

POLITECNICO DI TORINO

Laurea Magistrale in Ingegneria Elettrica

Collegio di Ingegneria Elettrica



Tesi di laurea Magistrale

Nuovi strumenti BIM per la progettazione elettrica

Relatori

Prof. Ing. Anna OSELLO

Prof. Ing. Paolo DI LEO

Prof. Ing. Matteo DEL GIUDICE

Candidato

Edoardo ROSANO

Anno Accademico 2019/2020

Alle persone che porto con me.

Abstract ITA

La presente tesi, introduce i principali concetti della metodologia BIM applicata al patrimonio edilizio esistente e si pone l'obiettivo di fornire gli strumenti necessari alla sua comprensione e utilizzo, con particolare riferimento alla componente impiantistica.

Risulta infatti necessario mettere in evidenza le potenzialità del modello, che continua ad assumere nel corso degli anni una valenza sempre maggiore rispetto ad una progettazione tradizionale anche e soprattutto in un'ottica di gestione e manutenzione del fabbricato.

Il caso studio della presente tesi è relativo alla Torre della Regione Piemonte sita in Torino. Tutti gli elementi funzionali all'impianto sono stati creati rispettando gli as-built (dettagliata "fotografia" di come è stato realizzato l'impianto utilizzato per la corretta gestione e futura manutenzione dell'impianto) forniti dai progettisti impegnati sul campo e verificati attraverso sopralluoghi in cantiere.

Si è inoltre resa necessaria la creazione di una banca dati relativa a tutte le componenti dell'impianto elettrico, e di una standardizzazione per un'codifica univoca, al fine di semplificare il successivo futuro iter manutentivo.

Abstract ENG

This thesis introduces the main concepts of the BIM methodology applied to the existing building heritage and aims to provide the tools necessary for its understanding and use, with particular attention to the electric system.

In fact, it's necessary to highlight the potential of the model, which takes nowadays a greater value compared to a traditional design, in a building management and maintenance perspective.

The case study of the following thesis relates to the Piedmont Region Tower, built by the municipality of Turin. All the functional elements of the system have been created respecting the as-built (detailed "photograph" of how the system is realized and how will be used for the correct management and future maintenance) provided by the designers engaged in the field and verified through inspections In the dockyard.

It was also necessary to create a database relating to all the components of the electrical system, and standardization for a unique coding, in order to simplify the subsequent future maintenance process.

INDICE

Elenco delle tabelle	VII
Elenco delle figure	VIII
Acronimi	XI
1 Introduzione	1
1.1 Obiettivi	1
2 La metodologia BIM	2
2.1 Cos'è il BIM	2
2.2 Il Mechanical Electrical and Plumbing (MEP)	5
2.3 Il Level of Development (LOD)	6
3 Progettazione di Impianti Elettrici	10
3.1 Generalità	10
3.2 Normativa	11
3.3 Criteri di progettazione	19
3.4 Software per la progettazione elettrica	30
4 Caso Studio e Creazione del Modello	32
4.1 Caso Studio: Torre della Regione	32
4.2 Descrizione tecnica degli impianti	34
4.3 Il software	43
4.4 Definizione standard famiglie	46
4.5 Parametri condivisi	48
4.6 Il Modello	53
4.7 Creazione oggetti	60

4.8	Simboli di annotazione	67
4.9	Filtri	71
4.10	Programmazione Visuale	74
4.11	Script: Identificativo	76
4.12	Script: Codici padre	80
4.13	Modello Federato	85
4.14	Criticità del modello Federato	88
4.15	Script: Modello Federato e Codici Padre	91
4.16	Abachi ed Elenchi	96
5	Dal modello di restituzione al modello per la progettazione	100
5.1	Criticità in fase di Modellazione	100
5.2	Strumenti per la progettazione	105
5.3	Attribuzione Parametri Tecnici	107
5.4	Script: Distanza quadro	110
5.5	Script: Caduta di tensione	114
5.6	Caduta di tensione e filtri	118
6	Risultati	121
7	Conclusioni e sviluppi futuri	125
8	Ringraziamenti	127
A	Appendice A - Documentazione Fotografica sopralluoghi	129
B	Appendice B - Codici di Programma	134
C	Appendice C - Parametri di Progetto	136
	Bibliografia e Sitografia	141

ELENCO DELLE TABELLE

2.1	I vantaggi del metodo BIM	5
3.1	Repertorio Principali Comitati Tecnici CEI – 19/09/2003	14
3.2	Fattore di Utilizzazione	27
3.3	Fattore di Contemporaneità	27
4.1	Elenco Parametri condivisi	48
4.2	Elenco Codici Categoria degli oggetti del modello	50
4.3	Scheda LOG - LOI (TRP_TO_ELE_GP)	51
4.4	Scheda LOG - LOI (TRP_TO_ELE_AF)	52
4.5	Nome circuiti illuminazione Torre della Regione	67
5.1	Possibili applicazioni del BIM nella modellazione elettrica	106
C.1	Tabella Parametri di Progetto	136

ELENCO DELLE FIGURE

2.1	Interoperabilità tradizionale e BIM	2
2.2	Modello informativo BIM	3
2.3	Esempio di modellazione HVAC - LOD 350	6
2.4	Entità, oggetti, LOD	7
2.5	LOD impianti	8
3.1	Distribuzione dell'energia elettrica	10
3.2	Dettaglio avanzamento lavori impianto elettrico a soffitto piano -1 Torre della Regione Piemonte	19
3.3	Interfaccia i-Project	30
4.1	Profilo Ovest Torre della Regione	32
4.2	Ambiente di lavoro Revit® Modello tridimensionale della Torre della Regione	33
4.3	Schema load flow assetto a regime ed emergenza	35
4.4	Schema Colonne Montanti	36
4.5	Planimetria impianti a pavimento livello 4 Torre della Regione	38
4.6	Legenda Torrette	39
4.7	Planimetria impianti a soffitto livello 4 Torre della Regione	40
4.8	Ambiente di lavoro Revit® - Menu attrezzatura elettrica	43
4.9	Menu Impostazioni Elettriche	45
4.10	Categorie, Famiglie, Tipi	46
4.11	Schema flusso metodologico tesi	54
4.12	Menu acquisizione CAD	55
4.13	Menu Visibilità/grafica	56
4.14	Menu Classificazione Carichi	57
4.15	Menu Fattori di Richiesta	58

4.16	Menu Nuova Famiglia	60
4.17	Ambiente di lavoro Revit® - Creazione Blindosbarre	61
4.18	Menu Tipi di famiglia - Parametrizzazione Blindosbarre	62
4.19	Menu Proprietà Connettore Elettrico	63
4.20	Ambiente di lavoro Revit® - Vista 3D livello 37	64
4.21	Ambiente di lavoro Revit® - Selezione Circuito	66
4.22	Creazione simbolo quadro - Finestra nuovo parametro	68
4.23	Attribuzione del simbolo nella famiglia quadro - Finestra famiglia	69
4.24	Quadro vista Pianta dei pavimenti	70
4.25	Ambiente di lavoro Revit® - Livello 4 Torre della Regione Impianti a controsoffitto	71
4.26	Menu Filtri	73
4.27	Menu Browser di sistema	74
4.28	Ambiente di lavoro Dynamo®	75
4.29	Script Identificativo	77
4.30	Script Identificativo Blocco iniziale	78
4.31	Script Identificativo Blocco finale	80
4.32	Script Codici Padre	81
4.33	Script Codici Padre Blocco iniziale	82
4.34	Script Codici Padre Blocco centrale	83
4.35	Script Codici Padre Blocco finale	84
4.36	Ambiente Revit® - Livello 38 Risultato compilazione Codici Padre e Identificativo	84
4.37	Modello Federato	85
4.38	Creazione modello <i>Stand Alone</i>	86
4.39	Ambiente Revit® - Livello 38 Modello federato, discipline Elettrica, Meccanica, Architettonica e Strutturale	88
4.40	Ambiente Revit® - Livello 38 Modello elettrico, gerarchizzazione Carichi Meccanici UTA	89
4.41	Ambiente Revit® - Modello Federato criticità	90
4.42	Script Codici Padre Elettrico attraverso il Modello federato - Prima Parte	91
4.43	File Microsoft Excel® - Identificativo Quadro elettrico e Informazione sul Livello	92
4.44	Script Codici Padre Elettrico attraverso il Modello federato - Prima Seconda - Blocchi Input	94

4.45	Script Codici Padre Elettrico attraverso il Modello federato - Prima Seconda - Output	94
4.46	Script Codici Padre Elettrico attraverso il Modello federato - Risultati	95
4.47	Menu proprietà Abaco	96
4.48	Ambiente Revit - Abaco	97
4.49	Abaco dell'attrezzatura elettrica - <i>Stralcio</i>	99
4.50	Abaco dei dispositivi di illuminazione - <i>Stralcio</i>	99
5.1	Errata visualizzazione blindosbarre in menu quadro	101
5.2	Realizzazione famiglia annidata blindosbarra	102
5.3	Connettore spina <i>esterno</i> alla blindosbarra - Messaggio di errore . .	103
5.4	Discretizzazione processo decisionale	104
5.5	Schermata di errore	105
5.6	Scheda tecnica blindosbarre	108
5.7	Menu Tipi di famiglia - Parametri tecnici Blindosbarre	109
5.8	Script calcolo impedenza Blindosbarre	109
5.9	Script Distanza quadro	110
5.10	Script Distanza quadro Blocco iniziale	111
5.11	Script Distanza quadro Blocco finale	113
5.12	Script Caduta di tensione	114
5.13	Script Caduta di tensione Blocco iniziale	115
5.14	Script Caduta di tensione Blocco finale	117
5.15	Filtro - <i>Cdt val max</i>	119
5.16	Ambiente di lavoro Revit® - Livello 4 Torre della Regione Vista Filtrata	120
A.1	Avanzamento dei lavori piano 35, Pavimento flottante e posa delle blindosbarre	129
A.2	Dettaglio blindosbarre	130
A.3	Avanzamento dei lavori Piano 15 - vista lato Ovest	130
A.4	Avanzamento dei lavori Piano 15 - vista lato Est Grande vuoto . . .	131
A.5	Quadro Elettrico QE.T.P15.01 (O) Piano 15 - Locale tecnico	131
A.6	Quadro Elettrico QE.T.P15.01 (PO/P15) Piano 15 - Locale tecnico	132
A.7	Dettaglio salita conduttori da quadro QGBT1 (O) Piano 15 - Locale tecnico	132
A.8	Rack Dati/Fonia Piano 15 - Locale tecnico	133
A.9	Dettaglio Passerella controsoffitto Piano 23	133

ACRONIMI

2D Due Dimensioni	D.L. Decreto Legge
3D Tre Dimensioni	D.Lgs. Decreto Legislativo
BIM Building Information Model/ling	D.P.R. Decreto del Presidente della Repubblica
MEP Mechanical Electrical and Plumbing	DM Decreto Ministeriale
EIR Employer's Information Requirements	DICO Dichiarazione di Conformità
CAD Computer Aided Design	DIRI Dichiarazione di Rispondenza
RUP Responsabile Unico Procedimento	ANAC Autorità Nazionale Anticorruzione
UNI Ente nazionale Italiano di Unificazione	INAIL Istituto nazionale Assicurazione Infortuni sul Lavoro
CEI Comitato Elettrotecnico Italiano	ASL Azienda Sanitaria Locale
CT Comitato Tecnico	ARPA Agenzia regionale per la protezione ambientale
DL Direttore Lavori	VVF Vigili del Fuoco
BT Bassa Tensione	UPS Uninterruptible Power Supply
MT Media Tensione	UGR indice di abbagliamento diretto
AT Alta Tensione	FIAT Fabbrica Italiana Automobili Torino

ID Identificativo

LOD Level of Developement

LOG Level of Graphic information

LOI Level of Information

IFC Industry Foundation Class

TRP Torre Regione Piemonte

API Application Programming Interface

NAS Network Attached Storage

UTA Unità Trattamento Aria

.dwg Formato di progetto Autodesk Autocad®

.pdf Formato Portable Document Format Adobe Acrobat®

.jpg Formato immagine Joint Photographic Experts Group

.ifc Formato internazionale di trasferimento dati da database informativo

.rvt Formato di progetto di modello Autodesk Revit®

.rfa Formato di progetto di famiglia Autodesk Revit®

.html Formato di esportazione visualizzabile su pagina web

.xls Formato di file Microsoft Excel®

.dyn Formato di file Dynamo®

INTRODUZIONE

1.1 | **Obiettivi**

Il presente documento nasce dalla volontà di trasferire nell'ambito delle costruzioni il modello digitale di un sistema elettrico.

Questa operazione è possibile grazie all'utilizzo di un nuovo metodo informativo, il **Building Information Model/ling (BIM)**, che permette di gestire, in un unico ambiente virtuale, ogni aspetto riguardante il ciclo di vita di edifici e infrastrutture. La comprensione e l'analisi delle procedure alla base del metodo risultano di particolare interesse in vista di una sua imminente introduzione all'interno dei processi di progettazione.

L'obiettivo è ottenere un modello tridimensionale che rappresenti l'oggetto reale sfruttando efficacemente le potenzialità di parametrizzazione fornite dalla tecnologia, riuscendo così a combinare elaborati grafici, dati e informazioni.

Partendo dal caso studio, la Torre della Regione Piemonte sita in Torino, il presente elaborato analizza nel dettaglio l'utilizzo della metodologia **BIM** per la creazione dell'impianto elettrico della struttura, mettendo in evidenza potenzialità e punti di necessaria crescita dello strumento.

La definizione dei passi da compiere per la produzione del modello ha permesso, infatti, di analizzare gli strumenti a disposizione e di esplorarne i rapporti con le altre discipline.

Lo sviluppo di considerazioni comparative con gli strumenti tradizionali di progettazione ha evidenziato i limiti che questo nuovo processo attualmente presenta e ha spinto verso la ricerca di metodi alternativi per ottenere i medesimi risultati con gli strumenti a disposizione.

LA METODOLOGIA BIM

2.1 | Cos'è il BIM

Il **Building Information Model/ling (BIM)**, è il processo di generazione e gestione digitale di un edificio rappresentato attraverso le proprie caratteristiche fisiche e funzionali. Il punto di forza del **BIM** si trova nella capacità di permettere

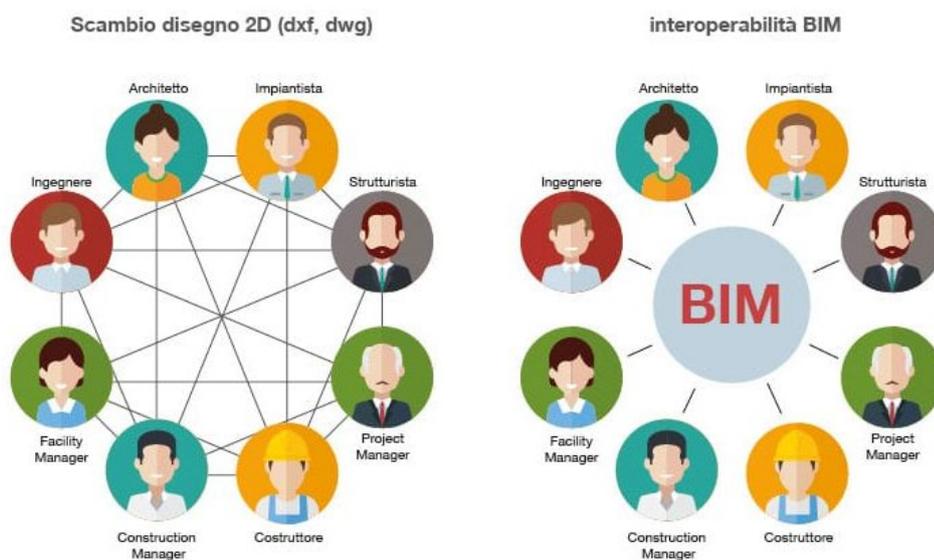


Figura 2.1: Interoperabilità tradizionale e BIM - Fonte: [vedi 1]

la collaborazione dei professionisti su un modello coordinato, fornendo ad ognuno la possibilità di verificare come il proprio lavoro si adatta al progetto nel suo complesso e aiutandoli a lavorare in maniera più efficiente.

Attraverso questo metodo i disegnatori creano un disegno digitale in tre dimensioni, che include dati riferiti alle specifiche fisiche e funzionali degli oggetti. Le componenti del modello sono standardizzate e contenute all'interno di librerie, ogni oggetto contiene informazioni relative alla sua natura, funzione e alle sue prestazioni.

I metodi tradizionali prevedevano l'utilizzo di progetti e disegni per esprimere le informazioni sui particolari della costruzione, con un approccio bidimensionale a volte difficile da interpretare.

L'introduzione del **Computer Aided Design (CAD)** ha portato notevoli miglioramenti ai modelli, introducendo di fatto la visualizzazione tridimensionale che dal **BIM** viene ripresa e portata a nuovi livelli di complessità.

Gli oggetti usati nel **BIM** sono delle componenti articolate, contengono dati e hanno delle geometrie ben determinate, se un elemento viene modificato, ogni vista del progetto riflette quella variazione maniera istantanea. Il **BIM** rende le



Figura 2.2: Modello informativo BIM - Fonte: [vedi 2]

fasi progettuali più veloci ed efficienti e permette la creazione di un archivio dati che comprende tutta la storia della costruzione dal progetto alla sua realizzazione. La validità del modello così creato non si arresta con la costruzione dell'edificio, ma si estende a tutto il ciclo di vita dell'opera permettendo all'utente finale di

monitorare le risorse, gestire al meglio la struttura e pianificare le future operazioni di manutenzione, ristrutturazione e addirittura demolizione.

La conoscenza di queste informazioni si traduce nell'abbattimento dei costi di progettazione e costruzione, poiché permette di evidenziare le criticità già sul modello riducendo i ritardi e i tempi di consegna. Sotto il profilo normativo il nuovo sistema viene disciplinato dal Decreto **BIM (Decreto Ministeriale (DM) 560/2017)** che stabilisce i tempi di progressiva introduzione dei metodi e degli strumenti di moderazione per l'edilizia e le infrastrutture.

In particolare, le stazioni appaltanti dovranno richiedere, in via obbligatoria, l'uso **BIM** secondo la seguente tempistica:

- per i lavori complessi relativi a opere di importo a base di gara pari o superiore a 100 milioni di euro, a decorrere dal 1° gennaio 2019;
- per i lavori complessi relativi a opere di importo a base di gara pari o superiore a 50 milioni di a decorrere dal 1° gennaio 2020;
- per i lavori complessi relativi a opere di importo a base di gara pari o superiore a 15 milioni di euro a decorrere dal 1° gennaio 2021;
- per le opere di importo a base di gara pari o superiore alla soglia di cui all'articolo 35 del codice dei contratti pubblici, a decorrere dal 1° gennaio 2022;
- per le opere di importo a base di gara pari o superiore a 1 milione di euro, a decorrere dal 1° gennaio 2023;
- per le nuove opere di importo a base di gara inferiore a 1 milione di euro, a decorrere dal 1° gennaio 2025.

Il metodo garantisce la creazione di un ambiente di condivisione dei dati dove tutto ciò che viene raccolto viene condiviso in base a principi giuridici sulla proprietà intellettuale e tutelati da dispositivi di protezione della sicurezza dei dati.

Il **BIM** diventa uno strumento fondamentale per la pianificazione delle manutenzioni ordinarie e straordinarie, poiché permette di scandire le tempistiche di intervento. L'adozione di questo metodo risulta, dunque, rivoluzionario sul fronte edilizio, grazie all'enorme contributo nella riduzione degli errori e degli sprechi soprattutto in termini di risorse finanziarie.

Tabella 2.1: I vantaggi del metodo BIM

1	Costi e Tempi	Riduzione dei costi e dei tempi sia durante la progettazione che in fase di costruzione
2	Errori e Varianti	Riduzione degli errori e conseguente prevenzione e annullamento delle varianti in corso d'opera grazie alla gestione del progetto in 3D
3	Standardizzazione	Aumento generale della efficienza, della produttività e della qualità del progetto, grazie alla standardizzazione della documentazione
4	Manutenzione	Tracciabilità della documentazione, aspetto importante durante la progettazione e durante le fasi successive di funzionamento e manutenzione

2.2

Il Mechanical Electrical and Plumbing (MEP)

La progettazione **BIM Mechanical Electrical and Plumbing (MEP)** degli impianti nasce e si sviluppa in contemporanea con i modelli architettonici e strutturali. Infatti, grazie alla visione d'insieme del sistema edificio-impianto è possibile valutare la coerenza dimensionale e spaziale degli impianti all'interno della costruzione ed evitare interferenze e sovrapposizioni.

La possibilità di avere un modello **MEP** assieme ad un modello architettonico e/o strutturale permette di creare e modificare assetti impiantistici perfettamente aderenti alla costruzione e suscettibili delle sue modifiche.

L'utilizzo di software **BIM** ci permette, inoltre, di poter importare ed esportare file in **Industry Foundation Class (IFC)**, un formato che consente uno scambio di informazioni con software terzi di progettazione senza perdita o distorsione di dati e favorendo quindi l'integrazione con un ecosistema più familiare per il professionista. Tutti gli elementi impiantistici necessari al modello possono essere presi direttamente dalle librerie del software, dove sono organizzati in database specifici, oppure, ove non presenti, possono essere creati ex-novo. Il modello **MEP**, dunque, diventa una rappresentazione "su misura" per la struttura, poiché, si inserisce perfettamente

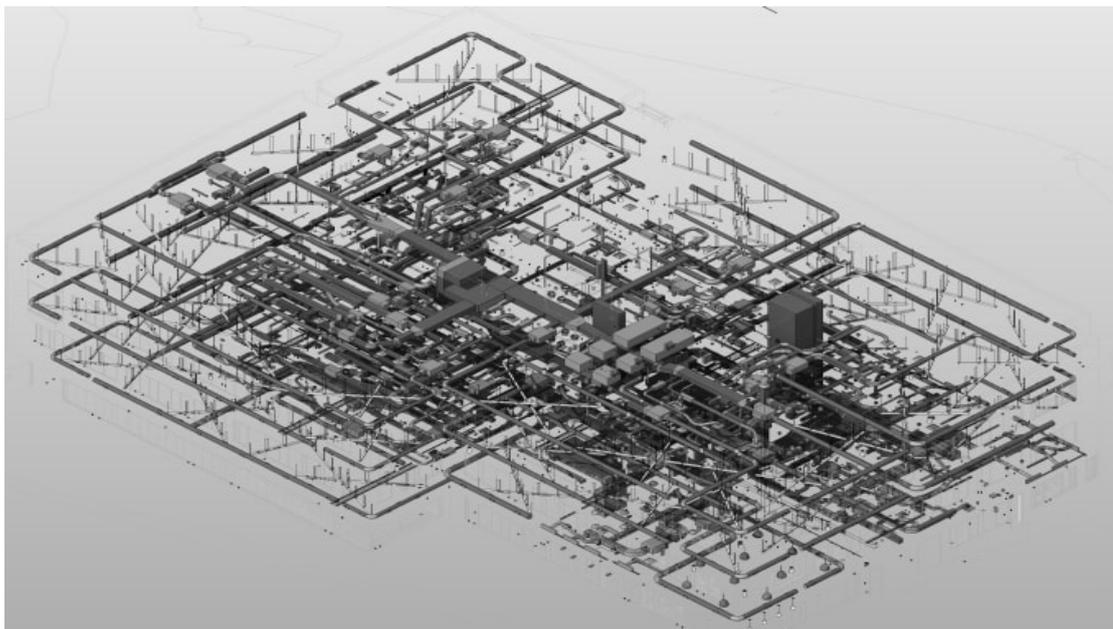


Figura 2.3: Esempio di modellazione HVAC - LOD 350 - Fonte: [vedi 3]

all'interno dei volumi creati dal modello architettonico/strutturale.

In tutte le fasi di sviluppo del progetto, indipendentemente dal livello di dettaglio raggiunto, dal modello è possibile ricavare sia sezioni, piante o prospetti sia informazioni utili al computo dei materiali utilizzati. Queste rappresentano una fotografia coerente dell'avanzamento progettuale, sono collegate in tempo reale e risultano dunque congruenti ad ogni modifica apportata. I difetti e gli errori di coordinamento sono ridotti al minimo e le informazioni vengono propagate in modo molto più efficiente.

Il beneficio di una progettazione **BIM MEP** è decisamente evidente sia in termini di risparmio economico, di tempo e di controllo sul progetto dalle fasi preliminari fino a quelle finali di gestione e conduzione dell'opera.

2.3

Il Level of Development (LOD)

*“Il termine **LOD** rappresenta il “Livello di definizione” (o “Livello di sviluppo”) che il modello **BIM** deve raggiungere secondo le necessità finali individuate dal committente del progetto: solitamente queste informazioni sono contenute in un*

documento nominato **Employer's Information Requirements (EIR)**. Per ciascuna fase del progetto è di fondamentale importanza che risulti ben definito il livello di dettaglio richiesto, sia per informazioni grafiche e geometriche, che di attributi. Nel modello **BIM** possono convergere molte informazioni, ed è importante quindi che risiedano nel modello quelle utili al committente ed utilizzate dai diversi professionisti che collaborano al progetto, nelle diverse fasi della progettazione. Quindi il livello di dettaglio del modello **BIM** aumenta man mano che il progetto procede: nella prima fase le informazioni che caratterizzano il modello solitamente sono quelle relative alla situazione esistente, mentre nelle fasi successive si passa da un semplice modello di concetto ad un modello virtuale reso reale grazie ad un livello dettagliato e, di fatto, costruttivo. La pratica progettuale prevede in effetti uno sviluppo di informazioni e geometrie a diverse velocità, e questi aspetti possono provenire dai diversi collaboratori del team di progetto, e il loro sviluppo può passare dal committente, ai consulenti, al contraente e fornitori e, infine, di nuovo al committente. "[4]

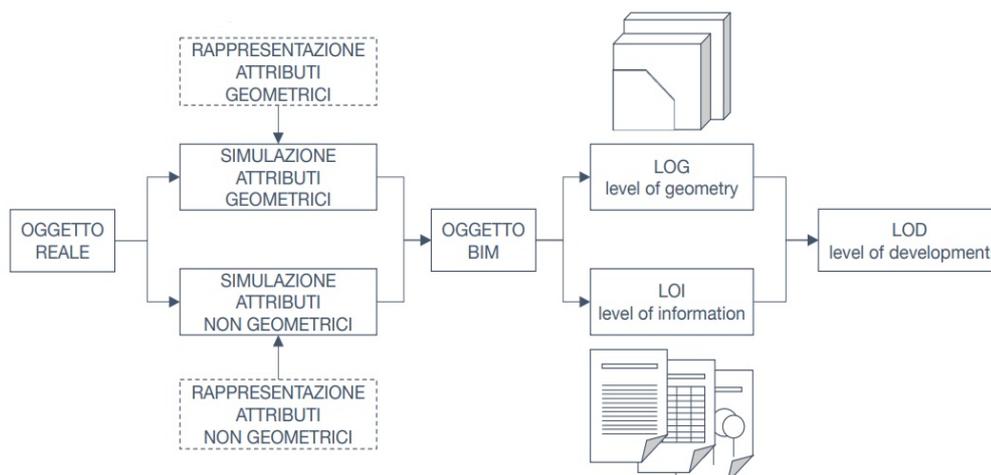


Figura 2.4: Entità, oggetti, LOD - Fonte: [vedi 5]

Il **LOD** così definito segue riferimenti normativi italiani descritti alla **UNI 11337-4:2017**, nella quale si distingue anche il concetto di **Level of Graphic information (LOG)** (livello di sviluppo degli oggetti-attributi geometrici) e **Level of Information (LOI)** (livello di sviluppo degli oggetti-attributi informativi). La norma adotta la seguente scala per la definizione del **Level of Development**:

- **LOD A:** Le entità sono rappresentate graficamente attraverso un sistema

- **LOD E:** Le entità sono virtualizzate graficamente come uno specifico sistema geometrico specifico. Le caratteristiche quantitative e qualitative sono specifiche di un singolo sistema produttivo legato al prodotto definito. È definito il livello di dettaglio relativo alla fabbricazione, l'assemblaggio e l'installazione compresi gli specifici ingombri di manovra e manutenzione;
- **LOD F:** Gli oggetti esprimono la virtualizzazione verificata sul luogo dello specifico sistema produttivo eseguito/costruito. Le caratteristiche quantitative e qualitative sono quelle specifiche del singolo sistema produttivo del prodotto posato e installato. Sono definiti per ogni singolo prodotto gli interventi di gestione, manutenzione e/o riparazione e sostituzione da eseguirsi lungo tutto il ciclo di vita dell'opera;
- **LOD G:** Gli oggetti esprimono la virtualizzazione aggiornata dello stato di fatto di una entità in un tempo definito. Sono definiti per ogni singolo prodotto gli interventi di gestione, manutenzione e/o riparazione e sostituzione da eseguirsi lungo tutto il ciclo di vita dell'opera.

PROGETTAZIONE DI IMPIANTI ELETTRICI

3.1 | Generalità

La società moderna, per lo svolgimento della totalità delle attività produttive, risulta dipendente dallo sfruttamento di energia in ogni sua forma disponibile, quella elettrica è la più utilizzata per facilità di trasporto e per l'alta efficienza di conversione in movimento, luce o calore. Essa, però, soffre di problematiche

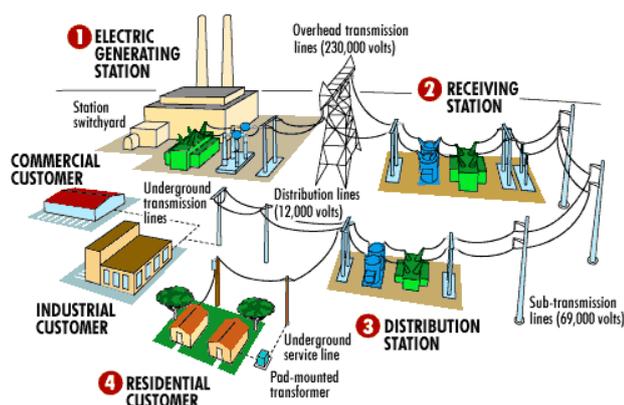


Figura 3.1: Distribuzione dell'energia elettrica - Fonte: [vedi 6]

relative al suo accumulo e alla conseguente pronta disponibilità, ciò rende dunque necessario che la produzione segua costantemente il profilo della richiesta. Il consumo energetico, infatti, non è costante ma è legato alle attività umane, cala notevolmente durante le ore notturne e ha il suo picco nelle ore diurne, ma non tutte le centrali elettriche riescono a variare la produzione di conseguenza.

Diventa dunque importante la creazione di una rete di trasmissione che ridistribuisca le risorse al fine di limitare gli sprechi energetici, tipicamente ciò si ottiene tramite una rete magliata, in alta tensione che collega tutte le centrali di produzione

al fine di limitare gli effetti di un guasto generalizzato su una di esse e migliorare la continuità del servizio.

Con la trasmissione nascono delle problematiche relative alle perdite, che non risultano trascurabili date le enormi distanze da percorrere dalle centrali di produzione ai punti di consegna. La convenienza nel trasporto dell'energia cresce all'aumentare della tensione e al diminuire del valore di corrente (essendo le perdite joule direttamente proporzionali a quest'ultima), motivo per cui la trasmissione avviene a diversi livelli di tensione, si parte dall'**Alta Tensione (AT)** (tipicamente 220 - 380 kV) per percorrere grandi distanze, si passa alla **Media Tensione (MT)** (10 - 20 kV) sino a raggiungere la **Bassa Tensione (BT)** (220 V).

L'energia elettrica segue come qualsiasi bene la legge della domanda e dell'offerta, a tal proposito è di particolare interesse per il gestore della rete la conoscenza dei diagrammi di carico, che riportano la potenza assorbita da un utenza, o più frequentemente un aggregato di utenti, in un determinato lasso temporale (giorno, settimana, mese, anno). In base a tali valori si dimensionano le componenti della rete di trasmissione e si definiscono le tariffe di costo.

Il primo passo per la disamina di un impianto elettrico parte dalla valutazione dell'entità dei carichi e l'espressione di una potenza di progetto per definire il profilo di tensione della fornitura, essa, deve altresì tenere conto delle perdite e della possibile futura espansione del sistema elettrico dell'utente.

3.2 | Normativa

L'impianto elettrico è definito come

“l'insieme di componenti elettrici elettricamente associati al fine di soddisfare a scopi specifici e aventi caratteristiche coordinate.” [7]

La progettazione di un impianto elettrico si fonda su informazioni preliminari come la conoscenza delle prestazioni richieste nelle condizioni di funzionamento assegnate e deve produrre le informazioni necessarie per la sua valutazione, realizzazione, verifica, esercizio e manutenzione in conformità alla regola d'arte.

Risulta fondamentale tenere conto dei principi e delle regole tecniche da adottare, poiché in questa fase si valutano i rischi presenti e si determinano soluzioni adatte a garantire la sicurezza, il livello di formazione richiesto al personale preposto e i dispositivi di protezione necessari.

Il principale riferimento legislativo, che disciplina la corretta installazione degli impianti è costituita dal Decreto del Ministro dello Sviluppo Economico di concerto con il Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare n° 37 del 22 gennaio 2008 (aggiornato con la modifica del **Decreto Legge (D.L.)** 25.6.2008 n°112) recante in vigore dal 27.3.2008 in sostituzione della L.46/90 abrogata dall'art. 3, comma 1 del **D.L.** n. 300/2006, che pone il progetto degli impianti allo stesso livello di importanza di quello edilizio.

Il **Decreto Ministeriale (DM)** 37/2008 si applica a:

- A. Impianti di produzione, trasformazione, trasporto, distribuzione, utilizzazione dell'energia elettrica, impianti di protezione contro le scariche atmosferiche, nonché gli impianti per l'automazione di porte, cancelli, barriere;
- B. Impianti radiotelevisivi, antenne e gli impianti elettronici in genere;
- C. Impianti di riscaldamento, di climatizzazione, di condizionamento e di refrigerazione di qualsiasi natura o specie, comprese le opere di evacuazione dei prodotti della combustione e delle condense, e di ventilazione ed aerazione dei locali;
- D. Impianti idrici e sanitari di qualsiasi natura o specie;
- E. Impianti per la distribuzione e l'utilizzazione di gas di qualsiasi tipo, comprese le opere di evacuazione dei prodotti della combustione e ventilazione ed aerazione dei locali;
- F. Impianti di sollevamento di persone o di cose per mezzo di ascensori, di montacarichi, di scale mobili e simili;
- G. Impianti di protezione antincendio.

Il professionista che redige il progetto dell'impianto elettrico deve essere iscritto all'Albo professionale e può operare su immobili con qualsiasi destinazione d'uso (tipo civile, industriale, commerciale o altro), che seguano le seguenti caratteristiche o limiti dimensionali:

- Superficie dell'ambiente maggiore di 200 m² (400 m² per locali di singole unità abitative);
- Potenza impegnata superiore a 6 kW;

- Utenze alimentate a tensioni maggiori di 1000 V;
- Impianti elettrici relativi ad unità immobiliari provviste di ambienti soggetti a normativa speciale del **CEI**:
 1. Abiditi a locali medici;
 2. Soggetti a maggior rischio in caso di incendio;
 3. Soggetti a rischio di esplosione;
 4. Impianto di protezione dalle scariche atmosferiche per edifici di cubatura maggiore di 200 m³

L'art.7 del **DM 37/08** prevede, inoltre, che al termine dei lavori l'impresa installatrice rilasci al committente una **Dichiarazione di Conformità (DICO)** (allegato I e II, **DM 37/2008**) con la quale si attesta che l'impianto sia fatto a regola d'arte rispettando il progetto, seguendo la normativa vigente, installando componenti e materiali idonei e controllando infine il funzionamento in termini di sicurezza e funzionalità.

Nel caso in cui la dichiarazione non sia più disponibile o l'impianto sia antecedente al 27 Marzo 2008, è necessaria una **Dichiarazione di Rispondenza (DIRI)**, con funzione assimilabile alla stessa **DICO** cioè, *“attestare che l'impianto è conforme alle norme di sicurezza vigenti al momento della loro realizzazione ovvero del loro ultimo adeguamento previsto obbligatoriamente in base a norme sopravvenute”*^[8] (Parere ufficiale Ministero dello Sviluppo Economico del 23 aprile 2008). Inoltre, *“gli impianti elettrici nelle unità immobiliari ad uso abitativo realizzati prima del 13 marzo 1990 si considerano adeguati se dotati di sezionamento e protezione contro le sovracorrenti posti all'origine dell'impianto, di protezione contro i contatti diretti, di protezione contro i contatti indiretti o protezione con interruttore differenziale avente corrente differenziale nominale non superiore a 30mA”*.^[9]

Certamente un impianto può essere progettato senza particolari prescrizioni da parte del committente, è il caso di costruzioni con destinazioni d'uso non definite ma generiche destinate alla vendita o per locali in affitto. Risulta particolarmente evidente che chi utilizzerà l'immobile deve verificare la rispondenza delle soluzioni adottate alle sue esigenze e il possibile necessario adeguamento in termini di prestazioni e soprattutto nei requisiti di sicurezza. Le prescrizioni normative in termini di componenti e apparecchiature da utilizzare diventano, infatti, più vincolanti se l'edificio è un luogo a maggior rischio di incendio o con pericolo di esplosione, come

indicato dalla guida **CEI 0-2**.

La guida è stata redatta da un ente istituzionale, riconosciuto dallo Stato Italiano e dalla Unione Europea, che preposto alla normazione in questo campo, il **Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI)** costituito nel 1907. Esso stabilisce le regole e i requisiti che materiali, macchine, apparecchiature, installazioni e impianti elettrici devono rispettare e possedere per rispondere ai criteri di buona tecnica. Gli obblighi del committente o del proprietario sono normati dall'art.8 del **DM 37/08** che prescrive: *“Il proprietario dell'impianto adotta le misure necessarie per conservarne le caratteristiche di sicurezza previste dalla normativa vigente in materia, tenendo conto delle istruzioni per l'uso e la manutenzione predisposte dall'impresa installatrice dell'impianto e dai fabbricanti delle apparecchiature installate. Resta ferma la responsabilità delle aziende fornitrici o distributrici, per le parti dell'impianto e delle relative componenti tecniche da loro installate o gestite”*.^[10]

Tabella 3.1: Repertorio Principali Comitati Tecnici CEI – 19/09/2003

Codice	Denominazione
CT 0	Applicazione delle Norme e testi di carattere generale
CT 1/25	Terminologia, grandezze e unità (ex CT 1/24/25)
CT 3	Strutture delle informazioni, documentazioni e segni grafici
CT 7	Materiali conduttori
CT 8/28	Tensioni, correnti e frequenze normali / Coordinamento degli isolamenti
CT 11	Impianti elettrici ad alta tensione e di distribuzione pubblica di bassa tensione
CT 13	Apparecchi per la misura dell'energia elettrica e per il controllo del carico
CT 16	Contrassegni dei terminali e altre identificazioni
CT 17	Grossa apparecchiatura
CT 18	Impianti elettrici di navi ed unità fisse/mobili fuori costa (offshore)
CT 20	Cavi per energia
CT 23	Apparecchiatura a bassa tensione
CT 32	Fusibili
CT 33	Condensatori
CT 34	Lampade e relative apparecchiature

Continua nella prossima pagina

Continua dalla pagina precedente

Codice	Denominazione
CT 36	Isolatori
CT 37	Scaricatori
CT 57	Telecomunicazioni associate ai sistemi elettrici di potenza
CT 64	Impianti elettrici utilizzatori di bassa tensione (fino a 1000 V in c.a. e a 1500 V in c.c.)
CT 79	Sistemi di rilevamento e segnalazione per incendio, intrusione, furto, sabotaggio e aggressione
CT 81	Protezione contro i fulmini
CT 106	Esposizione umana ai campi elettromagnetici (ex CT 211)
CT 205	Sistemi bus per edifici (ex CT 83)
CT 210	Compatibilità elettromagnetica (ex CT 110)

Si conclude dalla pagina precedente

Tutte queste informazioni saranno contenute nella documentazione finale di impianto così come definito dalla guida **CEI 0-2**, che comprende dunque il progetto esecutivo aggiornato alle varianti apportate in corso d'opera avallate dal progettista o dal professionista abilitato. Al comma 4 del **DM 37/08** si precisa che *"i progetti devono contenere gli schemi di impianto, i disegni planimetrici e una relazione tecnica sulla consistenza e la tipologia di installazione, con particolare riferimento alle tipologie, caratteristiche delle componenti da utilizzare e alle misure di prevenzione e di sicurezza da adottare"*.^[11]

La normativa viene in sostegno anche nella definizione delle fasi progettuali, nel caso in esame della seguente tesi, le disposizioni da seguire sono quelle relative alle opere pubbliche e nello specifico il **Decreto Legislativo (D.Lgs.) 50/2016**.

"La progettazione in materia di lavori pubblici si articola, secondo tre livelli di successivi approfondimenti tecnici, in progetto di fattibilità tecnica ed economica, progetto definitivo e progetto esecutivo"^[12]

Quest'ultimo aggiornamento abolisce quanto già previsto anche dalla norma **CEI 0-2**, che come primo livello della progettazione prevedeva la stesura di un progetto preliminare o di massima e lo sostituisce con un progetto di fattibilità tecnica ed economica così definito: *"Il progetto di fattibilità tecnica ed economica individua, tra più soluzioni, quella che presenta il miglior rapporto tra costi e benefici per la collettività, in relazione alle specifiche esigenze da soddisfare e prestazioni da*

fornire.[...]Nel progetto di fattibilità tecnica ed economica, il progettista sviluppa, nel rispetto del quadro esigenziale, tutte le indagini e gli studi necessari per la definizione degli aspetti di cui al comma 1, nonché gli elaborati grafici per l'individuazione delle caratteristiche dimensionali, volumetriche, tipologiche, funzionali e tecnologiche dei lavori da realizzare e le relative stime economiche, secondo le modalità previste nel regolamento di cui al comma 3, ivi compresa la scelta in merito alla possibile suddivisione in lotti funzionali".^[12]

Successivamente deve essere sviluppato "il progetto definitivo che individua compiutamente i lavori da realizzare, nel rispetto delle esigenze, dei criteri, dei vincoli, degli indirizzi e delle indicazioni stabiliti dalla stazione appaltante e, ove presente, dal progetto di fattibilità; il progetto definitivo contiene, altresì, tutti gli elementi necessari ai fini del rilascio delle prescritte autorizzazioni e approvazioni, nonché la quantificazione definitiva del limite di spesa per la realizzazione e del relativo cronoprogramma, attraverso l'utilizzo, ove esistenti, dei prezzi predisposti dalle regioni e dalle province autonome territorialmente competenti". ^[12]

L'ultimo passo della progettazione è "Il progetto esecutivo, redatto in conformità al progetto definitivo, determina in ogni dettaglio i lavori da realizzare, il relativo costo previsto, il cronoprogramma coerente con quello del progetto definitivo, e deve essere sviluppato ad un livello di definizione tale che ogni elemento sia identificato in forma, tipologia, qualità, dimensione e prezzo. Il progetto esecutivo deve essere, altresì, corredato da apposito piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti in relazione al ciclo di vita". ^[12]

Gli elaborati da fornire al termine della fase progettuale sono i seguenti:

1. Relazione Generale;
2. Relazione Specialistica;
3. Schema (descrizione) dell'impianto elettrico;
4. Elaborati grafici;
5. Calcoli esecutivi (relazione illustrativa) tabelle e diagrammi di coordinamento delle protezioni;
6. Piano di manutenzione;
7. Elementi per il piano di sicurezza e di coordinamento (D.Lgs. 81/08);
8. Computo Metrico;

9. Quadro Economico;
10. Cronoprogramma;
11. Quadro della incidenza della manodopera;
12. Capitolato speciale d'appalto;
13. Schema di contratto.

