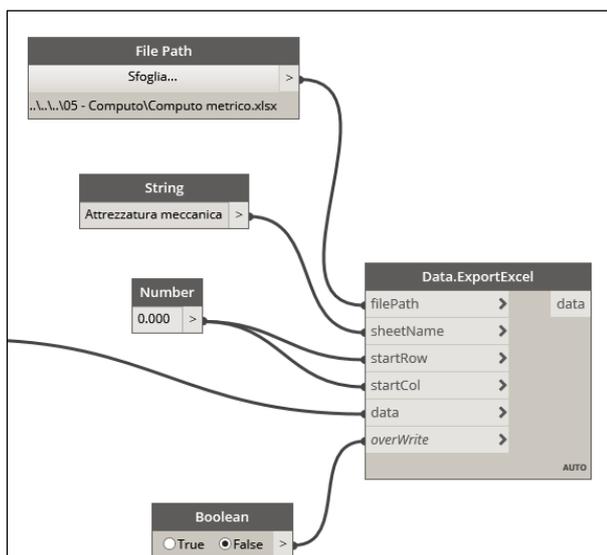


Figura 7-1: Nodo "Data.ExportExcel" per la categoria "Attrezzatura meccanica" (Fonte: strumento di cattura su Dynamo)

In questo modo è stato possibile confrontare il computo metrico eseguito su Dynamo ed il computo metrico effettivo, realizzato dall'azienda Prodim.

7.1. Risultati – categoria “Accessori per condotti”

Di seguito vengono riportati i risultati del computo metrico degli elementi appartenenti alla categoria “Accessori per condotti”, suddivisi in base al livello di riferimento e al codice WBS. Nella prima colonna delle quantità, sono presenti i valori ricavati dalla modellazione su Revit e dai codici di programmazione eseguiti su Dynamo; sulla colonna di destra, invece, sono inserite le quantità effettivamente computate dall’azienda Prodim. Infine, sulla colonna finale, è stata effettuata la verifica basata sul confronto dei risultati delle due metodologie. Le quantità relative agli elementi appartenenti a questa categoria vengono riassunte di seguito:

- **Cadauno**, per gli elementi dalla codifica:
 - M.13.DCM.01 (VAV circolari)
 - M.13.DCM.02 (VAV rettangolari)
 - M.13.DCM.06 (CAV circolari)
 - M.13.DCM.07 (CAV rettangolari)
 - M.13.DCM.14 (batterie di post-riscaldamento)
- **dm²**, per gli elementi dalla codifica:
 - M.13.DCM.09 (serrande tagliafuoco circolari)
 - M.13.DCM.10 (serrande tagliafuoco rettangolari)
 - M.13.DCM.12 (silenziatori circolari)
 - M.13.DCM.13 (silenziatori rettangolari)

IREN RAGGI_IMPIANTO ANTINCENDIO_Livello PT_IMPIANTO ANTINCENDIO - SISTEMA DI EVACUAZIONE FUMO E CALORE_M.21.SFM.01_D1000	2	2	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO ANTINCENDIO_Livello PT_IMPIANTO ANTINCENDIO - SISTEMA DI EVACUAZIONE FUMO E CALORE_M.21.SFM.01_D800	2	2	OK

Figura 7-2 Risultati degli elementi appartenenti alla categoria “Accessori per condotti”, situati al piano interrato (Fonte: strumento di cattura su Excel)

CODICE WBS	QUANTITA'		VERIFICA
	Da Revit	Da computo Prodim	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.01_D160	2	2	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.02_300X200	2	2	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.02_600X400	1	1	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.06_D125	8	8	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.06_D160	3	3	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.06_D200	5	5	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.06_D250	2	2	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.06_D315	1	1	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.09_D200	3,14	3,14	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.10_1000X600	120	120	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.10_1100X800	88	88	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.10_400X300	24	12	NO
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.10_500X300	30	15	NO
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.10_600X400	72	72	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.12_D200	6,28	0	NO
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.13_L1000_DIM_750X500	37,5	37,5	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.13_L1000_DIM_300X200	12	12	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.13_L1000_DIM_800X500	160	160	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.14_250X200	1	1	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.14_D160	1	1	OK

Martina Duino:
Ma c'è D160 (2,01)

Martina Duino:
Ma c'è una 300X200

Figura 7-3: Risultati degli elementi appartenenti alla categoria “Accessori per condotti”, situati al piano terra (Fonte: strumento di cattura su Excel)

IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P5_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.01_D250	1	1	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P5_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.01_D315	1	1	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P5_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.06_D100	16	16	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P5_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.06_D160	14	10	NO
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P5_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.06_D200	17	17	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P5_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.06_D250	3	3	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P5_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.09_D100	1,57	1,57	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P5_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.10_450X400	36	36	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P5_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.10_500X300	60	60	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P5_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.10_500X350	35	35	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P5_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.12_D250	4,91	4,91	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P5_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.12_D315	7,79	7,79	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P5_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.13_L1000 DIM 800X500	800	800	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P5_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.13_L1000 DIM 700X500	35	35	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P5_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.13_L1500 DIM 1430X600	85,8	85,8	OK

Figura 7-8: Risultati degli elementi appartenenti alla categoria "Accessori per condotti", situati al piano quinto (Fonte: strumento di cattura su Excel)

IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P6_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.06_D100	1	1	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P6_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.06_D200	1	1	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P6_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.09_D200	3,14	3,14	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P6_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.10_1000X400	40	40	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P6_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.10_900X500	90	90	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P6_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.13_L1200 DIM 800X500	800	800	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P6_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.10_1000X500	8	8	OK

Figura 7-9: Risultati degli elementi appartenenti alla categoria "Accessori per condotti", situati al piano sesto (Fonte: strumento di cattura su Excel)

Dai risultati ottenuti, si può affermare che la verifica sia abbastanza soddisfatta. Gli unici errori rilevati sono principalmente inerenti alla fase di modellazione ed in particolare ad una mancata analogia tra la modellazione effettiva su Revit e gli elementi presenti sul computo:

- Errore nella modellazione di alcuni elementi, in termini di dimensioni;
- Alcuni elementi presenti nella modellazione sono in numero inferiore, ma limitato, rispetto al computo realizzato dall'azienda;
- Alcuni elementi presenti nella modellazione sono in numero superiore, ma limitato, rispetto al computo realizzato dall'azienda.

Ma per tutti e tre i casi non si sono riscontrate incongruenze relative ad eventuali interferenze tra gli oggetti, ad eccezione di alcune intersezioni minime o più marcate, le quali andrebbero risolte semplicemente spostando di qualche cm la posizione degli stessi nel modello digitale.

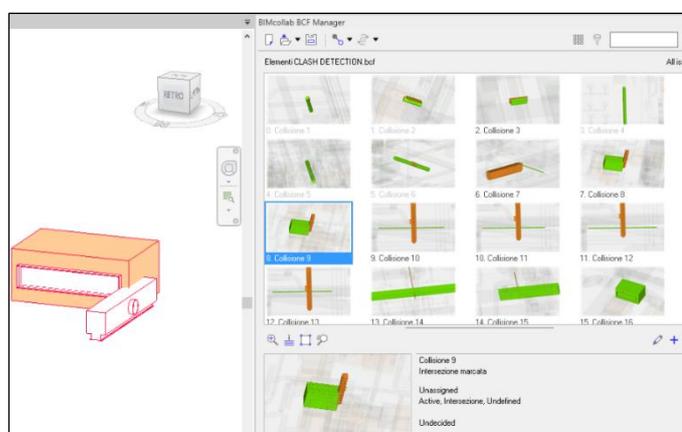


Figura 7-10: Esempio di intersezione tra un diffusore lineare (M.17.DIF.04) ed un silenziatore rettangolare (M.13.DCM.13) - (Fonte: strumento di cattura su Revit)

7.2. Risultati – categoria “Attrezzatura meccanica”

Di seguito sono riportati i risultati del computo metrico relativo agli elementi appartenenti alla categoria “Attrezzatura meccanica”. Tali elementi, tutti computati prendendo in considerazione il loro numero effettivo, sono:

- M.10.AHU.01 (unità di trattamento aria)
- M.04.CHA.01 (gruppo frigorifero aria/acqua)
- M.04.CHA.09 (gruppo frigorifero in pompa di calore aria/acqua)
- M.09.DHS.03 (bollitore inox alimentato a vapore)
- M.09.WHS.02 (serbatoio stoccaggio acqua in acciaio zincato)
- M.10.FAN.01 (ventilatore centrifugo a cassonetto insonorizzato)
- M.16.AHE.04 (lame d’aria)
- M.16.FCU.01 (ventilconvettori da soffitto)
- M.16.RAD.02 (radiatori a colonne)
- M.16.RAD.03 (scalda-salviette)

CODICE WBS	QUANTITA'		VERIFICA
	Da Revit	Da computo Prodim	
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello PT_SOTTOCENTRALE UTA M.10.AHU.01	5	5	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello P1_SOTTOCENTRALE UTA M.10.AHU.01	1	1	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello P2_SOTTOCENTRALE UTA M.10.AHU.01	2	2	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello P3_SOTTOCENTRALE UTA M.10.AHU.01	2	2	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello P4_SOTTOCENTRALE UTA M.10.AHU.01	2	2	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello P5_SOTTOCENTRALE UTA M.10.AHU.01	2	2	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello P6_SOTTOCENTRALE UTA M.10.AHU.01	1	1	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello P6_CENTRALE TERMO-FRIGORIFERA M.04.CHA.01	2	2	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello P6_CENTRALE TERMO-FRIGORIFERA M.04.CHA.09	1	1	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello P6_CENTRALE TERMO-FRIGORIFERA M.09.DHS.04	2	2	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello P6_CENTRALE TERMO-FRIGORIFERA M.09.WHS.02 W1900	2	2	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA M.10.FAN.01	1	1	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello P6_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA M.10.FAN.01	1	1	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello P6_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA M.10.FAN.01	1	1	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello P6_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA M.10.FAN.01	1	1	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA M.16.AHE.04	4	4	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA M.16.FCU.01	4	4	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA M.16.RAD.02_H1000	6	6	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello P1_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA M.16.FCU.01	6	6	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello P1_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA M.16.RAD.02_H1000	8	8	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello P1_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA M.16.RAD.03	8	8	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello P2_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA M.16.FCU.01	8	8	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello P2_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA M.16.RAD.02_H1000	8	8	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello P2_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA M.16.RAD.03	5	4	NO
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello P3_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA M.16.FCU.01	8	8	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello P3_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA M.16.RAD.02_H1000	8	8	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello P3_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA M.16.RAD.03	4	4	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello P4_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA M.16.FCU.01	6	6	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello P4_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA M.16.RAD.02_H1000	9	9	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello P4_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA M.16.RAD.03	4	4	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello P5_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA M.16.FCU.01	9	9	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello P5_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA M.16.RAD.02_H1000	8	8	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello P5_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA M.16.RAD.03	4	4	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello P6_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA M.16.FCU.01	10	10	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello P6_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA M.16.RAD.02_H1000	8	8	OK
IREN RAGGI IMPIANTO MECCANICO Livello P6_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA M.16.RAD.03	4	4	OK

Figura 7-11: Risultati degli elementi appartenenti alla categoria “Attrezzatura meccanica” (Fonte: strumento di cattura su Excel)

Anche in questo caso la verifica risulta essere soddisfatta, ad eccezione di un elemento, ovvero lo scalda-salviette presente al secondo piano, che presenta un numero superiore rispetto a quello ricavabile da computo. Esso, infatti, rientra all'interno della categoria degli elementi che risultano essere duplicati nel modello digitale.

