



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Elettrica
A.a. 2021/2022
Sessione di Laurea Ottobre 2022

Tesi di laurea Magistrale

Progettazione elettrica in BIM

Metodi ottimali per famiglie di componenti impiantistici

Relatore:

Prof. Ing. Paolo Di Leo

Correlatore:

Prof. Ing. Matteo Del Giudice

Candidato:

Simone Minsenti

Alla mia famiglia

Abstract

Il Building Information Modeling (BIM) è una metodologia con cui affrontare la progettazione, la costruzione e la gestione del ciclo di vita di un edificio.

Essa è il punto di incontro tra i diversi attori che partecipano a questo ciclo di vita e rappresenta intrinsecamente la vera sfida per tutti i partecipanti:

“come poter rappresentare una costruzione attraverso i dati”

Il dato oggi, nell'epoca dell'informazione, è il mezzo attraverso il quale viaggia l'informazione che si vuole trasmettere. Tale informazione, nell'ambito BIM, si trova generalmente insieme ad altre in un contenitore denominato “modello”.

Nel settore delle costruzioni e ancor di più nella disciplina MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing), l'informazione richiede una gestione efficiente e ottimale, al fine di potersi trasmettere in modo semplice e arrivare a destinazione integra e completa.

La metodologia BIM prevede una convergenza di informazioni e richiede quindi una gestione intelligente del sapere e delle conoscenze.

Una grande sfida per il progettista. Una grande sfida per il costruttore. Una grande sfida per il gestore. Una grande sfida per tutti.

INDICE

INDICE DELLE FIGURE	1
INTRODUZIONE	7
1 BUILDING INFORMATION MODELING	9
1.1 Introduzione al building information modeling.....	9
1.2 Strumenti per la gestione di un modello	13
1.3 Normativa per il bim.....	15
2 IMPIANTI ELETTRICI E BIM.....	23
2.1 Progettazione di impianti elettrici.....	23
2.2 Il modello del progettista elettrico	37
2.3 Analisi dei componenti offerti dai produttori	45
2.4 I componenti del progettista elettrico	49
3 FAMIGLIE PER GLI IMPIANTI ELETTRICI.....	55
3.1 Passerelle portacavi in BIM	55
3.2 Quadri elettrici in BIM	67
3.3 Apparecchi elettrici in BIM.....	71
3.4 Apparecchi per illuminazione in BIM	81
4 CIRCUITI ELETTRICI IN BIM.....	85
4.1 Circuiti e abachi dei quadri elettrici.....	85
4.2 Dynamo per i circuiti	89
5 APPLICAZIONE DEI RISULTATI AD UN CASO STUDIO.....	95
5.1 Caso studio: Polo Archivistico dell'Agencia delle Entrate	95
5.2 Preparazione alla progettazione in BIM.....	97
5.3 Progettazione della distribuzione	101
5.4 Progettazione dell'impianto di forza motrice.....	109
5.5 Progettazione dell'impianto di illuminazione.....	119
5.6 Quadri elettrici e circuiti.....	131
5.7 Specifiche tecniche dei componenti	147
6 CONCLUSIONI.....	149
6.1 Risultati e considerazioni	149
7 BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA.....	151
7.1 Bibliografia e sitografia	151

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.1: Lifecycle BIM	9
Figura 1.2: Le dimensioni del processo edilizio	11
Figura 1.3: Modello di maturità BIM proposto dal Regno Unito	14
Figura 1.4: Logo dell'Industry Foundation Classes	14
Figura 1.5: Schema applicativo degli Standard nel mondo	15
Figura 1.6: Normativa BIM a livello nazionale, europeo e mondiale	15
Figura 1.7: Principio dell'ACDat.....	16
Figura 1.8: Introduzione all'obbligo BIM tramite DM 560/2017	17
Figura 1.9: Livelli di maturità informativa.....	19
Figura 1.10: Livello di maturità ottimale	19
Figura 1.11: Processo informativo delle costruzioni e fasi di sviluppo ed esercizio	20
Figura 1.12: Schema di strutturazione dei LOD italiani.....	21
Figura 1.13: Esempio di LOD vie cavi impianto elettrico (passerella, canalina, tubazione).....	22
Figura 2.1: Documentazione relativa alle fasi progettuali secondo D.p.r 207/2010.....	26
Figura 2.2: Livelli di tensione in relazione alla potenza richiesta.....	28
Figura 2.3: Schematico di fornitura MT con due trasformatori.....	30
Figura 2.4: Schematico QGBT con congiuntore a valle dei trasformatori	31
Figura 2.5: Classificazione dei quadri elettrici per forma di segregazione	32
Figura 2.6: Tabella valori - Fattore di contemporaneità (Kc)	33
Figura 2.7: Tabella valori - Fattore di utilizzazione (Ku)	33
Figura 2.8: Tabella valori - Fattore prese elettriche (Kp).....	33
Figura 2.9: Esempio di modello BIM Strutturale	37
Figura 2.10: Esempio di modello BIM Architettonico	38
Figura 2.11: Esempio di modello BIM Meccanico.....	39
Figura 2.12: Esempio di modello BIM Elettrico.....	40
Figura 2.13: Esempio di interazione tra modelli BIM disciplinari tramite modello federato.....	40
Figura 2.14: Caratteristiche di scambio dei dati tra modelli disciplinari.....	41
Figura 2.15: Impostazioni elettriche gestibili all'interno del software Revit.....	42
Figura 2.16: Modello elettrico utilizzabile all'interno del software Revit	42
Figura 2.17: LOI e LOG.....	46
Figura 2.18: Chiave di lettura per l'analisi delle famiglie dei produttori	46
Figura 2.19: Analisi delle famiglie di produttori di quadri elettrici.....	47
Figura 2.20: Analisi delle famiglie di produttori di prese elettriche	47
Figura 2.21: Analisi delle famiglie di produttori di apparecchi di illuminazione.....	48

Figura 2.22: Analisi delle famiglie di produttori di componenti per impianti IRAI	48
Figura 2.23: Esempio di file di testo contenente i parametri condivisi	50
Figura 2.24: Classificazione delle categorie di componenti secondo il software Revit	52
Figura 3.1: Curvatura orizzontale passerella	57
Figura 3.2: Cirvatura interna verticale passerella	58
Figura 3.3: Curvatura esterna verticale passerella	58
Figura 3.4: Raccordo a "T" passerella.....	58
Figura 3.5: Raccordo a croce passerella	58
Figura 3.6. Transizione passerella.....	59
Figura 3.7: Unione passerella.....	59
Figura 3.8: Scheda dei tipi di famiglia di un raccordo di passerella.....	59
Figura 3.9: Vista in pianta della famiglia del raccordo di passerella.....	60
Figura 3.10: Dimensioni passerelle da impostazioni elettriche di progetto	60
Figura 3.11: Dimensioni passerella associate ai parametri.....	61
Figura 3.12: Angoli passerelle da impostazioni elettriche di progetto.....	61
Figura 3.13: Tabella per la relazione tra le larghezze delle passerelle e i loro raggi di curvatura	62
Figura 3.14: Schema codice-colori per l'identificazione del servizio di una via cavo	64
Figura 3.15: Abaco per l'identificazione delle informazioni utili di una passerella.....	65
Figura 3.16: Tabella del LOG di un quadro elettrico basato su un catalogo di produttore	67
Figura 3.17: Risultato della modellazione del quadro elettrico	68
Figura 3.18: Parametri di costruzione del quadro elettrico.....	68
Figura 3.19: Parametri di visualizzazione dello zoccolo e della porta	68
Figura 3.20: Parametri elettrici del quadro elettrico	68
Figura 3.21: Parametri relativi alle caratteristiche e tariffe del quadro elettrico	69
Figura 3.22: Parametri di visibilità per l'identificazione della sezione del quadro elettrico.....	69
Figura 3.23: Visualizzazione del quadro elettrico a livello Basso, Medio e Alto	69
Figura 3.24: Fronte quadro con interruttori nel modello BIM	70
Figura 3.25: Strumento di creazione dei simboli di annotazione all'interno del software Revit.....	72
Figura 3.26: Simbolo di una presa elettrica 16A da associare alla famiglia delle prese elettriche.	72
Figura 3.27: Modellazione di una cassetta portafrutti	73
Figura 3.28: Modellazione di un supporto porta frutti	73
Figura 3.29: Modellazione di una placca per cassette porta frutti	74
Figura 3.30: Esempio di modellazione della scatola elettrica tramite il software Revit	74
Figura 3.31: Esempio di frutto modellato tramite il software Revit	75
Figura 3.32: Risultato finale della modellazione della famiglia delle prese elettriche	76

Figura 3.33: Risultato finale della modellazione di un condotto sbarre	79
Figura 3.34: Simbolo di tipo testuale riportato sugli elementi rettilinei	79
Figura 3.35: Simbolo associato alla famiglia degli apparecchi di illuminazione con segnaletica.....	82
Figura 3.36: Risultati finali della modellazione di apparecchi di illuminazione di tipo ad incasso	82
Figura 3.37: Risultati finali della modellazione di app. di illuminazione di tipo a plafone	83
Figura 3.38: Risultati finali della modellazione di app. di illuminazione di tipo industriale e con pittogramma	83
Figura 3.39: Parametri relativi alla fotometria di un apparecchio di illuminazione	83
Figura 4.1: Parametri relativi al connettore elettrico di una generica famiglia monofase.....	85
Figura 4.2: Parametri visibili nel modello relativi ad una presa elettrica civile.....	86
Figura 4.3: Creazione di un abaco per quadro elettrico	86
Figura 4.4: Interfaccia del software di calcolo Integra	89
Figura 4.5: Esempio di tabella .xls esportata dal software di calcolo Integra	89
Figura 4.6: Script Dynamo per il caricamento di un file .xls.....	90
Figura 4.7: Script Dynamo per la lettura di una specifica riga di un file .xls.....	90
Figura 4.8: Script Dynamo per l'estrazione delle informazioni dalla riga selezionata del file .xls ...	91
Figura 4.9: Script Dynamo per l'estrazione del num. del circuito dalla riga selezionata del file .xls	92
Figura 4.10: Script Dynamo per la creazione del circuito	92
Figura 4.11: Script Dynamo per l'inserimento dei parametri elettrici nelle utenze	93
Figura 5.1: Percorso di massima della distribuzione principale a soffitto.....	101
Figura 5.2: Colori e retini indicanti il tipo e il servizio delle passerelle	102
Figura 5.3: Distribuzione a soffitto	103
Figura 5.4: Esempio di sezione per la distribuzione a soffitto	104
Figura 5.5: Modello Meccanico al piano terra dell'edificio Torre	104
Figura 5.6: Interfaccia Revit per il controllo interferenze.....	105
Figura 5.7: Impianto di distribuzione a soffitto e pavimento coordinato.....	105
Figura 5.8: Vista in pianta della distribuzione a soffitto con etichette senza quota	106
Figura 5.9: Vista in pianta della distribuzione a soffitto con etichette con quota	106
Figura 5.10: Legenda colori dei servizi per la messa in tavola.....	107
Figura 5.11: Legenda automatica per le passerelle	107
Figura 5.12: Esempio di simbolo con e senza colore applicato	109
Figura 5.13: Lettura della classificazione carico tramite etichette	110
Figura 5.14: Condotto sbarre a dettaglio Alto in pianta.....	110
Figura 5.15: Sezione con evidenziato il condotto sbarre	111
Figura 5.16: Posa del condotto sbarre e altezza del pavimento flottante	111
Figura 5.17: Condotto sbarre a dettaglio Basso in pianta	111

Figura 5.18: Schema di impianto di chiamata disabili stand-alone.....	112
Figura 5.19: Schema dei collegamenti dell'impianto di chiamata disabili stand-alone	112
Figura 5.20: Prospetto apparecchiature elettriche	113
Figura 5.21: Torretta a pavimento per postazione di lavoro	113
Figura 5.22: Vista 3D della famiglia della torretta a pavimento.....	114
Figura 5.23: Messa in tavola della pianta della forza motrice.....	115
Figura 5.24: Legenda automatica per i condotti sbarre	116
Figura 5.25: Legenda automatica per le prese civili	116
Figura 5.26: Legenda automatica per le torrette a pavimento.....	116
Figura 5.27: Legenda automatica per le cassette di derivazione	117
Figura 5.28: Tabella estratta dalla norma per le zone ad uso ufficio	119
Figura 5.29: Vista in pianta dell'ufficio tipo scelto per il calcolo illuminotecnico	120
Figura 5.30: Vista in pianta dell'ufficio tipo nel software di calcolo.....	120
Figura 5.31: Inserimento del vano nel modello BIM.....	121
Figura 5.32: Parametri del vano inserito	121
Figura 5.33: Parametro della quota del vano.....	121
Figura 5.34: Specifica tecnica dell'apparecchio di illuminazione scelto dal sito del produttore	122
Figura 5.35: Scheda tecnica dell'apparecchio di illuminazione visualizzata sul software di calcolo.....	122
Figura 5.36: Inserimento della fotometria nella famiglia.....	123
Figura 5.37: Parametri illuminotecnici della famiglia.....	123
Figura 5.38: Coefficienti di riflessione del vano	123
Figura 5.39: Parametro RCR del vano	124
Figura 5.40: Tabella per il calcolo del fattore di utilizzazione di un apparecchio di illuminazione	124
Figura 5.41: Singolo apparecchio di illuminazione nell'ufficio oggetto di calcolo	125
Figura 5.42: Coefficiente di utilizzo come parametro di istanza per il singolo apparecchio di illuminazione	125
Figura 5.43: Tabella per il calcolo del fattore di manutenzione dell'apparecchio di illuminazione	125
Figura 5.44: Parametro del fattore di manutenzione del singolo apparecchio di illuminazione	126
Figura 5.45: Risultati ottenuti tramite software di calcolo illuminotecnico.....	127
Figura 5.46: Sezione di un ufficio con apparecchi di illuminazione su piano di riferimento.....	129
Figura 5.47: Apparecchi di illuminazione di un ufficio a dettaglio Alto	129
Figura 5.48: Apparecchi di illuminazione di un ufficio a dettaglio Basso.....	129
Figura 5.49: Vista in pianta dell'impianto di illuminazione al piano terra	130
Figura 5.50: Schematico della distribuzione elettrica del complesso	131
Figura 5.51: Fronte quadro ottenuto tramite software di calcolo	133
Figura 5.52: Quadro elettrico modellato secondo il fronte ottenuto dai calcoli.....	134

Figura 5.53: Quadro elettrico con dimensioni dei singoli componenti	134
Figura 5.54: Apparecchi di illuminazione facenti parte del circuito numero 18	136
Figura 5.55: Abaco del quadro elettrico QT_PT-N.....	136
Figura 5.56: Parametri elettrici circuitali relativi ad un apparecchio di illuminazione	138
Figura 5.57: Parametri elettrici di una singola presa di servizio non effettivi	139
Figura 5.58: Abaco delle utenze elettriche	140
Figura 5.59: Singola presa di servizio a dettaglio basso.....	140
Figura 5.60: Parametri elettrici di una singola presa di servizio effettivi.....	141
Figura 5.61: Schema metodologico di creazione dei circuiti in BIM.....	141
Figura 5.62: Collegamento delle torrette al condotto sbarre.....	142
Figura 5.63: Abaco di una testata di alimentazione di un condotto sbarre	143
Figura 5.64: Suddivisione delle correnti di fase sul condotto sbarre.....	143
Figura 5.65: Collegamento del condotto sbarre al quadro elettrico	143
Figura 5.66: Parametri circuitali delle torrette sul condotto sbarre.....	144
Figura 5.67: Parametri circuitali del condotto sbarre sul quadro	144
Figura 5.68: Vista in pianta dell'impianto di illuminazione con circuiti a dettaglio Alto	145
Figura 5.69: Vista in pianta dell'impianto di illuminazione con circuiti a dettaglio Basso.....	145
Figura 5.70: Vista in pianta dell'impianto di forza motrice con circuiti a dettaglio Basso	146
Figura 5.71: Esempio di classificazione delle specifiche	147
Figura 5.72: Parametro per il collegamento con il file relativo alla specifica tecnica del quadro elettrico	147
Figura 5.73: Specifica tecnica richiamata all'interno del modello in formato .xls	148

INTRODUZIONE

Il presente elaborato si pone l'obiettivo di analizzare le criticità relative agli impianti elettrici durante la progettazione tramite la metodologia BIM.

In particolare, si vogliono individuare le problematiche delle famiglie di componenti elettrici, l'organizzazione della progettazione in ambiente BIM, i circuiti elettrici e le informazioni che essi trasmettono al modello BIM.

Le problematiche verranno risolte applicando i concetti impiantistici ed elettrotecnici e usufruendo degli strumenti che permettono di interfacciarsi con il modello BIM.

Scopo dell'elaborato è anche quello di fornire una guida pratica al progettista, così da fornire a quest'ultimo uno "standard" per affrontare la progettazione attraverso il metodo BIM.

I risultati ottenuti verranno applicati ad un caso studio:

Polo archivistico interregionale dell'Agenzia delle Entrate Emilia-Romagna e nuova sede dell'Ufficio Territoriale Bologna 2

1 BUILDING INFORMATION MODELING

1.1 INTRODUZIONE AL BUILDING INFORMATION MODELING

Il Building Information Modeling (BIM) è un metodo di lavoro e management nell'ambito delle costruzioni, oramai diffuso da alcuni anni, ma in continua evoluzione.

Le tre parole che compongono l'acronimo descrivono perfettamente quella che è la missione di ogni soggetto che si trova all'interno del mondo BIM:

“Progettare e gestire modelli digitali relativi a costruzioni, i quali contengono le informazioni stesse della costruzione e del suo ciclo di vita, all'interno di un unico ambiente virtuale”

Le fasi del processo edilizio possono essere numerose e soprattutto molto complesse, cosa che non facilita certo il compito di gestione del processo stesso; il BIM ha come obiettivo il poter “racchiudere” in un modello tutte queste fasi (o parte di esse).

Le fasi arcaiche del processo edilizio o del ciclo di vita di una costruzione possono essere così riassunte:

- ✓ Progettazione
- ✓ Costruzione
- ✓ Gestione
- ✓ Demolizione

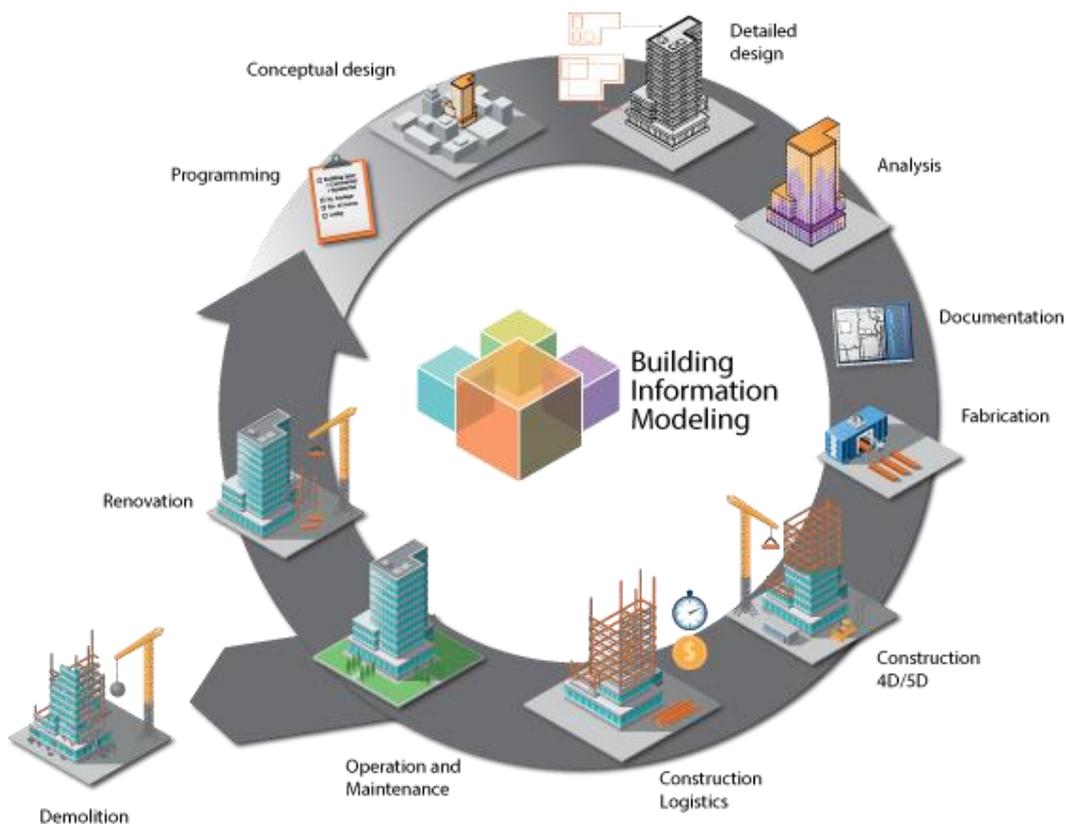


Figura 1.1: Lifecycle BIM

Si nota subito che, in quanto fasi, esse si susseguono, possono viaggiare in parallelo o evolversi, e quindi le informazioni contenute in esse sono dipendenti dal tempo.

Da questa considerazione si capisce che un modello BIM non è un modello statico ma esso stesso un processo in continua evoluzione.

Un modello BIM può quindi essere visto come un contenitore “dinamico” di informazioni in formato digitale, e in quanto digitale permette di essere gestito con strumenti digitali e con tutti i loro vantaggi.

Ovviamente, le fasi del processo edilizio si portano dietro tutta una serie di attori, i quali si trovano forzatamente a cooperare; questa forzatura positiva è proprio dovuta al fatto che si ha convergenza di informazioni in un unico modello e questo fatto obbliga tutti gli attori coinvolti nel processo a dover “cercare” le informazioni necessarie all’interno della stessa scatola: il modello BIM.

Come tutte le novità storiche, anche il BIM ha portato allo stravolgimento delle normali tecniche di progettazione e gestione dell’edificio e richiede di dover abbandonare alcune metodologie di lavoro o cambiarle radicalmente.

Il passaggio a questa metodologia di lavoro non è immediato, ma è un cammino percorso a partire dai processi che già supportano il BIM, fino ad arrivare a quei processi che devono trovare nuove strade per potersi interfacciare con un modello e fornire informazioni.

Dovendo far confluire le informazioni dei processi della costruzione in un modello, è necessario che tutti i processi rispettino le stesse regole; si richiede dunque, che vengano stabiliti degli standard, o meglio, delle norme per poter far fronte al problema senza incorrere in situazioni caotiche.

Una definizione interessante della metodologia BIM è stata fornita dal NIBS (National Institute of Building Sciences) già nel 2008:

«L’obiettivo del BIM è quello di realizzare un processo più efficiente di pianificazione, progettazione, costruzione, gestione e manutenzione che utilizzi un modello standardizzato di informazioni in formato digitale per ogni edificio, nuovo o esistente, contenente tutte le informazioni create o raccolte su tale edificio in un formato utilizzabile da tutti i soggetti interessati nell’intero ciclo di vita.»

(Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2016)

Si evince quindi che, nonostante il recente utilizzo del BIM, il pensiero di uniformare la metodologia di lavoro nell’ambito delle costruzioni ha origini ancor più lontane e nasce dal desiderio di produrre, comunicare e analizzare modelli di edifici, i quali sono caratterizzati da:

- ✓ Componenti per l’edilizia, rappresentati digitalmente attraverso elementi grafici e di attributi, nonché parametri per la manipolazione intelligente degli stessi
- ✓ Componenti che includono dati descrittivi del comportamento in base alle esigenze dei processi di lavorazione e di analisi
- ✓ Dati coerenti, coordinati e non ridondanti

Una particolarità affascinante del metodo BIM è quella di poter affrontare una gestione del processo edilizio fino a 7 dimensioni:

- Seconda dimensione: rappresentazione grafica dell'opera o dei suoi elementi in funzione del piano
- Terza dimensione: simulazione grafica dell'opera o dei suoi elementi in funzione dello spazio
- Quarta dimensione: simulazione dell'opera o dei suoi elementi in funzione del tempo
- Quinta dimensione: simulazione dell'opera o dei suoi elementi in funzione della moneta
- Sesta dimensione: simulazione dell'opera o dei suoi elementi in funzione dell'uso, gestione, manutenzione ed eventualmente dismissione
- Settima dimensione: Simulazione dell'opera o dei suoi elementi in funzione della sostenibilità dell'intervento

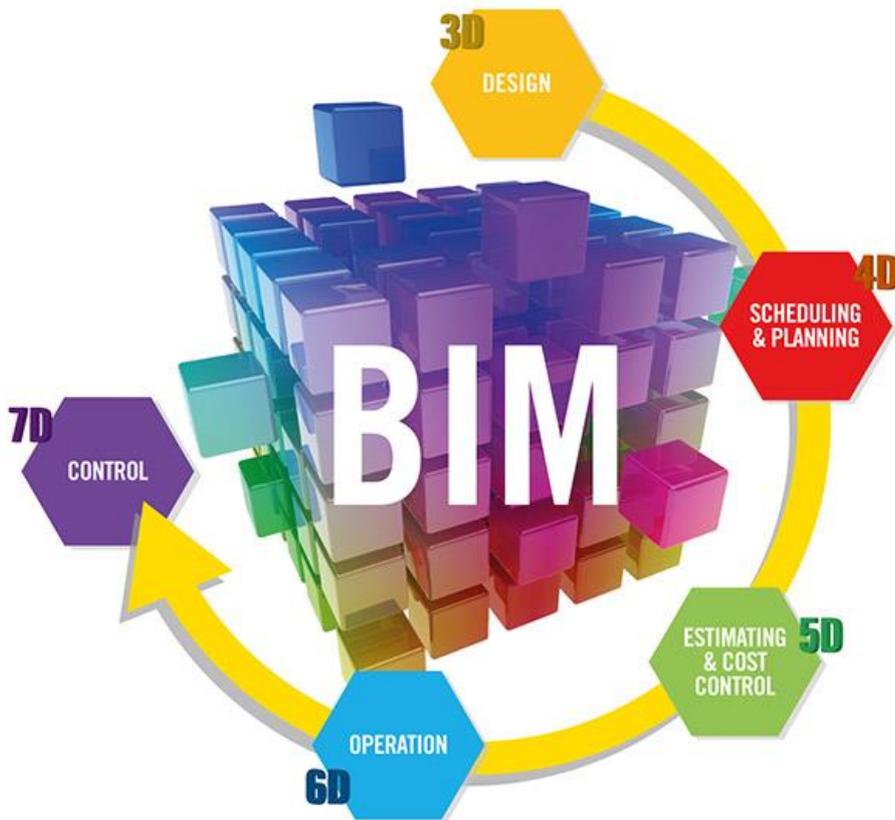


Figura 1.2: Le dimensioni del processo edilizio

1.2 STRUMENTI PER LA GESTIONE DI UN MODELLO

I primi strumenti di progettazione, finalizzati al solo appoggio alla costruzione di un'opera, sono stati sicuramente le immagini e i testi.

L'immagine forniva la visualizzazione di ciò che si voleva fosse realizzato e il testo forniva ulteriori descrizioni e permetteva di svolgere i calcoli e visualizzarne i risultati. Il disegno tecnico e la progettazione di costruzioni si è da sempre basato su questi basilari strumenti.

Questo processo 2D fatto di immagini e testi si è evoluto nel tempo fino ad essere raggiunto dalla strumentazione CAD (Computer Aided Drafting) che ne ha permesso una implementazione in termini tecnologici, portando questo processo ad incontrare con il mondo informatico e a legarsi ad esso.

Il CAD, o disegno tecnico assistito dall'elaboratore, è stato il primo passo che ha permesso la visualizzazione del "dato" cioè dell'elemento che porta con sé un certo tipo e numero di informazioni.

L'evoluzione delle tecnologie informatiche e degli strumenti CAD ha reso possibili il miglioramento dei due primitivi mezzi citati inizialmente:

- ✓ L'immagine diventa "spaziale" (dal 2D al 3D)
- ✓ Il testo diventa "dato" (informazione)

Questo significa che le geometrie diventano realistiche e determinabili, mentre le caratteristiche dei componenti diventano intrinseche in essi.

Il risultato è quello di avere coerenza e convergenza delle informazioni.

Nel processo evolutivo del BIM, l'obiettivo è quello di riunire tutte le metodologie e strumenti in un unico flusso di lavoro coordinato.

Le attività correlate ai progetti e ai processi (disegni CAD 2D, CAD 3D, animazione, database collegati, fogli di calcolo, schemi funzionali) progrediscono quindi verso un flusso di lavoro integrato e interoperabile.

Si vuole sottolineare inoltre, l'aspetto legato alla condivisione. Una metodologia di lavoro basata sulla convergenza delle informazioni in un unico modello richiede anche una necessità di "apertura" da parte degli strumenti utilizzati e degli output ottenuti.

Durante la fase di progettazione, ad esempio, è opportuno l'utilizzo di strumenti in formato aperto, in modo tale da rendere più agevole l'integrazione tra diversi software di progettazione, nonché poter gestire i risultati ottenuti e poterli condividere con le altre discipline.

Un utile schema che riassume i concetti sopra esposti è stato elaborato dalle analisi normative del Regno Unito, attraverso il diagramma di Bew e Richards, proveniente dalle prassi di riferimento del Regno Unito (BS PAS 1192).

«The British Standard, BS 1192 is applicable to the preparation and use of information throughout the design, construction, operation and deconstruction throughout the project lifecycle and the supply chain.»

(Richards, 2010)

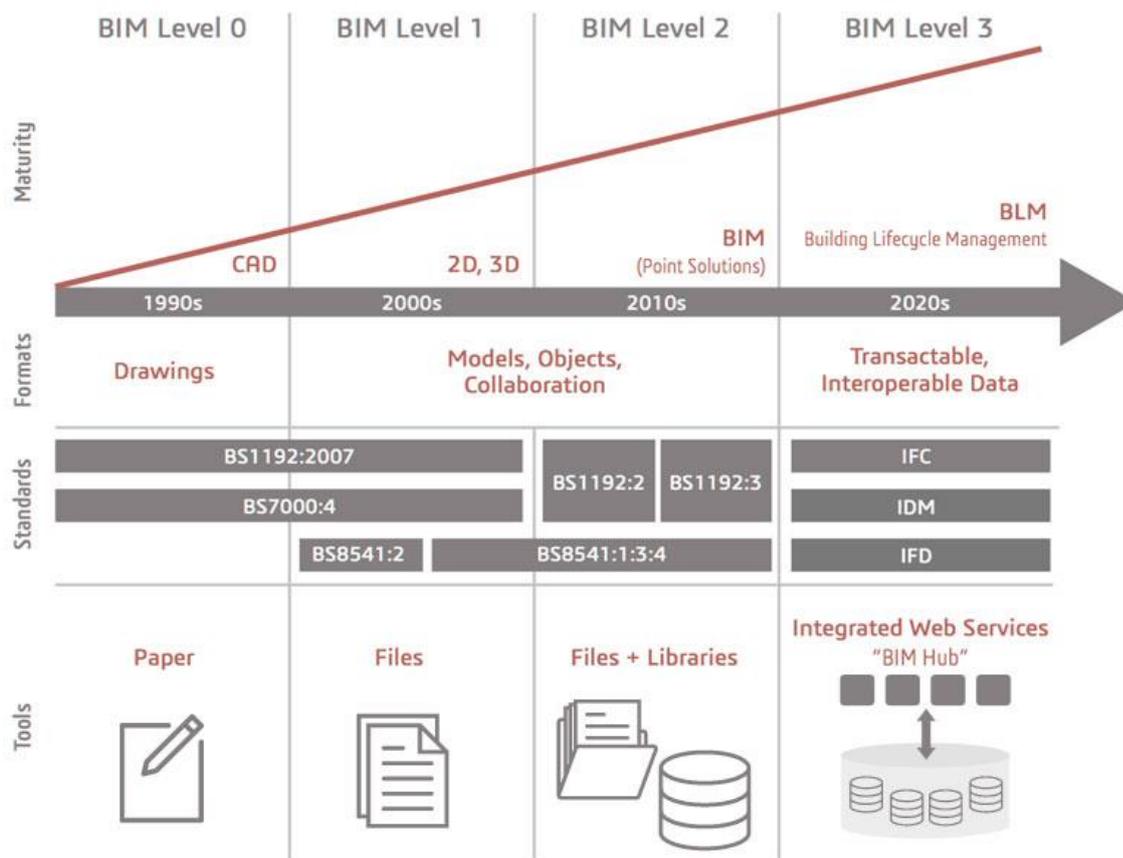


Figura 1.3: Modello di maturità BIM proposto dal Regno Unito

Si nota come, col passare del tempo, l'evoluzione del BIM abbia raggiunto in livello di maturità tale da permettere, ad oggi, il trasferimento di contenuti informativi attraverso modelli informativi.

Il modello BIM diventa quindi sede e veicoli dell'informazione a tutti gli effetti.

Si vuole inoltre sottolineare l'importanza dell'interoperabilità come obiettivo degli strumenti per la creazione e gestione dei dati in un modello BIM. Un esempio di formato dati aperto è il formato file "IFC" (Industry Foundation Classes), nato per consentire l'interscambio di un modello informativo senza perdita o distorsione di dati o informazioni; l'interoperabilità deve poter essere garantita per tutte le fasi del ciclo di vita dell'edificio.

«At its core, buildingSMART enables the entire built asset industry to improve the sharing of information throughout the lifecycle of project or asset.»

(Industry Foundation Classes (IFC), s.d.)



Figura 1.4: Logo dell'Industry Foundation Classes

1.3 NORMATIVA PER IL BIM

La necessità di standard per la metodologia di lavoro in BIM, richiede innanzitutto che sia presente un quadro normativo a livello nazionale e poi internazionale.

È noto, infatti, che leggi e norme regolano in modo differente le regole tecniche per la progettazione, costruzione e gestione degli edifici, a seconda del paese in cui ci si trova.

Il sistema normativo tecnico è di tipo gerarchico, a partire dagli standard ISO (mondiali) fino alla normativa nazionale (ad esempio la normativa UNI in Italia).

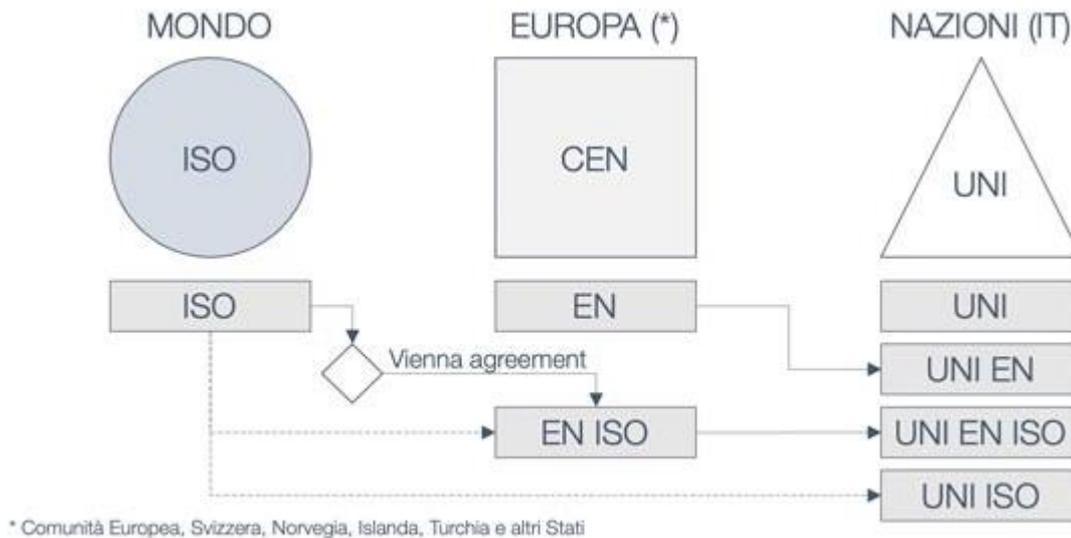


Figura 1.5: Schema applicativo degli Standard nel mondo

In generale l'orizzonte normativo BIM a livello nazionale, europeo e mondiale si è ampliato e specializzato negli ultimi anni. Sono state infatti implementate normative a tutti i livelli, mondiali, europei e nazionali.

Nazionali	CEN/TC442	ISO/TC59/SC13/WG 13
IT - (EN standard) UNI 11337:2009 (1) -3 UNI 11337:2017 -1 -4 -5 -6 -7	Information Management (IM) EN ISO 19650 -1-2	Information Management ISO 19650 -1-2: 2018
UK - (EN standard) BS (PAS) 1192 (1 -2) -3 -4 -5 -6	Industry Foundation Classes (IFC) EN ISO 16739 -1 Information Delivery Manual (IDM) EN ISO 29481 -1 (2)	ISO STEP 10303 (11 – 21) ISO 6707 (eng. works vocabulary) ISO 12006-2-3 (classification) ISO TS 12911:2012 («EIR»)
DE - (EN standard) DIN SPEC 91400 – 91391-1 (CDE)	Framework for Classification (IFD) EN ISO 12006 -2	ISO 16354:2013 (object library) ISO 16739:2005/13 (IFC 2x3/4.0) ISO 16757-1-2 (product data) ISO 21597 (container)
FR - (EN standard) AFNOR PR XP P07-150	LOIN prEN 17412 SmartCE prEN 17473	ISO DS 22014 (AEC library) ISO 22263 (proj. info. management) ISO 23386-23387 (obj attribute) ISO 29481 -1 -2 -(IFD /3 MVD)

Figura 1.6: Normativa BIM a livello nazionale, europeo e mondiale

Uno dei primi passi, a livello normativo per la metodologia BIM, è stato sicuramente compiuto grazie alla normativa ISO 19650, nella cui prima parte vengono descritti i concetti e i principi per la gestione delle informazioni nel BIM.

(ISO 19650-1, 2018)

Un esempio di concetto descritto nella norma, sono gli stadi di maturità della gestione di informazioni citati nel precedente capitolo, che rappresentano come lo sviluppo normativo e tecnologico portino a vantaggi sempre maggiori nell'ambito del settore delle costruzioni.

Un ulteriore e importante concetto descritto nella norma ISO 19650 è il flusso di lavoro dell'ambiente di condivisione dati, relativamente ad una determinata commessa o lavoro nell'ambito delle costruzioni. Questo flusso si basa sull'interoperabilità e condivisione dei dati, attraverso un ambiente dedicato.

Viene definito come ACDat, l'ambiente di raccolta organizzata e di condivisione dei dati relativi a modelli ed elaborati digitali riferiti ad una singola opera o ad un complesso di opere.

L'ambiente di condivisione dei dati ACDat diventa luogo di deposito e scambio di informazioni ed evolve nel tempo con l'avanzare del ciclo di vita della costruzione.



Figura 1.7: Principio dell'ACDat

Volendo analizzare la normativa in ambito nazionale (Italia), la metodologia BIM può dirsi ufficialmente definita con l'entrata in vigore del Decreto Ministeriale 560/2017, il quale stabilisce "le modalità e i tempi di progressiva introduzione dei metodi e degli strumenti elettronici di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture".

(DM 560, 2017)

In particolare, il decreto richiede:

- ✓ Adempimenti e adeguamenti da parte delle stazioni appaltanti
- ✓ Utilizzo di formati aperti e piattaforme di condivisione da parte delle stazioni appaltanti
- ✓ Tempi di introduzione obbligatoria dei metodi e strumenti elettronici di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture
- ✓ Capitolato allegato alla documentazione di gara per l'espletamento dei servizi di progettazione ed esecuzione dei lavori, nonché dei contenuti informativi richiesti per la modellazione

Relativamente ai tempi di introduzione dei metodi e strumenti per la modellazione, le tempistiche vengono suddivise per date e importi, secondo il seguente schema:

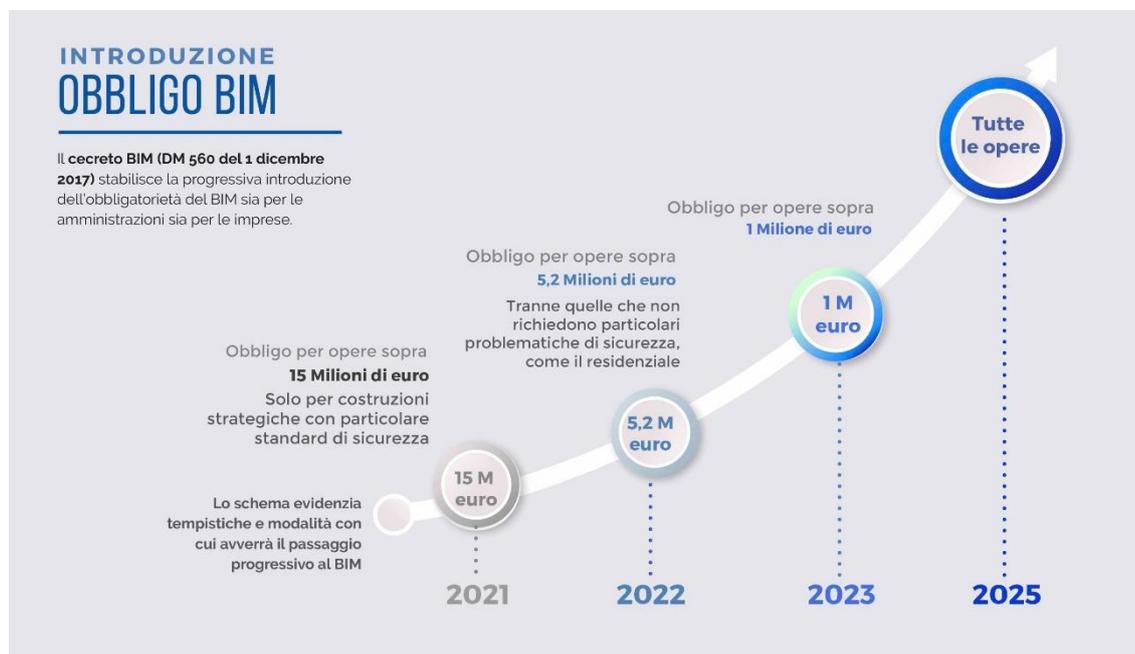


Figura 1.8: Introduzione all'obbligo BIM tramite DM 560/2017

La suddivisione si basa dunque non solo sul progressivo avanzamento cronologico dell'obbligo della metodologia, ma anche sul peso economico delle opere.

Un secondo e importante passo per quanto riguarda la normativa italiana, è stato fatto dall'UNI (Ente nazionale italiano di unificazione), il quale, dall'entrata in vigore del DM 560/2017 ad oggi, si è occupato di elaborare, redigere e pubblicare un insieme di norme relative proprio alla metodologia BIM in Italia.

La norma in questione è la 11337, la quale è l'adattamento italiano della norma ISO 19650.

La Uni 11337 si divide ad oggi in sei parti:

- UNI 11337-1:2017 Edilizia e opere di ingegneria civile – Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni – Parte 1: Modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti e processi

(UNI 11337-1, 2017)

- UNI/TS 11337-2:2021 Edilizia e opere di ingegneria civile – Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 2: Flussi informativi e processi decisionali nella gestione delle informazioni da parte della committenza

(UNI 11337-2, 2021)

- UNI/TS 11337-3:2015 Edilizia e opere di ingegneria civile – Criteri di codificazione di opere e prodotti da costruzione, attività e risorse – Parte 3: Modelli di raccolta, organizzazione e archiviazione dell'informazione tecnica per i prodotti da costruzione

(UNI 11337-3, 2015)

- UNI 11337-4:2017 Edilizia e opere di ingegneria civile – Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni – Parte 4: Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati e oggetti

(UNI 11337-4, 2017)

- UNI 11337-5:2017 Edilizia e opere di ingegneria civile – Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni – Parte 5: Flussi informativi nei processi digitalizzati

(UNI 11337-5, 2017)

- UNI/TR 11337-6:2017 Edilizia e opere di ingegneria civile – Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni – Parte 6: Linea guida per la redazione del capitolato informativo

(UNI 11337-6, 2017)

- UNI 11337-7:2018 Edilizia e opere di ingegneria civile – Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni – Parte 7: Requisiti di conoscenza, abilità e competenza delle figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa

(UNI 11337-7, 2018)

Ulteriori parti sono in attesa di pubblicazione.

Nella prima parte (UNI 11337-1) vengono descritti i livelli di maturità informativa digitale nel settore delle costruzioni, dal più basso (livello 0: non digitale) al più alto (livello 4: ottimale).



Figura 1.9: Livelli di maturità informativa

A titolo di esempio, il livello più alto di maturità (livello 4) viene descritto attraverso il seguente schema:

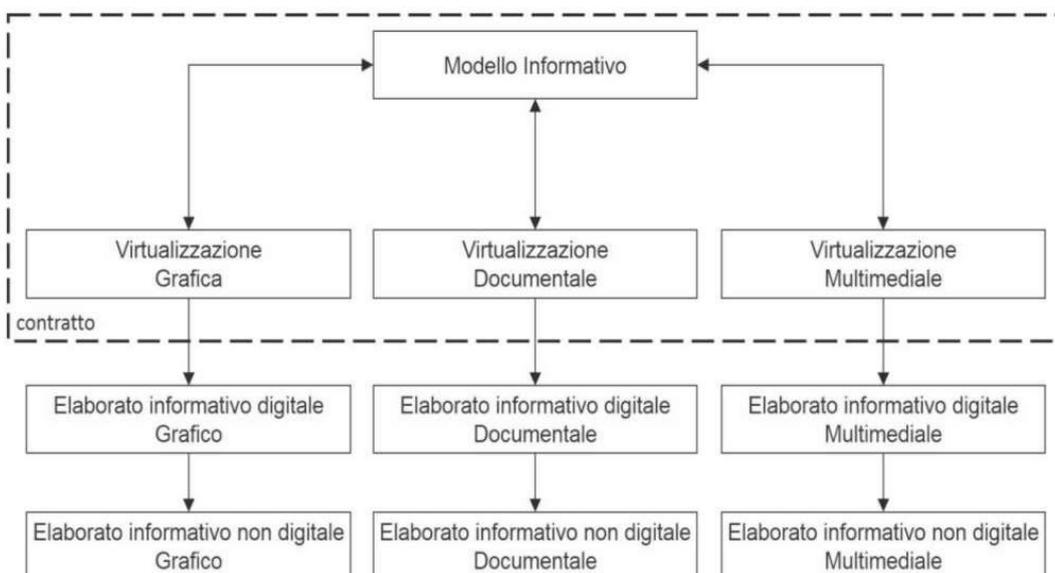


Figura 1.10: Livello di maturità ottimale

Si nota che il contratto si è spostato dalle forme informative “non-digitali” a quelle digitali e che il modello informativo diventa a tutti gli effetti l’unico e solo collettore delle informazioni grafiche (es. geometrie 3D), documentali (es. relazioni e calcoli) e multimediali (es. video e suoni).

L’obiettivo è quindi quello di tendere al trasferimento di contenuti informativi attraverso modelli informativi per tutti gli ambiti disciplinari.

Riguardo il processo informativo delle costruzioni, la UNI 11337-1 relaziona le fasi di progettazione, costruzione e gestione con lo sviluppo del modello informativo, secondo il seguente schema:

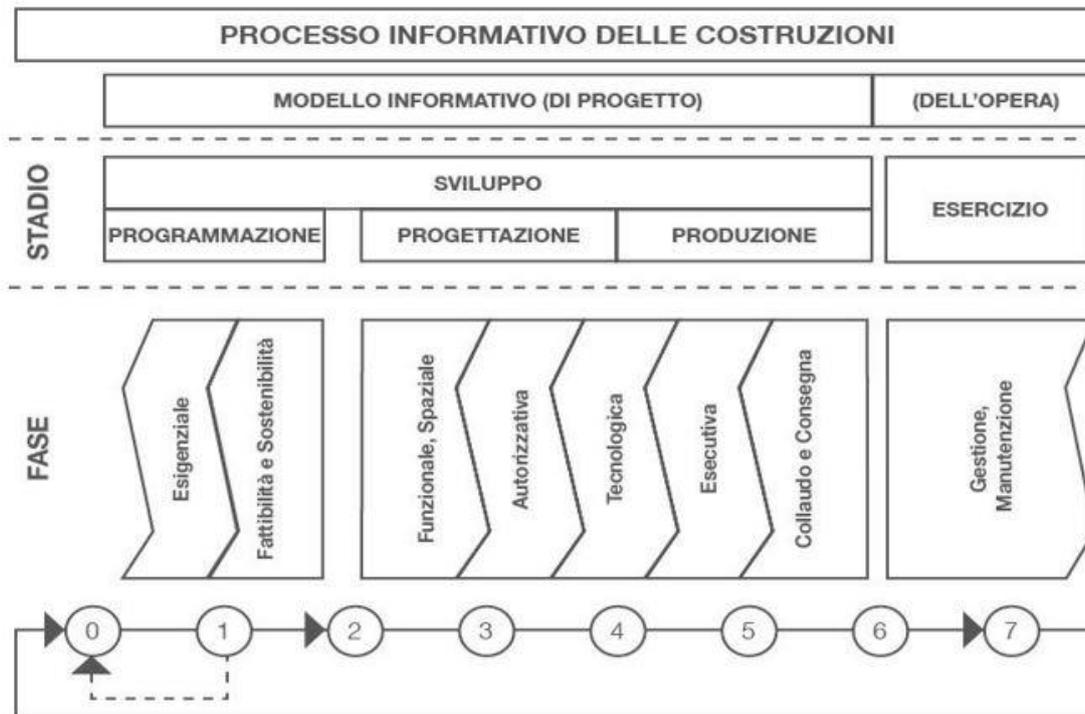


Figura 1.11: Processo informativo delle costruzioni e fasi di sviluppo ed esercizio

Per la progettazione risulta quindi possibile il mantenimento delle fasi di progettazione all'interno del processo BIM:

- ✓ Progetto di fattibilità tecnica ed economica (Fase Funzionale, Spaziale)
- ✓ Progetto definitivo (Fase Autorizzativa)
- ✓ Progetto esecutivo (Fase Tecnologica)

Un altro interessante concetto riguardo il metodo BIM è descritto nella 11337 parte 4 e riguarda il livello di sviluppo degli oggetti (LOD).

La norma definisce il LOD come:

«Natura, quantità, qualità e stabilità di dati e informazioni costituenti ciascun oggetto di un modello.»

Un modello informativo nell'ambito delle costruzioni è certamente composto da componenti fisici, i quali possono essere virtualizzati attraverso dei dati che ne descrivano le caratteristiche.

In generale un componente è composto di due insiemi di informazioni:

- ✓ Informazioni grafiche che ne rappresentino la fisicità nello spazio
- ✓ Informazioni scritte o multimediali che ne descrivano caratteristiche non spaziali

Nel settore edile e strutturale, ad esempio, sono notevoli le informazioni di tipo grafico (es. dimensioni, spazi, forme, ...) e sicuramente molto impattanti dal punto di vista informativo.

Nel settore impiantistico MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing), capita invece spesso che le informazioni scritte/multimediali siano in quantità e qualità superiori a quelle grafiche o comunque più “impattanti” dal punto di vista informativo.