Le scelte progettuali devono rispettare le specifiche decise dal committente e gli standard tecnologici previsti dalla normativa vigente, esse concorrono a determinare le prestazioni di un impianto elettrico in termini di sicurezza, affidabilità, flessibilità di esercizio e costi.

Questi fattori non sono indipendenti tra di loro, migliorandone uno si tende a peggiorarne un altro, l'ottimo si raggiunge facendo una media pesate fra le varie esigenze e le caratteristiche che il progettista intende dare alla sua opera.

Nel caso di appalti pubblici, la validazione del progetto è l'atto formale che riporta gli esiti dei controlli effettuati, è a firma del Responsabile unico del procedimento e dal progettista, i riferimenti di questo documento devono essere contenuti nel bando relativo al progetto a base di gara. Le disposizioni sono contenute nel Codice dei contratti di cui al **D.Lgs.** n.50/2016 ed in particolare nell'art.26 "*Verifica preventiva alla progettazione*".

Tale verifica deve avvenire prima delle procedure di affidamento e deve accertare:

- La completezza della progettazione;
- La coerenza e la completezza del quadro economico;
- La realizzabilità e la durabilità nel tempo;
- La minimizzazione dei rischi relativi all'introduzione di varianti e di contenziosi;
- La coerenza con i tempi di realizzazione previsti;
- La sicurezza di maestranze e degli utilizzatori;
- La manutenibilità delle opere;
- L'adeguatezza dei prezzi unitari;

I soggetti che possono effettuare tale verifica sono diversi e variano in funzione dell'importo dell'opera (art. 26, comma 6 del **D.Lgs.** 50/2016), per:

- Lavori inferiori a un milione di euro è effettuata dal **Responsabile Unico Procedimento (RUP)**;
- Lavori pari o superiori ad un milione di euro ma inferiori alla soglia comunitaria (da Gennaio 2020 5.350.000 € di cui all'art. 35 del Codice degli Appalti), la verifica può essere effettuata dagli uffici tecnici delle stazioni appaltanti ove il progetto sia stato redatto da progettisti esterni o le stesse stazioni appaltanti dispongano di un sistema interno di controllo di qualità ove il progetto sia stato redatto da progettisti interni
- Lavori di importo pari o maggiore alla soglia comunitaria ed inferiore a venti milioni di euro, i soggetti di cui alla lettera a) e di cui all'articolo 46, comma 1, lettere a), b), c), d), e) ed f) (prestatori di servizi di ingegneria e architettura, società di professionisti, società di ingegneria, raggruppamenti temporanei o consorzi stabili) che dispongono di un sistema interno di controllo di qualità;
- Lavori di importo pari o superiore a venti milioni di euro, da organismi di controllo accreditati ai sensi della norma europea **UNI CEI EN ISO/IEC 17020**.

La figura del **RUP** in materia di appalti pubblici riveste un ruolo molto importante, poiché *“svolge tutti i compiti relativi alle procedure di programmazione, progettazione, affidamento ed esecuzione previste dal presente codice (codice degli appalti), che non siano specificamente attribuiti ad altri organi o soggetti”*. ^[13]

Per lavori attinenti all'ingegneria deve essere un tecnico, e viene nominato con un atto formale del soggetto responsabile dell'unità organizzativa interno alla stazione appaltante, e può essere affiancato, in caso di lavori di particolare complessità, da figure a supporto dell'intera procedura o parte di essa. All' art. 31 il codice degli appalti prevede anche che il **RUP** possa svolgere mansioni coincidenti di progettista e **Direttore Lavori (DL)**, in relazione a specifici limiti di importo, e tipologia dei lavori secondo quanto stabilito dalle linee guida dell'**Autorità Nazionale Anticorruzione (ANAC)**.

Importante è anche il ruolo del coordinatore della sicurezza, il cui obbiettivo è quello di considerare tutti gli interventi necessari ad assicurare che la realizzazione delle opere avvenga nel rispetto dei criteri di salvaguardia della salute e della incolumità, questo ruolo può essere assunto da un professionista terzo o anche coincidente con il progettista stesso.

Il lavoro una volta ultimato viene posto sotto la lente degli enti preposti al controllo

(Comuni, Istituto nazionale Assicurazione Infortuni sul Lavoro (INAIL), Azienda Sanitaria Locale (ASL), Agenzia regionale per la protezione ambientale (ARPA), Vigili del Fuoco (VVF), etc.).

3.3

Criteri di progettazione



Figura 3.2: Dettaglio avanzamento lavori impianto elettrico a soffitto piano -1 Torre della Regione Piemonte

La progettazione di un impianto elettrico parte dalla stima della potenza necessaria ad alimentare tutte le utenze che saranno o potranno essere collegate, e dalla valutazione del tipo di utenze, se possono o meno subire gli effetti di una sospensione di erogazione di energia da parte della rete. L'alimentazione pubblica, può, infatti, essere soggetta a interruzioni definite dalla norma come un "intervallo di tempo in cui la tensione scende a un valore inferiore all'1% della tensione nominale".

Non tutte le utenze collegate possono però subire gli effetti di un'interruzione del servizio, vi sono dei carichi che infatti hanno la necessità di restare alimentati, è il

caso di apparecchiature ospedaliere dalla cui funzione dipende la vita delle persone in cura, o meno grave il caso di server, il cui spegnimento improvviso potrebbe causare la perdita di dati importanti.

In base alla durata dell'interruzione ammessa si può effettuare una prima distinzione sui carichi:

1. Normali: interruzione lunga;
2. Privilegiati: interruzione media (≤ 15 s);
3. Sicuri: interruzione brevissima (≤ 0.15 s).

Alla prima categoria fanno parte le utenze illuminotecniche (purché non siano illuminazioni di sicurezza), utenze termiche o macchine che non svolgono compiti critici. Sono invece dei carichi privilegiati l'illuminazione pubblica, o utenze ospedaliere non critiche, utenze per la mobilità verticale o orizzontale (ascensori, scale mobili, etc.) o i sistemi di spegnimento incendio, tutti gli altri carichi dalla cui alimentazione dipenda la vita sono quelli in alimentazione sicura.

Nel momento in cui la alimentazione si interrompe la continuità viene garantita tramite altri strumenti come i Gruppi Elettrogeni o gli **Uninterruptible Power Supply (UPS)**.

I primi sono generalmente dei motori endotermici (a benzina, diesel o gas) o dei motori elettrici (alternatori sincro, asincro o dinamo), la loro attivazione è solitamente automatizzata e sensibile al distacco dalla rete, e la loro autonomia di funzionamento è garantita dalla dimensione del serbatoio di stoccaggio del carburante. I tempi di attivazione differiscono in base alle caratteristiche dei motori presi in considerazione, e sono sempre suscettibili della difficoltà di accensione di macchine che rimangono ferme per lunghi periodi, a tal proposito è fondamentale prevedere una periodica revisione degli stessi al fine di preservarne la funzionalità e garantirne la disponibilità nel momento di bisogno. Per ammortizzare i tempi di assenza di tensione si utilizzano gli **UPS**, che sono collegati contemporaneamente alla rete e ad una fonte di energia ausiliaria. Ne esistono di due tipologie, rotanti o statici, in base al loro principio di funzionamento, i primi sono in grado di convertire l'energia cinetica delle parti in movimento (volani) in energia elettrica, i secondi d'altro canto sono delle batterie.

I limiti di queste apparecchiature sono dati dalla capacità di accumulo che ne determina in modo sensibile l'autonomia, per questa ragione devono sempre essere accoppiati a una fonte di energia.

Il gestore della rete fornisce il terminale di consegna in una struttura compresa nell'edificio o esterna ad essa, che prende il nome di cabina, definita dalla normativa come “*un'officina elettrica destinata almeno ad una delle seguenti funzioni: smistamento dell'energia elettrica, trasformazione, conversione o regolazione*”. Se ne distinguono di due tipi, pubblica o privata, la prima è a totale gestione dell'ente distributore e al servizio di utenze private in **BT** sia monofase che trifase, diversamente dalla cabina privata che è di proprietà dell'utente e solitamente alimentata in **MT**.

Un'ulteriore distinzione può essere fatta in base al tipo di funzione che essa adotta, distinguiamo infatti lo smistamento dalla distribuzione, una consente la diramazione in più linee della singola linea in ingresso, la seconda è invece deputata alla conversione dalla **MT** alla **BT**.

Di norma le cabine si compongono di tre locali, il primo di derivazione della **MT** ad esclusivo uso e accesso da parte dell'ente distributore, uno a cui accede solo l'utente e il locale misure accessibile a entrambi.

Le macchine elettriche che tipicamente si trovano dentro una cabina sono i trasformatori, che permettono la riduzione della tensione a livelli compatibili alla **BT**, la scelta della loro taglia varia a discrezione del progettista in base a considerazioni di tipo economiche o funzionali che tengono conto di possibili guasti e della necessaria manutenzione.

Una macro distinzione sui trasformatori viene fatta in base al tipo di isolamento, che inoltre ne determina particolari di installazione e manutenzione, i più adottati adesso sono quelli in resina, più pratici e costosi.

Il tipo di collegamento del trasformatore viene indicato tramite una sigla, in cui il primo carattere maiuscolo (secondo minuscolo) indica il tipo di collegamento per gli avvolgimenti primari (secondari), con il seguente significato dei simboli:

- D = triangolo;
- Y = stella senza neutro;
- Y_n = stella con neutro.

Il terzo carattere (numerico), moltiplicato per 30, indica lo sfasamento fra le tensioni primaria e secondaria.

Le linee in derivazione dalla cabina necessitano di protezioni che solitamente sono accolte in dei quadri, che si differenziano per il tipo di distribuzione e per la tipologia costruttiva. Risulta evidente che le protezioni a servizio di una linea in

AT siano molto diverse da quelle in **BT** ad esempio, visto che per garantire la giusta separazione tra i contatti in tensione e dunque l'evitare dell'innescarsi di un arco elettrico gli ingombri aumentano sensibilmente.

I quadri come tutte le apparecchiature elettriche rispondono in primis alla Norma **CEI** 64-8 che recita: “*Fanno parte dell'impianto elettrico tutti i componenti elettrici non alimentati tramite prese a spina; fanno parte dell'impianto elettrico anche gli apparecchi utilizzatori fissi alimentati tramite prese a spina destinate unicamente alla loro alimentazione*”^[7] ed alla **CEI** EN 61439-1 (**CEI** 17-113) aggiornamento del 2010 che sostituisce la **CEI** EN 60439-1 (**CEI** 17-13).

Essa ha lo scopo di armonizzare, per quanto possibile, tutte le regole e le prescrizioni di natura generale applicabili alle apparecchiature di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri **BT**) per ottenere una uniformità di prescrizioni e di verifiche. Essa tratta le definizioni e stabilisce le condizioni di servizio, le prescrizioni di costruzione, le caratteristiche tecniche e le prescrizioni di verifica dei quadri **BT**. Rispetto all'edizione precedente, la Norma comprende le seguenti modifiche tecniche:

1. Revisione delle condizioni di esercizio;
2. Numerosi cambiamenti che riguardano i metodi di verifica;
3. Nuovi allegati (Allegato O) con la guida sulla verifica della sovratemperatura;
4. Nuovi allegati (Allegato P) con un metodo di verifica della tenuta al cortocircuito.

La norma definisce il quadro come un componente elettrico più o meno complesso, composto da parti meccaniche che ne costituiscono il contenitore con funzione di supporto e protezione di tutte le apparecchiature all'interno, che invece costituiscono l'equipaggiamento elettrico dello stesso, e di cui fanno parte, interruttori, apparecchi di manovra, contatti in ingresso e uscita, etc.

Le suddivisioni interne ai quadri prendono il nome di segregazioni e possono essere di diverse tipologie riconducibili alla loro forma, permettono una rapida e sicura manutenzione o sostituzione di componenti mantenendo in tensione le parti adiacenti, ed inoltre fungono da barriera in caso di archi interni dovuti al cedimento dell'isolante.

I quadri possono essere classificati, in prima istanza, in base alla loro tipologia costruttiva tra aperti, con possibile accesso alle parti in tensione e quindi utilizzati in luoghi accessibili solo a personale autorizzato, e chiusi, totalmente chiusi e con

un grado di protezione minimo IPXXB. Ulteriore vantaggio di questi ultimi è la modularità, è possibile costruirli a partire da moduli separati che affiancati l'uno all'altro formano l'intera totalità delle componenti necessarie.

Il punto di installazione del quadro determina, inoltre, un'ulteriore classificazione, si parla infatti di quadri principali di distribuzione (Power Center) quando si trovano o subito dopo i trasformatori **MT/BT** nelle cabine di trasformazione o a valle di eventuali generatori. Essi rappresentano il primo livello della distribuzione in **BT** e devono garantire la sicurezza del personale addetto alla costruzione e alla manutenzione oltre all'continuità del servizio. Sono solitamente realizzati con involucri metallici a colonna particolarmente rinforzati e fissati al pavimento per garantire la massima resistenza agli sforzi elettrodinamici.

I quadri di zona, solitamente installati presso l'utenza, sono definiti come quadri secondari di distribuzione e possono essere realizzati in armadi fissi a terra o incassati nella muratura e sono composti di un ingresso e un numero di linee di uscita pari alle utenze ad esso sottese.

Tutti i quadri, indifferentemente dalla loro tipologia di installazione devono essere conformi rispetto alle prescrizioni della norma, le prove a cui devono essere sottoposti sono di tre modalità equivalenti, prove di laboratorio, regole di progetto o calcoli, ma in ogni caso sempre a carico del costruttore originale o di chi assembla le componenti realizzando il manufatto finito.

A quest'ultimo spettano in ogni caso le verifiche individuali che comprendono controlli a vista, meccanici relativi al corretto montaggio, elettrici e strumentali. Il buon esito di tali prove permette di redigere un rapporto di prova (verbale di collaudo) favorevole.

La progettazione elettrica di un impianto comprende inoltre lo studio relativo al corretto illuminamento dei locali che risulta di cruciale importanza per assicurare l'adeguato comfort visivo all'interno dei locali.

La Norma Europea EN 12464, recepita in Italia dall'ottobre del 2004, ha introdotto il riferimento al valore di illuminamento medio "mantenuto", alla limitazione dell'abbagliamento diretto generato dai corpi illuminanti ed alla resa cromatica della lampade. Il valore di illuminamento medio non viene riferito più all'intera totalità del locale ma viene distinto tra superfici di lavoro e zone circostanti, i calcoli relativi vengono effettuati mediante tabelle fornite dai produttori o con l'uso di software di calcolo che verificano anche l'**indice di abbagliamento diretto (UGR)**. Questo parametro tiene conto sia degli apparecchi interni al campo visivo, sia della luminaria dello sfondo rispetto all'osservatore.

Vengono altresì indicati gli indici di resa cromatica per le lampadine. Questa norma recepisce la **UNI 10380** che stabiliva quale doveva essere l'intervallo di lux entro cui bisognava stare per garantire un comfort visivo adeguato alla mansione o attività che si svolge in un dato locale. Indicava inoltre anche quale doveva essere il limite del livello di abbagliamento massimo accettabile dagli apparecchi illuminanti e quale doveva essere la temperatura colore delle lampade utilizzate.

L'utilizzo di software a servizio del calcolo illuminotecnico si è reso di fatto indispensabile per ottenere dei risultati accettabili in fase di progettazione. È infatti evidente che la luce che raggiunge una determinata superficie è attribuibile a tutte le fonti luminose presenti che concorrono alla illuminazione della stessa, al tipo di materiale e al colore delle pareti, soffitto, pavimento e delle superfici riflettenti presenti. L'estrema varietà di fattori che dunque concorrono al calcolo, fanno prediligere l'utilizzo di ausili informatici che permettono di studiare il comportamento della luce simulando in realtà virtuale tutte le superfici con la loro capacità di riflettere la luce e, soprattutto, la caratteristica di emissione delle lampade prescelte. L'alimentazione dei carichi, nelle modalità descritte è subordinata, come evidente, alla corretta scelta dei conduttori elettrici di potenza.

Il cavo elettrico è un conduttore isolato o un insieme di essi – isolati l'un l'altro e riuniti in un unico complesso – provvisto di rivestimento protettivo. E quindi composto da:

- Parte metallica in rame o alluminio, composto da uno o più fili tra loro intrecciati;
- Materiale isolante che riveste il conduttore, i primi due strati formano l'anima del cavo; Conduttore e isolamento formano l'anima del cavo;
- Il cavo può essere formato da una o più anime. Sull'insieme delle anime viene applicato un isolante, detto cintura;
- Completa il tutto la guaina esterna che va a rivestire gli altri strati.

Essi devono essere correttamente dimensionati e ciò passa attraverso lo studio della loro sezione in base all'intensità di corrente che percorre l'impianto elettrico, ottenere questo valore significa stabilirne la grandezza in base a quelle che sono le caratteristiche dell'intero sistema.

Per il calcolo della sezione dei cavi bisogna tener conto delle perdite di potenza e della caduta di tensione, bisogna fare in modo, cioè, che il sistema abbia il

rendimento massimo e che la temperatura del conduttore non superi mai una soglia limite.

Bisogna, inoltre, garantire che gli apparecchi elettrici siano alimentati con il giusto valore di tensione e potenza.

In fase progettuale una volta stabilita una idea di massima sulla potenza necessaria per alimentare correttamente i carichi che si prevedono di collegare al sistema, se ne stabilisce la loro disposizione rispetto a tutti i livelli dell'edificio in costruzione. Avere un'idea della disposizione delle prese o della collocazione delle lampade è indispensabile per il calcolo della sezione dei cavi da utilizzare, e per la valutazione della caduta di tensione.

Ogni singolo conduttore, infatti, presenta delle variazioni sui suoi parametri in relazione alla sezione, alla posa, al tipo di fornitura e alla lunghezza dello stesso. Le variazioni in termini di resistenza e reattanza talvolta possono essere sensibili, motivo per cui, risulta indispensabile avere precisa contezza di tutti i parametri descritti precedentemente, al fine di garantire una corretta installazione dell'impianto.

Fisiologico di ogni circuito è:

“La caduta di tensione, cioè la riduzione della tensione in un circuito elettrico tra la sorgente di alimentazione e il carico su un circuito, la differenza di potenziale fra due qualsiasi punti di un conduttore attraverso il quale scorre una corrente.

Esempio:

- 110-120 Volt e frequenza di 60 Hz, in America e parte del Giappone;
- 220-240 Volt e frequenza di 50 Hz, in Italia e nel resto del mondo.

Un'eccessiva caduta di tensione in un circuito elettrico può causare danni alle apparecchiature, compreso ai motori elettrici. Esistono diversi modi per limitare la caduta di tensione nei circuiti, come ad esempio l'aumento del diametro del conduttore, tra la sorgente di corrente elettrica e il carico del circuito che determina il grado di resistenza ridotta.

Due modi comuni per prevenire una caduta di tensione è la progettazione di circuiti elettrici con conduttori più grandi o riprogettare il circuito da utilizzare una tensione più alta (preferito).

Nei cavi e nei punti di collegamento la caduta di tensione dovrebbe essere mantenuta entro limiti, in modo che la tensione operativa della apparecchiatura è sufficientemente elevata e le perdite siano mantenute entro limiti ragionevoli. Una caduta di tensione superiore è consentita quando avviene l'avviamento dei motori e altre

apparecchiature con elevate spunti di corrente.”^[14]

“La caduta del 4% del valore della tensione nominale dell’impianto, tra l’origine dell’impianto stesso e qualunque punto di alimentazione di un utilizzatore, è un consiglio che le Norma **CEI** 64.8 (art. 525) fornisce come valore massimo da rispettare. Un consiglio per un corretto funzionamento delle apparecchiature, che non coinvolge la sicurezza delle persone. Tra l’altro, in un ulteriore commento, la norma lascia in pratica la decisione al committente, il quale può sia esigere una caduta di tensione inferiore al 4% che tollerarne una superiore. In definitiva il valore percentuale della caduta è una specifica di progetto che deriva da considerazioni tecnico-economiche e funzionali.

Vale anche la pena di osservare che si tratta di un valore a regime. Durante i transitori che si hanno ad esempio all’avviamento diretto di grossi motori sono tollerabili cadute percentuali anche del 15.”^[15] Il calcolo della caduta di tensione tiene conto di diversi fattori che devono essere conosciuti:

- Lunghezza dei conduttori;
- Fattore di potenza $\text{Cos}(\phi)$;
- Valore del $\text{Sin}(\phi)$;
- Corrente di impiego I_b ;
- Parametri di resistenza e reattanza del cavo, che dipendono a loro volta dal tipo del cavo, sezione e tipo di alimentazione.

Dunque decisa la disposizione dei carichi è utile calcolare in prima istanza il valore di potenza che essi assorbono dalla rete, il calcolo tiene conto dei parametri elettrici dell’utenza e vengono calcolati tramite le seguenti equazioni.

Caso monofase:

$$\begin{cases} A = V I \\ P = V I \text{Cos}(\phi) \end{cases} \quad (3.1)$$

Caso trifase:

$$\begin{cases} A = V I \\ P = \sqrt{3} V I \text{Cos}(\phi) \end{cases} \quad (3.2)$$

In un impianto complesso sono installati diversi utilizzatori che non funzionano quasi mai a pieno carico e tutti contemporaneamente, per cui sarebbe sbagliato

(per eccesso) considerare la potenza totale come semplice somma delle potenze nominali dei vari utilizzatori.

Da qui l'opportunità di calcolare la potenza convenzionale. Si utilizzano per questa ragione dei coefficienti di calcolo:

- Fattore di utilizzazione K_u (valore tabellato tipico di ogni carico - Vedi Tabella 3.2)
- Fattore di contemporaneità K_c (valore tabellato tipico di ogni carico - Vedi Tabella 3.3)

Tabella 3.2: Fattore di Utilizzazione

Tipo Utilizzatore	K_u
Lampade	1
Motori elettrici con potenze nominale da 0.5 a 2 kW	0.7
Motori elettrici con potenze nominale da 2 a 10 kW	0.8
Motori elettrici con potenze nominale oltre 10 kW	0.85
Forni a resistenza o a induzione	1
Raddrizzatori	1
Saldatrici	$0.7 \div 1$
Stufe elettriche	1
Macchine utensili, nastri trasportatori	$0.6 \div 0.8$
Ascensori, montacarichi, impianti di sollevamento	$0.8 \div 1$
Pompe, ventilatori	1

Tabella 3.3: Fattore di Contemporaneità

Tipo Utilizzatore	Numero	K_c
Forni elettrici	fino a 2	1

Continua nella prossima pagina

Continua dalla pagina precedente

Tipo Utilizzatore	Numero	K_c
Motori elettrici con potenze nominale da 0.5 a 2 kW	$\left\{ \begin{array}{l} \text{fino a 10} \\ \text{fino a 20} \\ \text{fino a 50} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 0.6 \\ 0.5 \\ 0.4 \end{array} \right.$
Motori elettrici con potenze nominale da 2 a 10 kW	$\left\{ \begin{array}{l} \text{fino a 10} \\ \text{fino a 20} \\ \text{fino a 50} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 0.6 \\ 0.5 \\ 0.4 \end{array} \right.$
Motori elettrici con potenze nominale da 10 a 30 kW	$\left\{ \begin{array}{l} \text{fino a 5} \\ \text{fino a 10} \\ \text{fino a 50} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 0.8 \\ 0.65 \\ 0.5 \end{array} \right.$
Motori elettrici con potenze nominale oltre 30 kW	$\left\{ \begin{array}{l} \text{fino a 2} \\ \text{fino a 5} \\ \text{fino a 10} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 0.9 \\ 0.7 \\ 0.6 \end{array} \right.$
Raddrizzatori	fino a 10	0.8
Saldatrici elettriche	fino a 10	0.4
Ascensori, montacarichi in uffici e industrie	$\left\{ \begin{array}{l} \text{fino a 4} \\ \text{fino a 10} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 0.75 \\ 0.6 \end{array} \right.$

Continua nella prossima pagina

Continua dalla pagina precedente

Tipo Utilizzatore	Numero	K_c
Illuminazione		0.8

Si conclude dalla pagina precedente

Calcolo della potenza convenzionale con metodo analitico per i gruppi di prese:

- Potenza massima per ogni presa, dati tensione nominale V_n , corrente nominale I_n , $\text{Cos}(\phi)$ (di solito 0,95 o 0,90);
- Coefficiente di riduzione globale K_p , complessivo di utilizzazione e contemporaneità:
 - Prese monofase in ambienti civili $K_p = 0,05 \div 0,2$;
 - Prese monofase e trifase in ambienti industriali $K_p = 0,15 \div 0,4$

Il valore di K_p è tanto più basso quanto maggiore è il numero di prese installate;

- Per ogni presa, o gruppo di prese analoghe

$$P_{cp} = P_n K_p$$

- Per l'insieme delle prese

$$P_{cp_tot} = \sum P_{cp}$$

Il valore di potenza così calcolato risulta utile al calcolo della I_b , cioè l'intensità della corrente che i cavi dovranno essere in grado di condurre alla messa in servizio dell'impianto.

Il valore della corrente di impiego viene stabilito mediante la formula:

$$I_b = \frac{P k_u}{\sqrt{3} V \text{Cos}\phi} \quad (3.3)$$

Il calcolo di tutti questi valori ci porta direttamente al calcolo della caduta di tensione, che tiene conto dei seguenti fattori:

- ΔV [V]– caduta di tensione - Vedi (3.4)
- I_b [A]– Corrente di impiego - Vedi (3.3)

- $r \left[\frac{\Omega}{Km} \right]$ - resistenza chilometrica
- $x \left[\frac{\Omega}{Km} \right]$ - reattanza chilometrica
- $L [m]$ - lunghezza del conduttore
- $Cos(\phi)$ - fattore di potenza

Il calcolo della caduta di tensione tiene conto della seguente formula:

$$\Delta V = \sqrt{3} I_b (r \cos\phi + x \sin\phi) L \quad (3.4)$$

3.4 Software per la progettazione elettrica

La maggior parte dei software che forniscono un aiuto per la progettazione degli impianti elettrici, sono forniti dalle case produttrici di componenti elettriche che dunque impongono la scelta dei loro prodotti a servizio del dimensionamento.

Attraverso programmi come i-Project di Shnider Electric, ad esempio, è possibile

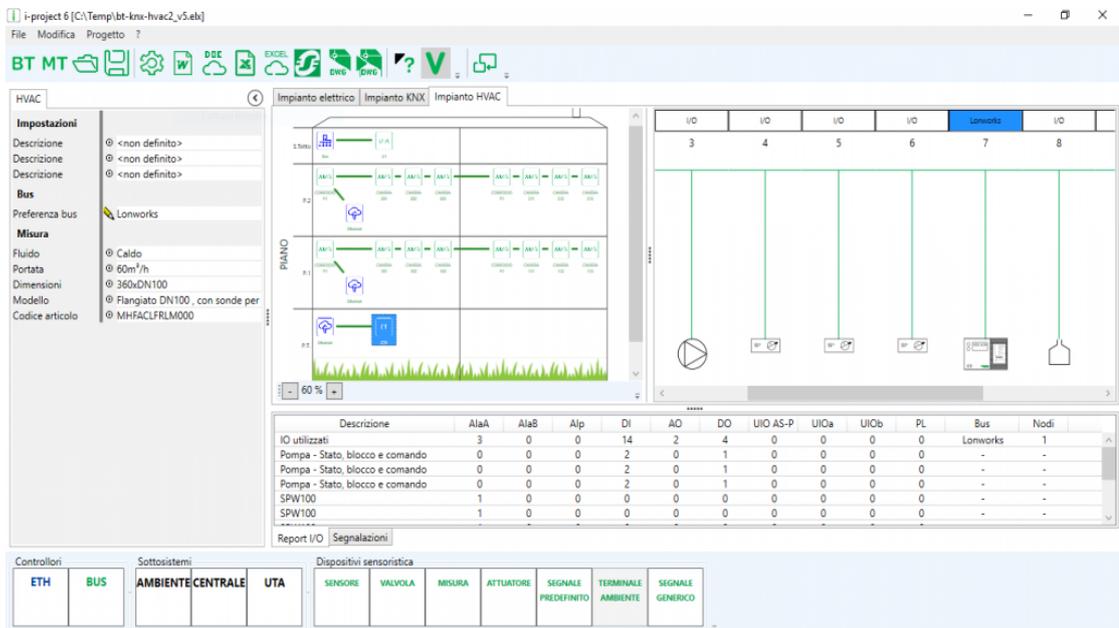


Figura 3.3: Interfaccia i-Project - Fonte: [vedi 16]

dimensionare componenti e linee in base alle utenze da servire. Mediante questo software è possibile sviluppare il calcolo elettrico e man mano che l'impianto prende corpo, viene dinamicamente mostrato lo schema unifilare.

Le informazioni così ottenute possono essere suscettibili di modifica da parte del professionista in base alle esigenze di numerazione e riferimenti relativi al progetto, è possibile attribuire i valori voluti ai conduttori e generare il layout della morsettiera. È inoltre possibile completare lo schema con i circuiti ausiliari ed anche esportare le targhette necessarie alla costruzione del quadro. Di concerto a questo si utilizza, solitamente, un programma fornito sempre dalla stessa casa produttrice, eXteem. Esso permette di realizzare la quotazione di un impianto completo partendo dalla cabina di **Media Tensione (MT)**, trasformatore **MT/BT**, fino ad arrivare alle apparecchiature di **Media Tensione (MT)**, quadri elettrici di distribuzione e di automazione/comando e centralini.

Il programma guida il professionista nella scelta dei quadri e delle apparecchiature applicando le regole di compatibilità tra di essi e verificandone il corretto dimensionamento termico, fornendo tutte le indicazioni per poterne dichiarare la conformità alle norme di riferimento. Completata la parte progettuale genera tutta la documentazione riguardo le specifiche tecniche e il disegno del fronte quadro.

In eXteem è possibile importare il progetto eseguito con il primo software analizzato. Questa funzionalità rende molto più rapida la costruzione del fronte quadro e garantisce la coerenza dei dati e delle apparecchiature.

Il fronte quadro può essere anche esportato in formato **Formato di progetto Autodesk Autocad® (.dwg)** o **Formato Portable Document Format Adobe Acrobat® (.pdf)** a seconda delle esigenze.

Esistono anche dei moduli aggiuntivi, quali iQuadro, che permettono di rendere il quadro elettrico “smart” e possibile la sua connessione alla rete.

CASO STUDIO E CREAZIONE DEL MODELLO

4.1 | Caso Studio: Torre della Regione



Figura 4.1: Profilo Ovest Torre della Regione

Il caso studio oggetto della tesi è relativo al palazzo della regione Piemonte, un edificio che ormai fa parte integrante dello *skyline* della città di Torino. L'edificio, opera dell'arch. *Massimiliano Fuksas* si inserisce in un più ampio obiettivo di riqualificazione dell'ex polo industriale di Nizza-Millefonti, in un'area che fino a poco tempo fa accoglieva gli impianti della **FIAT** Avio. Il progetto si compone, oltre la torre, di un centro servizi, di una corte interrata a servizio dell'edificio e di un parcheggio su 3 piani con capienza 1100 posti.

Il Centro Servizi è stato edificato sul lato Ovest della Corte interrata ed è collegato alla Torre mediante un tunnel vetrato sospeso che poggia sul terzo e quarto livello del grattacielo.

Esso ospiterà, una volta realizzato, il nuovo centro congressi della Regione Piemonte, le biblioteche del Consiglio Regionale e dell'Ires.

Il palazzo della regione è il fulcro dell'intero progetto e si sviluppa su 209 metri di altezza, attestandosi come terzo grattacielo italiano in ordine di altezza, secondo solamente al grattacielo Unicredit (231 m) e la torre Isozaki (209 m) entrambi a Milano. Raggiungere questa altezza è stato possibile solamente dopo una variante del 2006 al Piano Regolatore Generale che prevedeva l'obbligo di non costruire edifici più alti della Mole Antonelliana (167,5 m).

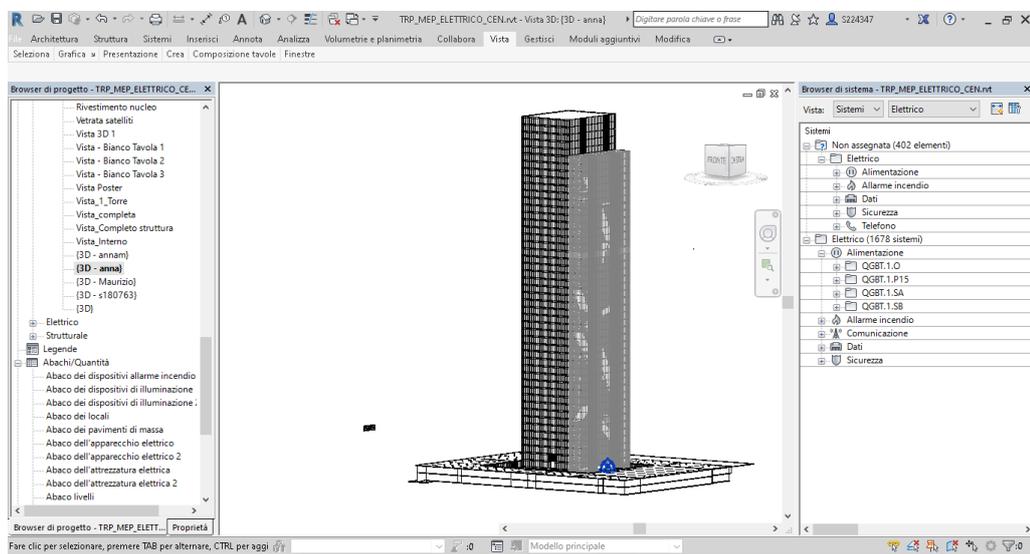


Figura 4.2: Ambiente di lavoro Revit® Modello tridimensionale della Torre della Regione

L'edificio si sviluppa su 42 piani di cui due interrati, tutti i livelli ad esclusione dell'ultimo, su cui è prevista una piattaforma panoramica con giardino accessibile al pubblico, saranno adibiti ad ufficio.

Il sistema di fondazione è costituito da una platea di impronta $55m \times 55m$ di spessore costante pari a $4m$. La struttura è in calcestruzzo armato, costituita da un nucleo rigido attorno al quale si sviluppano le piante dei differenti per ogni livello. Per spezzare la monotonia delle superfici verticali tipiche di una costruzione di questo tipo, sono stati realizzati dei corpi aggettanti orizzontali sfalsati, sul lato

rivolto verso via Nizza, in un'area tra due superfici vetrate denominata “*Grande Vuoto*”.

La facciata in vetro e acciaio è strutturata come una doppia pelle, questa zona permette di ottenere un migliore controllo sul risparmio energetico e di limitare la necessità di ricorrere alla luce artificiale. Il minore impatto ambientale della struttura viene ulteriormente garantito dall'installazione di 1000 m² di pannelli fotovoltaici, che permettono alla struttura una certa indipendenza energetica durante il giorno.

I corpi aggettanti che si snodano all'interno dei doppi volumi della torre, generano la riflessione della luce in punti strategici e sono stati oggetto di una scenografica progettazione illuminotecnica che rende particolarmente visibile l'edificio in notturna. Questi espedienti hanno permesso di superare la linearità di una facciata completamente liscia caratterizzando l'opera e rendendola riconoscibile.

4.2 | **Descrizione tecnica degli impianti**

L'impianto a servizio della torre si snoda attraverso tutto il comprensorio in costruzione, ed è stato progettato con l'obiettivo di garantire l'assoluta continuità. Il punto di consegna del gestore IRETI è in **MT** alla tensione di 24kV/50Hz si trova all'angolo tra via Nizza e Via Farigliano, ed è accolto nella cabina primaria che si compone di due locali, uno deputato al gestore della linea elettrica e uno di competenza dell'utente. Il collegamento alla rete di potenza è effettuato in due punti differenti, tali collegamenti non funzionano in sincrono, ma in alternanza, all'occorrenza il punto di approvvigionamento (con il suo relativo quadro QGMTC-01 e QGMTC-02) può cambiare per limitare al massimo disagi relativi alla interruzione nell'erogazione.

Nella cabina primaria troviamo oltre agli strumenti di misura, un impianto di messa a terra composto da una corda di rame sez. 50 mm² posata ad intimo contatto con il terreno collegata a 4 dispersori a croce in acciaio zincato a caldo con bandiera a 3 fori di lunghezza 1.5 metri, nello spazio legato all'ingombro della cabina stessa (5m x 28m = 140 m²).

Nella cabina sono anche presenti i servizi accessori a servizio della stessa, dipendenti dal relativo quadro, composti dall'impianto di illuminazione con plafoniere stagne con schermo in policarbonato lenticolare e reattore elettronico 1x36W e da un gruppo autonomo di emergenza completo di batterie ricaricabili Ni-Cd con

autonomia di 1h.

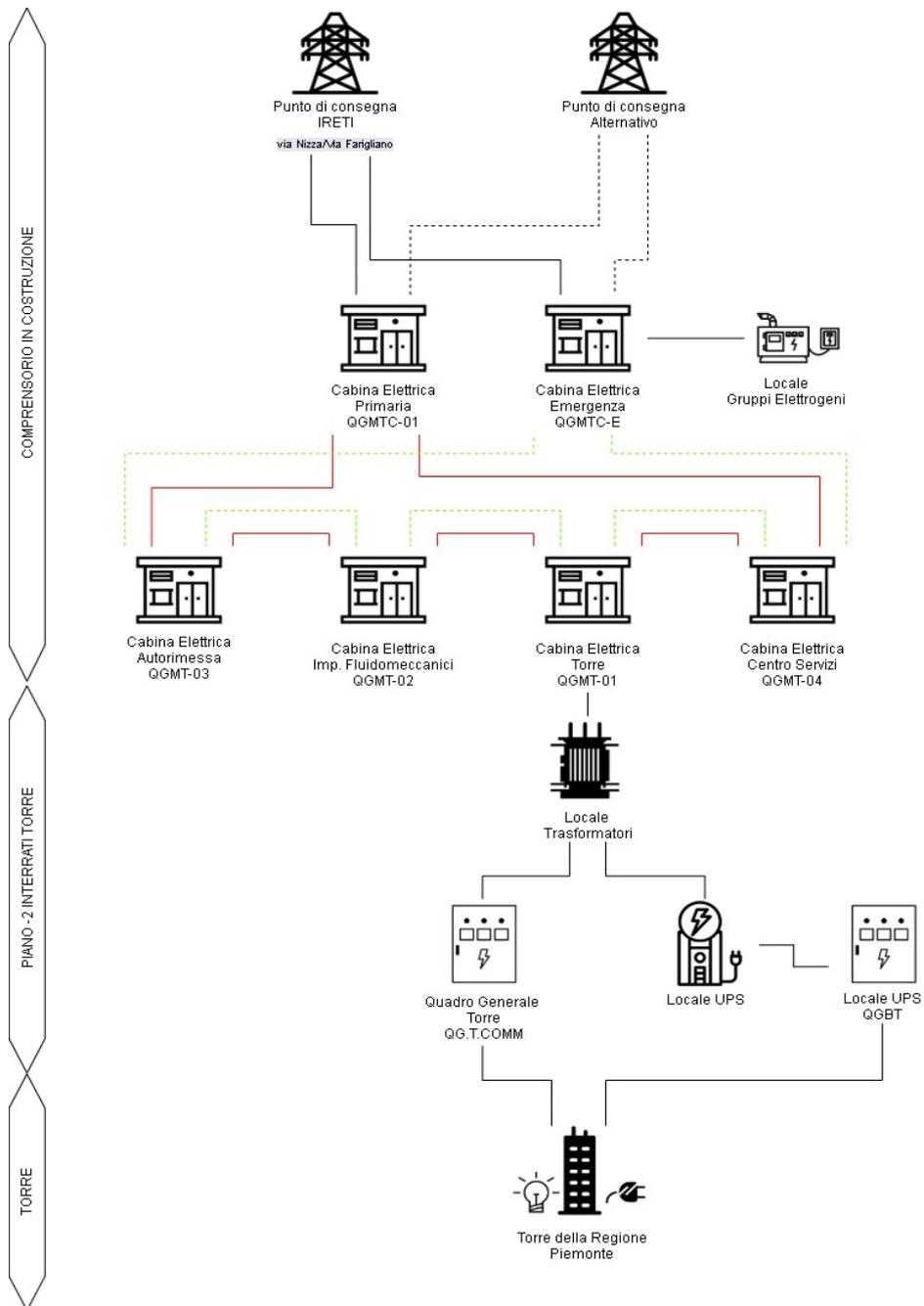


Figura 4.3: Schema load flow assetto a regime ed emergenza

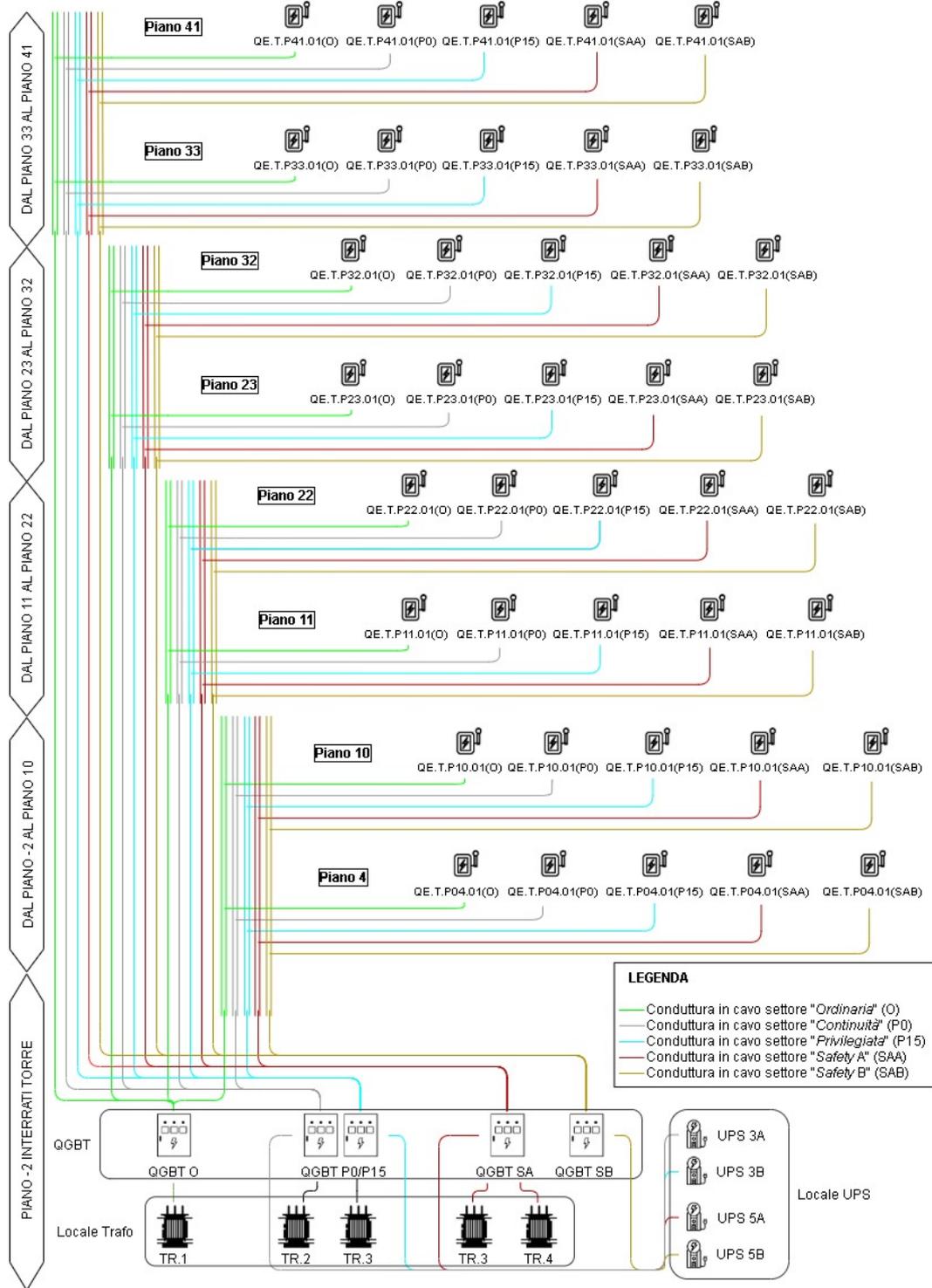


Figura 4.4: Schema Colonne Montanti

Dal quadro QGMTC-01/02 parte la linea ($I_b=186.1$ A) che si collega al quadro QGMDT-00 sempre in **MT**, a valle del quale nascono due linee che collegano le cabine di distribuzione collegate tra loro e gestite in anello aperto.