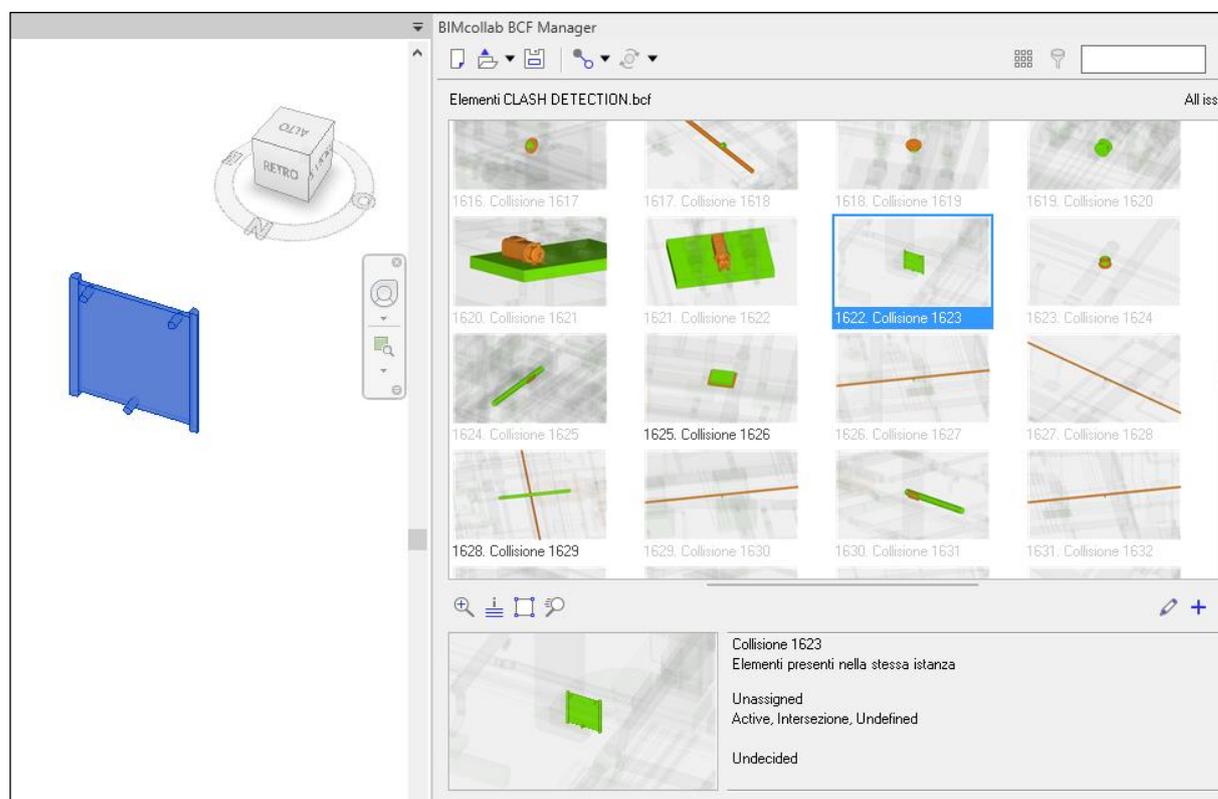


Figura 7-12: Interferenza legata alla presenza di due scalda-salviette (M.16.RAD.02) nella medesima istanza (Fonte: strumento di cattura su Revit)

Dall'analisi di clash detection realizzata, è possibile notare come ci sia un'interferenza legata proprio alla presenza di due scalda-salviette nella stessa istanza, al secondo piano. Attraverso l'eliminazione di uno dei due elementi, anche il conteggio delle scalda-salviette rispetta quello estrapolato dal computo.

7.3. Risultati – categoria “Bocchettoni”

Gli elementi appartenenti alla categoria “Bocchettoni” sono computati, anche in questo caso, in maniera differente:

- **m** (lunghezza per numero di parti uguali), per gli elementi:
 - M.17.DIF.04 (diffusori lineari)
- **dm²**, per gli elementi:
 - M.17.GRI.01 (griglie di transito)
 - M.17.GRI.03 (griglie di mandata e ripresa aria)
- **Cadauno**, per gli elementi:
 - M.17.REG.03 (valvole di ventilazione)
 - M.16.RAP.04 (pannelli radianti a soffitto)

I risultati sono riportati di seguito:

CODICE WBS	QUANTITA'		VERIFICA
	Da Revit	Da computo Prodim	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P1 IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA M.16.RAP.04 D100	18	18	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P2 IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA M.16.RAP.04 D100	80	80	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P3 IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA M.16.RAP.04 D100	76	76	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P4 IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA M.16.RAP.04 D100	90	90	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P5 IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA M.16.RAP.04 D100	42	42	OK

Figura 7-13: Risultati degli elementi appartenenti alla categoria “Bocchettoni”, in particolare relativi all’impianto di climatizzazione – distribuzione acqua (Fonte: strumento di cattura su Excel)

IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P1 IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA M.17.DIF.04 L1050 2F	14,7	14,7	OK	Martina Duino: Ma da computo sono al PT
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P1 IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA M.17.DIF.04 L1500 2F	16,5	16,5	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello PT IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA M.17.GRI.03 DIM 1000X400	80	80	OK	Martina Duino: Ma da computo sono al PT
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello PT IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA M.17.GRI.03 DIM 1600X800	128	128	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello PT IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA M.17.GRI.03 DIM 200X100	6	6	OK	Martina Duino: Ma da computo sono al PT
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello PT IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA M.17.GRI.03 DIM 300X100	39	36	NO	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello PT IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA M.17.GRI.03 DIM 3500X1500	525	525	OK	Martina Duino: C'è 5000X1200 e non 4950X1200
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello PT IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA M.17.GRI.03 DIM 4950X1200	594	600	NO	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello PT IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA M.17.GRI.01 DIM 300X100	12	18	NO	Martina Duino: C'è 300X150
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello PT IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA M.17.REG.03 D100	4	4	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P1 IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA M.17.GRI.03 DIM 1200X500	60	60	OK	Martina Duino: C'è anche 525X1225 (60)
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P1 IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA M.17.GRI.03 DIM 200X100	24	24	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P1 IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA M.17.GRI.03 DIM 225X1225	220,5	192	NO	Martina Duino: Di cui una valvola D125
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P1 IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA M.17.GRI.03 DIM 300X150	22,5	22,5	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P1 IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA M.17.GRI.03 DIM 300X100	27	27	OK	Martina Duino: Di cui 4 valvole D200
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P1 IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA M.17.GRI.01 DIM 200X100	32	16	NO	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P1 IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA M.17.DIF.04 L1050 2F	25,2	25,2	OK	Martina Duino: Di cui 4 valvole D125
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P1 IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA M.17.DIF.04 L1500 2F	10,5	10,5	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P1 IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA M.17.DIF.04 L900 2F	3,6	3,6	OK	Martina Duino: Di cui 4 valvole D200
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P1 IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA M.17.DIF.04 L1200 3F	24	24	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P1 IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA M.17.DIF.04 L1050 4F	12,6	12,6	OK	Martina Duino: Di cui 4 valvole D200
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P1 IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA M.17.DIF.04 L1500 4F	18	18	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P1 IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA M.17.DIF.04 L1700 4F	5,1	5,1	OK	Martina Duino: Di cui 4 valvole D200
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P1 IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA M.17.DIF.04 L900 4F	50,4	50,4	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P1 IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA M.17.REG.03 D100	19	19	OK	Martina Duino: Di cui 4 valvole D200
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P1 IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA M.17.REG.03 D160	5	5	OK	

Figura 7-14: Risultati degli elementi appartenenti alla categoria “Bocchettoni”, in particolare relativi all’impianto di climatizzazione – distribuzione aria, situati al piano interrato, piano terra e primo piano (Fonte: strumento di cattura su Excel)

IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P2	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.GRI.03_DIM 200X100	12	12	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P2	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.GRI.03_DIM 300X100	21	21	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P2	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.GRI.03_DIM 300X150	63	63	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P2	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.GRI.01_DIM 200X100	98	48	NO	Martina Duino: C'è anche 300X100 (57)
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P2	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.DIF.04_L1200_3F	19,2	19,2	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P2	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.DIF.04_L1350_3F	10,8	10,8	OK	Martina Duino: Probabilmente è un 4F e la somma totale restituisce 23,8
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P2	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.DIF.04_L1700_3F	8,5	0	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P2	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.DIF.04_L1700_4F	15,3	23,8	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P2	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.REG.03_D100	14	15	NO	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P3	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.GRI.03_DIM 300X100	6	15	NO	Martina Duino: C'è anche una valvola D125 e una D160
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P3	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.GRI.03_DIM 300X150	40,5	40,5	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P3	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.GRI.03_DIM 400X150	54	54	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P3	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.GRI.03_DIM 600x350	63	63	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P3	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.GRI.01_DIM 200X100	98	48	NO	Martina Duino: C'è anche 300X100
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P3	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.DIF.04_L1200_3F	19,2	19,2	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P3	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.DIF.04_L1350_3F	12,15	12,15	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P3	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.DIF.04_L1700_3F	11,9	0	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P3	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.DIF.04_L1700_4F	11,9	23,8	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P3	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.REG.03_D100	14	14	OK	Martina Duino: Probabilmente è un 4F e la somma totale restituisce 23,8
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P4	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.GRI.03_DIM 300X100	21	21	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P4	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.GRI.03_DIM 300X200	12	12	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P4	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.GRI.03_DIM 400X150	78	78	OK	Martina Duino: Di cui una valvola D125 e una D160
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P4	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.GRI.01_DIM 200X100	66	44	NO	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P4	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.DIF.04_L1050_2F	2,1	2,1	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P4	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.DIF.04_L1200_3F	19,2	19,2	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P4	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.DIF.04_L1350_3F	10,8	10,8	OK	Martina Duino: C'è anche 300X100 (9)
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P4	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.DIF.04_L1700_3F	8,5	0	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P4	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.DIF.04_L1700_4F	5,1	13,6	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P4	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.REG.03_D100	14	14	OK	Martina Duino: Probabilmente è un 4F e la somma totale restituisce 13,6
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P5	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.GRI.03_DIM 200X100	6	6	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P5	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.GRI.03_DIM 300X100	6	6	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P5	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.GRI.03_DIM 300X150	27	27	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P5	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.GRI.03_DIM 400X150	60	60	OK	Martina Duino: Di cui una valvola D125 e una D160
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P5	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.GRI.01_DIM 200X100	62	32	NO	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P5	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.DIF.04_L1050_2F	6,3	6,3	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P5	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.DIF.04_L1200_3F	19,2	19,2	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P5	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.DIF.04_L1350_3F	14,85	14,85	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P5	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.DIF.04_L1700_4F	27,2	27,2	OK	Martina Duino: C'è anche 300X100 (21)
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P5	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.REG.03_D100	13	13	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P6	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.GRI.03_DIM 1200X600	144	216	NO	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P6	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.GRI.03_DIM 1300X2100	273	273	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P6	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.GRI.03_DIM 2600X500	130	130	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P6	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.GRI.03_DIM 3500X500	175	175	OK	Martina Duino: Di cui una valvola D125
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P6	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.GRI.03_DIM 800X600	48	96	NO	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P6	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.GRI.03_DIM 900X500	45	27	NO	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P6	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.GRI.03_DIM 500X200	120	120	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P6	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.DIF.04_L1350_3F	32,4	32,4	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P6	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.DIF.04_L2000_3F	24	24	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P6	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.DIF.04_L1500_4F	24	24	OK	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO Livello P6	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.17.REG.03_D100	5	5	OK	

Figura 7-15: Risultati degli elementi appartenenti alla categoria "Bocchettoni", in particolare relativi all'impianto di climatizzazione – distribuzione aria, situati al piano secondo, piano terzo, piano quarto, piano quinto e piano sesto (Fonte: strumento di cattura su Excel)

Anche in questo caso, gli unici errori rilevati sono inerenti ad errori o imprecisioni nella modellazione, come l'utilizzo di dimensioni sbagliate per gli elementi del progetto in questione e la presenza di un numero superiore o inferiore degli elementi rispetto a quelli presi in considerazione dall'azienda, nella fase di realizzazione del computo metrico. Pertanto, la verifica può considerarsi abbastanza soddisfatta.

7.4. Risultati – categoria “Condotti flessibili”

I condotti flessibili (M.13.DCM.11) sono computati prendendo in considerazione la loro lunghezza effettiva e pertanto, l’unità di misura utilizzata è il metro lineare. Confrontando i valori ricavabili dal computo metrico in Dynamo e quelli relativi al computo metrico realizzato dall’azienda, si può notare come la verifica sia soddisfatta. Infatti, i valori delle varie lunghezze differiscono solamente di qualche metro.

CODICE WBS	QUANTITA'		VERIFICA
	Da Revit	Da computo Prodim	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.11_D125	27,62	30	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P1_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.11_D125	20,81	24	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P1_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.11_D160	17,32	20	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P1_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.11_D200	103,64	105	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P2_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.11_D125	115,86	122	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P2_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.11_D160	7,36	8	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P2_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.11_D200	4,71	6	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P3_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.11_D125	124,97	128	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P3_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.11_D160	8,78	8	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P3_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.11_D200	6,86	6	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P4_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.11_D125	121,91	123	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P4_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.11_D160	6,76	8	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P4_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.11_D200	4,42	4	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P5_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.11_D125	57,5	60	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P5_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.11_D160	8,87	9	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P5_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.11_D200	8,33	9	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P6_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.11_D160	31,24	35	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P6_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ARIA_M.13.DCM.11_D200	31,12	30	OK

Figura 7-16: Risultati degli elementi appartenenti alla categoria “Condotti flessibili” ai vari piani dell’edificio (Fonte: strumento di cattura su Excel)

A conferma di ciò, le uniche interferenze rilevate dall’analisi di clash detection fanno riferimento ad intersezioni minime tra gli elementi in questione. Viene riportato, a titolo esemplificativo, la collisione tra un condotto flessibile ed una tubazione, la quale non genera grandi variazioni o alterazioni in termini di lunghezza all’interno del computo metrico.