Un'altra particolarità relativa al LOD, è che esso non è un qualcosa di “statico”, ma dinamico, in quanto le informazioni e i dati si modificano ed evolvono con il progetto.

Si pensi ad esempio ad un generico componente MEP elettrico. Esso in fase di progetto definitivo viene spesso progettato e dimensionato secondo stime dimensionali ed energetiche che ne descrivono gli ingombri e gli assorbimenti elettrici previsti ma non effettivi. In fasi successive (esecutiva e costruttiva) il componente crescerà dal punto di vista informativo e raggiungerà livelli di sviluppo sempre maggiori, fin alla sua realizzazione effettiva quando risulterà definito in ogni suo aspetto.

I due insiemi di informazioni che compongono il LOD vengono chiamati rispettivamente:

- ✓ LOG (Level of Graphic information): livello di sviluppo degli oggetti – attributi geometrici
- ✓ LOI (Level of Information): livello di sviluppo degli oggetti – attributi informativi

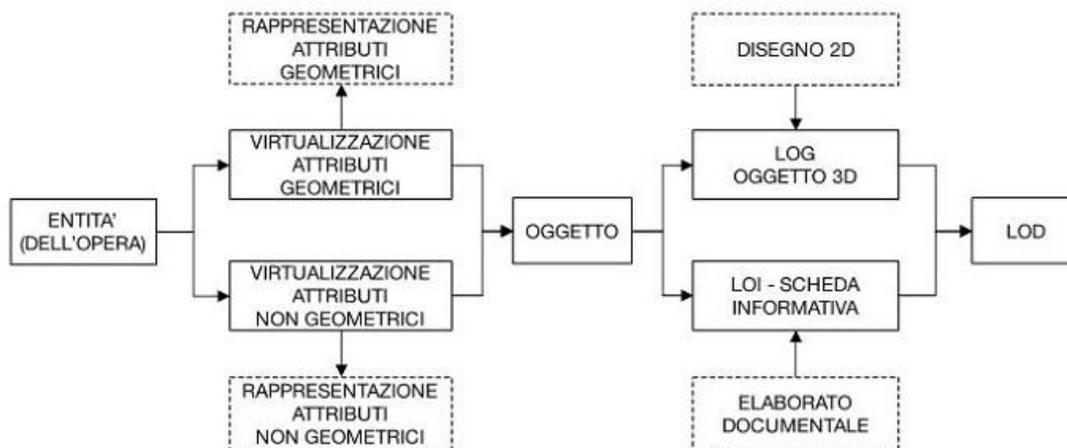


Figura 1.12: Schema di strutturazione dei LOD italiani

La norma adotta una scala per definire il peso del LOD a seconda del contenuto informativo presente in esso. Questa scala di valori può risultare differente a seconda che si tratti di nuove costruzioni, interventi di restauro, interventi territoriali o cantiere.

In generale, per qualsiasi tipo di intervento, la scala dei LOD risulta composta da sette livelli:

- LOD A:
 - ✓ Le entità sono rappresentate graficamente attraverso un sistema geometrico simbolico o una raffigurazione di genere presa a riferimento senza vincolo di geometria.
 - ✓ Caratteristiche quantitative e qualitative indicative;
- LOD B:
 - ✓ Le entità sono virtualizzate graficamente come un sistema geometrico generico o una geometria d'ingombro.
 - ✓ Caratteristiche qualitative e quantitative approssimate;

- LOD C:
 - ✓ Le entità sono virtualizzate graficamente come un sistema geometrico definito.
 - ✓ Caratteristiche qualitative e quantitative definite in via generica nel rispetto dei limiti della normativa vigente e delle norme tecniche di riferimento e riferibili a una pluralità di entità similari;
- LOD D:
 - ✓ Le entità sono virtualizzate graficamente come un sistema geometrico dettagliato.
 - ✓ Caratteristiche qualitative e quantitative specifiche di una pluralità definita di prodotti similari.
 - ✓ È definita l'interfaccia con altri sistemi specifici di costruzione, compresi gli ingombri approssimati di manovra e manutenzione;
- LOD E:
 - ✓ Le entità sono virtualizzate graficamente come uno specifico sistema geometrico specifico.
 - ✓ Caratteristiche quantitative e qualitative 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 (as-built).
 - ✓ Caratteristiche quantitative e qualitative 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.

LOD A	LOD B	LOD C	LOD D	LOD E	LOD F	LOD G
Geometria	Geometria Rappresentazione concettuale e generica degli spazi degli ingombri principali di tutti gli impianti (cavedi e cunicoli tecnici).	Geometria Rappresentazione concettuale e generica degli spazi degli ingombri complessivi principali delle tubazioni (cavedi e cunicoli tecnici).	Geometria Forma, dimensioni, posizione, ingombri e collegamenti effettivi per montanti, dorsali e derivazioni. Margini ed ingombri per manutenzione, supporti, ancoraggi, per controllo vibrazioni e consolidamento antisismico effettivi per montanti, dorsali e derivazioni. Forometrie effettive orizzontali e verticali.	Geometria Componenti supplementari per la fabbricazione e l'installazione in cantiere.	Geometria Come LOD E (rilievo di quanto eseguito).	Geometria Nuovi interventi: Come LOD F (con aggiornamenti) Manutenzione e gestione su elementi esistenti: Come LOD C o D (a partire da).
Oggetto	Oggetto	Oggetto Solido 3D	Oggetto Solido 3D	Oggetto Solido 3D	Oggetto Solido 3D	Oggetto Solido 3D
Caratteristiche	Caratteristiche - Indicazione delle dimensioni complessive occupate dalle tubazioni	Caratteristiche - Definizione dei percorsi principali all'interno dei cavedi e dei cunicoli tecnici	Caratteristiche - Definizione effettiva di dimensioni e caratteristiche qualitative	Caratteristiche - Nome prodotti, nome produttori - Modalità di installazione	Caratteristiche - Nome prodotti, nome produttore - Modalità di installazione	Caratteristiche - Data di manutenzione/sostituzione - Soggetto manutentore - Storico delle manutenzioni

Figura 1.13: Esempio di LOD vie cavi impianto elettrico (passerella, canalina, tubazione)

2 IMPIANTI ELETTRICI E BIM

2.1 PROGETTAZIONE DI IMPIANTI ELETTRICI

La progettazione degli impianti elettrici nell'ambito delle costruzioni riguarda lo studio e il dimensionamento dell'insieme dei componenti elettrici coordinati tra loro che costituiscono un sistema con obiettivi specifici per quella data costruzione.

La progettazione si basa su alcuni principi fondamentali che possono così essere riassunti:

- **Obiettivi:**

L'impianto elettrico deve essere progettato a partire da uno o più obiettivi per quella data costruzione.

Esempio:

si vuole alimentare un edificio a più piani con l'obiettivo di rendere ogni piano sezionabile elettricamente dagli altri in caso di manutenzione).

L'obiettivo può essere fornito dal cliente o può derivare dalle considerazioni fatte dal progettista in base alle tecniche della regola dell'arte o alla normativa.

- **Funzionalità:**

L'impianto elettrico deve funzionare.

Esempio:

per progettare correttamente una linea elettrica che alimenta un'utenza e la relativa protezione, è necessario conoscere determinati parametri (potenza assorbita, tensione di alimentazione, ubicazione, ...)

- **Sicurezza:**

L'impianto elettrico deve essere sicuro, ovvero deve poter essere garantita la sicurezza nei confronti delle persone in caso di guasto o malfunzionamento dell'impianto stesso.

Esempio:

il coordinamento tra l'interruttore differenziale a monte di una linea e l'impianto di terra deve essere progettato in modo tale che, in caso di guasto a terra, la persona venga protetta dalla corrente di guasto.

- **Normativa:**

L'impianto elettrico deve essere costruito "a regola d'arte" (Legge 1° marzo 1968 n.186) o comunque rispettare le normative vigenti che ne permettono il soddisfacimento di tale esecuzione (DM 37/2008).

Esempio:

la progettazione di un impianto di rivelazione incendi secondo la norma UNI 9795, permette a quell'impianto di essere considerato "a regola d'arte".

○ Sostenibilità:

L'impianto elettrico deve essere sostenibile, in quanto è fondamentale che esso non sia un ostacolo per le fasi successive relative al ciclo di vita della costruzione.

Esempio:

se la progettazione di un impianto elettrico porta ad una realizzazione difficoltosa e complicata, il rischio è quello di rendere complessi futuri interventi, manutenzioni e gestione dell'impianto.

Gli impianti elettrici per le costruzioni, in Italia, sono soggetti al Decreto Ministeriale 37/2008, il quale richiede la redazione di un progetto nei seguenti casi:

- ✓ Impianti condominiali di singole unità abitative aventi potenza impegnata superiore a 6 kw;
- ✓ Impianti con superficie superiore ai 200mq o superiore a 400 mq per singole unità abitative;
- ✓ Impianti in ambienti soggetti a normativa specifica del CEI, in caso di locali adibiti ad uso medico o per i quali sussista pericolo di esplosione o a maggior rischio di incendio, nonché per gli impianti di protezione da scariche atmosferiche in edifici di volume superiore a 200 mc;
- ✓ Impianti relativi agli impianti elettronici in genere quando coesistono con impianti elettrici con obbligo di progettazione;
[...]

(DM 37, 2008)

Il decreto inoltre richiede che il progetto sia redatto da un professionista iscritto agli albi professionali secondo le specifiche competenze tecniche richieste e che l'impresa installatrice, al termine dei lavori, rilasci al committente una Dichiarazione di Conformità (DICO) 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.

Un ulteriore decreto nell'ambito progettuale, è il Decreto Legislativo 50/2016, il quale regola le fasi di progettazione nel settore pubblico. L'articolo 23 cita infatti i tre livelli di progettazione necessari per i lavori pubblici:

«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»

(DL 50, 2016)

Di seguito si riassumono le caratteristiche tecniche dei tre livelli di progettazione:

- ✓ 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. [...]
- ✓ Il progetto definitivo 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. [...]
- ✓ 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.

(d.P.R. 207, 2010)

La documentazione che compone le diverse fasi progettuali viene citata dal D.p.r. n.207/2010:

	FASE DI PROGETTAZIONE		
	Fattibilità tecnico-economica	Progetto Definitivo	Progetto Esecutivo
Obiettivo	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.	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.	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.
Documenti	<p><u>Art. 17 del Regolamento Appalti (DPR 207/2010):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> relazione illustrativa; relazione tecnica; studio di prefattibilità ambientale; studi necessari per un'adeguata conoscenza del contesto in cui è inserita l'opera, corredati da dati bibliografici, accertamenti ed indagini preliminari - quali quelle storiche archeologiche ambientali, topografiche, geologiche, idrologiche, idrauliche, geotecniche e sulle interferenze e relative relazioni ed elaborati grafici; planimetria generale e elaborati grafici; prime indicazioni e misure finalizzate alla tutela della salute e sicurezza dei luoghi di lavoro per la stesura dei piani di sicurezza. 	<p><u>Art. 24 del Regolamento Appalti (DPR 207/2010):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> relazione generale; relazioni tecniche e relazioni specialistiche; rilievi planaltimetrici e studio di inserimento urbanistico; elaborati grafici; studio di impatto ambientale ove previsto dalle vigenti normative ovvero studio di fattibilità ambientale; calcoli delle strutture e degli impianti; disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici; censimento e progetto di risoluzione delle interferenze; piano particellare di esproprio; elenco dei prezzi unitari ed eventuali analisi; computo metrico estimativo; aggiornamento del documento contenente le prime indicazioni e disposizioni per la stesura dei piani di sicurezza; quadro economico con l'indicazione dei costi della sicurezza. 	<p><u>Art. 33 del Regolamento Appalti (DPR 207/2010):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> relazione generale; relazioni specialistiche; elaborati grafici comprensivi anche di quelli delle strutture, degli impianti e di ripristino e miglioramento ambientale; calcoli esecutivi delle strutture e degli impianti; piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti; piano di sicurezza e di coordinamento e quadro di incidenza della manodopera; computo metrico estimativo e quadro economico; cronoprogramma; elenco dei prezzi unitari; schema di contratto e capitolato speciale di appalto; piano particellare di esproprio.
Elaborati grafici (Redatti in scala opportuna e debitamente quotati)	<p><u>Art. 21 del Regolamento Appalti (DPR 207/2010):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> stralcio degli strumenti di pianificazione territoriale e di tutela ambientale e paesaggistica, nonché degli strumenti urbanistici generali ed attuativi vigenti, sui quali sono indicate la localizzazione dell'intervento da realizzare e le eventuali altre localizzazioni esaminate; planimetrie con le indicazioni delle curve di livello in scala non inferiore a 1:2.000, sulle quali sono riportati separatamente le opere ed i lavori da realizzare e le altre eventuali ipotesi progettuali esaminate; elaborati relativi alle indagini e studi preliminari, in scala adeguata alle dimensioni dell'opera in progettazione (carta e sezioni geologiche, sezioni e profili geotecnici, carta archeologica, planimetria delle interferenze, planimetrie catastali, planimetria dei siti di cava e di deposito); schemi grafici e sezioni schematiche nel numero, nell'articolazione e nelle scale necessarie a permettere l'individuazione di massima di tutte le caratteristiche spaziali, tipologiche, funzionali e tecnologiche delle opere e dei lavori da realizzare. 	<p><u>Art. 28 del Regolamento Appalti (DPR 207/2010):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> stralcio dello strumento urbanistico generale o attuativo con l'esatta indicazione dell'area interessata all'intervento; planimetria d'insieme in scala non inferiore a 1:500, con le indicazioni delle curve di livello dell'area interessata all'intervento, delle strade, sagome e distacchi delle eventuali costruzioni confinanti e delle eventuali alberature esistenti con la specificazione delle varie essenze; planimetria in scala non inferiore a 1:500 con l'ubicazione delle indagini geologiche; planimetria in scala non inferiore a 1:200, con indicazione delle indagini geotecniche e sezioni, nella stessa scala, che riportano il modello geotecnico del sottosuolo; planimetria in scala non inferiore a 1:200, corredata da due o più sezioni atte ad illustrare tutti i profili significativi dell'intervento, prima e dopo la realizzazione, nella quale risultino precisati la superficie coperta di tutti i corpi di fabbrica. La planimetria riporta la sistemazione degli spazi esterni indicando le recinzioni, le essenze arboree da porre a dimora e le eventuali superfici da destinare a parcheggio; le piante dei vari livelli (almeno scala 1:100) con l'indicazione delle destinazioni d'uso, delle quote planimetriche e altimetriche e delle strutture portanti; un numero adeguato di sezioni, trasversali e longitudinali (almeno scala 1:100). 	<p><u>Art. 36 del Regolamento Appalti (DPR 207/2010):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> elaborati che sviluppano nelle scale ammesse o prescritte, tutti gli elaborati grafici del progetto definitivo; elaborati che risultino necessari all'esecuzione delle opere o dei lavori sulla base degli esiti, degli studi e di indagini eseguite in sede di progettazione esecutiva; elaborati di tutti i particolari costruttivi; elaborati atti ad illustrare le modalità esecutive di dettaglio; elaborati di tutte le lavorazioni che risultano necessarie per il rispetto delle prescrizioni disposte dagli organismi competenti in sede di approvazione dei progetti preliminari, definitivi o di approvazione di specifici aspetti dei progetti; elaborati di tutti i lavori da eseguire per soddisfare le esigenze di cui all'articolo 15, comma 9; elaborati atti a definire le caratteristiche dimensionali, prestazionali e di assemblaggio dei componenti prefabbricati; elaborati che definiscono le fasi costruttive assunte per le strutture.

Figura 2.1: Documentazione relativa alle fasi progettuali secondo D.p.r 207/2010

Si nota come la realizzazione effettiva dell'opera (la fase esecutiva, detta "costruttivo") non è parte delle fasi di progettazione, nonostante rivesta un'importanza progettuale non indifferente, dal momento che i progettisti dell'impresa e i progettisti che hanno redatto il progetto esecutivo si interfacciano per l'effettiva realizzazione dell'opera.

La realizzazione dell'opera, pur non essendo normativamente una fase progettuale, risulta comunque una fase molto importante che coinvolge il progettista nel cuore del ciclo di vita dell'edificio.

Questa considerazione nasce dal fatto che il modello BIM, in quanto parte del ciclo di vita dell'edificio, comprende tutte le fasi del ciclo stesso e il progettista può essere coinvolto anche in fasi normativamente "non progettuali".

Il progettista non ha dunque una collocazione puramente normativa, ma può gestire differenti fasi del ciclo di vita dell'edificio (la realizzazione, la manutenzione, la ristrutturazione, la demolizione, ...), e può quindi trovarsi ad affrontare una qualsiasi fase di un modello BIM.

Per quanto riguarda la normativa italiana, gli impianti elettrici e speciali fanno riferimento alle norme UNI e CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano). Quest'ultimo 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.

Si ricorda che il DM 37/2008, riporta che i progetti elaborati in conformità alla vigente normativa e alle indicazioni delle guide e alle norme dell'UNI, del CEI o di altri Enti di normalizzazione appartenenti agli Stati membri dell'Unione europea o che sono parti contraenti dell'accordo sullo spazio economico europeo, si considerano redatti secondo la regola dell'arte.

Dal punto di vista tecnico, la progettazione di impianti elettrici all'interno del ciclo di vita dell'edificio, ha come obiettivo lo studio e l'analisi del funzionamento del sistema elettrico associato all'opera e della sua realizzazione.

Il primo input per quanto riguarda l'impianto elettrico, è certamente l'allaccio alla rete elettrica, in quanto una costruzione che richiede un impianto elettrico ha necessità di uno o più allacci alla rete elettrica, in base alle forniture richieste.

In base alla tipologia di contratto e alle potenze desiderate per l'alimentazione dell'opera, si renderà necessaria un'alimentazione in Media tensione o in Bassa tensione. Inoltre, la fornitura di energia elettrica generalmente richiede che vengano determinati gli spazi e i locali atti ad ospitare le apparecchiature elettriche dell'ente stesso (es. cabine elettriche, locali contatori, ...).

Il cuore dell'edificio, dal punto di vista elettrico, è quindi certamente la cabina elettrica di trasformazione MT/BT nel caso di fornitura in MT o comunque il locale tecnico a valle del locale contatori in caso di fornitura in BT.

A tal proposito, la norma CEI 0-16 elenca i valori indicativi di potenza che è possibile connettere sui differenti livelli di tensione delle reti di distribuzione, in base alla seguente tabella:

Potenza MW	Livello di tensione della rete
$\leq 0,1$	BT
0,1 - 0,2	BT
	MT
0,2 - 3 Limite superiore elevato a 6 MW per impianti di produzione	MT
3 - 10 Limite inferiore elevato a 6 MW per impianti di produzione	MT
	AT
10 – 100 impianti di utilizzazione 10 – 200 impianti di produzione	AT

Figura 2.2: Livelli di tensione in relazione alla potenza richiesta

(CEI 0-16, 2019)

La fornitura di energia elettrica ha però lo svantaggio di rendere la costruzione dipendente dalla sola rete elettrica e questo si traduce in una totale perdita dell'impianto in caso di distacco della rete.

Quando l'opera richiede una finestra temporale di indipendenza elettrica per l'alimentazione di determinate utenze, l'impianto elettrico può avvalersi di sorgenti di energia elettrica non direttamente legate all'ente distributore. È il caso di edifici con utenze particolari o essenziali per le attività svolte, come ad esempio:

- ✓ Ospedali
- ✓ Centri di elaborazione dati
- ✓ Attività industriali
- ✓ Centri di ricerca
- ✓ Centri di logistica
- ✓ Scuole
- ✓ Laboratori
- ✓ [...]

In questi casi l'edificio può avvalersi di un impianto di alimentazione automatica, classificato dalla norma CEI 64-8 (parte 3) in base al tempo entro cui diviene disponibile l'alimentazione stessa:

- Classe 0 (di continuità):
assicura la continuità dell'alimentazione;
- Classe 0,15 (ad interruzione brevissima):
alimentazione disponibile in un tempo non superiore a 0,15 secondi;
- Classe 0,5 (ad interruzione breve):
alimentazione disponibile in un tempo superiore a 0,15 secondi, ma non superiore a 0,5 secondi;

- Classe 15 (ad interruzione media):

alimentazione disponibile in un tempo superiore a 0,5 secondi, ma non superiore a 15 secondi;

- Classe >15 (ad interruzione lunga):

alimentazione disponibile in un tempo superiore a 15 secondi.

(CEI 64-8/3)

Un'abitudine progettuale riguardo questa classificazione è quella di definire come "continuità" o "sicurezza" l'alimentazione di utenze in classe 0 o 0,15, mentre le classi superiori vengono definite come un'alimentazione di tipo "privilegiata" o "riserva".

Un'alimentazione derivata dalla rete e non facente parte di questa classificazione è spesso definita come "normale".

Nel dettaglio, un'alimentazione di "sicurezza" si distingue da una di "continuità" se alimenta utenze legate alla sicurezza delle persone (ad esempio, un server alimentato da UPS è considerato un'utenza sotto "continuità" in quanto non facente parte di un impianto di sicurezza dell'edificio, pur dovendo mantenere l'alimentazione anche in assenza di rete).

Alcune tipologie di sorgenti che garantiscono la continuità dell'alimentazione sono:

- ✓ Gruppi elettrogeni endotermici (diesel, gas, benzina, ...)
- ✓ Gruppi elettrogeni elettrici (alternatori, dinamo, ...)
- ✓ UPS rotanti
- ✓ UPS statici
- ✓ Soccorritori (CPSS)

Un'ulteriore e importante considerazione progettuale da accordare in base alle richieste del committente, sono gli allacci alla rete dati per l'integrazione dell'impianto di cablaggio strutturato all'interno dell'opera.

L'impianto di cablaggio strutturato, oltre a garantire una rete dati per le attività lavorative che si svolgono all'interno dell'edificio, permette all'edificio stesso di essere gestito; un esempio è il BMS (Building Management System), un sistema che permette, attraverso il collegamento ad una rete dati, una gestione intelligente e automatica degli impianti afferenti a quell'edificio, in modo da raggiungere obiettivi di efficienza energetica, sicurezza e affidabilità tali da far rientrare l'opera nella categoria delle "Smart Building".

Una volta definiti gli spazi e le necessità dell'ente fornitore, le sorgenti di appoggio alla rete e le eventuali forniture dati, il progettista deve affrontare la progettazione della cabina elettrica MT/BT o del locale tecnico BT e dei locali ad esso associati.

Questi locali si compongono generalmente di:

- ✓ Locale ente distributore (accessibile al solo ente fornitore di energia elettrica)
- ✓ Locale contatori (accessibile all'ente fornitore e all'utente)
- ✓ Cabina elettrica di trasformazione MT/BT o locale tecnico BT (di proprietà dell'utente)
- ✓ Eventuali locali dedicati alle sorgenti ausiliarie (locale GE, locale UPS, locale batterie, ...)
- ✓ Eventuali locali dedicati all'attestazione della rete dati (locale centro stella)

I primi componenti subito a valle della fornitura di energia sono i quadri elettrici.

La norma CEI 17-13 "Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione", definisce il quadro elettrico come:

«apparecchiatura assiemata di protezione e manovra per bassa tensione, costituita dalla combinazione di componenti meccaniche con la funzione di protezione e supporto di tutte le apparecchiature contenute al loro interno ed equipaggiamento elettrico, che comprende gli strumenti di comando, manovra e controllo, e segregazioni, ovvero suddivisioni interne tramite barriere isolanti.»»

(CEI 17-13, 2019)

A seconda del livello di tensione fornito dall'ente distributore, viene determinata la tipologia di quadro elettrico:

- ✓ Quadro elettrico generale di media tensione (QGMT o QMT)
- ✓ Quadro elettrico generale di bassa tensione (QGBT)

La scelta del quadro determina successivamente le apparecchiature necessarie all'alimentazione delle utenze.

Nel caso di utente MT si renderà necessario progettare uno o più trasformatori per l'abbassamento della tensione:

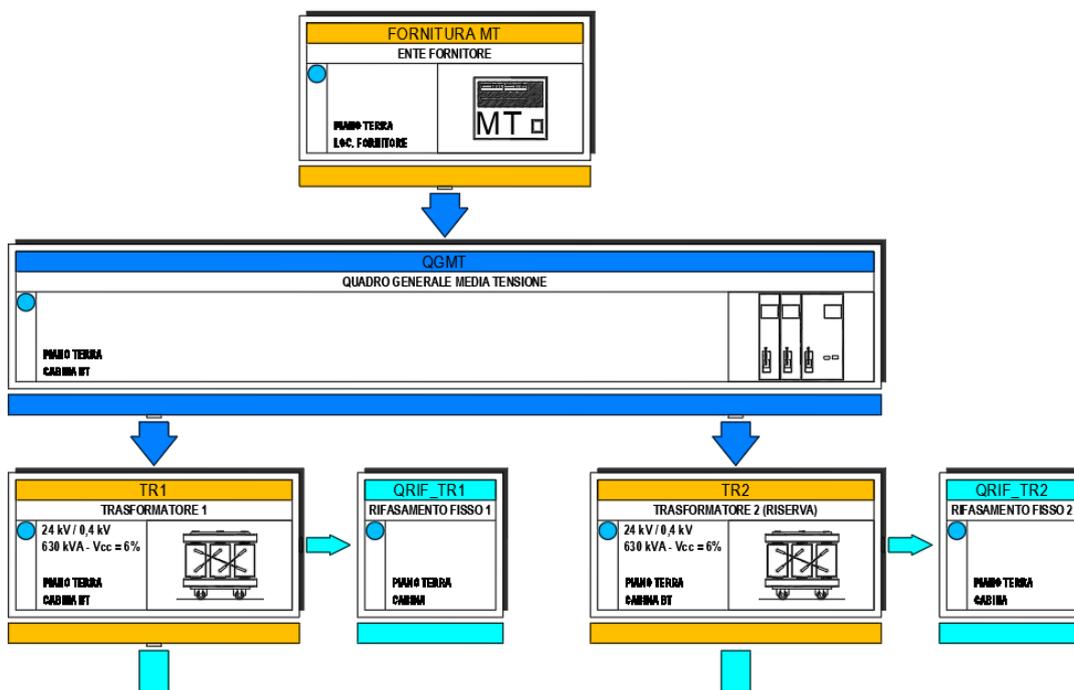


Figura 2.3: Schematico di fornitura MT con due trasformatori

I trasformatori, se più di uno, potranno lavorare generalmente:

- ✓ In parallelo senza interblocco
- ✓ Separatamente con interblocco (uno di riserva all'altro, l'interblocco permette di evitare il funzionamento in parallelo)
- ✓ Con congiuntore e interblocco (permette ad ogni sbarra di essere alimentata da uno o dall'altro trasformatore, evitando comunque il parallelo tramite l'interblocco)

A causa dell'impedenza induttiva dei trasformatori, si è soliti affiancare un rifasamento di tipo fisso al sistema di rifasamento automatico presente a valle, che tenga conto sia del funzionamento a vuoto sia del funzionamento a carico del trasformatore.

L'interblocco o il congiuntore, se presenti, saranno posizionati nel quadro generale di bassa tensione (QGBT):

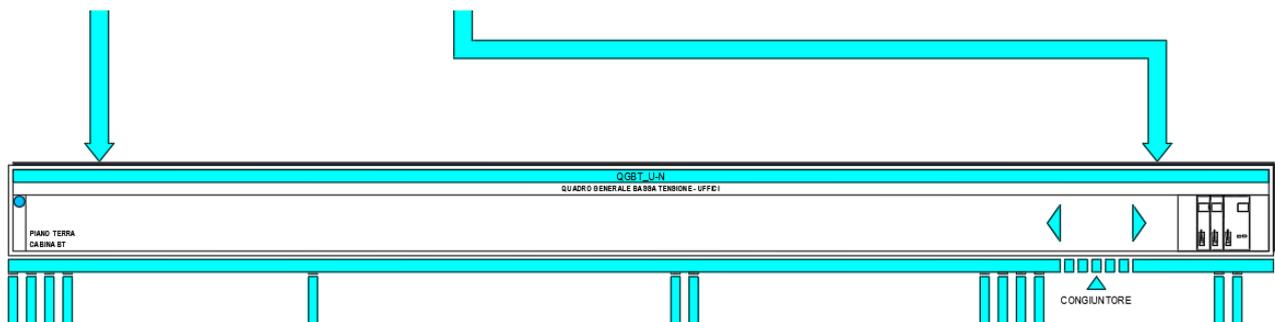


Figura 2.4: Schematico QGBT con congiuntore a valle dei trasformatori

I quadri elettrici vengono classificati in diversi modi, tra cui:

Classificazione funzionale:

- ✓ Quadri principali di distribuzione
- ✓ Quadri secondari di distribuzione
- ✓ Quadri di manovra motori
- ✓ Quadri di comando, misura e protezione
- ✓ Quadri a bordo macchina
- ✓ Quadri per cantiere

Classificazione costruttiva:

- ✓ Quadri aperti (parti in tensione accessibili, solitamente utilizzati in officine elettriche)
- ✓ Quadri chiusi (carpenteria protetta da tutti i lati da pannelli, tale da garantire una protezione dai contatti diretti non inferiore a IPXXB, utilizzati in ambienti ordinari)

Classificazione strutturale:

- ✓ Quadri ad armadio (colonna, per posa a pavimento)
- ✓ Quadri a banco
- ✓ Quadri a cassetta (per posa a parete, sporgente o ad incasso)
- ✓ Quadri a cassette multiple

Classificazione per forma di segregazione:

- ✓ Forma 1
- ✓ Forma 2A
- ✓ Forma 2B
- ✓ Forma 3A
- ✓ Forma 3B
- ✓ Forma 4A
- ✓ Forma 4B

Criteri principali	Criteri secondari	Forma
Nessuna segregazione interna		Forma 1
Segregazione delle sbarre dalle unità funzionali	I terminali per conduttori esterni non sono separati dalle sbarre	Forma 2A
	I terminali per conduttori esterni sono separati dalle sbarre	Forma 2B
Segregazione delle sbarre dalle unità funzionali e segregazione di tutte le unità funzionali tra loro. Segregazione dei terminali per conduttori esterni dalle unità funzionali ma non da quelli delle altre unità funzionali	I terminali per conduttori esterni non sono separati dalle sbarre	Forma 3A
	I terminali per conduttori esterni sono separati dalle sbarre	Forma 3B
Segregazione delle sbarre dalle unità funzionali e segregazione di tutte le unità funzionali tra loro. Segregazione dei terminali per conduttori esterni dalle unità funzionali da quelli di qualsiasi unità funzionale e dalle sbarre	I terminali per conduttori esterni sono nella stessa cella come unità funzionale associata	Forma 4A
	I terminali per conduttori esterni non sono nella stessa cella come unità funzionale associata ma sono rinchiusi in spazi individuali o celle separate e protette	Forma 4B

Figura 2.5: Classificazione dei quadri elettrici per forma di segregazione

La progettazione dei quadri elettrici viene svolta attraverso software di calcolo e progettazione dedicati, i cui output possono o devono concorrere alla documentazione di consegna del progetto.

A titolo di esempio, per il progetto definitivo ed esecutivo, sono richiesti i calcoli degli impianti, tra cui quelli relativi al dimensionamento delle protezioni e delle linee relative ai diversi quadri elettrici.

La progettazione dell'impianto procederà quindi con lo studio della distribuzione dell'impianto stesso, dei quadri secondari e delle utenze collegati ad essi.

In particolare, il progettista elettrico dovrà o potrà occuparsi delle seguenti categorie di impianti:

- ✓ Impianto di terra
- ✓ Impianto di scariche atmosferiche (con annesse verifiche preliminari per verificarne la necessità)
- ✓ Impianto di distribuzione e vie cavi (sottoservizi esterni e servizi interni)
- ✓ Impianto di forza motrice
- ✓ Impianto di illuminazione (con annessi calcoli e verifiche illuminotecniche)
- ✓ Impianto a servizio dell'impianto meccanico (HVAC, antincendio, trattamento acque, ...)
- ✓ Impianto di cablaggio strutturato
- ✓ Impianti IRAI (impianto di rivelazione incendi ed EVAC)
- ✓ Impianti speciali (TVCC, controllo accessi, antintrusione, ...)
- ✓ Impianti fotovoltaici
- ✓ Impianti BMS (gestione dell'edificio, gestione energetica e impiantistica)

L'alimentazione delle utenze dovrà essere progettata tenendo conto di diversi fattori:

- ✓ Tipologie di utenze e sorgente di alimentazione richiesta
- ✓ Potenze richieste dalle utenze
- ✓ Distanze dal quadro elettrico associato
- ✓ Numero utenze facenti parte dello stesso circuito

Tali fattori incideranno sulle caratteristiche della linea e della protezione dedicata ad un determinato circuito. A tal proposito, il progettista dovrà affrontare una serie di calcoli e verifiche al fine del corretto dimensionamento sia degli interruttori che delle condutture.

I criteri di dimensionamento sui quali si effettueranno i calcoli sul dimensionamento dell'impianto elettrico si basano sull'individuazione di:

- ✓ Taglie delle sorgenti di alimentazione;
- ✓ Circuiti per l'alimentazione delle utenze elettriche;
- ✓ Tipologia, potere di interruzione e corrente nominale degli interruttori automatici;
- ✓ Tipologia, corrente nominale, soglie di regolazione e tarature dei dispositivi di protezione associati agli interruttori automatici;
- ✓ Tipologia e corrente nominale degli interruttori di manovra;
- ✓ Sezione, formazione, tipologia e modalità di posa ed installazione dei cavi elettrici.

In generale, le procedure di calcolo consistono nelle seguenti verifiche:

- Stima delle potenze convenzionali attraverso i coefficienti di utilizzo e contemporaneità, per la valutazione sugli assorbimenti delle utenze:

$$P_c = P_a \times K_u \times K_c$$

Dove:

P_a = è la somma delle potenze assorbite sullo stesso circuito in Watt (o kWatt)

K_u = è il coefficiente di utilizzo o fattore di utilizzazione

K_c = è il coefficiente di contemporaneità o fattore di contemporaneità

TABELLA N° 1 Fattore di utilizzazione	
Tipo di utilizzatore	K_u
Lampade	1
Motori da 0,5 a 2 KW	0,7
Motori da 2 a 10 KW	0,75
Motori oltre i 10 KW	0,8
Forni a resistenza	1
Raddrizzatori	1
Saldatrici	0,85
Stufe elettriche	1
Macchine utensili, trasportatori	0,7
Ascens.Montacarichi.Imp.sollev.	0,9
Pompe, ventilatori	1

Figura 2.7: Tabella valori - Fattore di utilizzazione (K_u)

TABELLA N° 3 Fattore K_p PRESE	
	K_p
Prese Monofasi	0,05÷0,2
Prese Trifasi	0,15÷0,4

Figura 2.8: Tabella valori - Fattore prese elettriche (K_p)

TABELLA N° 2 - Fattore di contemporaneità		
Tipo di utilizzatore	Numero	K_c
Forni		1
Motori da 0,5 a 2 KW	Fino a 10	0,6
	Fino a 20	0,5
	Fino a 50	0,4
Motori da 2 a 10 KW	Fino a 10	0,7
	Fino a 50	0,45
Motori da 10 a 30 KW	Fino a 5	0,8
	Fino a 10	0,65
	Fino a 50	0,5
Motori oltre 30 KW	Fino a 2	0,9
	Fino a 5	0,7
	Fino a 10	0,6
Raddrizzatori		0,8
Saldatrici elettriche		0,4
Ascensori, montacarichi	Fino a 4	0,75
	Fino a 10	0,6
Illuminazione		0,8

Figura 2.6: Tabella valori - Fattore di contemporaneità (K_c)

○ Protezione contro i sovraccarichi

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 I_z$$

Dove:

I_b =	Corrente di impiego del circuito
I_n =	Corrente nominale del dispositivo di protezione
I_z =	Portata in regime permanente della conduttura
I_f =	Corrente di funzionamento del dispositivo di protezione

○ Protezione contro i cortocircuiti

$$I_{ccmax} \leq P.d.i$$

$$I^2 t \leq K^2 S^2$$

Dove:

I_{ccMax} =	Corrente di cortocircuito massima
P.d.i. =	Potere di interruzione apparecchiatura di protezione
$I^2 t$ =	Integrale di Joule della corrente di c.c. presunta (valore letto sulle curve delle apparecchiature di protezione)
K =	Coefficiente della conduttura utilizzata
S =	Sezione della conduttura

○ Protezione contro i contatti indiretti

✓ Sistemi TT:

$$R_E \times I_{\Delta n} \leq U_L$$

Dove:

R_E =	è la somma delle resistenze del dispersore e del conduttore di protezione in Ohm
$I_{\Delta n}$ =	è la corrente che provoca l'intervento automatico del dispositivo di protezione, in Ampere
U_L =	è la tensione di contatto limite in Volt

✓ Sistemi TN:

$$Z_S \times I_a \leq U_0$$

Dove:

U_0 =	Tensione nominale in c.a., valore efficace tra fase e terra, in Volt
Z_s =	Impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente, il conduttore attivo e di protezione tra punto di guasto e la sorgente
I_a =	Valore in Ampere, della corrente di intervento in 5 sec. o secondo le tabelle CEI 64-8/4 - 41A e/o 48A del dispositivo di protezione

✓ Sistemi IT:

$$R_T \times I_d \leq U_L$$

Dove:

R_T =	è la resistenza del dispersore al quale sono collegate le masse, in Ohm;
I_d =	è la corrente di guasto nel caso di primo guasto di impedenza trascurabile tra un conduttore di fase ed una massa, in Ampere. Il valore di I_d tiene conto delle correnti di dispersione verso terra e dell'impedenza totale di messa a terra dell'impianto; non è necessario interrompere il circuito in caso di singolo guasto a terra. Una volta manifestatosi un primo guasto, le condizioni di interruzione dell'alimentazione nel caso di un secondo guasto dipendono dalla condizione di collegamento delle masse verso terra.

○ Energia specifica passante

$$I^2t \leq K^2 S^2$$

Dove:

I^2t = Integrale di Joule della corrente di c.c. presunta (valore letto sulle curve delle apparecchiature di protezione)
K = Coefficiente della conduttura utilizzata
S = Sezione della conduttura

○ Caduta di tensione

$$\Delta V \leq K \times I_b \times L \times (R_l \cos\varphi + X_l \sin\varphi)$$

Dove:

I_b = corrente di impiego I_b o corrente di taratura I_n espressa in A
 R_l = resistenza (alla TR) della linea in Ω/km
 X_l = reattanza della linea in Ω/km
K = 2 per linee monofasi - 1,73 per linee trifasi
L = lunghezza della linea

○ Temperatura a regime del conduttore

$$T_R = T_Z + n^2 - T_A(n^2 - 1)$$

Dove:

T_R = è la temperatura a regime espressa in $^{\circ}\text{C}$
 T_Z = è la temperatura massima di esercizio relativa alla portata espressa in $^{\circ}\text{C}$
 T_A = è la temperatura ambiente espressa in $^{\circ}\text{C}$
n = è il rapporto tra la corrente d'impiego I_b e la portata I_z del cavo, ricavata dalla tabella delle portate adottata dall'utente

○ Corrente di cortocircuito minima a fondo linea

$$I_{ccmin} (\text{fondo linea}) > I_{int}$$

Dove:

I_{ccmin} = corrente di corto circuito minima tra fase e protezione calcolata a fondo linea considerando la sommatoria delle impedenze di protezione a monte del tratto in esame.
 I_{int} = corrente di corto circuito necessaria per provocare l'intervento della protezione entro 5 secondi o nei tempi previsti dalle tabelle CEI 64-8/4. (valore rilevato dalla curva I^2t della protezione) o, infine, il valore di intervento differenziale.

○ Lunghezza max per guasto a fondo linea o caduta di tensione eccessiva

Lunghezza massima della linea determinata dalla corrente di corto circuito a fondo linea e dalla caduta di tensione a fondo linea.

○ Calcolo della potenza del gruppo di rifasamento

$$Q_c = P \times (tg\varphi_i - tg\varphi_f)$$

Dove:

Q_c = è la potenza reattiva della batteria di rifasamento.
P = è la potenza attiva assorbita dall'impianto da rifasare.
 $tg\varphi_i$ = è la tangente dello sfasamento di partenza da recuperare.
 $tg\varphi_f$ = è la tangente dello sfasamento a cui si vuole arrivare.

2.2 IL MODELLO DEL PROGETTISTA ELETTRICO

L'utilizzo del metodo BIM per la progettazione degli impianti nasce dalla necessità di completezza di virtualizzazione del ciclo di vita di una costruzione.

Dovendo creare un modello che fornisca informazioni sull'opera, non è pensabile che il modello non includa al suo interno gli impianti e le informazioni ad essi associate.

Un modello BIM relativo ad un'opera o un insieme di opere, generalmente è composto da più modelli, in quanto ogni disciplina realizza uno studio specifico su una parte dell'opera.

Data la complessità di un progetto, non è sempre possibile inserire tutte le informazioni necessarie in un file di modello singolare; quindi, si è soliti creare un contenitore globale in cui vengono uniti tutti i modelli, consentendo l'analisi e il coordinamento di tutto il progetto. La federazione dei dati permette di possedere una correlazione univoca tra i diversi file, i quali, una volta unificati nel modello di coordinamento diventano solo interrogabili e non più modificabili.

I modelli e le discipline sono quindi legati tra loro e concorrono a formare il modello detto "federato" che è composto dai diversi modelli disciplinari.

Generalmente i singoli modelli disciplinari di cui è composto il modello federato sono:

- ✓ Modello Strutturale

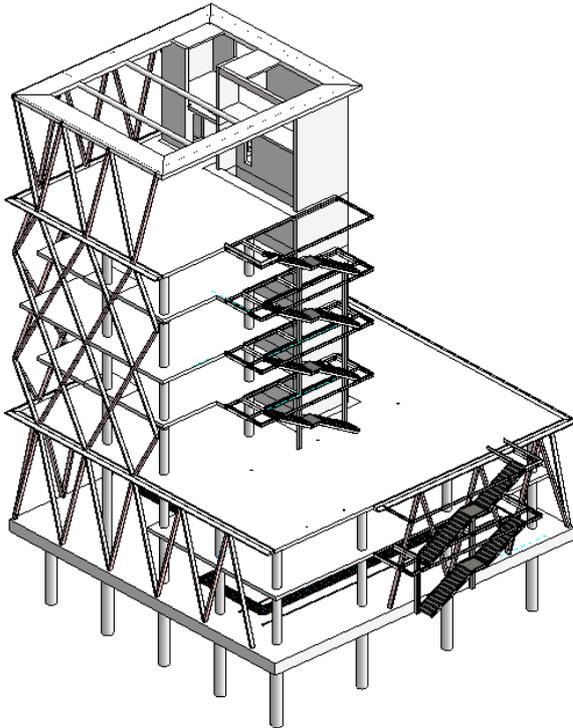


Figura 2.9: Esempio di modello BIM Strutturale

Il modello strutturale può essere suddiviso in più modelli per motivi di gestione, ad esempio:

- Modello delle fondazioni
- Modello dei collegamenti verticali (cavedi, scale, ...)
- Modello dei prefabbricati
- [...]

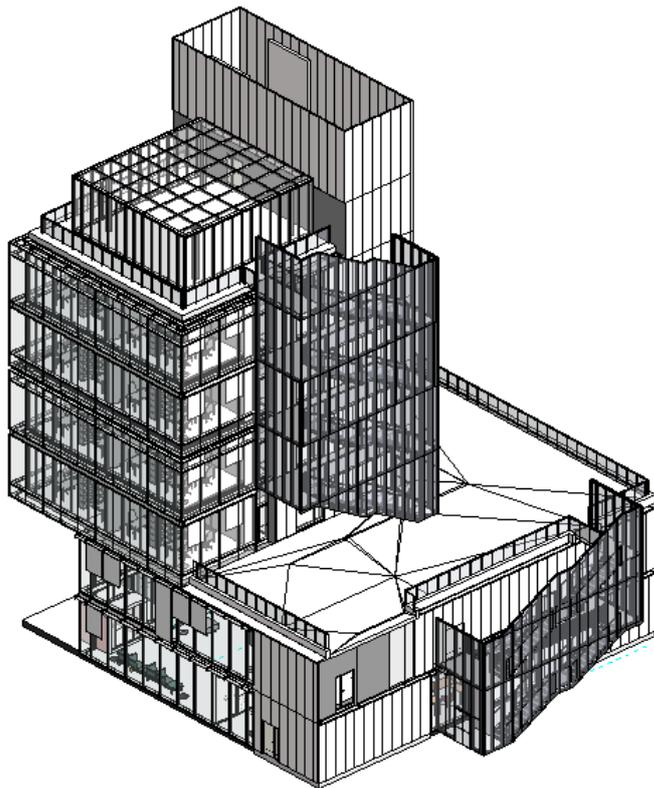


Figura 2.10: Esempio di modello BIM Architettonico

Il modello architettonico può essere suddiviso in più modelli per motivi di gestione, ad esempio:

Modello delle partizioni verticali

Modello delle facciate

Modello dei controsoffitti

Modello degli arredi

[...]

✓ Modello Meccanico

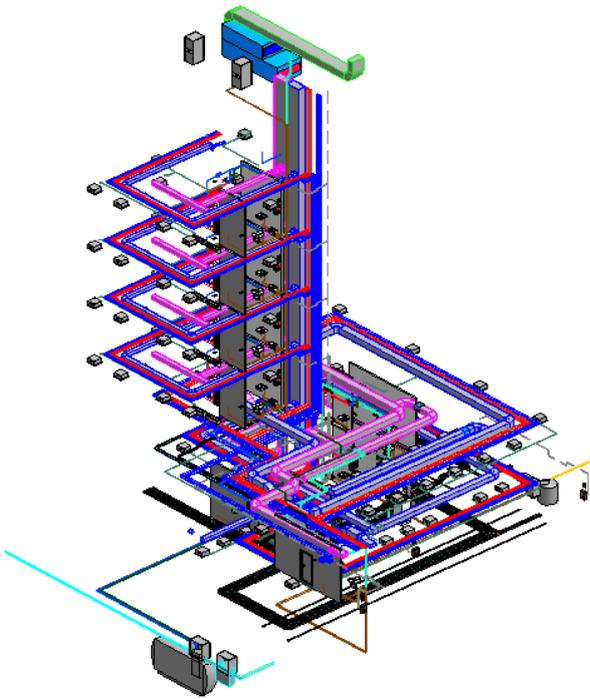


Figura 2.11: Esempio di modello BIM Meccanico

Il modello meccanico può essere suddiviso in più modelli per motivi di gestione, ad esempio:

- Modello HVAC
- Modello dell'antincendio
- Modello degli scarichi
- Modello delle acque meteoriche
- [...]

✓ Modello Elettrico

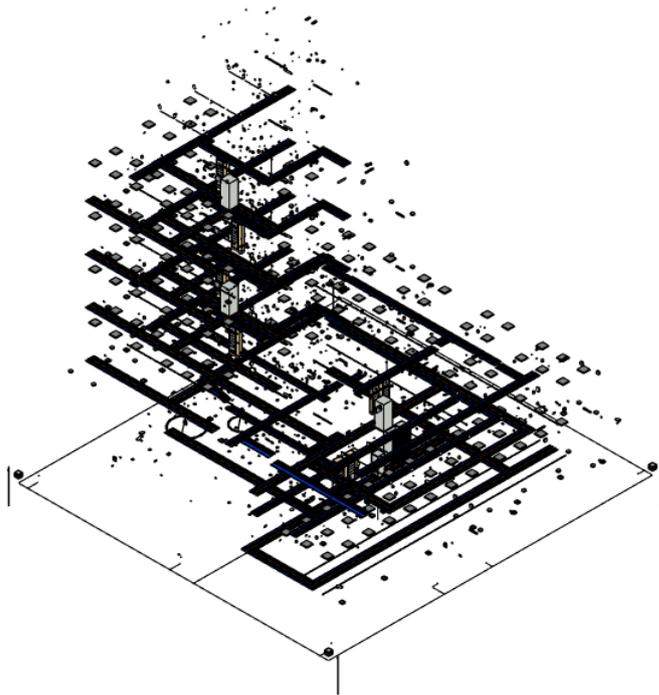


Figura 2.12: Esempio di modello BIM Elettrico

Il modello elettrico può essere suddiviso in più modelli per motivi di gestione, ad esempio:

- Modello impianti elettrici
- Modello impianti IRAI
- Modello impianti speciali
- [...]

Il coordinamento tra i modelli è fondamentale, per il fatto che il modello BIM deve risultare un unico modello finale e deve potersi interfacciare con un ambiente di condivisione.

Il modello federato risulta essere quindi l'output prodotto dal lavoro di progettazione:

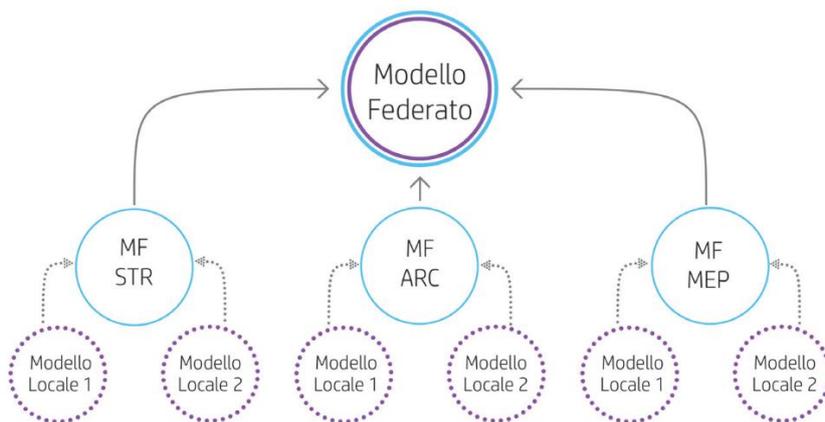


Figura 2.13: Esempio di interazione tra modelli BIM disciplinari tramite modello federato

Le caratteristiche dei singoli modelli BIM e del federato finale risultano essere:

- ✓ Possibilità di scambio di dati (condivisione)
- ✓ Interoperabilità tra i dati (esportazioni e importazioni di dati)
- ✓ Federazione di dati (collegamenti e link)
- ✓ Integrazione di dati (coordinamento tra i dati dei diversi modelli)

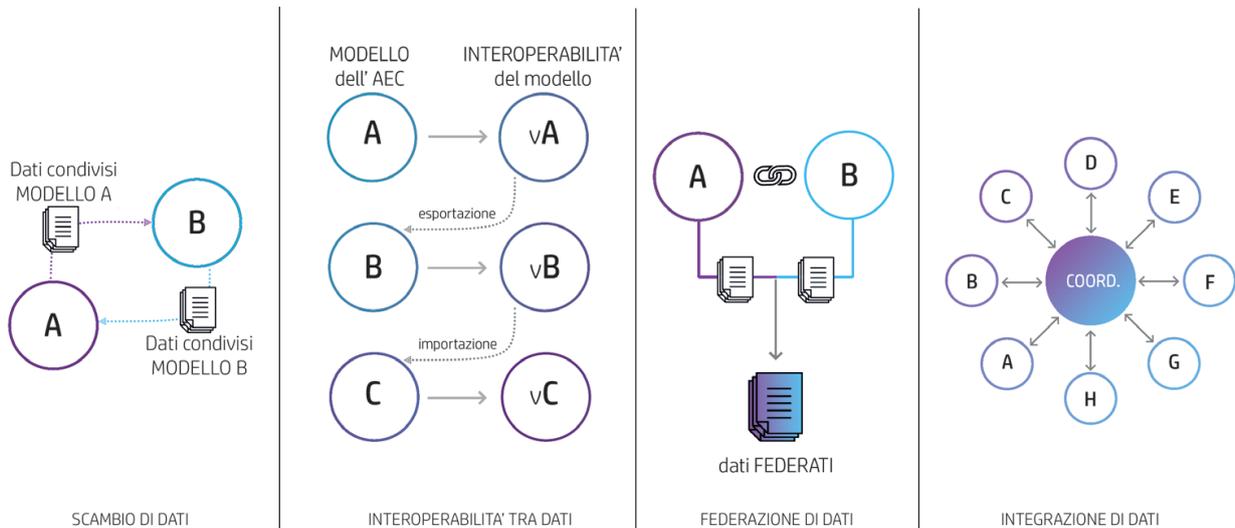


Figura 2.14: Caratteristiche di scambio dei dati tra modelli disciplinari

Volendosi occupare del modello degli impianti elettrici, risulta utile definire quali sono le necessità e le problematiche incontrate da un progettista elettrico in ambiente BIM:

- Il progettista elettrico deve poter definire una serie di impostazioni di tipo elettrico all'interno del modello che permettano l'inserimento delle informazioni e dati di tipo elettrico. Se l'ambiente BIM è sede di progettazione, il modello elettrico deve quindi poter ospitare una serie di settaggi e impostazioni che permettano al progettista di operare con tutti gli strumenti necessari per una corretta progettazione dell'impianto.