Le cabine di cui sopra sono in totale 4, una riservata al parcheggio, una al centro servizi, una per gli impianti tecnologici e quella in esame a servizio delle utenze della torre.¹

La cabina relativa alla torre MT-01 si trova al piano -2 degli interrati torre, ed è una cabina di trasformazione **MT/BT** per la distribuzione finale. È previsto un collegamento entra-esci per il collegamento con le altre cabine, l'alimentazione avviene in derivazione dalla cabina primaria e da gruppo elettrogeno a servizio dei carichi sotto privilegiata.

Nel caso di mancanza di potenza da parte della fornitura principale IRETI, avviene la messa in funzione dei due gruppi elettrogeni, da 2 MVA/400V posti nel locale gruppo elettrogeno.

L'alimentazione fornita non andrà ad alimentare tutti i carichi collegati alla rete ma solo una parte, nello specifico tutti i servizi deputati alla video sorveglianza, ai moduli relativi alla segnalazione antincendio e alla ricarica dei sistemi **UPS**, oltre a una parte delle utenze della torre.

Nella cabina sono presenti i quadri generali a monte dei quadri al piano, e n. 4 trasformatori in resina Dyn11, di cui due potenza 2500 kVA e due da 500 kVA uno dei quali di riserva.

Ogni trasformatore lavora disaccoppiato dall'altro e mai in parallelo, nello specifico, uno alimenta le utenze in bassa tensione della torre, uno fornisce potenza agli **UPS**, mentre l'ultimo a 500 kVA alimenta i quadri e i dispositivi deputati alla sicurezza (Antincendio, Video sorveglianza, etc.).

La torre prevede due tipologie di sviluppo impiantistico, la prima relativa alla colonna di distribuzione verticale connessa alla rete impiantistica di ogni piano della torre, l'altra alla distribuzione orizzontale per livello.

Dal quadro generale alla base della torre, parte il collegamento per le utenze della torre, è stata scelta una soluzione che prevede la distribuzione verticale tramite blindosbarre² per gruppi di piani, nello specifico dal livello -2 al 10, dal livello 11 al 22, dal livello 23 al 32, dal 33 al 41.

¹Vedi Figura 4.3

²Vedi Figura 4.4

Ad ogni singolo piano è presente in derivazione dalla blindosbarra stessa una presa alla quale si collega il quadro di piano.³

A servizio della torre esistono 12 ascensori, i quadri a loro relativi hanno la sigla

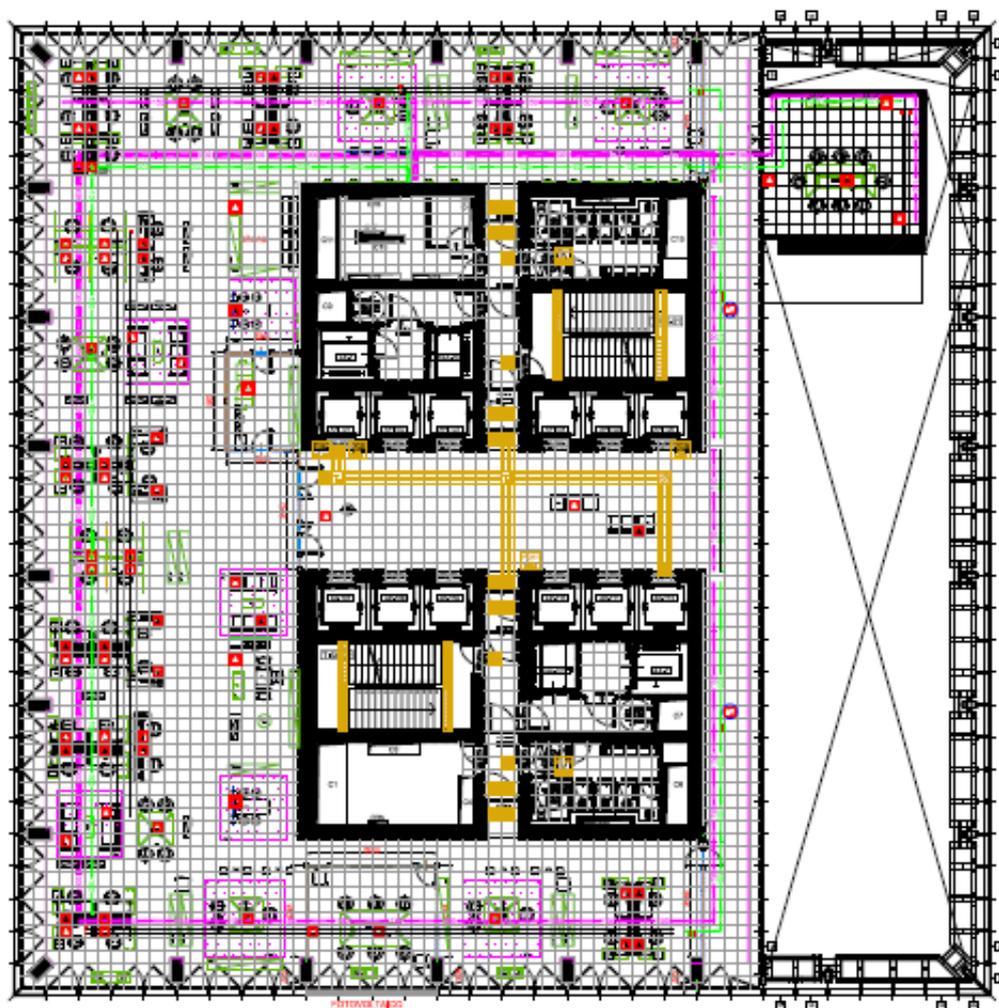


Figura 4.5: Planimetria impianti a pavimento livello 4 Torre della Regione - Fonte: [vedi 17]

QAS e si trovano tutti al piano 42 della torre in corrispondenza dei locali che contengono le macchine.

Le utenze al piano vengono alimentate da due derivazioni separate, una relativa

³Vedi Figura A.2

alla alimentazione ordinaria ed una alla privilegiata. I carichi sotto alimentazione privilegiata si dividono a loro volta tra quelli collegati sotto UPS (distinti con la sigla P0) e dunque in assoluta continuità e quelli sotto gruppo elettrogeno (P15)⁴, questi dovranno attendere un intervallo di 15 min l'accensione e la messa in regime dei motori Diesel.

Oltre a questi due circuiti sono presenti altri due circuiti, Safety A e Safety B a cui sono connessi tutti i sistemi antincendio, antifurto e antintrusione dipendenti dai relativi quadri. Nel locale deputato al posizionamento dei quadri elettrici, posto a ridosso del cavedio principale è presente anche il quadro relativo alla rete telefonica e alla connessione dati, la distribuzione di questo tipo di connessione avviene in canaline attigue a quelle dei collegamenti di potenza.

Le utenze a pavimento, in buona sostanza delle torrette, sono di 4 tipologie differenti:

	GRUPPO PRESE SERIE CIVILE PER ALIMENTAZIONE POSTO DI LAVORO COMPOSTO DA N.1 TORRETTA A SCOMPARSA A 20 MODULI, COSTITUITO DA: - N.1 PRESE 2X10/16 A+T TIPO UNEL/BIPASSO ALIMENTATE DA ENERGIA NORMALE. - N.1 PRESE 2X10/16 A+T TIPO UNEL/BIPASSO ALIMENTATE DA ENERGIA CONTINUITA' INFORMATICA. - N.2 INTERRUTTORI MAGNETOTERMICI DIFFERENZIALI PER PROTEZIONE UTENZE CONTINUITA' INFORMATICA E NORMALE. - N.3 PREDISPOSIZIONI PER PRESE TRASMISSIONE DATI TIPO RJ45 CAT6A DI CUI UNA CABLATA CON FRUTTO RJ45.
	GRUPPO PRESE SERIE CIVILE PER ALIMENTAZIONE POSTO DI LAVORO COMPOSTO DA N.1 TORRETTA A SCOMPARSA A 20 MODULI, COSTITUITO DA: - N.2 PRESE 2X10/16 A+T TIPO UNEL/BIPASSO ALIMENTATE DA ENERGIA NORMALE. - N.2 PRESE 2X10/16 A+T TIPO UNEL/BIPASSO ALIMENTATE DA ENERGIA CONTINUITA' INFORMATICA. - N.2 INTERRUTTORI MAGNETOTERMICI DIFFERENZIALI PER PROTEZIONE UTENZE CONTINUITA' INFORMATICA E NORMALE. - N.3 PRESE TRASMISSIONE DATI TIPO RJ45 CAT6A CABLATE CON FRUTTO RJ45.
	GRUPPO PRESE SERIE CIVILE PER ALIMENTAZIONE POSTO DI LAVORO COMPOSTO DA N.1 TORRETTA A SCOMPARSA A 20 MODULI, COSTITUITO DA: - N.2 PRESE 2X10/16 A+T TIPO UNEL/BIPASSO ALIMENTATE DA ENERGIA NORMALE. - N.2 PRESE 2X10/16 A+T TIPO UNEL/BIPASSO ALIMENTATE DA ENERGIA CONTINUITA' INFORMATICA. - N.2 INTERRUTTORI MAGNETOTERMICI DIFFERENZIALI PER PROTEZIONE UTENZE CONTINUITA' INFORMATICA E NORMALE.
	GRUPPO PRESE F.M. COMPOSTO DA N°1 TORRETTA A SCOMPARSA COSTITUITO DA: N° 1 INTERRUTTORE MAGNETOTERMICO In=16A; N° 3 PRESE In=2X10/16A UNEL BIPASSO TIPO SCHUKO ALIM. SEZIONE ORDINARIA

Figura 4.6: Legenda Torrette - Fonte: [vedi 17]

La differenza come si può notare sta nel numero di connessioni elettriche e o alla rete dati possibili. La disposizione al piano segue il posizionamento degli arredi, così da prevedere la fornitura della potenza necessaria ad ogni postazione che verosimilmente sarà accessoriata con postazione computer necessaria ai dipendenti degli uffici. L'alimentazione delle stesse è stata effettuata mediante blindosbarre⁵

⁴Vedi Figura A.6

⁵Vedi Figura A.1



Figura 4.7: Planimetria impianti a soffitto livello 4 Torre della Regione - Fonte: [vedi 17]

passanti nel pavimento flottante, la scelta impiantistica trae la sua spiegazione dalla possibilità di poter spostare le connessioni alle torrette in maniera agevole ove necessario, senza dover ricorrere ad opere murarie per il ricollocamento.

Le blindo seguono l'andamento del perimetro del livello considerato, che può variare per la presenza dei satelliti, un'ulteriore differenza nella distribuzione delle stesse può esserci per la presenza di giardini pensili al piano.

Per quanto riguarda la distribuzione delle utenze a soffitto invece, il posizionamento

delle lampade si ripropone pressoché identico piano per piano.⁶

Le lampade utilizzate sono simili per caratteristiche alla seguente:

Apparecchio di Illuminazione 1x21 ottica lamellare, reattore elettronico, incassato nel controsoffitto metallico (o cartongesso), completo di lampada lineare fluorescente di tipo OSRAM LUMILUX T5 HE ES 19W o similare

L'installazione dei corpi illuminanti numerati dal 7 all 11 è prevista nei bagni, mentre le altre illuminano gli ambienti comuni e gli uffici su ogni piano, collegate secondo la logica di alimentazione esposta in precedenza.

Gli impianti speciali relativi al sistema di rilevazione incendi o di allarme sono divisi per distribuzione in utenze al pavimento e utenze al soffitto, e nelle planimetrie comprendono anche il posizionamento delle prese relative alla connessione grafica. L'impianto si snoda attraverso il piano su canaline che si muovono parallele a quelle dei conduttori, a pavimento sono installati rilevatori ottici di fumo completo di ripetitore di allarme posato a vista entro il pavimento galleggiante.

Le apparecchiature relative al sistema antincendio che invece si trovano a soffitto risultano essere:

1. Rilevatori indirizzati ottici di fumo, posato entro controsoffitto o a vista;
2. Rilevatori indirizzati ottici di fumo in ambiente;
3. Ripetitori di allarme;
4. Diffusori sonori a parete e a soffitto;
5. Pannelli ottici acustici a parete;
6. Pulsanti manuali di allarme antincendio posti sotto vetro frangibile con installazione a parete.

La accessoristica antincendio si compone anche di insegne luminose per segnalare le uscite e le vie di esodo.

Tutte le apparecchiature di diffusione sonora sono collegate al quadro EVAC che si trova esclusivamente ai piani 1, 19, 34, mentre i sistemi di rilevazione fumi sono alimentati a 24 Vdc e sono tutti afferenti ad una centrale (AM8000 e BB8000) a 4 *loop* installata a parete e presente ai piano 1, 6, 10, 14, 18, 22, 26, 30, 34, 38, 42. Per

⁶Vedi Figura A.9

loop si intende il collegamento ad anello chiuso dei dispositivi rivelatori ed attuatori ad una centrale digitale. In modo specifico i conduttori partono dalla centrale, collegano in cascata i dispositivi e tornano a chiudere l'anello, direttamente in centrale. La struttura ad anello consente il sostanziale vantaggio di continuare a riconoscere i dispositivi collegati anche se avviene un'interruzione, poiché i due tronconi dell'anello tagliato sono comunque collegati alla centrale di controllo. Il sistema però deve comunque riconoscere ed avvertire dell'avvenuta interruzione, in quanto una seconda interruzione porterebbe all'esclusione di tutti i rivelatori compresi tra i due punti aperti dell'anello.

È anche importante segnalare che l'impianto antincendio è progettato per funzionare in maniera tale da dividere il piano in due aree distinte, che possono totalmente essere isolate l'una dall'altra tramite serrande tagliafuoco che escludono la ventilazione in caso di incendio al fine di evitare il propagarsi in entrambe le ale. Per quanto riguarda il sistema anti-intrusione e di sorveglianza si prevede l'installazione di:

1. Rilevatori puntuali a triplo bilanciamento, installato su porta;
2. Rilevatori volumetrici a doppia tecnologia, installato a parete;
3. Lettori di badge per sblocco porta (controllo accessi);
4. Elettroserrature comandate da controllo accessi;
5. Interfono VOIP, installato a parete;
6. Modulo di controllo varchi di piano.

I sistemi di controllo accessi e antintrusione sono collegati alla relativa centralina (ANT/ACC), installata a parete e presente ai piani -2, 2, 10, 22, 34, 42. Esiste anche il collegamento relativo alle videocamere di sorveglianza che hanno come centrale un quadro posto in armadio (TVCC) presente ai piani 1, 10, 18, 27, 36. Per quanto riguarda invece l'impianto di telefonia e di connessione alla rete dati, sono stati previsti nelle torrette dei frutti RJ45 che possono variare in numero da 1 a 3 come visibile in Figura 4.6. Il loro collegamento è effettuato tramite cavo UTP cat 6A al rack fonia/dati presente su ogni piano.⁷

⁷Vedi Figura A.8

4.3 | Il software

La realizzazione del modello è stata effettuata tramite il software Revit®, un programma della famiglia Autodesk®, che permette la modellazione in **3D** con elementi di modellazione parametrica.

*"L'interfaccia di Revit racchiude un interessante aspetto proprio della modellazione **BIM**, ovvero la possibilità di disegnare elementi tridimensionali già a partire da viste in due dimensioni. [...]"*

La maturità raggiunta da Revit negli ultimi anni ha permesso ad un numero sempre maggiore di studi professionali di abbandonare ambienti CAD più generalisti, paragonabili ai classici tecnografi tradizionali, in favore di un contesto integrato che agevola l'interscambio informativo tra le discipline coinvolte nel processo edilizio, seppure con alcune criticità ancora da superare." [18]

Il software Revit® è stato selezionato sia per le sue caratteristiche tecniche sia per "eredità" dei precedenti tesisti impegnati sul modello, diventa dunque di fatto la naturale scelta per realizzare una collaborazione complementare per la creazione di un processo progressivo interoperabile, multidisciplinare e basato su chiavi di lettura parametriche comuni.

Il programma genera, alla creazione di un nuovo documento, un file in **Formato**

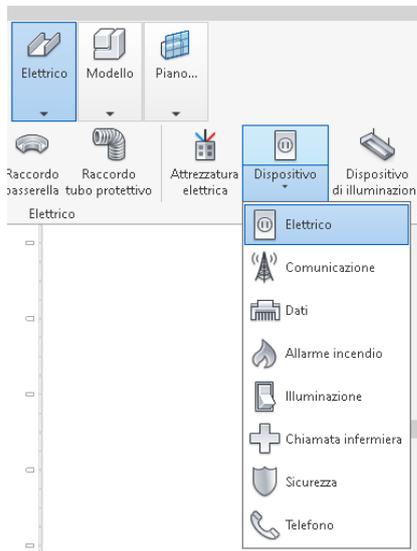


Figura 4.8: Ambiente di lavoro Revit® - Menu attrezzatura elettrica

di progetto di modello Autodesk Revit® (.rvt). Alla apertura, l'ambiente di lavoro è diviso in barra dei comandi⁸, in alto, menu di progetto, che raccoglie in unico luogo le librerie degli oggetti utilizzati e le planimetrie di progetto divise per discipline e il menu delle proprietà dell'oggetto.

La barra dei comandi è suddivisa secondo disciplina, in ogni scheda sono riportati strumenti e oggetti, richiamabili attraverso la pressione e trascinati sul modello nella posizione utile.

Le categorie relative al **MEP**, sono raccolte nella scheda "*Sistemi*", nello specifico gli elementi elettrici sono contenuti sotto il comando "*Gruppo Elettrico*". Il programma mette a disposizione le seguenti famiglie di sistema:

- Cavo;
- Passerella;
- Tubo protettivo;
- Tubi protettivi paralleli;
- Raccordo passerella;
- Raccordo tubo protettivo;
- Attrezzatura elettrica;
- Dispositivo;
- Dispositivo di illuminazione.

La barra multifunzione fornisce dunque gli strumenti da aggiungere per realizzare componenti elettrici e cablaggi, ad esempio, la categoria "*attrezzatura elettrica*" è costituita da quadri e trasformatori. Supponendo di voler inserire un quadro, bisognerà espandere *Viste*, selezionare *Piante dei pavimenti* e fare doppio clic sulla vista in cui si desidera posizionare l'attrezzatura. Richiamare l'oggetto "*Attrezzatura elettrica*" come descritto, nel selettore di tipo, selezionare un tipo di componente e spostare il cursore sull'area di disegno.

Quando si sposta il cursore su una posizione valida nell'area di disegno, viene visualizzata un'anteprima dell'attrezzatura, nel caso in esame, per l'oggetto disponibile

⁸Vedi Figura 4.8

nella libreria del software bisogna tenere conto che l'"*Host*" (Superficie) adatto non può essere il piano di lavoro ma una superficie verticale quale un muro.

Nel caso in cui il dispositivo che si intende posizionare nel modello non sia presente all'interno del database del programma, è sempre possibile realizzarlo utilizzando come base una delle categorie presenti.

Quando si duplica un tipo di sistema, il nuovo elemento utilizza lo stesso sistema

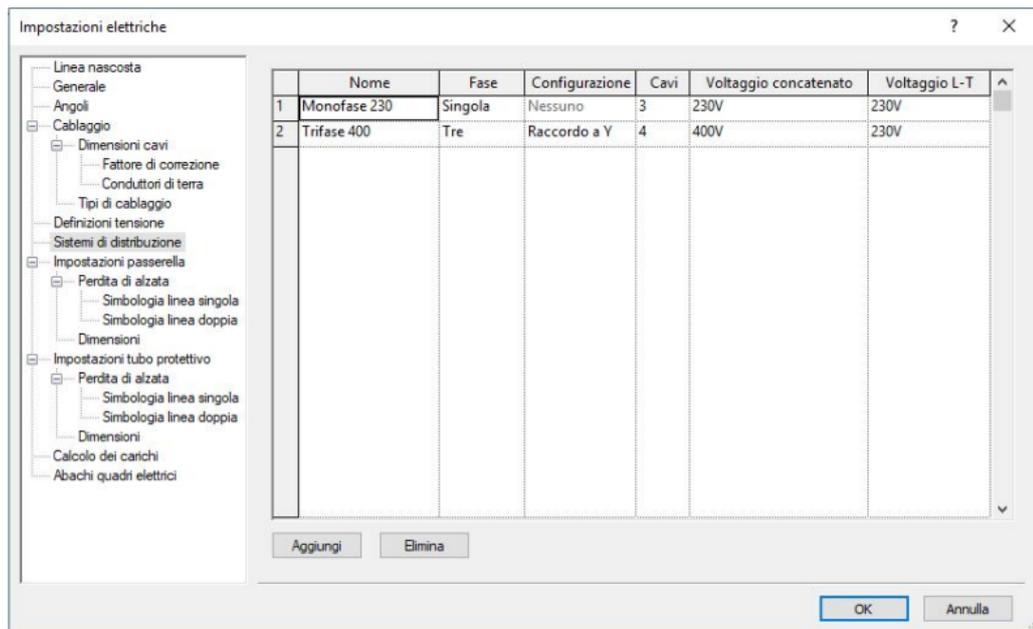


Figura 4.9: Menu Impostazioni Elettriche

di classificazione, ma è possibile modificare la copia senza alterare il tipo di sistema originale o le relative istanze.

Il processo per la creazione di un nuovo oggetto verrà esposto nei prossimi capitoli. In fase preliminare di creazione del progetto risulta di fondamentale importanza la creazione dei *Template* di sistema contenenti informazioni sul sistema di distribuzione e i profili di tensione presenti nel modello.

Il menu "*Impostazioni Elettriche*"⁹, può essere richiamato dalla scheda *Gestisci* > *Impostazioni MEP* > *Impostazioni elettriche*.

Tramite questa finestra di dialogo è necessario definire sin da subito i profili di

⁹Vedi Figura 4.9

tensione presenti nel progetto e stabilire quali saranno i sistemi di distribuzione da utilizzare.

4.4 Definizione standard famiglie

Gli elementi modellati, in software **BIM** oriented come Revit®, sono disponibili in librerie e sono organizzati in Famiglie, Tipi e Istanze. Famiglia è il termine che indica tutto ciò che è possibile inserire nel modello, sia in **Due Dimensioni (2D)** che in **Tre Dimensioni (3D)**, fanno parte di questa categoria tutti quegli elementi come muri, solai, porte, tetti, finestre, arredi, componenti di impianto, etc. Le famiglie si distinguono a loro volta in “*di sistema*” e “*caricabili*”, le prime

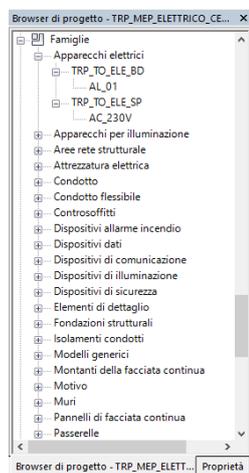


Figura 4.10: Categorie, Famiglie, Tipi

sono gli elementi strutturali di un edificio, le seconde no. Esiste un'ulteriore categoria rappresentata dalle famiglie “*locali*” a cui appartengono tutti quegli elementi modellati ex-novo, sono solitamente oggetti molto particolari creati per essere utilizzati solamente in un progetto.

Al di sotto delle famiglie così definite viene operata un'ulteriore classificazione, Tipo e Istanza. I Tipi rappresentano oggetti apparenti alla stessa famiglia che differiscono tra di loro per qualche caratteristica ad esempio le dimensioni.

Alla base di questa ramificazione troviamo l'Istanza, che indica il singolo oggetto. Dunque, modificare l'Istanza o il Tipo genera due risposte differenti, mentre, infatti, cambiando il primo operiamo su un singolo oggetto, agendo sul secondo noteremo la

variazione voluta su tutti gli elementi che condividono le medesime caratteristiche. Al fine di rendere coerente e di più facile lettura l'attività di tutti i soggetti che operano sul progetto della Torre della Regione Piemonte, si è deciso di adottare uno standard per la nomenclatura di Famiglie e Tipi.

Le regole da seguire sono esposte nella tesi di *Alice Morabito*, e vengono di seguito riportate.

Il nome della famiglia essere composto da stringhe di 2-3 caratteri intervallati dal trattino basso ognuna del quale fornisce un'informazione:

- Il primo termine è il riferimento al progetto, nel nostro caso TRP - Torre Regione Piemonte;
- Il secondo termine fa riferimento all'edificio oggetto del progetto, si distingue tra Torre, Centro Servizi, Parcheggio e Corte interrata, nel nostro caso TO - Torre;
- Il terzo termine fa riferimento alla disciplina a cui l'oggetto risulta afferente per esempio architettonica, strutturale, meccanica, elettrica, idricosanitario, antincendio, reti reflue, impianto di irrigazione, geotermico o coordinamento, nel nostro caso ELE - Elettrica;
- Il quarto termine invece è formato da due caratteri, solitamente presi dalle lettere iniziali del nome della famiglia di Revit®.

Il risultato è una stringa di 13 caratteri la seguente forma:

Progetto_Edificio_Disciplin_a_Famiglia

Il medesimo ragionamento viene fatto per operare la distinzione dei Tipi relativi alla medesima famiglia, qui la stringa è formata da solo due termini che ne descrivono due caratteristiche peculiari. A titolo di esempio si riporta il nome definito per una tipologia di torretta, "AL_1+1_1", in cui "1+1" identifica la presenza di n.1 presa alimentata da energia *Normale* e di n.1 presa alimentata da energia in *Continuità*.¹⁰ Per comprendere la lettura le scelte operate sono raccolte in un file **.xls** col nome **Codifica_famiglie_elettrico**.

La nomenclatura così adottata sarà visibile direttamente su Revit® nella finestra

¹⁰Vedi Figura 4.6

Browser di Progetto, al di sotto della voce di riferimento, nel nostro caso attrezzatura elettrica, selezionando il tipo sarà possibile creare una Istanza direttamente sul progetto, nella posizione desiderata.

4.5 Parametri condivisi

Al fine di uniformare il lavoro tra tutti gli studenti impegnati alla conversione del modello **BIM** del progetto della Torre della Regione, si è resa necessaria l'adozione di parametri condivisi. Essi permettono di valorizzare tutte le istanze presenti nel modello. I parametri condivisi sono stati stabiliti in precedenza nella tesi di *Alice Morabito* e successivamente aggiornati e ampliati da *Gabriele Buffa* nel suo progetto di ricerca per la Torre, si compongono di quattordici voci distinte come definito in tabella 3.3 e sono definiti come segue:

Tabella 4.1: Elenco Parametri condivisi

Parametro	Disciplina	Tipo di Parametro	Tipo/Istanza	Raggruppato in	Applicato a
Progetto		Testo	Istanza	Generale	
Edificio		Testo		Generale	
Classi di Unità tecnologiche		Testo		Generale	
Unità Tecnologiche		Testo		Generale	
Classi di Elementi Tecnici		Testo	Tipo	Generale	
Codifiche Masterformat		Testo		Generale	
Titolo Masterformat	Comune	Testo		Generale	Tutte le categorie del modello
Codice Categoria		Testo		Generale	
Identificativo		Testo		Generale	
Codice Padre		Testo		Generale	
Codice Esistente		Testo	Istanza	Generale	
Affidabilità		Testo		Generale	
Codice Famiglia		Testo		Generale	
Sottodisciplina		Testo		Generale	Vista

- **Progetto**, codice di 3 lettere (A-Z) rappresentativo del progetto in oggetto (*TRP* - Torre Regione Piemonte);
- **Edificio**, codice di 2 lettere (A-Z) rappresentativo della porzione di progetto in oggetto (*TO* - Torre);

- **Classi di Unità Tecnologiche**, sono elementi funzionali omogenei, raggruppati per funzione prevalente, per continuità fisica e funzionale (riferimento norma **UNI 8290**);
- **Unità tecnologiche**, insieme di elementi tecnici che rappresentano funzioni finalizzate al soddisfacimento di esigenze (riferimento norma **UNI 8290**);
- **Classi di elementi tecnici**, sono classi di prodotti che assolvono a funzioni specifiche di una o più classi tecnologiche (riferimento norma **UNI 8290**);
- **Codice Masterformat** e **Titolo Masterformat**, classificazione degli elementi sulla base della loro funzione, il codice e il titolo sono stati rilevati da quelli posti a catalogo CSI code;
- **Codice Categoria**, codice di 2 lettere maiuscole utilizzato per identificare la Categoria di un'istanza;¹¹
- **Identificativo**, è un codice formato da

NomeFamiglia_NomeTipo_Livello_NumeroProgressivo

- **Codice Padre**, Caratterizzazione dell'istanza sorgente di riferimento, nella struttura gerarchica di una Disciplina. Per mantenere la gerarchizzazione e suddivisione logica degli impianti, il codice padre può declinarsi per le varie Discipline e/o Sottodiscipline;
- **Codice esistente**, questo parametro crea un ponte tra i disegni **CAD** del progetto e il modello **BIM**, viene infatti compilato per tenere traccia del codice inserito sul progetto permettendo una coerenza di lettura tra i due sistemi, se non presente viene compilato con "NA";
- **Affidabilità**, definisce il grado di attendibilità del dato inserito, viene compilato tramite un valore numerico che varia da:
 - 1 - Rilievo sul cantiere,
 - 2 - Rilievo da **CAD**,
 - 3 - Nessuna informazione;

¹¹Vedi Tabella 4.2

- **Codice Famiglia**, codice di 2 lettere (A-Z) usato nella compilazione dell'Identificativo;
- **Sottodisciplina**, è un parametro che definisce le viste che comprendono tutti i componenti riferiti alla medesima disciplina, nel caso dell'impianto elettrico può assumere i seguenti valori:
 - ILL - Illuminazione;
 - DAT - Dati;
 - SIC - Sicurezza;
 - ANT - Antincendio;
 - UTZ - Utenze;

Tabella 4.2: Elenco Codici Categoria degli oggetti del modello

Categoria	Codice Categoria
Apparecchi Elettrici	AE
Apparecchi per illuminazione	AL
Attrezzatura elettrica	AF
Dispositivi allarme incendio	DA
Dispositivi dati	DT
Dispositivi di comunicazione	DC
Dispositivi di illuminazione	DI
Dispositivi di sicurezza	DS

Si riportano a titolo di esempio due schede **LOG - LOI** compilate per gli oggetti creati.

Tabella 4.3: Scheda LOG - LOI (TRP_TO_ELE_GP)

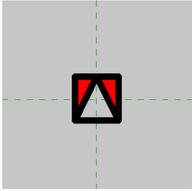
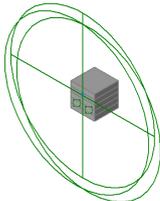
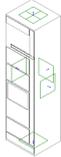
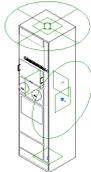
Disciplina		Nome Oggetto	TR_TO_ELE_GP
		Tipologia Famiglia	Caricabile
Elettrica		Livello di sviluppo raggiunto	C+
LOG	Livello di visualizzazione	Descrizione visualizzazione	Rappresentazione grafica
	Basso	Elemento 2D	
	Medio	Elemento 3D approssimato	
	Alto	Elemento 3D definito	
LOI	Parametro		Codice parametro
	Progetto		TRP
	Edificio		TO
	Classi di unità tecnologiche		5
	Unità tecnologiche		5.7
	Classi di elementi tecnici		5.7.4
	Codice Masterformat		16.47.00
	Titolo Masterformat		Power Distribution Units
	Codice Categoria		AF
	Identificativo		TRP_TO_ELE_GP_AL_1+1_1_LF05_00069
	Codice Padre		TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF05_00083
	Codice Esistente		NA
	Affidabilità		2
Codice Famiglia		GP	

Tabella 4.4: Scheda LOG - LOI (TRP_TO_ELE_AF)

Disciplina		Nome Oggetto	TR_TO_ELE_AF
		Tipologia Famiglia	Caricabile
Elettrica		Livello di sviluppo raggiunto	C+
LOG	Livello di visualizzazione	Descrizione visualizzazione	Rappresentazione grafica
	Basso	Elemento 2D	
	Medio	Elemento 3D approssimato	
	Alto	Elemento 3D definito	
LOI	Parametro		Codice parametro
	Progetto		TRP
	Edificio		TO
	Classi di unità tecnologiche		5
	Unità tecnologiche		5.8
	Classi di elementi tecnici		5.8.1
	Codice Masterformat		16.71.00
	Titolo Masterformat		Communications Circuit
	Codice Categoria		AF
	Identificativo		TRP_TO_ELE_AF_AL_600x600_LF05_00086
	Codice Padre		TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF05_00083
	Codice Esistente		EVAC/TVCC
	Affidabilità		2
Codice Famiglia		AF	

Il Modello

"Gli ultimi anni sono stati caratterizzati da una forte accelerazione della transizione digitale. Tutto il mondo produttivo ha intrapreso un percorso di profonda trasformazione, con l'obiettivo di evolvere verso la piena digitalizzazione dei processi, presupposto per un modello produttivo più competitivo e sostenibile.

*In questo contesto, non fa eccezione il settore delle costruzioni: il **Building Information Model/ling (BIM)** costituisce il paradigma dell'integrazione digitale dei processi in questo settore, nel quale la rappresentazione digitale dell'opera e dei suoi componenti costituisce l'elemento cardine per poter conseguire gli obiettivi che il **BIM** si prefigge: aumentare la produttività, razionalizzare la gestione dei processi di progettazione, costruzione ed esercizio di un'opera e, in ultima analisi, migliorarne la qualità, la sicurezza e la sostenibilità.*

*Chiaramente anche il settore elettrico deve partecipare a questo processo considerando che gli impianti elettrici costituiscono un'infrastruttura essenziale di tutte le opere di ingegneria, sia per quanto riguarda la produzione e la distribuzione di energia elettrica, sia per l'automazione e controllo di tutti gli impianti tecnologici. La digitalizzazione dei processi impone quindi la definizione di modelli digitali dei vari componenti elettrici per abilitare il processo di condivisione delle informazioni che il paradigma del **BIM**, e più in generale dell'interoperabilità dei sistemi, impone."^[19]*

La modellazione dell'impianto elettrico è stata eseguita su Revit® 2017 (successivamente aggiornato alla versione 2018) tenendo come riferimento i **CAD** forniti dai progettisti impegnati alla progettazione della Torre. Le planimetrie prese in considerazione rappresentano l'ultimo passo della progettazione, ovvero quello che viene definito il *come costruito* (as built), tutto ciò che viene rappresentato nelle tavole viene replicato nella realtà. Questo è il punto cruciale in cui si rilevano tutte le problematiche che non è stato possibile evidenziare prima. La maggior parte di queste criticità, tradizionalmente, si risolvono in un secondo momento attraverso varianti al progetto originale, con conseguenti allungamento dei tempi e costi. Vista la caratteristica di interoperabilità del **BIM** è stato possibile utilizzare come punto di partenza il modello architettonico e strutturale già creato dai colleghi ingegneri edili, e completarlo con la modellazione dell'impianto elettrico.

Il punto di partenza è stato, come accennato in precedenza, l'utilizzo delle tavole di progetto in formato **.dwg**, che sono state collegate al modello così da seguirne

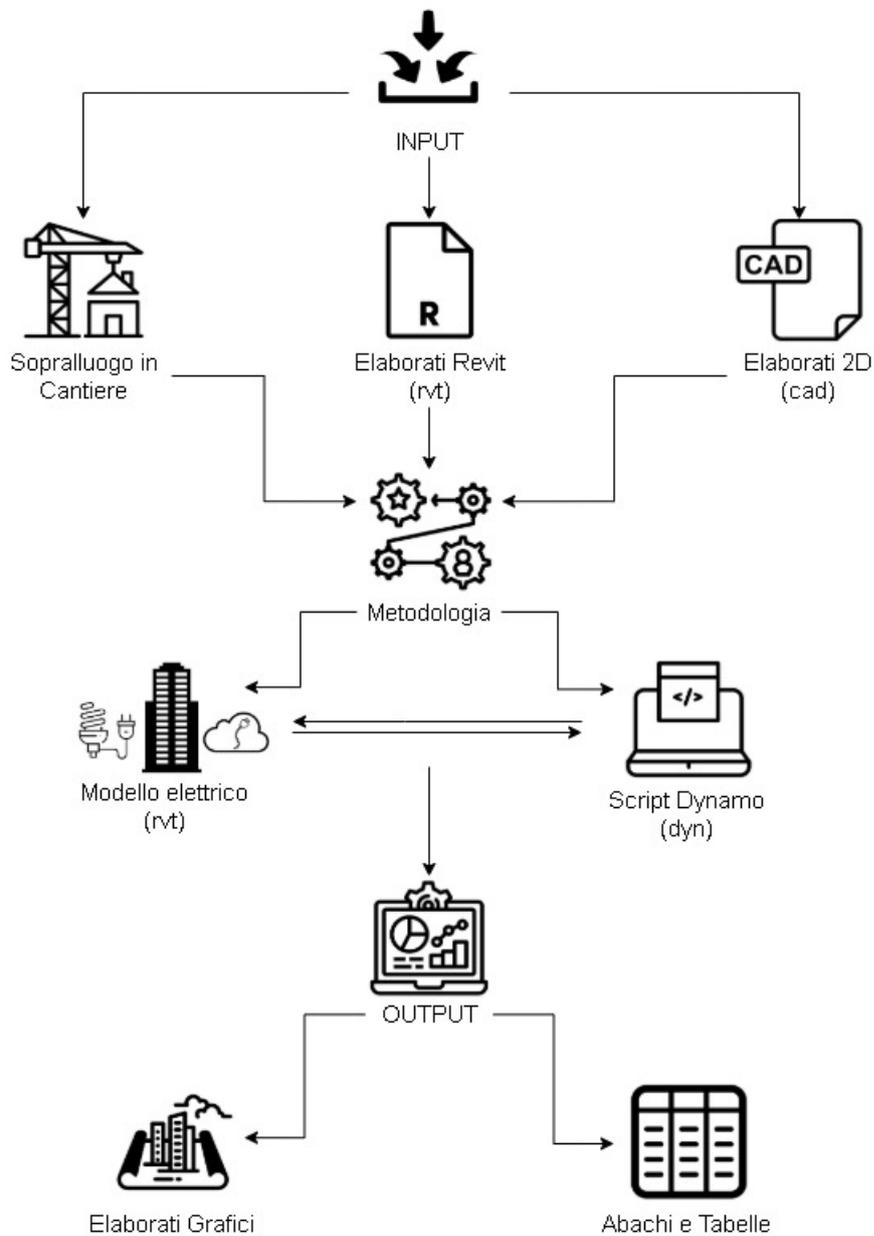


Figura 4.11: Schema flusso metodologico tesi

puntualmente le indicazioni e rendere la rappresentazione fedele in ogni suo parte alle disposizioni realizzative.