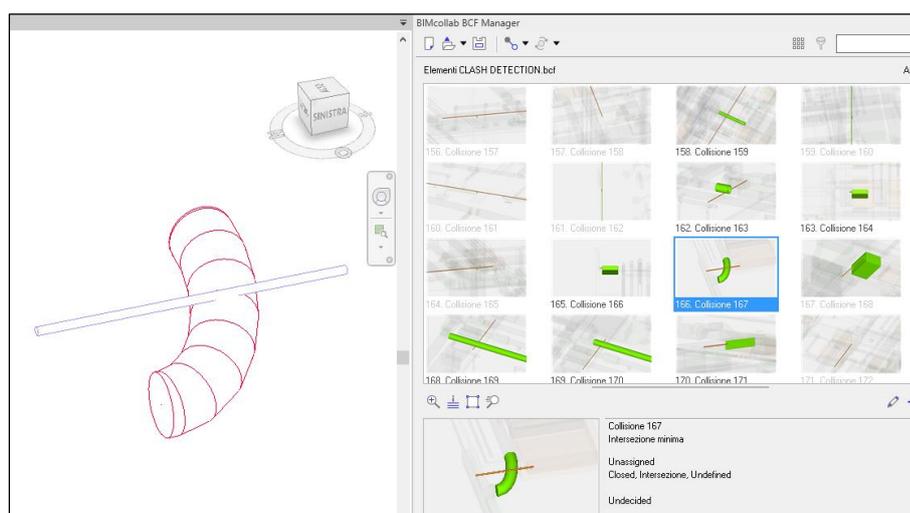


Figura 7-17: Esempio di intersezione tra un condotto flessibile ed una tubazione (Fonte: strumento di cattura su Revit)

7.5. Risultati – categoria “Condotti”

Alla categoria dei condotti per la climatizzazione dell’edificio appartengono le canalizzazioni dell’aria, sia circolari che rettangolari. La codifica degli oggetti in questione è la seguente:

- M.13.DCT.01 (condotti circolari)
- M.13.DCT.02 (condotti rettangolari)

Per la computazione di questi elementi viene considerato il peso del materiale (lamiera zincata), espresso in kg. Come descritto nel capitolo precedente, attraverso gli script di Dynamo è stato possibile ricavare la lunghezza delle canalizzazioni da Revit, la quale rappresenta la loro distribuzione all’interno dell’edificio. Utilizzando, in seguito, le tabelle messe a disposizione dall’azienda, è stato ricavato il peso dei condotti a partire dalla loro dimensione e dalla lunghezza in questione.

La voce da computo per i canali circolari in lamiera zincata è la seguente:

109 / 395 05.P73.F80.0 05	Provvista e posa in opera di canali flangiati in lamiera ... ompresa imprimitura ed una mano smalto: Senza rivestimento Provvista e posa in opera di canali flangiati in lamiera zincata di sezione circolare compresa imprimitura ed una mano smalto: Senza rivestimento Canali circolari
	SOMMANO kg

Figura 7-18: Voce relativa ai canali circolari nel computo realizzato da Prodim (Fonte: strumento di cattura su computo Prodim)

La voce da computo per i canali rettangolari in lamiera zincata è la seguente:

108 / 394 05.P73.G00. 005	Provvista e posa in opera di canalizzazione in lamiera zi ... data o saldata di qualsiasi dimensione, forma o spessore.. Provvista e posa in opera di canalizzazione in lamiera zincata a sezione rettangolare o quadrata, graffata, chiodata o saldata di qualsiasi dimensione, forma o spessore.. Canali rettangolari mandata Canali rettangolari ripresa
	SOMMANO kg

Figura 7-19: Voce relativa ai canali rettangolari nel computo realizzato da Prodim (Fonte: strumento di cattura su computo Prodim)

Come si può notare, a differenza delle tubazioni, come si vedrà in seguito, sia i canali circolari che quelli rettangolari non vengono suddivisi in base alla loro dimensione all’interno del computo: essi, infatti, vengono conteggiati nella medesima voce.

7.6. Risultati – categoria “Tubazioni”

Come per il caso precedente, anche le tubazioni relative alla climatizzazione dell’edificio (lato acqua), dalla codifica “M.11.HYP.01”, vengono computate considerando il peso del materiale (ferro nero di mannesmann) espresso in kg. A differenza dei condotti dell’aria, le tubazioni vengono suddivise all’interno del computo in base al loro diametro:

- Fino a 3/4” di diametro
- Fino a 2” di diametro
- Oltre 2” di diametro

13 / 169 05.P67.D10. 010	<p>Tubi in ferro nero mannesmann, compreso le staffe di sost ... ere murarie, verniciatura, ripristini: Per diam. sino a 2”</p> <p>Tubi in ferro nero mannesmann, compreso le staffe di sostegno, giunzioni e saldatura autogena, opere murarie, verniciatura, ripristini: Per diam. sino a 2”</p> <p style="text-align: right;">SOMMANO kg</p>
--------------------------------	---

Figura 7-27: Voce relativa alle tubazioni (sino a 2”) nel computo realizzato da Prodim (Fonte: strumento di cattura su computo Prodim)

Dall’analisi effettuata si ricavano i seguenti risultati:

CODICE WBS	QUANTITA'			VERIFICA
	Da Revit [m]	Da Revit [kg]	Da computo Prodim [kg]	
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P1_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D25	341	2497	2500	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P1_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D32	457			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P1_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D125	914	1499	1500	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D15	53,6			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D20	104,2	297	300	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D25	91			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D32	157,4			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D40	66	1747	1750	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D50	120,7			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D65	41,8			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D80	48,1	660	700	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D100	9,6			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello PT_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D125	17,5	38		
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P1_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D15	450,7	1489	1500	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P1_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D20	393,2			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P1_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D25	207,5			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P1_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D32	229,1			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P1_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D40	92	2289	2300	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P1_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D50	98,3			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P2_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D10	4,8			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P2_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D15	506,4	1297	1300	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P2_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D20	353,8			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P2_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D25	111			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P2_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D32	118,6	3249	3250	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P2_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D40	197,5			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P2_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D50	282,7			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P2_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D65	212	1498	1500	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P3_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D10	122			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P3_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D15	506,3	1348	1350	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P3_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D20	401,8			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P3_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D25	98,6			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P3_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D32	122,6	3488	3480	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P3_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D40	106,1			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P3_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D50	433,8			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P3_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D65	208,9	1999	2000	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P3_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D80	52,6			

Figura 7-28: Risultati degli elementi appartenenti alla categoria “Tubazioni” al piano interrato, piano terra, piano primo, piano secondo e piano terzo (Fonte: strumento di cattura su Excel)

IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P4_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D10	3,9			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P4_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D15	600	1494	1500	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P4_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D20	415,1			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P4_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D25	95,7			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P4_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D32	239,3			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P4_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D40	241	3601	3600	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P4_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D50	290,3			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P4_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D65	167,9	1191	1200	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P5_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D10	3,9			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P5_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D15	600	1494	1500	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P5_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D20	415,1			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P5_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D25	90			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P5_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D32	139,3	3199	3210	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P5_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D40	223			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P5_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D50	291,1			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P5_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D65	167,9	1194	1200	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P6_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D15	68,1			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P6_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D20	117	298	300	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P6_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D25	91,4			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P6_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D32	58,2	1332	1130	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P6_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D40	85,7			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P6_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D50	65,1			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P6_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D65	151,9			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P6_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D80	191,2	4810		
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P6_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D90	0,05			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P6_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D100	151,2			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P6_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D125	235,3		9508,85	OK
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P6_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D150	4,9			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P6_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D200	0,04	4823		
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P6_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D250	9,1			
IREN RAGGI_IMPIANTO MECCANICO_Livello P6_IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE - DISTRIBUZIONE ACQUA_M.11.HYP.01_D300	11,2			

Figura 7-29: Risultati degli elementi appartenenti alla categoria "Tubazioni" al piano quarto, al piano quinto e al piano sesto (Fonte: strumento di cattura su Excel)

Effettuando il confronto tra i pesi degli elementi presenti su Revit ed i pesi conteggiati dall'azienda all'interno del computo, si può notare come la verifica sia soddisfatta. I valori differiscono solamente di qualche unità ed in particolare, alla luce dell'analisi di clash detection effettuata, si possono fare le seguenti considerazioni:

- Le tubazioni che presentano dei pesi maggiori all'interno del modello (e di conseguenza una lunghezza maggiore) corrispondono alle tubazioni duplicate, presenti nella medesima istanza, o alle tubazioni che interferiscono con altri elementi, la cui distribuzione dovrebbe probabilmente interrompersi prima. Entrambe sono causa di un errore di modellazione. Un esempio di questa collisione è visibile al terzo piano dell'edificio oggetto di esame.

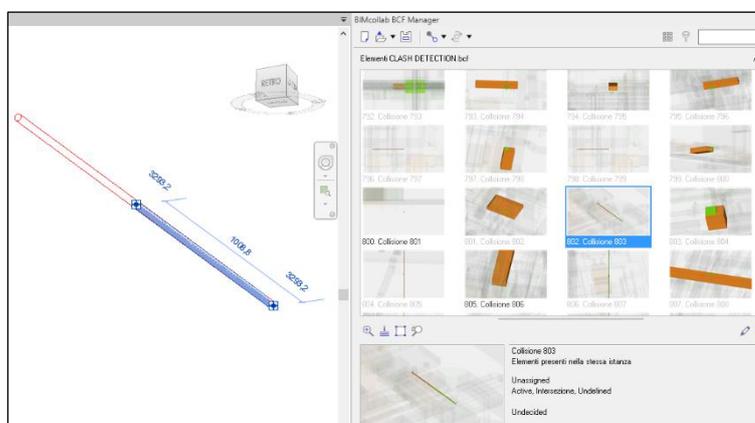


Figura 7-30: Esempio di tubazioni nella stessa istanza (Fonte: strumento di cattura su Revit)

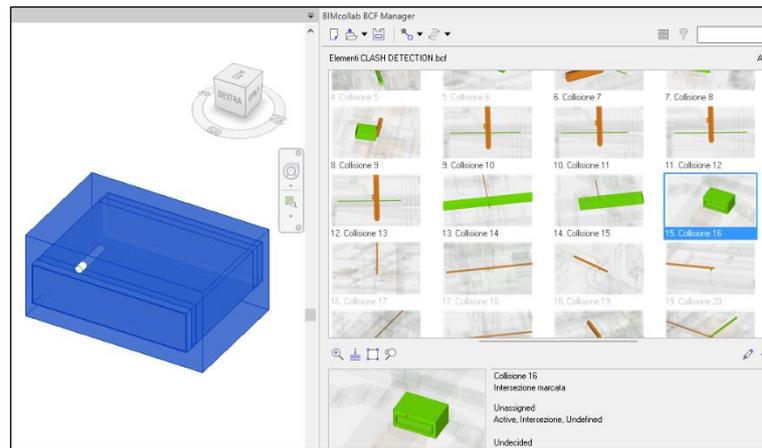


Figura 7-31: Esempio di tubazione che interferisce con un silenziatore rettangolare (Fonte: strumento di cattura su Revit)

- Le tubazioni, invece, che presentano dei pesi e delle lunghezze minori rispetto a quelli ricavabili dal computo, molto probabilmente fanno riferimento alle tubazioni che, all'interno del modello digitale, intersecano alcuni elementi o condotti. Per la risoluzione di questa tipologia di interferenza, potrebbe essere opportuno aumentare l'offset delle varie distribuzioni in modo da ottenere, così facendo, dei pesi maggiori.