A titolo di esempio, il software Revit, utilizzato per la progettazione in ambiente BIM, permette di definire una serie di impostazioni elettriche:

Impostazioni elettriche

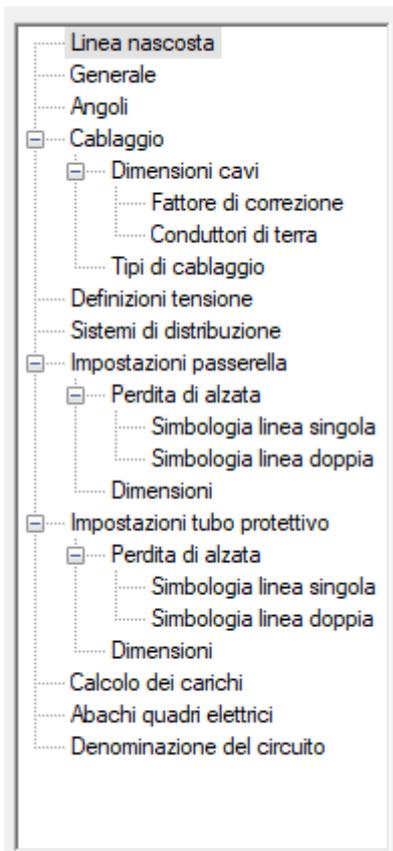


Figura 2.15: Impostazioni elettriche gestibili all'interno del software Revit

Molte impostazioni elettriche, seppur “desiderate” dal progettista, non sono ancora ad oggi implementate nei software disponibili, se non attraverso la manipolazione del programma o tramite plug-in o implementazioni esterne.

- Nel settore delle costruzioni, spesso le informazioni di tipo elettrico sono standardizzate o ripetibili, quindi il progettista può avvalersi di un template di partenza, in modo tale da uniformare le informazioni di partenza comuni alla maggior parte dei progetti.

Esempio:

il software Revit permette di generare una base progettuale grazie allo strumento del “modello di progetto”, il quale genera un template di partenza da utilizzare per diversi progetti.

In tale modello di progetto è possibile salvare le impostazioni elettriche utilizzate frequentemente nei progetti e ottenere quindi un modello di “default” per l'impianto elettrico.

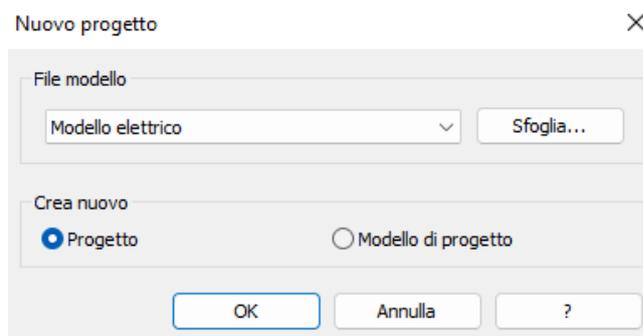


Figura 2.16: Modello elettrico utilizzabile all'interno del software Revit

- I componenti facenti parte dell'impianto elettrico devono poter possedere tutte le caratteristiche elettriche necessarie alla progettazione o almeno alla definizione dei risultati ottenuti da software di calcolo esterni al modello BIM.

Esempio:

se si deve progettare un'alimentazione relativa ad un'utenza, tale alimentazione deve possedere i dati elettrici ricavati da un calcolo effettuato al di fuori dal modello BIM, ovvero deve poter ospitare gli output di calcolo.

Certamente sarebbe più utile se il calcolo stesso fosse effettuato nel modello BIM o che fosse possibile "agganciare" i calcoli al modello.

- Il progettista elettrico, per natura della sua disciplina, necessita di operare con i circuiti elettrici, i quali sono veicolo informativo nel modello BIM.
Il modello deve quindi permettere la completa gestione dei circuiti elettrici.

Esempio:

il software Revit permette di inserire all'interno di un componente, un connettore elettrico che rende possibile la creazione di un circuito a cui associare il componente stesso.

La gestione completa dei circuiti sul modello BIM ad oggi è ancora poco sviluppata dai software che gestiscono i modelli.

- Il modello elettrico deve poter interagire con le altre discipline, in termini di collegamento; quindi, i componenti non strettamente di proprietà dell'impianto elettrico o non modellati dal progettista elettrico devono poter essere collegati all'impianto e gestibili elettricamente.

Esempio:

se un apparecchio di illuminazione viene progettato e inserito dalla disciplina architettonica, esso deve poter essere gestito elettricamente dal progettista elettrico.

Lo stesso vale per gli impianti meccanici.

- Il modello elettrico concorre alla definizione di un modello unico, il quale è soggetto ad una precisa classificazione dei componenti, generalmente decisa dal committente.
Questo significa che il progettista ha necessità di conoscere tale classificazione e, se possibile, può proporre, alcune modifiche alla classificazione per migliorarne la funzionalità.

Si citano a tal proposito alcuni sistemi di classificazione ad oggi utilizzati:

- ✓ Norma UNI ISO 12006
- ✓ Norma UniClass 2015
- ✓ Norma UniFormat II
- ✓ Norma OmniClass
- ✓ Norma MasterFormat
- ✓ [...]

Spesso il progettista deve affrontare la poca uniformità tra le diverse classificazioni o l'errata scelta di abbinamento tra i componenti e le classi disponibili.

- Il modello elettrico, se utilizzato per la progettazione, deve garantire un output utile al cantiere, in quanto la successiva fase alla progettazione è la realizzazione.
Un modello elettrico può essere ben modellato, ben classificato e funzionare dal punto di vista elettrotecnico e impiantistico, ma se non permette una facile lettura al cantiere durante la realizzazione, risulta di ostacolo a questa fase.

2.3 ANALISI DEI COMPONENTI OFFERTI DAI PRODUTTORI

Nello svolgimento della progettazione sul modello BIM, il progettista si trova a dover inserire e utilizzare un certo numero di componenti che realizzano una o più funzioni di uno specifico oggetto reale.

Nello specifico, il progettista elettrico si trova a far fronte ad alcune problematiche intrinseche dei componenti che fanno parte di un impianto elettrico:

- Ordini di grandezza dimensionali:

La componentistica elettrica è generalmente di dimensioni ridotte. Questo rende difficoltoso l'inserimento di un oggetto in pianta, in quanto se ne perde la visualizzazione.

La questione è un problema di ordini di grandezza: un componente elettrico ha dimensioni geometriche generalmente di ordini di grandezza inferiori a quelle dell'edificio che lo ospita.

- I componenti elettrici hanno geometrie particolari e non sempre facilmente generalizzabili:

Rappresentare una presa elettrica che geometricamente rappresenti più tipologie di prese con la sola informazione geometrica, non risulta fattibile.

Ad esempio, un apparecchio di illuminazione, ha geometrie differenti e diverse tra loro.

- Informazioni dei componenti elettrici:

Nonostante le dimensioni ridotte e le geometrie specifiche, le informazioni elettriche che compongono un elemento elettrico sono innumerevoli (tensione, potenza, cavi elettrici connessi, circuito associato, fattore di potenza, protezione a monte, sub-componenti, ...)

- Circuiti elettrici:

Il cuore di un componente elettrico è il circuito; senza di esso il componente risulta privo di una grande quantità di informazioni.

Ad esempio, una presa elettrica non collegata ad un circuito specifico, mantiene le sole informazioni relative alla massima corrente di impiego e alla tensione di esercizio.

- Livello di sviluppo:

I componenti elettrici devono poter rispettare la normativa in termini di "livello di sviluppo" (LOD) all'interno di un modello BIM; a tal proposito si ricordano alcune definizioni, derivanti dalla norma UNI 11337-4:

- ✓ Livello di sviluppo degli oggetti digitali (LOD):
Livello di approfondimento e stabilità dei dati e delle informazioni degli oggetti digitali che compongono il modello
- ✓ Livello di sviluppo degli oggetti – attributi geometrici (LOG):
Parte costituente dei LOD, assieme ai LOI, riferita agli attributi geometrici
- ✓ Livello di sviluppo degli oggetti – attributi informativi (LOI):
Parte costituente dei LOD, assieme ai LOG, riferita agli attributi NON geometrici

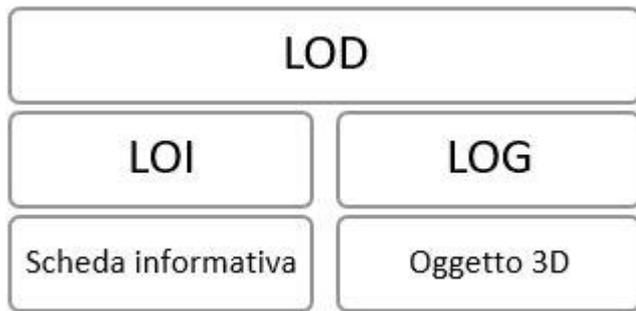


Figura 2.17: LOI e LOG

Nonostante queste problematiche che rendono non immediato l’inserimento dei componenti elettrici in un modello BIM, molti produttori di componentistica hanno creato una serie di librerie contenenti i modelli dei propri componenti, per cercare di offrire ai progettisti degli oggetti utili.

L’analisi che è stata avviata è proprio quella di verificare tra i vari produttori, quali siano i componenti disponibili e quali informazioni essi contengano, per verificarne l’utilità in termini progettuali con la metodologia BIM.

Si ricorda che, avendo utilizzato il software “Revit” come strumento di gestione del modello BIM nell’ambito di questo elaborato, i componenti inseriti in un modello verranno spesso chiamati con il nome di “famiglie di componenti” o semplicemente “famiglie”.

La verifica è stata fatta creando su una chiave di lettura basata sul livello di informazione:

LIVELLO DI INFORMAZIONE



Figura 2.18: Chiave di lettura per l’analisi delle famiglie dei produttori

Le informazioni analizzate sono state raggruppate nei seguenti gruppi:

Informazioni LOG:

- ✓ Simbolo
- ✓ Oggetto 3D
- ✓ Parametri geometrici

Informazioni LOI:

- ✓ Parametri elettrici
- ✓ Altri parametri

Si riportano di seguito alcuni risultati relativi alle analisi effettuate:

Impianto di distribuzione

Quadri elettrici - quadri secondari e centralini					
	SIMBOLO	OGGETTO 3D	PARAMETRI GEOMETRICI	PARAMETRI ELETTRICI	ALTRI PARAMETRI
ABB	MANCANTE / INSUFFICIENTE Non è presente un simbolo per livelli di dettaglio bassi	SUFFICIENTE Famiglie sparse, download e ricerca prodotti dispersivi	SUFFICIENTE Dimensioni modificabili, se ci fossero più tipi sarebbe più pratico	SUFFICIENTE Mancano informazioni elettriche di base sui componenti	ECESSIVA / NON UTILE Eccesso di informazioni non utili
BTICINO	FAMIGLIA ASSENTE	FAMIGLIA ASSENTE	FAMIGLIA ASSENTE	FAMIGLIA ASSENTE	FAMIGLIA ASSENTE
EAE	FAMIGLIA ASSENTE	FAMIGLIA ASSENTE	FAMIGLIA ASSENTE	FAMIGLIA ASSENTE	FAMIGLIA ASSENTE
GEWISS	MANCANTE / INSUFFICIENTE Simbologia non utile	SUFFICIENTE Livello di dettaglio medio/alto Sono presenti più famiglie quando si potrebbero avere più tipi in poche famiglie	SUFFICIENTE Dimensioni modificabili, se ci fossero più tipi sarebbe più pratico	UTILE Tensione, corrente, Grado IP	ECESSIVA / NON UTILE Scheda produttore, catalogo, serie, codice, modello, molti parametri IFC
SCHNEIDER	MANCANTE / INSUFFICIENTE Non è presente un simbolo per livelli di dettaglio bassi	UTILE Dettaglio elevato, più tipologie dentro la stessa famiglia	UTILE Dimensioni modificabili, sia manualmente che con il tipo	UTILE	ECESSIVA / NON UTILE Eccesso di informazioni non utili e parametri IFC

Figura 2.19: Analisi delle famiglie di produttori di quadri elettrici

Impianto di forza motrice

	SIMBOLO	OGGETTO 3D	PARAMETRI GEOMETRICI	PARAMETRI ELETTRICI	ALTRI PARAMETRI
ABB	UTILE Simbologia semplice Possibilità di movimentazione di simboli	SUFFICIENTE Presente plugin per BIM (brand Niessen) Poco intuitivo e pratico	SUFFICIENTE	MANCANTE / INSUFFICIENTE Mancano informazioni elettriche di base sui componenti	ECESSIVA / NON UTILE Scheda produttore, catalogo, serie, codice, modello, molti parametri IFC
BTICINO	MANCANTE / INSUFFICIENTE Non è presente un simbolo per livelli di dettaglio bassi	SUFFICIENTE Frutti e scatole separati (difficile) Sono presenti più famiglie quando si potrebbero avere più tipi in poche famiglie	UTILE Parametri materiale, dimensioni e fori	SUFFICIENTE Sui singoli frutti, troppo puntuale	UTILE Parametri limitati e non dispersivi
GEWISS	SUFFICIENTE Limiti sul movimento del simbolo	SUFFICIENTE Livello di dettaglio medio/alto Sono presenti più famiglie quando si potrebbero avere più tipi in poche famiglie	UTILE Parametri materiale, dimensioni e fori	MANCANTE / INSUFFICIENTE Tensione e Grado IP Manca il connettore elettrico	ECESSIVA / NON UTILE Scheda produttore, catalogo, serie, codice, modello, molti parametri IFC
SCHNEIDER	FAMIGLIA ASSENTE	FAMIGLIA ASSENTE	FAMIGLIA ASSENTE	FAMIGLIA ASSENTE	FAMIGLIA ASSENTE
VIMAR	UTILE Simboli in modalità etichette	UTILE Presente plugin per BIM Oggetto varia con il livello di dettaglio	SUFFICIENTE	MANCANTE / INSUFFICIENTE Pochi parametri elettrici Manca il connettore elettrico	UTILE Parametri limitati e non dispersivi

Figura 2.20: Analisi delle famiglie di produttori di prese elettriche

Impianto di illuminazione

	SIMBOLO	OGGETTO 3D	PARAMETRI GEOMETRICI	PARAMETRI ELETTRICI	ALTRI PARAMETRI
GEWISS	MANCANTE / INSUFFICIENTE	UTILE	UTILE	MANCANTE / INSUFFICIENTE	ECESSIVA / NON UTILE
	Un solo simbolo per ogni tipo di apparecchio di illuminazione Simbolo non coincidente con l'oggetto	Una famiglia contenente molti tipi	Dati illuminotecnici e fotometrie presenti per ogni tipo	Tensione e Grado IP Manca il connettore elettrico	Scheda produttore, catalogo, serie, codice, modello, molti parametri IFC
PHILIPS	MANCANTE / INSUFFICIENTE	UTILE	UTILE	UTILE	UTILE
	Analizzare la fattibilità di un simbolo adeguato nel caso di dimensioni ridotte				
IGUZZINI	UTILE	UTILE	ECESSIVA / NON UTILE	UTILE	ECESSIVA / NON UTILE
	Etichetta associata all'annotazione		Presenti molti parametri	Connettore presente, parametri elettrici associati correttamente	Troppi parametri per la gestione del simbolo
ZUMTOBEL	MANCANTE / INSUFFICIENTE	UTILE	UTILE	UTILE	UTILE
	Analizzare la fattibilità di un simbolo adeguato nel caso di dimensioni ridotte				

Figura 2.21: Analisi delle famiglie di produttori di apparecchi di illuminazione

Impianti IRAI

Rivelazione incendi / EVAC					
	SIMBOLO	OGGETTO 3D	PARAMETRI GEOMETRICI	PARAMETRI ELETTRICI	ALTRI PARAMETRI
NOTIFIER	MANCANTE / INSUFFICIENTE	SUFFICIENTE	MANCANTE / INSUFFICIENTE	MANCANTE / INSUFFICIENTE	MANCANTE / INSUFFICIENTE
		Mancano molti prodotti e le famiglie sembrano più illustrative che funzionali			
TUTONDO	FAMIGLIA ASSENTE	FAMIGLIA ASSENTE	FAMIGLIA ASSENTE	FAMIGLIA ASSENTE	FAMIGLIA ASSENTE
BOSCH	MANCANTE / INSUFFICIENTE	UTILE	UTILE	UTILE	SUFFICIENTE
					Affinare circuiti per collegamento a centralina Mancano raggi copertura in pianta

Figura 2.22: Analisi delle famiglie di produttori di componenti per impianti IRAI

L'analisi ha portato alla luce le problematiche citate in precedenza e dimostra come l'informazione di tipo elettrico sia difficoltosa da gestire all'interno di un componente BIM.

Tuttavia, l'analisi ha avuto il vantaggio di offrire al progettista numerose idee per la soluzione dei problemi relativi alle famiglie elettriche.

Si vuole ricordare che il progettista non è tenuto a dover utilizzare i modelli offerti dai produttori durante un progetto.

Ad esempio, durante uno studio di fattibilità o un progetto definitivo, molti dei componenti vengono progettati in modo tale che rispettino determinate caratteristiche, ma tali caratteristiche possono essere soddisfatte da più componenti afferenti anche a produttori diversi.

Questo fatto, ancora prima dell'avvento della metodologia BIM, ha portato molti studi di progettazione, imprese e professionisti a crearsi delle proprie librerie di componenti in CAD.

Uno degli obiettivi di questo elaborato sarà proprio quello di modellare e parametrizzare alcune famiglie al fine di ottenere dei componenti utili all'interno dell'ambiente BIM.

2.4 I COMPONENTI DEL PROGETTISTA ELETTRICO

Nell'ambito della progettazione in CAD, la componentistica viene rappresentata attraverso dei simboli, i quali possono essere visualizzati in viste di pianta o sezioni.

Le tecniche di creazione di tali simboli possono essere diverse, ma tutte permettono la sola manipolazione della rappresentazione grafica o al massimo permettono l'inserimento di alcuni attributi.

Nell'ambito della metodologia di progettazione BIM, la creazione e gestione dei componenti non si ferma più al solo aspetto grafico, in quanto il componente, oltre ad essere rappresentato nello spazio, contiene al suo interno una serie di informazioni e dati che lo caratterizzano e che partecipano alla creazione del modello BIM stesso.

Nasce quindi una nuova azione, cioè quella del "modellare" e la conseguente figura del "modellatore".

Modellare un componente non significa soltanto rappresentarlo geometricamente ma anche definirlo nel suo complesso, attraverso una serie di parametri che devono potersi adattare al modello BIM di un progetto, piuttosto che di un altro.

Un componente modellato secondo criterio può diventare quindi una vera e propria soluzione alla progettazione nonché un mattone solido e affidabile per il modello BIM di cui è parte.

Scopo di questa tesi è anche quello di approfondire l'aspetto della modellazione, al fine di ottenere uno standard realizzativo e una libreria di componenti utili al progettista dal punto di vista funzionale; tali componenti devono anche permettere a chi accede al modello BIM (progettista, impresa, cantiere, committente, direzione lavori, ...) di ottenere le informazioni utili relative a componenti stessi, in modo corretto, rapido ed efficace.

Ovviamente, compito del progettista è anche quello di "curare" le proprie librerie di componenti, in quanto con l'avanzare del progresso tecnologico, anche i componenti virtuali devono potersi aggiornare seguendo le loro controparti reali o possono beneficiare delle nuove funzionalità offerte dai software di modellazione.

Per la tesi in esame, si è scelto di dedicare l'attenzione ad alcune delle famiglie tipologiche più intime dell'impianto elettrico:

- ✓ Quadri elettrici
- ✓ Passerelle per la distribuzione
- ✓ Componenti di forza motrice (prese elettriche e punti di alimentazione)
- ✓ Componenti per l'illuminazione (apparecchi e dispositivi)
- ✓ Componenti di cablaggio strutturato (rack e prese dati)

Si è inoltre voluto approfondire l'aspetto più importante della componentistica elettrica: i circuiti e la loro implementazione all'interno del software "Revit", al fine di generare informazioni corrette associate al modello BIM.

Un altro punto fondamentale per la gestione ottimale delle famiglie è l'organizzazione dei parametri condivisi. Il lavoro di organizzazione e ottimizzazione delle famiglie di componenti, si basa infatti sulla creazione di una serie di parametri da inserire all'interno delle diverse famiglie. Tali parametri, se condivisibili tra più famiglie sono detti appunto "parametri condivisi".

La definizione dei parametri condivisi, secondo il software Revit, è la seguente:

I parametri condivisi sono definizioni di parametri che è possibile aggiungere a famiglie o progetti. Le definizioni dei parametri condivisi vengono memorizzate in un file indipendente da qualsiasi file di famiglia o progetto di Revit; in tal modo è possibile accedere al file da diverse famiglie o diversi progetti. Il parametro condiviso è una definizione di un contenitore di informazioni utilizzabili in più famiglie o progetti. Le informazioni definite in una famiglia o in un progetto mediante il parametro condiviso non vengono applicate automaticamente ad un'altra famiglia o progetto utilizzando lo stesso parametro condiviso.

Tali parametri sono stati suddivisi in "gruppi" personalizzabili all'interno dello stesso file di parametri.

Ogniqualvolta si reputava necessario creare un parametro utile a più famiglie, esso veniva aggiunto alla lista dei parametri condivisi e successivamente inserito all'interno della famiglia.

```
File Modifica Formato Visualizza ?
# This is a Revit shared parameter file.
# Do not edit manually.
*META VERSION MINVERSION
META 2 1
*GROUP ID NAME
GROUP 1 Quadri elettrici - Dimensioni
GROUP 2 Quadri elettrici - Materiali
GROUP 3 Quadri elettrici - Costruzione
GROUP 4 Circuiti elettrici - Elettrico
GROUP 5 Interruttori - Dimensioni
GROUP 6 Interruttori - Costruzione
GROUP 7 Interruttori - Materiali
GROUP 8 Prese elettriche - Costruzione
GROUP 9 Simboli elettrici
GROUP 10 Scatole elettriche - Dimensioni
GROUP 11 Scatole elettriche - Costruzione
GROUP 12 Scatole elettriche - Materiali
GROUP 13 Prese elettriche - Materiali
GROUP 14 Prese elettriche - Vincoli
GROUP 15 Dati
GROUP 16 Abaco quadri elettrici - Circuiti elettrici
GROUP 17 Passerelle - Costruzione
GROUP 18 Torrette - Costruzione
GROUP 19 Torrette - Vincoli
GROUP 20 Varie
GROUP 21 Prese dati - Costruzione
GROUP 22 Condotti sbarre - Costruzione
GROUP 23 Condotti sbarre - Materiali
GROUP 24 Apparecchi per illuminazione - Dimensioni
GROUP 25 Apparecchi per illuminazione - Materiali
GROUP 26 Apparecchi per illuminazione - Costruzione
```

Figura 2.23: Esempio di file di testo contenente i parametri condivisi

Durante l'inserimento dei parametri all'interno della famiglia si poteva scegliere un gruppo di appartenenza ma tali gruppi, seppur numerosi, non potevano essere personalizzabili.

Si è scelto quindi, di nominare i gruppi dei parametri condivisi secondo lo schema dei gruppi disponibili all'interno delle famiglie di Revit, con l'intento di creare una sorta di standard organizzativo per classificare in modo intelligente i parametri.

La classificazione che si è seguita è la seguente:

- Parametri di Vincolo

Utili all'inserimento di quote e parametri di appoggio per la costruzione della famiglia.

- Parametri di Costruzione

Utili alla realizzazione delle diverse tipologie del componente all'interno della stessa famiglia.

- Parametri di Grafica

Utili all'associazione e gestione del simbolo da visualizzare in pianta e nelle legende.

- Parametri di Materiale e finiture

Utili all'associazione dei materiali ai componenti modellati.

- Parametri Elettrici

Utili alla modifica e lettura dei dati elettrici durante la fase progettuale nonché all'associazione del componente al quadro elettrico (circuiti).

- Parametri di Dati

Utili all'inserimento e visualizzazione delle caratteristiche del componente, delle eventuali specifiche e dell'eventuale tariffa da elenco prezzi.

- Parametri di Visibilità

Utili alla modifica del colore del simbolo in pianta e corrispondono alla tipologia di rete che alimenta il componente (tipologia di sorgente).

Per favorire una rapida lettura dei simboli in pianta, è stata creata inoltre una classificazione delle sorgenti basate sul colore, per evidenziare a quale sezione di quadro fa riferimento una data utenza.

Tale schema verrà implementato nell'analisi delle passerelle portacavi e verrà utilizzato per tutte le famiglie in modo da creare uno standard di progettazione e trasmettere l'informazione nel modello in modo univoco (vedere capitolo 3).

Sono state inoltre definite le appartenenze alle categorie, per rendere classificate in modo coerente le famiglie all'interno del modello BIM.

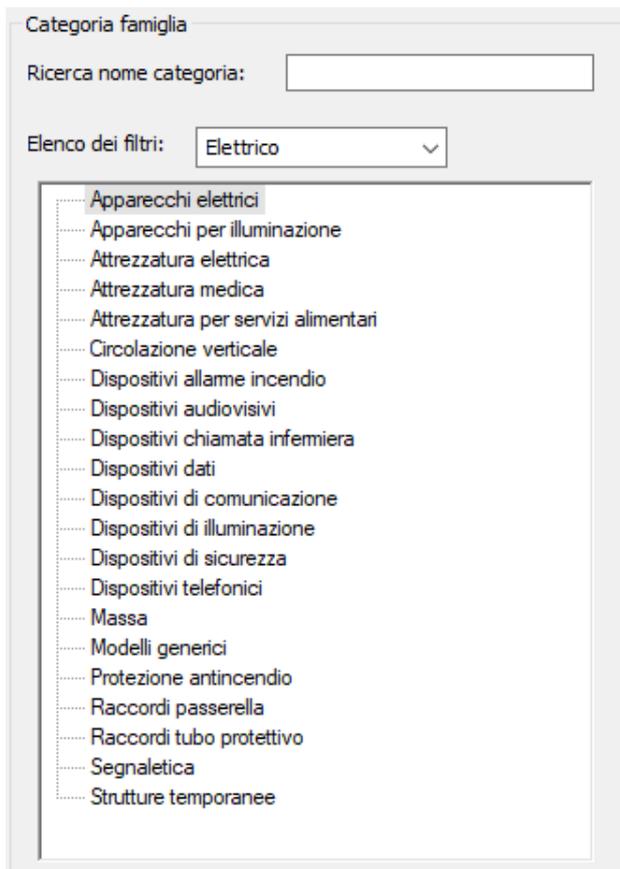


Figura 2.24: Classificazione delle categorie di componenti secondo il software Revit

- **Apparecchi elettrici:**
 - ✓ Prese civili
 - ✓ Prese industriali
 - ✓ Condotti sbarre
 - ✓ Punti di alimentazione
 - ✓ Torrette
 - [...]
- **Apparecchi per illuminazione:**
 - ✓ Corpi illuminanti
- **Attrezzatura elettrica:**
 - ✓ Quadri elettrici
 - ✓ Testate di alimentazione condotti sbarre
 - ✓ Armadi di cablaggio strutturato (Rack)
 - ✓ Centrali impianti IRAI (Rivelazione fumi, EVAC)
 - ✓ Centrali impianti speciali
 - [...]

- Dispositivi allarme incendio:
 - ✓ Rivelatori di calore/fumo
 - ✓ Diffusori di suono
 - ✓ Componenti rivelazione incendi (pulsanti, targhe ottico-acustiche, ...)
[...]

- Dispositivi chiamata infermiera:
 - ✓ Componenti chiamata disabili
 - ✓ Componenti chiamata infermiera
[...]

- Dispositivi dati:
 - ✓ Prese dati a parete
 - ✓ Prese dati entro torrette
[...]

- Dispositivi di comunicazione:
 - ✓ Componenti impianto citofonico
 - ✓ Componenti impianto videocitofonico
[...]

- Dispositivi di illuminazione:
 - ✓ Comandi luce
 - ✓ Sensori luce
[...]

- Dispositivi di sicurezza:
 - ✓ Componenti impianti speciali (TVCC, antintrusione, controllo accessi, ...)
[...]

Un ultimo punto di notevole importanza è la questione del livello di dettaglio, strumento che in Revit permette di definire un livello di visualizzazione di uno o più componenti, basato su tre livelli (alto, medio, basso).

Per la tesi in esame si è scelto di standardizzare tale operazione e di associare a ciascuno di questi livelli una determinata visualizzazione in pianta:

○ Livello Alto:

sono visibili in pianta i soli componenti 3D, nelle loro dimensioni reali e con tutti i dettagli con i quali sono stati modellati

○ Livello Medio:

sono visibili in pianta i componenti 3D e i loro simboli associati (se presenti). I componenti 3D in alcuni casi sono limitati alle sole componenti principali

○ Livello Basso:

è il livello di rappresentazione in tavola. I componenti sono invisibili, mentre sono resi visibili tutte le simbologie ad essi associate.

3 FAMIGLIE PER GLI IMPIANTI ELETTRICI

3.1 PASSERELLE PORTACAVI IN BIM

Le “vie cavo” sono il mezzo attraverso il quale viene sviluppata la distribuzione di un impianto elettrico.

Le vie cavi sono particolarmente importanti dal punto di vista informativo, in quanto contengono al loro interno le informazioni riguardanti i cavi e i circuiti presenti in un impianto elettrico. Permettono inoltre di visualizzare i percorsi principali di un impianto.

In questa tesi verranno analizzate le passerelle portacavi, le quali sono un caso particolare di via cavo, al cui insieme appartengono anche i tubi protettivi e le canalizzazioni.

Il software Revit non permette una personalizzazione degli elementi rettilinei della famiglia delle passerelle, in quanto sono una “famiglia di sistema”, le quali, diversamente dalle “famiglie caricabili”, non possono essere modellate ma solo implementate a livello di parametri.

Sono però modellabili gli elementi di raccordo delle passerelle, in quanto possono essere di diverso tipo.

Le tipologie di passerelle/canaline portacavi maggiormente utilizzate sono:

○ Passerelle portacavi chiuse (con o senza coperchio):

✓ Zincatura a caldo Sendzimir:

Ambienti interni, atmosfera non aggressiva, dove richiesta protezione dei cavi, IP40 se presente coperchio

✓ Acciaio zincato a caldo dopo lavorazione:

Ambienti interni o esterni, atmosfera aggressiva, dove richiesta protezione dei cavi, IP40 se presente coperchio

✓ Acciaio INOX:

Ambienti interni, atmosfera non aggressiva, dove non richieste particolari protezioni anticorrosione delle passerelle (assenza di zincatura), IP40 se presente coperchio

Larghezze (mm): 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600

Altezze (mm): 50, 75, 100

Numero setti: 1,2,3

○ Passerelle portacavi asolate (con o senza coperchio):

✓ Zincatura a caldo Sendzimir:

Ambienti interni, atmosfera non aggressiva, dove richiesta aerazione dei cavi, IP20 se presente coperchio

✓ Acciaio zincato a caldo dopo lavorazione:

Ambienti interni o esterni, atmosfera aggressiva, dove richiesta aerazione dei cavi, IP20 se presente coperchio

- ✓ Acciaio INOX:
Ambienti interni, atmosfera non aggressiva, dove non richieste particolari protezioni anticorrosione delle passerelle (assenza di zincatura), IP20 se presente coperchio

Larghezze (mm): 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600

Altezze (mm): 50, 75, 100

Numero setti: 1,2,3

- Passerelle portacavi a filo:

- ✓ Acciaio INOX:
Ambienti interni, atmosfera non aggressiva, dove richiesta aerazione e agevolazione dell'ingresso/uscita dei cavi.

Larghezze (mm): 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600

Altezze (mm): 35, 60, 85, 110

- Passerelle portacavi a traversini:

- ✓ Zincatura a caldo Sendzimir:
Ambienti interni, atmosfera non aggressiva, cavi di elevata portata

- ✓ Acciaio zincato a caldo dopo lavorazione:
Ambienti interni o esterni, atmosfera aggressiva, cavi di elevata portata

- ✓ Acciaio INOX:
Ambienti interni, atmosfera non aggressiva, dove non richieste particolari protezioni anti corrosione delle passerelle (assenza di zincatura)

- ✓ Fibra di vetro:
Ambienti interni o esterni, atmosfera aggressiva e resistenza al fuoco, isolamento elettrico, cavi di elevata portata

Larghezze (mm): 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600

Altezze (mm): 100

- Canali portacavi e porta apparecchi con coperchio:

- ✓ Minicanali in PVC:
Ambienti interni o esterni, atmosfera non aggressiva, distribuzione terminale, dove richiesto cablaggio terminale ordinato per piccole sezioni, IP40 con coperchio

Larghezze (mm): 20, 30, 40, 50, 60

Altezze (mm): 10, 15, 20

Numero scomparti: 1,2,3

- ✓ Canali in PVC asolati:
Ambienti interni o esterni, atmosfera non aggressiva, distribuzione terminale, dove richiesta organizzazione di cablaggio, IP20 con coperchio

Larghezze (mm): 15, 25, 40, 60, 80, 100, 120, 150

Altezze (mm): 20, 30, 40, 60, 80, 100

Numero scomparti: 1

- ✓ Canali in PVC:
Ambienti interni o esterni, atmosfera non aggressiva, distribuzione terminale, IP40 con coperchio

Larghezze (mm): 40, 60, 80, 100, 150, 200

Altezze (mm): 40, 60, 80

Numero scomparti: 1

○ Canali battiscopa, cornice e sopra pavimento:

- ✓ Canali in PVC:
Ambienti interni, atmosfera non aggressiva, distribuzione terminale, IP40 con coperchio

Larghezze (mm): 80, 120

Altezze (mm): 20

Numero scomparti: 1,2,3,4,5

I parametri utili dal punto di vista informativo sono:

- ✓ Costruzione (chiusa, asolata, a filo, ...)
- ✓ Materiale
- ✓ Dimensioni (larghezza e altezza)
- ✓ Coperchio
- ✓ Numero setti
- ✓ Grado di protezione (IP)
- ✓ Servizio

Il primo passo è stato quello di modellare e ottimizzare il raccordo delle passerelle.

Le passerelle elettriche possono tra loro essere collegate, in modo analogo a quanto avviene nella realtà, cioè attraverso i raccordi.

I raccordi delle passerelle sono i seguenti:

- ✓ Curvatura orizzontale

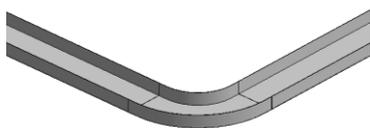


Figura 3.1: Curvatura orizzontale passerella

- ✓ Curvatura interna verticale

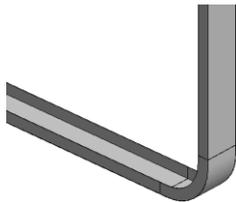


Figura 3.2: Curvatura interna verticale passerella

- ✓ Curvatura esterna verticale

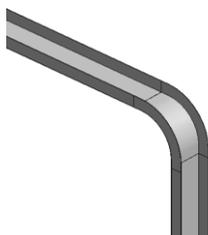


Figura 3.3: Curvatura esterna verticale passerella

- ✓ Raccordo a "T"

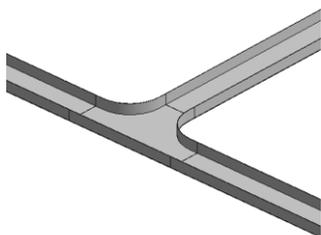


Figura 3.4: Raccordo a "T" passerella

- ✓ Raccordo a croce

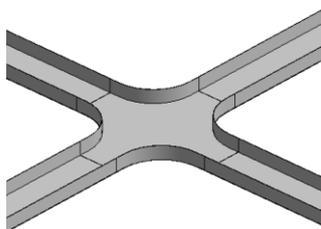


Figura 3.5: Raccordo a croce passerella

- ✓ Transizione

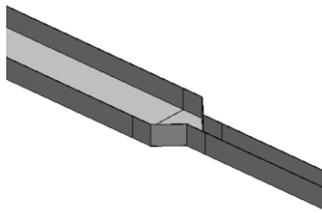


Figura 3.6. Transizione passerella

✓ Unione

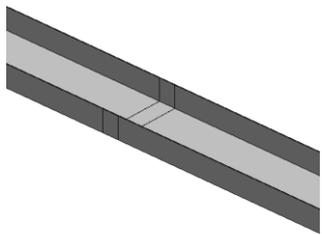


Figura 3.7: Unione passerella

Al momento del posizionamento nel modello della passerella, è necessario associare i diversi raccordi oppure utilizzare quelli già associati di default.

Si vuole analizzare il raccordo “curvatura orizzontale” come caso esempio per poter effettuare delle ottimizzazioni sulla famiglia.

La scheda dei tipi di famiglia del raccordo “curvatura orizzontale” di una passerella si presenta nel seguente modo:

Tipi di famiglia

Nome del tipo: Standard

Parametri di ricerca

Parametro	Valore	Formula	Blocca
Vincoli			
Prospetto di default	0.0	=	<input type="checkbox"/>
Grafica			
Utilizza scala di annotazione (default)	<input type="checkbox"/>	=	
Quote			
Larghezza passerella (default)	75.0	=	
Altezza passerella (default)	32.0	=	
Spessore (default)	2.5	=	
Lunghezza passerella (default)	75.0	=	
Raggio di curvatura (default)	300.0	=	
Angolo (default)	90.00°	=	<input type="checkbox"/>
Altro			
Da centro a estremità (default)	412.5	= Testo etichetta raggio di curvatura * tan(Angolo / 2)	
Testo etichetta raggio di curvatura (default)	337.5	= if(Raggio di curvatura > 3.2 mm, Raggio di curvatur	
Dati identità			

Figura 3.8: Scheda dei tipi di famiglia di un raccordo di passerella

I parametri utili al dimensionamento sono tutti parametri di istanza; quindi, possono essere modificati singolarmente per ogni raccordo che si trova nel modello.

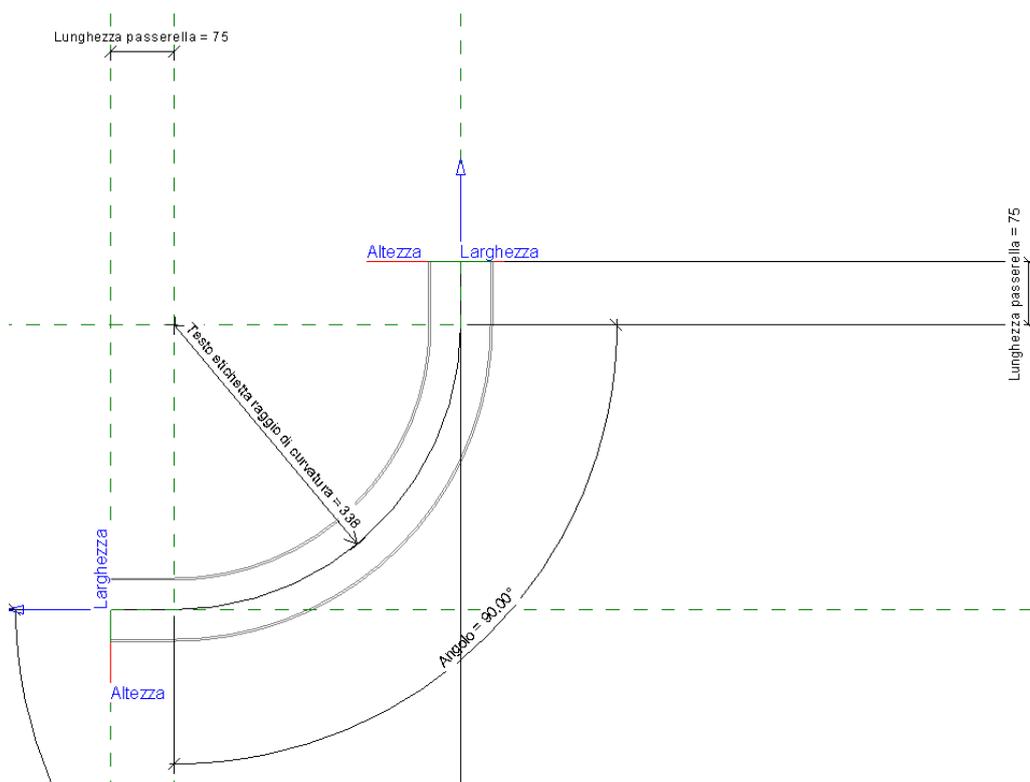


Figura 3.9: Vista in pianta della famiglia del raccordo di passerella

I parametri utili sono:

- Larghezza passerella:

definisce la larghezza ed è legata al connettore; quindi, varierà automaticamente con la larghezza dell'elemento rettilineo associato.

Le larghezze disponibili sono riportate nelle impostazioni elettriche di progetto:

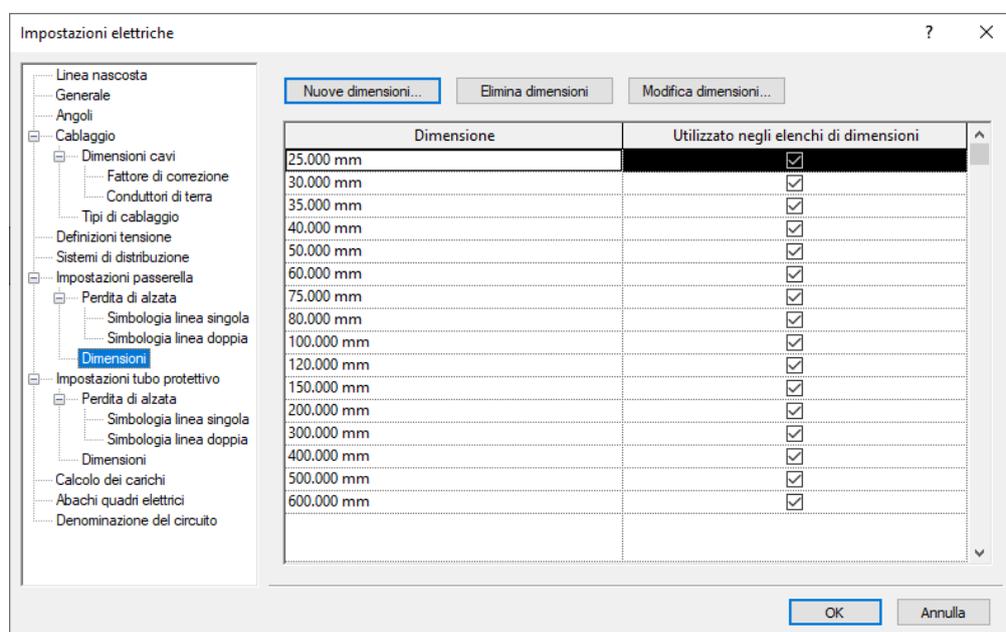


Figura 3.10: Dimensioni passerelle da impostazioni elettriche di progetto

- Altezza passerella:

definisce l'altezza ed è legata al connettore; quindi, varierà automaticamente con l'altezza della canalina associata

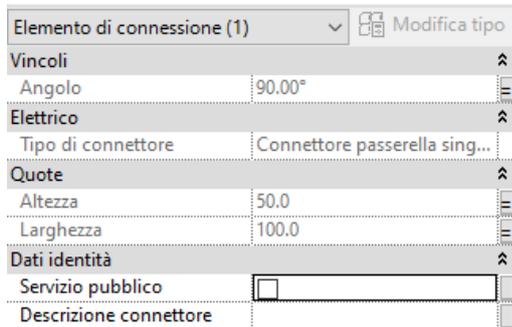


Figura 3.11: Dimensioni passerella associate ai parametri

- Spessore:

verrà lasciato quello di default (2,5mm) in quanto di utilità marginale ai fini impiantistici

- Lunghezza passerella:

rappresenta il tratto lineare all'inizio e alla fine del raccordo (elemento rettilineo)

- Raggio di curvatura:

imposta il raggio di curvatura, il quale verrà poi letto dal parametro "Testo etichetta raggio di curvatura" per realizzare l'effettivo raggio

- Angolo:

viene definito l'angolo del raccordo (90° di default). Tale angolo potrà essere poi limitato o meno in fase di progettazione, agendo sulle impostazioni elettriche relative agli angoli.

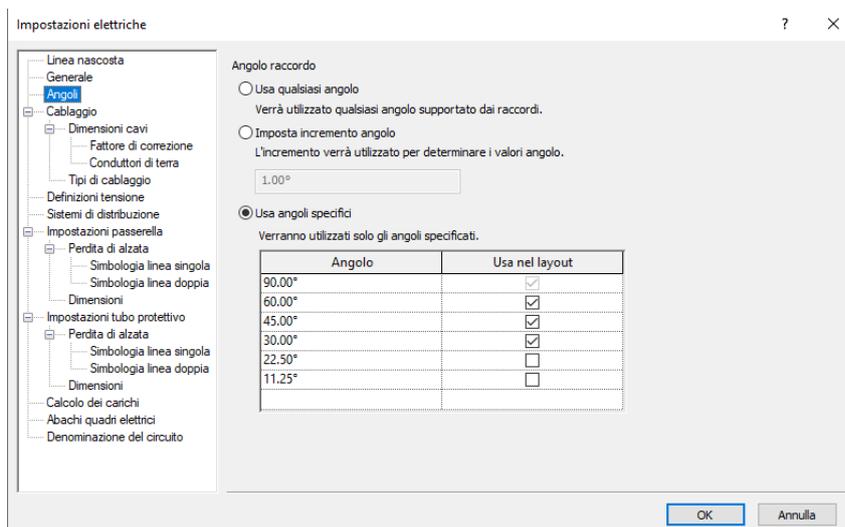


Figura 3.12: Angoli passerelle da impostazioni elettriche di progetto

È possibile impostare l'opzione "usa qualsiasi angolo" ma ciò può portare il progettista alla rappresentazione di angoli non realizzabili nella pratica o di raccordi non disponibili sul mercato. È opportuno quindi selezionare soltanto gli angoli reali effettivamente prodotti per i raccordi delle passerelle: 30°, 45°, 60°, 90°.

Si è deciso di apportare un'ottimizzazione ai parametri di lunghezza e raggio di curvatura precedentemente citati.

L'obiettivo è quello di associare tali parametri a dimensioni reali. Il modo più intelligente e versatile è quello di utilizzare lo strumento "Lookup Table", utile per le passerelle e ancor di più per i tubi protettivi (per definirne i raggi di curvatura).

Lo strumento consiste nella compilazione di una tabella in formato "csv" per la lettura di molteplici valori di determinati parametri al fine di associare diverse dimensioni ad altre.

Utilizzando questo strumento si chiede a Revit di andare a cercare un valore in una tabella incrociando la colonna e la riga. Se non viene trovata nessuna corrispondenza, viene restituito un valore specificato di default.

La tabella creata basandosi sulle informazioni di alcuni produttori è la seguente:

	Larghezza##Length##millimeters	Raggio##Length##millimeters	Lunghezza##Length##millimeters
25mm	25	10	10
30mm	30	10	10
35mm	35	10	10
40mm	40	20	10
50mm	50	20	30
60mm	60	20	30
75mm	75	100	30
80mm	80	100	30
100mm	100	100	30
120mm	120	100	30
150mm	150	100	30
200mm	200	100	30
300mm	300	100	30
400mm	400	150	50
500mm	500	150	50
600mm	600	150	50

Figura 3.13: Tabella per la relazione tra le larghezze delle passerelle e i loro raggi di curvatura

Successivamente alla realizzazione dei raccordi e delle impostazioni di progetto, sono state create le diverse tipologie di passerelle e realizzati i parametri di appoggio per la definizione delle caratteristiche delle passerelle stesse.

Le informazioni analizzate e impostate sono:

- Costruzione:

per rendere più facile l'identificazione del tipo di passerella durante la lettura di una tavola, si è deciso di creare, attraverso dei filtri, dei retini associati alla tipologia costruttiva di passerella.

- Materiale:

viene compilato un parametro di tipo per definire il materiale di cui è composta la passerella in maggior quantità.

○ Dimensioni (larghezza e altezza):

è un parametro di istanza già presente nella famiglia passerella, basato sulla lettura dei parametri “larghezza” e “altezza”, definiti precedentemente nelle “impostazioni elettriche”.

○ Coperchio:

viene inserito un parametro di tipo “si/no” in modo tale da rendere facilmente reperibile l’informazione della presenza o meno del coperchio, per definire il grado di protezione e poter computare agevolmente le lunghezze totali dei coperchi presenti a progetto.

○ Numero setti:

viene inserito un parametro di istanza “numero intero” in modo tale da rendere facilmente reperibile l’informazione della presenza o meno di setti e la loro quantità, per poter computare agevolmente le lunghezze totali dei setti presenti a progetto.

Il parametro sarà di istanza in quanto possono esistere diverse quantità di setti (generalmente 1,2, 3 o nessuno) lungo il percorso delle passerelle; perciò, diventerebbe troppo “pesante” per la famiglia dover preparare un tipo di passerella per ogni quantità di setto presente.

○ Grado di protezione (IP):

viene inserito un parametro di tipo, legato alla tipologia di passerella.