Per importare un file nel documento vi è innanzitutto la necessità che il file abbia l'estensione **.dwg** o **.jpg**, dunque o un disegno realizzato su autoCAD o la sua

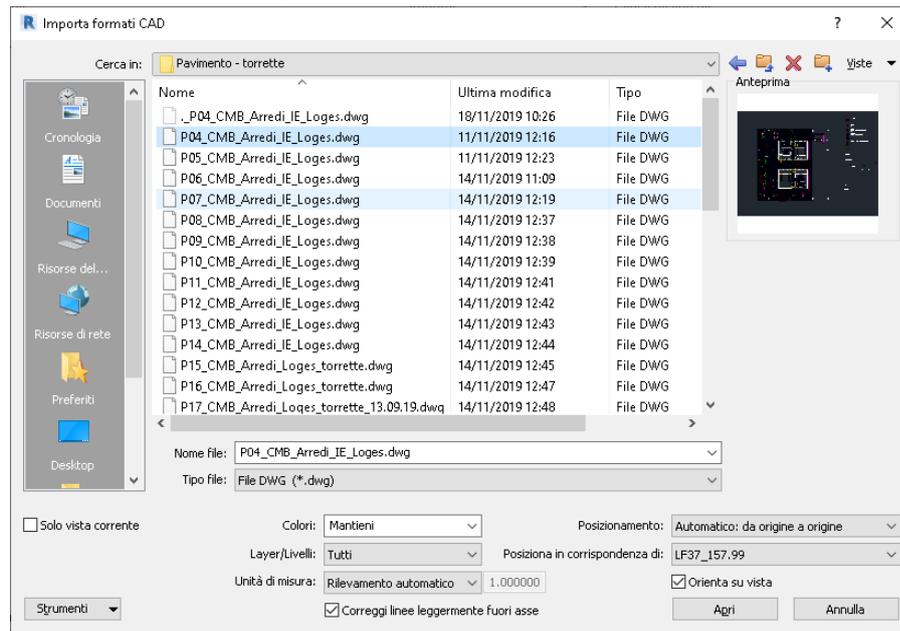


Figura 4.12: Menu acquisizione CAD

esportazione in formato immagine. La selezione viene effettuata sul programma selezionando la voce “*Importa CAD*”¹² dalla scheda “*Inserisci*”. All’apertura del menu contestuale, bisogna selezionare il file che si intende inserire cercandolo nella sua posizione all’interno dell’archivio del computer, definendo il fattore scala, il piano e il suo punto rispetto a tale piano per l’inserimento.

Inserito il file sul piano di lavoro, si hanno tutti i riferimenti da seguire. La visibilità delle tavole di progetto, se troppo invasiva, può essere modificata ed essere messa in secondo piano modificandone la tonalità a una più chiara scala di grigi. Per attuare questa modifica è possibile basta selezionare la voce “*Visibilità/Grafica*” dalla scheda vista, scorrere tra le varie opzioni e cercare il file caricato sotto la voce “*Categorie importate*”. Da questa sezione¹³ è possibile accedere all’elenco di tutti i file presenti sul progetto, inseriti mediante la procedura descritta in precedenza, e “accendere” o “spegnere” quelli non interessanti alla modellazione. Se si lavora su un progetto condiviso, e quindi contenente elementi afferenti a discipline diverse, nel menù “*Visibilità/grafica*” è anche possibile escluderli dalla vista andando a

¹²Vedi Figura 4.12

¹³Vedi Figura 4.13

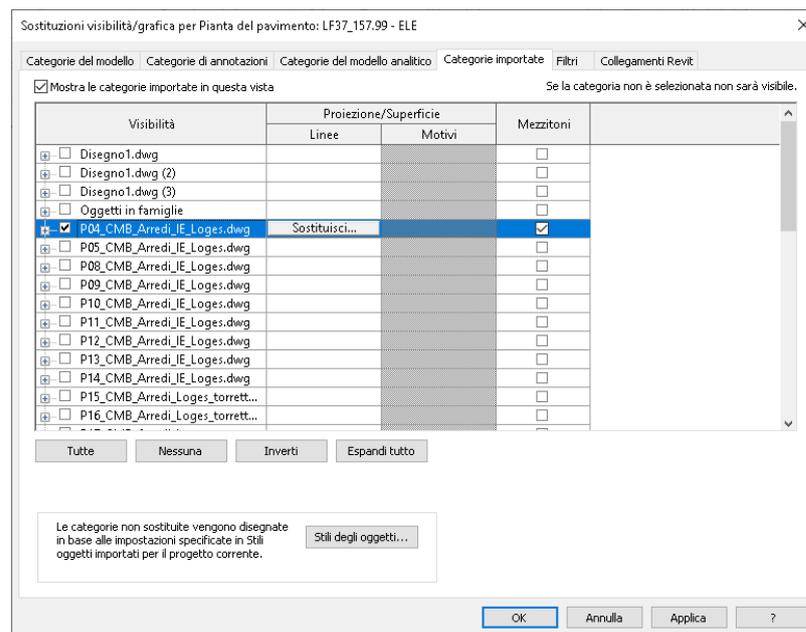


Figura 4.13: Menu Visibilità/grafica

togliere la spunta dalla casella relativa alla categoria.

Tutti gli impianti prevedono per la loro modellazione l'utilizzo di oggetti interni alle librerie del software utilizzato quando disponibili, in caso contrario è sempre possibile ricercarli all'interno del sito del produttore. Nel caso in cui anche quest'ultima ipotesi risulti infruttuosa, esiste la possibilità di crearli ex-novo utilizzando gli strumenti a disposizione.

Per la modellazione del sistema elettrico della torre della regione, a tal proposito, si è resa necessaria la creazione di elementi funzionali all'impianto stesso e rappresentati la realtà progettuale.

Come descritto nel capitolo relativo alla disanima dell'intero progetto elettrico della torre, ogni piano modellato prevede la configurazione degli impianti relativi alla distribuzione elettrica a pavimento e dell'illuminazione. Prendendo in considerazione l'impianto a pavimento, il sistema elettrico risulta essere composto da quattro diversi quadri elettrici, ognuno relativo al tipo di distribuzione deciso in fase progettuale.

Ogni oggetto posizionato fa riferimento al relativo quadro di piano, rinominati in fase di progetto tramite la seguente nomenclatura QE.T.PXX.01, dove il nome del livello prende il posto delle XX, e il tutto viene seguito dal tipo di soluzione

definita per il circuito ad esso a valle.

Esistono quattro possibilità:

- O indica i circuiti ordinario, collegato direttamente alla fornitura elettrica;
- P15 è il servizio in continuità che tiene conto del tempo di messa in funzione del gruppo elettrogeno;
- SA security A;
- SB security B.

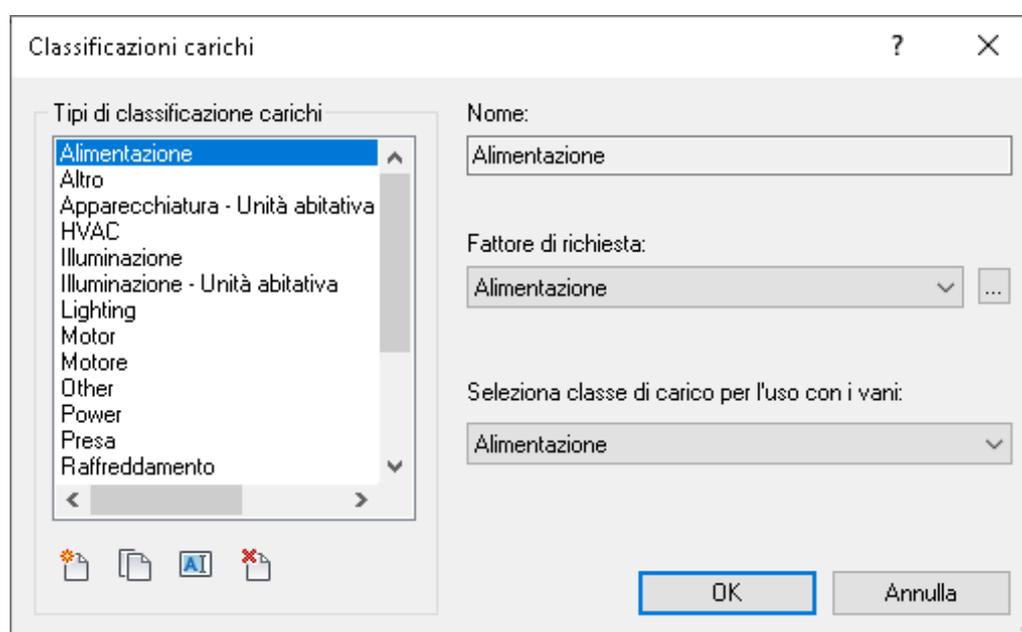


Figura 4.14: Menu Classificazione Carichi

I quadri rappresentati nel modello hanno la caratteristica di aggregare tutte le informazioni sui carichi ad essi collegati, nello specifico, viene definito per ogni fase il valore di potenza associato ai tipi di carico e viene calcolato il livello della corrente di impiego stimata.

Questo è possibile grazie alla presenza dei campi relativi ai dati elettrici tra le proprietà di in ogni singola istanza, tali informazioni vengono riportate tra i dati del quadro diversamente per tipo di utenza. Ogni elemento deve, infatti, essere categorizzato rispetto al tipo di carico che esso rappresenta. Per attivare

il menu relativo, bisogna selezionare le proprietà del tipo nella scheda “Modifica / Attrezzatura elettrica”, tra i campi riportati, sotto la voce “Classificazioni carichi”¹⁴ sarà possibile selezionare un tipo preimpostato o crearne uno nuovo. Il programma

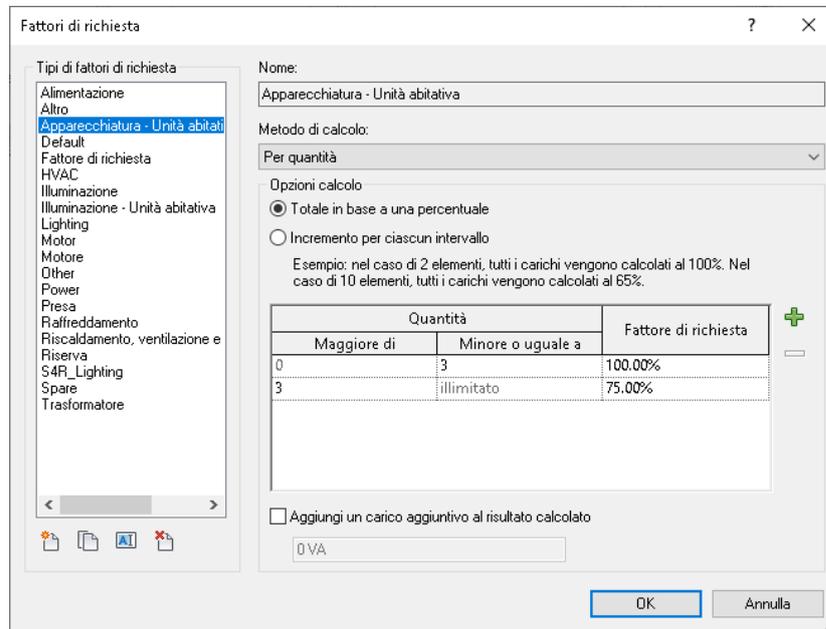


Figura 4.15: Menu Fattori di Richiesta

permette di calcolare diversamente il totale di potenza richiesto in base al numero di oggetti presenti nel gruppo collegato al quadro. L’incremento¹⁵ può essere calcolato in termini di:

- Totale in base a una percentuale (Ad esempio: nel caso di 2 elementi tutti i carichi vengono calcolati al 100%, nel caso di 10 elementi tutti i carichi vengono calcolati al 65%);
- Incremento per ciascun livello (Ad esempio: i primi 2 calcolati al 125%, più 3 elementi successivi calcolati al 100%).

La scelta del calcolo percentuale non risulta essere rigida ma adattabile alle esigenze attraverso il campo inferiore, nel quale si possono impostare gli intervalli e i

¹⁴Vedi Figura 4.14

¹⁵Vedi Figura 4.15

valori percentuali da associare. Si può anche decidere di prescindere da questa automazione, imponendo costanza nei valori della sommatoria e configurando il calcolo in maniera differente.

Il calcolo della potenza relativa alle prese, ad esempio, è un parametro definito nel tipo della torretta modellata, ed è stato ottenuto tenendo conto delle seguenti variabili:

- Corrente Nominale = 16A;
- Tensione Nominale = 230V;
- Numero prese 1 o 2;
- Coefficiente di contemporaneità prese, $k_p = 0.4$;
- $\text{Cos}(\phi) = 0.9$ – Fattore di potenza

Attraverso questi dati, e tramite l’inserimento di opportune formule nei campi presenti nelle proprietà, il software riesce a calcolare la potenza attiva e apparente richiesta da ogni singola apparecchiatura elettrica presente nel modello e ricondurre il valore complessivo al quadro cui è collegata. È necessario inserire questi valori nel menu relativo alle caratteristiche dell’istanza, la selezione dei parametri viene effettuata attraverso i vari campi disponibili e integrata, ove non presente, tra quelle disponibili alla voce “*Generale*”, e adattata allo scopo.

A tal proposito, si può citare come è stato possibile calcolare la caduta di tensione percentuale e la sezione del cavo richiesta per effettuare il collegamento su ogni singola torretta presa, inserendo un parametro apposito nel sotto campo “*Dati elettrici*” e lasciando compilare il tutto in semplicità utilizzando il linguaggio di programmazione visuale messo a disposizione dal software stesso. Di questo “*Script*” nello specifico, se ne parlerà in maniera più estesa ed esaustiva successivamente nel capitolo ad esso dedicato.¹⁶

Ogni quadro elettrico modellato relativo a ogni singolo piano, è alimentato in tensione trifase 400V/230V e deriva a sua volta dal quadro QGBT.1 (O, P15, SA, SB) posto nella cabina Torre al piano -2. Il quadro generale di bassa tensione è a sua volta alimentato dai trasformatori, nella composizione precedentemente descritta, collegati al relativo quadro generale di media tensione.

¹⁶Vedi Paragrafo 5.5

Continuando con l'analisi degli impianti a pavimento si è resa necessaria la modellazione dei condotti blindosbarra, e dei loro relativi connettori rappresentanti le spine di derivazione. Le scelte progettuali prese relativamente alla costruzione del fabbricato, prevedono, la realizzazione di un pavimento galleggiante, sollevato dal solaio e posto in opera a secco al di sopra di una struttura metallica sollevata dal piano calpestabile di circa 10 cm. In questo modo si è realizzata di fatto un'intercapedine utile sia all'isolamento acustico e termico, ma anche al posizionamento dei conduttori. Questa scelta a differenza del più comune annegamento nel calcestruzzo dei tubi corrugati e dei relativi cavi conduttori, permette di fatto una maggiore versatilità di posizionamento e collegamento dei carichi che potrà essere modificata successivamente e con relativi minori oneri di posa in opera.

4.7 Creazione oggetti

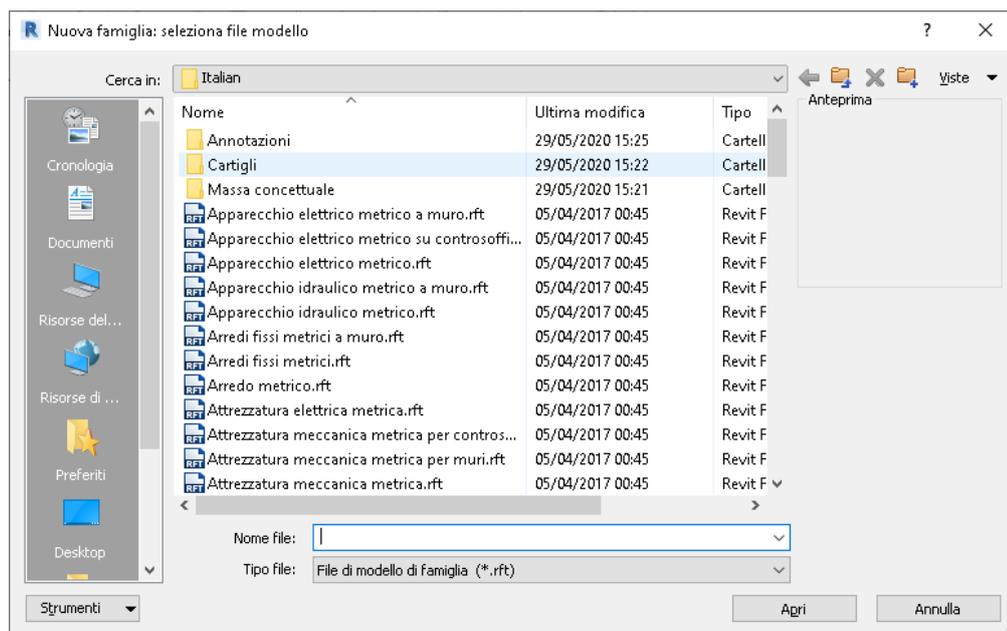


Figura 4.16: Menu Nuova Famiglia

I condotti sbarre così realizzati si snodano al di sotto del pavimento in 4 direzioni distinte e parallele ai lati perimetrali di ogni piano dell'edificio, collegati attraverso il connettore di testata direttamente al quadro di riferimento. In derivazione da essi sono connesse le spine che permettono di mettere in tensione le torrette presa

precedentemente descritte.

Le blindosbarre installate sono posate sempre in coppia, una alimentata dalla fornitura ordinaria ed una dalla fornitura in continuità, e hanno dimensione pressoché costante su tre lati, ma differente sul lato con i corpi aggettanti, dato che, come evidente il conduttore si adatta alle dimensioni perimetrali del locale.

La creazione di un elemento *ex novo* viene effettuata in maniera scollegata dal modello e salvata in formato **.rfa**. Bisogna infatti avviare il software Revit® e selezionare la creazione di un nuovo documento, stavolta relativo alla modellazione di una nuova famiglia. Verrà richiesto il modello da associare selezionabile tra un elenco di quelli presenti, differenti per ogni disciplina. Nel caso in esame, la scelta ricade su “*Apparecchio Elettrico Metrico*”, i modelli presenti sono distinti dal tipo di applicazione, e dunque dal piano di lavoro cui sono associati. Ogni

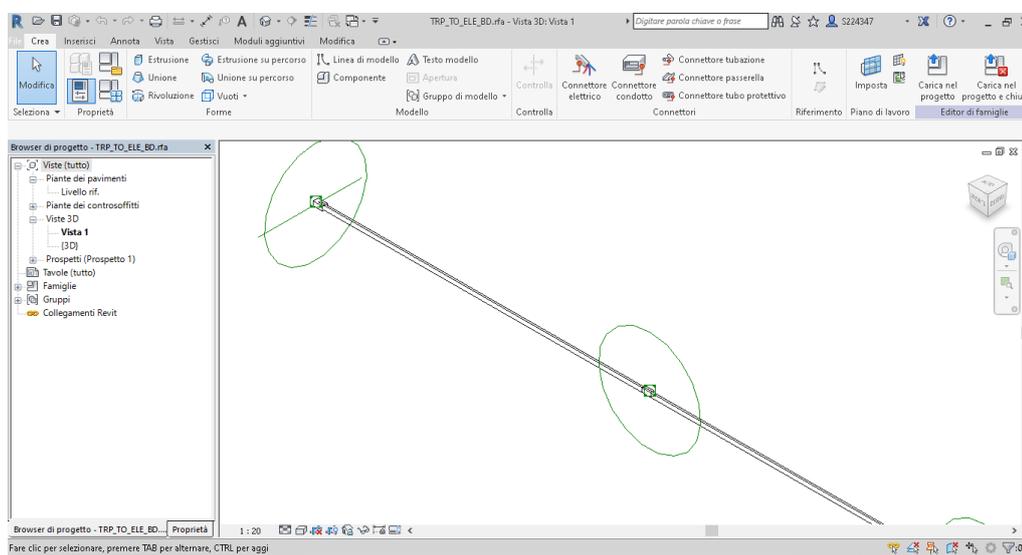


Figura 4.17: Ambiente di lavoro Revit® - Creazione Blindosbarre

singola blindosbarra è modellata tecnicamente come un'*estrusione su percorso*, intervallata dalla presenza di cubi (rappresentanti le spine) sulla cui superficie sono collocati i connettori utili alla connessione del sistema. La scelta del **LOD** di questo elemento è stata mantenuta su uno standard basso vista l'applicazione. L'oggetto così modellato è stato reso parametrico, cioè variabile in funzione di determinate valori, per permettere il suo adattamento alle differenti misure sui livelli. Ogni parametro definito è stato specificamente attribuito alla relativa istanza. Così facendo ogni singolo elemento posizionato può essere modificato nelle sue

dimensioni agendo direttamente dal menu delle proprietà dell'oggetto, variando di volta in volta la lunghezza della blindosbarra e la distanza del connettore di testata dalla prima spina. Attraverso questi due dati, legati assieme tramite il rapporto si definisce anche il numero di derivazioni. Mantenendo la lunghezza dell'elemento fissa e variando l'Inter-distanza tra i connettori è possibile aumentare e/o diminuirne il numero di connessioni. La modellazione non si è fermata alle

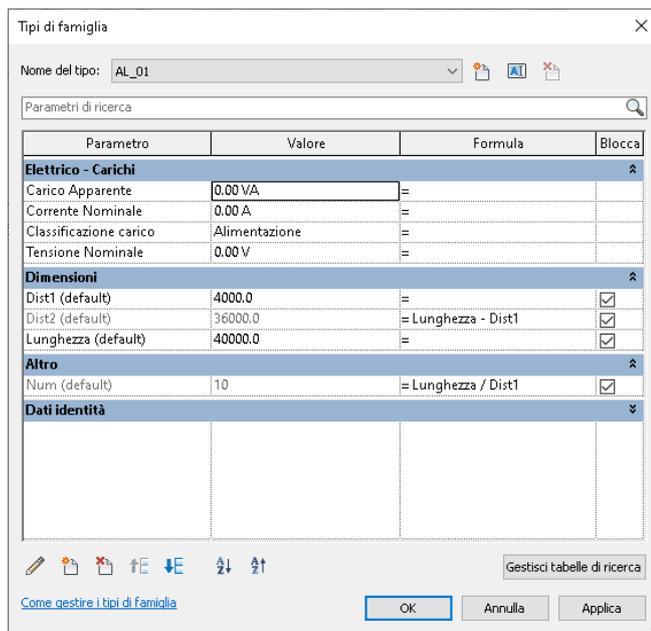


Figura 4.18: Menu Tipi di famiglia - Parametrizzazione Blindosbarre

sole blindosbarre ma si è resa necessaria anche per la creazione delle torrette prese. Alla base dell'oggetto vi è l'estrusione di un solido quadrato al quale sono state applicate le connessioni previste. Il LOD di questi oggetti vista la rappresentazione planimetrica segue le solite convenzioni, viene dunque rappresentato tramite un simbolo differente rispetto alla tipologia. I simboli degli apparecchi elettrici possono essere utilizzati e gestiti in base al dettaglio della vista, in questa fase non serve una geometria dettagliata ma più informazioni e dati. L'utilizzo di un simbolo per indicare l'apparecchiatura elettrica nella vista planimetrica, infatti, risulta essere la scelta più indicata, in termini di comprensione e lettura dell'elaborato. Per aggiungere ad un oggetto modellato le connessioni così come rappresentate precedentemente, è necessario selezionare la voce "Connettore elettrico" dalla scheda "Crea" e applicarlo. Esso, per essere posizionato, deve essere associato a

una superficie e può essere modificato nel suo orientamento agendo sulla barra spaziatrice. Bisogna specificare che il connettore elettrico è definito da proprietà diverse dall'intero oggetto modellato, e che esse rivestono un ruolo fondamentale per la definizione dei collegamenti.

Le caratteristiche visibili nella barra di proprietà dell'oggetto, si dividono in:

- Tipo di sistema (Alimentazione bilanciata/ Alimentazione non bilanciata);
- Numero di poli (1,2,3);
- Classificazione carico (Definito in precedenza);
- Voltaggio;
- Carico apparente.

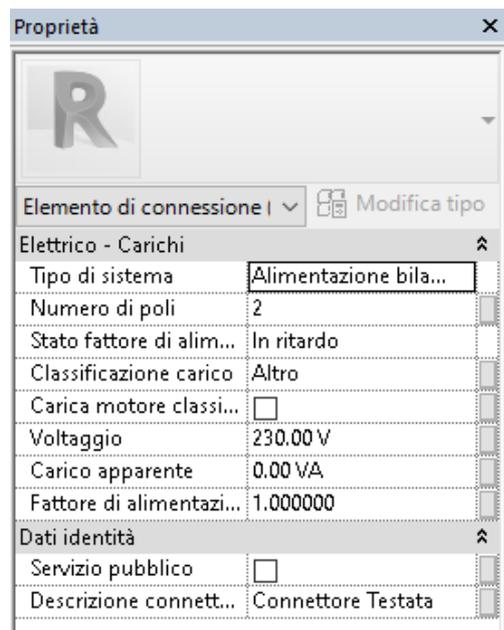


Figura 4.19: Menu Proprietà Connettore Elettrico

I valori scelti in questa fase andranno a determinare le proprietà del collegamento e i dati che successivamente alla connessione verranno trasmessi al quadro.

Ogni singola torretta, si differenzia, oltre al numero di spine disponibili, anche per la presenza di connettori relativi alla connessione dati. La connessione delle spine prese RJ45 avviene tramite canaline poste in opera al di sotto del pavimento

galleggiante e con collegamento al relativo Rack Dati su ogni piano. L'armadio contenente i cablaggi e le connessioni dati ha la sigla FD-XX (con XX si indica nuovamente il piano di riferimento) ed è alimentato su ogni piano dal quadro SECURITY A (QE.T.PXX.01 SA). Il collegamento di un apparecchio elettrico e

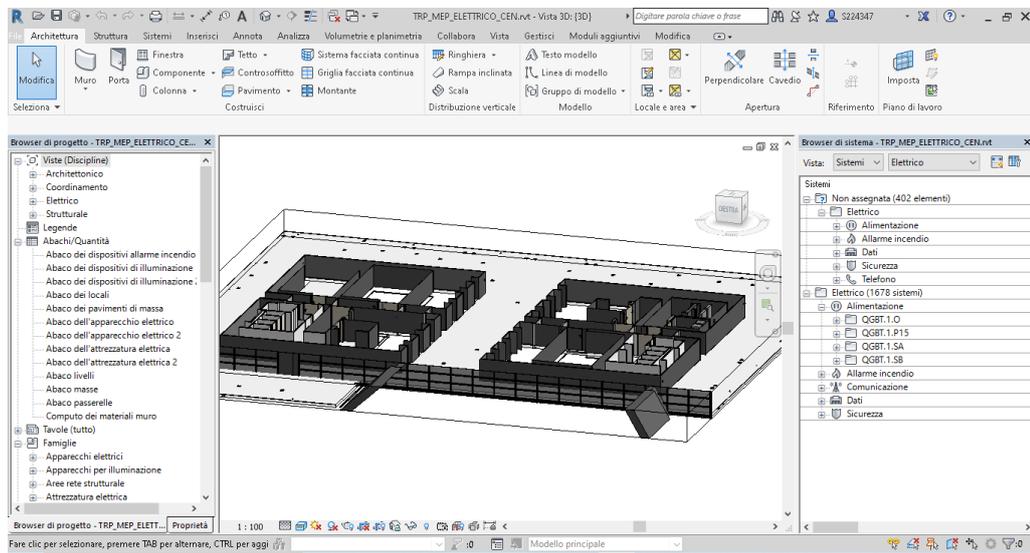


Figura 4.20: Ambiente di lavoro Revit® - Vista 3D livello 37

la sua associazione ad un circuito può essere effettuata selezionando l'istanza sul piano di lavoro e cliccando sul pulsante "Alimentazione" nella scheda "Modifica / Attrezzatura Elettrica". Medesima procedura va seguita per il collegamento delle spine RJ45 al relativo quadro, selezionando questa volta però la voce "Dati" dalla scheda precedentemente descritta. Una volta deciso il tipo di connessione è possibile selezionare dalla finestra di dialogo, il tipo di connettore da utilizzare, nel caso delle torrette si può scegliere tra quello deputato all'alimentazione ordinaria e quello sotto alimentazione in continuità. Effettuata la scelta viene chiesto a quale riferire l'oggetto e se si vuole aggiungere elementi al circuito. Completata l'associazione così come descritto, sarà possibile modificare la selezione creata aggiungendo o rimuovendo elementi o variando il collegamento al quadro di piano.

Il raggruppamento delle prese è stato effettuato considerando la loro posizione al piano, e può essere distinto in 5 circuiti separati, ovviamente, c'è da considerare la descritta ridondanza del circuito sotto alimentazione ordinaria e sotto continuità:

- Circuito Nord-Est;

- Circuito Nord-Ovest;
- Circuito Ovest;
- Circuito Sud;
- Circuito Est (se presente elemento a sbalzo).

I circuiti associati al quadro possono essere visualizzati nel menu “*Browser di sistema*”, attivabile dal menu “*Vista*” > “*Interfaccia Utente*”. In questo menu si trovano tutti gli oggetti modellati filtrati secondo la loro disciplina (Elettrico, Meccanico, Tubazioni), prendendo ad esempio il caso in oggetto, gli elementi vengono divisi in due categorie, “*Non assegnati*” ed “*Elettrico*”. La prima comprende indistintamente tutte le istanze presenti nel progetto e non assegnate a un sistema di alimentazione e/o a un quadro di riferimento, mentre la seconda contiene al suo interno tutti gli oggetti che sono stati correttamente gerarchizzati, suddivisi nelle seguenti categorie:

- Alimentazione;
- Allarme antincendio;
- Comunicazione;
- Dati;
- Sicurezza.

Gli elementi facenti capo la sottocategoria alimentazione, sono indistintamente prese e apparecchi per l’illuminazione, nella seconda troveremo invece tutti gli elementi facenti parti i sistemi di allarme antincendio (Sirene, centraline, pulsanti per allarme). La voce “Comunicazione” comprende invece il sistema telefonico, che viene distinto dalla categoria Dati dedicata a comprendere i soli elementi che prevedono una connessione alla rete, in ultimo troviamo la categoria Sicurezza che contiene al suo interno tutti gli elementi, come telecamere videosorveglianza, sensoristica, etc.

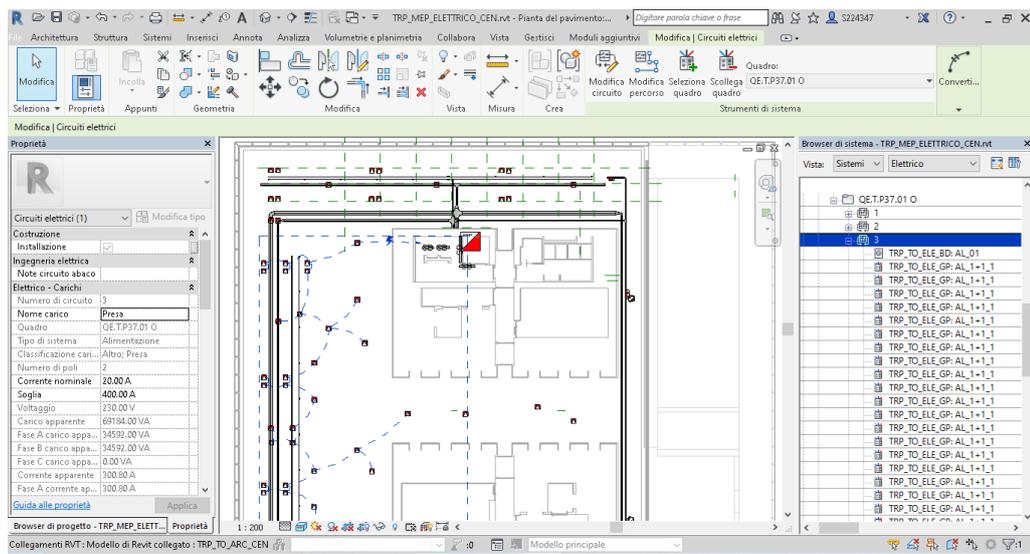


Figura 4.21: Ambiente di lavoro Revit® - Selezione Circuito

Prendendo in considerazione il sistema Elettrico, premendo sull'opzione "+", verranno svelati tutti i sistemi elettrici raggruppati sotto il medesimo quadro elettrico, contrassegnati in ordine crescente dall' 1 al valore di circuiti realizzati. Prendendo ad esempio il quadro al piano 04 per la sezione ordinaria, Q.E.T.P04.01 O, possiamo notare 14 circuiti, comprendenti gli impianti a pavimento e gli impianti a controsoffitto (Illuminazione).

Si può ulteriormente espandere la voce trovata premendo sempre sul tasto "+" annidato, vengono mostrati tutti gli elementi facenti parte il circuito realizzato, rendendo possibile, cliccandoci sopra, evidenziarlo all'interno del modello e nella vista relativa. Se invece si seleziona il circuito cliccando con il mouse sul numero del circuito, quello che si ottiene è la possibilità di visualizzare tutti gli elementi riferibili al circuito con il loro relativo collegamento.

La possibilità di evidenziare un circuito distinguendolo da un altro e determinare di preciso quali elementi ne facciano parte diventa molto interessante e importante in termini di manutenzione e nell'ordine di tempistiche di intervento. Questo evidenzia ancora una volta i punti a favore del modello realizzato con metodologia **BIM**, che fa di queste caratteristiche il suo punto di forza.

L'analisi della composizione degli impianti a controsoffitto, rende possibile evidenziare un'altra caratteristica funzionale del software utilizzato. In questa porzione di impianto le scelte progettuali sono state molto complesse, si è deciso di utilizzare

fondamentalmente sei tipi di plafoniere che differiscono tra di loro per la potenza assorbita e dunque per il grado di illuminazione che sono in grado di fornire. Le plafoniere scelte sono state installate incassate nel controsoffitto, lasciando passare i cablaggi relativi alla loro alimentazione su passerelle sospese e tassellate a soffitto. Per dare un ordine di idee, ogni piano conta la presenza di circa 270 corpi illuminanti, collegati in 27 circuiti differenti, ognuno dei quali distinto rispetto al proprio quadro di riferimento. Nello specifico ogni circuito è differenziato secondo la seguente nomenclatura:

(Riferimento al tipo di alimentazione).Sigla IN/IR/IS - Numero crescente

I circuiti così ottenuti sono i seguenti:

Tabella 4.5: Nome circuiti illuminazione Torre della Regione

Ordinaria	Continuità P15	Security A	Security B
O.IN1	P15.IR1	SAA.IS1	SAB.IS1
O.IN2	P15.IR2	SAA.IS3	SAB.IS2
O.IN3	P15.IR3	SAA.IS5	SAB.IS3
O.IN4	P15.IR4	SAA.IS10	SAB.IS10
O.IN6	P15.IR6	SAA.IS11	SAB.IS11
O.IN8	P15.IR7		
O.IN9	P15.IR8		
O.IN10	P15.IR10		
O.IN11			

Questa scomposizione in circuiti è identica per qualsiasi piano della Torre, data la similitudine degli spazi da illuminare sui singoli piani. Risulta allora evidente la ripetitività richiesta per la sua trasposizione fedele sul modello, ma a tal riguardo è stato utile uno strumento messo a disposizione del software che ha di fatto velocizzato di molto il compito.

4.8

Simboli di annotazione

Le planimetrie elettriche non necessitano per la loro lettura di un **LOD** elevato. Gli oggetti modellati possono dunque essere rappresentati mediante un simbolo

riconoscibile che ne renda semplice l'individuazione.

Il software stabilisce diversi livelli di dettaglio per gli oggetti, si passa da *Alto*, *Medio* a *Basso*, ad ogni livello si abbassa la risoluzione della visualizzazione **3D**. Si passa così da un modello completo di ogni dettaglio a una rappresentazione schematica.

La visualizzazione dipende anche dal tipo di vista. In una vista assonometrica, come ad esempio una sezione, è necessario che l'elemento sia visualizzato secondo le sue reali dimensioni così da renderne possibile valutarne gli ingombri. In pianta, questa necessità perde la sua valenza a favore di una più semplice visualizzazione simbolica. Un simbolo di annotazione consiste in un'etichetta o in un segno distintivo da

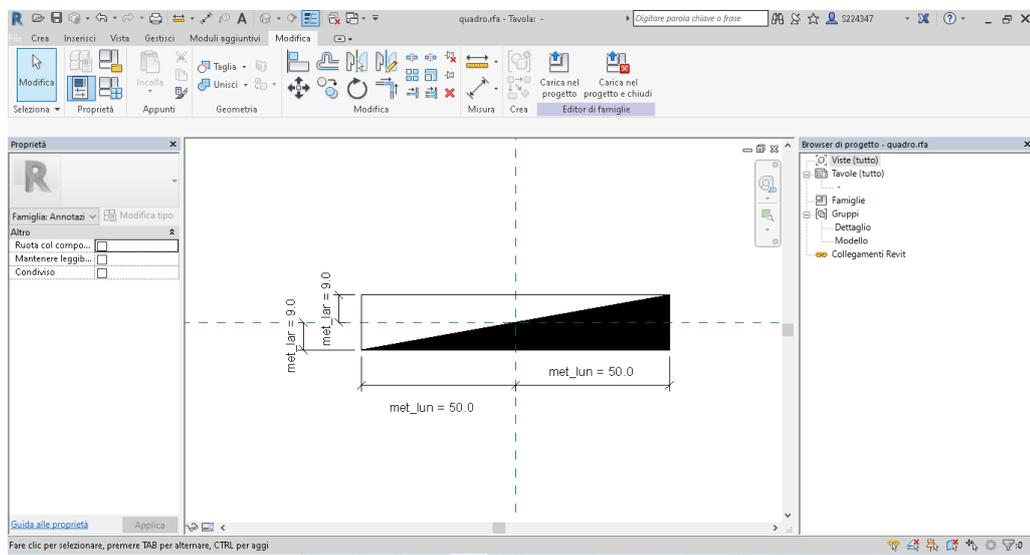


Figura 4.22: Creazione simbolo quadro - Finestra nuovo parametro

associare ad una famiglia di oggetti così da renderla perfettamente distinguibile in una tavola di progetto.

La creazione di un simbolo è di fatto il passo conclusivo del procedimento descritto al capitolo precedente.

Il metodo di seguito esposto costituisce una regola generale anche se alcuni passaggi possono variare in base all'applicazione che si intende ottenere.

Per creare un nuovo simbolo è necessario creare un nuovo file con estensione **.rfa**, esattamente come una nuova famiglia. La nuova istanza viene richiamata dalla scheda "File" selezionando "Nuovo" e scegliendo il comando "Simbolo di annotazione". Dalla finestra di dialogo relativa al nuovo simbolo, viene richiesto di selezionare il

modello da utilizzare, le tipologie proposte sono tutte molto simili. Dalla scheda "Crea", selezionando il comando "Linea", viene fornita la possibilità di utilizzare uno strumento di disegno come una linea o una forma tra quelle proposte, rettangolo, poligono etc. Il comando più interessante risulta essere "Seleziona linee" che utilizzato contestualmente alla scelta dell'offset permette di tracciare linee tenendo ad esempio come riferimento le guide centrali dell'area di disegno. Dopo aver tracciato i contorni del simbolo è possibile realizzare un riempimento attraverso il comando "Campitura", selezionandolo verrà richiesto di definire i bordi della figura da associare al retino e confermare la scelta tramite la spunta verde posta sulla barra degli strumenti. Il simbolo è stato reso parametrico, dunque

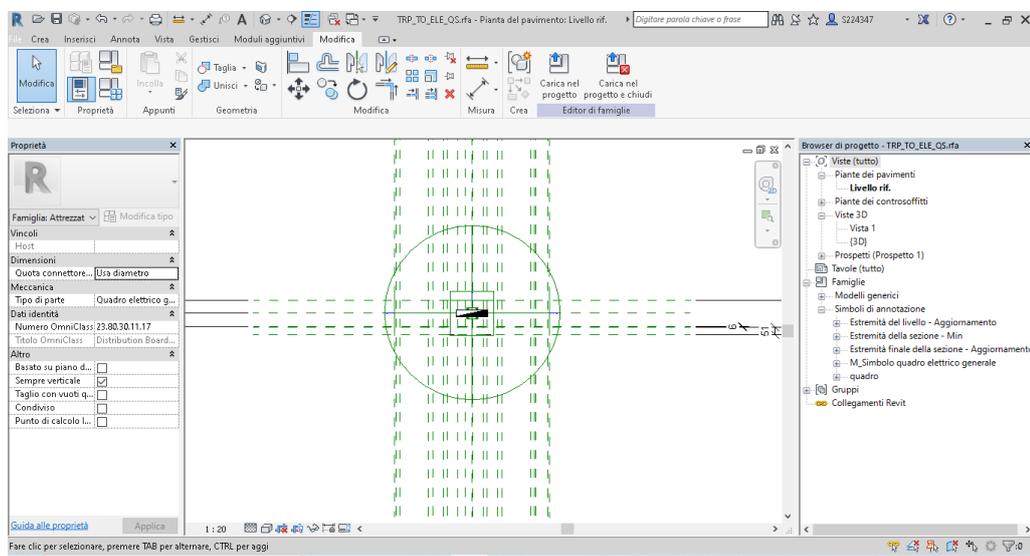


Figura 4.23: Attribuzione del simbolo nella famiglia quadro - Finestra famiglia

variabile nelle sue dimensioni attraverso il comando quota, richiamabile dalla scheda "Modifica" > "Misura". Selezionando, in questa fase il valore tra le linee di quota, è possibile attribuire alla lunghezza misurata la dipendenza da una formula attraverso dei parametri.

Dopo aver creato i parametri¹⁷, bisognerà richiamarli dalla barra degli strumenti nella scheda "Modifica" tramite il comando "Etichetta".

In questo caso sono state misurate le semi distanze dei lati del perimetro dal centro

¹⁷Vedi Paragrafo 4.7

e ad essi associati i parametri *met_lun* e *met_lar*¹⁸. L'impostazione di determinati valori alle variabili create dal menu proprietà dell'oggetto, permettono di variare la grandezza dell'oggetto rispetto al suo centro.

Ottenuto il risultato desiderato, bisogna salvare l'istanza ottenuta attraverso il comando "Salva".