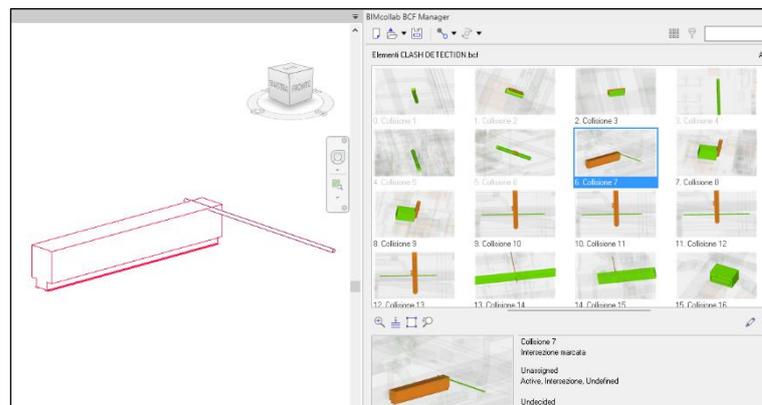


Figura 7-32: Esempio di tubazione che interseca un diffusore lineare (Fonte: strumento di cattura su Revit)

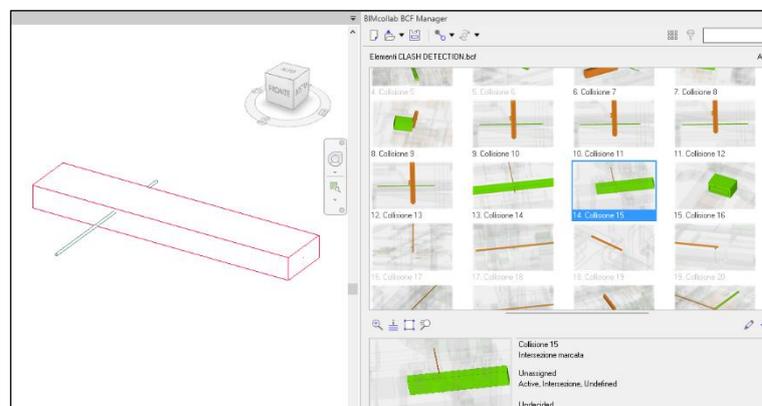


Figura 7-33: Esempio di tubazione che interseca un condotto (Fonte: strumento di cattura su Revit)

8. Conclusioni e sviluppi futuri

Uno dei punti principali quando si lavora in ambito BIM è il tema della qualità degli elaborati e dell'affidabilità delle informazioni. Se non trattati in maniera idonea, il rischio è quello di ottenere un processo lavorativo ben lontano da quello previsto dalla metodologia BIM e di non usufruire dei vantaggi di cui si compone.

Trattandosi di un edificio complesso nel suo insieme, è stato molto utile, nella fase preventiva del lavoro di tesi, scomporre i vari elementi in funzione della disciplina, della tipologia di impianto e del livello di riferimento in cui sono posizionati. Tale sistema di WBS, al quale sono state associate anche le codifiche degli oggetti e le relative dimensioni, si è rivelata necessaria per la compilazione del computo metrico: la programmazione eseguita su Dynamo, basata proprio sulla schematizzazione degli elementi in base alla loro categoria di appartenenza, ha consentito, in questo modo, di ottenere dei risultati soddisfacenti in termini di forma. Avendo, infatti, ottenuto un computo metrico suddiviso in base alla disciplina, al livello e alla tipologia di impianto, il confronto con il computo metrico realizzato dall'azienda è stato immediato.

Gli stessi risultati, derivati dal confronto tra il computo metrico realizzato attraverso la metodologia BIM e quello realizzato con un approccio tradizionale, hanno permesso di validare la funzionalità degli script eseguiti su Dynamo, con la possibilità di un loro futuro utilizzo in altri progetti. Il fine ultimo, infatti, è stato quello di sperimentare una metodologia per la compilazione di un computo metrico in maniera automatizzata, che potesse garantire un risparmio in termini di tempo impiegato.

Seppure le conclusioni di tale lavoro di tesi siano state abbastanza soddisfacenti, si sono individuate diverse operazioni che potrebbero essere oggetto di sviluppi futuri:

- Inserimento di parametri relativi ad altri sistemi di codifica (previsti dalle varie normative mondiali) all'interno delle famiglie modellate in BIM. In questo modo sarà possibile ottenere una scomposizione dell'edificio flessibile, che si adatta bene a qualsiasi tipo di esigenza da parte della committenza;
- Possibilità di implementare il computo metrico dei condotti e delle tubazioni dell'aria. In particolare, il fine è quello di ottenere i conteggi relativi ai pesi espressi in kg direttamente su Dynamo, senza passare attraverso le tabelle descritte precedentemente;

- Determinare un meccanismo di controllo e confronto automatico tra il computo metrico realizzato su Dynamo e quello realizzato dall'azienda;
- Realizzato il computo metrico di un edificio, sperimentare un meccanismo di automatizzazione del computo metrico estimativo, con la possibilità di associare al primo diverse tipologie di prezzi.

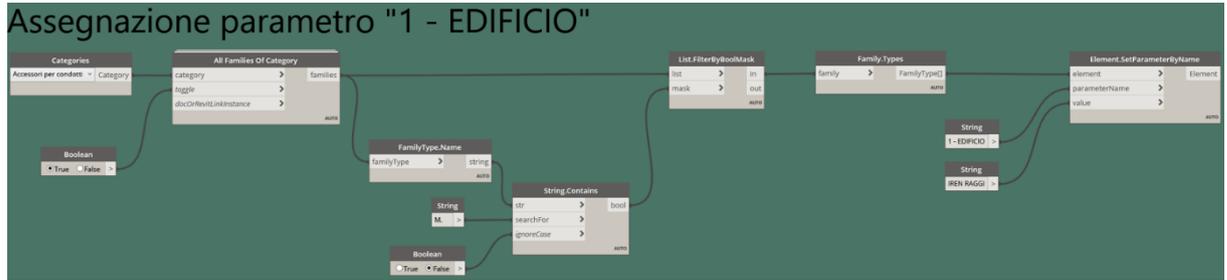
Allegati

Allegato A

Di seguito vengono riportati gli script completi realizzati su Dynamo.

Per l'assegnazione dei parametri relativi al primo livello della WBS (Accessori per condotti):

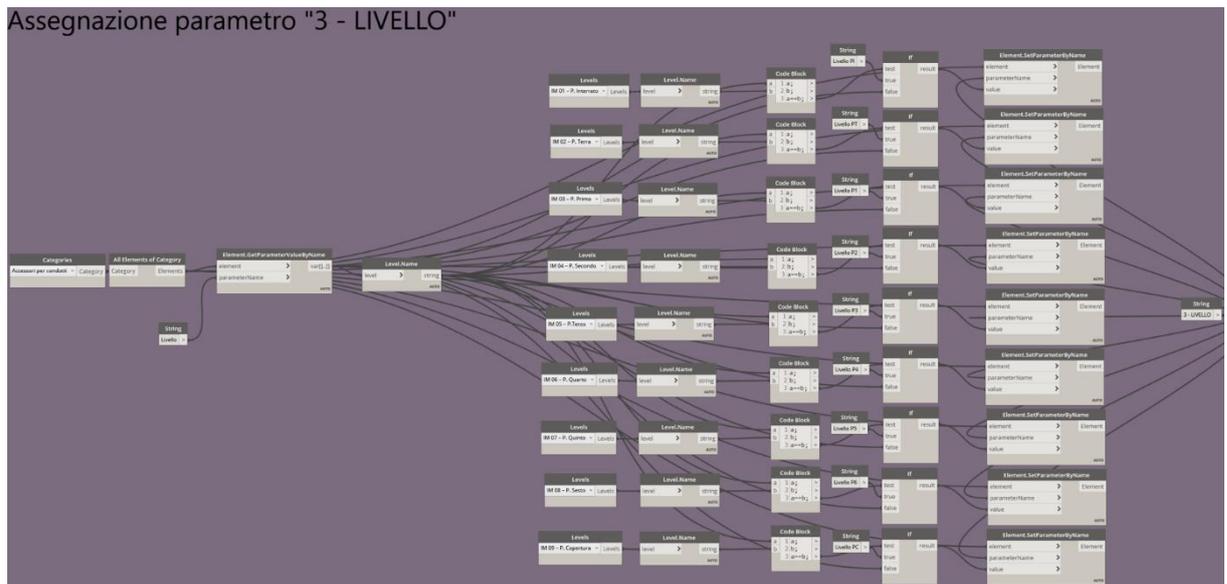
Assegnazione parametro "1 - EDIFICIO"



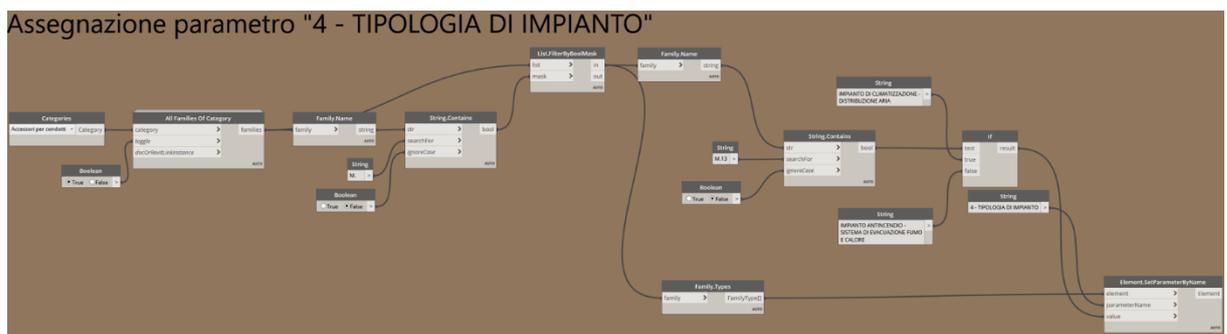
Assegnazione parametro "2 - DISCIPLINA"



Assegnazione parametro "3 - LIVELLO"

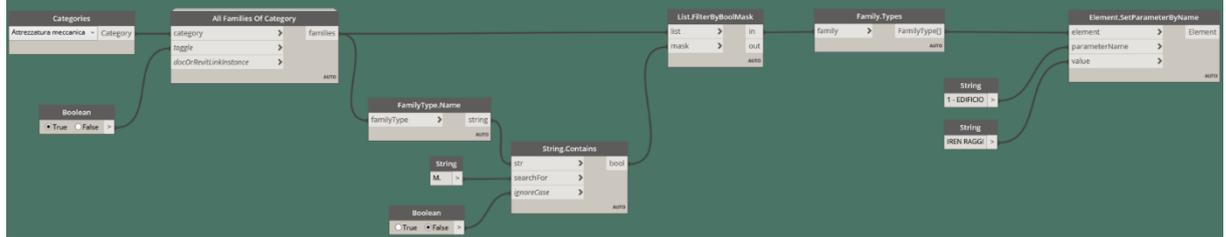


Assegnazione parametro "4 - TIPOLOGIA DI IMPIANTO"

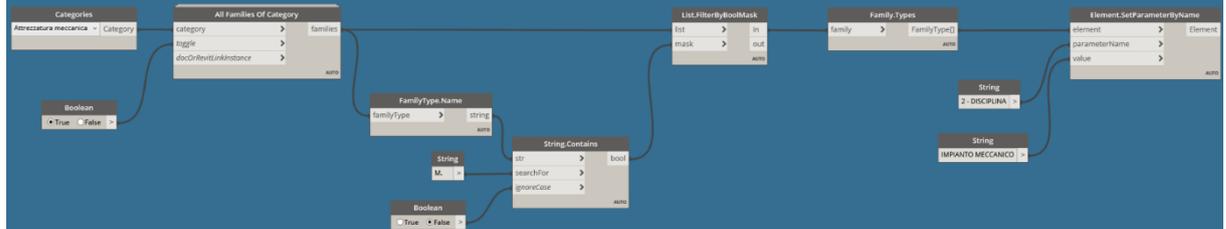


Per l'assegnazione dei parametri relativi al primo livello della WBS (Attrezzatura meccanica):