○ Servizio:

viene inserito un parametro di istanza “testo” in cui è possibile inserire il tipo di servizio della passerella. Per la compilazione di questo parametro è utile determinare uno schema per la determinazione e visualizzazione ottimale del servizio.

Lo schema più semplice e ottimale risulta essere una coppia di valori:

- ✓ Codice servizio: ogni tipologia di servizio verrà identificata tramite un codice alfabetico da riportare nel campo del parametro “servizio”.
- ✓ Colore servizio: verrà creata una serie di filtri in grado di modificare il colore delle passerelle in base al codice riportato sul parametro “servizio”.

Il servizio è importante per diverse ragioni.

La prima è l’identificazione della tipologia di circuiti contenuti nella via cavo:

- ✓ Energia
- ✓ Segnale
- ✓ Misti (utile nei casi in cui nella via cavo siano presenti setti separatori e quindi non sia possibile identificare un’unica sezione di appartenenza per una determinata via cavo).

La seconda è l'identificazione della sezione di alimentazione dalla quale derivano i circuiti contenuti nella via cavo o della tipologia di segnale nel caso di vie cavo di segnale:

- ✓ Sezione Normale
- ✓ Sezione Privilegiata
- ✓ Sezione Continuità
- ✓ Sezione Sicurezza
- ✓ Sezione Mista
- ✓ Identificazione della tipologia di impianto di segnale contenuto nella via cavo:
- ✓ Impianto IRAI (impianti di rivelazione e allarme incendio)
- ✓ Impianto Trasmissione dati (cablaggio strutturato, fonia-dati, BMS e segnale impianti tecnologici)
- ✓ Impianti Speciali (antintrusione, videosorveglianza, controllo accessi, impianti audio-video, TV)
- ✓ Impianti di segnale misti

Lo schema “codice-colori” risultante per identificare l'informazione riguardante il servizio è:

SERVIZIO	CODICE	COLORE	
ENERGIA - SEZIONE NORMALE	EN-N	0,191,255	
ENERGIA - SEZIONE PRIVILEGIATA	EN-P	127,255,0	
ENERGIA - SEZIONE CONTINUITA'	EN-C	255,0,191	
ENERGIA - SEZIONE SICUREZZA	EN-S	255,63,0	
ENERGIA - SEZIONE MISTA	EN-M	0,63,255	
SEGNALE - IMPIANTI IRAI	SE-I	0,153,0	
SEGNALE - IMPIANTI TRASMISSIONE DATI	SE-D	204,102,0	
SEGNALE - IMPIANTI SPECIALI	SE-S	127,0,127	
SEGNALE - IMPIANTI MISTI	SE-M	255,191,0	
ENERGIA E SEGNALE	ES	120,120,120	

Figura 3.14: Schema codice-colori per l'identificazione del servizio di una via cavo

Per una rapida lettura e visualizzazione dei parametri utili al progettista, un utile strumento sono le etichette, in grado di evidenziare i parametri sia nel modello che successivamente nelle tavole.

L'etichetta, in questo caso deve riportare i parametri definiti in precedenza, in quanto essa ha come obiettivo la visualizzazione dei parametri elettrici ai fini della progettazione e non i parametri di identità dell'oggetto.

Il primo problema che si affronta è la quantità di informazioni che si deve poter visualizzare agilmente, sia nel modello che in tavola.

È necessario quindi creare un abaco/chave di lettura in grado di riportare le informazioni tramite codici alfanumerici.

L'abaco risultante è il seguente:

CODIFICA DENOMINAZIONE PASSERELLE / CANALI

TIPO	CA: CANALE
	PA: PASSERELLA
Costruzione	CH: CHIUSA
	AS: ASOLATA
	FI: FILO
	TR: TRAVERSINI
MATERIALE	AI: ACCIAIO INOX
	ZC: ZINCATO A CALDO
	SZ: ACCIAIO SENDZIMIR
	FV: FIBRA DI VETRO
DIMENSIONI	LARGHEZZA x ALTEZZA mm
COPERCHIO	SI / NO
NUMERO SETTI	0 SETTI SEPARATORI
	1 SETTO SEPARATORE
	2 SETTI SEPARATORI
SERVIZIO	EN-N
	EN-P
	EN-C
	EN-S
	EN-M
	SE-I
	SE-D
	SE-S
	SE-M
	ES

ESEMPIO	
PA	PASSERELLA
CH	CHIUSA
SZ	ACCIAIO SENDZIMIR
300 x 100 mm	LARGHEZZA x ALTEZZA mm
COPERCHIO: SI	CON COPERCHIO
SETTI: 1	1 SETTO SEPARATORE
EN-N	ENERGIA - SEZIONE NORMALE

Figura 3.15: Abaco per l'identificazione delle informazioni utili di una passerella

3.2 QUADRI ELETTRICI IN BIM

La modellazione e parametrizzazione di un quadro elettrico è fondamentale per la creazione di un componente che possa realizzare le funzioni circuitali all'interno del modello BIM.

Per la tesi in esame, si è scelto di analizzare un quadro elettrico di distribuzione secondaria, con l'intento di poterlo interfacciare direttamente con le utenze e analizzarne i risultati ottenuti.

Il flusso di lavoro seguito per la creazione della famiglia di quadro elettrico si è sviluppato secondo i seguenti passaggi:

- Analisi di un produttore e determinazione delle tipologie di quadri disponibili da catalogo:

Il primo passo è stata l'analisi di un determinato quadro elettrico di un produttore.

Si è scelto di analizzare il catalogo di "Schneider", in particolare le serie Prisma G e Prisma P, tipologiche dei quadri di distribuzione secondaria.

Dall'analisi si è ottenuta una tabella riassuntiva del LOG:

LOG				
Famiglia	Dati da produttore	L [mm]	P [mm] (senza porta) (porta: 50mm)	H [mm] (senza zoccolo) (zoccolo: 150mm)
Quadri elettrici a pavimento	Prisma G Profondità: 200 (senza porta)	300	200	1400
			200	1500
			200	1700
			200	1800
		600	200	1400
			200	1500
			200	1700
			200	1800
	850	200	1400	
		200	1500	
		200	1700	
		200	1800	
	Prisma P	300	400	2000
			600	2000
		400	400	2000
			600	2000
650		400	2000	
		600	2000	
800		400	2000	
		600	2000	

Figura 3.16: Tabella del LOG di un quadro elettrico basato su un catalogo di produttore

- Modellazione della geometria:

Si è proceduto con la modellazione del quadro, utilizzando un template di famiglia basata su superficie, in questo modo è stato possibile creare quadri sia a pavimento che a parete e sarà possibile computare il quadro rispetto ad un determinato livello o piano di lavoro.

Si è aggiunto un solido che rappresenta lo spazio di manutenzione, in modo tale da portare questa informazione all'interno del modello.

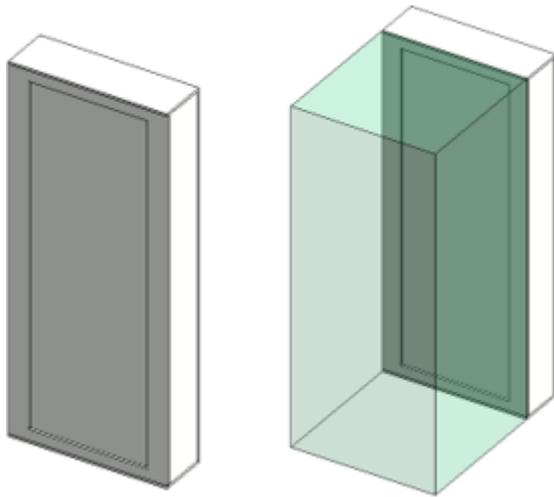


Figura 3.17: Risultato della modellazione del quadro elettrico

- Parametrizzazione delle informazioni geometriche:

Sono stati inseriti i parametri geometrici modificabili per le tre dimensioni e quelli per la visualizzazione della porta e dello zoccolo.

Costruzione		
Altezza (senza zoccolo)	2000.0	=
Larghezza	900.0	=
Profondità	450.0	=

Figura 3.18: Parametri di costruzione del quadro elettrico

Vincoli		
Altezza zoccolo	150.0	= if(Zoccolo, 150 mm, 10 mm)
Profondità porta	50.0	=
Profondità senza porta	400.0	= Profondità - Profondità porta

Figura 3.19: Parametri di visualizzazione dello zoccolo e della porta

- Parametrizzazione delle informazioni non geometriche:

Sono stati predisposti una serie di parametri utili all'inserimento e lettura di parametri non geometrici:

Materiali e finiture			↕
Materiale armadio	Metallo RAL 7035 - Grigio Luce	=	
Materiale interruttore	Metallo RAL 7035 - Grigio Luce	=	
Materiale vetro porta	Vetro Trasparenza 50%	=	
Elettrico			↕
Classificazione carico	Quadro elettrico	=	
Poli (default)	3	=	
Prefisso abaco quadro (default)		= if(Sezione Normale, "N", if(Sezione Privilegiata, "P", if(S	
Tensione nominale	400.00 V	=	
Voltaggio		=	
Watt		=	
Forma di segregazione		=	
Generale			↕
Chiusura (default)		=	
Montaggio (default)		=	
Nome quadro (default)		=	

Figura 3.20: Parametri elettrici del quadro elettrico

Dati			
Caratteristiche		=	
Codice tariffa 1		=	
Codice tariffa 2		=	
Codice tariffa 3		=	
Specifiche		=	

Figura 3.21: Parametri relativi alle caratteristiche e tariffe del quadro elettrico

- Definizione di un simbolo:

Si è scelto di non utilizzare un simbolo vero e proprio indipendente dalla geometria effettiva, ma di utilizzare una sagoma che ricalcasse le dimensioni in pianta del quadro e che rendesse il più semplice possibile la sua individuazione.

Si è poi associato l'insieme delle linee del simbolo agli stati di visibilità per permettere la modifica del colore in base alla sezione del quadro.

Visibilità			
Sezione Generica (default)	<input checked="" type="checkbox"/>	=	not(or(Sezione Mista, Sezione Normale, Sezione Privilegiata))
Sezione Sicurezza (default)	<input type="checkbox"/>	=	
Sezione Privilegiata (default)	<input type="checkbox"/>	=	
Sezione Normale (default)	<input type="checkbox"/>	=	
Sezione Mista (default)	<input type="checkbox"/>	=	
Sezione Continuità (default)	<input type="checkbox"/>	=	

Figura 3.22: Parametri di visibilità per l'identificazione della sezione del quadro elettrico

Infine, si è associato il livello di visualizzazione standard, come indicato nel capitolo precedente, per i livelli Basso, Medio e Alto:

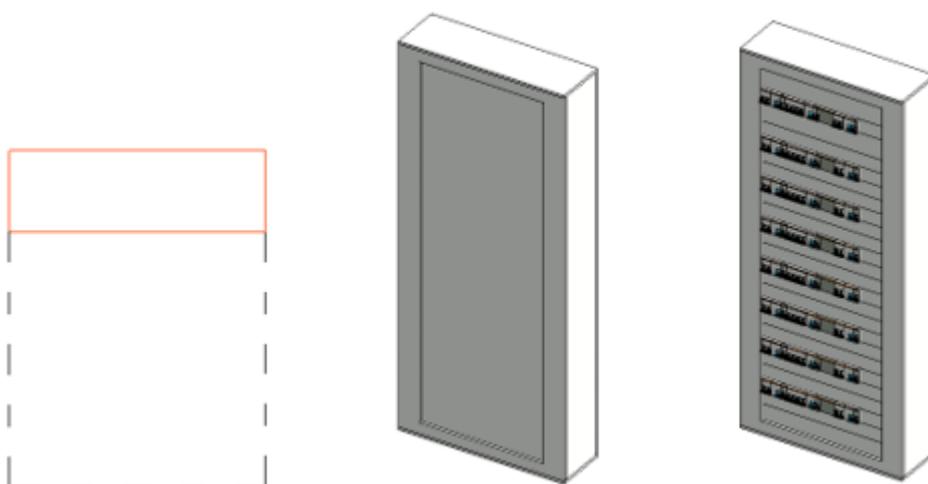


Figura 3.23: Visualizzazione del quadro elettrico a livello Basso, Medio e Alto

- Realizzazione sperimentale di un fronte quadro:

Si è deciso di realizzare una sottofamiglia di interruttori e di visualizzarla all'interno del quadro, in modo tale da realizzare un fronte quadro.

Si rende noto che tale fronte è solo figurativo e non direttamente associato ai circuiti, in quanto il software non permette un livello così elevato di interazione tra famiglie e circuiti.

Il risultato è comunque utile in quanto permette un dimensionamento di massima di un fronte quadro:

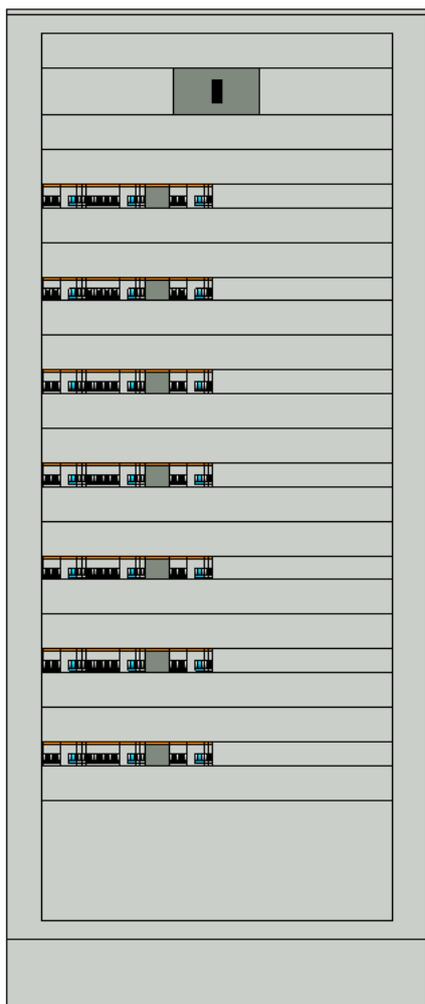


Figura 3.24: Fronte quadro con interruttori nel modello BIM

Si nota la presenza di un interruttore scatolato e le file inferiori occupate da interruttori modulari.

Per quanto riguarda la parte circuitale, l'analisi proseguirà nel capitolo dedicato (Capitolo 4).

3.3 APPARECCHI ELETTRICI IN BIM

Gli apparecchi elettrici in BIM sono una categoria che è stata associata a tutti quei componenti che possono essere collegati ad un quadro elettrico e che posseggono quindi un connettore elettrico e possono appartenere ad un circuito.

Verranno analizzate due famiglie in particolare:

- ✓ Prese elettriche civili
- ✓ Condotti sbarre

La prima famiglia analizzata è stata quella delle prese elettriche, con l'obiettivo di ottenere una famiglia utilizzabile all'interno della progettazione BIM e che avesse utilità anche all'interno della progettazione impiantistica.

I passaggi della modellazione per le prese elettriche sono stati:

- ✓ Creazione simbolo
- ✓ Modellazione scatola elettrica
- ✓ Modellazione frutti
- ✓ Modellazione famiglia prese (unione delle famiglie "simbolo", "scatola elettrica" e "frutti")

Si descrivono di seguito i passaggi effettuati:

- Creazione simbolo:

Una delle problematiche più evidenti nell'ambito della progettazione BIM è quella della "dimensione impiantistica", ovvero il fatto che gli impianti modellati spesso hanno dimensioni di ordini di grandezza molto differenti e vari.

Nella modellazione edile componenti come muri, strutture, porte, pavimenti e controsoffitti hanno dimensioni paragonabili tra loro e in ogni caso sono "grandi" e con geometrie definite che rendono facile sia la loro rappresentazione senza l'utilizzo della simbologia, sia la loro visibilità nel modello e nelle tavole.

Nell'ambito della progettazione impiantistica, gli impianti hanno spesso dimensioni "piccole" e non sempre sono visibili in una tavola nelle loro dimensioni reali fisiche.

Questo fatto è ancora più vero per gli impianti elettrici (si pensi ad esempio ad un interruttore della luce o una presa elettrica).

La progettazione in BIM richiede, rispetto a quella in CAD, una precisione maggiore, in quanto il componente, oltre a possedere una propria simbologia, deve essere modellato come nella realtà fisica per poter trasmettere le corrette informazioni di ingombro e inserimento nel contesto.

Il simbolo diventa quindi uno strumento utile e di appoggio al componente modellato, unica via al momento, per poter trasmettere un'informazione in modo semplice, rapido, utile.

La creazione del simbolo viene quindi realizzata seguendo determinati passaggi frutto di precisi obiettivi progettuali al fine di attribuire alla simbologia un adeguato livello di informazione:

- ✓ Simbolo non scalato:
simbolo creato come "simbolo di annotazione" (non come famiglia o come elemento di dettaglio). L'obiettivo era sfruttare la famiglia "simbolo di annotazione" la quale è senza scala, ovvero i simboli creati tramite essa rimangono invariati quando posizionati in una famiglia ospite. Il risultato è importante perché una volta creato un simbolo leggibile alla vista esso può essere utilizzato in qualsiasi vista con qualsiasi scala e ciò è esattamente la funzione che deve avere un simbolo in una qualsiasi tavola di progetto.

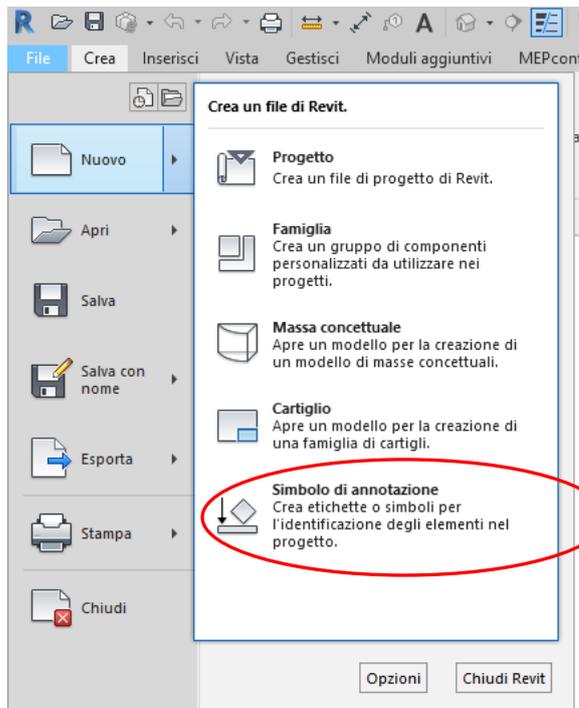
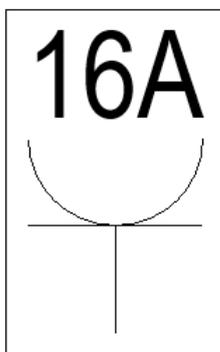


Figura 3.25: Strumento di creazione dei simboli di annotazione all'interno del software Revit

- ✓ Simbolo come da normativa CEI 3-14 [...] 27:
la simbologia adottata è quella come da normativa CEI.
L'obiettivo era quello di rappresentare il simbolo nel modo più semplice possibile e, dopo aver realizzato la simbologia attraverso semplici linee, si è aggiunto un solo riquadro attorno al simbolo base per enuclearlo dall'esterno.
Il risultato è quello di aver ottenuto un simbolo chiaro e semplice, di facile lettura per qualsiasi persona che lavora nell'ambito degli impianti elettrici che affronta il modello/progetto.

Caso studio: simbolo di presa elettrica 16A:



Il simbolo interno rappresenta il frutto mentre il riquadro ha funzione di rappresentare la cassetta che contiene il frutto oltre a renderlo non interferente con il contesto e quindi inconfondibile con altri possibili simboli vicini.

Figura 3.26: Simbolo di una presa elettrica 16A da associare alla famiglia delle prese elettriche

Per il testo si è scelto di utilizzare un'etichetta, in grado di essere letta da altri parametri e leggere a sua volta altri parametri. Questo snellisce la realizzazione delle famiglie successive dei simboli e la creazione delle diverse tipologie di prese (ad esempio, per creare le altre prese civili è sufficiente editare il testo mentre il resto del simbolo rimane invariato).

- ✓ Simbologia mobile:
il problema della differenza di dimensione tra oggetto modellato e simbolo può portare a conflitti durante il posizionamento dei componenti in un progetto.
Si pensi ad esempio ad un numeroso gruppo di prese elettriche lungo una parete a distanza di 50cm l'una dall'altra.
Dal punto di vista dell'installazione non ci sono problemi perché è possibile installare prese elettriche a queste distanze e la modellazione prosegue senza problemi in quanto le prese saranno modellate secondo la realtà fisica.
La simbologia però non segue queste regole perché deve essere visibile all'occhio e quindi non dipende dalla scala di disegno.
Il problema che si viene a creare è quello di una congestione di simboli.
La soluzione adottata è quella di creare due parametri di offset (uno in X e uno in Y) per permettere al simbolo di allontanarsi dal componente in caso di necessità.
Questi parametri verranno però aggiunti nella famiglia finale delle prese elettriche.

- Modellazione scatola elettrica:

Si è proceduto alla modellazione della scatola elettrica, la quale conterrà i frutti delle diverse prese. La modellazione è stata fatta con l'obiettivo di non esagerare con il dettaglio del componente in quanto la scatola elettrica non contiene informazioni puramente "elettriche" ma solo geometriche.

Si è comunque scelto di modellare i diversi pezzi in modo che essi possano essere computati e associati ad un prezzo e quindi ad un computo. I componenti e quindi i volumi modellati all'interno della famiglia sono:

- ✓ La cassetta porta frutti

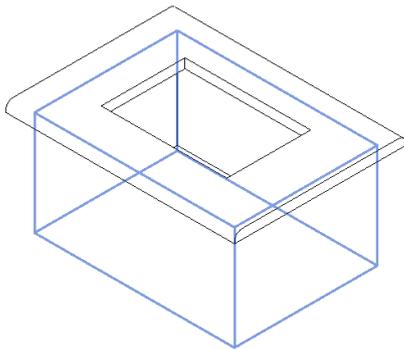


Figura 3.27: Modellazione di una cassetta portafrutti

- ✓ Il supporto porta frutti

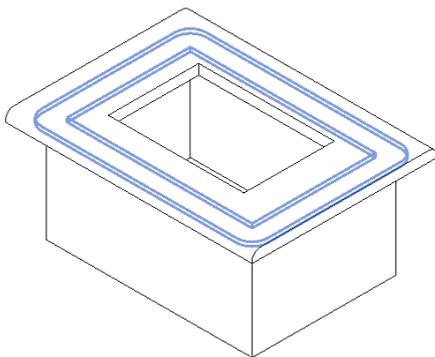


Figura 3.28: Modellazione di un supporto portafrutti

✓ La placca

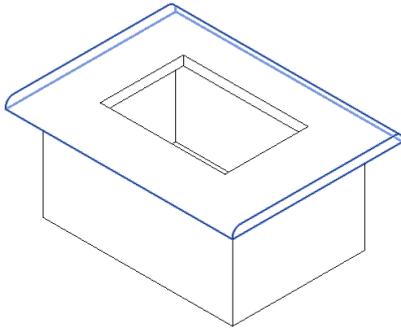


Figura 3.29: Modellazione di una placca per cassette porta frutti

Si è proceduto poi alla creazione dei parametri di tipo che consentissero la modifica della scatola elettrica al fine di poter creare le diverse tipologie di prese:

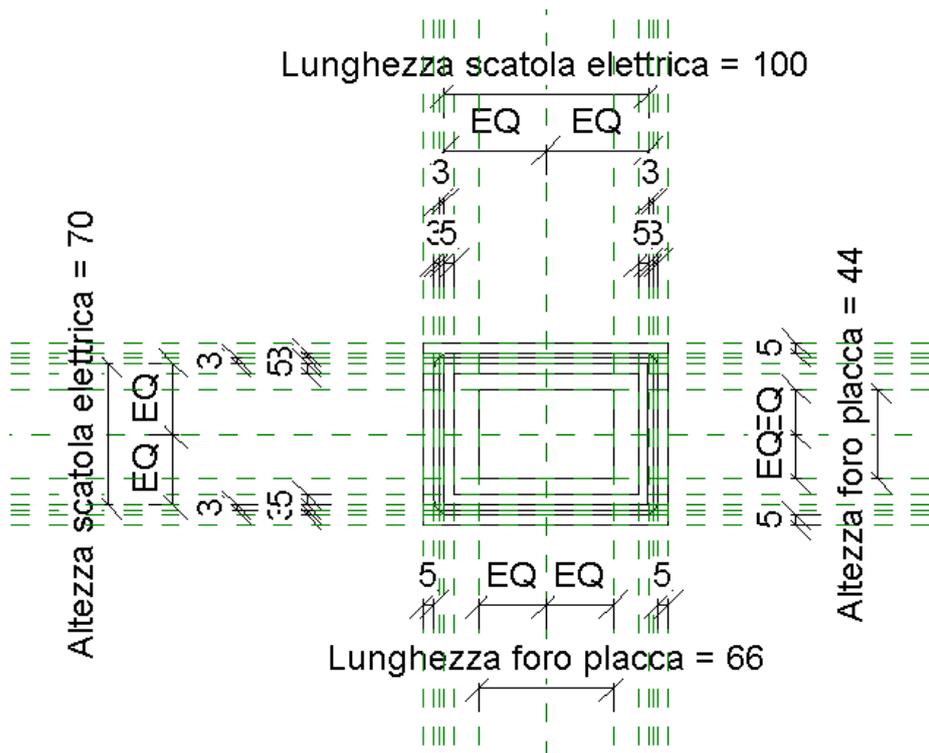


Figura 3.30: Esempio di modellazione della scatola elettrica tramite il software Revit

Si è inoltre creato un parametro denominato “Grado di protezione IP55” in modo da poter rendere visibile una calotta e una protezione trasparente assieme alla placca, nel caso in cui la scatola elettrica inserita nel modello sia stagna.

○ Modellazione famiglia frutti:

Si è proceduto successivamente alla modellazione dei singoli frutti facenti parte della presa elettrica, realizzando le più utilizzate tipologie al fine di coprire più casi possibili:

- ✓ Tappo
- ✓ Interruttore bipolare
- ✓ Presa 10A
- ✓ Presa 16A
- ✓ Presa bypass (10/16A)
- ✓ Presa UNEL

Il frutto è stato modellato secondo le dimensioni standard di mercato ma cercando di realizzare il minimo necessario alla sua identificazione:

- ✓ Volume semplice per le dimensioni (parallelepipedo)
- ✓ Linee per la rappresentazione dei poli/interruttori

A titolo di esempio si mostra il risultato per il frutto “presa UNEL” uno dei tipi della famiglia “Frutti”:

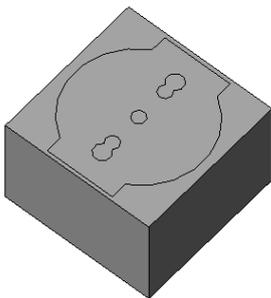


Figura 3.31: Esempio di frutto modellato tramite il software Revit

I frutti sono stati resi visibili solo per il dettaglio “Alto”.

○ Modellazione famiglia prese:

Si è infine proceduto alla modellazione della famiglia finale delle prese, con gli obiettivi di realizzazione delle varie tipologie di prese e l’inserimento dei parametri elettrici utili per i circuiti.

La famiglia delle prese elettriche sarà composta dall’unione di:

- ✓ Famiglia scatole elettriche
- ✓ Famiglia dei frutti

Dopo aver unito le due famiglie analizzate in precedenza, si è realizzato il “vuoto” attorno alla scatola elettrica in modo tale da non visualizzare interferenze quando inserita in un progetto e quindi incassata in un muro.

Si sono inoltre creati i connettori per il circuito elettrico e le tubazioni per il collegamento della scatola ai sistemi di tubi protettivi.

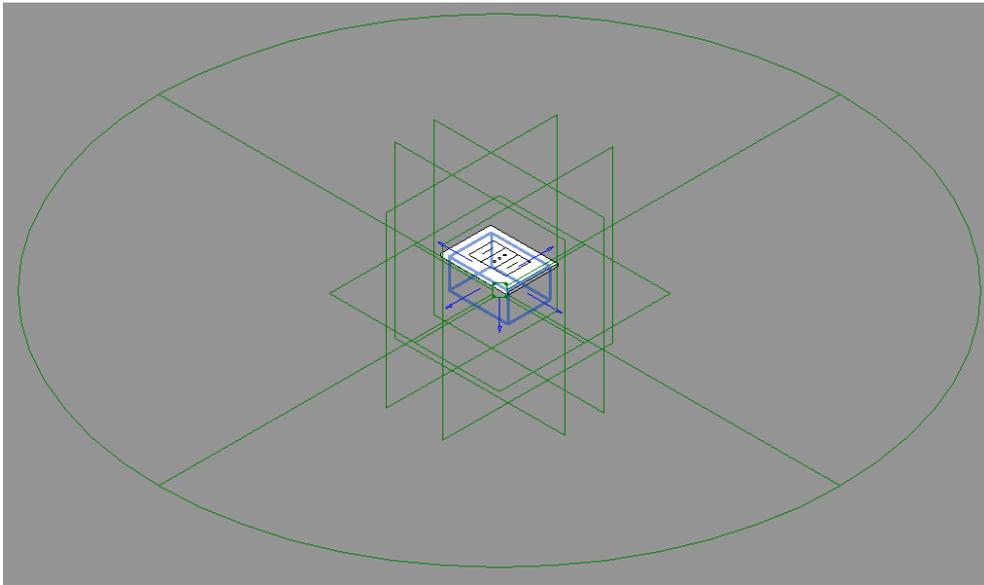


Figura 3.32: Risultato finale della modellazione della famiglia delle prese elettriche

La visualizzazione per la famiglia delle prese elettriche è:

- ✓ Dettaglio Basso: visibile solo il simbolo in pianta
- ✓ Dettaglio Medio: visibili il simbolo in pianta e tutte le parti del componente
- ✓ Dettaglio Alto: visibili tutte le parti del componente

La fase finale è quella più importante e consiste nella creazione dei parametri, i quali avranno due obiettivi:

- ✓ Permettere la creazione di più tipologie di presa all'interno della stessa famiglia
- ✓ Permettere l'inserimento di determinate informazioni durante la fase progettuale, cioè all'inserimento della famiglia nel progetto

Le tipologie di parametri inseriti nella famiglia sono:

- 1- Parametri di Vincolo: utili all'inserimento dei frutti all'interno della presa durante la costruzione della famiglia
 - ✓ Coordinate frutto: stabiliscono la posizione dei singoli frutti all'interno del gruppo prese, rispetto ad un riferimento
 - ✓ Prospetto di default: stabilisce la quota di posizionamento di default del gruppo prese rispetto al livello, la quale può essere poi modificata durante la progettazione

- 2- Parametri di Costruzione: utili alla realizzazione delle diverse tipologie di prese (variazione di scatole e frutti in relazione al tipo di presa)
 - ✓ Frutti: vengono scelti i frutti facenti parte del gruppo prese dalla famiglia dei frutti
 - ✓ Scatola elettrica: viene scelta la scatola facente parte del gruppo prese dalla famiglia delle scatole elettriche

- 3- Parametri di Grafica: utili all'associazione del simbolo da visualizzare in pianta a dettaglio basso e nelle legende
 - ✓ Offset simboli: consentono di stabilire un offset del simbolo dal componente
 - ✓ Simbolo: consente di caricare ed associare l'immagine del simbolo, in modo tale da renderla visibile in un abaco (legenda derivata da abaco)

- ✓ Simbolo Legenda: stabilisce quale simbolo verrà associato a quel tipo di presa elettrica, scegliendolo tra quelli disponibili della famiglia "Simboli di annotazione"
- ✓ Testi simboli: sono associati ai testi del simbolo e possono essere editati per modificare le descrizioni del simbolo

4- Parametri di Materiale e finiture: utili all'associazione dei materiali ai componenti modellati

5- Parametri Elettrici: utili alla modifica e lettura dei dati elettrici durante la fase progettuale nonché all'associazione del componente al quadro elettrico.

- ✓ Classificazione carico: permette di associare una particolare tipologia di carico al singolo componente (es. presa di servizio, alimentazione postazione di lavoro, ...). Questa possibilità permette di filtrare maggiormente la tipologia di presa in base al suo utilizzo e servizio, inoltre permette una discriminazione all'interno dell'abaco del quadro elettrico a cui la presa è collegata. La classificazione carico permette anche di impostare dei coefficienti di contemporaneità per tutti i componenti facenti parte della stessa classificazione. Questo strumento risulta utile per un'analisi sulle potenze stimate ma non viene applicato ai circuiti.
- ✓ Corrente di impiego (massima): calcolata tramite formula

$$I_b = \frac{S_c}{\sqrt{3} \times V_n} \quad (\text{nel caso trifase})$$

$$I_b = \frac{S_c}{V_n} \quad (\text{nel caso monofase})$$

- ✓ Cosfi: parametro di istanza, impostato di default a 0,9, ma editabile dal progettista
- ✓ Fattore K circuito: parametro di istanza, impostato di default a 100% (rappresenta il prodotto tra il Ku e il Kc)
- ✓ Poli: numero di poli: 1 se monofase, 3 se trifase
- ✓ Potenza apparente: calcolata tramite formula

$$S = \frac{P}{\text{Cosfi}}$$

- ✓ Potenza apparente convenzionale: calcolata tramite formula

$$S_c = S \times \text{Fattore K circuito}$$

- ✓ Potenza attiva (P): permette di inserire la potenza attiva assorbita dal carico (in Watt)

- ✓ Potenza attiva convenzionale (Pc):

$$P_c = P \times \text{Fattore K circuito}$$

- ✓ Tensione nominale (Vn): permette di inserire la tensione nominale del carico (in Volt)

6- Parametri di Dati: utili all'inserimento e visualizzazione delle caratteristiche del componente, delle eventuali specifiche e dell'eventuale tariffa da elenco prezzi.

- ✓ Caratteristiche: viene inserita la descrizione del componente che verrà visualizzata in legenda
- ✓ Codici tariffe: campi vuoti che rimangono a disposizione per inserire eventuali codici da prezziari o listini
- ✓ Specifiche: campo utile all'inserimento di un percorso file (URL) che permette l'associazione del componente con un file ad un determinato percorso (ad esempio una specifica del componente o una scheda prodotto)

- 7- Parametri di Visibilità: utili alla modifica del colore del simbolo in pianta e corrispondono alla tipologia di rete che alimenta il componente:
- ✓ Sezione Generica
 - ✓ Sezione Normale
 - ✓ Sezione Privilegiata
 - ✓ Sezione Sicurezza
 - ✓ Sezione Continuità
 - ✓ Sezione Mista

Per quanto riguarda la famiglia del condotto sbarra, si è scelto di analizzare una blinda sbarra di piccola potenza, utile al caso studio in esame, cioè all'alimentazione di piccole utenze di forza motrice, quali torrette per postazioni di lavoro.

I condotti sbarre di piccola potenza generalmente comprendono tutti quei condotti che permettono un passaggio di corrente dai 25A ai 63A in monofase o in trifase e con numero di conduttori variabile a seconda della tipologia di condotto scelta.

Il fatto che essi siano utilizzati per l'illuminazione o per la forza motrice è una questione di posa, accessori ed eventualmente di utilizzo dei conduttori (si pensi al DALI per il controllo dell'illuminazione), ma questo può essere un passo successivo alla costruzione della famiglia.

Le caratteristiche utili alla parametrizzazione del condotto sbarre sono:

- ✓ Tipo di elemento
- ✓ Tensione nominale polarità (monofase, trifase)
- ✓ Corrente nominale
- ✓ Grado di protezione
- ✓ Numero di conduttori (2,3,4,5)
- ✓ Materiali/accessori/varie

Il tipo di elemento richiede di stilare un elenco delle tipologie di elementi disponibili per la maggior parte dei produttori, per come vengono realizzati condotti sbarre ad oggi:

- ✓ Elementi rettilinei
- ✓ Testata di alimentazione (dx/sx/centrale)
- ✓ Giunto flessibile
- ✓ Spine di derivazione

Il primo problema che si incontra è la modularità degli elementi rettilinei.

Il condotto sbarre è infatti tipicamente un insieme di oggetti rettilinei assemblati tra loro tramite pezzi speciali, il che potrebbe portare a pensare una familiarità con le passerelle e i condotti in generale.

Il problema è che, questi elementi rettilinei vengono fabbricati e venduti "al metro" in blocchi modulari di diversa lunghezza, generalmente di 1, 2 o 3m.

Utilizzare quindi una famiglia di sistema come quella delle passerelle, non sarebbe corretto, perché non si avrebbe la possibilità di rendere modulari gli elementi rettilinei, inoltre non si potrebbe collegare a questi elementi né un elemento speciale come una testata di alimentazione o un accessorio, né un connettore elettrico per poi collegare tale elemento ad un circuito.

È necessario quindi costruire una famiglia di "apparecchio elettrico" e renderla utile dal punto di vista del collegamento agli altri elementi, alle utenze e ai quadri elettrici.

L'elemento rettilineo viene quindi modellato e parametrizzato tenendo conto delle due dimensioni di ingombro "larghezza" e "altezza" e successivamente stirato secondo la dimensione di "lunghezza". Vengono inoltre create le prese come seconda famiglia e parametrizzate in modo tale da poter scegliere il numero e il passo di esse sul condotto:

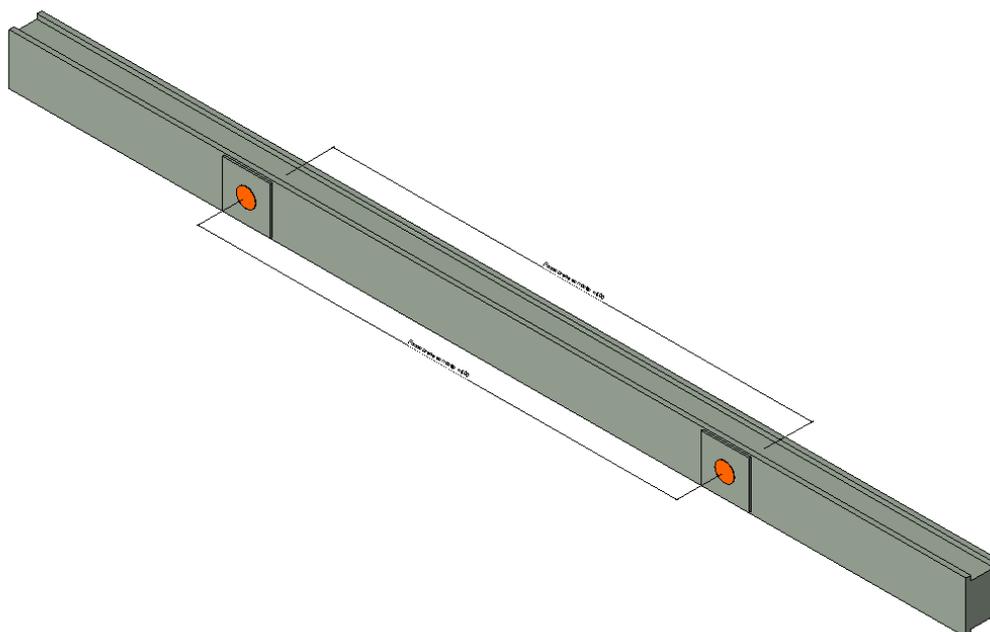


Figura 3.33: Risultato finale della modellazione di un condotto sbarre

Dopo aver definito la geometria del condotto, si sono impostati i parametri comuni relativi ai materiali e alle caratteristiche, tariffe e specifiche (parametri compilabili per la parte di computo, come fatto per la famiglia delle prese elettriche.

Per quanto riguarda la parte relativa ai circuiti, si è deciso di parametrizzare la sola famiglia della testata di alimentazione, in quanto è effettivamente essa che viene collegata al quadro, ed è essa che alimenta il corpo blindo con tutte le sue prese.

Si è infine creato un elemento di dettaglio in grado di "colorare" il condotto, in base alla rete di alimentazione. A differenza delle prese elettriche o di altri piccoli componenti, il condotto sbarre non ha bisogno di simbologie, in quanto le sue dimensioni sono analoghe a quelle di una passerella, e quindi visibili su di una tavola nelle proprie dimensioni reali.

Le tipologie di elementi rettilinei conterranno le tre informazioni utili al progettista elettrico al momento della progettazione:

- ✓ Numero di conduttori
- ✓ Corrente nominale
- ✓ Lunghezza elemento rettilineo

$$(2P+T) \times 25A - 3m$$

Figura 3.34: Simbolo di tipo testuale riportato sugli elementi rettilinei

Tali informazioni verranno inoltre visualizzate tramite opportuno simbolo nelle vicinanze del condotto in modo tale da essere visibili e leggibili in tavola in modo rapido e intuitivo (vedere capitolo relativo al caso studio).

3.4 APPARECCHI PER ILLUMINAZIONE IN BIM

Gli apparecchi di illuminazione sono uno dei componenti elettrici più complessi da gestire all'interno di un modello, in termini di modellazione e rappresentazione.

Il primo passo all'interno della progettazione BIM è quello di affrontare la prima grande difficoltà delle famiglie degli apparecchi per illuminazione, ovvero la "non omogeneità".

Se si pensa ad esempio alle prese elettriche o ai quadri, diventa piuttosto fattibile ottenere delle misure e delle forme standard che facilitano la modellazione e permettono di creare dei database o archivi di famiglie facilmente versatili in funzione dei diversi progetti.

Per gli apparecchi di illuminazione non è così, in quanto essi sono funzione anche del design e le loro forme cambiano in continuazione a seconda del mercato e del produttore.

Risulta quindi difficile se non inutile modellare delle famiglie inseguendo le molteplici tipologie di apparecchi per forma e dimensione.

Il fatto è che i loro ingombri non sono quelli di una presa elettrica; quindi, devono poter essere riportati in modo effettivo in una pianta e anche se si volesse rappresentare con un simbolo l'apparecchio, tale simbolo dovrebbe "emulare" la geometria altrimenti ci sarebbe il rischio che la lettura della tavola risulti fuorviante.

Ma la simbologia mal si adatta al concetto di dimensioni perché essa non è funzione della scala di disegno e, se generalizzata, non sarà mai nemmeno funzione di ogni tipo di apparecchio di illuminazione.

La questione si riassume tutta nel problema degli ordini di grandezza: più un oggetto è di grandi dimensioni, più esso assume forme differenti e diventa problematico da gestire in un modello o tavola di progetto.

Nasce allora un grande problema, quello di interfacciare la progettazione in BIM con il vasto mondo degli apparecchi illuminanti.

Per questo lavoro si è scelto di seguire una soluzione che offre alcuni vantaggi e che permette di gestire in modo semplice ed efficace una famiglia complessa come quella degli apparecchi di illuminazione.

La soluzione consiste nei seguenti passaggi di modellazione:

- ✓ Si è creata una famiglia ospite non MEP "solo geometrica" utile ad ospitare il componente 3D.
- ✓ Il componente potrà essere modellato dal progettista o dall'architetto secondo le specifiche scelte oppure potrà essere caricato un componente già modellato da un produttore in modo tale da avere una geometria complessa già pronta e fedele alle specifiche geometriche.
- ✓ Si è creata una famiglia di annotazione contenente un'etichetta di testo da associare alla famiglia per evidenziare eventuali differenze tra i tipi della stessa famiglia (tipo "A", tipo "B", ...)
- ✓ Si è creata una famiglia elemento di dettaglio, in modo tale da ricalcare la sagoma dell'apparecchio illuminante e creare un simbolo semplice per la lettura in tavola.
- ✓ Si è creata una famiglia ospitante MEP caratterizzata dal contenere il connettore elettrico e tutti i parametri elettrici utili al progettista per la creazione dei circuiti elettrici (similmente a quanto fatto per le prese elettriche).

- ✓ In tale famiglia verrà inserita la famiglia geometrica dell'apparecchio illuminante e verrà agganciata ai diversi parametri.
La famiglia ospitante sarà del tipo "superficie". In questo modo sarà possibile conservare la simbologia e il componente potrà essere posato su qualsiasi superficie del modello.

Per quanto riguarda gli apparecchi di illuminazione di tipo "segnaletica di emergenza" si è preferito adottare una simbologia comune e indipendente dalla forma dell'oggetto, in quanto l'informazione che deve passare, in questi casi, non è tanto l'ingombro quanto l'indicazione.

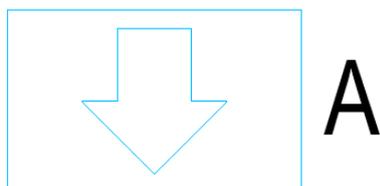


Figura 3.35: Simbolo associato alla famiglia degli apparecchi di illuminazione con segnaletica

Per la modellazione degli apparecchi di illuminazione si è scelto di fissare uno standard geometrico e di posa con cui classificare le famiglie degli apparecchi per l'illuminazione:

- ✓ Apparecchi civili ad incasso
- ✓ Apparecchi civili a plafone (soffitto, sospensione o a parete)
- ✓ Apparecchi industriali a plafone (soffitto, sospensione o a parete)
- ✓ Apparecchi per la segnaletica luminosa
- ✓ Apparecchi particolari

Ognuna di questi insiemi di famiglie è stato suddiviso in due famiglie (quando ovviamente possibile farlo):

- ✓ Apparecchi tondi
- ✓ Apparecchi rettangolari

Le combinazioni di questi insiemi di famiglie e le famiglie stesse permettono di definire un vasto numero di apparecchi presenti sul mercato.

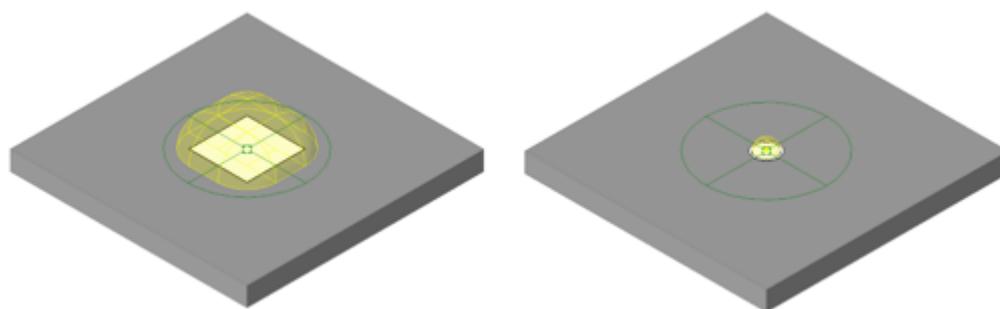


Figura 3.36: Risultati finali della modellazione di apparecchi di illuminazione di tipo ad incasso

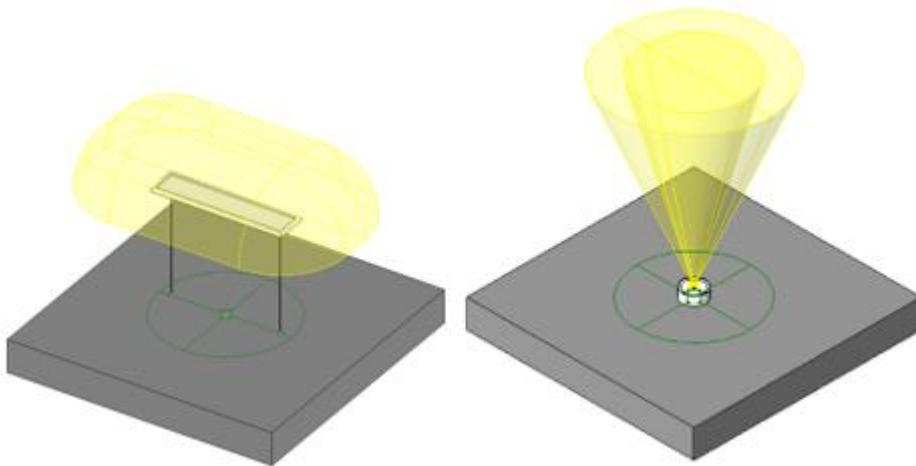


Figura 3.37: Risultati finali della modellazione di app. di illuminazione di tipo a plafone

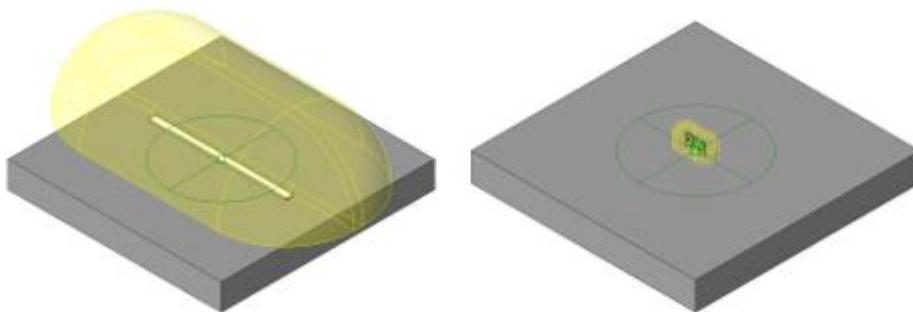


Figura 3.38: Risultati finali della modellazione di app. di illuminazione di tipo industriale e con pittogramma

La modellazione è stata eseguita in modo analogo al caso delle prese elettriche, ma si vogliono sottolineare alcune sostanziali differenze:

- ✓ L'apparecchio di illuminazione possiede una fotometria, la quale può essere caricata da un database fornito da un produttore e contiene le informazioni utili dal punto di vista illuminotecnico.

Fotometria			
Colore iniziale	4000 K	=	
Emetti da larghezza rettangolo	297.2	=	<input type="checkbox"/>
Emetti da lunghezza rettangolo	297.2	=	<input type="checkbox"/>
Fattore di perdita di illuminazione	1	=	
Filtro dei colori	Bianco	=	
Intensità iniziale	4200.00 lm	=	
Rendi la forma visibile nel rendering	<input checked="" type="checkbox"/>	=	
Variazione temperatura colore lampada con luminosità	<Nessuno>	=	

Figura 3.39: Parametri relativi alla fotometria di un apparecchio di illuminazione

Tali informazioni fotometriche risultano ancora difficilmente utilizzabili per un calcolo direttamente tramite il software che gestisce il modello BIM (a meno di plug-in esterni o software di appoggio).

- ✓ L'apparecchio di illuminazione, come per il quadro elettrico, possiede un simbolo che ne ricalca la sagoma e si modifica con essa, in quanto un simbolo adimensionale potrebbe portare ad una falsa informazione in pianta.
- ✓ L'apparecchio di illuminazione può interfacciarsi con i dispositivi di illuminazione, quali comandi luce e sensori, ma non risulta ancora possibile associare più punti di comando allo stesso apparecchio senza una manipolazione del programma Revit.

Per quanto concerne la parte relativa al connettore elettrico, si sono impostati i parametri allo stesso modo di quanto fatto con le prese elettriche, in quanto l'elettrotecnica rimane valida e applicabile anche agli apparecchi di illuminazione (verranno modificati solamente i coefficienti di utilizzo e contemporaneità in fase di creazione dei circuiti).