Il simbolo così creato viene caricato all'interno della famiglia, con riferimento alla vista d'interesse, in questo caso quella relativa al piano di calpestio, e richiamato per il suo utilizzo tramite il comando "Simbolo" all'interno dalla scheda "Annota". Dal menu delle proprietà è sempre possibile richiamare le grandezze precedentemente definite per rendere parametrica l'istanza, così da permetterne l'adattamento alle variazioni dell'oggetto creato. Ultime le modifiche alla famiglia, bisogna

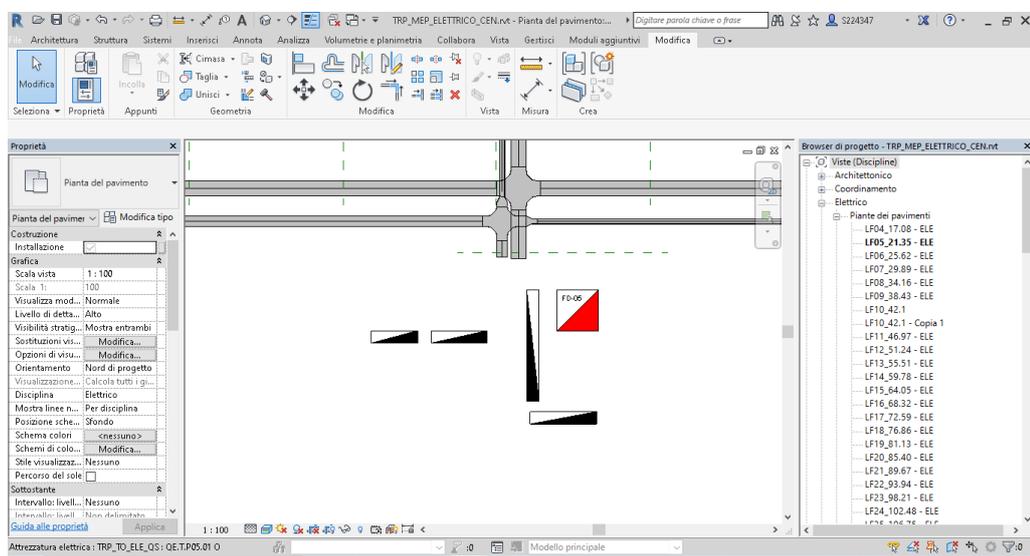


Figura 4.24: Quadro vista Pianta dei pavimenti

selezionare dalla scheda "Modifica" il comando "Carica nel progetto e chiudi" e dalla finestra di dialogo confermare la scelta di voler sovrascrivere la versione già presente. La famiglia così creata presenterà, quando utilizzata su una vista planimetrica, la rappresentazione simbolica.

¹⁸Vedi Appendice C

4.9

Filtri

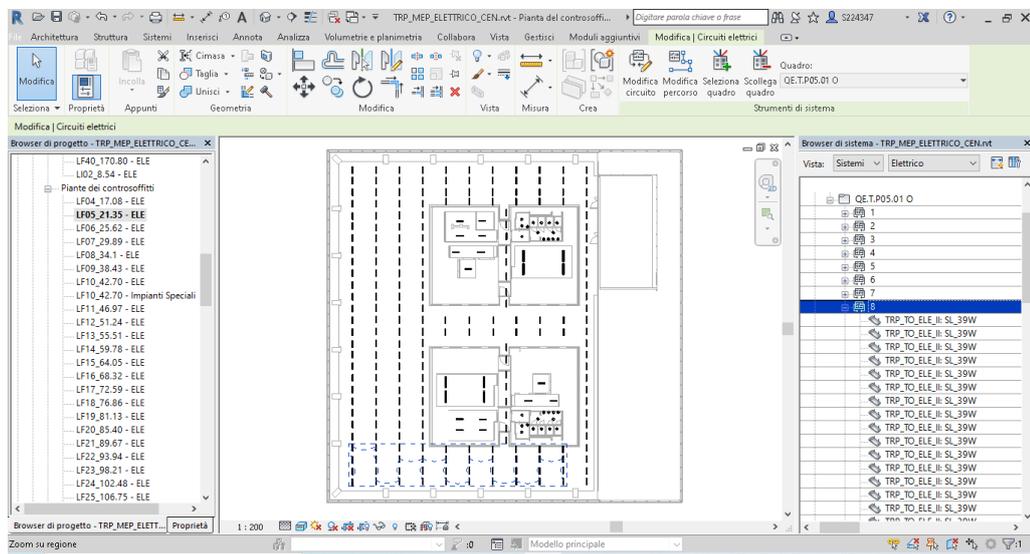


Figura 4.25: Ambiente di lavoro Revit® - Livello 4 Torre della Regione Impianti a controsoffitto

Posizionati correttamente gli elementi su un piano, è possibile attraverso la funzione “Copia” e “Incolla al livello selezionato”, replicare la medesima disposizione sugli altri livelli. Questa operazione permette di ammortizzare efficacemente i tempi di modellazione ma non rappresenta una soluzione alla necessità di dover replicare i circuiti di collegamento su ogni piano della torre.

Il software permette, di filtrare gli elementi in base a un qualsiasi parametro descritto tra le caratteristiche dell’oggetto stesso. È stato, dunque, utile compilare un campo in ogni singola lampada relativo al circuito di appartenenza così da poter escludere la vista degli altri elementi al momento del collegamento.

Il comando utilizzato prende il nome di “Filtro” e si trova sotto il menu “Vista”, cliccando su questa voce vedremo comparire una finestra in cui è possibile creare un nuovo filtro. Viene subito richiesto se utilizzare delle regole già specificate o utilizzarne di nuove e di selezionare la famiglia di oggetti su cui si intende che il filtro si applichi, selezionabile in base alla disciplina di riferimento. Viene, successivamente, richiesto di selezionare il parametro da leggere e rispetto al quale discretizzare gli elementi presenti sulla vista.

Nel caso in esame si è scelto di compilare il campo “*Commenti*” così da non aggiungere un ulteriore campo all’oggetto modellato e non aumentarne in questo modo la complessità. Successivamente si può scegliere se il campo preso in esame deve avere un valore uguale, diverso, minore, ecc. differente in base alla natura del dato da leggere (testo, numero) e alle richieste della applicazione.

Generato così il filtro, si clicca su *Applica* e *ok*, per applicarlo bisogna a questo punto selezionare la voce “*Visibilità/Grafica*” presente nella scheda vista, poco sopra la voce filtro. Questa finestra viene suddivisa a sua volta in schede:

- Categorie del modello, comprende:
 - ↳ Tutte le famiglie;
- Categorie annotazioni, comprende:
 - ↳ Annotazioni, cartigli, etichette, quote, etc.;
- Categorie del modello analitico;
- Categorie importate
 - ↳ CAD importati come riferimento nel modello;
- Filtri
 - ↳ Filtri personalizzati;
- Collegamenti Revit®
 - ↳ I modelli creati realizzati e relativi alle altre discipline del fabbricato oggetto del progetto.

Ogni singola voce in questo menu presenta a lato una casella che può essere spuntata o meno, rendendo di fatto possibile vedere o nascondere l’elemento a cui è riferita. Nel caso di filtri vi è anche la possibilità di andare a modificare il colore, spessore, tipo di linea utilizzata per rappresentare l’oggetto nell’area di disegno. Esiste anche la possibilità di rendere gli oggetti meno visibili tramite la funzione “mezzitoni”, già citata nella sua utilità a proposito dell’utilizzo di disegni **CAD** come riferimento per la creazione del modello.

Nel caso dell’illuminazione, le selezioni ottenute mediante la metodologia esplicitata prima, si trovano nella scheda “filtri”. Spuntando la casella visibilità è possibile nascondere o meno le istanze selezionate. In questo modo è anche possibile evidenziare come descritto tutte le istanze ad esempio collegate al circuito di alimentazione ordinario e differenziarle tramite un colore differente. Una volta

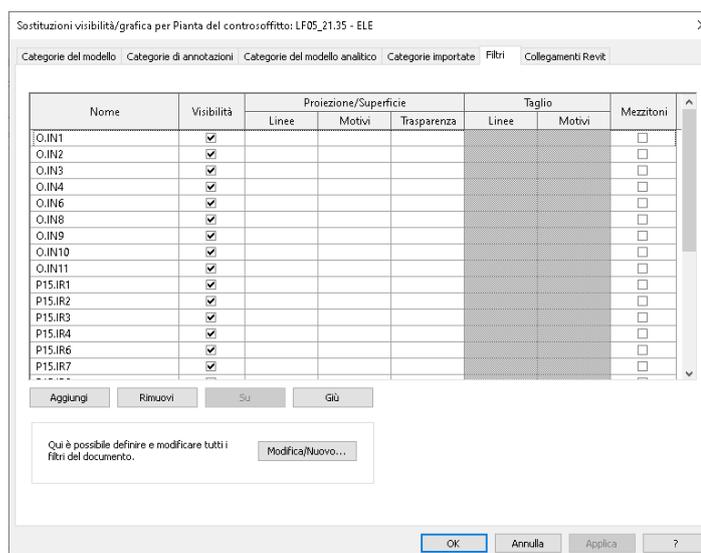


Figura 4.26: Menu Filtri

ultimata la disposizione delle lampade, utilizzando il riferimento **CAD**, è stato possibile selezionare le istanze relative al circuito, e associarle tramite un circuito al quadro di riferimento.

I circuiti di alimentazione degli apparecchi di illuminazione realizzati in fase progettuale, e così composti permettono di ottenere un'illuminazione dei locali in qualsiasi condizione di utilizzo, permettendo anche nel caso di emergenza una sicura evacuazione dell'edificio.

Risulta così completo lo schema complessivo delle connessioni relative all'alimentazione elettrica al piano, distinta secondo circuiti ognuna collegata al quadro e al sistema di riferimento. I quadri così realizzati su tutti i livelli, sono collegati a loro volta al quadro generale di bassa tensione QGBT.0 (o, P15, SA, SB) che si trova al piano -2 della corte interrata della torre. Il collegamento si ribadisce, essere effettuato mediante dei condotti di blindosbarre¹⁹ passanti attraverso i cavedi realizzati nei locali tecnici e suddivide i livelli in gruppi:

- Livello -2 / Livello 10;
- Livello 11 / Livello 22;
- Livello 23 / Livello 32;

¹⁹Vedi Figura 4.4

- Livello 33 / Livello 41.

Nella scheda “Browser di sistema” sarà dunque possibile vedere la suddivisione nei quattro quadri di bassa tensione, espandendo ogni voce è possibile ritrovare la suddivisione definita precedentemente.

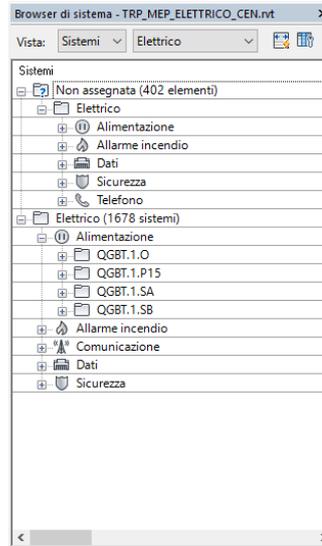


Figura 4.27: Menu Browser di sistema

4.10

Programmazione Visuale

Tra i parametri condivisi quello di maggiore complessità per la compilazione risulta essere l'identificativo. Esso è un valore unico che viene riferito ad ogni istanza del modello e assume un valore differente per ognuna di esse. La necessità di trovare un metodo rapido e maggiormente efficiente rispetto alla trascrizione manuale di ogni singolo valore ci permette di evidenziare un ulteriore punto di forza del software. Dynamo[®] è uno strumento di programmazione visiva basato sul linguaggio Python, che estende le potenzialità di Revit[®] tramite un semplice accesso all'**Application Programming Interface (API)**. Permette la creazione di programmi con un approccio alla programmazione più orientato alla gestione visiva dei passaggi introducendo elementi grafici come blocchi e nodi, e permettendo al programmatore di svincolarsi dalla necessità di compilare codice e conoscere un linguaggio di programmazione specifico.

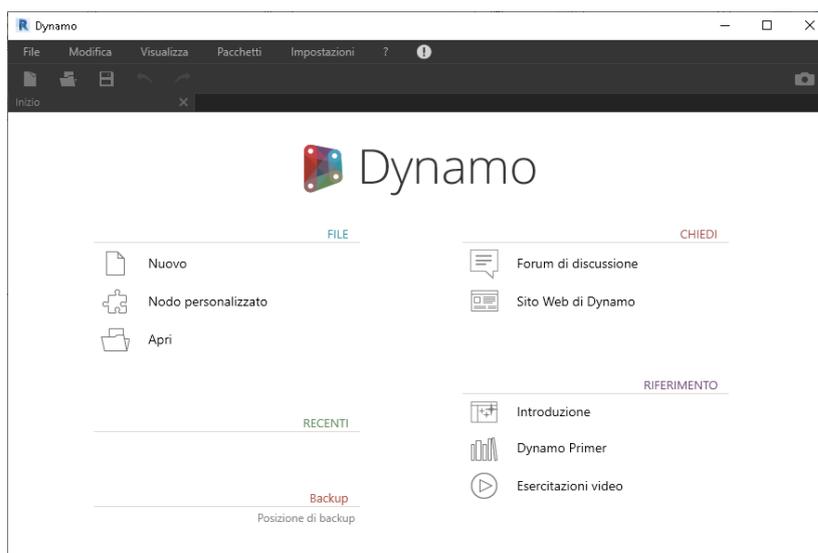


Figura 4.28: Ambiente di lavoro Dynamo®

In Dynamo®, ciascun nodo ha un input e un output, ed esegue un'attività specifica. Il collegamento tra ingressi e uscite avviene mediante “frecche”, il programma le segue scorrendo da un nodo all'altro ed il risultato è una rappresentazione grafica dei passaggi necessari per raggiungere l'obiettivo finale.

Il principale vantaggio della sua adozione sta nella automatizzazione delle attività ripetitive.

Come già espresso le potenzialità del **BIM** in generale e di Revit® derivano dalla presenza di una gran mole di dati a servizio dell'opera oggetto della progettazione. Utilizzando Dynamo® è possibile automatizzare l'esportazione o la modifica di tali informazioni e creare un collegamento bidirezionale tra il modello Revit® ed Excel, modificare i dati secondo necessità e successivamente, importare nuovamente i dati nel modello.

Oltre a automatizzare le attività ed esportare e importare dati, Dynamo® è anche un potente strumento di design permettendo di creare strutture dalle geometrie più disparate.

Sebbene i dati di simulazione non sostituiscano i dati reali, essi forniscono un modo per valutare i progetti in base a criteri oggettivi, permettendo di determinare rapidamente quale sia la strada ottimale. Gli strumenti di progettazione computazionale come Dynamo® forniscono un mezzo per prendere questa decisione durante tutto il processo di progettazione e non solo quando l'edificio è finito.

Ogni nuovo documento creato con Dynamo[®] prende il nome di *script*, e viene salvato con l'estensione **.dyn**.

Per creare uno script è necessario selezionare “Dynamo[®]” dalla scheda “Gestisci” e creare un “Nuovo documento” dalla finestra File. L'ambiente di lavoro permette di posizionare i blocchi utili alla esecuzione del programma. I blocchi utili possono essere selezionati dalla libreria posta sulla sinistra, dove vengono raggruppati secondo caratteristiche comuni oppure richiamati dalla barra di ricerca che compare nel menu contestuale richiamato dalla pressione con il tasto destro del mouse sull'area di lavoro. La scelta dell'una o l'altra metodologia è subordinata, ovviamente, alla conoscenza del linguaggio di programmazione.

Ogni script si compone di:

- Blocco di input, che preleva dal modello gli oggetti, o più in generale i dati, da trattare;
- Blocco centrale, o anche corpo del programma, che compie le operazioni richieste;
- Blocco di output, l'elaborazione effettuata al passo precedente viene utilizzata per compilare un campo o ottenere un risultato.

Per realizzare il progetto, compilare campi e talvolta calcolare dati, si è reso necessario automatizzare il procedimento.

Di seguito vengono esposti ed analizzati gli eseguibili creati.

4.11 | **Script: Identificativo**

Il modello della disciplina elettrica, creato come descritto, comprende la completezza degli impianti elettrici a pavimento e controsoffitto, così come realizzati (“*As Built*”). Per rendere un ordine di grandezza, sono stati modellati e posizionati sui vari livelli circa 20.000 istanze, da questo si evince la complessità del sistema realizzato e la necessità di individuare univocamente ogni oggetto presente.

A tal proposito, si è deciso di rinominare ogni istanza attraverso un codice unico e perfettamente distinguibile, l'identificativo, composto da stringhe di testo che forniscono informazioni sulla famiglia, il tipo dell'oggetto, il suo posizionamento sul livello.

In questo caso, l'eccessiva mole di oggetti presenti e la conseguente enorme quantità

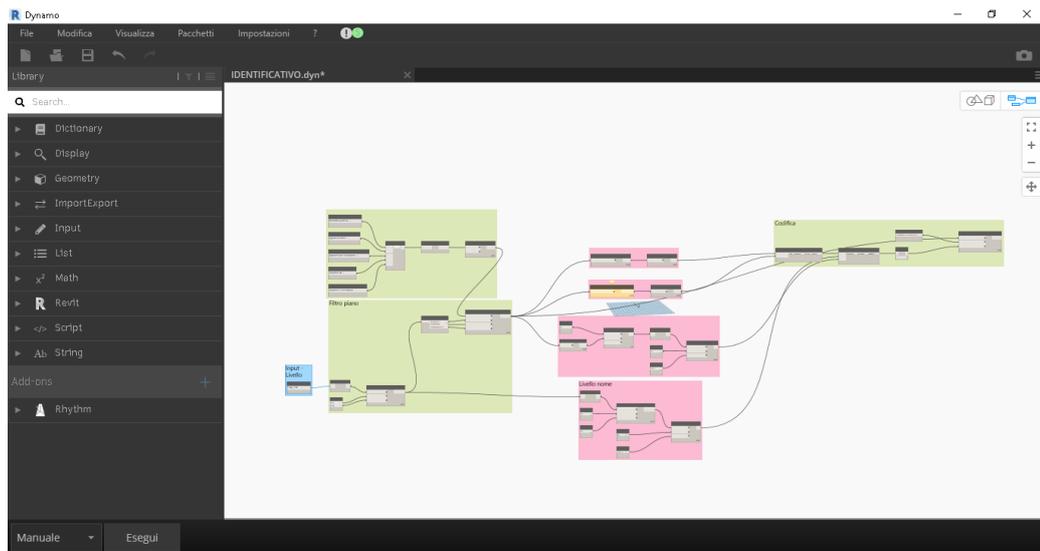


Figura 4.29: Script Identificativo

di informazioni ad esse associati descrive la quasi impossibilità di compilare i dati manualmente. L'utilizzo della programmazione visuale compresa nel software, reca un fondamentale supporto al lavoro da svolgere.

La creazione e la scrittura dello script non è univoca, nel caso specifico, infatti, si è ricorsi ad un unico blocco di input. Questa scelta mette in luce le potenzialità di un oggetto **BIM**, che possiede già al suo interno tutte le informazioni necessarie alla compilazione dell'identificativo.

La ricorsività dell'eseguibile è legata alla scelta del livello, che deve essere necessariamente modificato ad ogni ciclo.

In parallelo viene creata una lista comprendente l'insieme delle categorie di progetto e selezionata ogni istanza presente sul modello. L'informazione relativa al piano, ottenuta tramite il blocco *Levels*, viene utilizzata per filtrare gli elementi attraverso il comando *ElementFilter.ByParameterStringValue*.

A questo punto il programma si divide in quattro macro-blocchi distinti, ognuno dei quali funzionale alla compilazione dell'identificativo:

- 1° Blocco - da ogni elemento viene tirata fuori l'informazione relativa al nome della famiglia tramite i comandi *FamilyInstance.GetFamily* e *Family Name*. Il nome della famiglia è visibile su Revit® dal menu “*Browser di progetto*”>”*Famiglie*” espandendo il nome della categoria. Tale informazione è anche visibile nella parte sommitale della scheda proprietà dopo aver selezionato

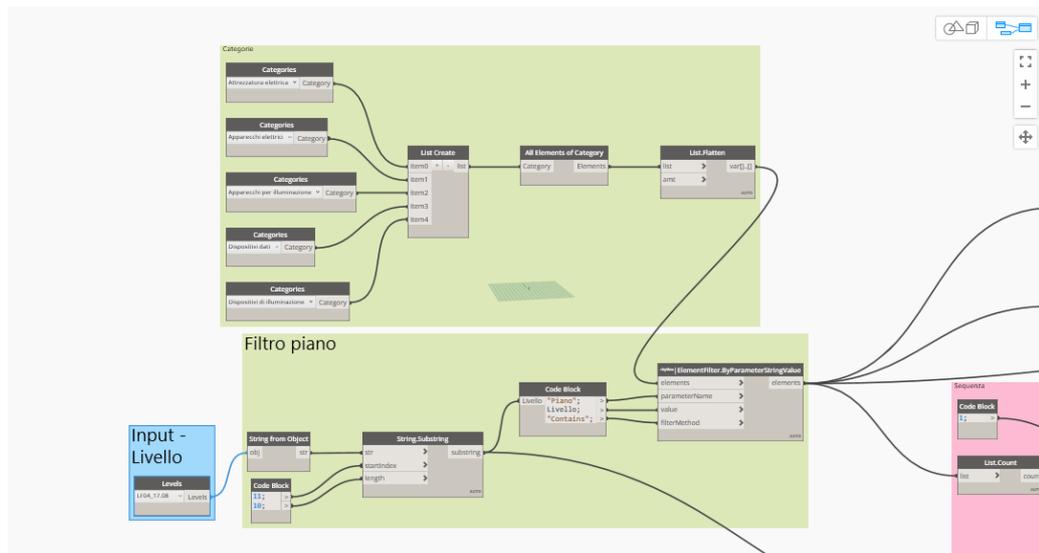


Figura 4.30: Script Identificativo Script Identificativo Blocco iniziale

nell'area di lavoro un'istanza. Il nome della della famiglia, così come quello del tipo può essere modificato cliccando con in tasto destro del mouse e selezionando “*Rinomina*” dal menu contestuale;

- 2° Blocco - da ogni elemento viene tirata fuori l'informazione relativa al nome del tipo.

Come effettuato in precedenza, l'informazione richiesta viene prelevata attraverso il blocco *FamilyInstance.Type* e successivamente passata al blocco *Family.Name* che restituisce la stringa di testo richiesta;

- 3° Blocco - in questa sezione del programma compila il campo relativo al livello, la stringa da generare è del tipo LFX o LIX, con I indichiamo “I” piani interrati e con “F” i piani fuori terra, mentre i due numeri successivi definiscono il numero del piano.

Il nome del livello è stato ricavato direttamente dal blocco *Levels*, trasformata in stringa dal blocco “String from Object” e modificata dal “String.Substring” che seleziona i due caratteri relativi al livello. Questa informazione viene successivamente composta con il prefisso “LF” dal blocco “String.Insert”;

- 4° Blocco - questa parte del programma genera di fatto il numero progressivo da assegnare all'oggetto. Utilizza il comando *Count* per contare il numero di oggetti presenti sul livello, e il blocco *Sequence* per generare una sequenza

numerica che parte da 1 e termina con il valore restituito dal contatore. Per ottenere una stringa numerica composta sempre da 5 termini si usa il comando *String.PadLeft* che permette di inserire tanti zeri quanti necessari.

Ogni macro-blocco presenta in uscita un comando *Watch*, quest'ultimo serve semplicemente a visualizzare il risultato delle operazioni in uscita dal nodo a quel punto preciso di esecuzione dello script. Esso, una volta completata la stesura del codice, e superata la fase di *debug*, può essere semplicemente rimosso senza alterare in alcun modo il corretto funzionamento dello script.

Le uscite dei blocchi precedentemente descritti, sono convogliate in un *Code Block*, che “*assembla*” l'identificativo, somma dei 4 valori fornendogli la seguente forma:

NomeFamiglia_NomeTipo_Livello_NumeroProgressivo

Il *Code block* In questo caso è stato compilato come segue:

```
Fam_name+"_"+Fam_Type;
```

Il nome “*Fam_name*” e “*Fam_type*” è stato scelto per riconoscere le stringhe di codice prodotte dai blocchi precedenti.

Il codice così creato viene compilato all'interno del campo “*Identificativo*” attraverso il blocco “*Element.SetParameterByName*”.

Come anticipato, le scelte per la scrittura dello script potevano essere molteplici ma la decisione di continuare come precedentemente descritto è dovuta alla volontà di mantenere una sostanziale coerenza con il lavoro di compilazione svolto dai colleghi di altre discipline impegnati sul modello.

Sarebbe, infatti, stato possibile automatizzare ulteriormente il processo evitando di discretizzare gli elementi per livello. Questa soluzione avrebbe però previsto l'utilizzo di una numerazione progressiva che avrebbe compreso l'intera opera e non sarebbe ripartito da zero cambiando di piano.

Si noti come l'utilizzo di un algoritmo creato con *Dynamo*[®], per quanto articolato e complesso possa essere il suo sviluppo, permette la automatizzazione completa della compilazione di un campo per un numero impressionante di oggetti, che se eseguito manualmente per ogni singola istanza avrebbe richiesto molto più tempo. La valenza didattica di questo script è notevole poiché molto versatile, nella sua impostazione e con piccole modifiche può essere infatti riutilizzata allo scopo di compilazione di altri e diversi campi.

In forma diversa e adattata, tale struttura è stata anche utilizzata per compilare

le informazioni relative ad “Affidabilità” del dato modellato, “Sotto disciplina” e “Codice esistente”, tutti campi generati e descritti in precedenza²⁰ e necessari a creare una memoria storica e completa delle informazioni relative alle scelte progettuali dei progettisti.

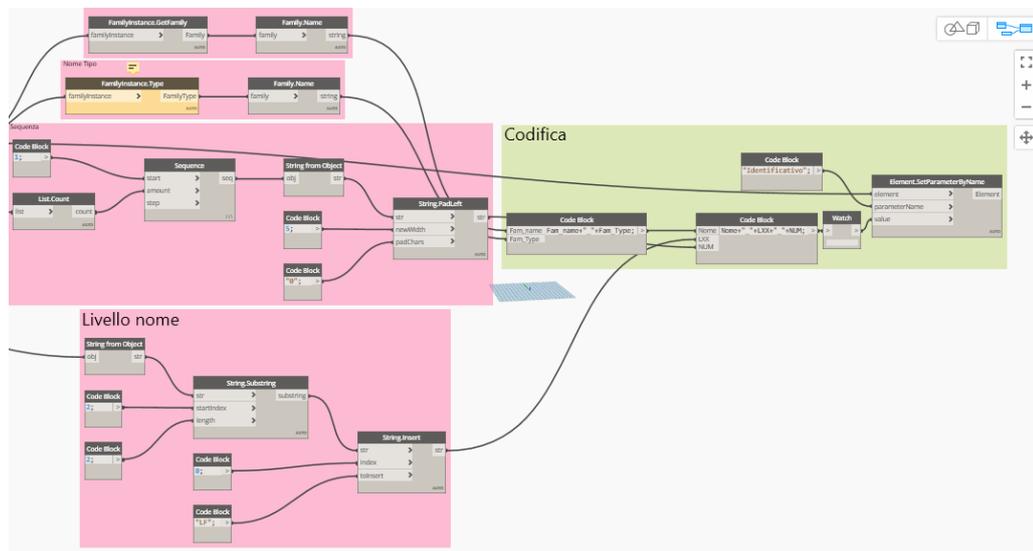


Figura 4.31: Script Identificativo Script Identificativo Blocco finale

4.12 | Script: Codici padre

La natura intrinseca del modello **BIM**, così come più volte esposto, fonda il suo punto di forza sulla collaborazione dei diversi professionisti in un unico ambiente condiviso. Questo significa che coesisteranno in un unico progetto elementi provenienti da diverse discipline.

Le istanze modellate, inoltre, possono anche appartenere a diverse discipline contemporaneamente, è il caso ad esempio dei boiler della centrale termica, che sono ovviamente collegati al sistema elettrico ma svolgono la loro funzione per il sistema idraulico.

Nasce dunque la necessità di riferire ogni oggetto all’elemento cui è collegato. Questo esempio è valido anche per l’impianto elettrico, in cui ad esempio una lampada

²⁰Vedi Paragrafo 4.5

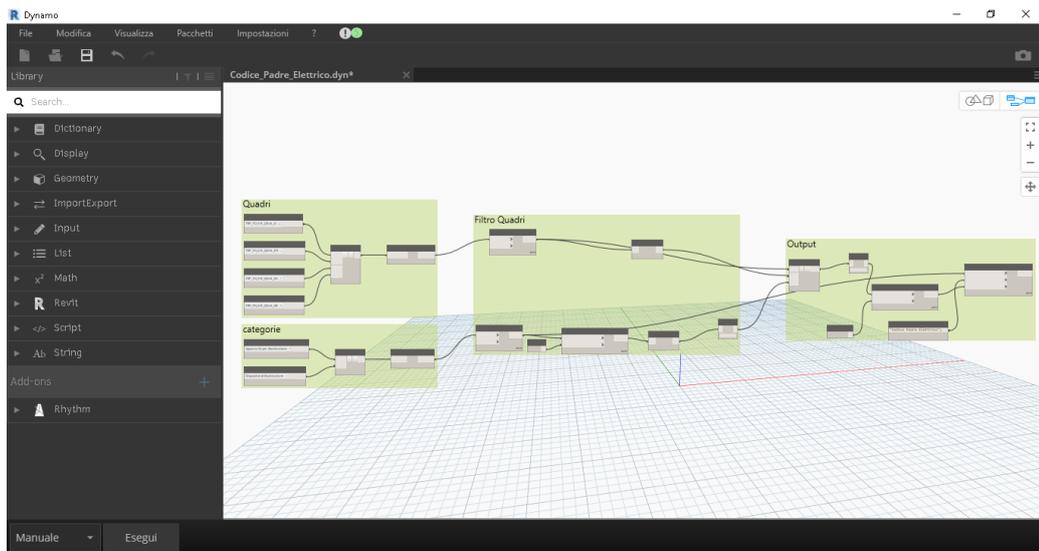


Figura 4.32: Script Codici Padre

va riferita al quadro da cui dipende.

Per rendere evidente questa dipendenza, si è resa necessaria l'introduzione di un nuovo parametro il "*Codice Padre*", condiviso e specifico per ogni disciplina. Ne sono stati definiti tre differenti:

- Codice Padre Meccanico;
- Codice Padre Elettrico;
- Codice Padre Idraulico.

Nel caso in esame, verrà analizzato il solo Codice padre elettrico che, è stato compilato per ogni istanza con il valore dell'identificativo²¹ del quadro cui è collegato. Lo script relativo alla compilazione dei codici padre si compone di due blocchi di input separati, il primo crea una lista di quadri presenti sul progetto selezionando alternativamente ogni famiglia attraverso il blocco *Family Type*. Gli elementi così selezionati vengono identificati dall'eseguibile tramite il blocco *All Element of Family Type*. Parallelamente vengono definite le categorie di interesse, raccolte in una lista e identificati gli elementi su cui agire.

²¹Vedi Paragrafo 4.11

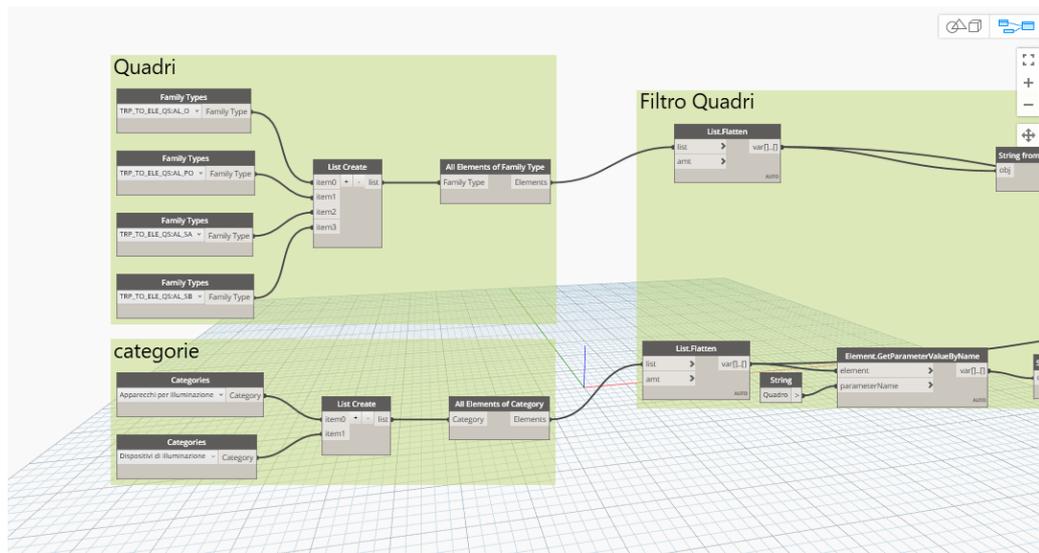


Figura 4.33: Script Codici Padre Blocco iniziale

I blocchi di input separati si sono resi necessari per ottenere successivamente l'intersezione dei due insiemi e la creazione di una lista comprendente la totalità dei parametri d'interesse.

L'elenco dei quadri viene a questo punto sdoppiato in due indici separati che per comodità sono stati definiti come segue:

- "*Quadri_list*" comprendente le istanze;
- "*Quadro_nom*", composta dai soli nomi attribuiti ai quadri in fase di progetto e generata attraverso il comando *String from Object*.

Questa distinzione si è resa necessaria, come si vedrà in seguito, per ottimizzare il processo di scrittura del parametro "*Codice Padre*". Dal blocco di selezione delle Categorie, viene prelevata l'informazione di collegamento al quadro tramite il comando *Element.GetParameterValueByName* ed il parametro compilato nel campo "*Quadro*". Si genera in questo modo una lista, che chiameremo "*monte*" con il nome del quadro cui ogni istanza è collegata.

Il software di programmazione visuale Dynamo® prevede la possibilità di espandere la sua libreria di comandi attraverso il menu "*Pacchetti*". Dal menu contestuale è possibile andare a selezionare la voce "*Scarica Pacchetti*" e ottenere dei comandi creati dagli sviluppatori e dagli utenti.

Si riportano alcune delle librerie più utili e utilizzate: "*Rhythm*", "*Clockwork for*

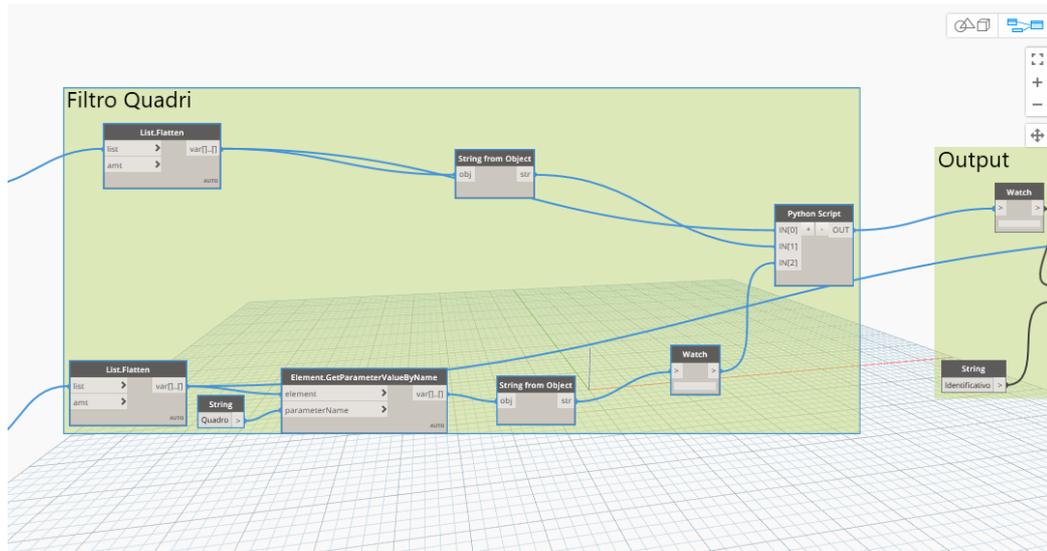


Figura 4.34: Script Codici Padre Blocco centrale

Dynamo 2.x" oppure "*Data-Shapes*".

La possibilità di ampliare i comandi disponibili attraverso le librerie, è il reale punto di forza del software che in questo modo risulta adattabile ad ogni esigenza. Nel caso in cui non esista in nessuna delle librerie disponibili il blocco di cui si ha necessità, rimane sempre la possibilità di scrivere porzioni di codice attraverso un blocco dedicato. Questo caso, nello specifico, permette di esporre le potenzialità del blocco *Python Script*.

Il linguaggio con cui è necessario compilare l'eseguibile è il *Python* che per certi versi richiama il già conosciuto *C++*, ma risulta diverso nella sintassi.

Il testo utilizzato per il funzionamento del comando viene riportato in Appendice.²²

I dati di ingresso sono le liste così come definito precedentemente, l'eseguibile crea due cicli annidati, il primo scorre uno per uno gli elementi dell'elenco "*monte*".

L'elemento così selezionato viene confrontato a tutti i nomi dei quadri presenti nella lista "*Quadro_nom*", se i due valori collimano, l'istanza selezionata viene attribuita all'elenco definito genericamente "*Lista*" che rappresenta l'output del nodo.

Quello che si ottiene da questo passaggio è un elenco di quadri, in cui le istanze si ripetono tante volte quanti sono gli elementi ad essi collegati.

L'elenco così creato, attraverso il comando *Element.GetParameterByName*,

²²Vedi Appendice B Codice B.1

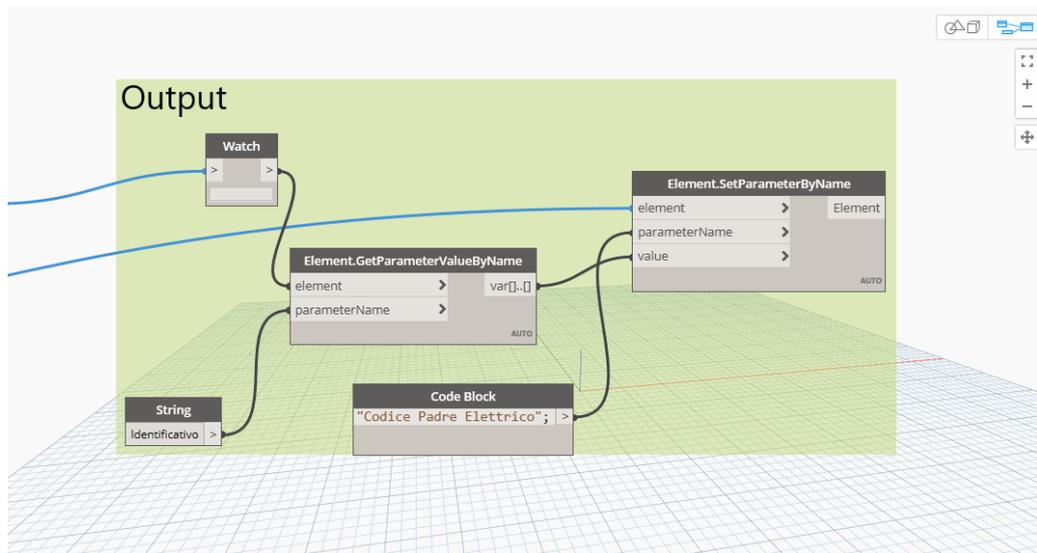


Figura 4.35: Script Codici Padre Blocco finale

ci fornisce il valore di Identificativo che viene successivamente compilato in "Codice Padre Elettrico" attraverso il blocco *Element.SetParameterByName*.

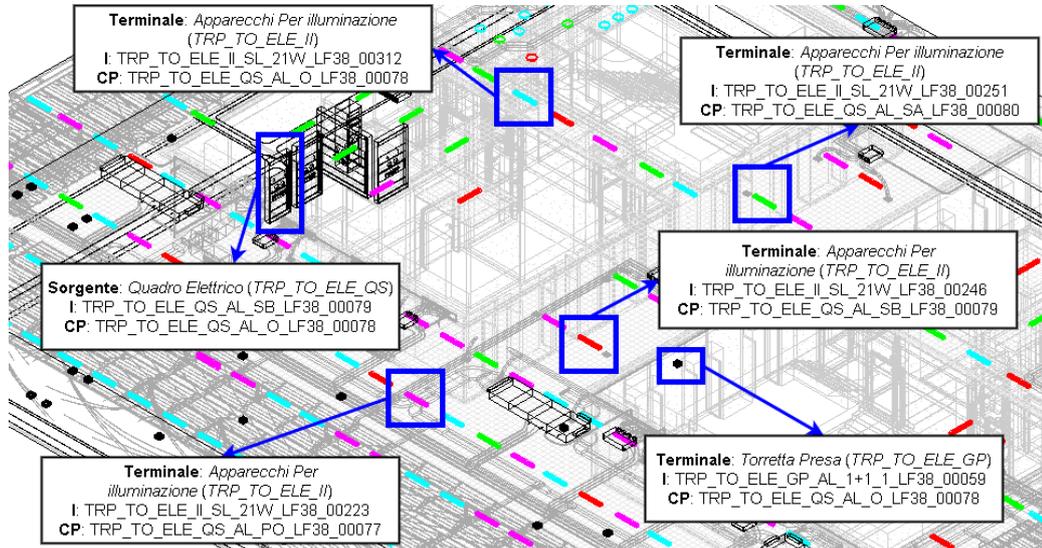


Figura 4.36: Ambiente Revit® - Livello 38 Risultato compilazione Codici Padre e Identificativo

4.13 | Modello Federato

I paragrafi precedenti espongono il processo seguito per la realizzazione del modello BIM elettrico della Torre della Regione Piemonte.