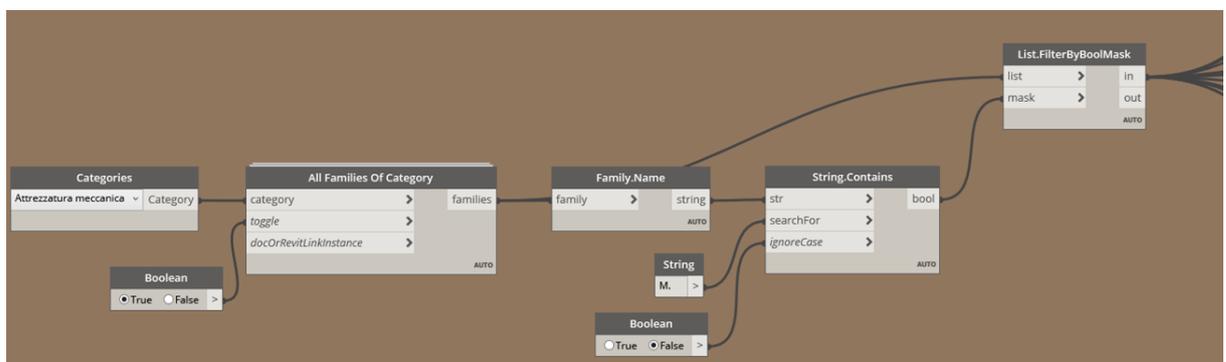
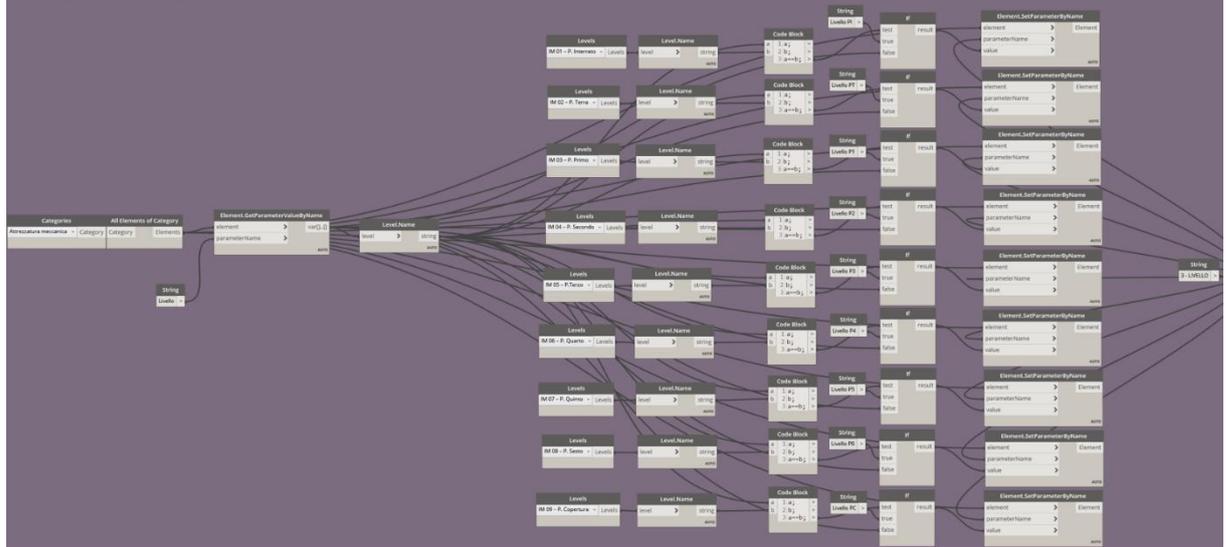
Assegnazione parametro "1 - EDIFICIO"

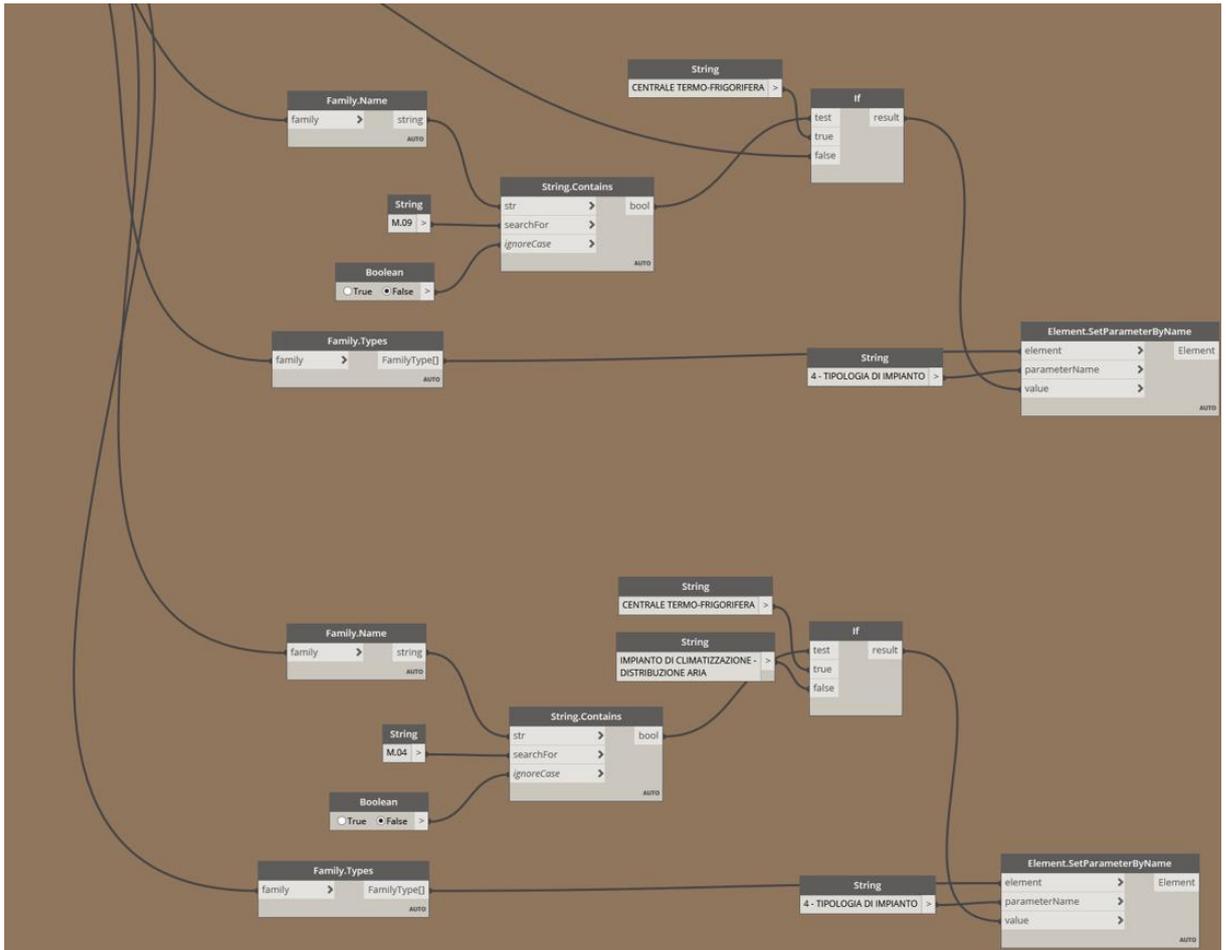
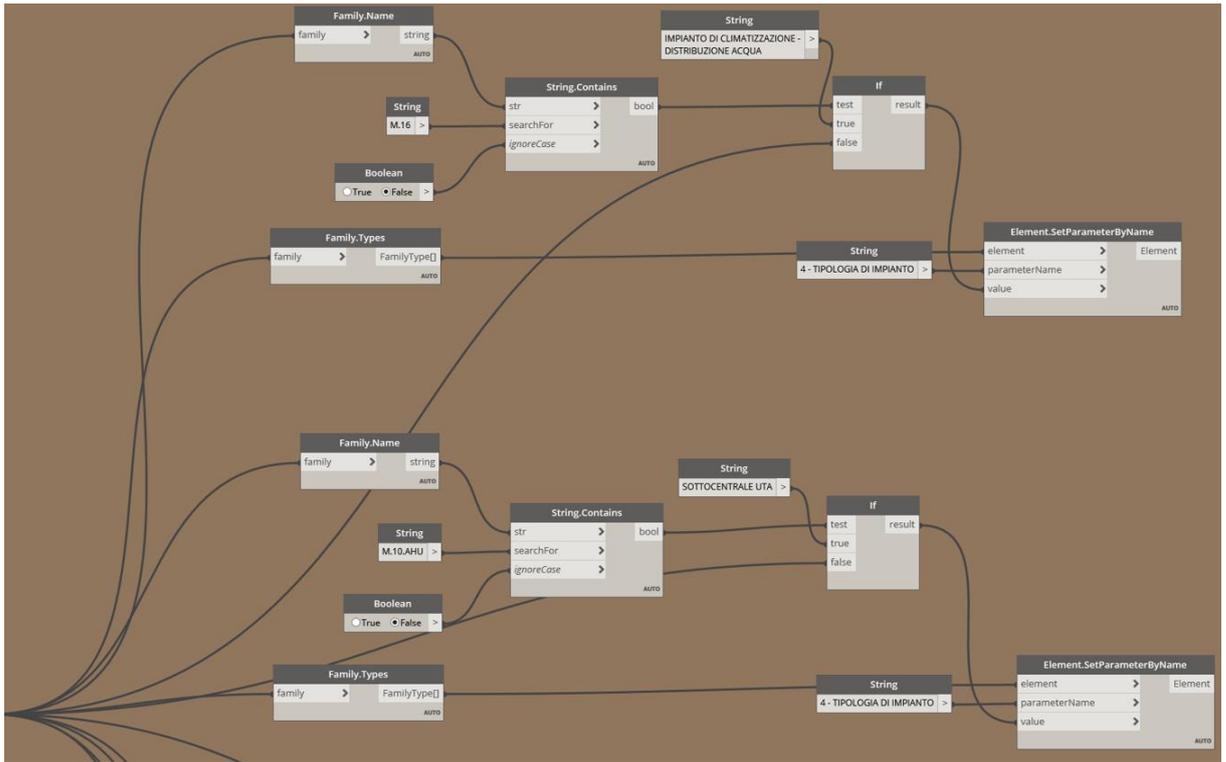


Assegnazione parametro "2 - DISCIPLINA"



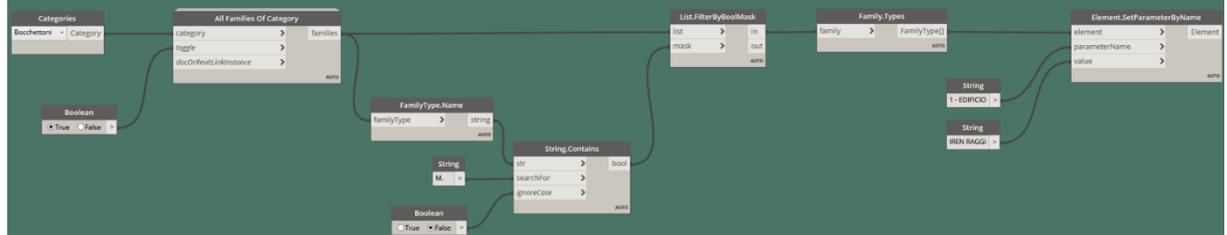
Assegnazione parametro "3 - LIVELLO"



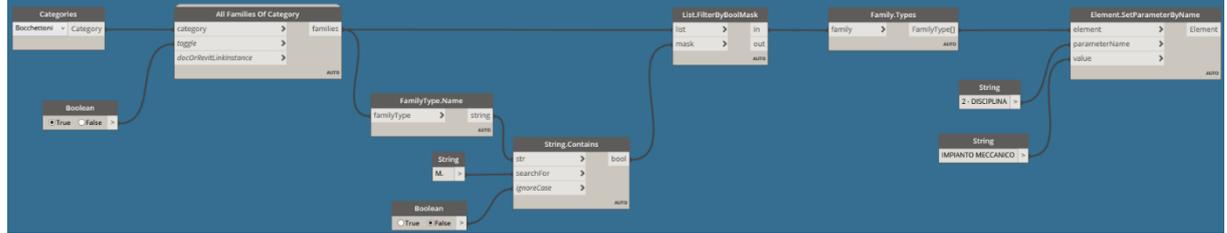


Per l'assegnazione dei parametri relativi al primo livello della WBS (Bocchettoni):