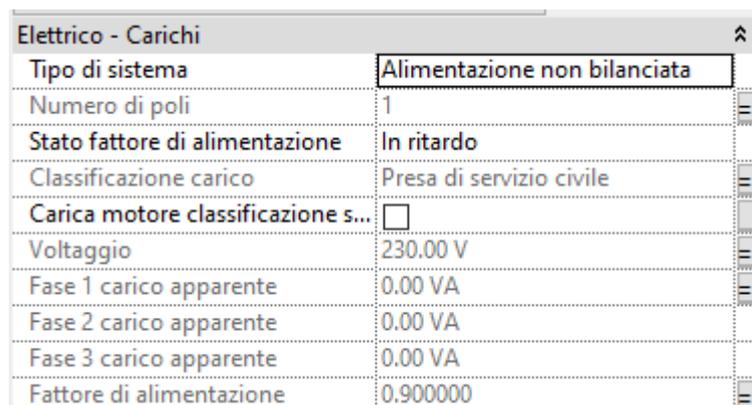
Per quanto i risultati ottenuti da un'applicazione di tali famiglie in un progetto, tali aspetti verranno approfonditi e visualizzati nel capitolo relativo al caso studio.

4 CIRCUITI ELETTRICI IN BIM

4.1 CIRCUITI E ABACHI DEI QUADRI ELETTRICI

La creazione dei circuiti all'interno del modello BIM richiede una certa attenzione alle famiglie dal punto di vista elettrotecnico, in quanto le informazioni circuitali si basano sulle impostazioni elettriche del connettore elettrico associato alla famiglia e ai parametri in esso contenuti.

Come già discusso nel capitolo relativo alla modellazione e parametrizzazione delle famiglie, i vari parametri del connettore elettrico di ogni famiglia, sono stati relazionati alle formule elettriche definite:



Elettrico - Carichi	
Tipo di sistema	Alimentazione non bilanciata
Numero di poli	1
Stato fattore di alimentazione	In ritardo
Classificazione carico	Presa di servizio civile
Carica motore classificazione s...	<input type="checkbox"/>
Voltaggio	230.00 V
Fase 1 carico apparente	0.00 VA
Fase 2 carico apparente	0.00 VA
Fase 3 carico apparente	0.00 VA
Fattore di alimentazione	0.900000

Figura 4.1: Parametri relativi al connettore elettrico di una generica famiglia monofase

Le utenze monofase, come si nota dalla figura, verranno classificate come sistemi ad alimentazione non bilanciata, in questo modo potranno essere alimentate da una delle fasi disponibili del sistema trifase a scelta dell'utente.

Sul modello risultano quindi editabili dall'utente:

- ✓ La classificazione carico (singolarmente per ogni oggetto)
- ✓ La potenza attiva (singolarmente per ogni oggetto)
- ✓ Il fattore di potenza "cosfi" (singolarmente per ogni oggetto)
- ✓ Il fattore K circuito (singolarmente per ogni oggetto)
- ✓ Polarità del circuito (modificabile per gruppi di oggetti dello stesso tipo)
- ✓ Tensione (modificabile per gruppi di oggetti dello stesso tipo)

Sul modello risultano invece di sola lettura i seguenti parametri, ricavati dai parametri editabili:

- ✓ Corrente di impiego (massima)
- ✓ Potenza attiva convenzionale
- ✓ Potenza apparente
- ✓ Potenza apparente convenzionale

Elettrico	
Classificazione carico	Presenza di servizio civile
Corrente di impiego	0.00 A
Cosfi	0.900000
Fattore K circuito	100.0000%
Potenza apparente	0.00 VA
Potenza apparente convenzion...	0.00 VA
Potenza attiva	0.00 W
Potenza attiva convenzionale	0.00 W

Figura 4.2: Parametri visibili nel modello relativi ad una presa elettrica civile

Per la predisposizione dei circuiti si è creato un abaco del quadro elettrico personalizzato per la corretta lettura e gestione dei circuiti.

L'abaco dei quadri elettrici personalizzato risulta essere composto di diverse informazioni, create secondo ciò che si riteneva opportuno rendere visibile.

Nome quadro: <Nome quadro>												
Livello: <Livello>												
Fornitura da: <Famiglia da>												
Sistema di distribuzione: <Sistema di distribuzione>												
Forma di segregazione: <Chiusura>												
Corrente nominale interruttore automatico principa <Corrente nominale interruttore automatico principale>												
Sigla circuito	Corrente nominale In [A]	Numero di elementi	Nome circuito	Numero di poli	Cosfi	Fattore contemp. linea KI [%]	Potenza attiva contemp. (KI)	Corrente di impiego lib. contemp. (KI)	Potenza attiva convenz. [kW]	L1	L2	L3
<Quadro><Prefisso><Prefisso><Progressivo>	<Corrente nominale>	<Numero di elementi>	<Nome carico>	<Numero di poli>	<Fattore di alimentazione>	<Fattore contemporaneo>	<Potenza attiva med.>	<Corrente di impiego>	<Carico reale>	<Val>	<Val>	<Val>
<Quadro><Prefisso><Prefisso><Progressivo>	<Corrente nominale>	<Numero di elementi>	<Nome carico>	<Numero di poli>	<Fattore di alimentazione>	<Fattore contemporaneo>	<Potenza attiva med.>	<Corrente di impiego>	<Carico reale>	<Val>	<Val>	<Val>
<Quadro><Prefisso><Prefisso><Progressivo>	<Corrente nominale>	<Numero di elementi>	<Nome carico>	<Numero di poli>	<Fattore di alimentazione>	<Fattore contemporaneo>	<Potenza attiva med.>	<Corrente di impiego>	<Carico reale>	<Val>	<Val>	<Val>
<Quadro><Prefisso><Prefisso><Progressivo>	<Corrente nominale>	<Numero di elementi>	<Nome carico>	<Numero di poli>	<Fattore di alimentazione>	<Fattore contemporaneo>	<Potenza attiva med.>	<Corrente di impiego>	<Carico reale>	<Val>	<Val>	<Val>
<Quadro><Prefisso><Prefisso><Progressivo>	<Corrente nominale>	<Numero di elementi>	<Nome carico>	<Numero di poli>	<Fattore di alimentazione>	<Fattore contemporaneo>	<Potenza attiva med.>	<Corrente di impiego>	<Carico reale>	<Val>	<Val>	<Val>

Figura 4.3: Creazione di un abaco per quadro elettrico

Le informazioni generali contenute in esso sono:

- ✓ Nome quadro: editabile dall'utente
- ✓ Livello: cioè livello su cui giace il quadro
- ✓ Fornitura da: quadro che lo alimenta
- ✓ Sistema di distribuzione: trifase, trifase con neutro
- ✓ Forma di segregazione: basata sul tipo della famiglia utilizzata
- ✓ Corrente nominale interruttore automatico principale: editabile dall'utente

Le informazioni circuitali contenute in esso, da sinistra verso destra, sono:

- ✓ Sigla circuito, composta da: nome quadro, prefisso sezione, prefisso barratura (per evidenziare un livello intermedio tra il generale e l'interruttore terminale o una barratura derivante da quella generale), progressivo personalizzabile dall'utente
- ✓ Corrente nominale (In): editabile dall'utente
- ✓ Numero di elementi facenti parte del circuito (sola visualizzazione)
- ✓ Nome circuito: editabile dall'utente
- ✓ Numero di poli (sola visualizzazione)
- ✓ Fattore di potenza "cosfi" (sola visualizzazione)
- ✓ Fattore contemporaneità di linea KI (per applicare una percentuale di contemporaneità nel caso di partenze dedicate a quadri elettrici)
- ✓ Potenza convenzionale e corrente di impiego (effettive assorbite, con K applicato)
- ✓ Potenza attiva e corrente contemporanee (con Kc applicato all'intero circuito)
- ✓ Corrente su ogni fase del quadro (sola visualizzazione)

Si ricorda che il fattore “K” è il prodotto tra “Ku” e “Kc”, è applicato al gruppo di utenze e concorre all'effettivo calcolo della potenza circuitale.

Il fattore KI di contemporaneità di linea è soltanto un fattore da utilizzare per una verifica sui consumi e sulle potenze assorbite, ma dimensionalmente non partecipa ai calcoli. In pratica attraverso tale coefficiente è possibile applicare una percentuale da 0% a 100% sul circuito, utile nel caso di circuiti dedicati a sotto quadri (un sottoquadro potrà assorbire minore potenza rispetto a quella effettiva e partecipare quindi in minor misura alla potenza totale sottesa al quadro).

Il software Revit permette di associare i circuiti manualmente, selezionando i dispositivi e inserendoli nel quadro.

Ovviamente sia il quadro che la famiglia di componente collegata devono essere parametrizzati con criterio, altrimenti il collegamento circuitale risulta errato o addirittura impossibile.

A tal proposito le famiglie sono state preventivamente organizzate e parametrizzate come descritto nei precedenti capitoli, in modo tale da rendere l'informazione circuitale coerente e possibile all'interno del programma.

Sono però presenti alcuni problemi che impediscono una certa libertà di gestione dei circuiti all'interno del programma:

- ✓ L'abaco dei quadri elettrici non è in grado di gestire più livelli di interruttori, in quanto funziona come una tabella sequenziale; perciò, vede tutte le partenze al di sotto del generale come se fossero in parallelo tra loro (la serie non è visualizzabile).
Verrà quindi utilizzata una riga vuota quando è presente un livello intermedio tra l'interruttore generale e l'interruttore di una partenza terminale.
- ✓ Il circuito, una volta creato, viene nominato come “1” e inserito alla prima riga dell'abaco disponibile. Successivamente i circuiti seguiranno il progressivo in modo sequenziale e progressivo. Questo è problematico perché impedisce di “rompere la sequenza” e di nominare i circuiti liberamente (ad esempio, per poter creare più sequenze di circuiti).
- ✓ I coefficienti di correzione per il calcolo della potenza convenzionale (in questo caso il “fattore K circuito”) non possono coesistere univocamente sia nelle famiglie che nel circuito. Il fattore K è stato infatti inserito all'interno delle famiglie e verrà successivamente letto dal circuito la sola potenza convenzionale. La potenza massima, se i coefficienti Ku e Kc sono minori di 1, rimarrà comunque un'informazione che potrà essere letta sulla singola utenza.
- ✓ Le potenze attive delle utenze devono essere inserite manualmente per ogni utenza/gruppo di utenze.

Alcune di queste problematiche sono state affrontate e risolte attraverso uno strumento di “manipolazione” del programma. Tale strumento è “Dynamo”, un'interfaccia di programmazione grafica che ha permesso di gestire in maniera ottimale la parte relativa ai circuiti sul modello BIM.

Tuttavia, si vuole anticipare e sottolineare come la gestione dei circuiti all'interno del modello sia ancora poco controllabile dall'utente senza una determinata conoscenza informatica e di programmazione. Questo è sicuramente uno stimolo per lo sviluppo delle conoscenze del progettista ma è anche un ostacolo in termini di tempo.

4.2 DYNAMO PER I CIRCUITI

Il desiderio di poter gestire i circuiti similmente a quanto possibile fare con un software di calcolo dedicato ai circuiti, è impedito dal fatto che non esiste ancora un calcolo integrato nel modello o nei software di modellazione; inoltre esistono molteplici software di calcolo esterni ma difficilmente permettono un'interfaccia con il mondo BIM.

Tali interfacce, quando presenti sono possibili grazie a specifici programmi di appoggio o plug-in dedicati.

Per liberarsi da queste imposizioni, si è scelto di adottare una gestione dei circuiti tramite Dynamo e un file in formato utilizzabile dalla maggior parte dei software e implementabile in un modello BIM: il formato "xls".

Il software di calcolo utilizzato per questa analisi è stato "Integra" di "Excel", il quale, come molti altri software di calcolo dei circuiti, permette di esportare delle tabelle in formato "xls".

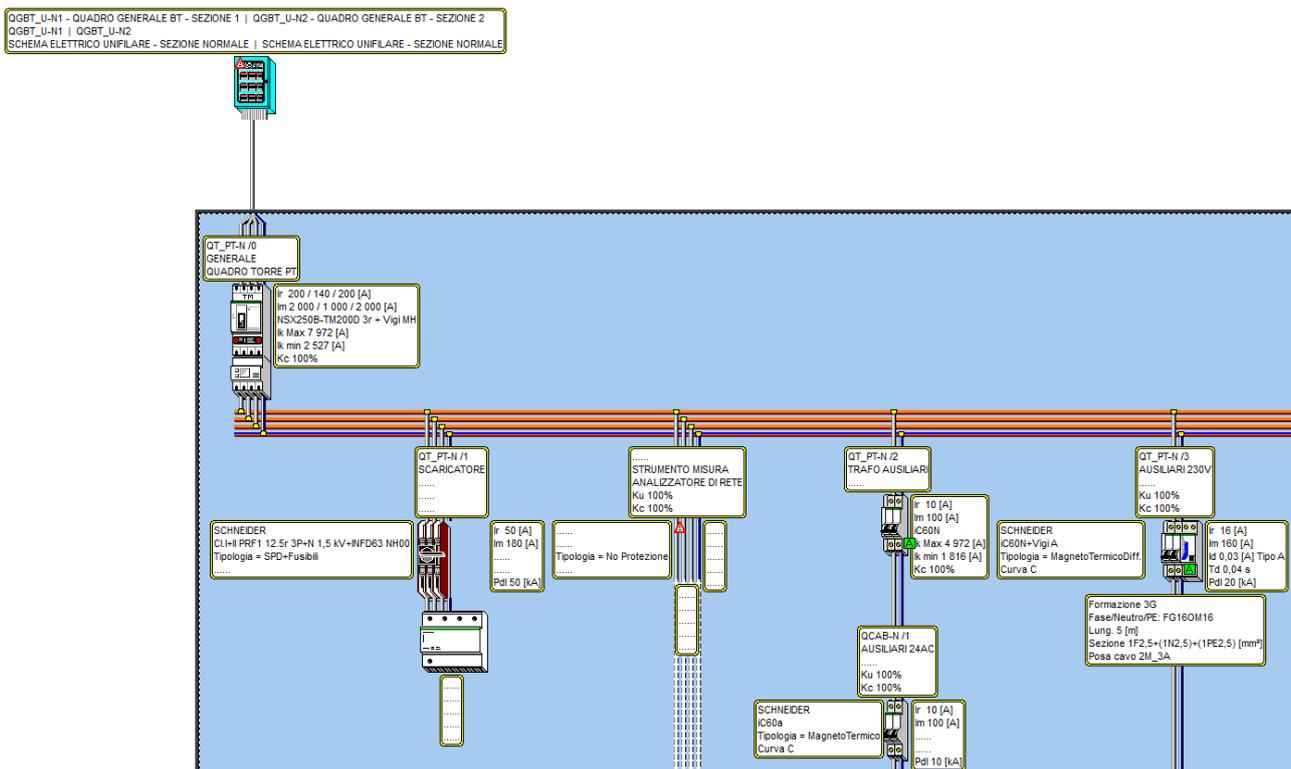


Figura 4.4: Interfaccia del software di calcolo Integra

Quadro:	QT_PT-N - QUADRO TORRE PIANO TERRA						
Sigla utenza	Descrizione	Polarità	Tensione [V]	Pcontemporanea [kW]	cosφ	Kc [%]	Ku [%]
QT_PT-N/0	GENERALE QUADRO TORRE PT	Quadripolare	400	98	0,934	100	100
QT_PT-N/1	SCARICATORE	Quadripolare	400	0	---	100	100
	STRUMENTO MISURA ANALIZZATORE DI RETE	Quadripolare	400	0	---	100	100
QT_PT-N/2	TRAFO AUSILIARI	Monofase L1+N	230	0,15	0,9	100	100
QCAB-N/1	AUSILIARI 24AC	Monofase L1+N	24	0,15	0,9	100	100
QT_PT-N/3	AUSILIARI 230V	Monofase L1+N	230	0,15	0,9	100	100
QT_PT-N/4	PRESA DI SERVIZIO SU QUADRO	Monofase L1+N	230	0,3	0,9	100	30

Figura 4.5: Esempio di tabella .xls esportata dal software di calcolo Integra

Per poter manipolare le informazioni di un file “xls” in modo agevole e automatico, sono stati realizzati una serie di script attraverso “Dynamo”, un’interfaccia di programmazione grafica che consente di personalizzare il flusso di lavoro relativo alle informazioni edilizie.

Gli script realizzati sono:

- Script per il caricamento del file Excel per la lettura dei diversi circuiti:

L’input di tale script permette di scegliere un file .xls per la lettura dei dati.

Successivamente viene letto il file e viene creata una lista di tutte le righe, ovvero i circuiti.

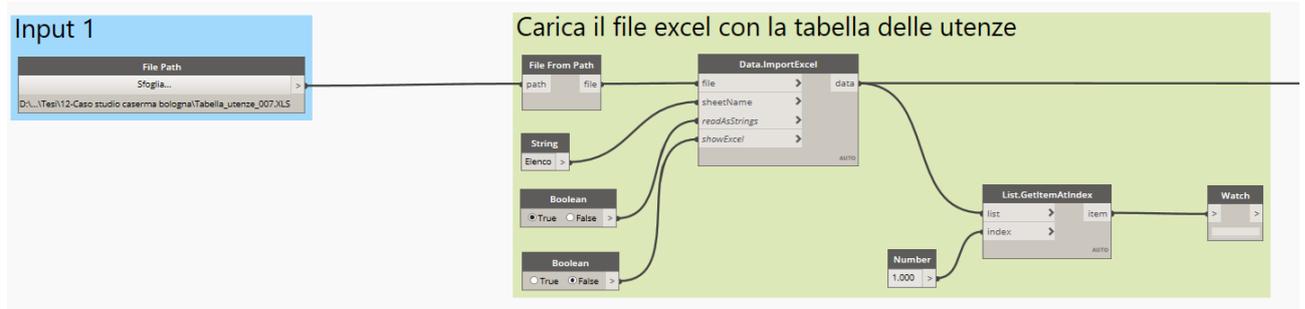


Figura 4.6: Script Dynamo per il caricamento di un file .xls

- Script per la selezione della riga contenente il circuito che si sta creando nel modello BIM:

L’input di tale script permette di scegliere una determinata riga di una lista per la lettura di tutti i dati di quella riga.

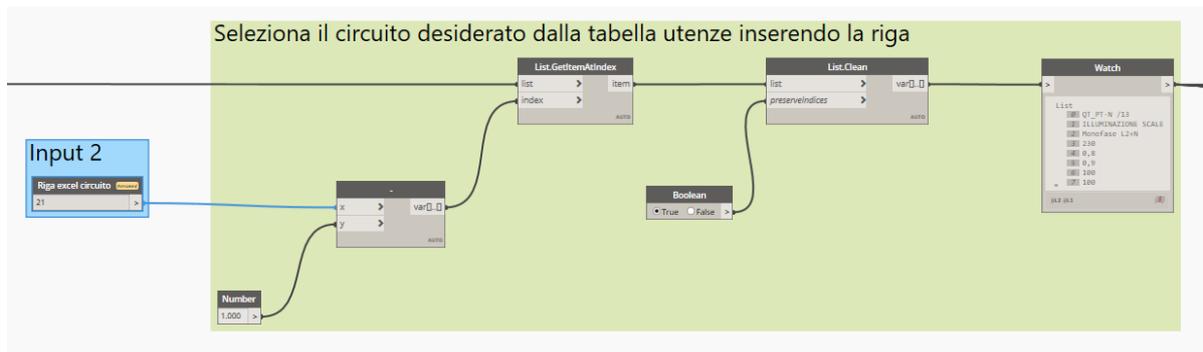


Figura 4.7: Script Dynamo per la lettura di una specifica riga di un file .xls

- Script per l'estrazione dei dati circuitali sulla riga scelta:

L'input di tale script riguarda la gestione dell'insieme dei dati di una riga della lista di circuiti.

I dati di un circuito non sempre hanno unità di misura omogenee, oppure tali dati devono subire alcuni adattamenti per poter poi essere relazionati tra loro.

Gli output di questo script permettono la visualizzazione di:

- ✓ Nome del circuito
- ✓ Poli
- ✓ Tensione nominale [V]
- ✓ Potenza attiva [kW]
- ✓ Cosfi (fattore di potenza)
- ✓ KI (fattore di contemporaneità di linea, utile nel caso di sottoquadri)
- ✓ K (fattore K circuito, ovvero il prodotto tra K_u e K_c)



Figura 4.8: Script Dynamo per l'estrazione delle informazioni dalla riga selezionata del file .xls

- Script per l'estrazione del numero di circuito dalla riga scelta:

L'input di tale script è il numero di circuito, il quale non è legato al numero della riga del file .xls e inoltre può non essere un progressivo (dipende dalle scelte progettuali di identificazione dei circuiti).

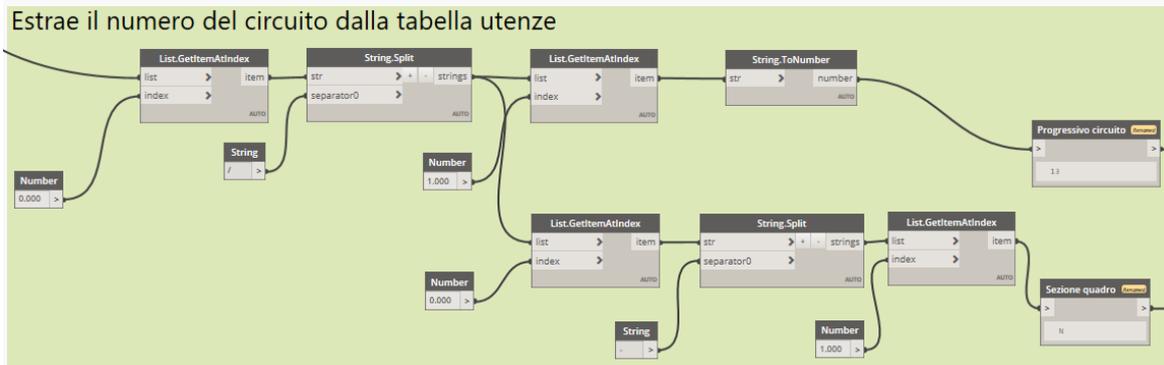


Figura 4.9: Script Dynamo per l'estrazione del num. del circuito dalla riga selezionata del file .xls

- Script per la selezione dei componenti nel modello e del quadro a cui si vuole collegare tali componenti:

Gli input di tale script sono:

- ✓ Quadro elettrico selezionato nel modello
- ✓ Componenti elettrici selezionati nel modello da collegare al quadro

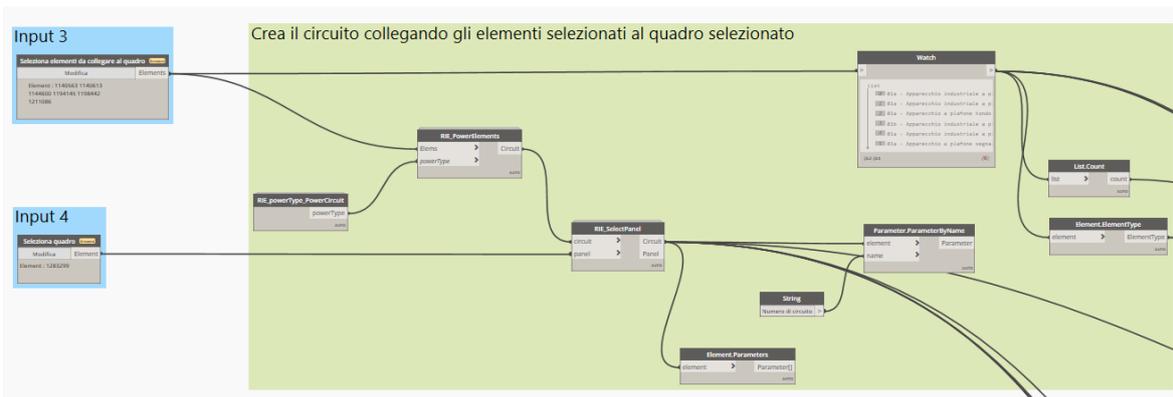


Figura 4.10: Script Dynamo per la creazione del circuito

Tale blocco permette inoltre di replicare la funzione “collega al circuito” senza doverla selezionare dall'apposito comando in Revit.

- Script per l'inserimento dei valori letti sulla riga selezionata all'interno dei componenti nel modello BIM e del circuito:

Tale script permette di inserire tutti i parametri identificati attraverso i precedenti script all'interno dei componenti selezionati e del circuito creato.

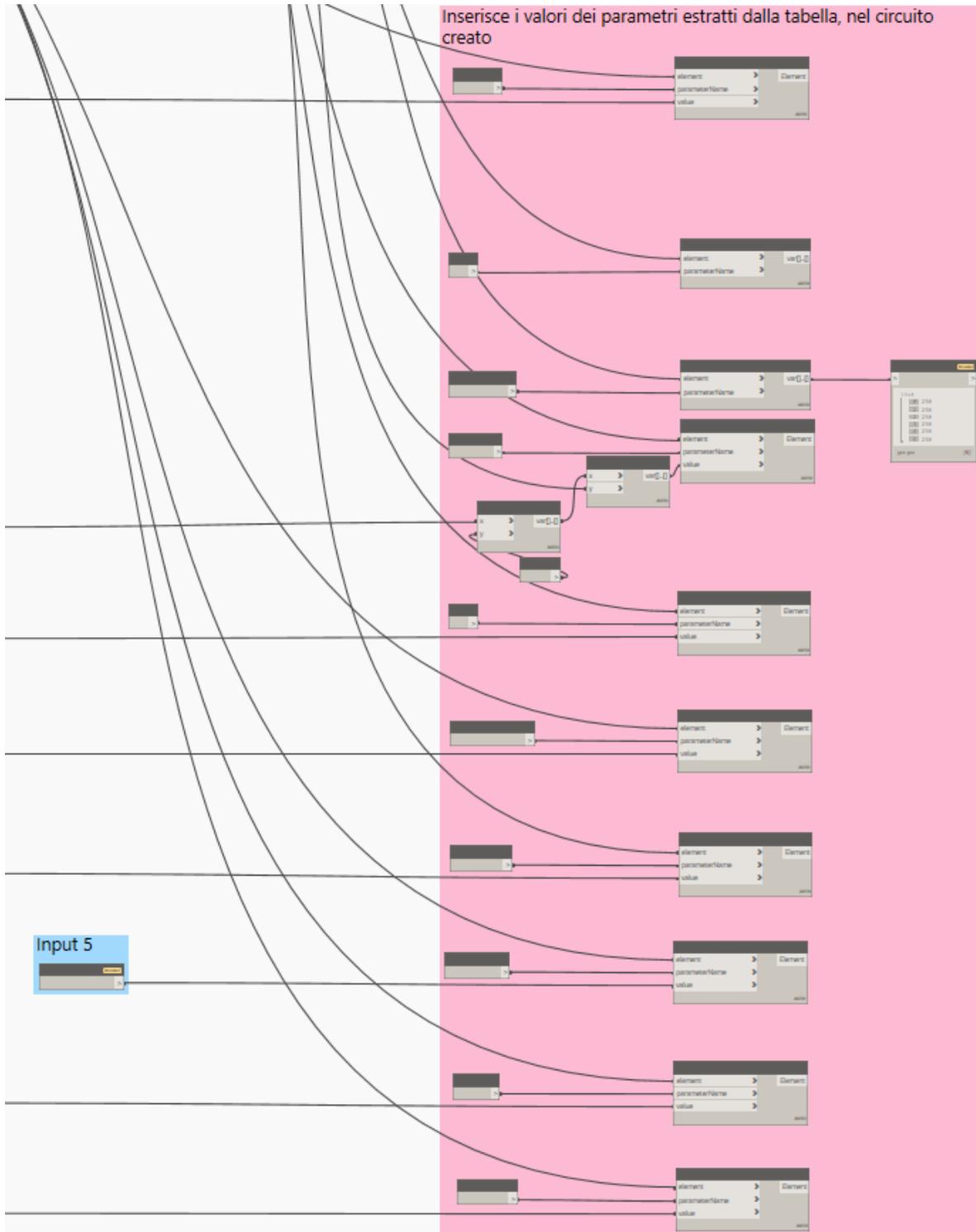


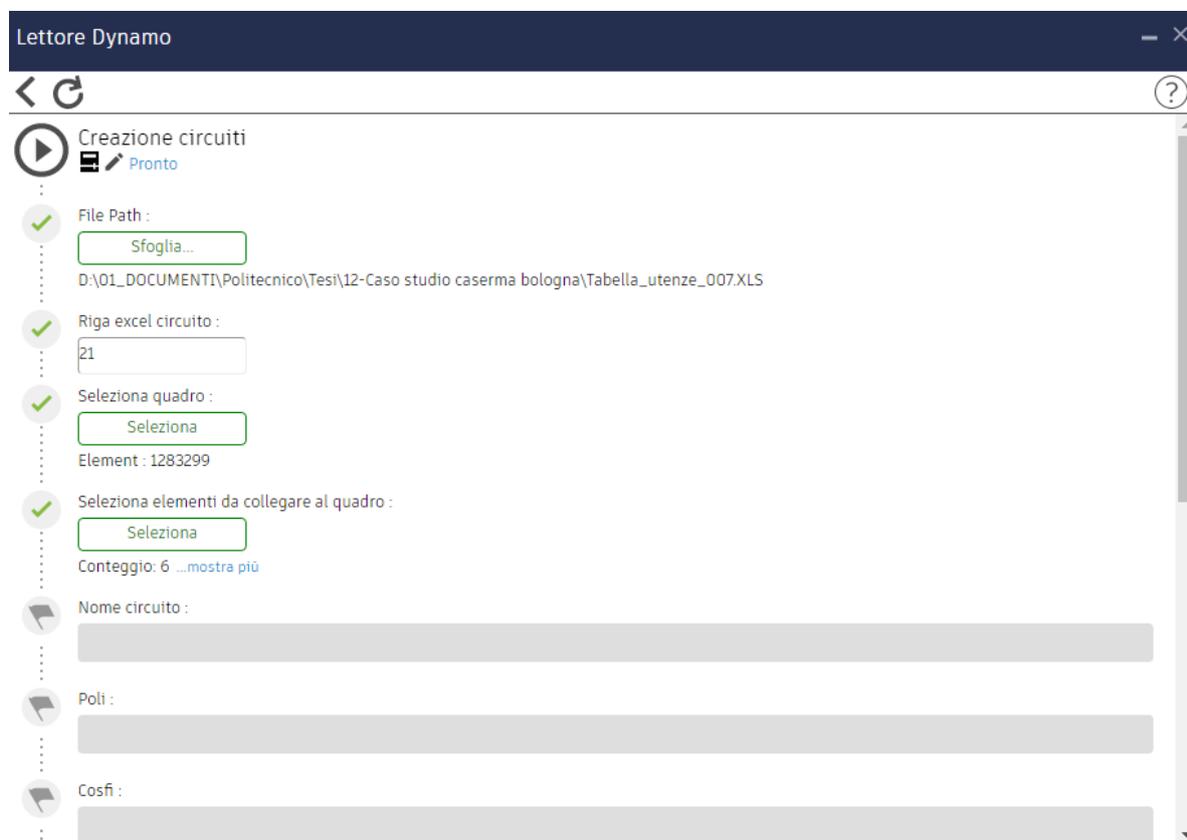
Figura 4.11: Script Dynamo per l'inserimento dei parametri elettrici nelle utenze

I parametri che verranno compilati attraverso l'esecuzione di tale script saranno:

- ✓ Nome carico (cioè il nome del circuito)
- ✓ Poli
- ✓ Tensione nominale (verrà solamente comprata con quella già inserita nel componente al fine di verifica)
- ✓ Potenza attiva [W]
- ✓ Cosfi (fattore di potenza)
- ✓ KI (fattore di contemporaneità di linea, utile nel caso di sottoquadri)
- ✓ K (fattore K circuito, ovvero il prodotto tra K_u e K_c)
- ✓ Prefisso barratura
- ✓ Progressivo
- ✓ Prefisso sezione

L'insieme di tutti questi script, una volta testati, sono stati collegati tra loro a creare un unico script finale che permetta al progettista di creare i circuiti nel modello BIM secondo la tabella circuitale ottenuta dal software di calcolo.

Tale script potrà essere facilmente attivabile durante la creazione dei circuiti attraverso un'interfaccia chiamata "lettore Dynamo" predisposta dal programma Revit, nella quale saranno visibili solamente gli input e gli output.



Il risultato di tale operazione sarà discusso nel caso studio analizzato nel capitolo successivo.

5 APPLICAZIONE DEI RISULTATI AD UN CASO STUDIO

5.1 CASO STUDIO: POLO ARCHIVISTICO DELL'AGENZIA DELLE ENTRATE

Il caso studio in oggetto della tesi è la realizzazione del Polo Archivistico interregionale dell'Agenzia delle Entrate Emilia-Romagna e della nuova sede dell'Ufficio Territoriale Bologna 2 (ex Caserma G. Perotti).

Tale complesso risulta composto da tre edifici:

- ✓ Torre uffici
- ✓ Uffici conservatoria
- ✓ Archivio (interrato)

I due corpi di fabbrica ospitano gli uffici dell'Agenzia delle Entrate (Torre e Uffici conservatoria).

L'edificio Torre è composta di sette piani fuori terra; dal primo piano fuori terra della Torre è raggiungibile il blocco di collegamento con gli Uffici della conservatoria.

Al piano terra dell'edificio Torre sono presenti i seguenti spazi:

- ✓ Hall di ingresso
- ✓ Front office (sportelli)
- ✓ Uffici
- ✓ Spazi comuni (locala relax e servizi igienici)
- ✓ Accesso dipendenti
- ✓ Distribuzione verticale (due ascensori e scale)
- ✓ Locali tecnici

Al piano primo dell'edificio Torre sono presenti i seguenti spazi:

- ✓ Spazi comuni
- ✓ Uffici
- ✓ Sala conferenze
- ✓ Spazi accessori

Ai piani superiori (secondo, terzo, quarto e quinto) sono presenti i seguenti spazi:

- ✓ Uffici
- ✓ Spazi comuni (locala relax e servizi igienici)
- ✓ Distribuzione verticale (due ascensori e scale)
- ✓ Locali tecnici

Al piano sesto sarà presente il locale dedicato alle macchine termiche e uno spazio verde dedicato ad eventi.

L'edificio Uffici della conservatoria è composto di due piani fuori terra.

Al piano terra dell'edificio Uffici conservatoria sono presenti i seguenti spazi:

- ✓ Reception e area attesa
- ✓ Distribuzioni verticali (due corpi scale)
- ✓ Uffici
- ✓ Spazi comuni (servizi igienici)
- ✓ Locali tecnici

Al piano primo dell'edificio Uffici conservatoria sono presenti i seguenti spazi:

- ✓ Distribuzioni verticali (due corpi scale)
- ✓ Uffici
- ✓ Sale riunioni
- ✓ Spazi comuni (servizi igienici)
- ✓ Locali tecnici

L'edificio Archivio è suddiviso in cinque comparti orizzontali, di cui uno afferisce alla conservatoria ed è composto di due livelli. I rimanenti quattro comparti a tutta altezza accolgono invece le scaffalature dell'archivio. Sul lato Nord dell'archivio sono presenti locali tecnici, locali carica muletti e uffici a servizio dell'archivio.

Le opere occorrenti per la realizzazione degli impianti elettrici e speciali del complesso sono di seguito riportate:

- Allacciamento alle reti dell'Ente distributore 20kV
- Allestimento cabine elettriche
- Distribuzione in Media Tensione entro cavidotti dedicati
- Quadri elettrici di distribuzione e protezione in media tensione
- Trasformatori MT/BT 20/0,4kV
- Sorgenti di energia (soccorritori per illuminazione di emergenza e sicurezza)
- Quadri elettrici generali BT
- Distribuzione principale e secondaria (canalizzazioni e cavi)
- Quadri elettrici secondari e di zona
- Impianto di illuminazione normale e di emergenza
- Impianto Forza motrice di servizio
- Alimentazione tecnologico ed impianti meccanici
- Impianto di supervisione e misure energia (BMS)
- Impianto di gestione/regolazione meccanica;
- Alimentazione impianto antincendio
- Impianto rivelazione incendi
- Impianto sonoro per evacuazione (Evac)
- Impianto per comando manuale NEFC
- Impianto fotovoltaico
- Impianto di terra
- Impianto di cablaggio strutturato (solo componenti passivi)
- Impianti speciali (antintrusione, controllo accessi e TVcc).

5.2 PREPARAZIONE ALLA PROGETTAZIONE IN BIM

Prima di poter iniziare la progettazione in BIM si rende necessaria la conoscenza di alcuni dati relativi al progetto, nonché sono necessarie alcune operazioni di preparazione del modello BIM.

Di seguito si riportano alcune informazioni generali circa l'impianto elettrico in oggetto:

- Parametri elettrici di alimentazione:
 - ✓ Tensione di alimentazione nominale M.T.: tensione Ente Distributore
 - ✓ Tensione di esercizio nominale B.T.: 400 V
 - ✓ Tensione tra fase e neutro: 230 V
 - ✓ Frequenza: 50 Hz
 - ✓ Sistema di distribuzione: TN-S (3F+N)
- Parametri di potenza:
 - ✓ Reception ed ingressi: 30 W/m²
 - ✓ Uffici: 40 W/m²
 - ✓ Aree tecniche: 100 W/m²
- Coefficienti di calcolo:
 - ✓ Linee che alimentano circuiti luce: K=1
 - ✓ Linee che alimentano circuiti FM: K=0,2-0,8
 - ✓ Linee che alimentano sottoquadri e carichi particolari: K=0,8-1
- Cadute di tensione ammesse:
 - ✓ C.d.t. su montanti principali: 2% di V_n
 - ✓ C.d.t. distribuzione secondaria: 2% di V_n
 - ✓ C.d.t. sul punto più lontano: 4% di V_n
- Grado di protezione minimo:
 - ✓ Ambienti normali:
 - IP00 per impianti in canaline aperte a quota superiore a 3 m da p.p.
 - IP20 per impianti in canaline chiuse nei tratti verticali a quote inferiori a 3 m p.p.
 - IP44 per impianti in tubo a qualsiasi quota.
 - ✓ Ambienti umidi o con pericolo di incendio (centrali e/o locali tecnici)
 - IP40 per impianti in canaline chiuse al di fuori dei centri di pericolo
 - IP44 per impianti in tubo.
 - ✓ Impianti in zone civili
 - IP00 per impianti in canaline aperte (senza coperchio) installate nelle zone controsoffittate
 - IP20 per quadri di piano a portelle aperte
 - IP30 per quadri di piano a portelle chiuse
 - IP44 per impianti di distribuzione a pavimento in condotto protetto e/o tubazioni
 - IP44 per impianti in ambienti con pericolo di spruzzi d'acqua o per ambienti soggetti a Norme particolari (centrali tecnologiche, ecc.)

- Livelli di illuminamento medio:
 - ✓ Sale riunioni: 750 lux
 - ✓ Uffici: 500 lux
 - ✓ Corridoi interni e zone comuni: 250 lux
 - ✓ Locali tecnici: 150 lux

- Protezione Contro I Contatti Indiretti:
 - ✓ La protezione contro i contatti indiretti dovrà essere realizzata con il collegamento all'impianto di terra, sfruttando come dispersori di fatto i ferri di armatura delle colonne in c.a. del fabbricato, nonché mediante l'uso di interruttori differenziali aventi corrente di intervento ad alta sensibilità. La protezione a monte dei quadri dovrà essere assicurata da dispositivi a massima corrente e con cavi sotto guaina.

- Protezione Contro I Contatti Diretti:
 - ✓ La protezione dovrà essere realizzata mediante isolamento e con adozione di grado di protezione pari ad almeno IPXXD, per le superfici orizzontali a portata di mano, e IPXXB per le altre superfici, nonché IP4XD per gli ambienti a maggior rischio in caso d'incendio.
 - ✓ Tutte le parti attive dovranno essere completamente protette con un isolamento che possa essere rimosso soltanto mediante l'uso di attrezzo.

- Dimensionamento Delle Protezioni Contro Le Sovracorrenti:
 - ✓ Secondo quanto previsto dalle norme, le sezioni delle condutture dovranno essere determinate in modo che la corrente di impiego di ogni circuito risulti inferiore alla relativa portata dei cavi.
 - ✓ Tutti i circuiti dovranno essere protetti dal sovraccarico mediante dispositivi posti all'inizio delle condutture, in grado di soddisfare le condizioni riportate dalla norma.
 - ✓ Per quanto concerne la protezione contro i cortocircuiti dovranno essere utilizzate apparecchiature di protezione aventi potere di interruzione estremo (I_{cu} , secondo le indicazioni della CEI EN 60947-2), non inferiore alla corrente di cortocircuito trifase simmetrico calcolata nel punto d'installazione.
 - ✓ Per ogni apparecchiatura di protezione dovrà essere inoltre calcolata l'energia termica passante in modo da verificare la tenuta della conduttura ad essa sottoposta.

- Impiantistica Generale:
 - ✓ Gli interruttori dedicati ai circuiti luce avranno una corrente nominale non superiore a 10A, quelli dedicati ai circuiti forza non inferiore a 16A.
 - ✓ I quadri elettrici al cui interno sono presenti alimentazioni derivate da diverse sorgenti di energia saranno dotati di setti di segregazione e sulla portella del quadro elettrico e saranno riportate dettagliate informazioni in merito alla procedura da adottare per la messa fuori tensione dell'intero impianto.
 - ✓ La protezione terminale contro i contatti indiretti sarà assicurata mediante l'utilizzo di dispositivi differenziali aventi valore di soglia non superiore a 30mA con caratteristica di funzionamento tipo A.

Per l'analisi relativa all'impianto elettrico verranno considerate solamente alcune parti della progettazione elettrica inerenti a quanto discusso fin ora nell'elaborato.

Verranno in particolare analizzate le ottimizzazioni effettuate sulle famiglie, il loro inserimento e comportamento all'interno del modello, alcuni casi particolari di progettazione, la parte relativa ai circuiti ed esempi di messa in tavola.

Tali analisi verranno generalmente svolte su un piano tipo dell'edificio Torre, in particolare il piano terra.

Per poter iniziare a progettare si sono inizialmente preparate le basi per poter lavorare in ambiente BIM.

L'operazione di preparazione di un modello è una delle regole più importanti, se non la fondamentale, per poter progettare nel modo corretto e ottenere dei risultati soddisfacenti ma soprattutto coerenti con le scelte progettuali, nonché che permettano di trasmettere le informazioni corrette attraverso il modello BIM.

Il primo step è stato quello di utilizzare un modello di tipo "template" che avesse impostati i settaggi utili alla progettazione elettrica.

In alternativa è possibile trasferire gli standard di progetto nel nuovo modello di lavoro.

Gli standard di progetto da trasferire o comunque da avere già impostati nel modo corretto nel modello, sono i seguenti:

- ✓ Cavo
- ✓ Classificazione dei carichi elettrici (es. presa di servizio, alimentazione porta automatica, illuminazione, ...)
- ✓ Dimensioni passerelle (es. passerelle in acciaio zincato, ...)
- ✓ Dimensioni tubi protettivi (es. corrugati, tubi pvc, ...)
- ✓ Filtri (es. per colorare le passerelle in funzione del servizio)
- ✓ Impostazioni elettriche
- ✓ Impostazioni passerella
- ✓ Impostazioni tubo protettivo
- ✓ Materiali
- ✓ Modelli di abachi quadri elettrici
- ✓ Modelli di linea
- ✓ Organizzazione browser di progetto
- ✓ Parametri di progetto
- ✓ Schema denominazione circuito
- ✓ Sistema di distribuzione
- ✓ Stili di linea
- ✓ Tipi di passerella
- ✓ Tipi di tubo protettivo
- ✓ Voltaggio

Successivamente verrà caricato il file contenente i parametri condivisi predisposto per la progettazione delle famiglie. Tale file conterrà infatti anche alcuni parametri di appoggio al modello, in particolare per la parte circuitale.

Una volta aperto il template elettrico, trasferiti tutti gli standard e caricato il file di parametri condivisi, è stato possibile iniziare la progettazione.

Come primo step è necessario collegare i modelli delle altre discipline nel modello elettrico. Per questo lavoro si è scelto di utilizzare la tecnica dai collegamenti, in quanto le varie discipline avevano necessità di gestire il proprio modello individualmente.

La scelta di adoperare collegamenti all'interno dei modelli non permette un immediato riscontro tra modello locale e il modello federato: al momento dell'apertura di un modello federato è consigliabile effettuare l'aggiornamento di ciascun link in modo da lavorare con file sempre rinnovati. Questa tecnica di condivisione comporta un'impostazione iniziale della tipologia di collegamenti da utilizzare; i modelli possono essere connessi tra di loro in maniera differente a seconda delle necessità:

- ✓ Associazione: se il file A viene collegato al file B per associazione, e successivamente quest'ultimo viene collegato al file C, in esso i file A e B saranno visibili entrambi.
- ✓ Sovrapposizione: se il file A viene collegato al file B per sovrapposizione, e successivamente quest'ultimo viene collegato al file C, in esso il file A non sarà visibile.

Nel primo caso il modello C possiede al suo interno tutte le informazioni dei modelli A e B, nel secondo, invece, si verifica una perdita di dati che consente di non avere una ridondanza di informazioni nel file finale. Questa strategia risulta essere particolarmente conveniente poiché non incide notevolmente sulle dimensioni dei file.

Una volta caricati i modelli, è stato possibile proseguire con la progettazione elettrica.

La progettazione verrà sviluppata per alcune delle sotto discipline dell'impianto elettrico. In particolare, i successivi paragrafi riguarderanno:

- ✓ Progettazione della distribuzione
- ✓ Progettazione della forza motrice
- ✓ Progettazione dell'impianto di illuminazione
- ✓ Quadri elettrici e circuiti

5.3 PROGETTAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE

Per l'impianto di distribuzione è stato possibile fare uso delle ottimizzazioni fatte sulla famiglia di sistema delle passerelle.

Tali ottimizzazioni consistono in:

- ✓ Diversificazione delle tipologie di passerelle (tipi famiglia)
- ✓ Filtri per il colore e per la tipologia di passerella (filtri modello di vista)
- ✓ Etichette per l'identificazione dei parametri utili alla progettazione

Queste ottimizzazioni sono state importate dal template di partenza e utilizzate nel progetto.

Per il progetto in esame, data la conformazione dell'impianto, è necessaria una rete di distribuzione sia sottopavimento che entro controsoffitto.

Saranno inoltre necessarie una o più montanti per il collegamento verticale tra i piani.

Per quanto riguarda gli impianti entro controsoffitto si è scelto di permettere una buona areazione dei cavi elettrici, senza necessità di un grado di protezione minimo (IP) in quanto impianti in ambienti interni non aggressivi.

Per ottenere tali caratteristiche si è scelta una rete di distribuzione entro controsoffitto realizzata da passerelle asolate (buona areazione), in acciaio zincato a caldo Sendzimir (atmosfera non aggressiva) e senza coperchio (nessun grado di protezione IP).

Si è inizialmente realizzata un'unica distribuzione in bozza, tenendo conto della conformazione dei locali e dei controsoffitti, considerando la presenza di muri strutturali e pilastri. In questo modo si è delineato il percorso utile e verificata la fattibilità.

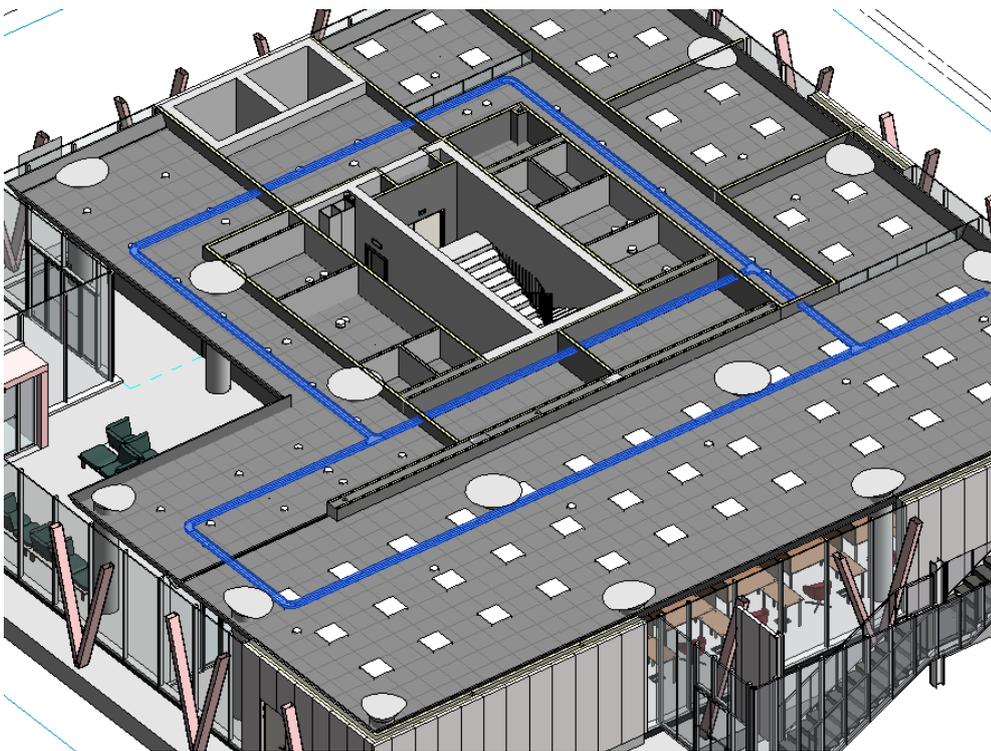


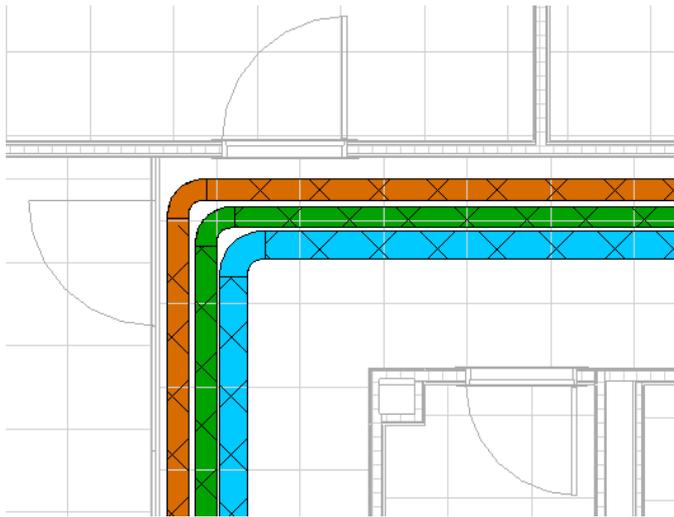
Figura 5.1: Percorso di massima della distribuzione principale a soffitto

Le partizioni interne attraversate dal percorso delle passerelle non sono muri portanti o strutture; pertanto, il percorso della distribuzione per come è stata realizzata risulta fattibile.