La completezza dei sistemi afferenti alla costruzione si raggiunge attraverso il

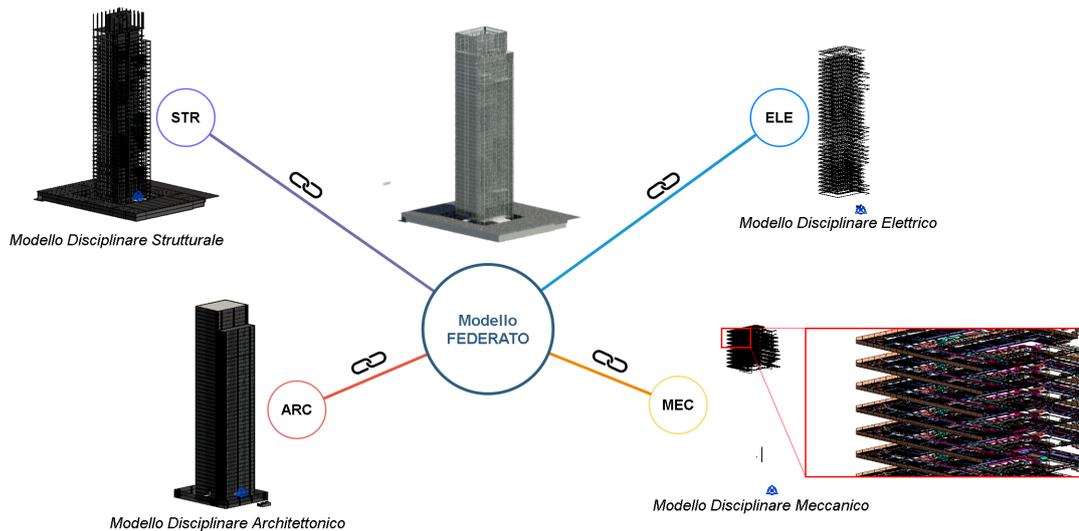


Figura 4.37: Modello Federato

Modello Federato, che in estrema sintesi può essere definito come il modello multidisciplinare digitale dell'opera che scaturisce dall'unione e integrazione di più modelli, ognuno dei quali relativo a una specifica disciplina (ad esempio architettonico, strutturale e impiantistico).

Tipicamente tale processo prevede come punto di partenza la modellazione architettonica dell'opera da cui il progettista strutturale, quello impiantistico e così via sviluppano in maniera coordinata o isolata le parti di rispettiva competenza.

Questa funzionalità risulta di particolare importanza poiché:

*"La maggior parte dei progetti sarà gestita in modo federato su server **BIM**, con modelli separati che trattano l'ambito di competenza per ogni professione. Saranno disponibili strumenti di coordinamento migliori per mantenere la coerenza tra i set di modelli federati, ma il ruolo di gestore dei modelli sarà essenziale come qualsiasi altro servizio professionale. I modelli supporteranno un numero crescente di analisi eseguite su viste, derivate per energia, strutture, acustica, fulmini, impatto ambientale e fabbricazione."*^[20]

Il modello federato, cioè il file composto dal collegamento (*link*) di più modelli mono-disciplinari, si differenzia per processo operativo dal *modello integrato* poiché non aggrega le proprietà individuali in un unico *database* condiviso.

Il modello federato può essere ottenuto con due distinte procedure, la prima prevede l'utilizzo di un modello centrale, solitamente salvato su un **Network Attached Storage (NAS)**. Ogni figura professionale coinvolta nel processo, lavora indipendentemente su un *file* locale e allinea il modello con i progressi raggiunti a fine giornata tramite il comando "*Sincronizza con Centrale*".

La seconda procedura, presa in conto per la realizzazione dell'impianto elettrico, prevede l'utilizzo di un file *Stand Alone* che verrà integrato nel modello federato solo in un secondo momento a lavoro ultimato. Con questa seconda metodologia, si perde purtroppo il più volte citato flusso di informazioni aggiornate, punto di forza del **BIM**, sfortunatamente si è reso necessario utilizzare questa strategia per permettere lo sviluppo del modello lontano dal Dipartimento Universitario.

Per la creazione del progetto dissociato è necessario possedere un file di partenza in formato **.rvt**, aprire il programma Revit®, selezionare la voce *Apri*, scegliere il file da caricare e avere cura di barrare la casella "*Stacca da centrale*".²³

Il software richiede se si vuole procedere a disassociare e ignorare/confermare i

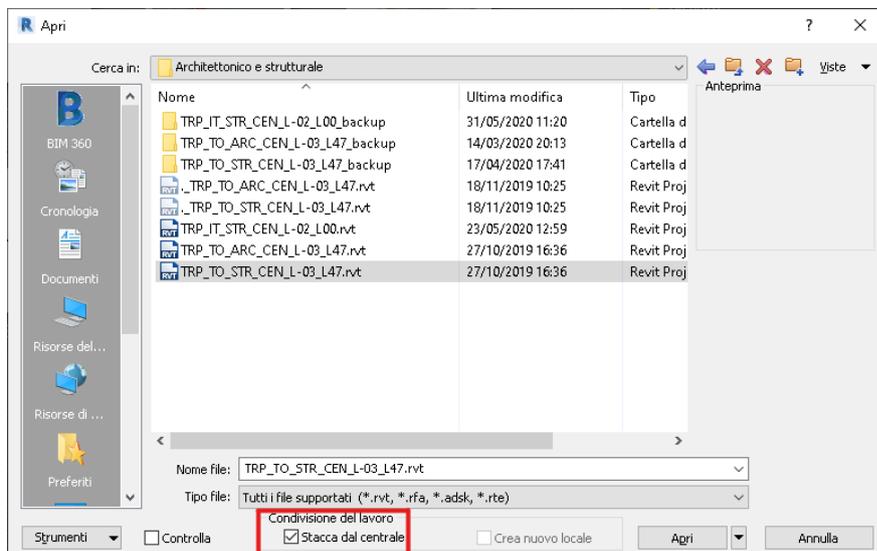


Figura 4.38: Creazione modello *Stand Alone*

²³Vedi Figura 4.38

Workset. Essi rappresentano una raccolta di elementi in un progetto condiviso, la scelta quindi può variare in base alla casistica.

Il file aperto secondo la procedura descritta, dovrà essere salvato in maniera tale da essere un'identità a se stante. Bisogna dunque cliccare su *Salva il Progetto con Nome* e creare così il file *dissociato*.

Il file così creato sarà completamente indipendente dal precedente e come tale perderà la funzione *"Sincronizza con Centrale"*. Per ricomporre il modello e generare il Modello Federato, basterà aprire il modello *Centrale*, fare click sulla scheda *"Gestisci"*, selezionare la voce *"Aggiungi"* in *"Gestisci Collegamenti"* e dalla finestra *"Importa/Collega RVT"* scegliere il file.

Il file così ottenuto sarà la composizione di progetti separati, uniti a creare un unico modello. Per verificarne la coerenza, il software prevede la funzione *"Copia/Controlla"*.

Quando più professionisti, come in questo caso, partecipano alla realizzazione di un progetto, l'efficienza nel controllo e nel coordinamento del lavoro può ridurre errori e inutili costi di rielaborazione.

Lo strumento *"Copia/Controlla"* garantisce la comunicazione delle modifiche di progettazione tra i diversi team.

È possibile, quindi, selezionare:

- **Copia**, il comando permette di creare una copia di un elemento selezionato e stabilisce una relazione tra l'elemento copiato e quello originale. Se l'elemento originale viene modificato, si riceve un avviso all'apertura del progetto o quando il modello collegato viene ricaricato.
- **Controlla**, permette di stabilire una relazione di controllo tra due elementi dello stesso tipo. Se uno dei due elementi viene modificato, si riceve un avviso all'apertura del progetto o quando il modello collegato viene ricaricato.

Per rendere più chiaro e accessibile il suo funzionamento si riporta un esempio. L'ingegnere meccanico crea un modello meccanico vuoto, quindi utilizza lo strumento *"Copia/Controlla"* per copiare i livelli dal modello architettonico collegato, definendo un punto di partenza per la progettazione meccanica.

Ogni volta che l'architetto sposta o modifica un livello, l'ingegnere meccanico viene informato del cambiamento.

4.14 Criticità del modello Federato

Una riflessione andrebbe dedicata al progetto Revit® che al momento è diviso per *lotti*. La necessità della suddivisione del progetto nasce da un'esplicita richiesta della committenza, relativa al mantenimento dei documenti al di sotto della soglia dei 150 mb per evitare elevati oneri computazionali ai computer utilizzati.

Questa scelta risulta essere in controtendenza rispetto all'intera filosofia della metodologia **BIM** che prescrive l'utilizzo di un unico ambiente condiviso. Il processo di frammentazione, rappresenta, infatti, la causa dell'interruzione del flusso di informazioni tra gli oggetti che l'introduzione dei codici padre riesce a colmare solo in parte. Allo stato attuale il riporto dei dati deve essere effettuato manualmente e perde dunque le caratteristiche di semplicità di lettura che dovrebbero contraddistinguere.

I modelli Architettonico, Strutturale, Meccanico ed Elettrico, allo stato attuale,

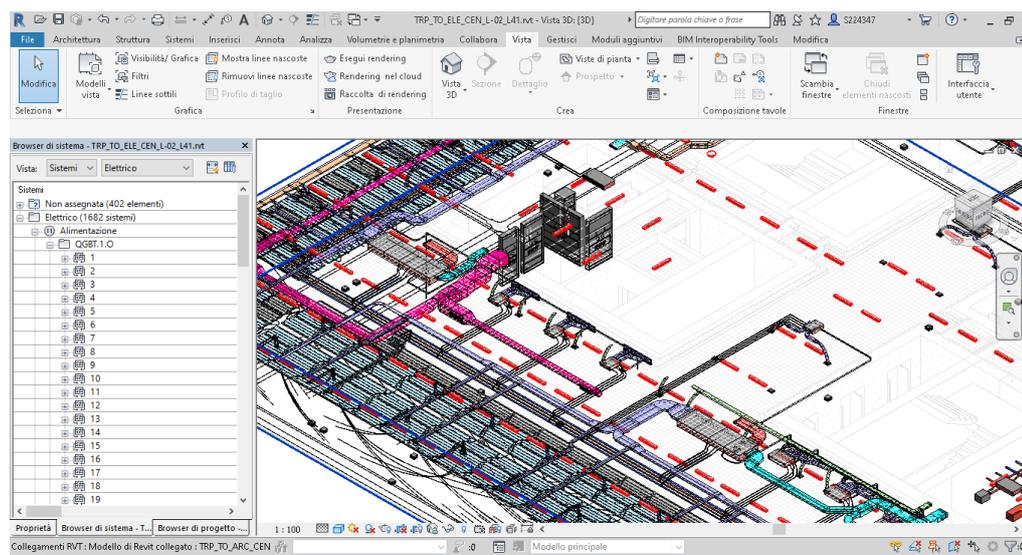


Figura 4.39: Ambiente Revit® - Livello 38 Modello federato, discipline Elettrica, Meccanica, Architettonica e Strutturale

afferiscono a file separati e distinti, e subiscono un'ulteriore suddivisione in relazione all'edificio di riferimento, accentuando di fatto la complessità del progetto.

La cabina a servizio del sistema elettrico della Torre, ad esempio, è collocata al

livello -2 della Corte interrata ²⁴, e dunque in osservanza alle disposizioni precedentemente esposte deve essere riportata su un documento diverso da quello finora analizzato e realizzato.

Il riporto dei quadri Generali di **Bassa Tensione (BT)** nel file degli Interrati Torre è stata effettuata mediante il comando "*Copia/Controlla*" analizzato nel capitolo precedente.

L'operazione di restituzione delle istanze create in un modello separato si ottiene aprendo il file in cui si desidera copiare gli elementi, nel caso di specie "TRP_IT_STR_CEN_L-02_L00.rvt" (*Modello strutturale Interrati Torre*), e successivamente caricando il progetto da cui si desidera estrarre l'oggetto.

Il modello elettrico, "TRP_TO_ELE_CEN_L-02_L41.rvt", viene dunque collegato attraverso il comando "*Collega Revit*" dalla scheda "*Inserisci*".

Agendo dalla scheda "*Collabora*" sul comando "*Copia/Controlla*" è possibile selezionare i quadri elettrici precedentemente creati e crearne un'identica riproduzione.

La criticità riscontrata in questa operazione riguarda la perdita dei dati compilati

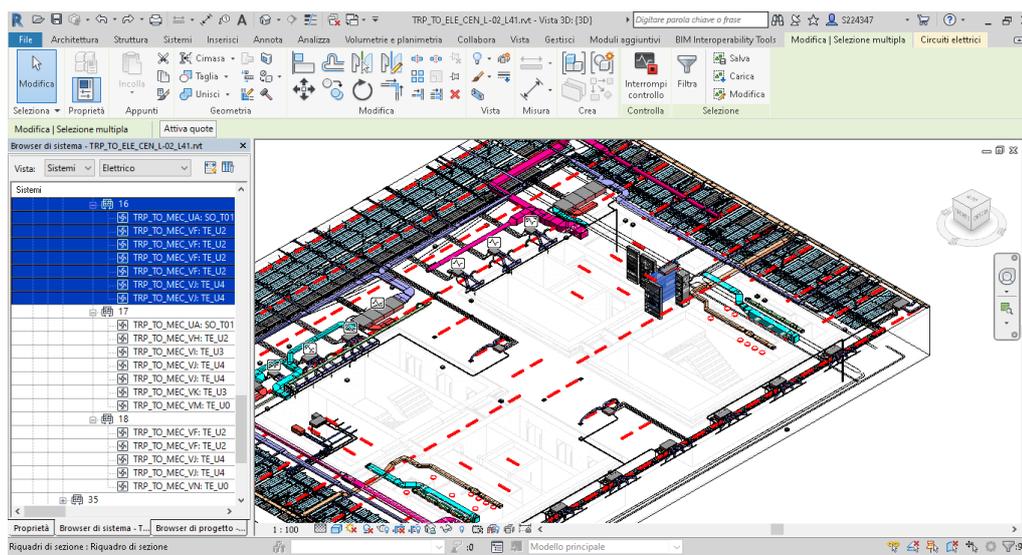


Figura 4.40: Ambiente Revit® - Livello 38 Modello elettrico, gerarchizzazione Carichi Meccanici UTA

in autonomia dal software e dal progettista, che se necessari devono essere riportati manualmente o utilizzando il software di programmazione visuale.

²⁴Vedi Paragrafo 4.2

Operazione simile a quella appena analizzata è stata effettuata per il collegamento e l'analisi dei carichi relativi all'impianto meccanico all'interno del modello elettrico. In questo caso, le **Unità Trattamento Aria (UTA)** presenti all'interno del progetto meccanico sono state copiate all'interno del file elettrico e collegate al quadro di piano.

Per la compilazione dei Codici Padre elettrico²⁵ è necessario il riporto dei quadri elettrici all'interno del modello meccanico, questa operazione, come già esaminato per il caso degli Interrati Torre, soffre della perdita delle informazioni e dei dati compilati²⁶.

Il valore dell'identificativo di riferimento va dunque manualmente trascritto o riportato attraverso uno script dedicato.

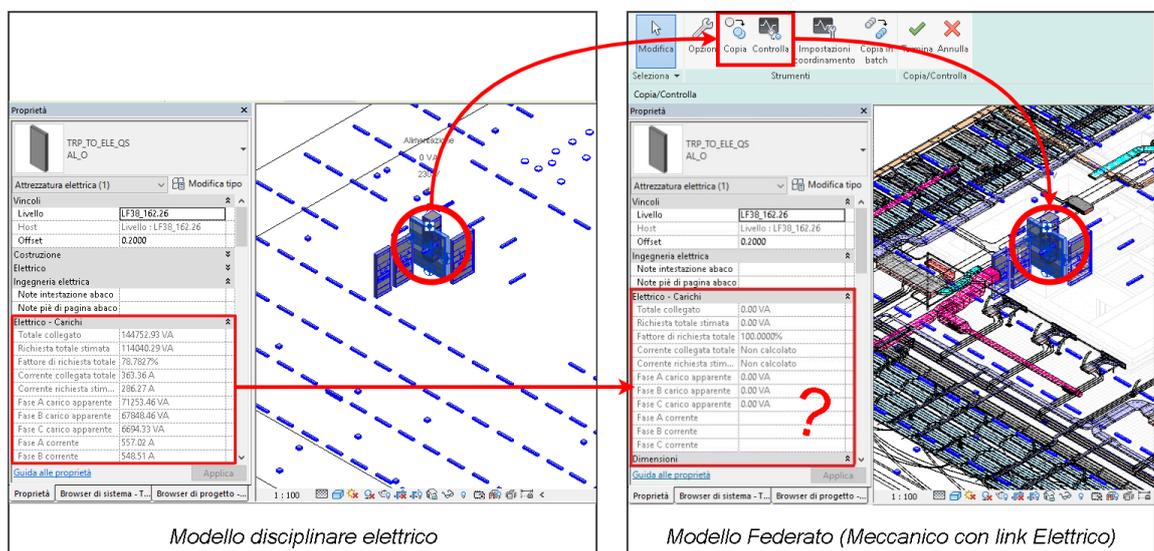


Figura 4.41: Ambiente Revit® - Modello Federato criticità

²⁵Vedi Paragrafo 4.12

²⁶Vedi Figura 4.41

4.15

Script: Modello Federato e Codici Padre

L'esigenza di restituire la completezza dei dati compilati in ognuno dei progetti che compongono il modello federato ha resa necessaria la creazione di un ulteriore eseguibile.

Lo *script* in questo caso non è unico ma si compone di due file separati. Tramite il primo sarà possibile estrarre le informazioni desiderate dagli elementi dal modello di partenza, mentre tramite il secondo si procederà alla compilazione dei campi nel modello di arrivo.

L'interazione tra i due file è possibile attraverso la creazione di un file Microsoft Excel® (.xls) che funge da tramite tra i due sistemi. La scrittura del codice è, anche in questo caso, di particolare interesse poiché se riadattata secondo le esigenze può essere utilizzata per compilare qualsiasi altro campo di interesse.

La dipendenza dal sistema elettrico degli impianti meccanici viene rappresentata tramite il *Codice Padre Elettrico*, che descrive la connessione dell'elemento di ventilazione al quadro di piano. Esso si va a sommare al già presente *Codice Padre Meccanico*, già presente e che a sua volta determina la connessione meccanica delle componenti del sistema per il trattamento dell'aria.

Secondo quanto analizzato nel capitolo precedente, la funzione *Copia/Controlla*

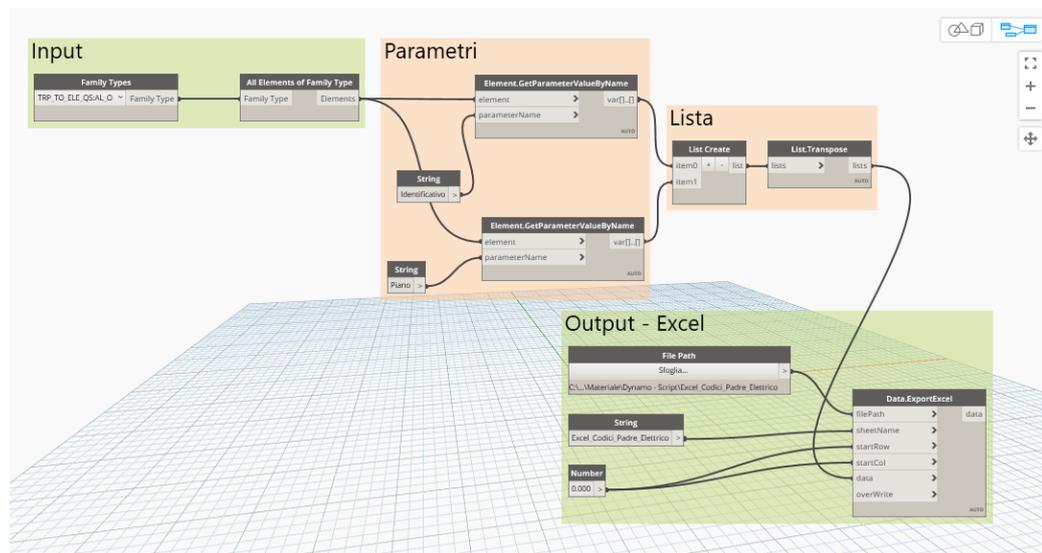


Figura 4.42: Script Codici Padre Elettrico attraverso il Modello federato - Prima Parte

permette il riporto di un istanza tra i modelli permettendone la gerarchizzazione ma rappresenta un ostacolo ai dati compilati che non vengono trasmessi attraverso i file.

La prima parte dello *Script* è composta dagli input. Tramite il blocco *Family Types* si selezionano i quadri da cui si richiede di estrarre gli identificativi.

La selezione degli elementi si riduce ai soli quadri relativi all'alimentazione Ordinaria poiché il sistema meccanico risulta essere interamente alimentato da questo tipo di distribuzione. Ne deriva che il *Codice Padre Elettrico* sarà compilato con il valore dell'*Identificativo* del quadro "AL_O" relativo al piano.

Gli elementi vengono selezionati tramite il blocco *All Element of Family Type* e trasmessi al comando *Element.GetParameterValueByName* per estrarre i parametri di interesse, "*Identificativo*" e "*Piano*". Il risultato sono due liste distinte che vengono assommate in un unico elenco tramite il blocco *List Create*.

La lista così creata viene ulteriormente trattata tramite il comando *List.Transpose* che permette di associare l'informazione sul livello e quella sull'identificativo in un unico campo.

Le informazioni così ricavate e raccolte vanno a questo punto trasmesse al file

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF10_00004	LF10_42.70																
2	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF04_00081	LF04_17.08																
3	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF05_00083	LF05_21.35																
4	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF06_00083	LF06_25.62																
5	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF07_00077	LF07_29.89																
6	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF08_00077	LF08_34.16																
7	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF09_00083	LF09_38.43																
8	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF11_00088	LF11_46.97																
9	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF12_00086	LF12_51.24																
10	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF13_00089	LF13_55.51																
11	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF14_00095	LF14_59.78																
12	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF15_00084	LF15_64.05																
13	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF16_00085	LF16_68.32																
14	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF18_00083	LF18_76.86																
15	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF19_00083	LF19_81.13																
16	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF20_00084	LF20_85.40																
17	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF21_00081	LF21_89.67																
18	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF22_00075	LF22_93.94																
19	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF23_00077	LF23_98.21																
20	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF24_00060	LF24_102.48																
21	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF25_00073	LF25_106.75																
22	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF26_00073	LF26_111.02																
23	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF27_00084	LF27_116.28																

Figura 4.43: File Microsoft Excel® - Identificativo Quadro elettrico e Informazione sul Livello

Microsoft Excel® (.xls) tramite il blocco *Data.ExportExcel*.

Il comando richiede per il suo funzionamento la compilazione dei seguenti campi:

- *File Path* - Percorso all'interno del computer in cui creare il file;
- *Sheet Name* - Il nome da attribuire al documento;
- *Start Row* - Riga della tabella in cui cominciare a scrivere i dati;
- *Start Col* - Colonna della tabella in cui cominciare a scrivere i dati;
- *Data* - Il dato da riportare;
- *overWrite* - Se si desidera sovrascrivere un file già compilato (Valore di default *False*).

Per identificare la cartella in cui andare a creare il foglio di calcolo si può utilizzare il comando *File Path*, agendo su di esso è in sostanza possibile selezionare, tramite la finestra di dialogo, la posizione in cui salvare il file (**.xls**) all'interno dell'archivio interno del computer.

Il nome del documento, "Excel_Codici_Padre_Elettrico", viene attribuito tramite il comando *String*, mentre il valore della riga e della colonna di partenza sono stati settati a *zero* tramite il blocco *Number*.

L'ultima operazione da compiere è collegare l'uscita del comando *List.Transpose* al campo *Data*.

Lanciando il comando "*Esequi*", verrà aperto il file Microsoft Excel® creato.

Il secondo *Script* utilizza i dati compilati nel foglio di calcolo e li utilizza per la compilazione dei campi all'interno del modello meccanico.

In questo caso il blocco di input è rappresentato dal comando *Data.ImportExcel* che accetta in ingresso le seguenti informazioni:

- *file* - Selezione del documento attraverso il suo percorso;
- *sheetName* - Nome del file da leggere;
- *Read as String* - Definisce la natura del dato da leggere, naturalmente settato su *False* accetta valori numerici;
- *Show Excel* - Consente di aprire il file Microsoft Excel® all'esecuzione dello script.

Come in precedenza il percorso del file verrà selezionato tramite un comando *File Path* seguito questa volta dal *File From Path* che permette di selezionare esattamente il documento. Il nome del foglio di calcolo viene inserito con il blocco

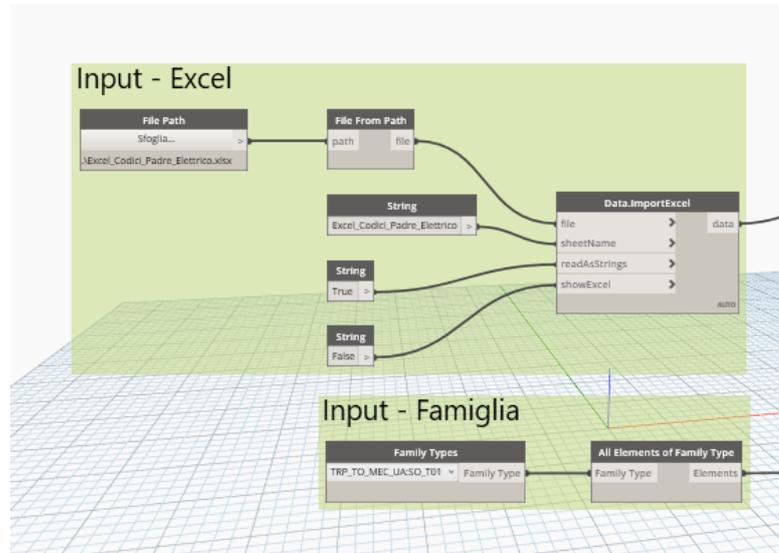


Figura 4.44: Script Codici Padre Elettrico attraverso il Modello federato - Prima Seconda - Blocchi Input

String, utilizzato anche per settare i valori di *True* e *False* rispettivamente agli ultimi due campi rimanenti.

Ottenuti in questo modo i dati dal documento Microsoft Excel® è necessario creare

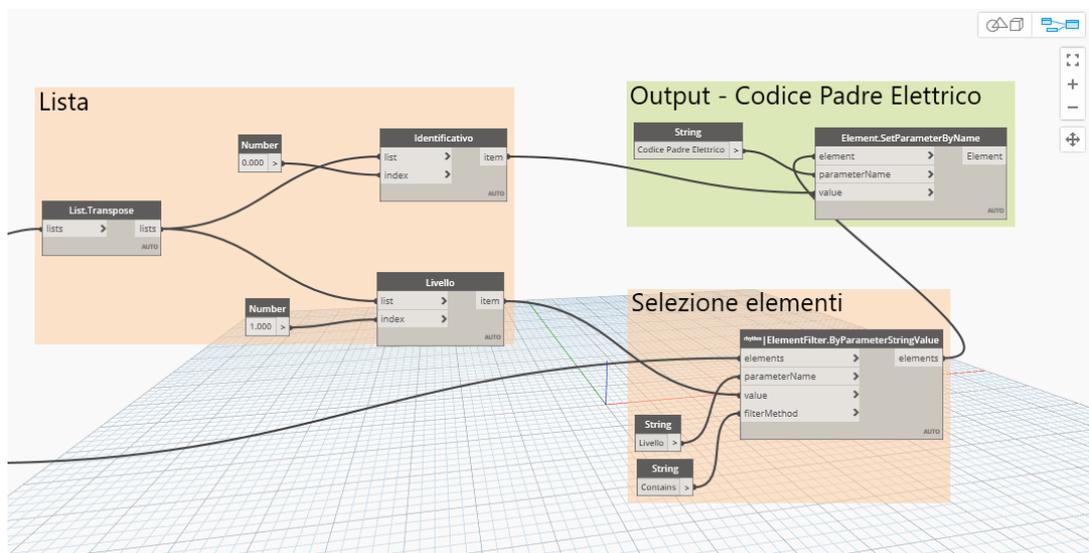


Figura 4.45: Script Codici Padre Elettrico attraverso il Modello federato - Prima Seconda - Output

due elenchi separati per i due parametri.

L'uscita del blocco *Data.ImportExcel* viene dunque collegata al *List.Transpose* per ottenere la composizione di due liste che vengono successivamente rese distinte tramite il comando *List.GetItemAtIndex*.

Il blocco richiede l'inserimento di un valore numerico tramite il quale determinare la posizione degli elementi all'interno dell'elenco. La lista è formata da solo due elementi, in questo caso è dunque stato utilizzato un blocco *Number* con i valori *zero* e *uno*.

Separati i valori relativi ai *Piani* e all'*Identificativo*, è necessario selezionare le istanze a cui è necessario attribuire il valore del *Codice Padre Elettrico*.

Si utilizzano come in precedenza dei blocchi *Family Types* e *All Element of Family Type*, la famiglia selezionata a titolo di esempio è la "TRP_TO_MEC_UA" relativa a un **Unità Trattamento Aria (UTA)**.

Gli elementi selezionati tramite il blocco della famiglia vengono filtrati secondo il livello tramite il comando *ElementFilter.byParameterStringValue*. L'utilizzo incrociato dei dati ricavati nella prima sezione del programma permette di restituire una lista di elementi selezionati per appartenenza al livello.

Le istanze filtrate vengono dunque utilizzate dal blocco *Element.SetParameterByName*, il campo "*Codice Padre Elettrico*" viene prelevato dalla lista "*Identificativo*" e compilato correttamente.

<Abaco dell'attrezzatura meccanica>			
A	B	C	D
Livello	Identificativo	Codice Padre Meccanico	Codice Padre Elettrico
LF32_136.64	TRP_TO_MEC_UA_SO_T01_L32_00001	TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR_L32_00001	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF32_00072
LF32_136.64	TRP_TO_MEC_UA_SO_T01_L32_00002	TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR_L32_00001	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF32_00072
LF33_140.91	TRP_TO_MEC_UA_SO_T01_L33_00001	TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR_L33_00001	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF33_00065
LF33_140.91	TRP_TO_MEC_UA_SO_T01_L33_00002	TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR_L33_00001	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF33_00065
LF34_145.18	TRP_TO_MEC_UA_SO_T01_L34_00001	TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR_L34_00013	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF34_00057
LF34_145.18	TRP_TO_MEC_UA_SO_T01_L34_00002	TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR_L34_00012	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF34_00057
LF35_149.45	TRP_TO_MEC_UA_SO_T01_L35_00001	TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR_L35_00013	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF35_00081
LF35_149.45	TRP_TO_MEC_UA_SO_T01_L35_00002	TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR_L35_00001	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF35_00081
LF35_149.45	TRP_TO_MEC_UA_SO_T01_L35_00003	TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR_L35_00001	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF35_00081
LF35_149.45	TRP_TO_MEC_UA_SO_T01_L35_00004	TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR_L35_00010	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF35_00081
LF36_153.72	TRP_TO_MEC_UA_SO_T01_L36_00001	TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR_L36_00001	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF36_00078
LF36_153.72	TRP_TO_MEC_UA_SO_T01_L36_00002	TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR_L36_00006	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF36_00078
LF36_153.72	TRP_TO_MEC_UA_SO_T01_L36_00003	TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR_L36_00006	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF36_00078
LF37_157.99	TRP_TO_MEC_UA_SO_T01_L37_00001	TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR_L37_00007	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF37_00078
LF37_157.99	TRP_TO_MEC_UA_SO_T01_L37_00002	TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR_L37_00001	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF37_00078
LF37_157.99	TRP_TO_MEC_UA_SO_T01_L37_00003	TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR_L37_00001	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF37_00078
LF38_162.26	TRP_TO_MEC_UA_SO_T01_L38_00001	TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR_L38_00001	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF38_00078
LF38_162.26	TRP_TO_MEC_UA_SO_T01_L38_00002	TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR_L38_00007	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF38_00078
LF38_162.26	TRP_TO_MEC_UA_SO_T01_L38_00003	TRP_TO_MEC_AA_RA_VAR_L38_00007	TRP_TO_ELE_QS_AL_O_LF38_00078

Figura 4.46: Script Codici Padre Elettrico attraverso il Modello federato - Risultati

Abachi ed Elenchi

Il software Revit® permette, in qualsiasi momento del processo di progettazione, la creazione di Abachi ed Elenchi, cioè di tabelle riassuntive delle proprietà e caratteristiche definite per ogni oggetto modellato.

È possibile creare abachi, computi delle quantità e dei materiali e analizzare i componenti e i materiali utilizzati in un progetto.

Importantissima caratteristica del software è che qualsiasi modifica al progetto ha istantaneo effetto sull'abaco, che viene aggiornato automaticamente in modo da riflettere tali cambiamenti.

Le tabelle così create possono anche essere esportate in altri programmi, come ad esempio un foglio elettronico (Excel .xls).

Per crearne uno bisogna fare clic sulla scheda "Vista" > "Crea" e dal menu a discesa "Abachi" selezionarne una tipologia, ad esempio "Abaco/Quantità".

Dalla finestra di dialogo "Nuovo abaco" bisogna selezionare una voce dall'elenco delle categorie. In questa finestra è presente la casella di testo "Nome" in cui è possibile inserire il titolo dell'abaco, che sarà comunque possibile modificare in seguito.

Il menu che compare dopo aver dato la conferma è quello relativo alle proprietà

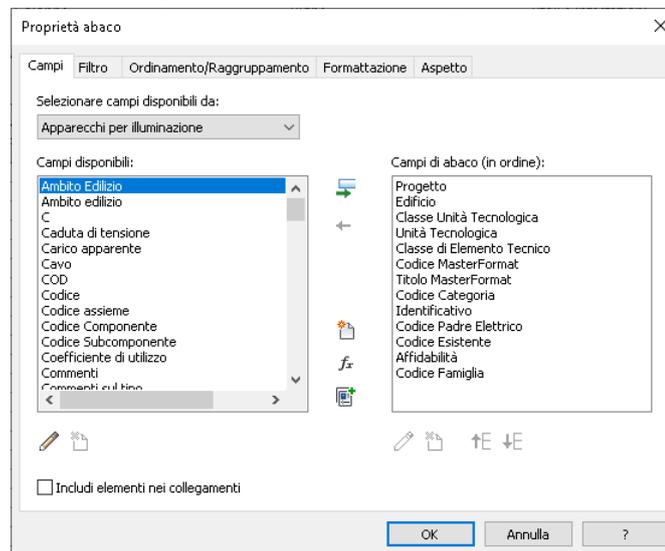


Figura 4.47: Menu proprietà Abaco

dell'Abaco, in cui è possibile selezionare i campi della tabella tra quelli disponibili tra le proprietà di progetto e specifiche della categoria.

La tabella così creata può essere modificata in ogni suo ambito, ad esempio,

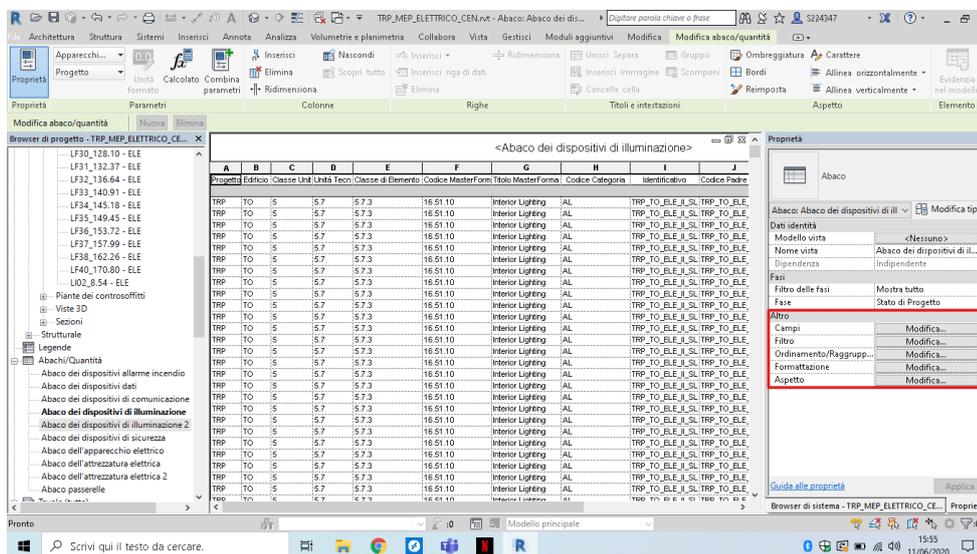


Figura 4.48: Ambiente Revit - Abaco

possono essere creati dei filtri, si può prevedere un ordine in base al valore di alcuni parametri o creare un raggruppamento, cambiarne la formattazione e l'aspetto. Queste modifiche possono essere apportate al momento della creazione o richiamate in seguito dalla scheda proprietà.²⁷

Un'altra funzione interessante dell'abaco è rappresentata dalla possibilità di evidenziare una voce dall'elenco creato e di andare ad identificare l'istanza ad essa associata all'interno del modello. Il comando che permette questa interazione si trova nella scheda "Modifica Abaco/quantità" ed è richiamabile dalla voce "Evidenzia nel modello". Viene visualizzata la finestra di dialogo "Mostra gli elementi nella vista", basta fare clic su "Mostra" per aprire altre le viste e visualizzare l'elemento. Questa procedura è ideale affiancando l'abaco e una vista, per andare ad agire sull'istanza che magari presenta un errore nella compilazione dei suoi parametri. L'utilizzo della funzione abaco è molto utile per evidenziare tutti i parametri compilati per i vari oggetti e relativamente alle loro categorie.

²⁷Vedi Figura 4.48

La visualizzazione mediante Abachi fornisce la più semplice e immediata visualizzazione della corretta compilazione dei parametri condivisi.²⁸ Le regole per la compilazione sono state definite da *Gabriele Buffa* all'interno del progetto di ricerca per la Torre della Regione Piemonte e prevedono l'utilizzo dei seguenti campi:

- Progetto;
- Edificio;
- Classi di Unità tecnologiche;
- Classi di Elementi Tecnici;
- Codifiche Masterformat;
- Titolo Masterformat;
- Codice Categoria;
- Identificativo;
- Codice Padre;
- Codice Esistente;
- Affidabilità;
- Codice famiglia;
- Sottodisciplina.

Questa scelta di campi risulta la più semplice per evidenziare tutti i parametri compilati, per avere un'idea esatta del numero di oggetti presenti e determinarne con precisione il posizionamento.

Di seguito vengono inseriti stralci di abachi compilati, che per problemi di ampiezza non possono essere riportati integralmente.

²⁸Vedi Paragrafo 4.5

DAL MODELLO DI RESTITUZIONE AL MODELLO PER LA PROGETTAZIONE

5.1 | Criticità in fase di Modellazione

Il capitolo precedente ha esposto i passi seguiti e i criteri adottati per la creazione del modello elettrico della Torre della Regione Piemonte.

Risulta, però, importante sottolineare ed evidenziare, in un primo consuntivo quali siano stati i vantaggi e le criticità riscontrate durante l'utilizzo del software.

I punti di forza sono stati lungamente esposti ed evidenziati nei capitoli precedenti, ma ad essi si contrappongono le problematiche riscontrate durante la creazione del modello. Ad esse si sommano quelle che si incontrerebbero utilizzando Revit® come unico programma per la progettazione.

Uno dei maggiori ostacoli trovati durante il percorso è rappresentato dalla creazione delle blindosbarre¹. Nello specifico, come è stato descritto, Revit® permette la creazione di nuovi oggetti riferibili a un tipo di sistema esistente, tra le librerie proposte. Gli oggetti modellati "sotto" l'una o l'altra categoria, assumono le proprietà ad essa riferite. Ad esempio, modellando un nuovo elemento sotto la categoria "*Dispositivi di Illuminazione*" esso ne assumerà le macro-caratteristiche della famiglia di oggetti, dunque l'"*Host*", posizionamento e collegamento saranno compatibili con quelle di una lampada.

Nel caso in esame, la scelta della categoria "*Attrezzatura Elettrica*"² risulta essere infelice, poiché l'oggetto così modellato viene ritenuto dal programma a tutti gli

¹Vedi Paragrafo 4.7

²Vedi Figura 5.4 - 1° Tentativo

effetti come un quadro elettrico e inserito tra le voci selezionabili dal menu "Alimentazione" al momento della creazione del circuito elettrico.³

Il problema può dunque essere riferito, in prima istanza, ad un'errata attribuzione

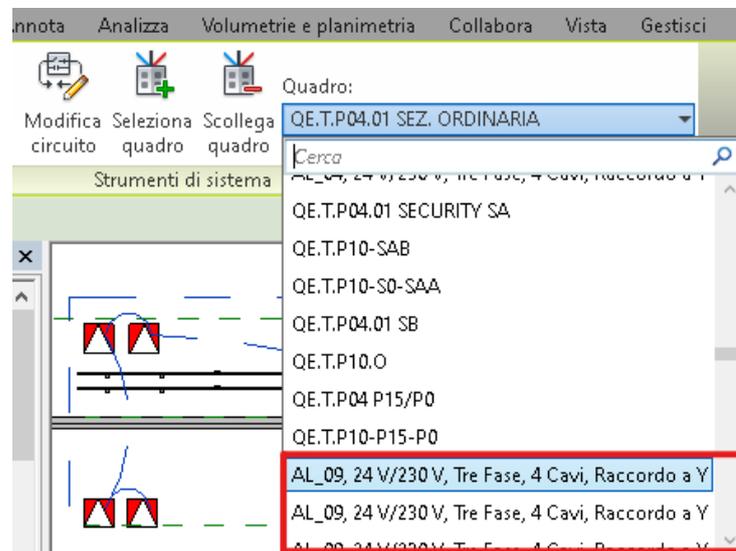


Figura 5.1: Errata visualizzazione blindosbarre in menu quadro

della famiglia, da qui la naturale conseguenza è riferire l'elemento blindosbarra a una nuova famiglia, nel caso "Apparecchi Elettrici".⁴ La scelta ha, come evidente, risolto l'errata attribuzione dell'oggetto al gruppo di progetto dei quadri elettrici ma ha posto in essere una nuova problematica.

Bisogna innanzitutto ricordare che la caratteristica principale di questo sistema distributivo di energia è quella di non prevedere la presenza di cavi elettrici; la connessione elettrica infatti avviene tramite gli elementi conduttivi contenuti all'interno degli involucri metallici che vengono mutuamente interconnessi in modo da formare una superficie equipotenziale. L'alimentazione avviene tramite il conduttore di testata e derivata attraverso le spine poste a distanza regolare l'una dalle altre.

La restituzione fedele di questo tipo di connessione nel modello dunque prevede la creazione di circuiti separati di gruppi di torrette collegati, in relazione alla loro vicinanza, alla prima spina disponibile. Il sistema così descritto dovrebbe essere collegato tramite il connettore di testata al quadro di appartenenza, al fine di

³Vedi Paragrafo 4.7

⁴Vedi Figura 5.4 - 2° Tentativo

garantirne l'alimentazione.

Questo non è purtroppo realizzabile attribuendo all'oggetto blindosbarra una categoria diversa da quella di "Attrezzatura Elettrica". In tutta probabilità ciò accade perché il software predispone la possibilità di connessioni multiple per il solo elemento quadro, e non per oggetti diversi da esso. Tecnicamente la discriminazione è corretta poiché qualsiasi apparecchiatura elettrica necessita di una sola connessione per la sua alimentazione.