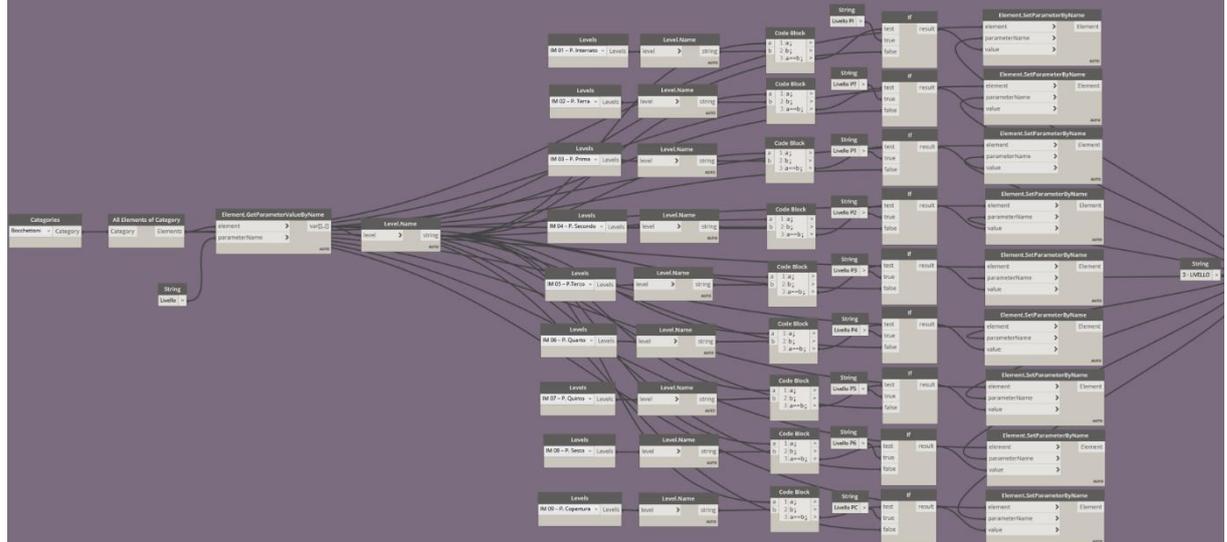
Assegnazione parametro "1 - EDIFICIO"



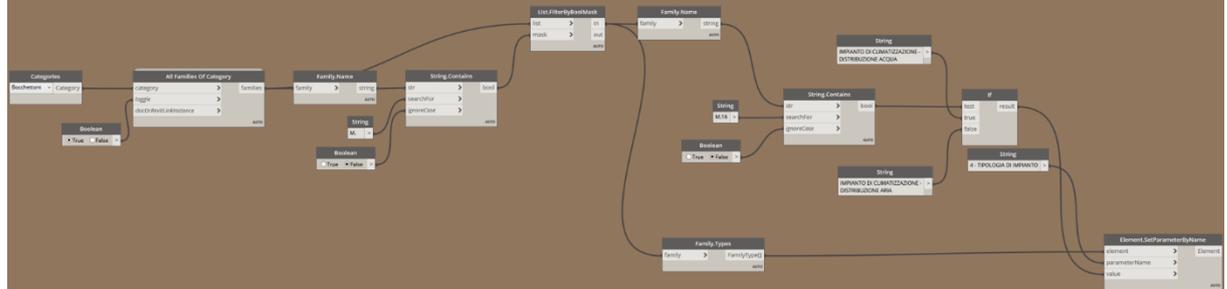
Assegnazione parametro "2 - DISCIPLINA"



Assegnazione parametro "3 - LIVELLO"

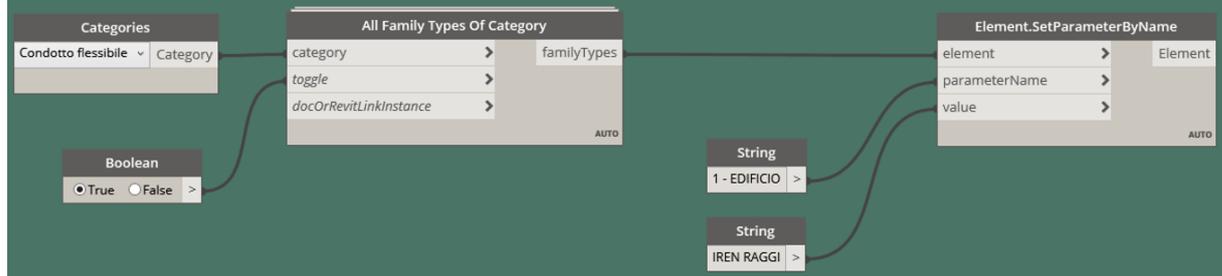


Assegnazione parametro "4 - TIPOLOGIA DI IMPIANTO"

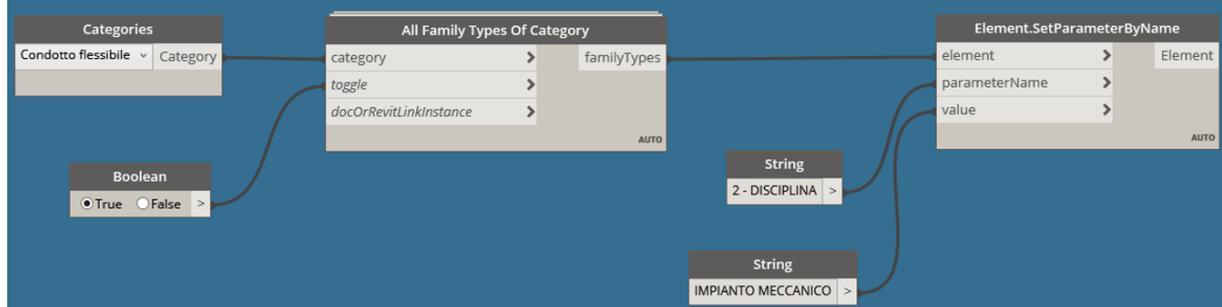


Per l'assegnazione dei parametri relativi al primo livello della WBS (Condotti flessibili):

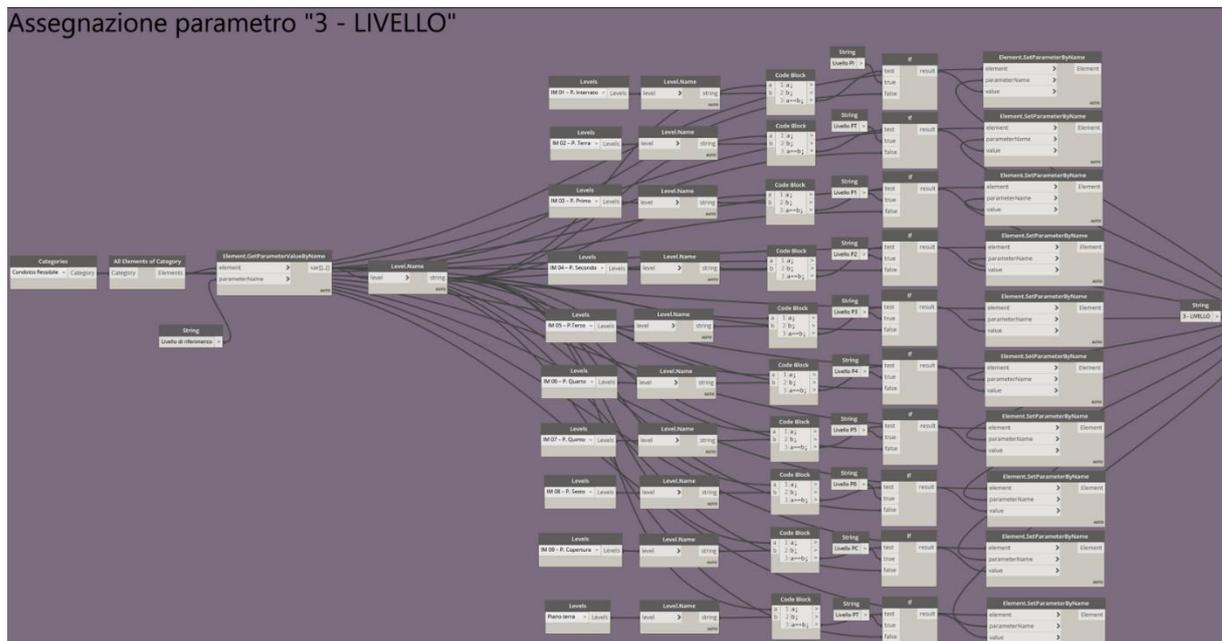
Assegnazione parametro "1 - EDIFICIO"



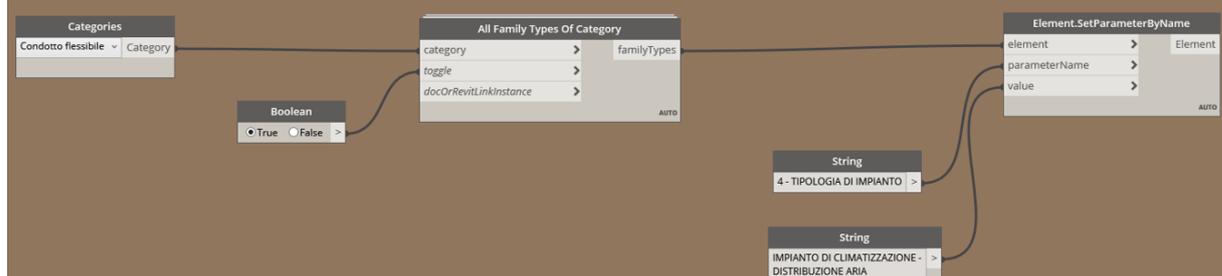
Assegnazione parametro "2 - DISCIPLINA"



Assegnazione parametro "3 - LIVELLO"

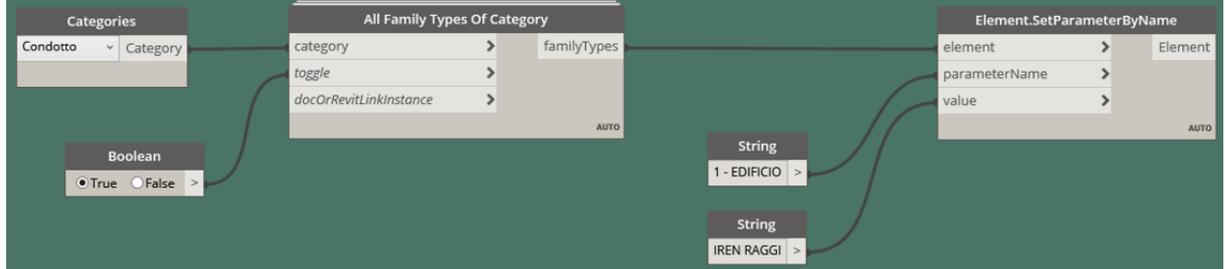


Assegnazione parametro "4 - TIPOLOGIA DI IMPIANTO"

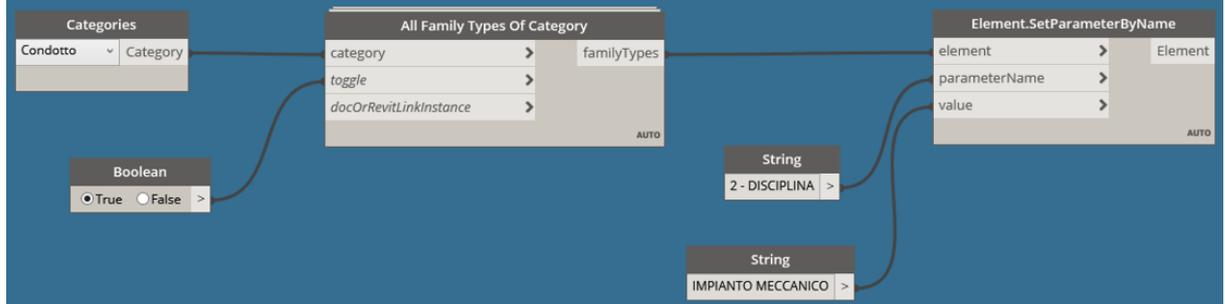


Per l'assegnazione dei parametri relativi al primo livello della WBS (Condotti):

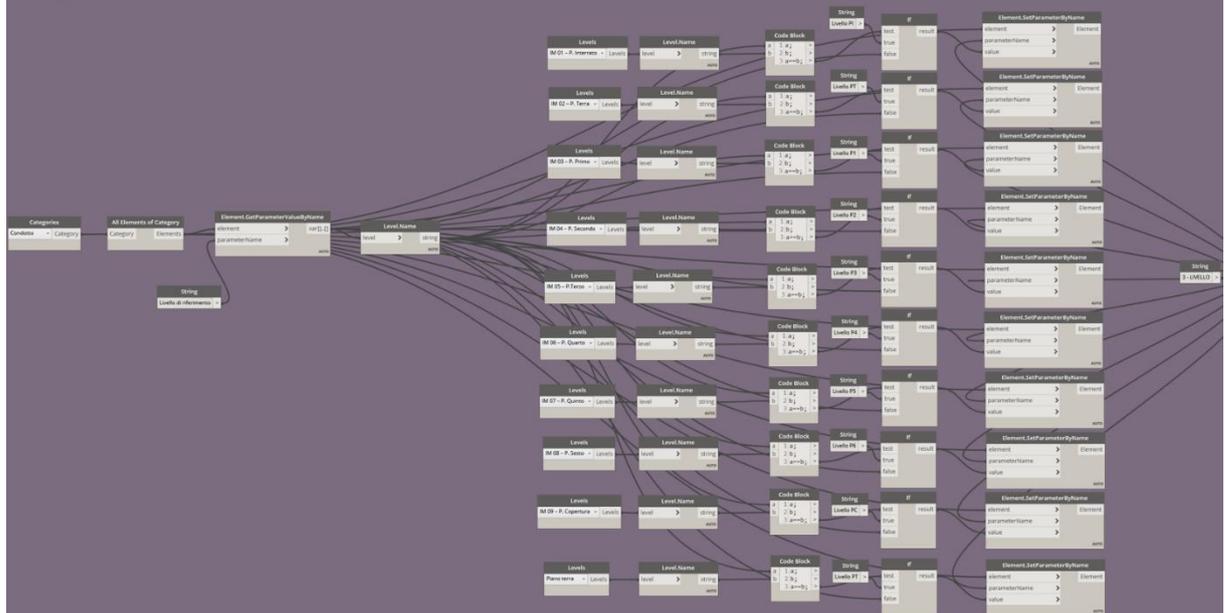
Assegnazione parametro "1 - EDIFICIO"