Si è proceduto alla suddivisione della distribuzione in più passerelle in base alla tipologia di impianti da servire:

- ✓ Energia per impianti elettrici (illuminazione e prese a soffitto)
- ✓ Energia per impianti meccanici (fancoil a soffitto)
- ✓ Impianti IRAl (Rivelazione fumi ed EVAC)
- ✓ Cablaggio strutturato (prese dati a soffitto, bus KNX/DALI, bus fancoil)

Utilizzando la legenda colori costruita precedentemente si possono identificare le passerelle secondo il loro servizio e tipologia realizzativa.



In questo caso il retino indica che le passerelle è asolata, mentre i colori indicano il servizio della passerella.

Entrambe le caratteristiche verranno ovviamente riportate in legenda.

Figura 5.2: Colori e retini indicanti il tipo e il servizio delle passerelle

La prima problematica da affrontare è il posizionamento delle passerelle.

Infatti, la progettazione in BIM permette la rappresentazione degli impianti con un elevato grado di realtà ed è ciò che si vuole ottenere nel progetto. Se la rappresentazione avvenisse attraverso uno strumento CAD, non si avrebbe alcun vantaggio o beneficio in termini spaziali.

Se si pensa all'installazione delle passerelle, vengono in mente tre prime considerazioni:

- ✓ Le passerelle possono essere staffate a soffitto, mediante appositi staffagli oppure a parete.
- ✓ Le passerelle devono tenere conto del futuro passaggio impianti meccanico, il quale richiederà maggiori spazi e volumi.
- ✓ Le passerelle devono poter essere accessibili

Considerato il passaggio degli impianti meccanici, non avrebbe alcun senso rappresentare le passerelle parallele tra loro e alla stessa quota, perché si avrebbero delle notevoli incoerenze con la realtà delle installazioni ed ovvie interferenze con gli altri impianti.

Inoltre, le passerelle devono poter essere accessibili ed essere a disposizione per poter derivare la distribuzione tramite "stacchi" o "derivazioni" tramite passerelle più piccole o tubazioni.

Si è organizzata la distribuzione secondo queste considerazioni.

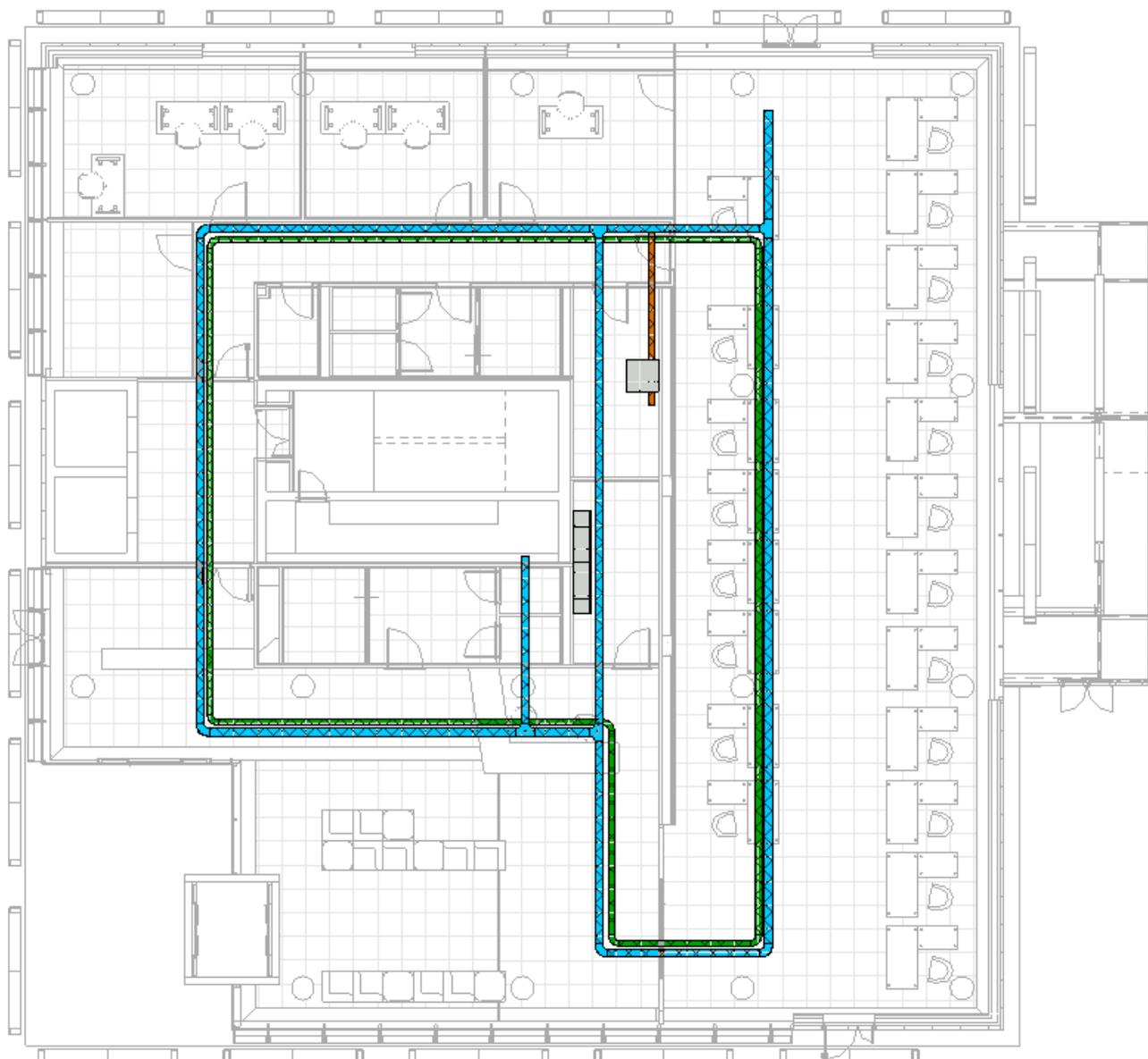


Figura 5.3: Distribuzione a soffitto

La seconda problematica è già evidente nella pianta dei controsoffitti ottenuta.

Infatti, posizionando le passerelle a differenti quote e sovrapponendole, si presenta il problema della rappresentazione in pianta: essa non è più sufficiente come a livello di informazioni.

Si rendono necessarie delle sezioni tipologiche che forniscano ulteriori informazioni e che verranno inserite in tavola.



Figura 5.4: Esempio di sezione per la distribuzione a soffitto

Come ultimo passaggio di modellazione vengono inserite le montanti verticali, due al quadro di piano, una all'armadio rack e tre montanti nel cavedio.

Il passaggio successivo è stato il caricamento dell'impianto meccanico HVAC per verificare eventuali interferenze e modificare puntualmente l'impianto di distribuzione:

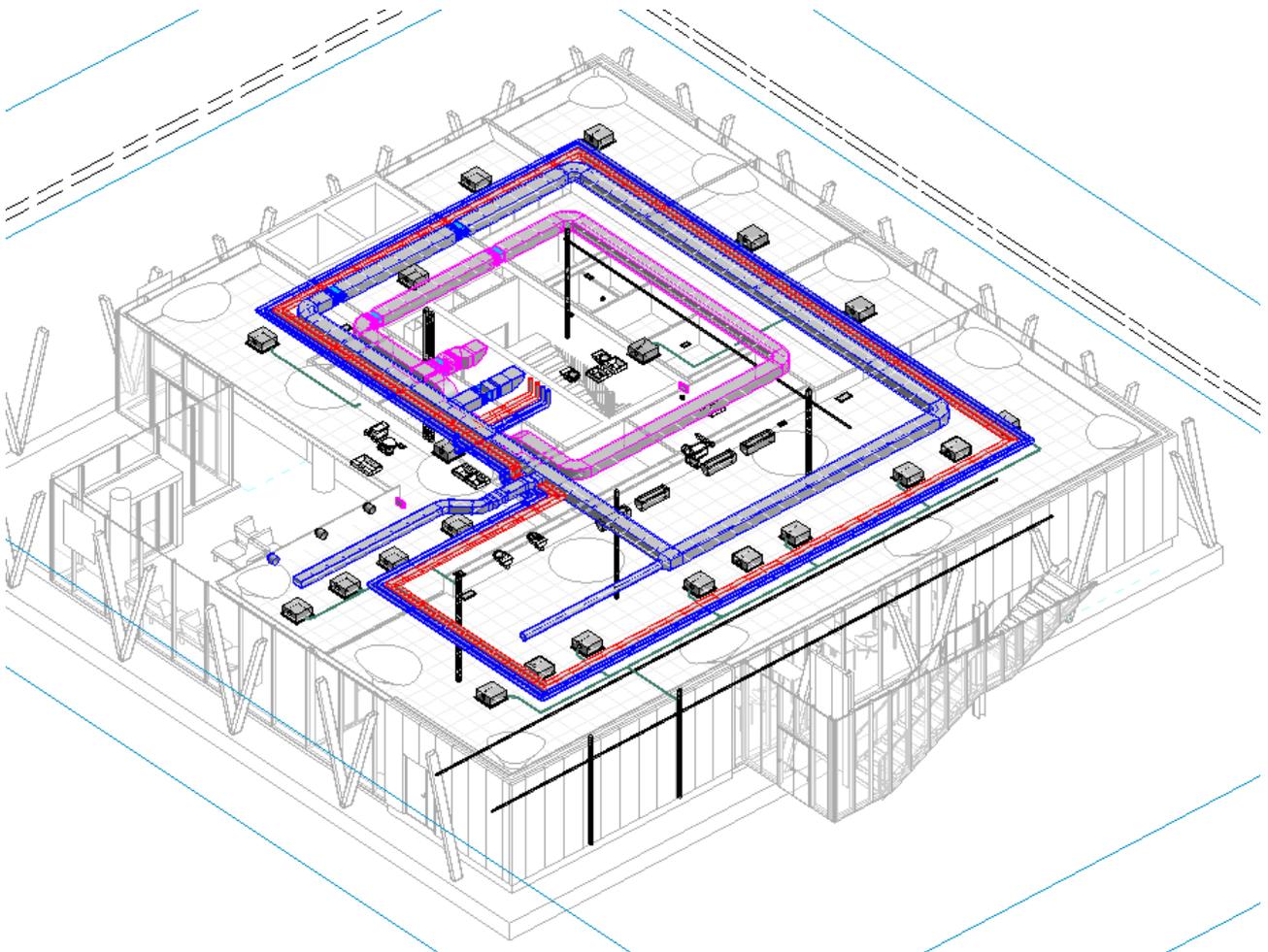


Figura 5.5: Modello Meccanico al piano terra dell'edificio Torre

L'impianto a soffitto è stato quindi modificato in base alle interferenze.

Per facilitare l'operazione al progettista è stato utilizzato lo strumento di "controllo interferenze" disponibile nel programma per visualizzare rapidamente le interferenze e risolverle in modo più efficiente:

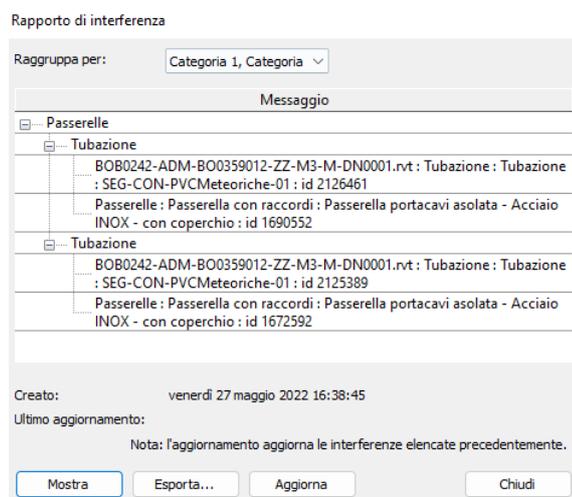


Figura 5.6: Interfaccia Revit per il controllo interferenze

Il risultato ottenuto ha permesso di ottenere una rete elettrica distributiva coordinata con l'architettico, lo strutturale e l'impianto meccanico.

Allo stesso modo, ma con diverse tipologie di passerelle e minori problematiche progettuali, si è realizzata la distribuzione sottopavimento flottante (ove presente).

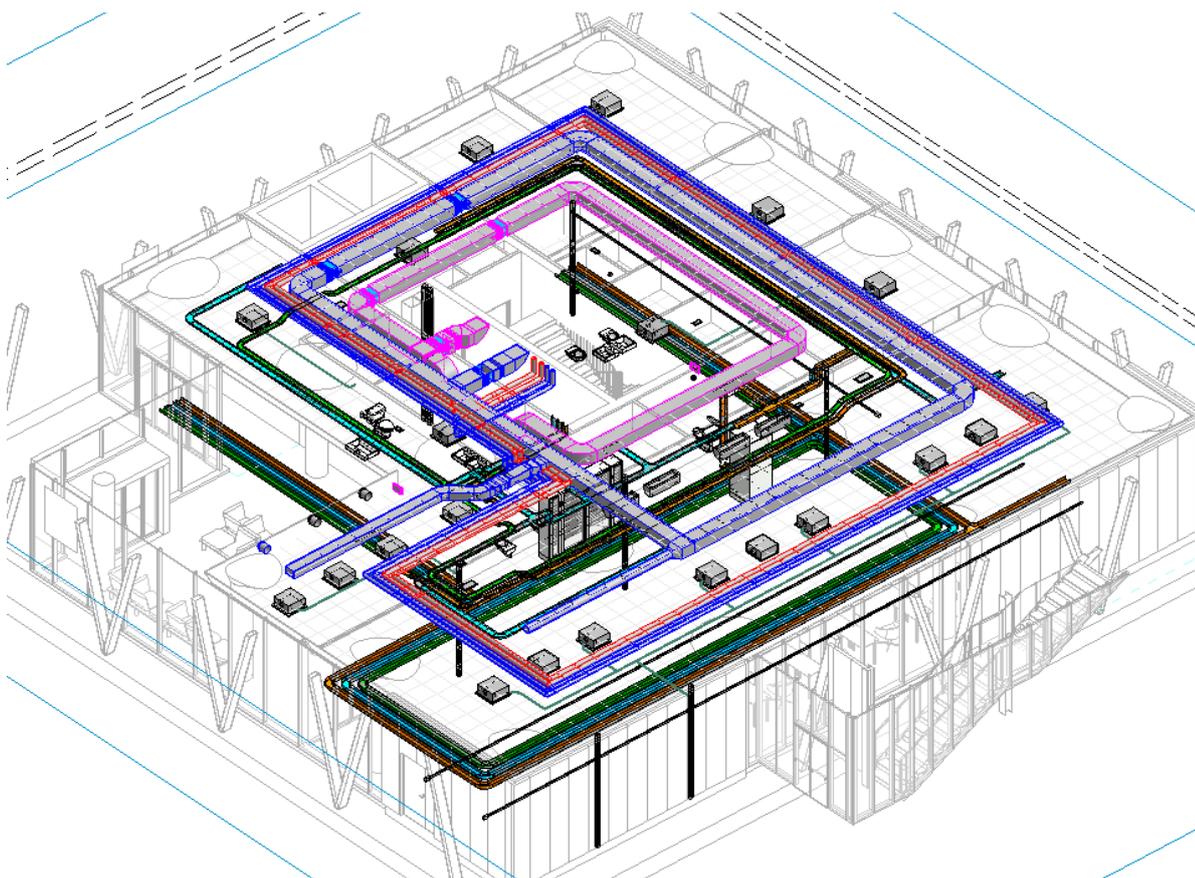


Figura 5.7: Impianto di distribuzione a soffitto e pavimento coordinato

Successivamente, sono state inserite in pianta le etichette preparate in precedenza per permettere una più rapida lettura delle informazioni in tavola.

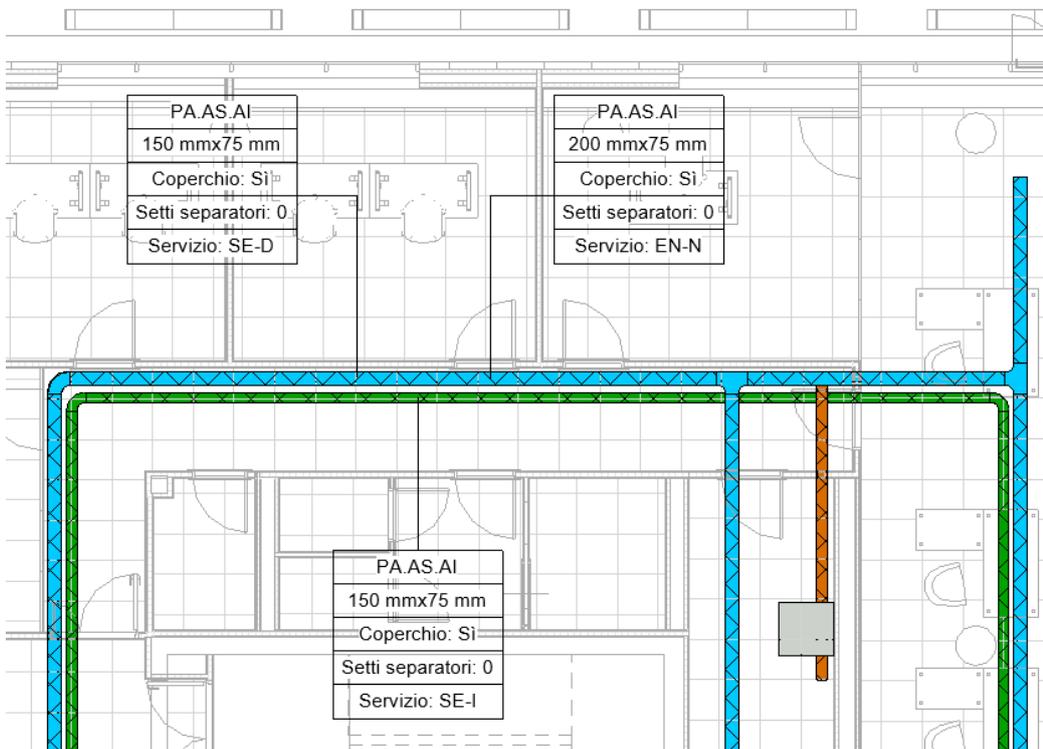


Figura 5.8: Vista in pianta della distribuzione a soffitto con etichette senza quota

L'etichetta è stata parametrizzata con un parametro di visibilità in grado di mostrare o meno la quota altimetrica inferiore della passerella.

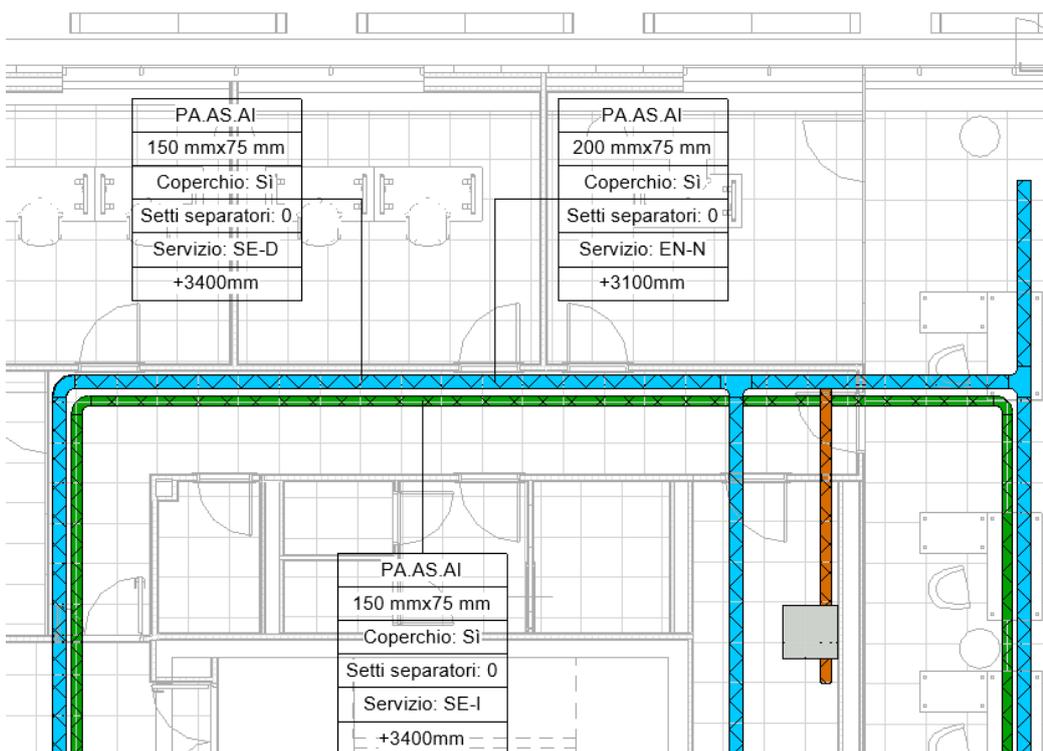


Figura 5.9: Vista in pianta della distribuzione a soffitto con etichette con quota

Infine, è possibile visualizzare in tavola la legenda colori e la legenda delle passerelle.

La legenda colori è uno standard che dipende dai filtri utilizzati per identificare le passerelle (scelta progettuale):

	Impianto/Componente alimentato: "Energia - Sezione Normale"		Impianto/Componente di segnale: "Segnale - Impianti IRAI"
	Impianto/Componente alimentato: "Energia - Sezione Privilegiata"		Impianto/Componente di segnale: "Segnale - Impianti Trasmissione Dati"
	Impianto/Componente alimentato: "Energia - Sezione Continuità"		Impianto/Componente di segnale: "Segnale - Impianti Speciali"
	Impianto/Componente alimentato: "Energia - Sezione Sicurezza"		Impianto/Componente di segnale: "Segnale - Impianti Misti"
	Impianto/Componente alimentato: "Energia - Sezione Mista"		Impianto/Componente misto: "Energia e Segnale"

Figura 5.10: Legenda colori dei servizi per la messa in tavola

La legenda delle passerelle è costruita attraverso gli abachi, in modo automatico, grazie alla parametrizzazione intelligente della famiglia delle passerelle:

Legenda Distribuzione - Passerelle		
Simbolo	Codifica passerelle	Tipo
	PA.FI.AI	Passerella portacavi a filo - Acciaio INOX
	PA.AS.AI	Passerella portacavi asolata - Acciaio INOX - con coperchio

Figura 5.11: Legenda automatica per le passerelle

Il software riconosce automaticamente la presenza di due tipologie di passerelle, come da progettazione, e ne estrae le immagini, la codifica e la descrizione del tipo.

5.4 PROGETTAZIONE DELL'IMPIANTO DI FORZA MOTRICE

Per quanto riguarda l'impianto di forza motrice, si sono posizionate inizialmente le prese elettriche e i punti di alimentazione secondo le decisioni progettuali:

- Prese di servizio ad incasso IP40: 1 UNEL + 1 interruttore MT:
 - ✓ 1 per ogni ufficio/sala riunione/ripostiglio
 - ✓ 2 per ogni corridoio/ingresso/zona sportelli
- Prese di servizio ad incasso IP55: 1 UNEL + 1 interruttore MT:
 - ✓ 1 per ogni bagno
- Prese di servizio a vista IP55: 1 UNEL + 1 interruttore MT:
 - ✓ 1 per ogni locale tecnico
- Prese a vista IP55 entro controsoffitto per alimentazione access point wi-fi: 1 UNEL + 1 interruttore MT:
 - ✓ 1 per ogni corridoio/ingresso/zona sportelli
- Prese a vista IP55 entro controsoffitto per alimentazione monitor: 2 UNEL + 1 interruttore MT:
 - ✓ 1 per ogni corridoio/ingresso/zona sportelli
- Punti di alimentazione ad incasso monofase per potenze entro i 500W:
 - ✓ 1 per ogni porta automatica
 - ✓ 1 per fotocellula lavandino comune
 - ✓ 1 per fotocellula WC

Dal momento che le famiglie MEP elettriche sono state modellate e parametrizzate in modo tale da rendere visibile il proprio simbolo in modo differente a seconda della sorgente con le quali vengono alimentate, si manterrà questo criterio e i componenti otterranno quindi la colorazione rispettiva attraverso l'apposito parametro.

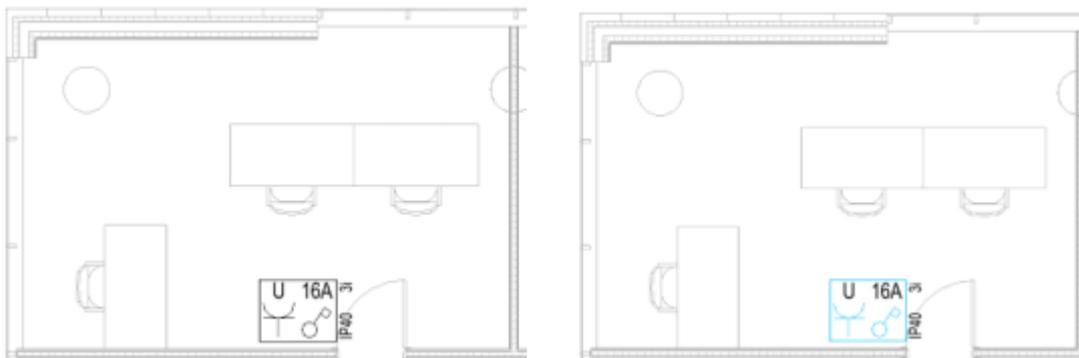


Figura 5.12: Esempio di simbolo con e senza colore applicato

Verranno inoltre abbinare alle prese le diverse classificazioni di carico al fine di poter evidenziare nel modello, sull'abaco di quadro e in tavola (tramite etichette) la tipologia di carico e l'eventuale posizione della presa.

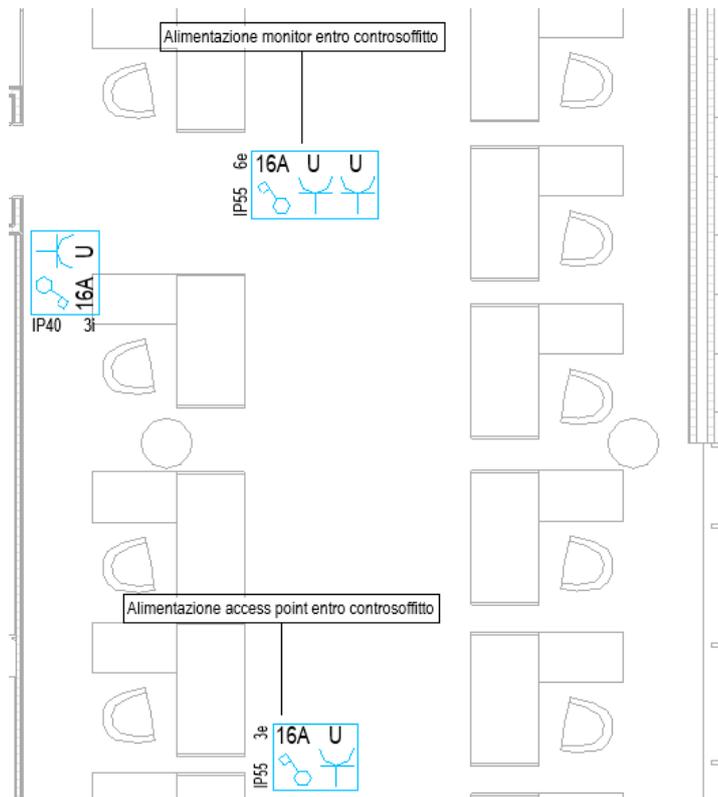


Figura 5.13: Lettura della classificazione carico tramite etichette

Successivamente si posizionano i condotti sbarre per l'alimentazione delle torrette.

Gli elementi rettilinei possono essere facilmente assemblati in serie e affiancati alla testata di alimentazione. Si nota il condotto sbarre a dettaglio alto in pianta.

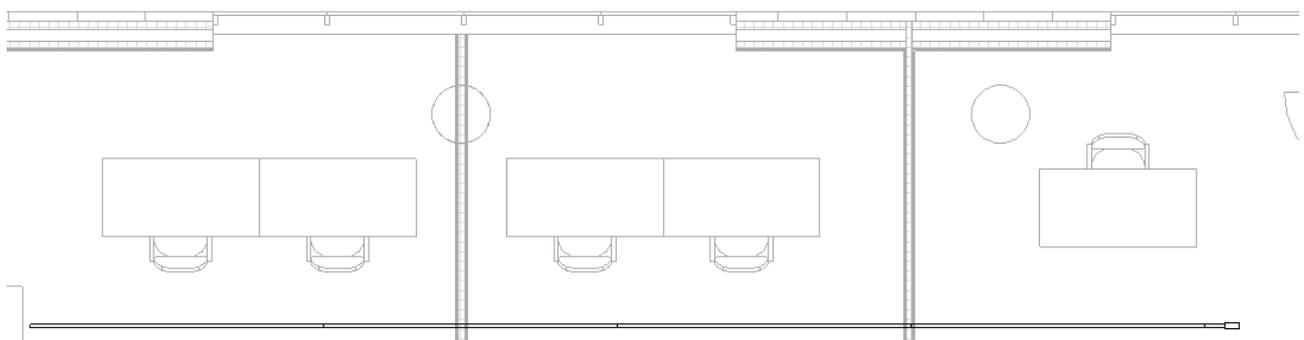


Figura 5.14: Condotto sbarre a dettaglio Alto in pianta

In sezione è possibile invece verificare che il condotto e la testata trovino il dovuto spazio all'interno del pavimento flottante.

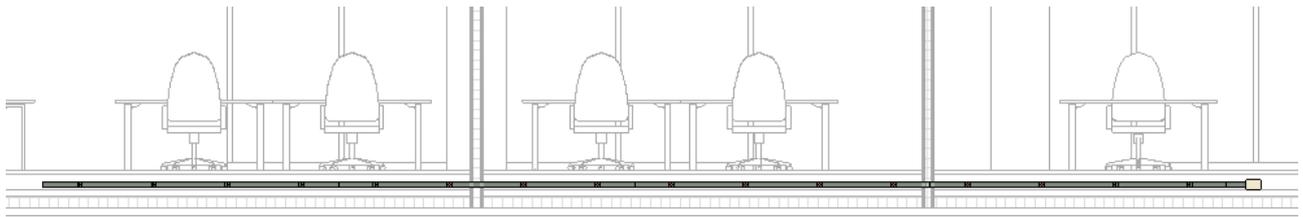


Figura 5.15: Sezione con evidenziato il condotto sbarre

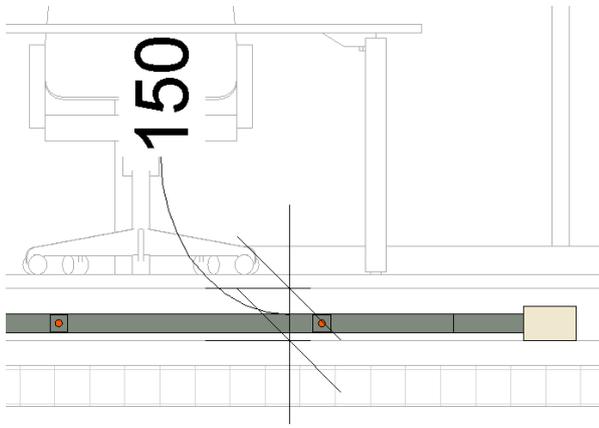


Figura 5.16: Posa del condotto sbarre e altezza del pavimento flottante

Impostando il dettaglio basso, il condotto e la sua testata vengono “sostituiti” dai propri simboli in modo da risultare facilmente leggibili in tavola.

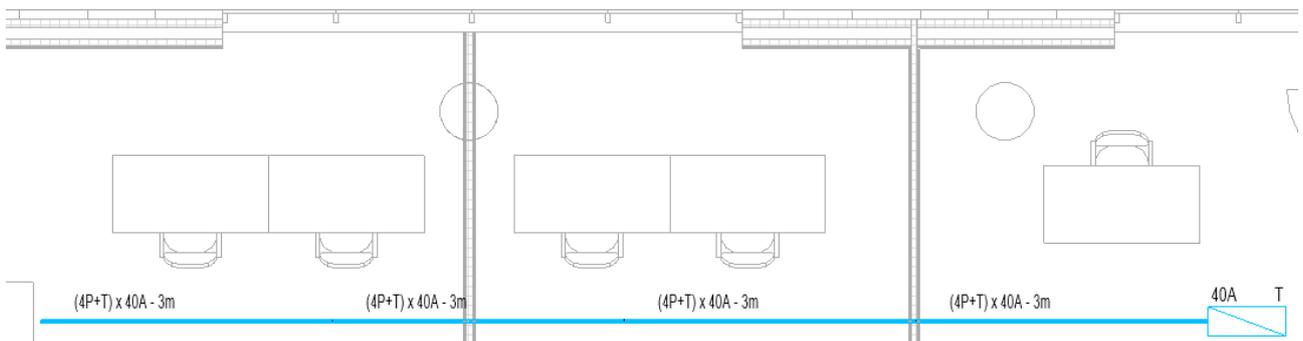


Figura 5.17: Condotto sbarre a dettaglio Basso in pianta

Si procede con l’inserimento del sistema di chiamata disabili (stand alone) in quanto presenti due bagni per disabili:

- ✓ 1 pulsante a tirante dentro ogni bagno per disabili
- ✓ 1 pulsante di tacitazione dentro ogni bagno per disabili
- ✓ 1 segnalatore ottico/acustico fuori da ogni bagno per disabili (corridoio)

Uno schema tipologico di un impianto di chiamata stand-alone è riportato nelle figure successive.

Componenti utilizzati:

- Modulo di chiamata (RM)
- Pulsante a tirante (ZT)
- Pulsante di cancellazione (AT)
- Alimentatore IN 250 mA (NNRS)

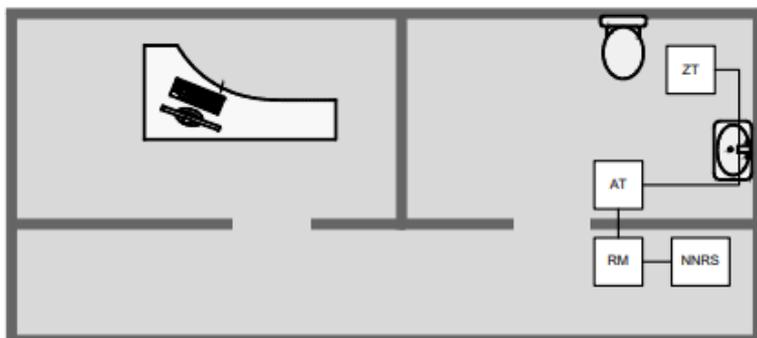


Figura 5.18: Schema di impianto di chiamata disabili stand-alone

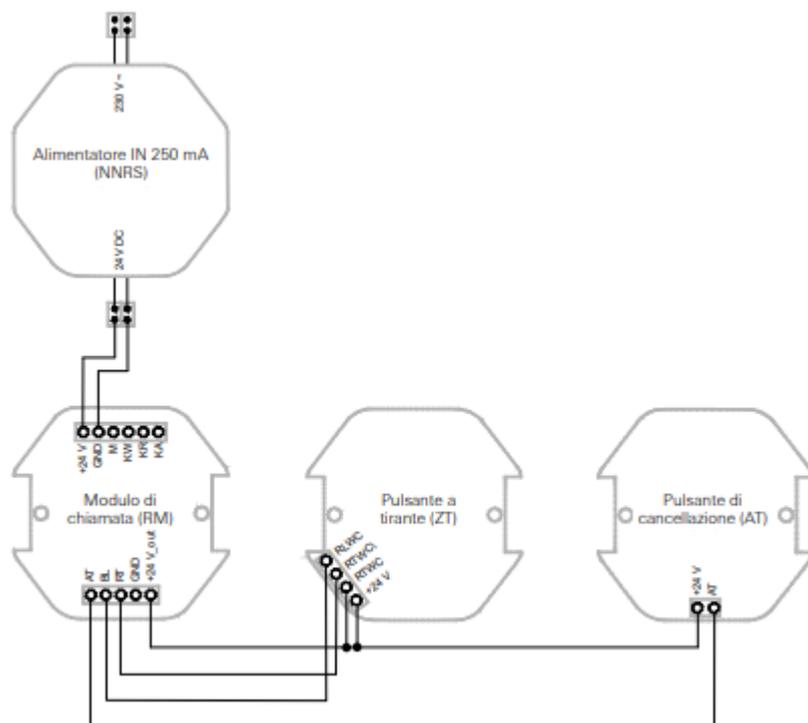
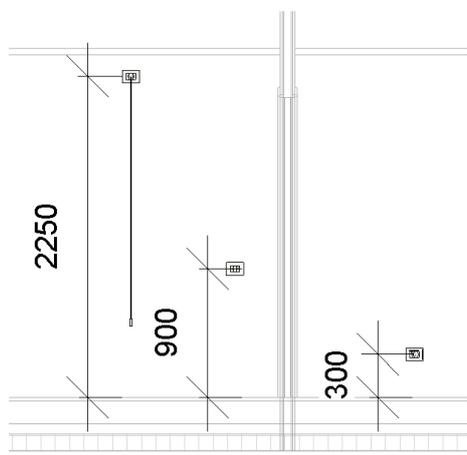


Figura 5.19: Schema dei collegamenti dell'impianto di chiamata disabili stand-alone

I componenti sono stati quindi inseriti nel modello.

Si nota come l'aver precedentemente definito, all'interno di ogni famiglia, un prospetto di default per ogni tipologia di dispositivo (secondo le norme CEI e le buone regole della progettazione), permette un veloce posizionamento dei componenti in pianta alle altezze desiderate senza doverle editare successivamente.



Da sinistra a destra:

- Pulsante a tirante
- Pulsante di tacitazione
- Presa di servizio

Le quote sono in accordo con la normativa (CEI 64-8 parte 5) e risultano già definite nelle famiglie modellate

Figura 5.20: Prospetto apparecchiature elettriche

Anche per quanto riguarda il sistema di chiamata disabili, esso potrà essere realizzato in diversi modi e con diversi componenti, ma i parametri di famiglia consentono di poter adattare il componente al sistema, mentre la simbologia comune continuerà a svolgere il compito di visualizzare le funzioni del sistema.

Si prosegue con l'inserimento delle torrette secondo la scelta progettuale:

- 1 torretta energia + dati per ogni postazione di lavoro/bancone

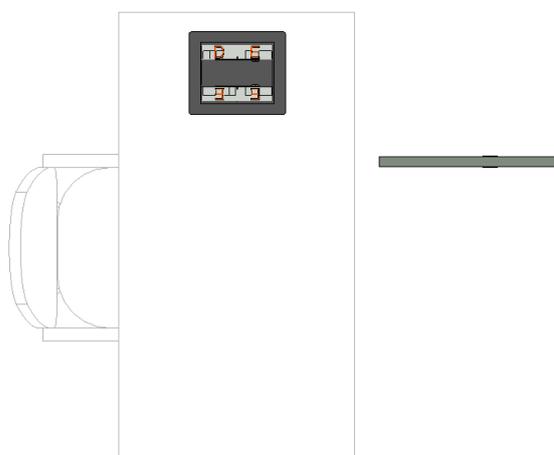


Figura 5.21: Torretta a pavimento per postazione di lavoro

Per il progetto in esame si è scelto di dotare ogni postazione di una torretta di n.20 moduli, con:

- 1- scomparto energia (2 UNEL + interruttore MT)
- 2- scomparto dati (2 prese RJ45 per postazioni uffici e 3 nel caso di postazioni per sportelli e banchi in ingresso)
- 3- due scomparti disponibili

I telai della torretta, grazie alla lettera riportata sopra di essi, permettono una rapida visualizzazione dell'appartenenza alla sezione energia (E) piuttosto che dati (D).

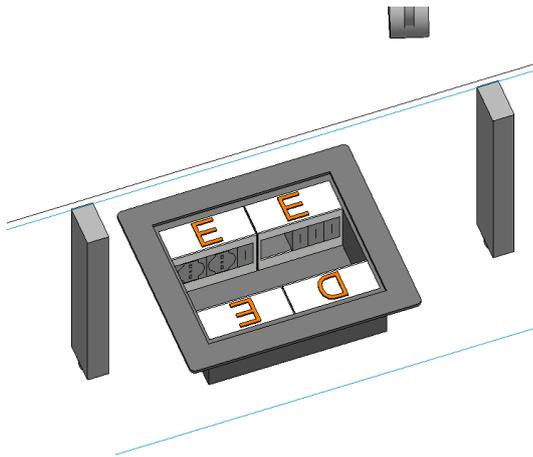


Figura 5.22: Vista 3D della famiglia della torretta a pavimento

I parametri della torretta vengono quindi modificati secondo la dotazione scelta, in modo tale che in fase di computo ogni frutto contenuto in essa venga conteggiato in modo coerente e le legende riportino la simbologia corretta.

Per quanto riguarda l'attrezzatura delle postazioni, essa sarà integrata nell'arredo, per cui è sufficiente predisporre la torretta sotto la scrivania in posizione raggiungibile e utile.

Avendo realizzato la dotazione di cablaggio strutturato all'interno delle torrette per le postazioni di lavoro, è possibile procedere inserendo i punti dati a servizio delle dotazioni rimanenti:

- ✓ Wi-fi (1 presa dati a vista entro controsoffitto nelle posizioni dove è già presente la presa elettrica per access point)
- ✓ Locali tecnici (2 prese dati a vista nel locale)

Infine, si posiziona una presa industriale monofase da 16A protetta da fusibile in ognuno dei due locali tecnici, per eventuali servizi/manutenzioni.

Il risultato finale in pianta, dopo aver inserito le opportune etichette per la messa in tavola, è il seguente:

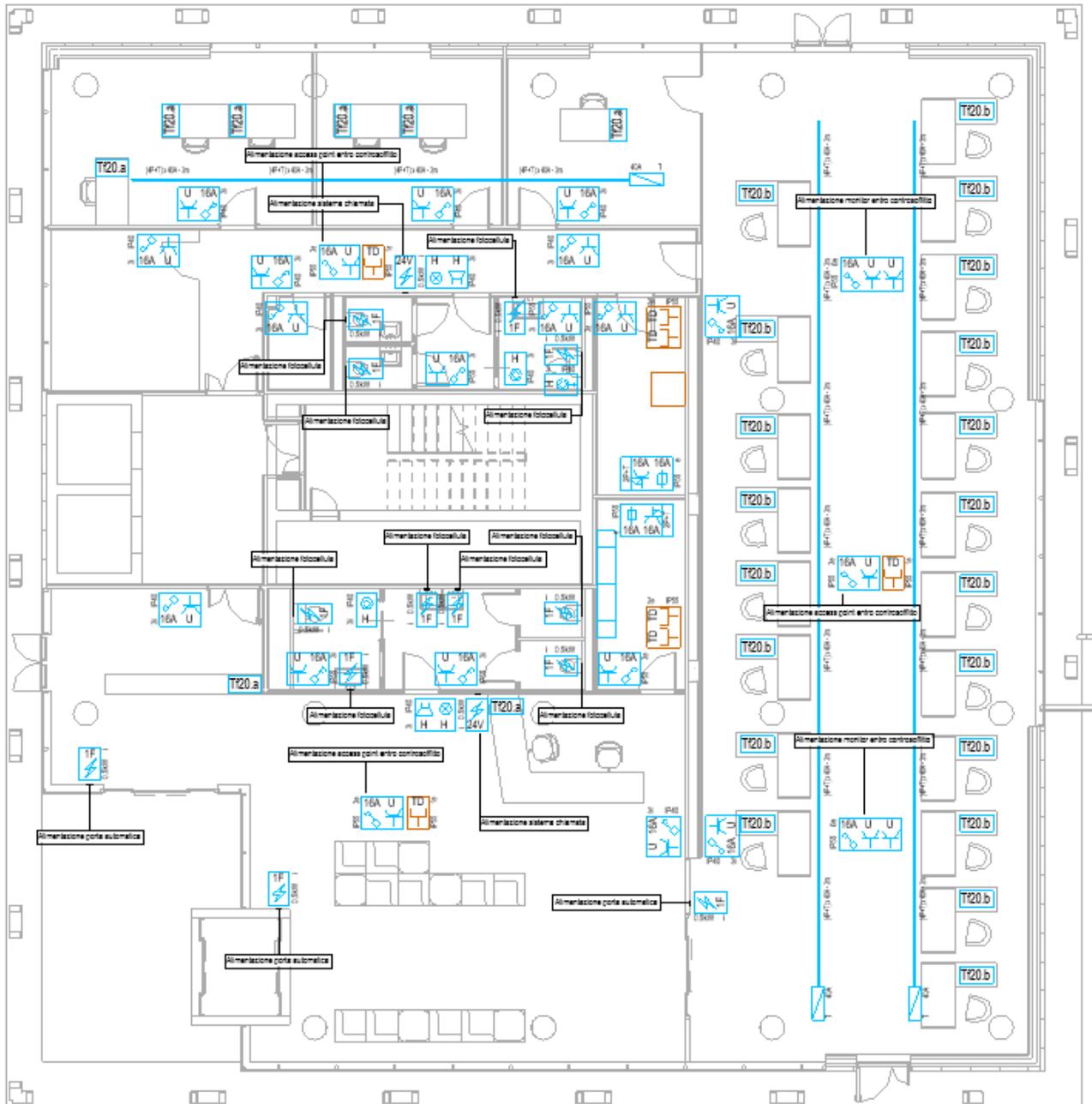


Figura 5.23: Messa in tavola della pianta della forza motrice

Per quanto riguarda il completamento della messa in tavola, similmente alla famiglia delle passerelle, sono stati predisposti gli abachi in grado di fornire legende automatiche basate sulla lettura dei parametri.

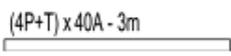
Legenda Forza motrice - Condotti sbarre	
Simbolo	Caratteristiche
	<p>Condotta sbarre per distribuzione energia, conduttori in rame, (4P+T)x40A, lunghezza 3m, IP55.</p>

Figura 5.24: Legenda automatica per i condotti sbarre

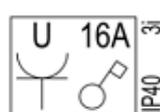
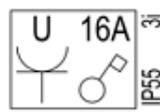
Legenda Forza motrice - Gruppi prese civili incasso	
Simbolo	Caratteristiche
	<p>Gruppo prese energia composto da:</p> <ul style="list-style-type: none"> - n.1 presa tipo UNEL 2P+T, 10/16A, 230V, alveoli schermati, con contatti laterali e centrali di terra; - n.1 int. magnetotermico, 16A, 3kA, 230V; - n.1 scatola portafrutti da n.3 moduli, per posa da incasso a parete, placca e telaio, IP40.
	<p>Gruppo prese energia composto da:</p> <ul style="list-style-type: none"> - n.1 presa tipo UNEL 2P+T, 10/16A, 230V, alveoli schermati, con contatti laterali e centrali di terra; - n.1 int. magnetotermico, 16A, 3kA, 230V; - n.1 scatola portafrutti da n.3 moduli, per posa da incasso a parete, placca, telaio e coperchio, IP55.

Figura 5.25: Legenda automatica per le prese civili

Legenda Forza motrice - Torrette	
Simbolo Legenda - Torrette	Caratteristiche
	<p>Torretta a scomparsa entro pavimento flottante, n.20 moduli, completa di coperchio, composta da:</p> <p>SEZIONE ENERGIA (n.1 scatola 5 moduli)</p> <ul style="list-style-type: none"> - n.1 int. magnetotermico, 2P, 16A, Curva C, 230V; - n.1 presa tipo UNEL 2P+T, 10/16A, 230V con terra centrale e laterale, IP40; - n.1 tappo di chiusura; - n.1 tappo di chiusura; <p>SEZIONE DATI (n.1 scatola 5 moduli)</p> <ul style="list-style-type: none"> - n.2 prese fonia/dati, RJ45, U/UTP, Cat.6A; - n.3 tappi di chiusura; <p>SEZIONE DISPONIBILE (n.1 scatola 5 moduli)</p> <p>SEZIONE DISPONIBILE (n.1 scatola 5 moduli)</p>
	<p>Torretta a scomparsa entro pavimento flottante, n.20 moduli, completa di coperchio, composta da:</p> <p>SEZIONE ENERGIA (n.1 scatola 5 moduli)</p> <ul style="list-style-type: none"> - n.1 int. magnetotermico, 2P, 16A, Curva C, 230V; - n.1 presa tipo UNEL 2P+T, 10/16A, 230V con terra centrale e laterale, IP40; - n.1 tappo di chiusura; - n.1 tappo di chiusura; <p>SEZIONE DATI (n.1 scatola 5 moduli)</p> <ul style="list-style-type: none"> - n.2 prese fonia/dati, RJ45, U/UTP, Cat.6A; - n.3 tappi di chiusura; <p>SEZIONE DISPONIBILE (n.1 scatola 5 moduli)</p> <p>SEZIONE DISPONIBILE (n.1 scatola 5 moduli)</p>

Figura 5.26: Legenda automatica per le torrette a pavimento

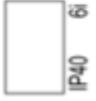
Legenda Forza motrice - Scatole incasso	
Simbolo	Caratteristiche
 3i IP40	Scatola portafrutti da n.3 moduli, per posa da incasso, placca e telaio, IP40.
 1e IP55	Scatola portafrutti da n.1 modulo, per posa a parete, base, supporto portafrutti e coperchio, IP55.
 2e IP55	Scatola portafrutti da n.2 moduli, per posa a parete, base, supporto portafrutti e coperchio, IP55.
 3e IP40	Scatola portafrutti da n.3 moduli, per posa a parete, base e supporto portafrutti, IP40.
 3e IP55	Scatola portafrutti da n.3 moduli, per posa a parete, base, supporto portafrutti e coperchio, IP55.
 6i IP40	Scatola portafrutti da n.6 moduli, per posa a parete, base e supporto portafrutti, IP40.

Figura 5.27: Legenda automatica per le cassette di derivazione

5.5 PROGETTAZIONE DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

Per quanto riguarda l'impianto di illuminazione, esso è stato separato in quattro fasi distinte per questo progetto:

- ✓ Scelta degli apparecchi di illuminazione a fronte dei locali da illuminare, della normativa e delle eventuali certificazioni (ad esempio per questo progetto è previsto l'adempimento della certificazione LEED) – disciplina: architettura
- ✓ Verifica degli apparecchi di illuminazione in funzione della posa e dei risultati ottenuti dai calcoli illuminotecnici – disciplina: ingegneria elettrica
- ✓ Posizionamento in pianta in base ai calcoli illuminotecnici ottenuti e ai locali e relativi soffitti/controsoffitti – disciplina: architettura/ingegneria elettrica
- ✓ Elettrificazione degli apparecchi e collegamento ai quadri – disciplina: ingegneria elettrica

Per la tesi in esame verranno affrontate parzialmente le problematiche relative alla scelta degli apparecchi di illuminazione e il calcolo illuminotecnico e ci si soffermerà sulla questione dell'elettrificazione dell'apparecchio nell'ambiente BIM, la cui operazione mette strettamente in contatto l'illuminotecnica con gli impianti elettrici.

D'altra parte, è pratica comune quella di separare lo studio illuminotecnico da quello elettrico in due fasi, considerando che il fine dell'impianto di illuminazione è quello di offrire la corretta illuminazione ai luoghi di lavoro, e successivamente di poter essere alimentato in modo coerente e utile.