A questo punto le possibili strade da seguire sono due:

- Creazione di una "famiglia annidata";
- Creazione oggetto "Spina di derivazione" della blindosbarra, esternamente alla stessa.

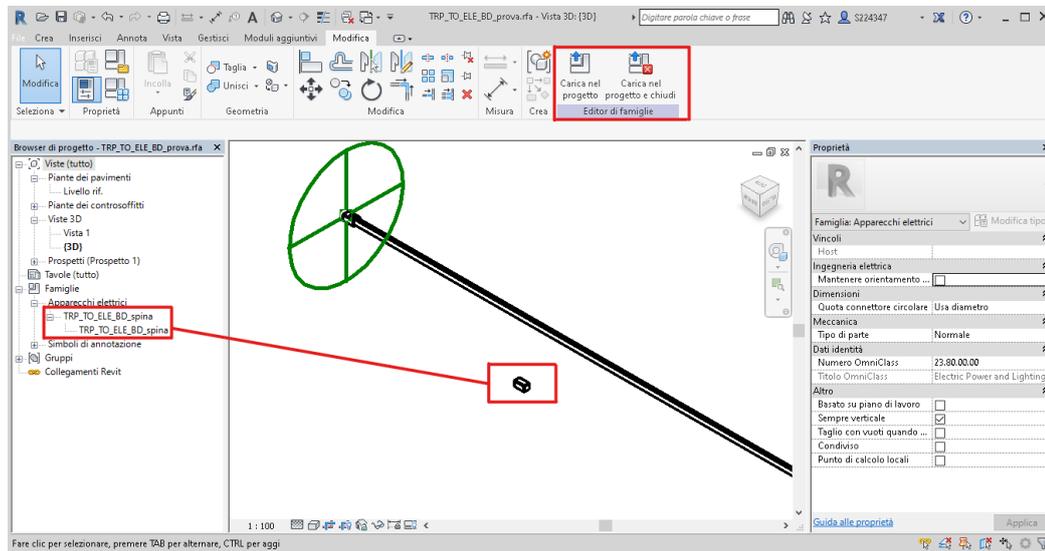


Figura 5.2: Realizzazione famiglia annidata blindosbarra

Una famiglia nidificata è un insieme di più oggetti **BIM** accomunati da alcune caratteristiche e che differiscono tra loro solo per alcuni elementi. Il processo⁵ consiste nell'inserire una o più famiglie all'interno di un'altra al fine di controllarne contemporaneamente i parametri e quindi le prestazioni finali.

A titolo esemplificativo può essere utile immaginare una porta con diverse tipologie

⁵Vedi Figura 5.4 - Caso A

di maniglia, in questo caso la famiglia Revit® “*porta*” dovrà contenere la famiglia nidificata “*maniglia*”.

Per creare una famiglia annidata occorre, dunque, creare o aprire una famiglia *Host* (nel caso in esame TRP_TO_ELE_BD > AL_01) selezionare l'*Editor di famiglie*, fare clic sulla scheda *Inserisci*. Selezionare successivamente *Carica famiglia*, aprire l'istanza e posizionarla nella posizione desiderata.

L'elemento blindosbarra creato con questa metodologia⁶ presenta dunque le “*spine di derivazione*” create in maniera dissociata e aggiunte successivamente. La problematica di questa soluzione risiede nel fatto che le connessioni così create non vengono rilevate dal software e risulta dunque impossibile utilizzarle per collegare i gruppi presa.

La seconda soluzione⁷ prevede invece di utilizzare l'oggetto “*Spina di derivazione*” creato precedentemente e posizionarlo sul modello in corrispondenza della reale posizione, sulla blindosbarra modellata a questo punto come un semplice “*binario*”.

Come visto in precedenza è dunque possibile selezionare un gruppo di torrette,

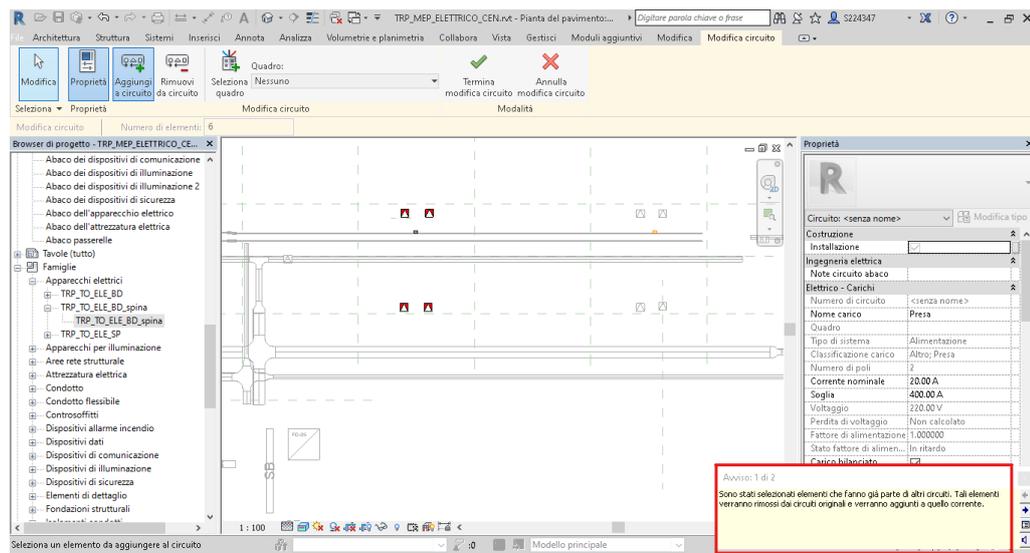


Figura 5.3: Connettore spina *esterno* alla blindosbarra - Messaggio di errore

collegarle al connettore spina e connetterli al connettore di testata della blindosbarra. Purtroppo anche in questo caso si ripropone la rigidità del software che

⁶Vedi Figura 5.2

⁷Vedi Figura 5.4 - *Caso B*

non permette connessioni multiple ad un medesimo connettore.

Vista la criticità, dovuta probabilmente a una scarsa maturità di Revit® in campo elettrico, si è deciso di abbassare il **Level of Development (LOD)** del modello relativamente alle blindosbarre, prediligendo un comunque corretto collegamento logico degli oggetti al reale collegamento fisico.⁸

Questa soluzione non risulta, infatti, essere un limite alla fruizione del modello da *banca dati* come da richiesta del committente ma diventa un evidente collo di bottiglia per l'utilizzo del software come principale ed unico input per la progettazione. Questo ha portato a una profonda riflessione sulle potenzialità di Revit® in campo progettuale e ha posto le basi per una ricerca di metodi alternativi per "piegare" il software alle esigenze della progettazione.

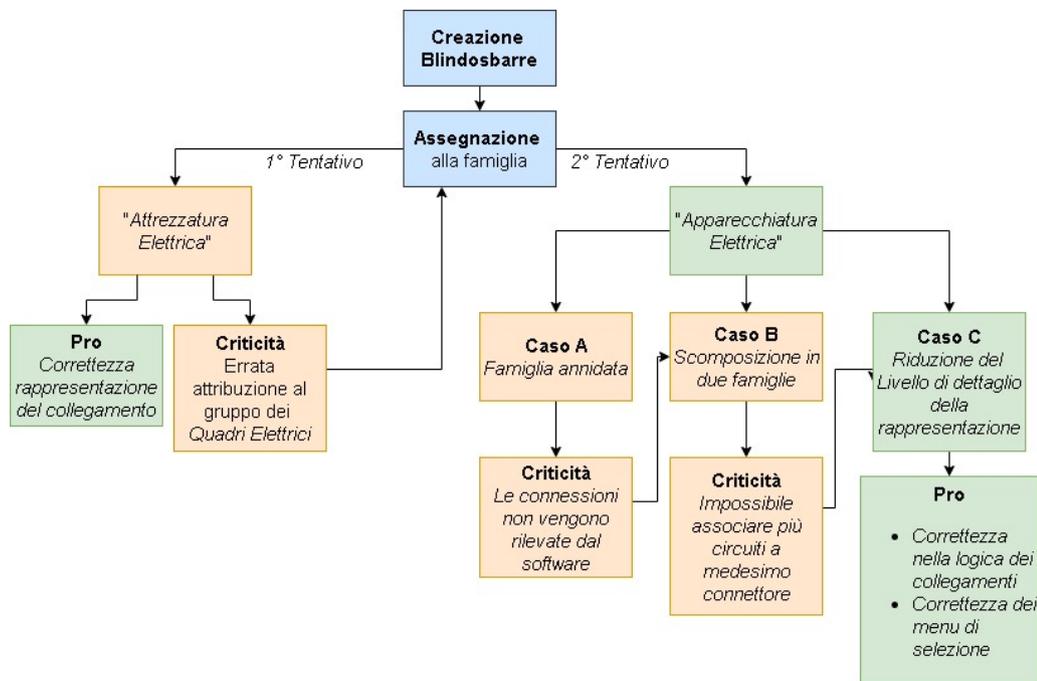


Figura 5.4: Discretizzazione processo decisionale

⁸Vedi Figura 5.7 - Caso C

Strumenti per la progettazione

Il software Revit® è, nel corso degli anni, diventato uno standard per la progettazione architettonica e strutturale, al punto da essere il più utilizzato per la realizzazione di progetti **BIM**.

Il modello creato con questo programma rappresenta, come più volte evidenziato, un formidabile "contenitore di informazioni sull'edificio" in cui inserire dati grafici come planimetrie e sezioni e specifici attributi tecnici relativi a materiali e apparecchiature utilizzate.

D'altro canto la progettazione, almeno in campo elettrico, richiede la necessaria presenza di strumenti utili alla verifica che automatizzino i calcoli necessari o quantomeno rendano più evidente la correttezza delle scelte intraprese. Purtroppo, l'analisi approfondita del programma per la realizzazione del modello elettrico della Torre della Regione, ha evidenziato sostanziali deficit in questo campo.

Non esistono, ad esempio, dei comandi per la creazione e successiva verifica delle protezioni, della sezione dei conduttori o per il rifasamento, oppure non vi è la possibilità di estrarre schemi unifilari di impianto come elaborati di progetto.

Risulta doveroso, a onor del vero, evidenziare che il software mette a disposizione

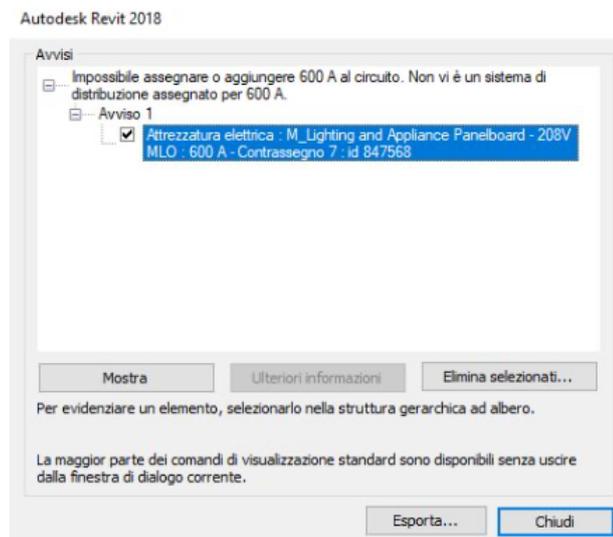


Figura 5.5: Schermata di errore

alcune funzioni che non concedono la possibilità di compiere grossolani errori. Esso

controlla, ad esempio, puntualmente che vi sia coerenza tra gli oggetti utilizzati, verificando che siano collegati con il giusto profilo di tensione. Consente, altresì, di evitare che lo sviluppo dell'impianto elettrico non abbia delle interferenze con apparati dipendenti da altre discipline e che sia coerente con i vincoli architettonici. Tali possibilità risultano però inadeguate a comprendere l'intera fase progettuale. Sarebbe, quantomeno, necessario un ampliamento delle librerie elettriche e degli strumenti a disposizione per ottenere la possibilità di una progettazione integrata al livello delle altre discipline in cui ha quasi raggiunto lo *stato dell'arte*.

Tabella 5.1: Possibili applicazioni del BIM nella modellazione elettrica

Categoria	Applicazioni
Disegno del sistema elettrico	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 10px;">{</div> <ul style="list-style-type: none"> Modellazione e progettazione di sistemi di illuminazione; Alimentazione attrezzature elettriche; Bilanciamento dei carichi; Visualizzazione 3D e rendering; Calcolo delle quantità e stima dei costi. </div>
Analisi	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 10px;">{</div> <ul style="list-style-type: none"> Rilevamento dei conflitti; Controllo corretto profilo di tensione; Controllo della continuità del circuito; Rilevamento e controllo dei costi; </div>

Al momento ottenere un progetto completo e corretto su Revit® tiene conto del necessario coinvolgimento di software esterni che attraverso un flusso bidirezionale di informazioni rendono di fatto possibile compensarne i limiti. Questa soluzione evidenzia l'utilità del già citato standard **IFC**, che permette l'interoperabilità dei programmi, e dunque di ricavare tutte le informazioni elettriche rese disponibili dalla modellazione di un impianto elettrico disegnato in Revit® e di seguirne la

logica. In questa chiave i dati presenti in elementi di distribuzione (quadri, trasformatori etc.) o elementi terminali (prese, luci, apparecchiature elettriche etc.) diventano la base per i calcoli e le verifiche necessarie.

La riflessione che viene riportata nei paragrafi successivi è però differente e coinvolge solamente il software Revit®. La sfida consisteva nel verificare la possibilità di creare degli strumenti utilizzando i comandi messi a disposizione dal software. In questa ottica ha avuto un ruolo determinante il software di programmazione visuale integrato Dynamo®.

Unitamente ad esso, alcuni accorgimenti tecnici permettono di evidenziare informazioni utili alla progettazione, ad esempio, il "*Browser di progetto*" fornisce indicazioni quali il numero di apparecchiature collegate ad un quadro. Ed ancora, con alcune modifiche, ampiamente esposte di seguito, è possibile ottenere, ad esempio, il valore di metri di cavo necessari al collegamento del circuito a valle.

La procedura da seguire prevede la creazione di un nuovi parametri riferiti all'istanza e la loro compilazione attraverso il software di programmazione visuale.

5.3 | **Attribuzione Parametri Tecnici**

Ogni oggetto modellato deve poter essere correttamente dimensionato all'interno di un circuito elettrico, ciò è possibile se sono stati compilati tra le sue proprietà i parametri elettrici relativi alle sue condizioni di funzionamento.

A tal proposito, si riporta il caso delle blindosbarre. I conduttori utilizzati nel progetto sono prodotti dalla EAE Elektrik, uno dei maggiori produttori al mondo di condotti sbarre. Il Gruppo opera a livello nazionale con diverse filiali e rappresentanze, così come all'estero in molti paesi sparsi per il mondo.

I KAP, modello scelto in fase progettuale, sono condotti sbarre per l'illuminazione e per piccola forza motrice conformi alle norme **CEI EN 61439-6**.

"Sono realizzati in lamiera zincata, che assolve la funzione di conduttore di protezione e conferisce una notevole resistenza meccanica. La portata della linea è stata dimensionata e testata per una temperatura ambiente media di 40°C. I conduttori elettrici sono realizzati in rame elettrolitico stagnato (tondino pieno rigido), isolati singolarmente e completamente lungo tutta la lunghezza (eccetto in corrispondenza delle finestre di derivazione) da una guaina in PVC rigido autoestinguente.

Ciascun elemento rettilineo standard da 3mt è dotato di 4 prese di derivazione ogni 75cm su di un di un solo lato del condotto.

Gli elementi rettilinei sono equipaggiati di serie di otturatori IP55 sulle prese di derivazione."^[21]

Di seguito si riporta uno stralcio della scheda tecnica. Per assegnare le caratteristi-

ELINEKAM/KAP
► Caratteristiche Tecniche

EAE
ELEKTRIK

Corrente Nominale	In	A	25	32	40	63
Codice del condotto			KAM 02	KAM 03	KAP 04	KAP 06
Norme	IEC 61439-1/6, TS EN 61439-1/6					
Tensione nominale di isolamento	Ui	V	500	500	690	690
Frequenza	f	Hz	50	50	50	50
Grado di Protezione	IP55					
Corrente nominale ammissibile di breve durata trifase (0,1s)	I_{br}	kA _{lim}	2,27	2,72	3,4	4
Corrente nominale ammissibile di picco trifase	I_{pk}	kA	5	6	7,5	9
CARATTERISTICHE DEI CONDUTTORI DI FASE						
Resistenza a T conduttore 20 °C, a l	R_{20}	mΩ/m	5,598	4,509	2,983	1,557
Resistenza a T ambiente 35 °C, a l	R	mΩ/m	6,612	5,444	3,518	1,914
Reattanza (indipendente dalla temperatura)	X	mΩ/m	0,488	0,377	0,229	0,155
Impedenza di sequenza positiva e negativa ad una T ambiente 35°C, a l	Z	mΩ/m	6,830	5,458	3,525	1,920
Impedenza di sequenza positiva e negativa a T conduttore 20 °C, a l	Z_{20}	mΩ/m	5,619	4,524	2,972	1,565
Perdite nominali a 35 °C		W/m	12,7	16,5	18,2	22,1
Resistenza DC con T conduttore 20 °C per le fasi	$R_{(or)br}$	mΩ/m	5,534	4,333	2,871	1,462
Resistenza DC con T conduttore 20 °C per il neutro	R_n	mΩ/m	5,466	4,368	2,876	1,457
Resistenza DC con T conduttore 20 °C per il conduttore di terra	R_{te}	mΩ/m	2,519	1,711	1,154	1,150
SEZIONI						
L1,L2,L3,N		mm ²	3,14	3,98	6,16	12,57
PE (per i conduttori)		mm ²	3,14	3,98	6,16	12,57
Sezione conduttore di protezione in ferro		mm ²	96	96	96	96
Sezione conduttore di protezione in ferro (Equivalente in rame)		mm ²	9	9	9	9
Peso - 4 Conduttori		kg/m	1,13	1,17	1,33	1,42
Peso - 5 Conduttori		kg/m	1,17	1,19	1,41	1,48

Figura 5.6: Scheda tecnica blindosbarre - Fonte: [vedi 21]

che tecniche all'oggetto modellato è necessario creare i parametri come descritto in precedenza.⁹

Bisogna dunque selezionare le proprietà dell'oggetto, fare clic su *Nuovo parametro*, inserire il nome unitamente a una breve descrizione e definire la categoria di appartenenza tra quelle disponibili in elenco. In questa fase si decidono Disciplina, unità di misura e raggruppamento secondo cui il parametro verrà elencato.

Il dato della variabile appena creato, può essere compilato subito dopo la sua creazione dalla finestra "*Tipi di famiglia*" o dalle proprietà dell'istanza.

Il parametro creato può assumere un valore costante o essere variabile in funzione di una formula che coinvolga uno o più altri campi.

In questa fase sono state riportate tra le proprietà dell'oggetto blindosbarra tutte le caratteristiche tecniche fornite dal produttore, raccolte in elenco sotto la voce "*Dati*".¹⁰ Un parametro importante da conoscere in fase di progetto è l'Impedenza della totalità conduttori adoperati. Essa rappresenta la forza di opposizione di un

⁹Vedi Paragrafo 4.7

¹⁰Vedi Figura 5.7

Tipi di famiglia

Nome del tipo: AL_01

Parametri di ricerca

Parametro	Valore	Formula	Blocca
Dati			
Corrente nominale ammissibile	3400.00 A	= 3400 A	
Corrente nominale ammissibile	7500.00 A	= 7500 A	
Frequenza	50.00 Hz	= 50 Hz	
Grado di Protezione			
Impedenze di sequenza positiva	0.0030 ohm-m	= 0.003 ohm-m	
Impedenze di sequenza positiva	0.0035 ohm-m	= 0.0035 ohm-m	
L1,L2,L3,N	6.160000	= 6.16	
Norme			
IEC 61439-1/6, TS EN 61439-1/6		=	
PE (par 5 conduton)	6.160000	= 6.16	
Perdite nominali a 35 °C	18.200000	= 18.2	
Peso	1.410000	= 1.41	
Resistenza	0.0002 ohm-m	= 0.0002 ohm-m	
Resistenza DC con T conduttore	0.0012 ohm-m	= 0.0012 ohm-m	
Resistenza DC con T conduttore	0.0029 ohm-m	= 0.0029 ohm-m	
Resistenza DC con T conduttore	0.0029 ohm-m	= 0.0029 ohm-m	
Resistenza a T ambiente 35 °C, s	0.0035 ohm-m	= 0.0035 ohm-m	
Resistenza a T conduttore 20 °C,	0.0030 ohm-m	= 0.003 ohm-m	
Sezione conduttore di protezione	96.000000	= 96	
Sezione conduttore di protezione	9.000000	= 9	
Tensione nominale di isolamento	690.00 V	= 690 V	

Gestisci tabelle di ricerca

OK Annulla Applica

Figura 5.7: Menu Tipi di famiglia - Parametri tecnici Blindosbarre

circuito al passaggio di energia elettrica alternata, si misura in $[\Omega - \text{ohm}]$ e varia il suo valore in funzione della lunghezza del conduttore.

Il valore dell'impedenza, di solito si indicata con la lettera Z, si compone di parte

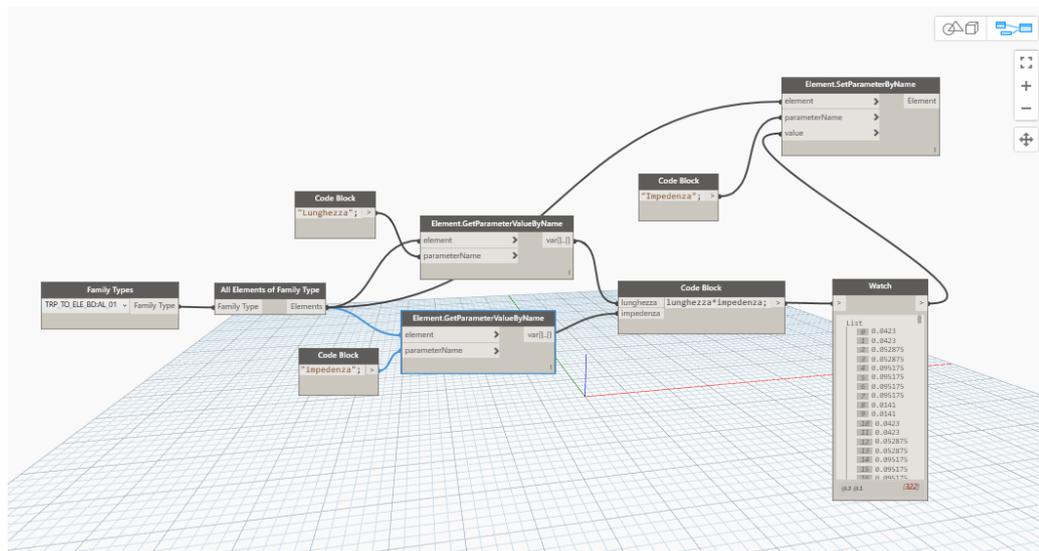


Figura 5.8: Script calcolo impedenza Blindosbarre

reale, sempre maggiore di 0, corrispondente alla componente resistiva, e di parte

immaginaria, corrispondente alla componente reattiva, che può essere induttiva o capacitiva.

Il calcolo relativo alle blindosbarre, viene effettuato tramite uno script ¹¹, che legge il valore compilato all'interno delle proprietà dell'oggetto e lo moltiplica per il valore di lunghezza dell'oggetto. L'eseguibile in questo modo applica la formula a tutte le istanze create in relazione al loro posizionamento e alle loro caratteristiche.

5.4 Script: Distanza quadro

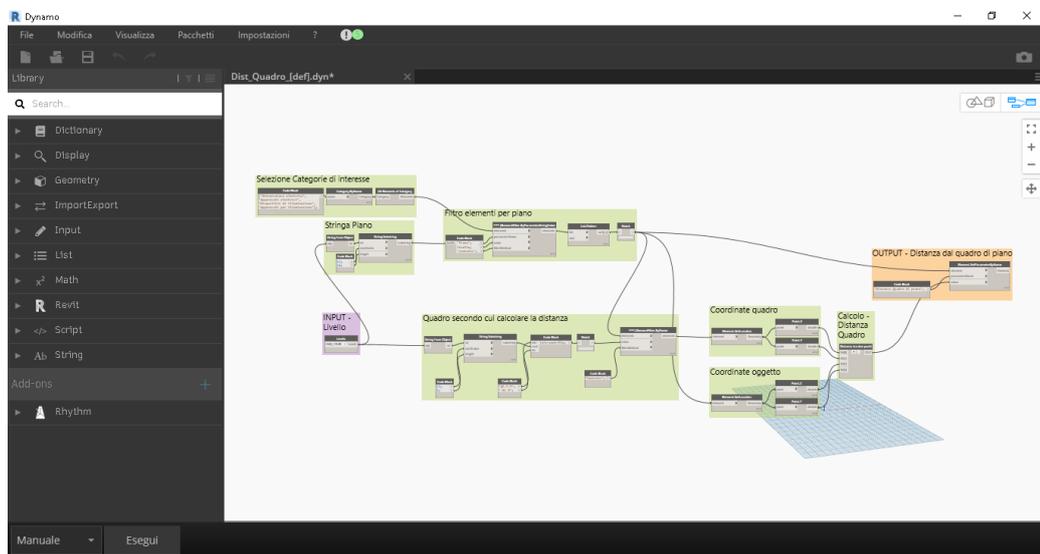


Figura 5.9: Script Distanza quadro

Il calcolo della caduta di tensione percentuale¹² non può prescindere dalla conoscenza di alcuni valori.

Infatti, una volta scelta la tipologia di collegamento e determinata la collocazione spaziale dei carichi, si deve verificare che la scelta fatta sia coerente rispetto alle scelte progettuali e soprattutto in linea con le normative.

Lo script descritto in questo paragrafo permette di ottenere in maniera del tutto

¹¹Vedi Figura 5.8

¹²Vedi Paragrafo 3.3

automatizzata uno dei parametri indispensabili per il calcolo della caduta di tensione.

La distanza dal quadro (L), e dunque la lunghezza del conduttore, è un valore indispensabile per il calcolo della corrente di impiego I_b ¹³. Risulta evidente come la disposizione spaziale dei carichi, diversa per ogni livello, renda difficoltoso il calcolo di questo parametro per ogni singolo oggetto modellato.

La scrittura di un eseguibile, ovviamente, non è univoca ma subordinata alle

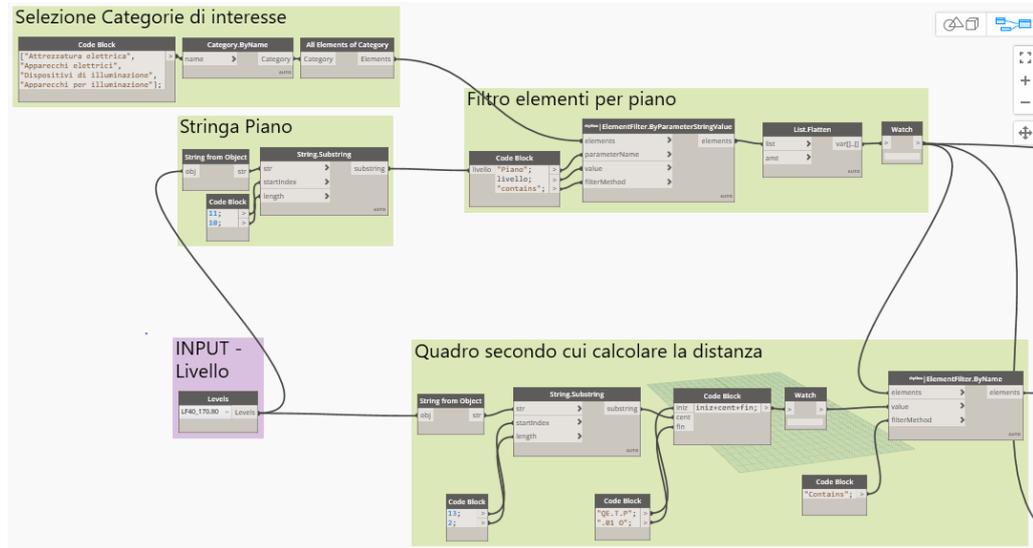


Figura 5.10: Script Distanza quadro Blocco iniziale

scelte di chi compila. Esistono, infatti, differenti modi di affrontare il problema e altrettante soluzioni.

Questo script condivide con gli altri qui esposti la medesima filosofia, cioè la ricerca, per quanto possibile, del maggior grado di automazione possibile, riducendo al minimo l'intervento *umano*.

Il dato in ingresso in questo caso è il livello, dunque sarà necessario variare il livello di piano ogni volta che il programma completa le sue operazioni.

L'informazione sul livello, richiamata tramite il blocco *Levels* è cruciale, poiché permette di restringere il campo di ricerca ad un solo piano per volta, evitando possibili sovrapposizioni. Essa viene trasmessa a due blocchi distinti, uno per la selezione del quadro di piano e uno per creare l'intersezione con l'intero elenco degli

¹³Vedi formula 3.3

elementi. Parallelamente ad essa vengono selezionate le categorie, la lista viene creata da un *Code block* compilato come segue:

```
["Attrezzatura elettrica",  
"Apparecchi elettrici",  
"Dispositivi di illuminazione",  
"Apparecchi per illuminazione"];
```

I *Code block* sono degli elementi molto versatili e possono essere utilizzati per generare formule, stringhe, liste, etc. attraverso semplici righe di codice.

La lista così compilata viene collegata al blocco *Category.byName* che riconosce le stringhe di testo e fa una cernita tra tutte le categorie presenti restituendo solo quelle richieste. Gli elementi vengono selezionati dal successivo blocco *All Elements of Category*, che restituisce tutte le istanze presenti nel progetto.

Per selezionare le sole presenti al piano considerato, è stato creato un filtro attraverso la maschera *ElementFilter.byParameterStringValue*. Esso, attraverso l'informazione sul livello contenuta nel campo "*Piano*" di ogni elemento, riesce a creare una lista di elementi appartenenti alle categorie richieste che sono contemporaneamente presenti al livello oggetto della selezione.

Quest'ultimo blocco fornisce delle "*Liste annidate*" cioè una lista all'interno di una lista, motivo per cui viene utilizzato un *List.flatten*, che degrada l'ordine di complessità dell'elenco.

Come precedentemente accennato, l'informazione sul livello viene utilizzata anche per ottenere il nome del quadro di piano. Essa viene trasformata in una stringa attraverso il *String from Object*, troncata e ricomposta a formare il nome del quadro. Questo dato viene utilizzato dal blocco *ElementFilter.byName* che seleziona, tra le istanze presenti al piano, proprio il quadro ricercato. A questo punto dello script sono disponibili tutte le informazioni necessarie per il calcolo della distanza.

Ogni oggetto posizionato nel modello, viene determinato attraverso delle coordinate spaziali (x,y,z), attraverso le prime due secondo la formula (5.1) della distanza tra due punti è possibile ricavare la distanza tra gli oggetti.

$$L = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (5.1)$$

Le coordinate del quadro (x_1, y_1) e dell'oggetto (x_2, y_2) si ottengono mediante i blocchi *Point.X* e *Point.Y* che forniscono rispettivamente ascissa e ordinata

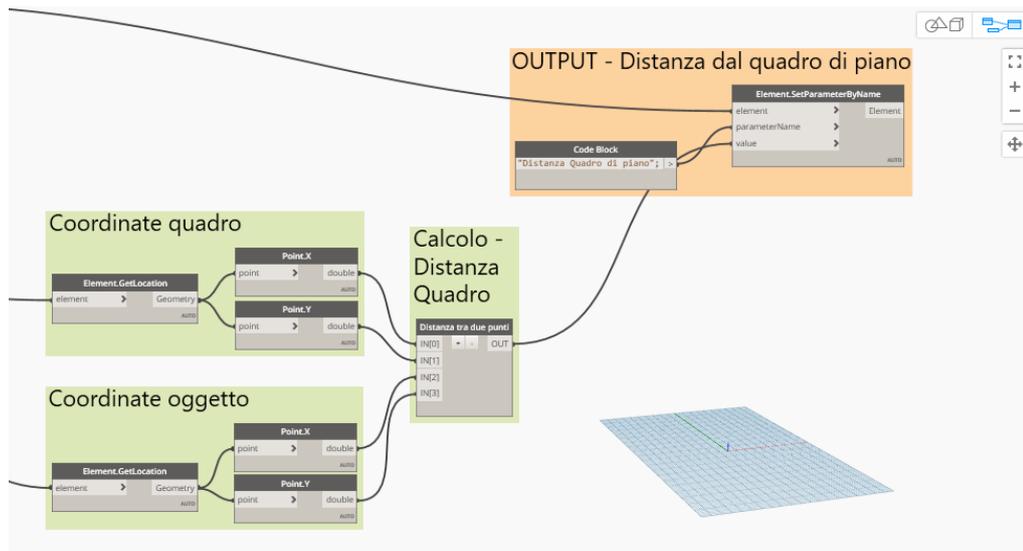


Figura 5.11: Script Distanza quadro Blocco finale

dell'oggetto fornito come input.

Per il calcolo della distanza secondo la formula (5.1) non è disponibile nessun blocco dalla libreria di Dynamo®, motivo per cui si è resa necessaria la creazione di un blocco *ad hoc*. Il programma permette la creazione di righe di codice in linguaggio di programmazione *Python* all'interno del blocco *Python Script*.

L'algoritmo utilizzato viene riportato in Appendice.¹⁴

Per compilare il codice è necessario posizionare il blocco *Python Script* sul piano di lavoro e selezionare la voce "Modifica" dal menu a tendina che compare cliccandoci sopra con il tasto destro del mouse. Il numero di dati in ingresso può essere variato attraverso il tasto "+" o "-" presente sulla maschera del blocco.

Le variabili possono assumere qualsiasi valore e qualsiasi nome, esse sono inizializzate permettendo al programma di conoscerne la natura. Nel caso in oggetto tutti i dati utilizzati sono delle liste, nello specifico:

- xogg - vettore ascisse oggetti;
- yogg - vettore ordinate oggetti;
- xquadro - vettore ascisse quadro;

¹⁴Vedi Appendice B Codice B.2

- yquadro - vettore ordinate quadro.

L'algoritmo controlla che la lunghezza delle liste "xogg" e "yogg" sia la medesima tramite il comando "assert". Se la condizione è verificata continua a leggere le righe seguenti, altrimenti esce direttamente. Successivamente attraverso il comando "for" comincia il vero e proprio ciclo, che varia tra 1 e il numero di elementi della lista ($range(len(...))$). Ad ogni iterazione calcola la distanza tra oggetto e quadro, e ne attribuisce il valore a un elemento della lista "distance". Il vettore di valori così calcolati viene restituito al di fuori del blocco attraverso il comando "OUT". Lo script si conclude attraverso il blocco *Element.SetParameterByName* che attribuisce al parametro "Distanza Quadro di piano" il valore calcolato.

5.5 Script: Caduta di tensione

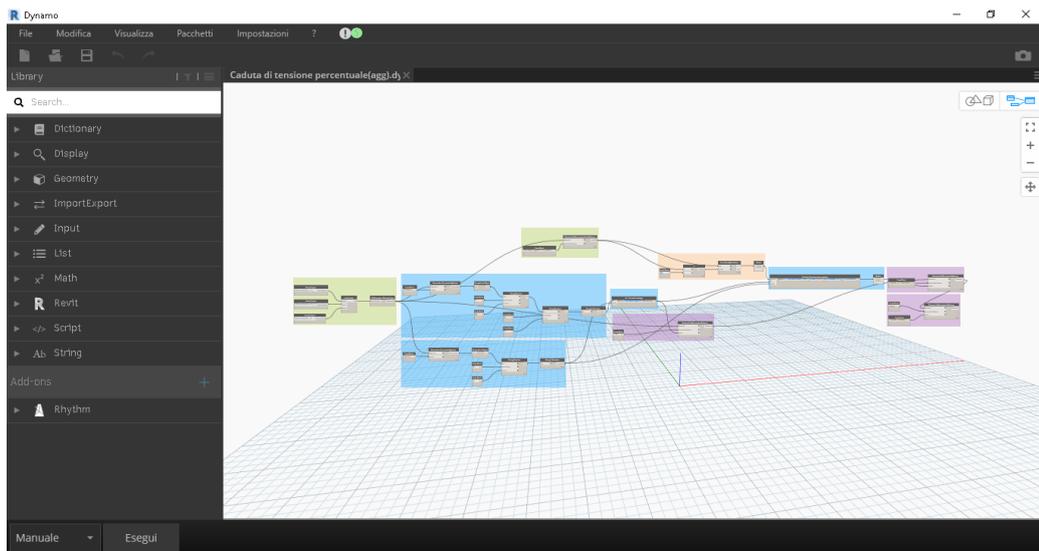


Figura 5.12: Script Caduta di tensione

Il calcolo delle distanze tra istanze e quadro di piano descritto precedentemente è propedeutico al calcolo della caduta di tensione così come ampiamente descritto¹⁵. Esso rappresenta, però solo uno dei valori necessari al calcolo. Considerando, ad

¹⁵Vedi Paragrafo 3.3

esempio, una torretta presa, si è reso necessaria la creazione di parametri relativi ai dati elettrici come corrente nominale, tensione nominale, fattore di potenza, etc. Per creare questi campi è necessario selezionare dal modello un elemento e dalla scheda “*Modifica / Attrezzatura elettrica*” selezionare la voce “*Modifica Famiglia*”. Così facendo otteniamo la visione assonometrica dell’oggetto, la barra degli strumenti cambia completamente, con comandi che permettono di agire su parametri, forma e proprietà dell’apparecchio, ogni modifica effettuata in questa finestra si trasmette ad ogni istanza presente nel progetto.

Dal menu crea, selezionando la voce “*Tipi di Famiglia*” si ottiene una scheda contenente tutte le proprietà. Ogni parametro inserito o già presente può essere modificato attraverso l’inserimento di un valore predefinito o l’utilizzo di una formula per calcolarlo attraverso la combinazione di più indici. Per inserire un

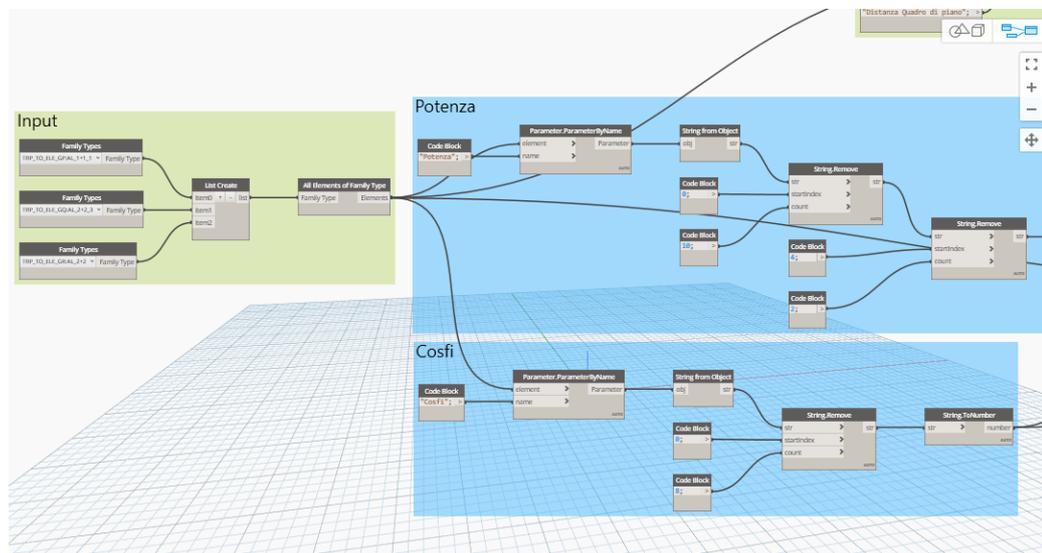


Figura 5.13: Script Caduta di tensione Blocco iniziale

nuovo campo, bisogna selezionare il comando “*nuovo parametro*”, si ottiene una nuova finestra. Viene richiesto di inserire il “*Tipo di parametro*” se “*di famiglia*” (Non può apparire negli abachi e ne nelle etichette) oppure “*condiviso*” (Può essere condiviso da più progetti e famiglie, comparire negli abachi e nelle etichette e può essere esportato via ODCB), poco più in basso viene richiesto di inserire i “*Dati del parametro*”.

Tra i campi richiesti vi è il nome, la disciplina (Comune, Strutturale, HVAC, Elettricità, Tubazioni, Energia) il tipo e il raggruppamento nella scheda delle proprietà

dell'oggetto.

La scelta della disciplina modifica il menu a discesa del tipo, sostituendo i campi con quelli predefiniti del sistema relativamente alla scelta effettuata. Ad esempio scegliendo la disciplina “*Elettricità*” è possibile scegliere tra i campi corrente, potenziale elettrico, frequenza, ecc. che vengono di conseguenza trattati come tali dal software. Differentemente se il campo che si decide di inserire non risulta essere presente nella disciplina selezionata, va scelta disciplina comune e inserire la tipologia del parametro (testo, numero, lunghezza, etc.).

L'ultima scelta che è possibile effettuare riguarda l'applicazione del parametro all'istanza o al tipo, quindi se creare una proprietà comune a tutti gli oggetti oppure diversificata per ogni elemento.

La variabile così creato compare nella scheda relativa ai “*Tipi di famiglia*” precedentemente selezionata, e può essere compilata. Per il calcolo della potenza attiva e della potenza apparente sono state utilizzate delle formule così da rendere automatico il calcolo delle stesse.¹⁶

In questa fase sono stati creati i parametri utili per lo sviluppo dello script, nello specifico:

- Cavo;
- Corrente di impiego I_b .

Ognuno è stato compilato per “*Istanza*” e quindi diverso per ogni elemento (il parametro così definito, presenta accanto al nome scelto la dicitura (default)). Fatto questo, bisogna premere ok e successivamente “*carica nel progetto e chiudi*”. Lo script, nello specifico, si compone di diversi livelli. Il blocco iniziale, è preposto alla selezione delle famiglie, in questo caso la selezione è effettuata in maniera differente rispetto allo script precedente, ma è del tutto analoga. I blocchi *Family Type* sono collegati al *List Create* che li aggrega appunto in una lista. Il successivo collegamento al *All element of Family type* permette di ricavare tutte le istanze posizionate nel modello.