Assegnazione parametro "2 - DISCIPLINA"



Assegnazione parametro "3 - LIVELLO"

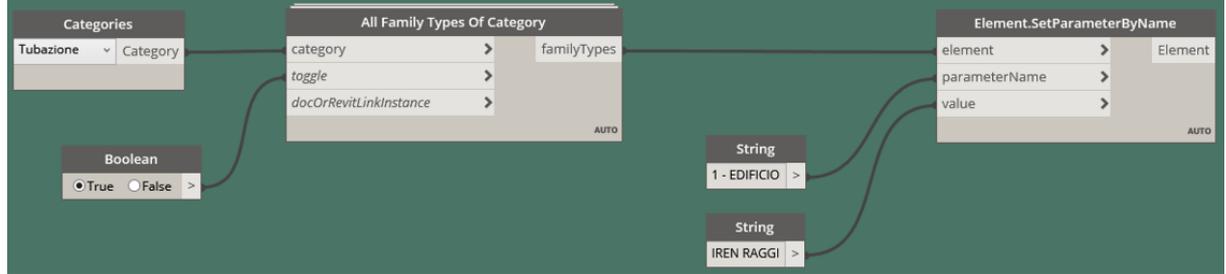


Assegnazione parametro "4 - TIPOLOGIA DI IMPIANTO"

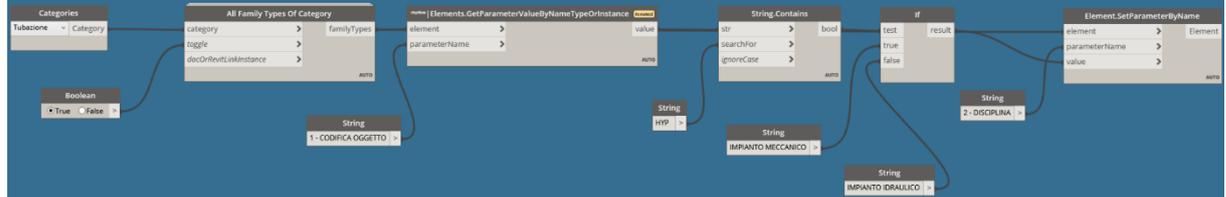


Per l'assegnazione dei parametri relativi al primo livello della WBS (Tubazioni):

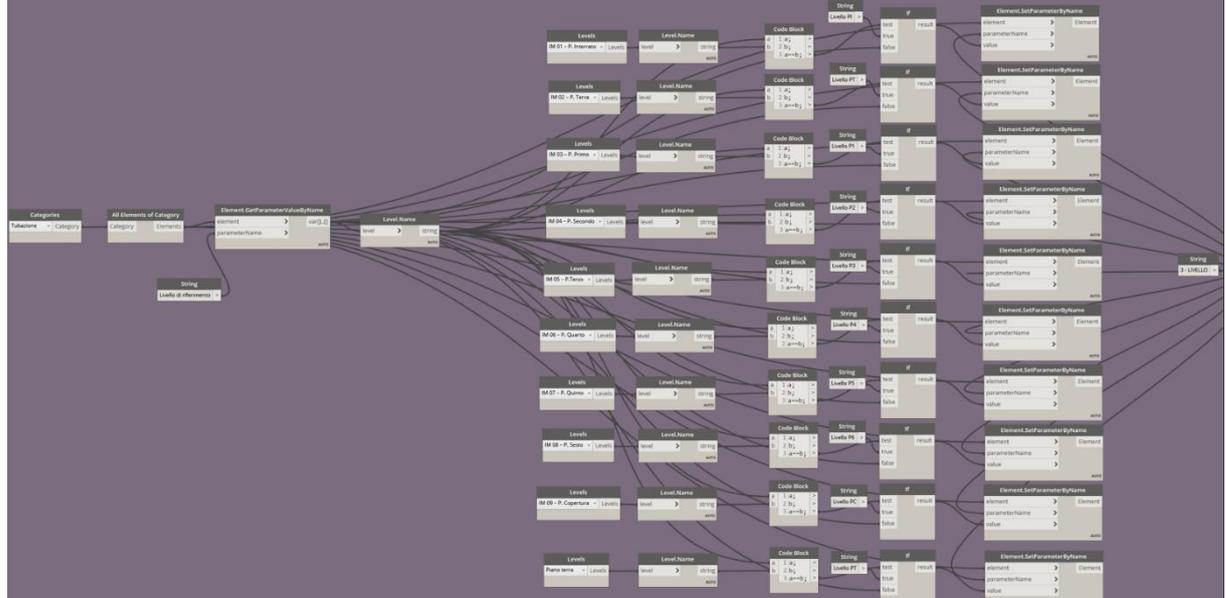
Assegnazione parametro "1 - EDIFICIO"



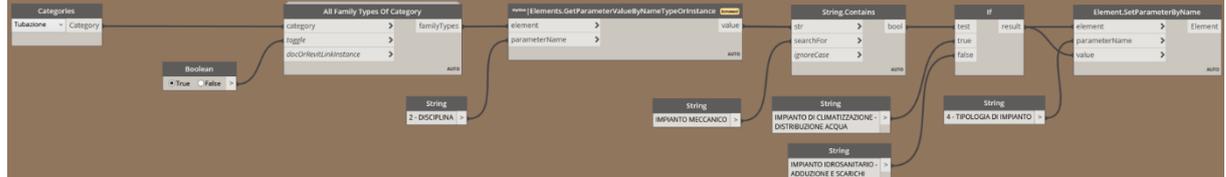
Assegnazione parametro "2 - DISCIPLINA"



Assegnazione parametro "3 - LIVELLO"

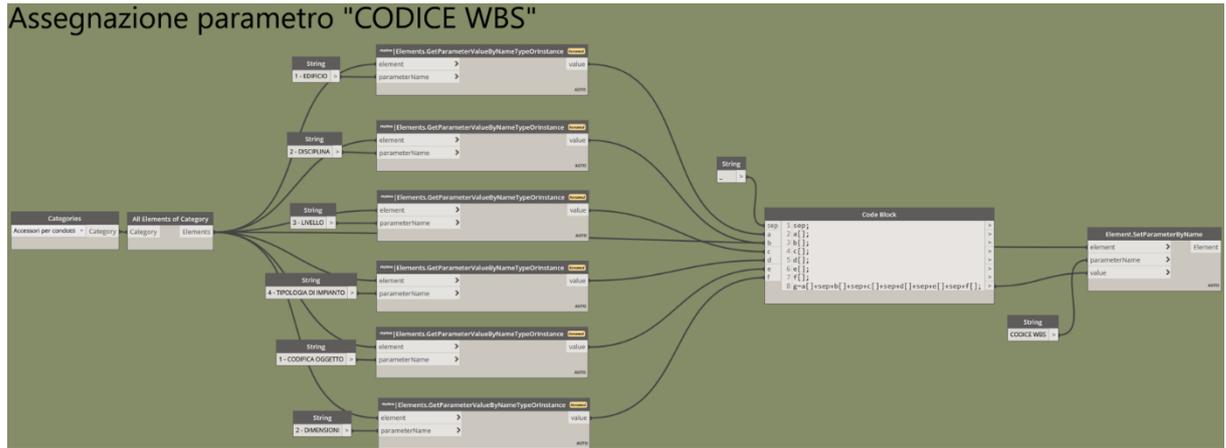


Assegnazione parametro "4 - TIPOLOGIA DI IMPIANTO"



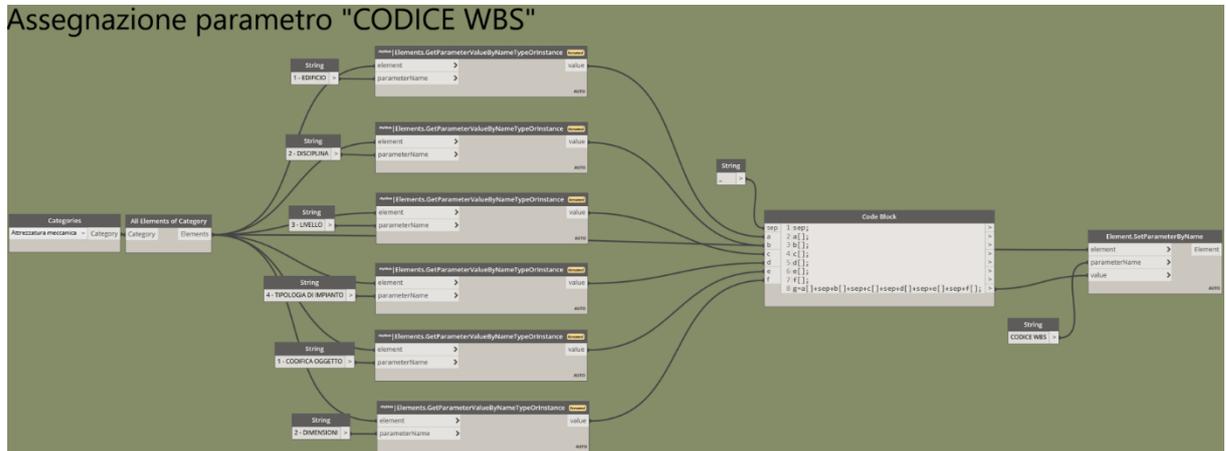
Per l'assegnazione dell'intero codice WBS (Accessori per condotti):

Assegnazione parametro "CODICE WBS"



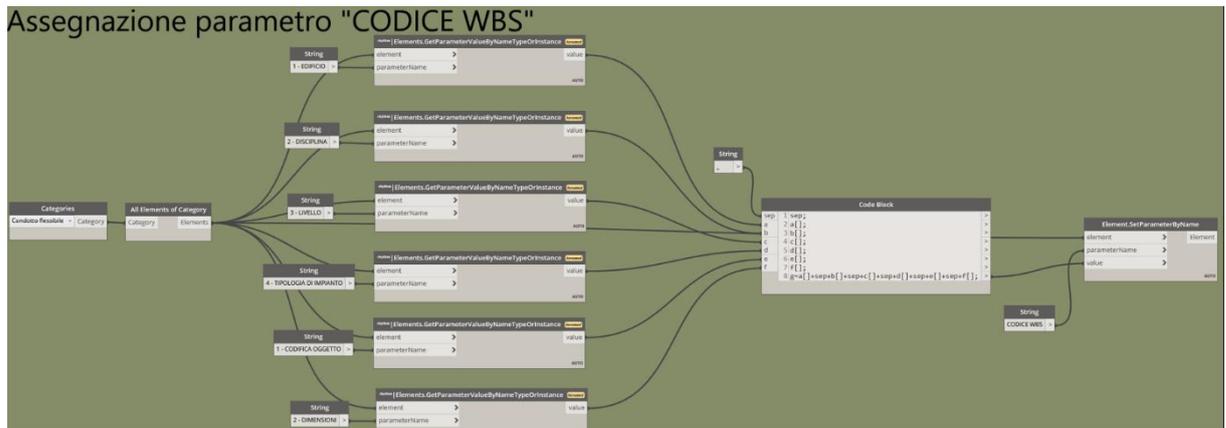
Per l'assegnazione dell'intero codice WBS (Attrezzatura meccanica):

Assegnazione parametro "CODICE WBS"



Per l'assegnazione dell'intero codice WBS (Condotti flessibili):

Assegnazione parametro "CODICE WBS"



Allegato B

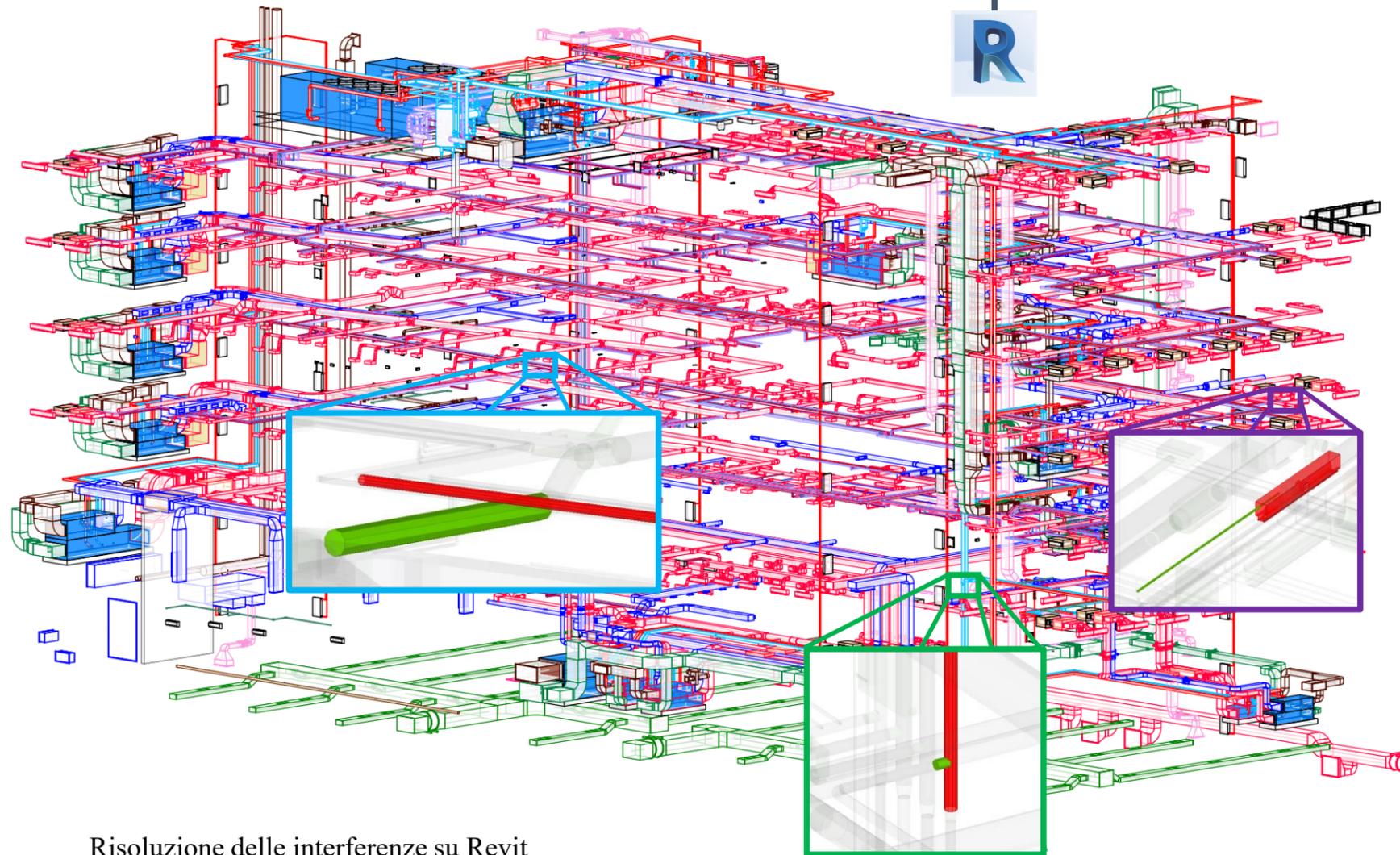
Viene riportata di seguito la tavola relativa all'analisi delle interferenze, chiamata anche con il termine di "Clash Detection".

La tavola ripercorre il flusso metodologico seguito per poter analizzare le varie collisioni all'interno del modello meccanico, a partire dall'esportazione del modello stesso in formato IFC sul software usBIM.clash, fino ad arrivare all'importazione del modello in formato BCF all'interno di Revit.

CLASH DETECTION

Configurazione CLASH DETECTION: IFC 2x3 Coordination View 2.0

USBIM.clash



ENTITA'

-  IfcFlowController
-  IfcFlowFitting
-  IfcFlowMovingDevice
-  IfcFlowSegment
-  IfcFlowTerminal

**GRUPPO
DI
SELEZIONE**

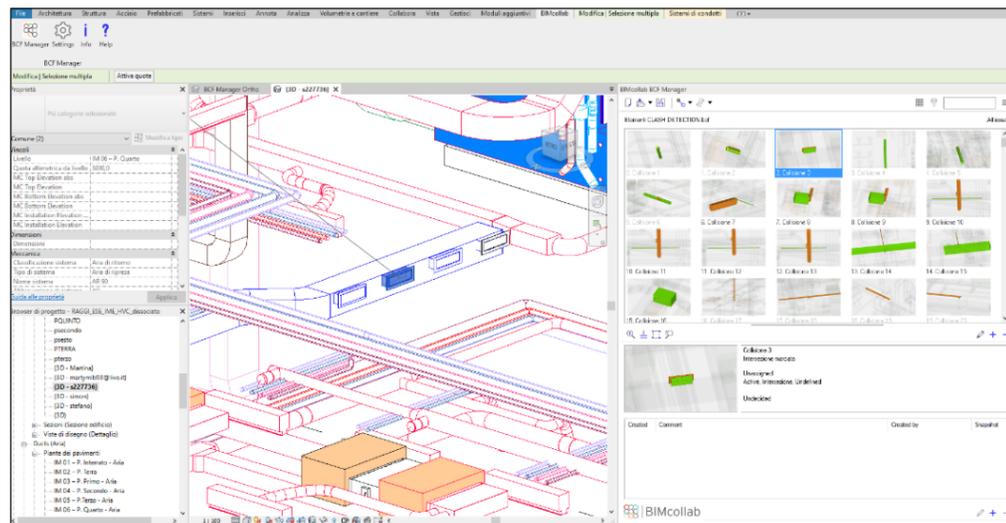
PROPRIETA' CLASH DETECTION:

- A vs A
- Hard Clash

INTERFERENZE RILEVATE: n. 2897

-  Attivo n. 552
-  Esaminato n. 1547
-  Risolto n. 798

Risoluzione delle interferenze su Revit



BCF



BCF Manager Revit 2021

Corso di laurea Magistrale in
Ingegneria Edile



Sessione di Laurea dicembre 2021

Anno Accademico 2020/2021

Relatore: Matteo Del Giudice

Candidato: Martina Duino

Disciplina:

MEP

Numero tavola:

00

Identificativo:

TAV_CLASH_DETECTION

Scala:

Bibliografia e sitografia

Bibliografia

- Di Giuda, G. M., (a cura di), Introduzione al BIM: Protocolli di modellazione e gestione informativa, Società Editrice Esculapio, 2019.
- Di Giuda, G. M., Maltese, S., Re Cecconi, F., Villa, V., Il BIM per la gestione dei patrimoni immobiliari: Linee guida, livelli di dettaglio informativo grafico (LOD) e alfanumerico (LOI), Milano: Hoepli editore, 2017.
- Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K., BIM Handbook, Second Edition – Edizione italiana a cura di Di Giuda G. M. e Villa V., Ulrico Hoepli Editore, Milano, 2016.
- Ferrara A., Feligioni E., BIM e Project Management: Guida pratica alla progettazione integrata, Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2016.
- Osello A., Il futuro del disegno con il BIM per ingegneri e architetti, Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2012.
- American Institute of Architects, “Integrated Project Delivery: A Guide,” 2007.
- Construction Specification Institute “MasterFormat™”.
- Construction Specification Institute “OmniClass™”.
- Construction Specification Institute “UniFormat™. A Uniform Classification of Construction Systems and Assemblies”, CSI:2010.
- D.lgs. n. 50 Codice dei contratti pubblici, Titolo III, Art.23 Livelli della progettazione per gli appalti, per le concessioni di lavori nonché per i servizi, comma 13, 18/04/2016.
- Ente Italiano di Normazione, UNI 11337 - Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni, 2017.
- Norma UNI 8290-1:1981, “Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Classificazione e terminologia”.
- PAS 1192-2:2013 - Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling – bsi

Sitografia

- <https://ita.architecturaldesignschool.com/brief-history-bim-54202>
[Ultimo accesso: 25/07/2021]

- <https://biblus.acca.it/building-information-modeling-o-model-la-storia-del-bim-e-levoluzione-software/>
[Ultimo accesso: 25/07/2021]
- https://www.edilportale.com/news/2015/10/focus/bim-a-cosa-serve-e-chi-lo-usera_48424_67.html
[Ultimo accesso: 25/07/2021]
- <https://www.a-sapiens.it/bim/news/cosa-e-bim-ne-un-software-ne-un-programma-ma-una-metodologia/>
[Ultimo accesso: 25/07/2021]
- <https://www.acca.it/bim-building-information-modeling>
[Ultimo accesso: 26/07/2021]
- <https://biblus.acca.it/focus/bim-building-information-modeling/>
[Ultimo accesso: 26/07/2021]
- <https://corsicfp.accademiati.n.it/cose-bim-perche-dovresti-conoscerlo/>
[Ultimo accesso: 26/07/2021]
- <https://www.autodesk.it/solutions/bim>
[Ultimo accesso: 26/07/2021]
- <https://www.autodesk.it/solutions/bim/benefits-of-bim>
[Ultimo accesso: 26/07/2021]
- <https://www.autodesk.it/collections/architecture-engineering-construction/construction>
[Ultimo accesso: 29/07/2021]
- <https://bimplus.org/news/the-very-beginning-of-the-digital-representation-ivan-sutherland-sketchpad/>
[Ultimo accesso: 29/07/2021]
- <https://www.teamsystem.com/construction/magazine-edilizia/facility-management/facility-management-e-bim-facciamo-chiarezza>
[Ultimo accesso: 29/07/2021]
- <https://www.bimportale.com/bim-cantiere-4d-la-pianificazione-la-gestione-del-processo-costruttivo/>
[Ultimo accesso: 30/07/2021]
- <https://www.infobuild.it/approfondimenti/bim-rivoluzione-digitale-edilizia-building-information-modeling/>
[Ultimo accesso: 30/07/2021]

- <https://skeinbim.com/bim-europa-punto-della-situazione/>
[Ultimo accesso: 08/08/2021]
- <https://www.ibimi.it/lezione-22-il-cuneo-e-la-curva-a-s/>
[Ultimo accesso: 08/08/2021]
- <https://www.01building.it/bim/livelli-maturita-approccio-bim/>
[Ultimo accesso: 08/08/2021]
- <https://blog.archicad.it/bim/tutto-sulla-iso-19650-concetti-e-principi>
[Ultimo accesso: 09/08/2021]
- <https://www.01building.it/bim/lod-progettazione-bim/>
[Ultimo accesso: 09/08/2021]
- <https://www.ingenio-web.it/18667-sistema-dei-lod-italiano-uni-11337-4-2017>
[Ultimo accesso: 09/08/2021]
- <https://bim.acca.it/ifc-e-sistemi-di-classificazione-nel-settore-delle-costruzioni/>
[Ultimo accesso: 09/08/2021]
- <https://biblus.acca.it/focus/le-7-dimensioni-del-bim/>
[Ultimo accesso: 30/08/2021]
- <https://edilgo.com/blog/computo-metrico-la-guida-completa/>
[Ultimo accesso: 30/08/2021]
- <https://www.preventivi.it/ristrutturazioniedili/computo-metrico-cose-e-a-cosa-serve>
[Ultimo accesso: 07/09/2021]
- http://www.propertieslife.it/news/3762/il_computo_metrico_cos_e_e_a_cosa_serve.html
[Ultimo accesso: 07/09/2021]
- <https://bim.acca.it/bim-cde-common-data-environment/>
[Ultimo accesso: 07/09/2021]
- <https://www.buildingsmartitalia.org/standard/standard-bs/bim-collaboration-format-bcf/>
[Ultimo accesso: 28/10/2021]
- <https://bim.acca.it/formato-bcf-e-usbim-bcf/>
[Ultimo accesso: 28/10/2021]
- <https://www.bimfactory.it/il-formato-bcf/>
[Ultimo accesso: 28/10/2021]
- <https://bim.acca.it/ecco-cosa-sono-clash-detection-clash-management/>
[Ultimo accesso: 28/10/2021]