Dopo aver ricevuto il layout edile aggiornato con gli apparecchi scelti dall'architetto posizionati in pianta, si è potuto procedere con il calcolo illuminotecnico di alcune zone tipo.

Per il calcolo illuminotecnico si è deciso di utilizzare il software Dialux, ricostruendo alcuni dei locali tipo e inserendo gli apparecchi di illuminazione per poter generare dei risultati che potessero verificare, il tipo di apparecchio, il numero di apparecchi e la loro posizione in funzione dell'illuminamento richiesto dalla normativa:

UNI EN 12464-1 "Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni"

(12464-1).

Uffici	E_m	UGR _L	U _o	R _a
Archivio, copisteria etc.	300	19	0,4	80
Scrivere, leggere, scrivere a macchina, elaborazione dati	500	19	0,6	80
Disegno tecnico	750	16	0,7	80
Postazioni CAD	500	19	0,6	80
Sale conferenze e riunioni	500	19	0,6	80
Banchi reception	300	22	0,6	80
Archivi	200	25	0,4	80

Figura 5.28: Tabella estratta dalla norma per le zone ad uso ufficio

Nonostante il calcolo illuminotecnico sia stato effettuato tramite software di calcolo esterno, si è voluto comunque effettuare una prova di calcolo interna al modello BIM, per verificarne e valutarne i risultati.

Il software Revit offre la possibilità di analizzare determinati parametri grazie ad una superficie analitica denominata "vano". Il vano è a tutti gli effetti la rappresentazione geometrica di un locale

e grazie ad esso è possibile effettuare calcoli energetici quali il riscaldamento, la climatizzazione, l'occupazione, gli assorbimenti e anche l'illuminamento su di una superficie.

Il software non è in grado di generare curve di livello e determinare l'illuminamento minimo e massimo o valutare l'uniformità, ma grazie al vano è possibile effettuare una stima piuttosto precisa dell'illuminamento medio.

L'illuminotecnica mette a disposizione più di una procedura che può essere utilizzata per determinare il numero di apparecchi dato l'illuminamento o viceversa.

Per la tesi in esame si è scelto di utilizzare il "Zonal Cavity Method", inserendo prima gli apparecchi di illuminazione come da proposta edile e successivamente verificandone il soddisfacimento dell'illuminamento minimo.

Di seguito si elencano i passaggi di calcolo effettuati per un ufficio in tre modalità: manualmente, tramite software di calcolo Dialux e tramite software Revit direttamente sul modello BIM:

1- Determinazione della superficie utile (con eventuali margini dalle pareti):

✓ Calcolo manuale:

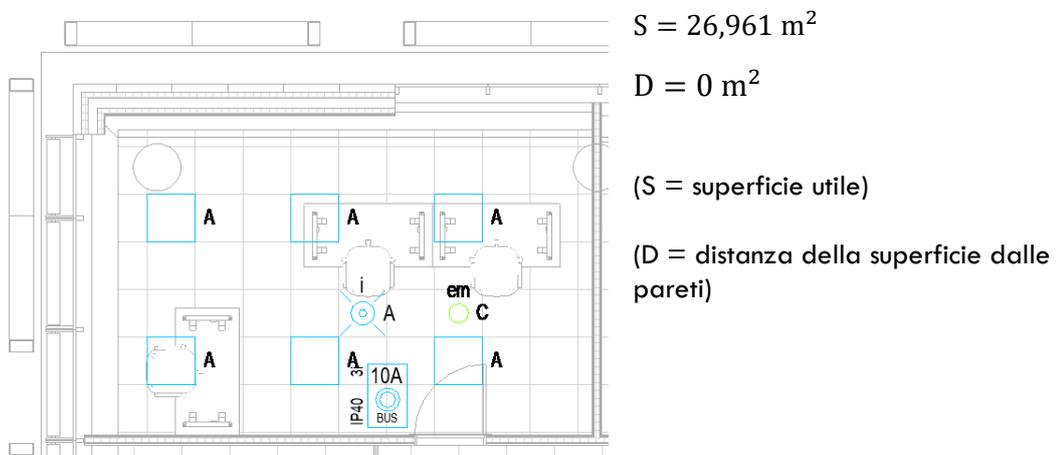


Figura 5.29: Vista in pianta dell'ufficio tipo scelto per il calcolo illuminotecnico

✓ Calcolo tramite software Dialux:

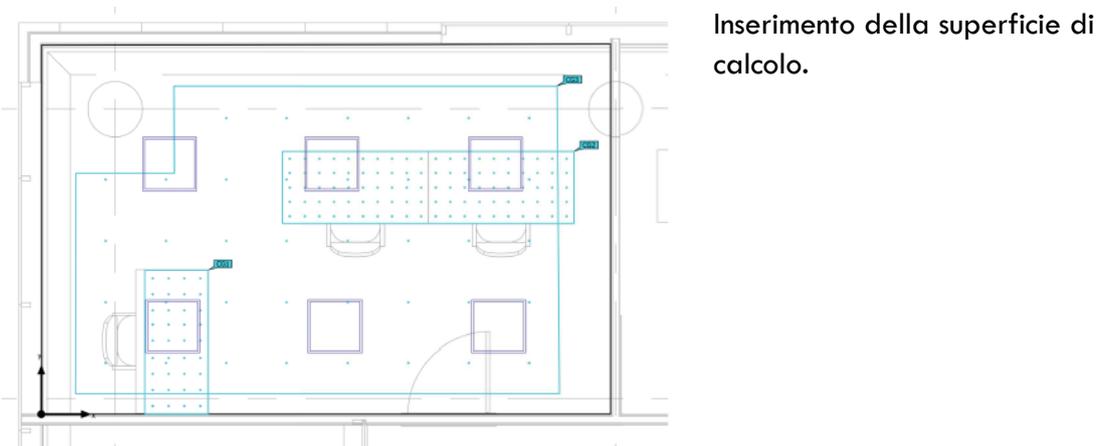


Figura 5.30: Vista in pianta dell'ufficio tipo nel software di calcolo

- ✓ Calcolo sul modello BIM:

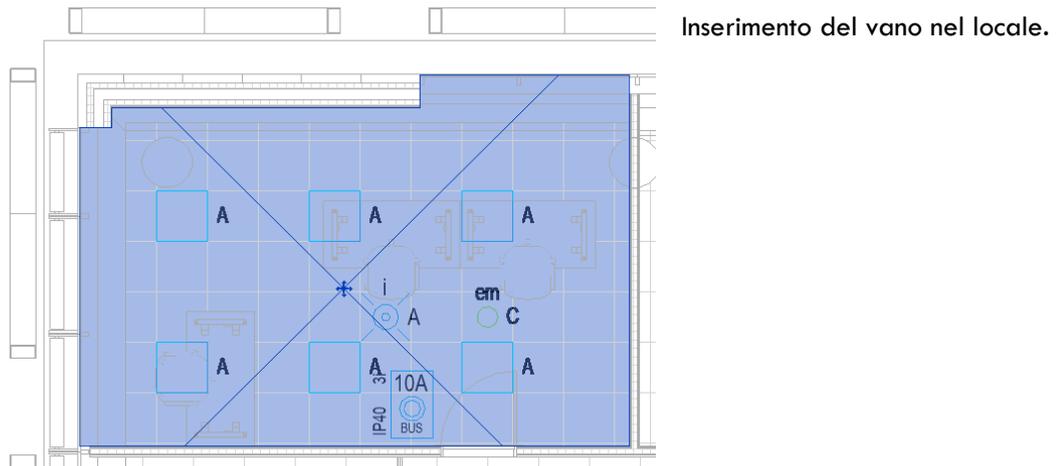


Figura 5.31: Inserimento del vano nel modello BIM

Quote	
Area	26.961 m ²
Perimetro	21725.0
Altezza non delimitata	4000.0
Volume	82.057 m ³
Altezza di calcolo	0.0

Figura 5.32: Parametri del vano inserito

2- Determinazione della distanza della superficie dal pavimento (altezza del piano di lavoro):

- ✓ Calcolo manuale:

$$H = 2,950\text{m}$$

$$h = 0,850\text{m}$$

$$h_u = 2,100\text{m}$$

- ✓ Calcolo tramite software Dialux:

Posizionamento della superficie utile alla distanza di 0,850m dal pavimento.

- ✓ Calcolo sul modello BIM:

Inserimento della distanza del vano dal pavimento.

Piano di lavoro calcolo illuminazi...	850.0
---------------------------------------	-------

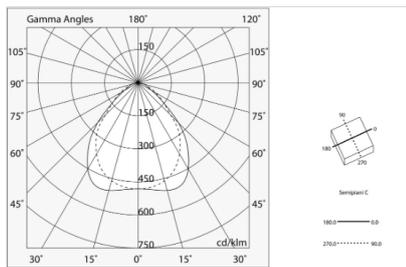
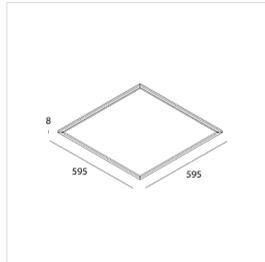
Figura 5.33: Parametro della quota del vano

3- Determinazione della tipologia di apparecchi di illuminazione e delle loro caratteristiche:

✓ Calcolo manuale:

Letture dei parametri dalla scheda tecnica.

$$\Phi_n = 3538 \text{ lm}$$



Caratteristiche
Usò: Interno
Tipo installazione: INCASSO IN CARTONGESSO, SOSPENSIONE, PLAFONE
Emissione: DIRETTA
Ottica: MICROPRISMATIZZATO
Colore: BIANCO
Dimmerazione: ON/OFF
Emergenza: CON ACCESSORIO
L: 595mm
A: 595mm
H: 10mm
Garanzia: 5 anni
Peso: 2.8kg

- Download**
- ↓ FOTOMETRIE
 - ↓ ESTRATTO CATALOGO
 - ↓ ESTRATTO LISTINO
 - ↓ ISTRUZIONI DI MONTAGGIO
 - ↓ CERTIFICAZIONI CE
 - ↓ SCHEDA TECNICA

Dati tecnici
Potenza reale apparecchio: 35W
Flusso luminoso apparecchio: 3538lm
Flusso luminoso in emergenza: 17%
IP: 40
Classe di isolamento: II
Tensione di alimentazione: 950mA aliment.incluso
UGR: <19
IK: IK07
SELV: SI

Conformità
 CEI EN 60598-1:2015 + A11:2009 IEC 60598-2:2015 2-1, 2-2
Rischio fotobiologico
 GRUPPO RISCHIO 0
 Apparecchio certificato in GRUPPO ESENTE DA RISCHI, in conformità alla normativa CEI EN 62471:2010-01, IEC TR 62778:2014.

Figura 5.34: Specifica tecnica dell'apparecchio di illuminazione scelto dal sito del produttore

✓ Calcolo tramite software Dialux:

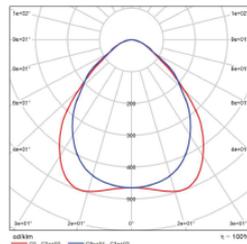
Scheda tecnica prodotto

NOVALUX - THE PANEL 2: 32W 4K 600 PR



Articolo No.	102063
P	32.0 W
Φ _{Lampadina}	3538 lm
Φ _{Lampada}	3538 lm
η	100.00 %
Efficienza	110.6 lm/W
CCT	4000 K
CRI	90

Inserimento dell'apparecchio e della fotometria nel software.



CDL polare

Valutazione di abbagliamento secondo UGR												
α [gradi]	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
45	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
55	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Diagramma UGR (SHR: 0.25)

Figura 5.35: Scheda tecnica dell'apparecchio di illuminazione visualizzata sul software di calcolo

- ✓ Calcolo sul modello BIM:

Inserimento dei parametri e della fotometria nella famiglia.

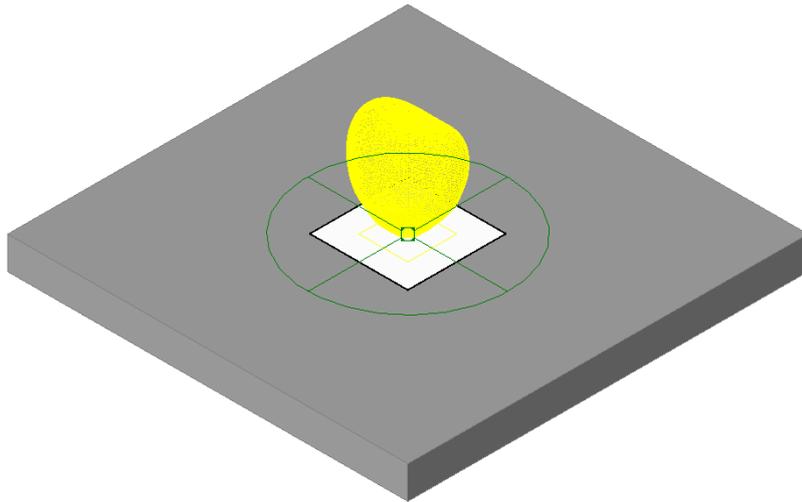


Figura 5.36: Inserimento della fotometria nella famiglia

Fotometrica			
Angolo inclinazione	90.00°	=	<input type="checkbox"/>
Colore iniziale	4000 K	=	
Emetti da larghezza rettangolo	297.2	=	<input type="checkbox"/>
Emetti da lunghezza rettangolo	297.2	=	<input type="checkbox"/>
Fattore di perdita di illuminazione	0.91	=	
File diagramma fotometrico	102063 60x60 4K.ies	=	
Filtro dei colori	Bianco	=	
Intensità iniziale	3538.00 lm	=	
Rendi la forma visibile nel rendering	<input checked="" type="checkbox"/>	=	
Variazione temperatura colore lampada con lumi	<Nessuno>	=	

Figura 5.37: Parametri illuminotecnici della famiglia

4- Determinazione dei coefficienti di riflessione del soffitto, delle pareti e del pavimento del locale

- ✓ Calcolo manuale:

$$\begin{aligned} \rho_C &= 80\% && \text{(coefficiente di riflessione del controsoffitto)} \\ \rho_W &= 70\% && \text{(coefficiente di riflessione delle pareti)} \\ \rho_F &= 20\% && \text{(coefficiente di riflessione del pavimento)} \end{aligned}$$

- ✓ Calcolo tramite software Dialux:

Inserimento dei coefficienti nei dati di calcolo.

- ✓ Calcolo sul modello BIM:

Inserimento dei coefficienti nei parametri del vano.

Riflettanza del controsoffitto	80.0000%
Riflettanza del muro	70.0000%
Riflettanza del pavimento	20.0000%

Figura 5.38: Coefficienti di riflessione del vano

5- Calcolo del “rapporto incassi locale” (RTR: Room Cavity Ratio) per la determinazione del fattore di utilizzazione Ku:

✓ Calcolo manuale:

$$RCR = 2,5 \times RCH \times \frac{P}{S} = 4,23$$

(RCH = altezza utile, cioè “h_u”)
(P = perimetro)
(S = superficie utile)

✓ Calcolo tramite software Dialux:

Il software calcola automaticamente il risultato finale dell’illuminamento

✓ Calcolo sul modello BIM:

Il software Revit calcola rapporto RCR del vano secondo la formula standard:

$$RCR = 2,5 \times RCH \times \frac{P}{A} = 4,23$$

Rapporto incassi locale	4.230365
-------------------------	----------

Figura 5.39: Parametro RCR del vano

6- Stima del fattore di utilizzazione Ku dell’apparecchio (da tabelle o stima):

✓ Calcolo manuale:

Da tabella RCR: K_u = 0,74m

Coefficients Of Utilization - Zonal Cavity Method																		
												Effective Floor Cavity Reflectance: 20%						
RCC %:	80				70				50			30		10		0		
RW %:	70	50	30	0	70	50	30	0	50	30	20	50	30	20	50	30	20	0
RCR: 0	1.07	1.07	1.07	1.07	.99	.99	.99	.50	.83	.83	.83	.69	.69	.69	.56	.56	.56	.50
1	.98	.94	.90	.87	.90	.87	.83	.43	.73	.71	.69	.61	.60	.58	.50	.49	.48	.43
2	.89	.82	.76	.71	.82	.76	.71	.37	.65	.61	.57	.54	.51	.49	.44	.42	.41	.36
3	.82	.72	.65	.59	.75	.67	.61	.32	.57	.52	.48	.48	.44	.42	.39	.37	.35	.31
4	.75	.64	.56	.50	.69	.60	.53	.27	.51	.46	.41	.43	.39	.36	.35	.32	.30	.26
5	.69	.57	.49	.43	.63	.53	.46	.24	.46	.40	.36	.38	.34	.31	.32	.29	.26	.23
6	.63	.51	.43	.38	.58	.48	.41	.21	.41	.35	.31	.35	.31	.27	.29	.26	.23	.20
7	.59	.46	.38	.33	.54	.43	.36	.19	.37	.32	.28	.32	.27	.24	.26	.23	.21	.18
8	.54	.42	.34	.29	.50	.39	.32	.17	.34	.28	.25	.29	.25	.22	.24	.21	.19	.16
9	.51	.38	.31	.26	.47	.36	.29	.15	.31	.26	.22	.27	.22	.19	.22	.19	.17	.15
10	.47	.35	.28	.23	.44	.33	.27	.14	.29	.23	.20	.25	.20	.18	.21	.18	.15	.13

Figura 5.40: Tabella per il calcolo del fattore di utilizzazione di un apparecchio di illuminazione

✓ Calcolo tramite software Dialux:

Il software calcola automaticamente il risultato finale dell’illuminamento.

- ✓ Calcolo sul modello BIM:

Coefficiente K_u calcolato automaticamente tramite combinazione del rapporto RCR e dei coefficienti di riflessione nella famiglia del singolo apparecchio di illuminazione nel progetto (come parametro di istanza). È anche possibile inserire manualmente il coefficiente.

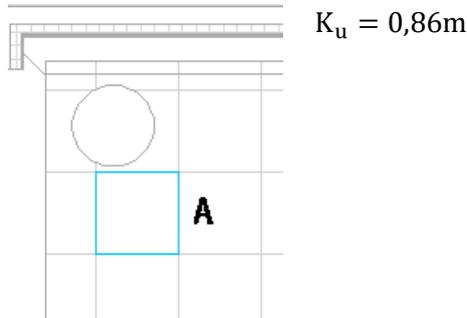


Figura 5.41: Singolo apparecchio di illuminazione nell'ufficio oggetto di calcolo

Elettrico - Illuminazione	
Calcola coefficiente di utilizzo	<input checked="" type="checkbox"/>
Coefficiente di utilizzo	0.860420

Figura 5.42: Coefficiente di utilizzo come parametro di istanza per il singolo apparecchio di illuminazione

7- Stima del fattore di manutenzione K_m dell'apparecchi (da tabelle o stima):

- ✓ Calcolo manuale: $K_m = 0,93$

Intervallo di pulizia del locale (anni)		0	0,5				1,0				1,5				
Condizioni dell'ambiente		Qualsiasi	MP	P	N	S	MP	P	N	S	MP	P	N	S	
Fattori di riflessione di soffitto/ pareti/ pavimento	Tipo di illuminazione														
0,8/0,7/0,2	Diretta	1,00	0,97	0,93	0,88	0,81	0,96	0,92	0,86	0,80	0,95	0,91	0,86	0,80	
	Diretta/Indiretta	1,00	0,95	0,90	0,81	0,70	0,94	0,88	0,78	0,67	0,93	0,87	0,77	0,67	
	Indiretta	1,00	0,93	0,86	0,72	0,54	0,91	0,82	0,67	0,50	0,90	0,81	0,66	0,49	
0,7/0,5/0,2	Diretta	1,00	0,98	0,96	0,92	0,87	0,97	0,95	0,91	0,86	0,97	0,94	0,90	0,86	
	Diretta/Indiretta	1,00	0,97	0,93	0,87	0,77	0,96	0,91	0,84	0,75	0,95	0,91	0,84	0,75	
	Indiretta	1,00	0,95	0,89	0,77	0,60	0,93	0,86	0,73	0,56	0,92	0,85	0,72	0,55	
0,5/0,3/0,2	Diretta	1,00	0,99	0,98	0,96	0,93	0,99	0,97	0,95	0,92	0,98	0,97	0,95	0,92	
	Diretta/Indiretta	1,00	0,98	0,96	0,92	0,85	0,97	0,95	0,90	0,84	0,97	0,94	0,90	0,84	
	Indiretta	1,00	0,96	0,91	0,81	0,66	0,95	0,89	0,78	0,62	0,94	0,88	0,77	0,61	
Intervallo di pulizia del locale (anni)		2,0				2,5				3,0					
Condizioni dell'ambiente		MP	P	N	S	MP	P	N	S	MP	P	N	S		
Fattori di riflessione di soffitto/ pareti/ pavimento	Tipo di illuminazione														
0,8/0,7/0,2	Diretta	0,95	0,91	0,85	0,80	0,95	0,91	0,85	0,80	0,95	0,91	0,85	0,80		
	Diretta/Indiretta	0,93	0,87	0,77	0,67	0,93	0,87	0,77	0,67	0,93	0,87	0,77	0,67		
	Indiretta	0,90	0,81	0,66	0,49	0,90	0,81	0,66	0,49	0,90	0,81	0,66	0,49		
0,7/0,5/0,2	Diretta	0,97	0,94	0,90	0,86	0,97	0,94	0,90	0,86	0,97	0,94	0,90	0,86		
	Diretta/Indiretta	0,95	0,91	0,83	0,75	0,95	0,91	0,83	0,75	0,95	0,91	0,83	0,75		
	Indiretta	0,92	0,85	0,72	0,55	0,92	0,84	0,72	0,55	0,92	0,84	0,72	0,55		
0,5/0,3/0,2	Diretta	0,98	0,97	0,95	0,92	0,98	0,97	0,95	0,92	0,98	0,97	0,95	0,92		
	Diretta/Indiretta	0,97	0,94	0,90	0,84	0,97	0,94	0,90	0,84	0,97	0,94	0,90	0,84		
	Indiretta	0,94	0,88	0,77	0,61	0,94	0,88	0,77	0,61	0,94	0,88	0,77	0,61		

Figura 5.43: Tabella per il calcolo del fattore di manutenzione dell'apparecchio di illuminazione

- ✓ Calcolo tramite software Dialux:

Il software calcola automaticamente il risultato finale dell'illuminamento

- ✓ Calcolo sul modello BIM:

Inserimento del fattore nella famiglia.



Figura 5.44: Parametro del fattore di manutenzione del singolo apparecchio di illuminazione

- 8- Calcolo del flusso reale di un apparecchio di illuminazione come prodotto del flusso nominale e i coefficienti di utilizzo e manutenzione:

- ✓ Calcolo manuale:

$$\Phi_r = \Phi_n \times K_u \times K_m = 2434,85 \text{ lm}$$

- ✓ Calcolo tramite software Dialux:

Il software calcola automaticamente il risultato finale dell'illuminamento

- ✓ Calcolo sul modello BIM:

Il software calcola automaticamente il risultato finale dell'illuminamento, ma tramite i risultati ottenuti si avrebbe che:

$$\Phi_r = \Phi_n \times K_u \times K_m = 2829,7 \text{ lm}$$

- 9- Somma dei flussi reali per ogni apparecchio di illuminazione nel locale:

- ✓ Calcolo manuale:

$$\Phi_{\text{tot}} = \Phi_{r1} + \Phi_{r2} + \dots + \Phi_{r6} = 14609,1 \text{ lm}$$

- ✓ Calcolo tramite software Dialux:

Il software calcola automaticamente il risultato finale dell'illuminamento

- ✓ Calcolo sul modello BIM:

$$\Phi_{\text{tot}} = \Phi_{r1} + \Phi_{r2} + \dots + \Phi_{r6} = 16978,15 \text{ lm}$$

10- Calcolo dell'illuminamento medio come rapporto del flusso reale totale e la superficie utile:

- ✓ Calcolo manuale:

$$E = \Phi_{\text{tot}}/S = 541,86 \text{ lux}$$

- ✓ Calcolo tramite software Dialux:

Il software restituisce un illuminamento medio nei risultati finali.

Superfici di calcolo

Proprietà	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2	Indice
postazione 1 Illuminamento perpendicolare Altezza: 0.850 m	638 lx	445 lx	790 lx	0.70	0.56	CG1
postazione 2 Illuminamento perpendicolare Altezza: 0.850 m	780 lx	543 lx	886 lx	0.70	0.61	CG2
totale Illuminamento perpendicolare Altezza: 0.850 m	626 lx	45.9 lx	890 lx	0.073	0.052	CG3

Figura 5.45: Risultati ottenuti tramite software di calcolo illuminotecnico

- ✓ Calcolo sul modello BIM:

$$E = \Phi_{\text{tot}}/S = 630,03 \text{ lux}$$

Si nota come il calcolo manuale si sia allontanato dai risultati calcolati tramite software di calcolo e nel modello, a causa del fattore di utilizzazione differente. Questo è comprensibile in quanto è stata utilizzata una tabella RCR generale per la sua determinazione, mentre si sarebbe dovuta usare la tabella specifica per l'apparecchio scelto (non disponibile sul sito del produttore).

Il calcolo effettuato nel modello risulta in ogni caso seguire le stesse regole di calcolo applicate manualmente e può quindi considerarsi un ottimo strumento per la verifica dell'illuminamento medio dei diversi locali, senza dover scomodare un software di calcolo esterno; il quale viene generalmente utilizzato per un calcolo più preciso ma applicato ad alcuni locali tipologici e non esteso a tutto il progetto.

Successivamente ai calcoli illuminotecnici si è passati alla fase di analisi dei carichi e ai circuiti.

La suddivisione dell'impianto di illuminazione in circuiti non è strettamente legata alla suddivisione dell'impianto per locali, per comandi luce o per tipologia di apparecchio, in quanto ci sono diversi fattori da affrontare dal punto di vista impiantistico ed elettrotecnico:

- Potenza assorbita totale degli apparecchi di illuminazione:

La suddivisione di gruppi di apparecchi genera una suddivisione della potenza da ripartire in modo funzionale sul quadro

- Interruttore a protezione del circuito:

L'interruttore preposto alla protezione di un determinato circuito deve essere scelto in modo corretto al fine di offrire protezione da sovraccarichi, corto circuiti e contatti indiretti (la sua scelta è funzione della corrente del circuito e quindi della potenza sottesa).

- Presenza di impianti intermedi:

Ad esempio, i condotti sbarre (blindo) permettono il collegamento indiretto degli apparecchi di illuminazione al quadro.

- Illuminazione di emergenza:

La presenza di illuminazione di emergenza implica alcune considerazioni riguardanti la scelta del corpo illuminante (alcuni apparecchi avranno il compito di accendersi quando manca tensione, saranno collegati ad un UPS, avranno una batteria, ...)

- Interruzione di servizio:

La necessità di determinate interruzioni di servizio o sezionamenti basate sulla gestione dell'impianto possono comportare una determinata suddivisione dei circuiti

- Posa:

Problematiche relative al passaggio impianti o alla difficoltà di alimentazione (ad esempio, la presenza di un attraversamento di pareti REI o l'impossibilità di passaggio della distribuzione in un dato punto)

- Praticità:

L'impianto deve risultare pratico per la manutenzione e la gestione (non si deve dimenticare il concetto di "sostenibilità").

- Controllo:

Se richiesto un certo grado di gestione, dovrà essere previsto un controllo dell'illuminazione tramite DALI (apparecchio specifico, centraline e moduli, cavi, ...) e un'interfaccia con il BMS.

A fronte di tutti questi aspetti verranno quindi progettati i diversi circuiti sui quadri di piano, le cui scelte progettuali sono visibili sugli schemi unifilari.

Una volta concordati gli apparecchi di illuminazione con la disciplina architettonica e verificata la loro prestazione illuminotecnica attraverso un software di calcolo, si è proceduto quindi con l'inserimento degli apparecchi di illuminazione nel modello.

Per il loro posizionamento si è preferito predisporre dei piani di riferimento all'altezza dei controsoffitti in grado di ospitare gli apparecchi.

Questa soluzione offre la possibilità di “sganciarsi” dalla movimentazione dei controsoffitti o dalle modifiche aleatorie dovute alle decisioni progettuali prese dalle discipline edili/strutturali (se un controsoffitto che ospita più apparecchi viene eliminato, gli apparecchi perderanno l’host, mentre il piano di lavoro è di proprietà del modello elettrico e potrà essere spostato per inseguire le modifiche progettuali edili.

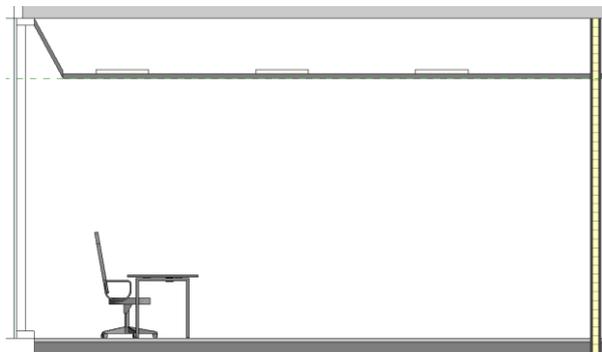


Figura 5.46: Sezione di un ufficio con apparecchi di illuminazione su piano di riferimento

Di seguito, esempio di locale con apparecchi di illuminazione da incasso, in visualizzazione a dettaglio Alto e Basso.

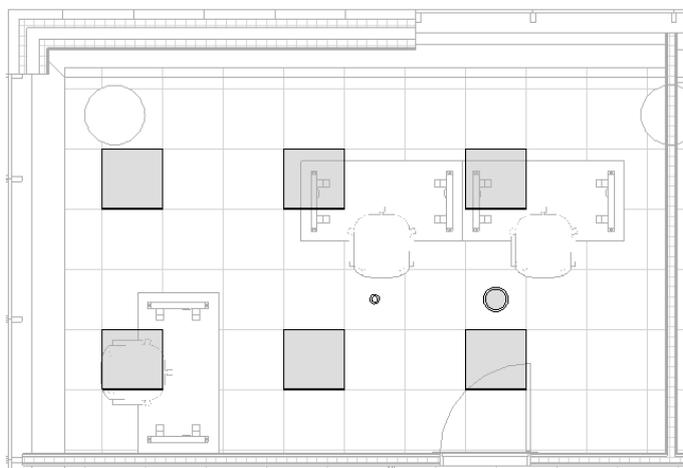


Figura 5.47: Apparecchi di illuminazione di un ufficio a dettaglio Alto

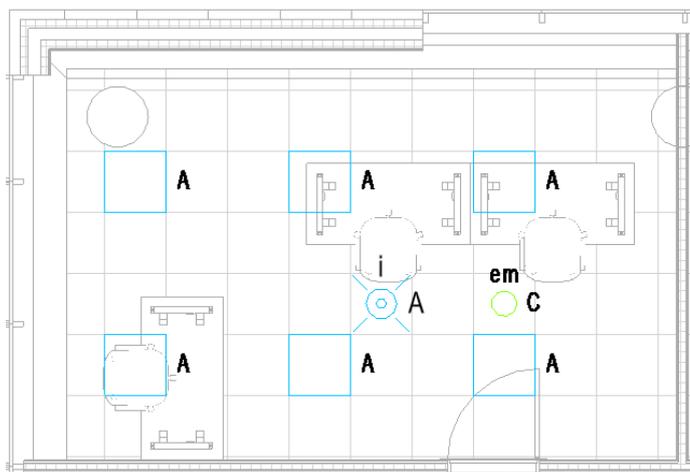


Figura 5.48: Apparecchi di illuminazione di un ufficio a dettaglio Basso

La progettazione è proseguita con l'inserimento dei comandi luce (pulsanti, interruttori, sensori, ...).

Tali comandi sono stati modellati secondo gli stessi criteri delle famiglie precedentemente illustrati.

La vista finale relativa al piano terra permette una facile lettura visiva dei componenti:

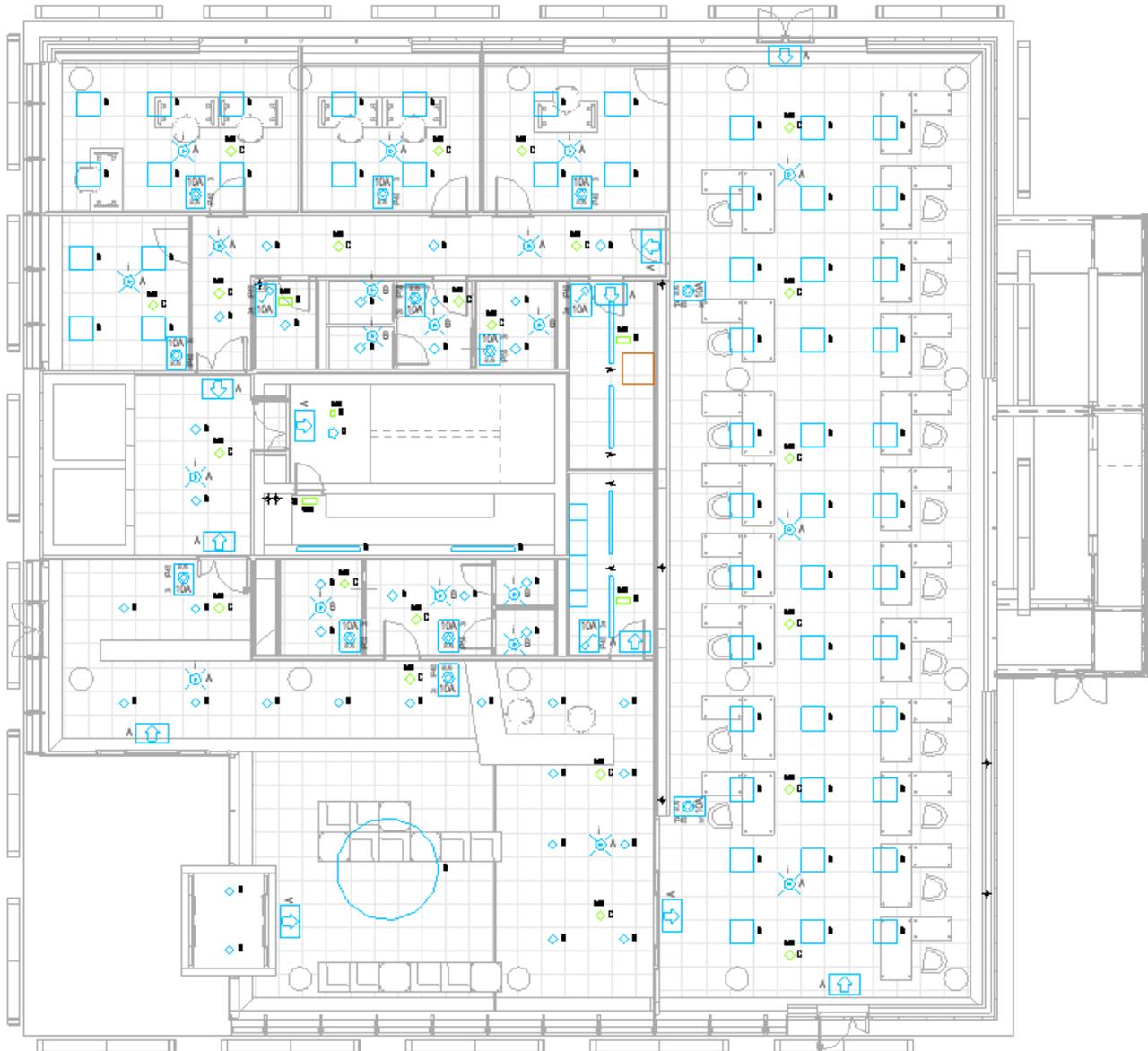


Figura 5.49: Vista in pianta dell'impianto di illuminazione al piano terra

5.6 QUADRI ELETTRICI E CIRCUITI

Per poter procedere con la parte circuitale, occorre posizionare e organizzare il quadro elettrico di piano.

Prima del posizionamento in pianta, è stato ovviamente progettato il quadro di piano secondo lo schematico seguente:

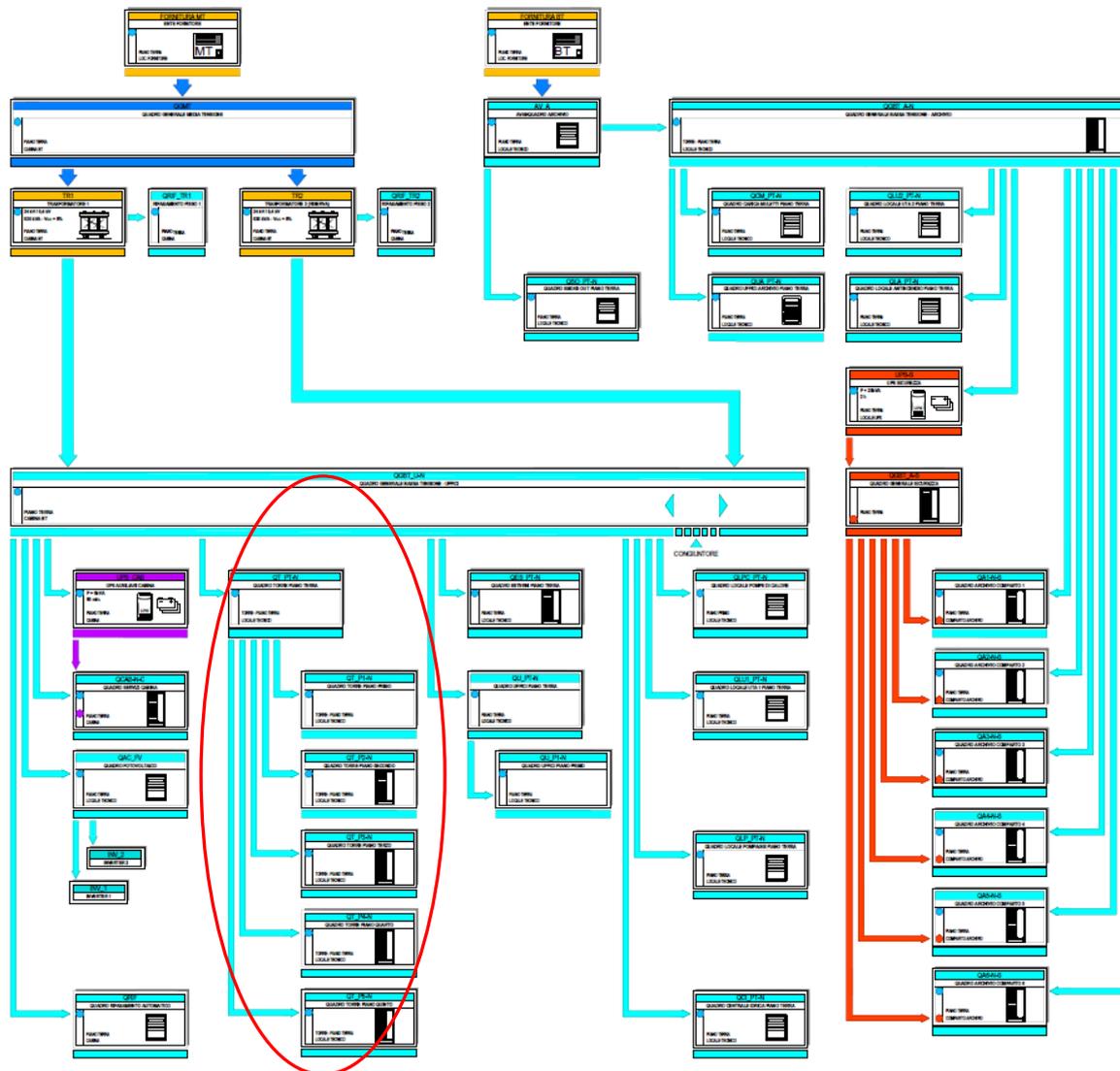


Figura 5.50: Schematico della distribuzione elettrica del complesso

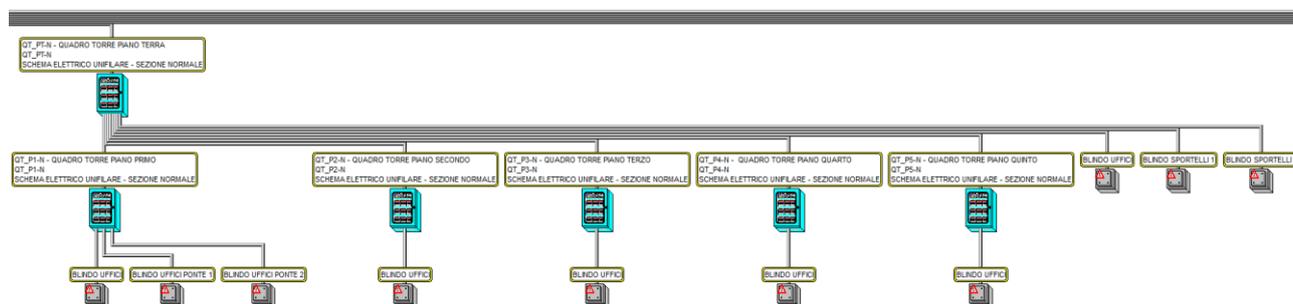
Per il progetto in esame, si è deciso di alimentare un quadro al piano terra della torre, con il compito di servire tutti i sottoquadri di piano ai vari piani della torre.

Tale quadro sarà quindi un “quadro di piede” e verrà alimentato direttamente dal quadro generale di bassa tensione ubicato in cabina (QGBT).

Non essendoci richieste particolari circa la necessità di un'alimentazione di continuità per le postazioni di lavoro, ed avendo deciso di utilizzare un sistema di illuminazione di emergenza autonomo, non è richiesta una sezione di continuità o sicurezza ai quadri di piano.

La scelta sull'illuminazione di emergenza autonoma e sull'assenza di continuità è giustificata anche dai pochi spazi disponibili per un UPS o soccorritore; tuttavia, un eventuale cambio di scelta progettuale non avrebbe alcuna ripercussione sulle famiglie o sul sistema circuitale, come si vedrà in seguito.

Si è quindi proceduto alla progettazione dei quadri facenti parte dell'edificio "torre" secondo lo schematico. Per la progettazione dei quadri si è utilizzato il software "Integra" e, per l'edificio "torre" si è ottenuto il seguente risultato:



Per il caso in esame si procederà al posizionamento in pianta dei soli quadri per l'edificio torre e verranno creati i circuiti al piano terra, in modo da analizzare il metodo di lavoro, il quale verrà poi applicato anche ai piani superiori.

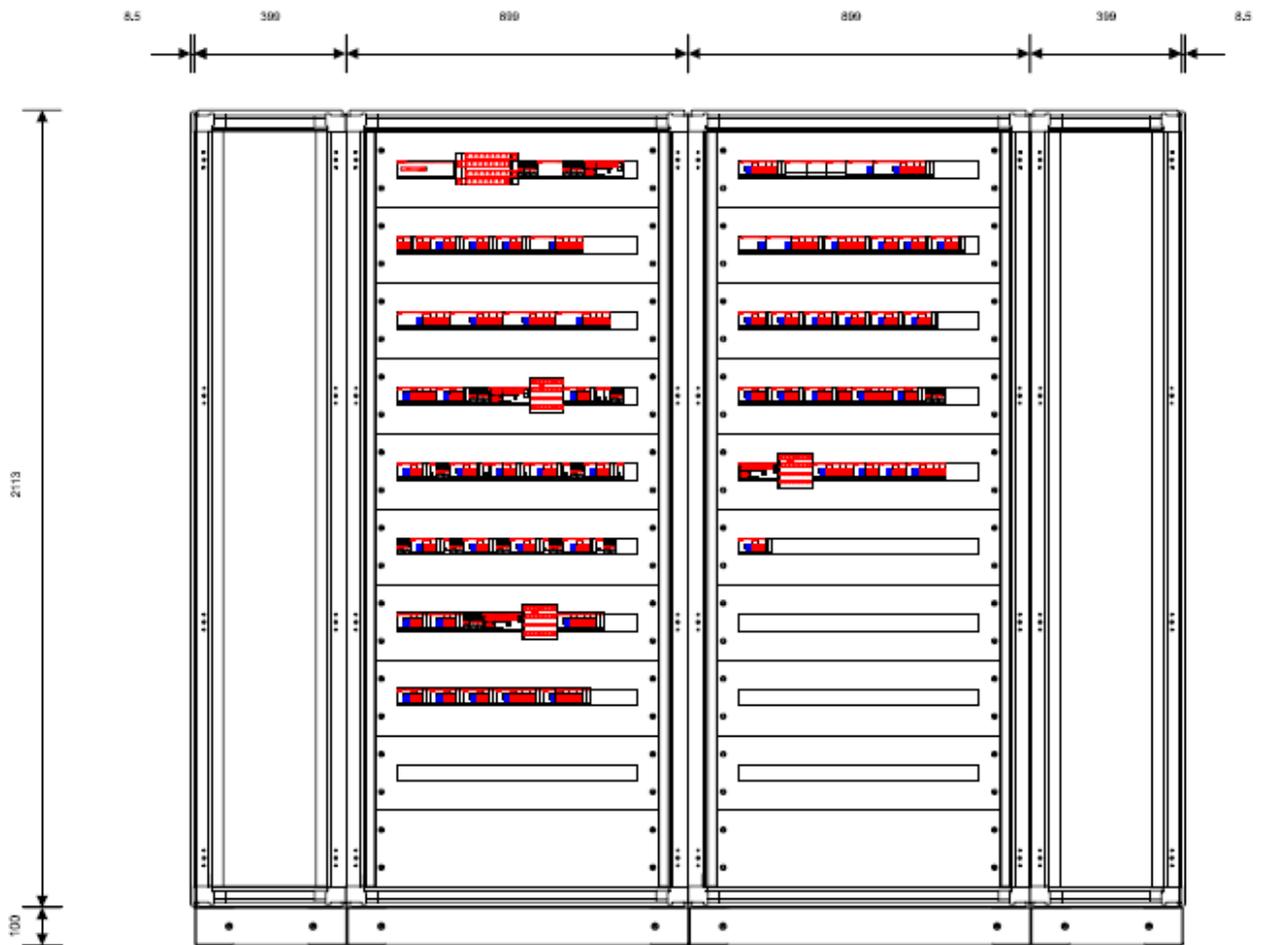
La progettazione tramite il software "Integra" permette di ottenere i seguenti risultati:

- 1- Fronti quadro
- 2- Schemi unifilari dei quadri

Entrambi i risultati saranno utili alla progettazione BIM, in quanto si dovrà inserire un quadro di corrette dimensioni e successivamente inserire i circuiti in pianta.

In ogni caso, il primo step sarà quello di verificare i fronti quadro ottenuti e di inserire in pianta tutti i quadri per l'edificio torre ai vari piani.

Il fronte quadro del piano terra, ottenuto tramite il software di calcolo e successivamente esportato in CAD, è riportato nella figura seguente:



Nome del quadro	QT-PT-N
Famiglia	In<4000A
Indice di protezione IP	41
Icw max [kA]	0,0
Forma di segregazione	1
Ue [V]	1000,0
Dimensioni totali (HxLxP) [mm]	2213x2616x447

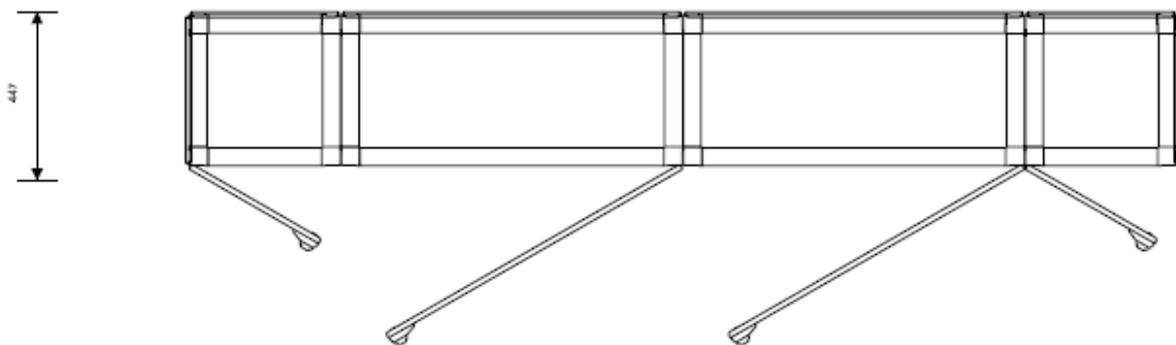


Figura 5.51: Fronte quadro ottenuto tramite software di calcolo

Si è quindi inserita la famiglia del quadro in oggetto nel modello e la si è modellata secondo le specifiche del fronte.

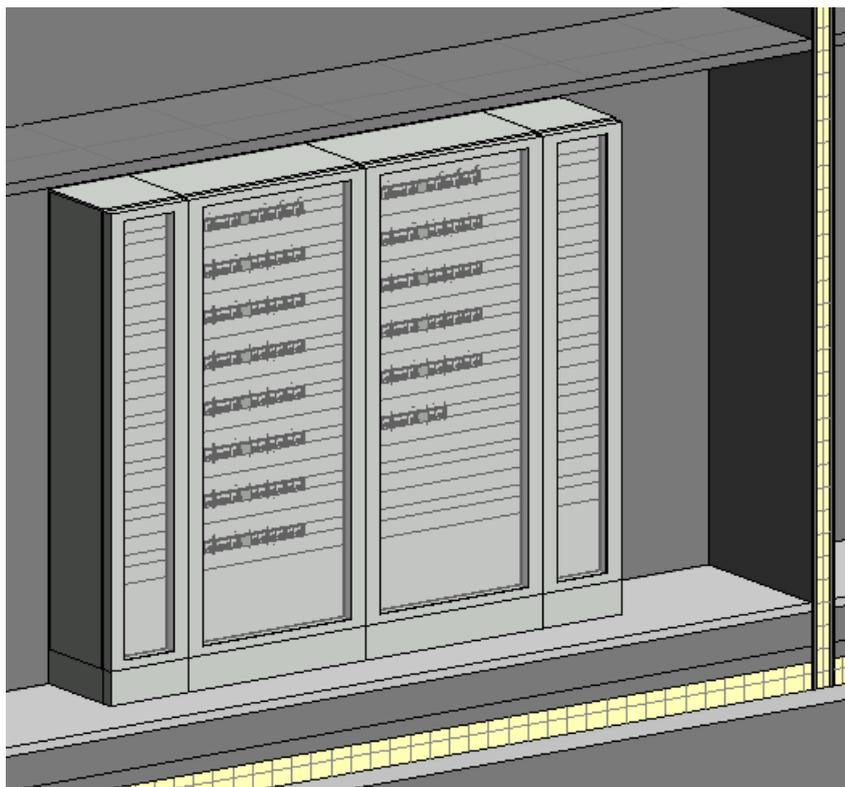


Figura 5.52: Quadro elettrico modellato secondo il fronte ottenuto dai calcoli

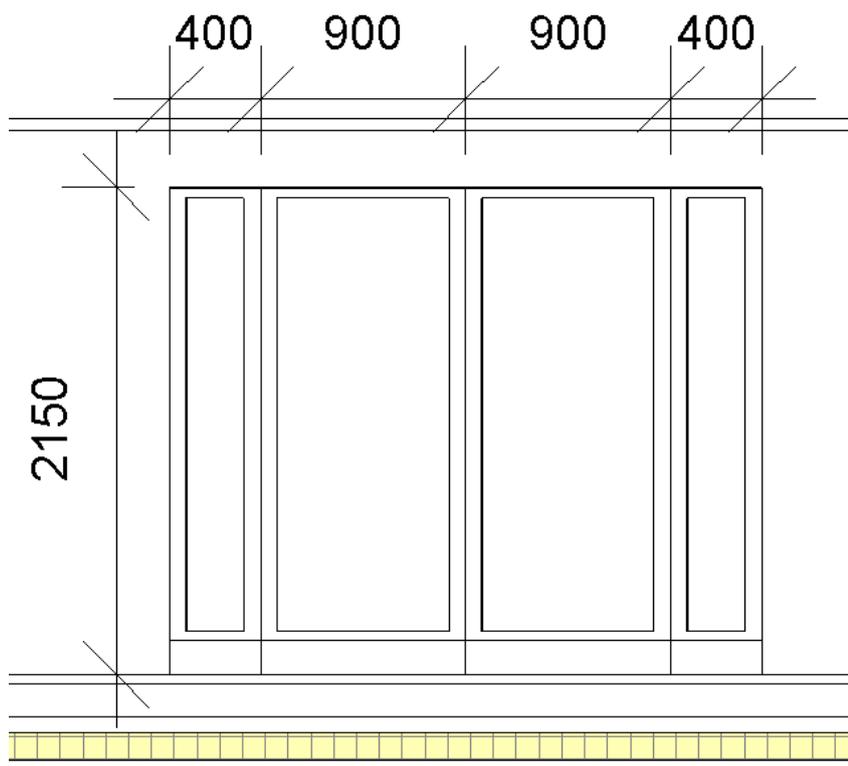


Figura 5.53: Quadro elettrico con dimensioni dei singoli componenti

La famiglia si comporta in modo efficace, trasmettendo le informazioni utili di un fronte quadro:

- ✓ Ingombro del quadro (larghezza, altezza, profondità)
- ✓ Tipologie di carpenterie (2 stecche e 2 risalite)
- ✓ Ingombro degli interruttori (numero di “file” occupate nel quadro)

Nonostante sia possibile replicare l’esatta tipologia di interruttori presenti nel quadro, questo passaggio non è stato effettuato in quanto il software non permette un legame tra i circuiti e gli interruttori su quadro, quindi un fronte quadro con i corretti interruttori non trasmetterebbe alcune informazioni circuitali, non potendolo aggiornare rispetto agli schemi unifilari.