A differenza dello script al capitolo 5.4, qui non vi è la necessità di selezionare ad ogni ciclo il livello, ma le operazioni richieste vengono computate in automatico per tutti gli oggetti presenti nel modello e afferenti alle categorie selezionate.

Alla prima porzione di programma, creata per selezionare gli elementi su cui operare,

¹⁶Formule per il calcolo di potenza, Vedi (3.1) e (3.2)

si collegano tre gruppi distinti. Essi, tramite il blocco *Parameter.ParameterByName*, ricavano dalle proprietà dell'oggetto i valori di $\text{Cos}(\phi)$, Potenza e Distanza dal quadro di piano compilati in precedenza, convertono il dato in una stringa tramite il *String from Object* e lo trattano attraverso il blocco *String.Remove* in maniera tale da poter essere utilizzabile in un'espressione matematica.

Questo comando richiede come dati in ingresso, una stringa e due indici, il primo *Start Index* identifica la posizione da cui cominciare il troncamento, e il secondo *count* definisce la lunghezza del dato in uscita. Questa operazione si rende necessaria perchè, il dato letto attraverso il comando *Parameter.ParameterByName* risulta essere composto anche del nome del parametro stesso, che però come evidente non risulta funzionale al calcolo.

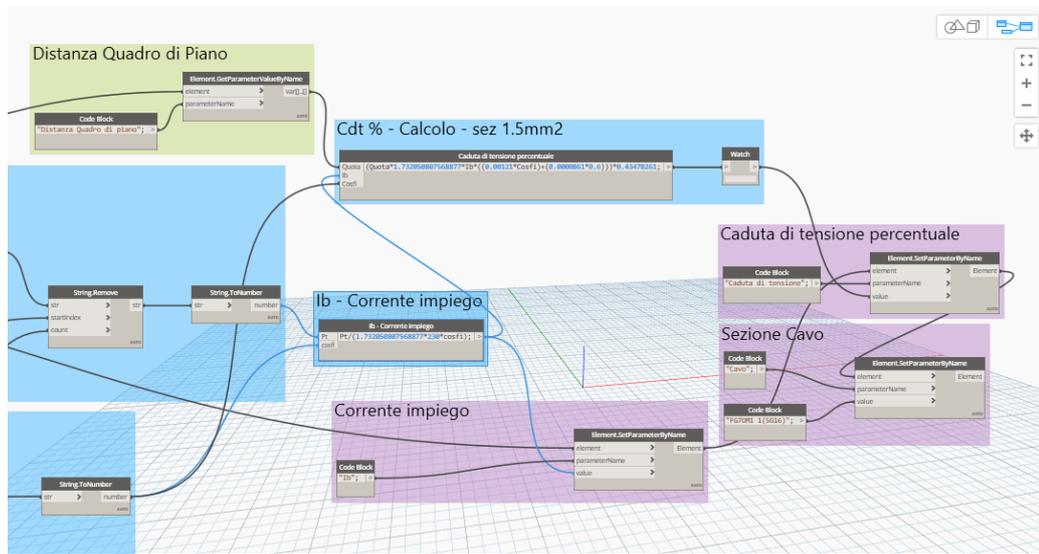


Figura 5.14: Script Caduta di tensione Blocco finale

I i valori di $\text{Cos}(\phi)$ e Potenza così ricavati entrano in un *Code Block* compilato come segue per ottenere il valore di I_b ¹⁷.

$$Pt / (1.732050807568877 * 230 * \text{cosfi})$$

Il comando *Code Block* è richiamabile in ogni occasione e semplicemente tramite un doppio click con il tasto sinistro del mouse sull' area di lavoro. Esso è decisamente

¹⁷Formula per il calcolo della corrente di impiego, Vedi (3.3)

versatile poiché si presta a un uso pressoché infinito. Può essere utilizzato come fonte per un input numerico o di testo, nel primo caso basta semplicemente scrivere il valore necessario e cliccare invio, nel secondo caso l'unica accortezza da seguire per fare riconoscere al programma la stringa di testo è racchiuderla tra virgolette ("").

Se viene compilata una stringa di testo senza virgolette, il *Code Block* creerà un ingresso al blocco stesso, che prenderà il nome fornito. In questo modo è possibile compiere delle semplici operazioni matematiche utilizzando nomi appropriati delle variabili.

Il valore calcolato di I_b , viene sia attribuito al campo relativo "*Corrente di Impiego*", attraverso il solito comando *Element.SetParameterByName*, sia utilizzato per il calcolo della caduta di tensione percentuale. Il calcolo della caduta di tensione¹⁸ si ottiene tramite un *Code Block* compilato come segue:

```
(L*1.732050807568877*Ib*((0.00121*Cosfi)+  
(0.0000861*0.6)))*0.43478261;
```

I valori di r e x (rispettivamente resistenza e reattanza chilometrica) sono stati ricavati dalle schede tecniche relative ai cavi utilizzati per il progetto, ne consegue che i valori di caduta di tensione percentuale sono esattamente quelli che possono essere rilevati realmente, al netto ovviamente di dovute approssimazioni e sensibilità degli strumenti utilizzati.

La formula, inoltre, è stata riferita in maniera tale da fornire il valore percentuale di caduta. Lo script si conclude con la compilazione dei campi "*Caduta di tensione* appena calcolato e "*Cavo*" che riporta la sigla del conduttore utilizzato per il collegamento.

5.6 | **Caduta di tensione e filtri**

La compilazione del dato relativo alla caduta di tensione, risulta essere importante per la verifica del corretto dimensionamento dell'impianto.

L'informazione, computata come espresso al paragrafo precedente, può essere ottenuta tramite il menu delle proprietà semplicemente selezionando un istanza

¹⁸Formula per il calcolo della caduta di tensione, Vedi (3.4)

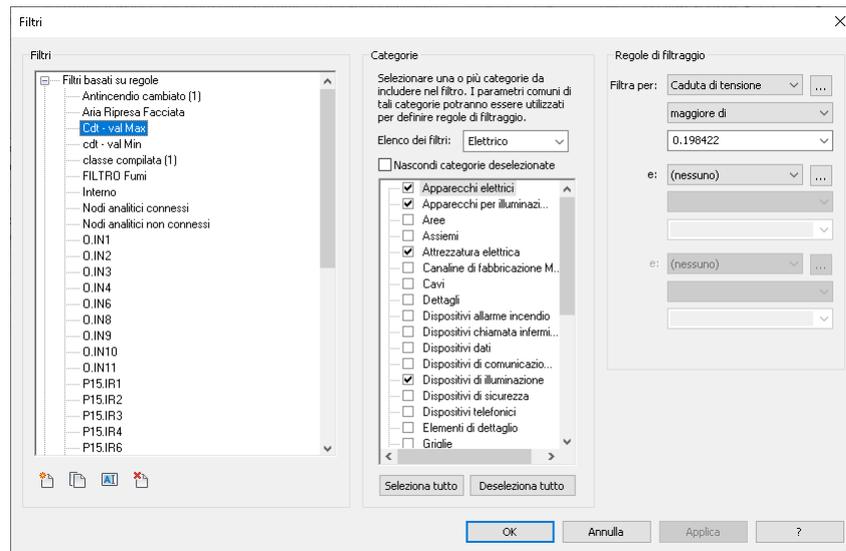


Figura 5.15: Filtro - *Cdt val max*

presente sul modello. I valori utilizzati e compilati mediante gli script sono raggruppati sotto il campo "*Elettrico*".

Al fine di creare una rappresentazione più evidente dei risultati ottenuti, si è scelto di valorizzarli tramite un filtro.¹⁹

Richiamando il comando *Filtri*, sono stati creati due nuovi parametri "*cdt - val Max*" e "*cdt - val Min*", applicato a tutte le categorie create. Nel campo "*Regole di Filtraggio*" si è selezionato il campo "*Caduta di Tensione*" filtrato per un valore maggiore di un indice. Il valore scelto in questa fase può essere sostituito con quello necessario alla verifica, e può essere differenziato anche rispetto alle famiglie specificando la scelta tramite i campi sottostanti.

Selezionando il filtro, dalla scheda "*Vista*" è possibile attribuire un colore differente ai due parametri creati, nel caso in esame è stato scelto un colore rosso per evidenziare gli elementi con un valore di caduta di tensione superiore al valore scelto e verde per le restanti istanze. Il risultato è una vista interattiva che permette con un singolo colpo d'occhio l'individuazione delle criticità del modello creato.

Utilizzando la stessa filosofia è possibile creare dei filtri anche per valutare velocemente un possibile sovradimensionamento del quadro di piano. Utilizzando un'altra voce di filtro e selezionando come "*Regole di Filtraggio*" il valore di "*Totale*

¹⁹Vedi Paragrafo 4.9

collegato" è possibile impostare un valore oltre il quale il quadro assume un colore differente. In questo caso è stato scelto di filtrare il nome della Famiglia in maniera tale da evitare sovrapposizioni con il filtro esplicitato poco sopra.

Questo strumento permette ancora una volta di evidenziare come il software utilizzato, sotto opportune modifiche può essere piegato alle esigenze di progettazione di un impianto elettrico. Sono molteplici le possibilità che infatti possono essere implementate attraverso l'utilizzo combinato di script e funzioni a disposizione.

Il programma Dynamo[®], ad esempio, non presenta una console di debug che

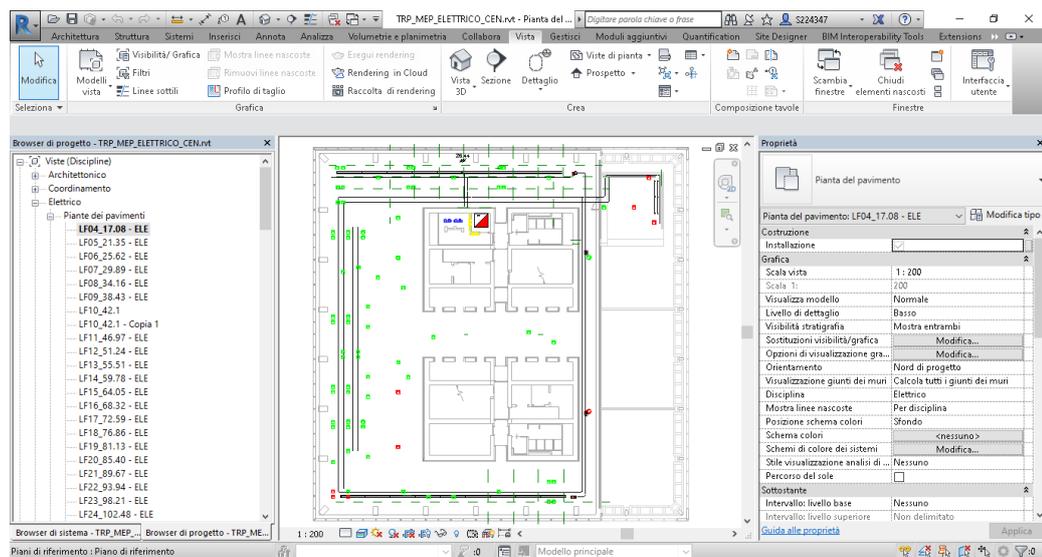


Figura 5.16: Ambiente di lavoro Revit[®] - Livello 4 Torre della Regione Vista Filtrata

permetta di valutare la correttezza dei passaggi seguiti. In alcuni casi, può anche accadere che il codice sia correttamente compilato ma il risultato non sia quello atteso.

L'utilizzo di un filtro, permette di evidenziare direttamente sul modello le criticità così da consentire un più efficace intervento sul codice. Questo strumento, assieme all'utilizzo degli abachi, consente in sostanza anche di porre maggiore risalto alle proprietà degli oggetti modellati.

RISULTATI

In conclusione, i risultati attesi dal lavoro di tesi prevedevano la realizzazione del modello completo dell'impianto elettrico e la sua rappresentazione secondo la metodologia **BIM** così come richiesto dalla committenza, la Regione Piemonte.

Il modello federato, unito cioè al modello generato nelle altre discipline, diventa la trasposizione virtuale dell'opera, assume il ruolo di formidabile banca dati, e ancora oltre assume un ruolo importantissimo con le nuove tecnologie. Si può, infatti, pensare di utilizzare un modello **BIM** generato su Revit® o simili, per produrre una rappresentazione virtuale fruibile attraverso la realtà aumentata. Questa opportunità apre, nella pratica, a un'infinità di applicazioni se si pensa alla possibilità di fornire dei visori alla squadra dei manutentori al fine di rendere più semplice e immediato il riconoscimento del punto di intervento.

Il modello diventa, dunque, una sinossi indispensabile per una rapida consultazione della memoria storica dell'edificio, delle scelte progettuali intraprese e per il riconoscimento di ogni singolo componente utilizzato che in questo modo viene univocamente identificato e facilmente riferito al sistema cui fa capo. Questo si traduce in un evidente risparmio economico, grazie al sensibile abbattimento dei tempi di intervento e ad una maggiore efficienza grazie ad un approccio meno invasivo.

Ogni oggetto, inoltre, può raccogliere informazioni relative a data di installazione, data ultima verifica o anche tutti i dati funzionali al suo regime di utilizzo, così da rendere semplice ed efficace la pianificazione manutentiva.

Il modello, ancora una volta, rappresenta l'esatta copia della realtà fisica costruita, motivo per cui può essere utilizzato per generare efficienti modelli di calcolo, ad esempio, per la valutazione dell'efficienza energetica della struttura, oppure per valutare il comportamento al variare dei parametri o alla sostituzione delle apparecchiature (pompe di calore, boiler, ecc.).

Il disegno tridimensionale degli impianti, inoltre, aiuta a minimizzare quei conflitti,

errori e dimenticanze tipici dell'utilizzo del solo disegno bidimensionale. L'individuazione delle interferenze effettuata mediante il **BIM** può aiutare a ridurre gli errori in fase costruttiva e a contenere gli sprechi di risorse derivanti dalla necessità di dover agire nuovamente su parte del lavoro già svolto.

Il disegno tridimensionale se da un lato offre evidenti vantaggi alla progettazione, dall'altro ne costituisce solo parte del processo, soprattutto nel caso degli impianti elettrici dove, dopo aver definito le caratteristiche elettriche e la disposizione delle apparecchiature, è necessario analizzare il percorso dei cavi, le caratteristiche ambientali e di posa, nonché i rischi specifici (incendio, esplosione). Queste informazioni risultano essere fondamentali per il progettista elettrico che, tramite le quali, dovrà ricavare i coefficienti specifici per il dimensionamento dei cavi e per la successiva scelta delle apparecchiature elettriche di protezione.

A seguito di questo pre-dimensionamento, il professionista dovrà valutare le caratteristiche dei supporti, delle passerelle e dei condotti per il passaggio dei cavi, ovviamente, tenendo sotto controllo i costi. Tradizionalmente tutta questa attività, come anche i calcoli vengono eseguiti mediante software che non sono integrati nel processo BIM, impedendo così di fatto l'utilizzo delle potenzialità di digitalizzazione dello stesso.

Il vantaggio di maggior rilievo attribuibile all'utilizzo della metodologia **BIM**, per il caso studio in oggetto, rimane quella di essere un archivio completo sempre disponibile e suscettibile di modifiche e integrazioni, assommando in un unico ambiente condiviso centinaia di documenti altrimenti separati.

Nell'introduzione si è accennato ai vantaggi derivanti dalla disponibilità, per ciascun componente installato, delle rispettive caratteristiche tecniche. È utile ancora una volta evidenziare come la presenza di queste informazioni consente una più agevole manutenzione dell'edificio e degli impianti. A titolo di esempio, si consideri la necessità di sostituire un componente elettrico guasto oppure obsoleto in un impianto ancora perfettamente funzionante. Il manutentore, attraverso il modello realizzato con il processo **BIM**, potrà avere immediata accessibilità alle informazioni necessarie. Questo si traduce in un'evidente rapidità di intervento, permettendo la sostituzione del componente con uno nuovo che abbia caratteristiche medesime o equivalenti, riducendo temporalmente il disservizio e annullando la necessità di cercare informazioni in cataloghi cartacei datati e di non sempre facile reperibilità. L'esempio appena fornito, però crea l'occasione per un altro importante spunto di riflessione. Nel caso in cui la sostituzione non avvenisse con un componente esattamente equivalente a quello originale, per ragioni derivanti da motivazioni

economiche, di reperibilità del prodotto magari dovute alla sua obsolescenza o nel caso in cui si intendesse semplicemente cogliere l'occasione per effettuare una miglioria dell'impianto, sarebbe necessario verificare se il sistema di distribuzione esistente, le protezioni elettriche, e in sintesi tutto l'impianto elettrico o una sua parte, continuasse a rimanere valido successivamente all'intervento.

Caso simile al precedente si verifica quando nel corso degli anni vengono effettuate più modifiche all'impianto esistente. Esse prese singolarmente non hanno richiesto un suo adeguamento, ma nel tempo lo hanno reso sostanzialmente diverso rispetto a quello originale. Pertanto, si rende evidente come sia necessario che le variazioni effettuate vengano riportate su un modello condiviso affinché il progettista elettrico ne possa prendere visione e procedere a un nuovo calcolo di verifica.

Considerando l'eventualità che fosse necessario provvedere alla posa di nuovi cavi, il progettista elettrico dovrà analizzare gli spazi disponibili nei condotti o sulle passerelle già presenti, verificarne l'impatto sul peso, e prevedere, ove necessario, nuove soluzioni nel caso non siano disponibili vie adatte alla posa. Le varianti così suggerite dovranno essere comunicate al responsabile della manutenzione così da prevederne l'attuazione. Allora diventa sostanzialmente evidente come l'utilizzo di un software condiviso e sincronizzato tra le figure impegnate renda estremamente più rapido e meno oneroso l'intervento e la verifica, rispetto alla necessità di dover ricostruire o modificare uno schema unifilare sviluppato anni prima, e in alcuni casi, da parte di un altro tecnico.

Per sfruttare a pieno i vantaggi dell'approccio con metodologia **BIM**, è necessario che il software di calcolo elettrico sia in grado di importare e gestire un modello dell'edificio, realizzato secondo lo standard **IFC**, che ne consente l'utilizzo indipendente dalla piattaforma usata per la creazione del modello, con la possibilità di sovrapporre più file in modo tale da mettere in luce le modifiche apportate e le varianti proposte.

Bisogna ricordare che il **BIM** è ancora poco utilizzato nel settore elettrico. La ragione è probabilmente legata al fatto che molte attività come, ad esempio, quelle legate all'analisi dei carichi, al dimensionamento e allo studio della posa dei cavi vengono svolte al di fuori dello sviluppo del modello digitale.

Per superare questo stato di cose e incrementare il livello di digitalizzazione del settore, è sicuramente utile l'impegno della normativa italiana ma è anche necessario disporre di strumenti software che consentano di trasformare le necessità in vantaggi.

La condizione ottimale sarebbe quella di utilizzare dei programmi specifici per

ciascuna disciplina integrandoli tutti nel processo **BIM**, al fine di prelevare informazioni utili dal modello, utilizzarle per effettuare i calcoli necessari alla progettazione e/o alla verifica dell'impianto, e restituire i risultati a seguito dell'elaborazione nell'ambiente condiviso.

Sfruttando queste caratteristiche, i professionisti devono essere in grado di poter tradurre l'idea di impianto in un ambiente semplice e adatto a svilupparlo con completezza in ogni sua parte.

Differentemente dal lavoro svolto e nell'ottica di una progettazione, i componenti dell'impianto come i carichi, i generatori, i trasformatori e i quadri elettrici, possono essere inizialmente rappresentati nel modello mediante oggetti generici, e successivamente esportati per essere completati su software specifici e tecnici grazie al già citato standard **IFC**. Esistono software che permettono in questo senso di utilizzare i risultati precedentemente descritti e di stabilire i collegamenti tra le apparecchiature in accordo con i percorsi possibili e le modalità di installazione, ricavare le lunghezze esatte dei cavi per dimensionare e ottimizzare l'impianto. Possono, anche, essere effettuate molte simulazioni per confrontare i possibili scenari di diversi percorsi e valutare possibili interferenze.

Bisogna ancora una volta sottolineare l'assoluta importanza del coordinamento tra le figure professionali impegnate sul progetto, che in questo modo risultano essere costantemente aggiornate su eventuali modifiche, rendendo più efficace lo sforzo congiunto e abbattendo sensibilmente i tempi di progettazione.

Il lavoro di tesi svolto, si inserisce in questo contesto al fine di mettere in luce i vantaggi e i punti di forza del software utilizzato ed evidenziare possibili future applicazioni. Gli strumenti forniti e analizzati risultano essere adattabili alle esigenze del progettista. Fondamentale in questa ottica è stata la programmazione visuale, che ha sopperito alle mancanze tecniche del programma permettendo di creare comandi e calcoli "*ad hoc*" che altrimenti, con i metodi tradizionali, sarebbero effettuabili solamente attraverso software esterni.

La disciplina elettrica, in conclusione, risulta essere il cardine principale rispetto al quale si sviluppano tutte le altre. Essa è funzionale allo sfruttamento e alla fruizione degli spazi di un edificio, e come tale risulta costantemente connessa e dipendente dalle scelte effettuate dagli altri professionisti. Motivo per cui il ciclo di informazioni, permesso dalla metodologia e dal software preso in considerazione, è la chiave per il suo successo e la ragione per cui dovrebbe essere maggiormente adottata e utilizzata in un prossimo futuro.

CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

In conclusione il presente documento intendeva analizzare nel dettaglio l'approccio impiantistico in ambiente **BIM**, mettendo in evidenza le potenzialità, i vantaggi e gli aspetti da implementare.

Sono stati evidenziati quelli che sono i principali punti di forza degli approcci adottati e le criticità riscontrate nel flusso di lavoro svolto.

L'adozione della metodologia si traduce in definitiva nella possibilità di:

- Creare di un sistema tridimensionale complesso tramite una rappresentazione fedele della realtà;
- Creare una banca dati costantemente aggiornata e facilmente accessibile;
- Valutare l'entità dei carichi;
- Analizzare i conflitti, valutare ingombri e le relazioni tra i sistemi;
- Gestire il ciclo di vita di un edificio in ogni sua fase;
- Pianificare interventi e valutarne l'impatto;
- Ottenere facilmente elaborati di progetto e computi;

L'integrità del processo in qualsiasi sua fase (progettazione, costruzione, manutenzione, etc.) viene mantenuta in un ambiente multidisciplinare in cui la gestione di modifiche e varianti avviene in maniera lineare e condivisa.

Il professionista non perde mai la visione di insieme e collabora attivamente alla risoluzione dei conflitti tra le discipline. Questo si traduce in una effettiva ottimizzazione dei tempi e delle risorse in un ambiente semplice e per certi versi intuitivo, senza che questo, però, comprometta la qualità degli elaborati finiti.

I dati, nel modello informativo, sono strutturati in maniera tale da essere tecnicamente coerenti, vengono elaborati e relazionati elettronicamente e resi disponibili

alla lettura da più soggetti, rendendo possibile un miglior controllo, gestione e trasferimento delle informazioni.

L'aspetto di maggior interesse analizzato, però, riguarda il livello di maturità che ad oggi la progettazione **BIM** ha raggiunto nel mondo degli impianti.

Il vero punto di forza del modello sono le famiglie, cioè oggetti che hanno contenuti informativi strutturati e parametrizzati, tali da caratterizzare l'elemento dal punto di vista fisico e prestazionale.

Ad oggi, purtroppo, gli oggetti che i produttori mettono a disposizione sono definiti solo dal punto di vista geometrico e molto raramente contengono tutte le informazioni necessarie e funzionali.

Inoltre, l'analisi del programma utilizzato ha resa evidente la carenza di strumenti utili e necessari al corretto dimensionamento degli elementi impiantistici di cui si compone un sistema elettrico.

La ricerca di soluzioni alternative per ottenere dei risultati che il software non prevede ha, infatti, fornito la base per uno studio più attento delle reali potenzialità del programma e l'analisi di una possibile integrazione tramite i mezzi già presenti.

La metodologia **BIM** si discosta sostanzialmente dalle tecnologie di progettazione utilizzate fino ad oggi, sia per quanto riguarda la logica di svolgimento operativo che per i risultati ottenuti. Purtroppo il software analizzato, pur presentando notevoli margini di miglioramento, non risulta essere all'altezza di una progettazione completa e integrata. Si rende, dunque, necessario un ulteriore sforzo in termini di maggiori strumenti a disposizione e più ampie librerie di oggetti al fine di rendere la metodologia e il software analizzato il naturale ambiente da utilizzare.

RINGRAZIAMENTI

I doverosi ringraziamenti vanno alle figure professionali dei relatori che tramite la loro esperienza, la loro disponibilità e i loro consigli hanno permesso la creazione di questo documento. Assieme ad essi è doveroso per me dimostrare la dovuta gratitudine al collega e amico Andrea con cui ho condiviso i mesi appena trascorsi e il cui aiuto è stato fondamentale.

Una sottile linea rossa ha segnato il mio cammino fino a questo giorno. Ripenso ancora quando, durante gli anni delle scuole medie, la professoressa di matematica mi disse un Vendittiano "*La matematica non sarà mai il tuo mestiere*".

La voglia di smentirla e la presenza di altri insegnanti incontrati nel corso degli anni mi hanno invece spinto proprio nella direzione che il *destino* sembrava avermi precluso.

La strada è stata lunga e di sicuro non semplice. Il punto a cui sono arrivato non è di sicuro solo merito del mio impegno e forza di volontà, ma merito dell'esempio e degli insegnamenti di mio padre e mia madre, dell'affetto di mia sorella e di mio fratello, della vicinanza di una famiglia che mi ha sostenuto in ogni momento. Assieme a loro un numero sempre crescente di amici, vecchi e nuovi, con cui ho condiviso i momenti più spensierati.

Ma sento di dover spendere un pensiero anche per le persone che hanno percorso assieme a me un pezzo della strada che mi ha portato fin qui, che mi hanno tenuto per mano e l'hanno lasciata troppo presto, come i miei nonni che ricordo con estremo affetto, e mi piace immaginare oggi contenti dei risultati ottenuti. In buona sostanza un ringraziamento va a tutti coloro che in un modo o nell'altro mi hanno portato a essere la persona che sono oggi.

L'abbraccio più affettuoso lo riservo alla mia *Anna*, che mi ha sostenuto, spinto e motivato e io ho ripagato con la reiterata tortura della lettura dei miei scritti.

Dagli insegnamenti del *conte di Montecristo* ho tratto che a volte servono anni per ottenere alcune soddisfazioni, dunque oggi il mio pensiero va naturalmente a

quella famosa professoressa, a cui quel filo rosso mi ha legato e che mi ha consentito di rivalutare i miei limiti, ma soprattutto tutti coloro i quali ho reso con questo traguardo un briciolo più felici e orgogliosi.

APPENDICE A - DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SOPRALLUOGHI

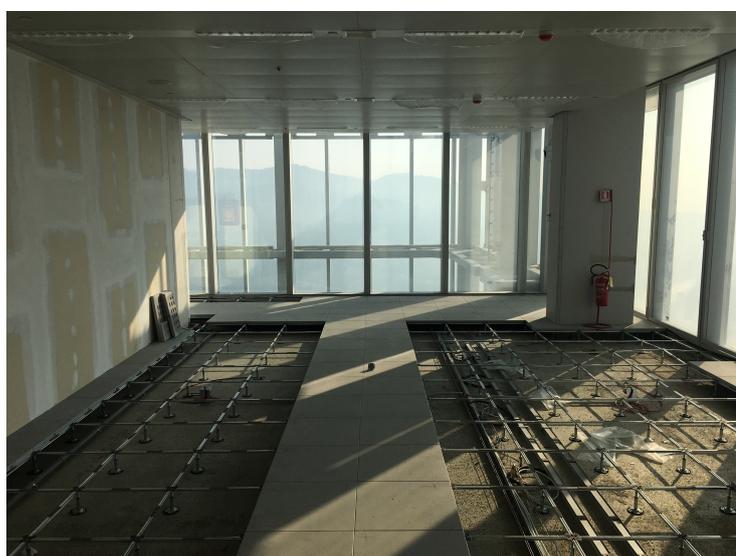


Figura A.1: Avanzamento dei lavori piano 35, Pavimento flottante e posa delle blindsbarre

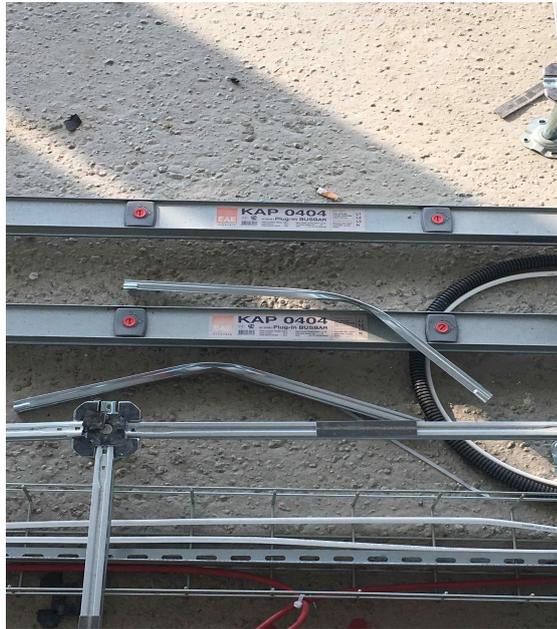


Figura A.2: Dettaglio blindsbarre



Figura A.3: Avanzamento dei lavori Piano 15 - vista lato Ovest



Figura A.4: Avanzamento dei lavori Piano 15 - vista lato Est Grande vuoto



Figura A.5: Quadro Elettrico QE.T.P15.01 (O) Piano 15 - Locale tecnico



Figura A.6: Quadro Elettrico QE.T.P15.01 (PO/P15) Piano 15 - Locale tecnico

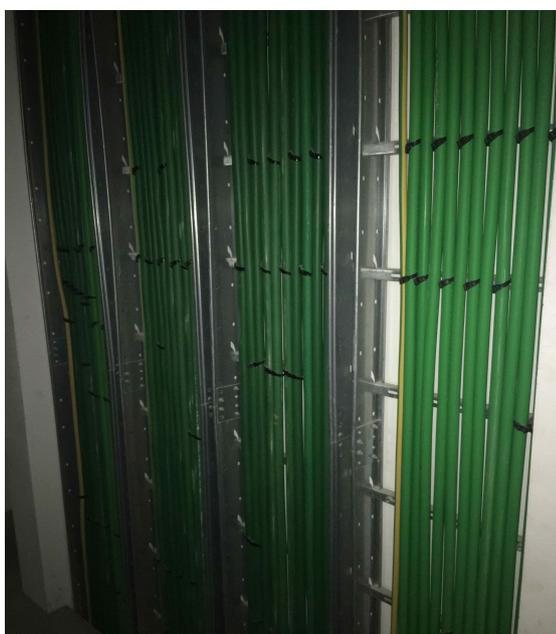


Figura A.7: Dettaglio salita conduttori da quadro QGBT1 (O) Piano 15 - Locale tecnico



Figura A.8: Rack Dati/Fonia Piano 15 - Locale tecnico



Figura A.9: Dettaglio Passerella controsoffitto Piano 23

APPENDICE B - CODICI DI PROGRAMMA

Codice B.1: Python Script - Codici Padre

```
1 # Abilita supporto Python e carica libreria DesignScript
2 import clr
3 import sys
4 clr.AddReference('ProtoGeometry')
5 from Autodesk.DesignScript.Geometry import *
6
7 Quadri_list=IN[0]
8 Quadro_nom=IN[1]
9 monte=IN[2]
10 lista=[]
11
12 # Posizionare il codice sotto questa riga
13
14 for i in range(len(monte)):
15     for j in range(len(Quadro_nom)):
16         if monte[i]==Quadro_nom[j]:
17             lista.append(Quadri_list[j])
18
19 # Assegnare l'output dell'utente alla variabile OUT.
20 OUT = lista
```

Codice B.2: Python Script - Distanza Quadro

```
1 # Abilita supporto Python e carica libreria DesignScript
2 import sys
3 import clr
4 clr.AddReference('ProtoGeometry')
5 from Autodesk.DesignScript.Geometry import *
6
7 xquadro=IN[0]
8 yquadro=IN[1]
9 xogg=IN[2]
10 yogg=IN[3]
11
12 distance=[]
13
14 # Posizionare il codice sotto questa riga
15
16 assert(len(xogg)==len(yogg))
17 for i in range(len(xogg)):
18     d=((xquadro[0]-xogg[i])**2+(yquadro[0]-yogg[i])**2)**0.5
19     distance.append(d)
20
21 # Assegnare l'output dell'utente alla variabile OUT.
22
23 OUT=distance
24
```

APPENDICE C - PARAMETRI DI PROGETTO

Tabella C.1: Tabella Parametri di Progetto

Nome	Unità di misura	Tipo	Descrizione
Carico Apparente	[VA]	Numero	<i>Valore Potenza Apparente</i>
Corrente Nominale	[A]	Numero	<i>Valore Corrente Nominale</i>
Classificazione carico		Testo	<i>Classificazione del carico Revit®</i>
Tensione Nominale	[V]	Numero	<i>Valore Tensione Nominale</i>
Dist1 (default)	[m]	Numero	<i>Distanza dal connettore testata al primo connettore</i>
Lunghezza (default)	[m]	Numero	<i>Lunghezza blindosbarra</i>
Dist2 (default)	[m]	Numero	<i>Interdistanza Connettori</i>
Corrente nominale ammissibile di breve durata trifase (0,1s) (I_{cw})	[A]	Numero	<i>Valore Corrente Nominale ammissibile</i>
Corrente nominale ammissibile di picco trifase (I_{pk})	[A]	Numero	<i>Valore Corrente Nominale di picco</i>

Continua nella prossima pagina

Continua dalla pagina precedente

Nome	Unità di misura	Tipo	Descrizione
Frequenza	[Hz]	Numero	<i>Valore Frequenza di Alimentazione</i>
Grado di Protezione	[IPXX]	Testo	<i>Grado di protezione da liquidi e corpi solidi</i>
Impedenze di sequenza positiva e negativa a T conduttore 20 °C, a In (Z₍₂₀₎)	[Ω]	Numero	<i>Valore Resistenza</i>
L1,L2,L3,N (sez.)	[mm ²]	Numero	<i>Sezione conduttori</i>
Norme		Testo	<i>Sigla Normative</i>
PE (per 5 conduttori) (sez.)	[mm ²]	Numero	<i>Sezione conduttori</i>
Perdite nominali a 35 °C	[W/m]	Numero	<i>Valore Perdite</i>
Peso	[kg/m]	Numero	<i>Peso Blindosbarre</i>
Reattanza (X)	[Ω]	Numero	<i>Valore Reattanza</i>
Resistenza (R)	[Ω]	Numero	<i>Valore Resistenza</i>
Resistenza DC con T conduttore 20 °C per il conduttore di terra (R_{pe})	[Ω]	Numero	<i>Valore Resistenza</i>
Resistenza DC con T conduttore 20 °C per il neutro (R_n)	[Ω]	Numero	<i>Valore Resistenza</i>

Continua nella prossima pagina

Continua dalla pagina precedente

Nome	Unità di misura	Tipo	Descrizione
Resistenza DC con T conduttore 20 °C per le fasi (R/ortPh)	[Ω]	Numero	<i>Valore Resistenza</i>
Resistenza a T conduttore 20 °C, a In (R₂₀)	[Ω]	Numero	<i>Valore Resistenza</i>
Sezione conduttore di protezione in ferro (sez.)	[mm ²]	Numero	<i>Sezione conduttori</i>
Sezione conduttore di protezione in ferro (Equivalente in rame) (sez.)	[mm ²]	Numero	<i>Sezione conduttori</i>
Tensione nominale di isolamento	[V]	Numero	<i>Valore Tensione nominale</i>
impedenza (Z)	[Ω]	Numero	<i>Valore Impedenza calcolato</i>
Num (default)		Numero	<i>Numero Connettori blindo-sbarra</i>
met_lun	[m]	Numero	<i>Parametro dimensioni simbolo</i>
met_lar	[m]	Numero	<i>Parametro dimensioni simbolo</i>
Larghezza quadro elettrico	[m]	Numero	<i>Parametro dimensioni quadro</i>
Lunghezza quadro elettrico	[m]	Numero	<i>Parametro dimensioni quadro</i>

Continua nella prossima pagina

Continua dalla pagina precedente

Nome	Unità di misura	Tipo	Descrizione
Piano		Numero	<i>Livello di riferimento oggetto</i>
Distanza Quadro di piano		Numero	<i>Distanza oggetto quadro</i>
Codice Padre Elettrico		Testo	<i>Identificativo elemento di riferimento</i>
Corrente di Impiego (I_b)	[A]	Numero	<i>Corrente di impiego calcolata</i>
Caduta di tensione (ΔV)	[V]	Numero	<i>Caduta di tensione percentuale calcolata</i>
Cavo		Testo	<i>Sigla del cavo utilizzato</i>
Progetto		Testo	<i>Parametri condivisi, sigla Progetto</i>
Edificio		Testo	<i>Parametri condivisi, sigla Edificio</i>
Classi di Unità tecnologiche		Testo	<i>Parametri condivisi, codice da Norma UNI</i>
Classi di Elementi Tecnici		Testo	<i>Parametri condivisi, codice da Norma UNI</i>
Codifiche Masterformat		Testo	<i>Parametri condivisi, codice da Norma UNI</i>
Titolo Masterformat		Testo	<i>Parametri condivisi, codice da Norma UNI</i>

Continua nella prossima pagina

Continua dalla pagina precedente

Nome	Unità di misura	Tipo	Descrizione
Codice Categoria		Testo	<i>Parametri condivisi, codice categoria</i>
Identificativo		Testo	<i>Parametri condivisi, codice univoco e identificativo</i>
Codice Esistente		Testo	<i>Parametri condivisi, codice esistente da planimetrie di progetto</i>
Affidabilità		Intero	<i>Parametri condivisi, numero che indica l'affidabilità del dato compilato</i>
Codice famiglia		Testo	<i>Parametri condivisi, codice della famiglia</i>
Sottodisciplina		Testo	<i>Parametri condivisi, codice della sottodisciplina</i>

Si conclude dalla pagina precedente

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- [1] *Bim-building-information-modeling*. URL: http://biblus.acca.it/wp-content/uploads/2017/02/grafico_IFC-e1486640213255.jpg. Consultato il 10 Novembre 2019 (cit. a p. 2).
- [2] *Bim-caratteristiche*. URL: <http://biblus.acca.it/wp-content/uploads/2017/02/Bim-caratteristiche-e1486640982670.jpg>. Consultato il 10 Novembre 2019 (cit. a p. 3).
- [3] *model-and-animate-building-mep-hvac-system*. URL: https://fiverr-res.cloudinary.com/images/t_main1,q_auto,f_auto,q_auto,f_auto/gigs2/5301721/original/44b13872803daf0bd2479529892f5da3cf6129e8/model-and-animate-building-mep-hvac-system.jpg. Consultato il 10 Novembre 2019 (cit. a p. 6).
- [4] Fabrizio Ferraris. *Come gestire il LOD*. URL: <https://harpaceas.it/gestione-e-significato-dei-lod/>. Consultato il 20 Novembre 2019 (cit. a p. 7).
- [5] Alberto Pavan. *entità, oggetti, LOD*. URL: <https://www.assoacmi.it/wp-content/uploads/2017/07/UNI11337-Pavan.pdf>. Consultato il 10 Novembre 2019 (cit. alle pp. 7, 8).
- [6] *Distribuzione dell'energia elettrica*. URL: <http://www.progettogea.com/gea/energia/img/WE5.4.07.gif>. Consultato il 10 Novembre 2019 (cit. a p. 10).
- [7] COMITATO ELETTROTECNICO ITALIANO. «Norma CEI 64-8 per impianti elettrici». In: *Milano, CEI* (1998) (cit. alle pp. 11, 22).
- [8] Ministero dello Sviluppo Economico. «Risposta del Ministero dello Sviluppo Economico ai quesiti Assistal – Parere del 23 aprile 2008». In: *Roma* (2008) (cit. a p. 13).

- [9] *art.6 DM 37/2008. Realizzazione ed installazione degli impianti.* DM. 2008 (cit. a p. 13).
- [10] *art.8 DM 37/2008. Obblighi del committente o del proprietario.* DM. 2008 (cit. a p. 14).
- [11] *art.5 comma 4 DM 37/2008. Progettazione degli impianti.* DM. 2008 (cit. a p. 15).
- [12] *art. 23 D.lgs. 50/2016 ss.mm.ii. Livelli della progettazione per gli appalti e per le concessioni di lavori nonché per i servizi.* D.lgs. 2016 (cit. alle pp. 15, 16).
- [13] *art. 31 comma 3 D.lgs. 50/2016 ss.mm.ii. Ruolo e funzioni del responsabile del procedimento negli appalti e nelle concessioni.* D.lgs. 2016 (cit. a p. 18).
- [14] Salvatore Sciacca. *Caduta di tensione.* URL: <https://www.drogbaster.it/caduta-di-tensione.htm>. Consultato il 8 Aprile 2020 (cit. a p. 26).
- [15] Zeno Martini. *Caduta di tensione massima.* URL: https://www.electroyou.it/vis_resource.php?section=DomRisp&id=814. Consultato il 8 Aprile 2020 (cit. a p. 26).
- [16] *i-project 6.1: progettazione integrata in un unico software.* URL: <https://elettricomagazine.it/wp-content/uploads/2018/10/iproject1-1024x546.png>. Consultato il 10 Novembre 2019 (cit. a p. 30).
- [17] Regione Piemonte. *Planimetria Torre della Regione Piemonte* (cit. alle pp. 38–40).
- [18] Simone Garagnani e Stefano Cinti Luciani. «Il modello parametrico in architettura: la tecnologia BIM di Autodesk Revit». In: *Disegnarecon* 4.7 (2011), pp. 20–29 (cit. a p. 43).
- [19] *Il BIM per la progettazione degli impianti elettrici.* URL: <http://bim.acca.it/il-bim-per-la-progettazione-degli-impianti-elettrici/>. Consultato il 15 Novembre 2019 (cit. a p. 53).
- [20] Charles M Eastman, Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks e Kathleen Liston. *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors.* John Wiley & Sons, 2011 (cit. a p. 85).

- [21] EAE Elektrik. *Scheda tecnica Blindosbarre KAP*. URL: https://www.eaeitalia.it/eae/wp-content/uploads/2017/09/E-Line_KAM-KAP_Italian_20-09-2016.pdf. Consultato il 09 Giugno 2020 (cit. a p. 108).