Rimangono comunque le informazioni citate sopra, utili nel momento in cui una persona esterna (es. committente, direzione lavori o impresa) all’apertura del modello si ritrovi davanti un componente modellato che rispecchia molto fedelmente il quadro reale, almeno fino ai singoli interruttori.

Si è proceduto con l’inserimento dei quadri ad ogni piano dell’edificio e, dopo aver completato l’impianto di forza motrice e illuminazione, si sono creati i circuiti.

Per la creazione dei circuiti è necessario definire innanzitutto il sistema di distribuzione da associare al quadro elettrico in esame e successivamente creare l’abaco di quadro elettrico preparato precedentemente (vedere paragrafo “Circuiti e abachi dei quadri elettrici”).

Attraverso lo script Dynamo creato precedentemente (vedere paragrafo “Dynamo per i circuiti”), si sono creati i diversi circuiti per il quadro in questione (QT_PT-N).

Nella selezione del circuito il lettore Dynamo necessita dei seguenti input:

- ✓ Scelta del file xls (tabella utenze quadro con elenco circuiti)
- ✓ Selezione della riga contenente il circuito che si vuole creare
- ✓ Selezione del quadro in pianta
- ✓ Selezione dei componenti che si vuole inserire nel circuito
- ✓ Scelta di un prefisso per la barratura (se presente)

Nell’esempio seguente si è creato il circuito n°18 del quadro, contenente gli apparecchi di illuminazione in due locali uffici (circuito denominato “Illuminazione locali 1”).

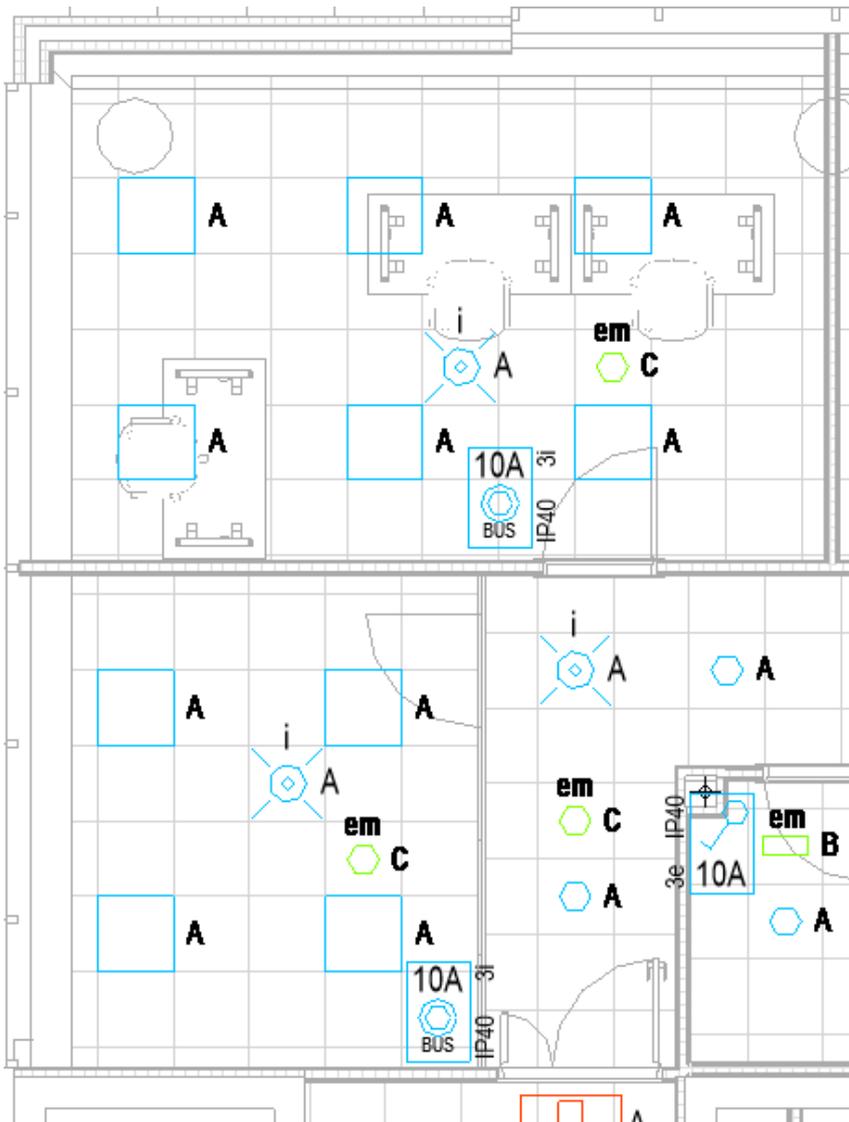


Figura 5.54: Apparecchi di illuminazione facenti parte del circuito numero 18

Una volta effettuata l'operazione, al rigo dell'abaco del quadro si ottiene la seguente stringa di valori:

Sigla circuito	Corrente nominale In [A]	Numero di elementi	Nome circuito	Numero di poli	Cosfi	Fattore contemp. linea KI [%]	Potenza attiva contemp. (KI)	Corrente di impiego Ib contemp. (KI)	Potenza attiva convenz. [kW]	
--	--	--	SCARICATORE	1	--	--	0.0	0.0	--	
--	--	--	STRUMENTO MISURA ANALIZZATORE DI RETE	1	--	--	0.0	0.0	--	
--	--	--	TRASFORMATORE AUSILIARI	1	--	--	0.0	0.0	--	
--	--	--	PRESA DI SERVIZIO SU QUADRO	1	--	--	0.0	0.0	--	
--	--	--	QUADRO BMS	1	--	--	0.0	0.0	--	
QT_PT	N OE 6	20.0	1	QT_P1-N	3	1.00	100.00%	0.0	0.0	0.0
QT_PT	N OE 7	20.0	1	QT_P2-N	3	1.00	100.00%	0.0	0.0	0.0
QT_PT	N OE 8	20.0	1	QT_P3-N	3	1.00	100.00%	0.0	0.0	0.0
QT_PT	N OE 9	20.0	1	QT_P4-N	3	1.00	100.00%	0.0	0.0	0.0
QT_PT	N OE 10	20.0	1	QT_P5-N	3	1.00	100.00%	0.0	0.0	0.0
--	--	20.0	--	Riserva	1	--	--	0.0	0.0	--
--	--	20.0	--	Riserva	1	--	--	0.0	0.0	--
QT_PT	N LU 13	20.0	6	ILLUMINAZIONE SCALE	1	0.90	100.00%	0.8	3.9	0.8
--	--	--	--	Spazio	1	--	--	0.0	0.0	--
--	--	--	--	Spazio	1	--	--	0.0	0.0	--
--	--	--	--	Spazio	1	--	--	0.0	0.0	--
QT_PT	N LU 17	20.0	28	ILLUMINAZIONE ZONE COMUNI	1	0.90	100.00%	0.7	3.4	0.7
QT_PT	N LU 18	20.0	12	ILLUMINAZIONE LOCALI 1	1	0.90	100.00%	0.6	2.9	0.6

Figura 5.55: Abaco del quadro elettrico QT_PT-N

- Sigla del circuito:

QT_PT	N	LU	18
-------	---	----	----

- Corrente nominale:

20 A

- Numero di elementi:

12

- Nome del circuito:

ILLUMINAZIONE LOCALI 1

- Numero di poli del circuito:

1

- Fattore di alimentazione:

0.90

- Fattore di contemporaneità linea (KI):

100.00%

- Potenza attiva convenzionale del circuito (kW):

0.6

- Corrente di impiego:

2.9

Grazie allo script Dynamo, si è riusciti da suddividere la potenza totale del circuito tra i componenti in pianta selezionati, in modo equo; infatti, ognuno dei 12 apparecchi di illuminazione otterrà un valore di potenza pari a:

$$P = \text{Potenza totale} / \text{numero di elementi} = 600 / 12 = 50W$$

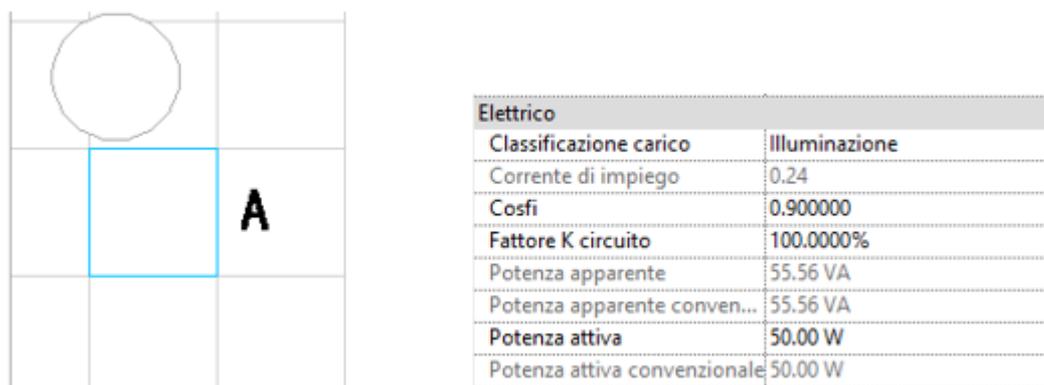


Figura 5.56: Parametri elettrici circuitali relativi ad un apparecchio di illuminazione

Si fa notare come la suddivisione della potenza in modo omogeneo porti a delle problematiche.

Infatti, l’inserimento di una potenza errata porterebbe ad una suddivisione errata anche delle singole potenze; inoltre, se i componenti di un dato circuito assorbono potenze diverse, anche in questo caso la suddivisione risulterebbe errata.

Questa decisione di suddividere equamente la potenza è nata dal fatto di voler ottenere una base di partenza per la potenza inserita in un circuito. In questo modo la somma delle potenze dei singoli componenti risulta coerente con la potenza totale della linea e ogni componente assorbe una potenza non nulla e risulta quindi attivo sul circuito creato.

Sarà successivamente compito del progettista affinare le singole potenze assorbite tenendo conto di eventuali carichi “spenti” (si pensi ad esempio agli apparecchi di illuminazione di tipo “SE”, cioè “solo emergenza”) o di ridistribuite i carichi (ad esempio alcuni componenti assorbono più della frazione di potenza applicata ed altri assorbono meno).

A completamento del quadro elettrico, si sono inseriti i vani (ovvero le partenze relative a scaricatori, multimetri e apparecchiature non in pianta ma facenti parte del quadro) e le riserve negli slot rimasti non utilizzati, secondo lo schema unifilare del quadro.

L’abaco del quadro elettrico non è infatti un solo elenco delle utenze ad esso collegate, ma può diventare un vero e proprio elenco di tutti i componenti facenti parte del quadro elettrico.

Inoltre, si ricorda che il fattore di contemporaneità di linea (KI), dedicato alla valutazione della contemporaneità del carico totale sotteso al circuito è editabile e permette di effettuare ulteriori valutazioni, abbassando la potenza totale assorbita, senza modificare le potenze già inserite nel circuito.

Grazie a tutte queste ottimizzazioni effettuate sul quadro, sul relativo abaco e sulle singole famiglie, l’abaco dei quadri elettrici non è più solo un lettore dei circuiti, ma diventa strumento di progettazione a tutti gli effetti.

Ad esempio, dall’abaco circuiti si è notato come l’illuminazione della zona sportelli sia fornita da un elevato numero di apparecchi di illuminazione, i quali andrebbero distribuiti su almeno due circuiti in modo da offrire ridondanza nel caso di intervento della protezione.

Un altro particolare degno di nota è che la ripartizione delle potenze tra i componenti di ogni circuito in modo omogeneo risulta corretta solo nei casi in cui le potenze stimate sul quadro sono coerenti con le quantità di componenti del circuito.

Ad esempio, per il circuito “prese di servizio” n.26 del quadro elettrico QT_PT (Quadro torre piano terra), sul quadro si era stimata una potenza complessiva pari a 1200W con coefficiente di utilizzo pari al 30%:

Circuito prese di servizio:

QT_PT-N /26	PRESE DI SERVIZIO
-------------	-------------------

Potenza attiva massima [kW]:

1,2

Coefficiente di utilizzo K_u [%]

30

Al momento della stima e della creazione del quadro tramite software di calcolo non si conosceva ancora con precisione le quantità e la tipologia di presa per questo circuito.

In questa fase della progettazione in BIM il compito è proprio quello di specificare i circuiti e renderli effettivi, dal momento che i componenti in pianta sono ora definiti e completi di informazioni. Si prosegue quindi all’analisi del circuito in esame.

Grazie all’abaco del quadro elettrico si evince che le prese di servizio sono in tutto 11 e i 1200W inseriti nel sistema sono stati ripartiti tra queste 11 prese. Allo stesso modo anche la corrente viene ripartita tra i componenti.

11	PRESE DI SERVIZIO
----	-------------------

Potenza attiva massima [kW] e corrente di fase [A]:

1.2	5.8
-----	-----

Il risultato sono dei valori non coerenti con il dimensionamento di una singola presa, ma questo è dovuto appunto alla mancanza di informazioni durante la stesura del quadro, quando le potenze sono state stimate e non calcolate.

Elettrico	
Classificazione carico	Presa di servizio civile
Corrente di impiego	0.53
Cosfi	0.900000
Fattore K circuito	30.0000%
Potenza apparente	121.21 VA
Potenza apparente conven...	36.36 VA
Potenza attiva	109.09 W
Potenza attiva convenzionale	32.73 W

Figura 5.57: Parametri elettrici di una singola presa di servizio non effettivi

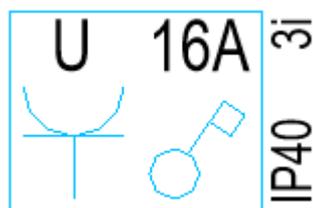
Per poter risolvere questa incoerenza si è predisposto un abaco per il controllo delle potenze dei singoli componenti chiamato “Abaco utenze elettriche”:

<Abaco Utenze elettriche>						
A	B	C	D	E	F	G
Tipo	Conteggio	Classificazione carico	Cosfi	Fattore K circuito	Potenza attiva	Corrente di impiego
01a - Apparecchio a plafone ad anello con sospensione - Tipo A	1	Illuminazione	0.9	100.00%	18 W	0.09 A
01a - Apparecchio a plafone segnaletica luminosa - freccia bassa - Tipo A	11	Illuminazione	0.9	100.00%	<variable>	<variable>
01a - Apparecchio a plafone tondo - Tipo D	1	Illuminazione	0.9	100.00%	133 W	0.64 A
01a - Apparecchio ad incasso quadrato - Tipo A	54	Illuminazione	0.9	100.00%	<variable>	<variable>
01a - Apparecchio ad incasso tondo - Tipo A	19	Illuminazione	0.9	100.00%	<variable>	<variable>
01a - Apparecchio ad incasso tondo - Tipo B	18	Illuminazione	0.9	100.00%	18 W	0.09 A
01a - Apparecchio ad incasso tondo - Tipo C	22	Illuminazione	0.9	100.00%	<variable>	<variable>
01a - Apparecchio industriale a plafone rettangolare - Tipo A	6	Illuminazione	0.9	100.00%	<variable>	<variable>
01a - Apparecchio industriale a plafone rettangolare - Tipo B	1	Illuminazione	0.9	100.00%	133 W	0.64 A
01a - n.1 presa industriale 2P+T con fusibili - 16A - 230V - scatola esterno	2	Presa di servizio industriale	0.95	100.00%	500 W	2.29 A
01a - n.1 punto alimentazione - incasso - 24V	2	Alimentazione sistema chiamata	1	100.00%	20 W	0.09 A
01b - Apparecchio industriale a plafone rettangolare - emergenza - Tipo A	4	Illuminazione	0.9	100.00%	<variable>	<variable>
02a - n.1 punto alimentazione - incasso - 1F - 0.5kW	3	Alimentazione porta automatica	0.9	100.00%	333 W	1.61 A
02a - n.1 punto alimentazione - incasso - 1F - 0.5kW	10	Alimentazione fotocellula	0.9	100.00%	143 W	0.69 A
03b - n.1 presa UNEL e n.1 int. MT 16A - scatola esterno 3 moduli - IP55	2	Presa di servizio civile	0.95	100.00%	500 W	2.29 A
03b - n.1 presa UNEL e n.1 int. MT 16A - scatola esterno 3 moduli - IP55	3	Alimentazione access point entro co	0.95	100.00%	67 W	0.31 A
04a - Torretta pavimento flottante 20 moduli	8	Prese torretta	0.9	6.00%	3312 W	16.00 A
04b - Torretta pavimento flottante 20 moduli	20	Prese torretta	0.9	100.00%	200 W	0.97 A
05a - n.1 presa UNEL e n.1 int. MT 16A - scatola incasso 3 moduli - IP40	11	Presa di servizio civile	0.9	6.00%	3312 W	16.00 A
05b - n.1 presa UNEL e n.1 int. MT 16A - scatola incasso 3 moduli - IP55	4	Presa di servizio civile	0.9	100.00%	143 W	0.69 A
05b - n.2 prese UNEL e n.1 int. MT 16A - scatola esterno 6 moduli - IP55	2	Alimentazione monitor entro contro	0.95	100.00%	100 W	0.46 A
Armadio a pavimento (LxPxH) 800x800x2000mm	1	Armadio rack	0.95	100.00%	3000 W	4.56 A

Figura 5.58: Abaco delle utenze elettriche

Grazie a questo abaco è possibile identificare e editare la singola potenza sulla stessa tipologia di componenti.

Tramite l’abaco delle utenze elettriche si corregge l’errore su tutte le prese di servizio in un’unica operazione, inserendo l’effettiva potenza di una singola presa da 16A con cosfi pari a 0,9:



$$Pattiva = V \times I \times \text{cosfi} = 3312 \text{ W}$$

Figura 5.59: Singola presa di servizio a dettaglio basso

Per quanto riguarda il “fattore K circuito” esso è il prodotto dei due coefficienti (Ku e Kc), quindi la percentuale deve essere modificata in funzione del Ku e Kc stimati dal progettista. Per questo circuito di prese di servizio si è scelto Ku = 30% e Kc = 20% (da capitolato, non da software di calcolo).

Il fattore K circuito sull’utenza risulta essere pari a 6% (prodotto di Ku e Kc).

Sull’abaco delle utenze si ha ora che:

05a - n.1 presa UNEL e n.1 int. MT 16A - scatola incasso 3 moduli - IP40	11			
Presa di servizio civile	0.9	6.00%	3312 W	16.00 A

I dati sull’abaco utenze sono ora coerenti con le potenze effettive assorbite dalle singole utenze, in termini di dimensionamento, e coerenti con i coefficienti scelti a progetto.

Sull’abaco del quadro elettrico la linea presenta ora i seguenti valori di potenza attiva massima sul circuito e corrente di fase:

2.2	10.6
-----	------

I valori risultano coerenti con la protezione scelta nonostante siano aumentati rispetto ai precedenti.

I valori sulla singola presa in pianta sono ora:

Elettrico	
Classificazione carico	Preso di servizio civile
Corrente di impiego	16.00
Cosfi	0.900000
Fattore K circuito	6.0000%
Potenza apparente	3680.00 VA
Potenza apparente conven...	220.80 VA
Potenza attiva	3312.00 W
Potenza attiva convenzionale	198.72 W

Figura 5.60: Parametri elettrici di una singola presa di servizio effettivi

È possibile ora aggiornare lo schema unifilare del quadro con i nuovi valori di potenza attiva e fattore di utilizzo.

Il metodo di lavoro applicato ai circuiti viene di seguito rappresentato attraverso uno schema di principio:

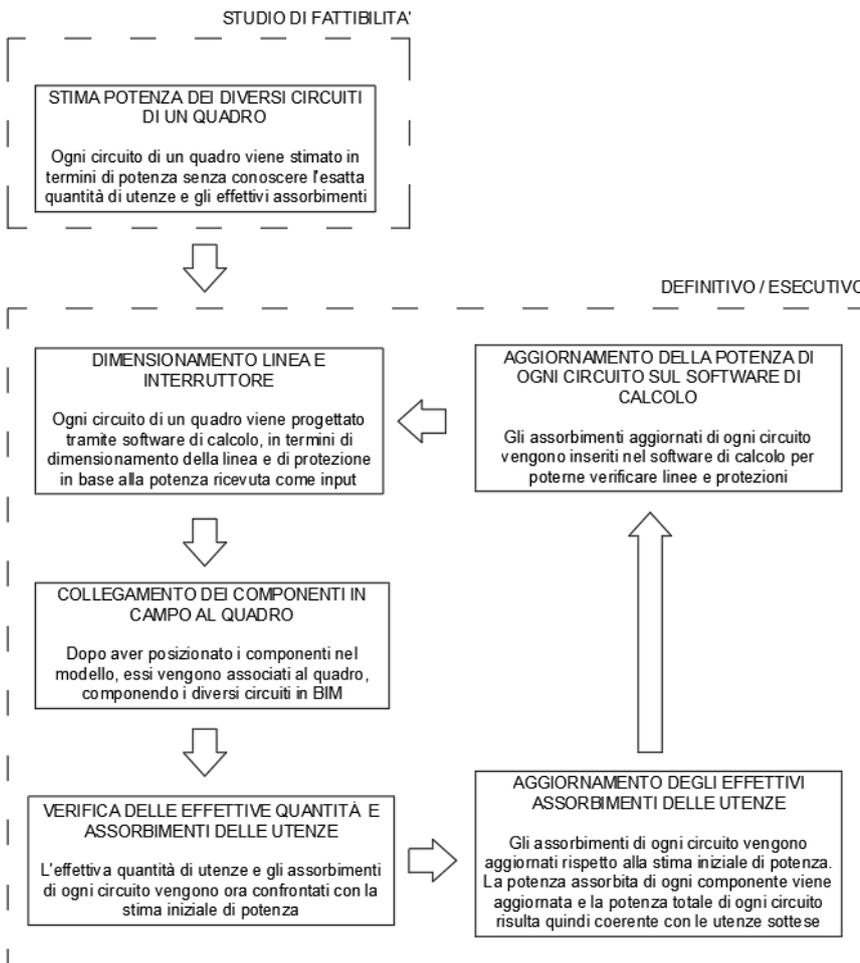


Figura 5.61: Schema metodologico di creazione dei circuiti in BIM

È importante sottolineare come la potenza convenzionale ricavata per ogni presa di servizio (circa 200W) deve essere vista nell'ottica di tutto il circuito e del coefficiente K utilizzato (si chiama appunto potenza convenzionale).

A questo proposito il coefficiente è stato chiamato “fattore K circuito” in quanto è relativo a tutto il circuito e non alla singola presa, la quale rimane dimensionata per la potenza massima (in questo caso 3312 W).

Un ulteriore miglioramento è stato applicato ai condotti sbarre.

Infatti, le torrette nei locali che si trovano alimentate dai condotti sbarre (blindo) non sono collegate al quadro. Questo è corretto in quanto solo la testata di alimentazione è effettivamente collegata al quadro elettrico, mentre le torrette sono collegate al condotto e “passano” la potenza attraverso il condotto, per poi raggiungere il quadro.

La famiglia della testata di alimentazione è quindi stata creata sotto la categoria “attrezzatura elettrica” in modo tale da essere considerata un quadro elettrico a cui poter assegnare dei circuiti (le torrette in questo caso, ma potrebbe essere anche apparecchi di illuminazione).

In questo modo ogni condotto sbarre definisce e raccoglie tutti i componenti sotto di esso, fornendo l'informazione di quali e quanti componenti siano presenti oltre che fornire le indicazioni elettriche circuitali (potenza di ogni torretta, coefficienti di utilizzo, ecc. ...)

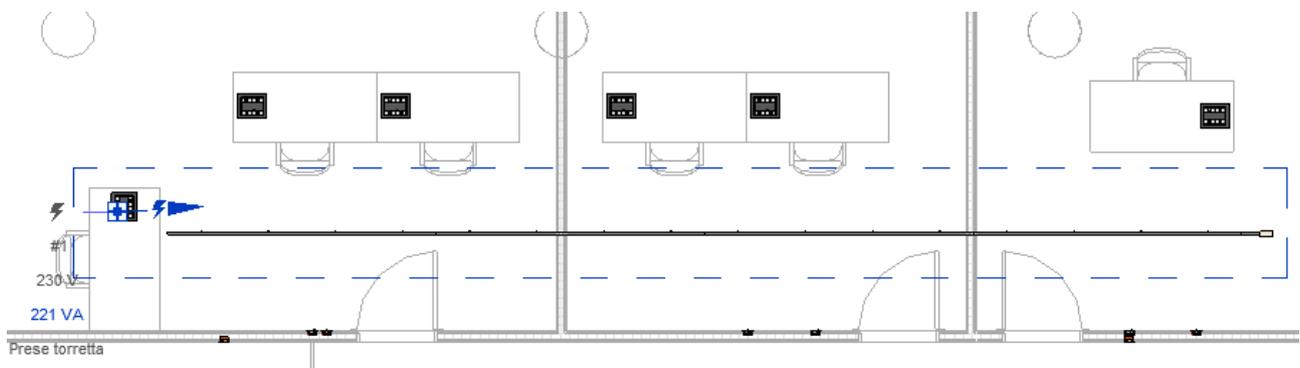


Figura 5.62: Collegamento delle torrette al condotto sbarre

In questo esempio si stima che ogni postazione di lavoro assorba in media 200W. Viene quindi impostata una potenza attiva sul telaio 1 delle torrette pari a 200W tramite l'abaco delle utenze elettriche. Verrà inoltre impostato un fattore K circuito pari a 100% in quanto la potenza stimata è già inclusiva dei fattori correttivi.

Le 6 torrette (ovvero le 6 postazioni) verranno quindi collegate alla testata del condotto sbarre (nella realtà andranno fisicamente collegate agli elementi rettilinei tramite spine).

L'abaco quadro relativo alla testata di alimentazione del condotto sbarre si presenta coerente con i dati inseriti.

Sigla circuito				Corrente nominale In [A]	Numero di elementi	Nome circuito	Numero di poli	Cosfi
BL_P0-1	N	FM	1	20.0	1	Prese torretta	1	0.90
BL_P0-1	N	FM	2	20.0	1	Prese torretta	1	0.90
BL_P0-1	N	FM	3	20.0	1	Prese torretta	1	0.90
BL_P0-1	N	FM	4	20.0	1	Prese torretta	1	0.90
BL_P0-1	N	FM	5	20.0	1	Prese torretta	1	0.90
BL_P0-1	N	FM	6	20.0	1	Prese torretta	1	0.90

Figura 5.63: Abaco di una testata di alimentazione di un condotto sbarre

Corrente di impiego Ib contemp. (Kc)	Potenza attiva convenz. [kW]	L1	L2	L3
1.0	0.2	1.0		
1.0	0.2		1.0	
1.0	0.2			1.0
1.0	0.2	1.0		
1.0	0.2		1.0	
1.0	0.2			1.0

Figura 5.64: Suddivisione delle correnti di fase sul condotto sbarre

Infine, si collega la testata di alimentazione al quadro:

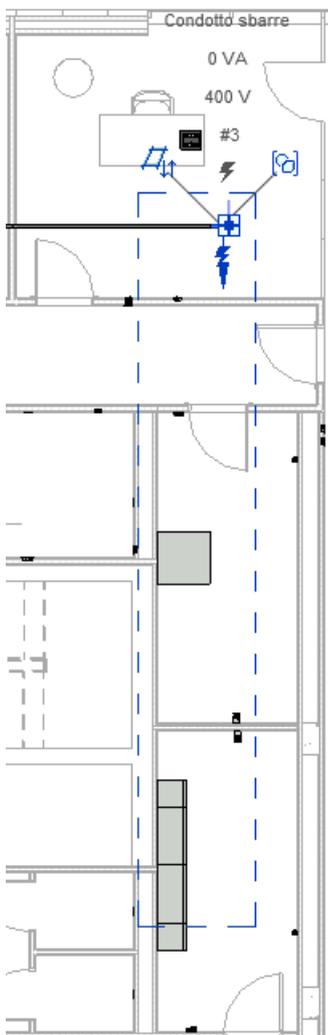


Figura 5.65: Collegamento del condotto sbarre al quadro elettrico

Il condotto sbarre, in questo caso, risulta già collegato tramite lo script di Dynamo; quindi, verranno solamente aggiornati i dati relativi al circuito sull'abaco del quadro elettrico di piano:

BLINDO UFFICI	3	0.90	100.00%	1.2	1.9
---------------	---	------	---------	-----	-----

Le torrette sono state collegate in monofase al condotto sbarre e la testata di alimentazione è stata invece collegata in trifase al quadro elettrico.

Dati circuito torrette su condotto sbarre:

Corrente apparente	5.80 A
Fase A corrente apparente	5.80 A
Fase B corrente apparente	0.00 A
Fase C corrente apparente	0.00 A
Carico reale	1200.00 W

Figura 5.66: Parametri circuitali delle torrette sul condotto sbarre

Dati circuito condotto sbarre su quadro:

Corrente apparente	1.92 A
Fase A corrente apparente	5.80 A
Fase B corrente apparente	0.00 A
Fase C corrente apparente	0.00 A
Carico reale	1200.00 W

Figura 5.67: Parametri circuitali del condotto sbarre sul quadro

Si nota infatti come e la corrente di impiego sul condotto sbarre sia maggiore (perché è in monofase), mentre quella del condotto sull'abaco quadro elettrico è minore (perché in trifase).

Infine, si può procedere alla definizione della modalità di lettura del circuito.

Per fare ciò si può utilizzare la denominazione del circuito precedentemente costruita e poi importata dal template di progetto:

Per progetto - Schema denominazione del circuito:

Nome schema	Valore di esempio
Quadro_Carico_Progressivo	QPT/FM1
Quadro_Progressivo	QPT/1
Quadro_Sezione_Carico_Progressivo	QPT-N /FM1
Quadro_Sezione_Progressivo	QPT-N /1

Si è scelto di utilizzare la denominazione "Quadro_Sezione_Carico_Progressivo", in modo tale da evidenziare i seguenti parametri del circuito in pianta:

- ✓ Nome del quadro
- ✓ Sezione del quadro
- ✓ Barratura (carico)
- ✓ Progressivo (numero del circuito)

Il nome quadro e il progressivo saranno informazioni sempre presenti, mentre la sezione e la barratura si sono rese necessarie in questo lavoro in quanto:

- ✓ Sono presenti o potranno essere presenti più sezioni in uno stesso quadro, ovvero più sorgenti di energia che confluiscono nello stesso quadro; quindi, è bene segnalare quali componenti sono afferenti ad una o all'altra sezione.
- ✓ È stata richiesta la misurazione dell'energia suddivisa negli impianti di illuminazione, forza motrice, meccanico.
Quindi ogni barratura avrà un multimetro per la misurazione ed è necessario che sia evidente l'appartenenza alla barratura dei vari componenti.

Inserendo l'etichetta parametrizzata secondo la denominazione del circuito desiderata si ottiene il risultato voluto.

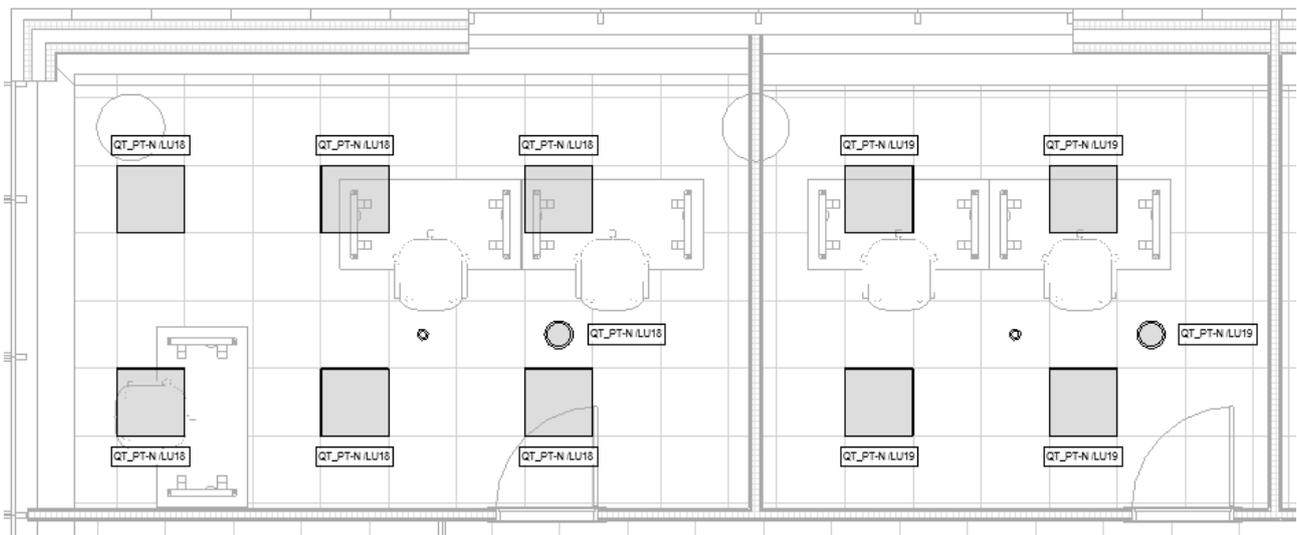


Figura 5.68: Vista in pianta dell'impianto di illuminazione con circuiti a dettaglio Alto

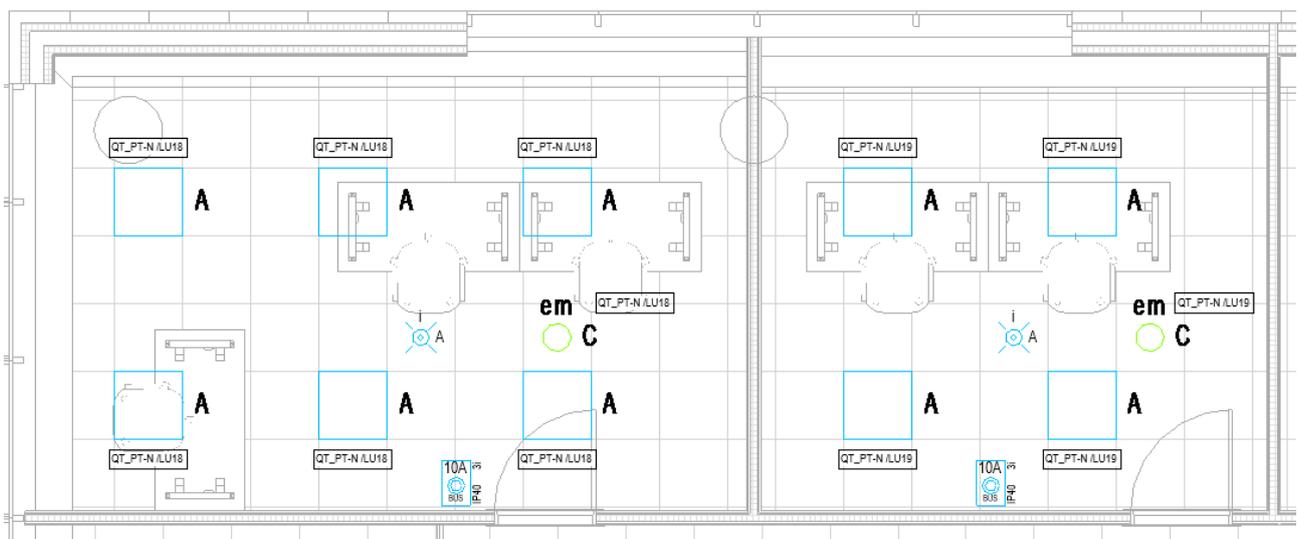


Figura 5.69: Vista in pianta dell'impianto di illuminazione con circuiti a dettaglio Basso

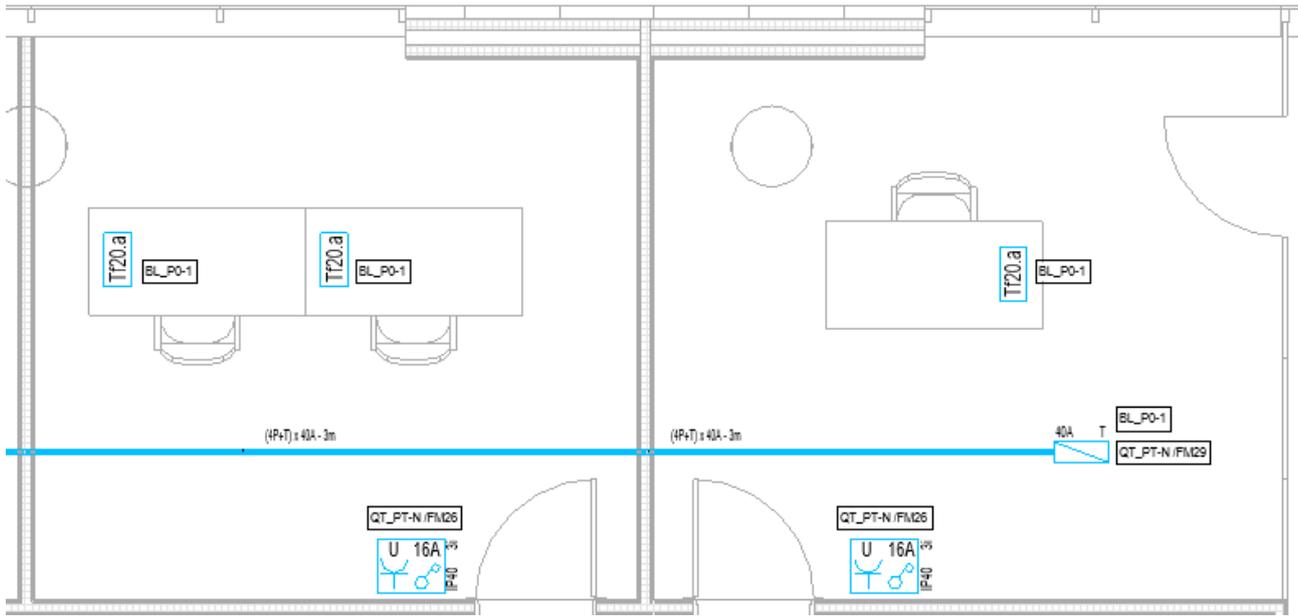


Figura 5.70: Vista in pianta dell'impianto di forza motrice con circuiti a dettaglio Basso

5.7 SPECIFICHE TECNICHE DEI COMPONENTI

Una parte di documentazione prevista nella consegna di un progetto è composta dalle specifiche tecniche.

Le specifiche tecniche hanno il compito di prescrivere una o più funzionalità o un determinato impiego dei componenti facenti parte di un progetto.

Per il progetto in esame si è scelto di rendere tali informazioni parte del modello BIM, in particolare si è creato un apposito parametro in grado di rimandare ad un documento tramite collegamento (link).

I documenti dovranno quindi essere consegnati in apposita cartella contenente un file di informazioni per il mantenimento del collegamento con il modello.

Per una migliore gestione delle specifiche tecniche si è preparata una classificazione che seguisse la suddivisione in categorie offerta dal programma Revit.

CATEGORIA	PREFISSO GENERALE	PREFISSO CATEGORIA	PROGRESSIVO	TIPO	DESCRIZIONE	NOME FILE	
Attrezzatura elettrica	ST	AE	01	a	- Trasformatore MT-BT	ST_AE_01a - Trasformatore MT-BT	ST_AE_01a - Trasformatore MT-BT.xlsx
	ST	AE	02	a	- Gruppo elettrogeno	ST_AE_02a - Gruppo elettrogeno	ST_AE_02a - Gruppo elettrogeno.xlsx
	ST	AE	03	a	- Gruppo statico di continuità	ST_AE_03a - Gruppo statico di continuità	ST_AE_03a - Gruppo statico di continuità.xlsx
	ST	AE	04	a	- Soccorritore	ST_AE_04a - Soccorritore	ST_AE_04a - Soccorritore.xlsx
	ST	AE	05	a	- Quadro elettrico media tensione	ST_AE_05a - Quadro elettrico media tensione	ST_AE_05a - Quadro elettrico media tensione.xlsx
	ST	AE	06	a	- Quadro elettrico generale bassa tensione	ST_AE_06a - Quadro elettrico generale bassa tensione	ST_AE_06a - Quadro elettrico generale bassa tensione.xlsx
	ST	AE	07	a	- Quadro elettrico rifasamento automatico	ST_AE_07a - Quadro elettrico rifasamento automatico	ST_AE_07a - Quadro elettrico rifasamento automatico.xlsx
	ST	AE	08	a	- Quadro elettrico bassa tensione	ST_AE_08a - Quadro elettrico bassa tensione	ST_AE_08a - Quadro elettrico bassa tensione.xlsx

Figura 5.71: Esempio di classificazione delle specifiche

Tale classificazione consiste in:

- ✓ Prefisso generale (ST = specifica tecnica)
- ✓ Prefisso categoria (es. AE = apparecchiatura elettrica)
- ✓ Progressivo (01, 02, 03, ...)
- ✓ Tipo (specificazione del progressivo "a", "b", "c", ...)

Ogni specifica sarà composta da un file .xls e collegata alla famiglia a cui appartiene.

A titolo di esempio di riporta la specifica del quadro elettrico secondario, associata al quadro QT_PT-N analizzato durante la stesura dei circuiti:



Figura 5.72: Parametro per il collegamento con il file relativo alla specifica tecnica del quadro elettrico

ST_AE_08a	
QUADRO ELETTRICO BASSA TENSIONE	
QUADRI ELETTRICI	
1	CATEGORIA
	Attrezzatura elettrica
2	FAMIGLIE
	Famiglia quadri elettrici secondari
3	DESCRIZIONE
	Quadri elettrici in bassa tensione per distribuzione secondaria
4	CARATTERISTICHE GENERALI
	Il quadro dovrà essere dotato di proprio schema elettrico sul quale sia possibile identificare i singoli circuiti di potenza ed ausiliari, i dispositivi di protezione e comando, in funzione del tipo di quadro e le caratteristiche
5	CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE
	Struttura metallica: - insieme di elementi modulari prefabbricati componibili assemblati su strutture portanti: - pannelli laterali, interni e posteriore in lamiera di acciaio spessore 15/10 mm - se prevista esecuzione a pavimento: i pannelli laterali devono essere asportabili in modo da consentire l'affiancamento di più strutture - se prevista porta in lamiera di acciaio verniciato: dotata di maniglia reversibile dotata di quattro punti di chiusura e blocco a chiave standard di tipo doppia aletta - se prevista porta in vetro trasparente: realizzata in cristallo temperato di sicurezza con spessore 4 mm - se previsto zoccolo pallettizzabile: realizzato in lamiera di acciaio verniciato formato da quattro angolari e quattro flange di copertura di colore grigio RAL 7012 o secondo indicazioni del cliente - kit per installazione di interruttori scatolati - pannelli sfinestrati 45 mm dello spessore di 12-15/10 per installazione di apparecchiature modulari su guida DIN - i pannelli, devono inoltre essere incernierabili (indifferentemente a destra o

Figura 5.73: Specifica tecnica richiamata all'interno del modello in formato .xls

6 CONCLUSIONI

6.1 RISULTATI E CONSIDERAZIONI

La progettazione in ambiente BIM, come più volte evidenziato durante la creazione delle famiglie e durante loro ingresso nel modello, ha permesso di raggiungere alcuni obiettivi importanti che hanno apportato ottimizzazioni e migliorie alla progettazione stessa.

Allo stesso tempo, sono emerse alcune criticità e difficoltà durante la progettazione legate soprattutto agli strumenti utilizzati.

Di seguito si elencano in modo riassuntivo i risultati generali ottenuti e descritti nell'elaborato:

- Il coordinamento e la condivisione sono concetti chiave nel mondo BIM.
- L'approccio progettuale CAD non è sufficiente nella metodologia BIM.
- La preparazione di un modello BIM è fondamentale, da affrontare prima ancora dell'inizio della progettazione.
- Le conoscenze impiantistiche non bastano nella metodologia BIM, si rendono necessarie conoscenze informatiche.
- Sono necessarie tutte le impostazioni elettriche possibili come strumento per il progettista all'interno del modello BIM.
- Serve la massima libertà di gestione dei circuiti e dei quadri all'interno del modello BIM.
- Gli ordini di grandezza dei componenti elettrici richiedono una gestione dei simboli ragionata.
- Il LOD elettrico deve essere bilanciato dal progettista, in base allo specifico progetto.
- Classificazioni e standard aiutano il progettista nel controllo del modello e delle famiglie di componenti.

Tutti questi risultati portano a considerare quanto ad oggi la metodologia BIM sia ancora in fase di evoluzione per molte discipline, tra cui quella elettrica.

Infatti, durante la progettazione, si è più volte combattuto tra il desiderio di voler inserire un'informazione nel modello e la difficoltà realizzativa del come poterla inserire. Questo fatto ha portato a identificare due punti fondamentali riguardanti il concetto di informazione nel modello BIM:

- ✓ Il mondo degli impianti elettrici nel settore delle costruzioni ha acquisito da tempo solide basi e raggiunto una maturità tale, da necessitare di un maggiore impegno nella ricerca e gestione delle informazioni più che nella loro creazione.
- ✓ La conoscenza degli strumenti di disegno tecnico, di calcolo e informatici spesso sono insufficienti per il progettista, il quale si trova a sapere quale informazione vuole inserire nel modello ma non trova il modo e il posto più consoni per gestirla.

Durante la progettazione, la sensazione è stata quella di desiderare più di quello che gli strumenti potevano offrire.

Ad esempio, durante la creazione della famiglia delle torrette e dei quadri elettrici, ci si chiedeva come fosse possibile che il software Revit non offrisse la possibilità di gestire due connettori elettrici, dal momento che nella disciplina degli impianti elettrici è naturale progettare impianti aventi più sorgenti di energia e quindi più sezioni (normale, privilegiata, sicurezza, continuità).

Un altro desiderio è nato durante la creazione dei circuiti: perché un abaco di un quadro elettrico non può contemplare livelli intermedi di interruttori? Questa semplice ottimizzazione dello strumento di modellazione permetterebbe una gestione quasi completa dei quadri elettrici.

Lo strumento attraverso il quale il progettista gestisce le informazioni progettuali risulta, ad oggi, ancora incompleto e non perfettamente allineato con un metodo di progettazione già consolidato e maturo.

Il tutto porta a considerare l'importanza non tanto dell'informazione in quanto tale, ma della "comunicazione" cioè del modo in cui si trasmette un'informazione e del luogo dove essa risiede.

Viviamo in un'epoca di comunicazione ma forse non la viviamo appieno.

Nell'affrontare la progettazione, come nelle attività quotidiane, abbiamo gli strumenti per comunicare, sappiamo cosa vogliamo comunicare (abbiamo l'informazione) ma spesso non lo facciamo nel modo corretto.

Il lavoro svolto ha permesso comunque il raggiungimento degli obiettivi prefissati inizialmente, ovvero le criticità relative agli impianti elettrici nel BIM, una metodologia di lavoro nella progettazione in ambiente BIM, l'ottimizzazione delle famiglie di componenti elettrici, la gestione dei circuiti elettrici e in generale l'output ottenuto dal modello a livello informativo.

7 BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

7.1 BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

11337-2:2021 . (s.d.).

12464-1, U. E. (s.d.). Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni.

CEI 0-16. (2019). Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.

CEI 17-13. (2019). Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione.

CEI 64-8/3. (s.d.). Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua - Parte 3: Caratteristiche generali.

d.P.R. 207. (2010). Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE.

DL 50. (2016). Codice dei contratti pubblici.

DM 37. (2008). Decreto del ministero dello sviluppo economico.

DM 560. (2017). Modalità e i tempi di progressiva introduzione dei metodi e degli strumenti elettronici di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2016). *il BIM*. HOEPLI.

Industry Foundation Classes (IFC). (s.d.). *Buildingsmart International*. Tratto da Buildingsmart.org: <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/industry-foundation-classes/>

ISO 19650-1. (2018). *Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles*.

Richards, M. (2010). *Building information management: A standard framework and guide to BS 1192*. Londra: BSI Standards.

UNI 11337-1. (2017). Parte 1: Modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti e processi.

UNI 11337-2. (2021). Parte 2: Flussi informativi e processi decisionali nella gestione delle informazioni da parte della committenza.

UNI. (s.d.). 11337-2:2021 .

UNI 11337-3. (2015). Parte 3: Modelli di raccolta, organizzazione e archiviazione dell'informazione tecnica per i prodotti da costruzione.

UNI 11337-4. (2017). Parte 4: Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati e oggetti.

UNI 11337-5. (2017). Parte 5: Flussi informativi nei processi digitalizzati.

UNI 11337-6. (2017). Parte 6: Linea guida per la redazione del capitolato informativo.

UNI 11337-7. (2018). Parte 7: Requisiti di conoscenza, abilità e competenza delle figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa.