Building Information Modeling e l'interoperabilità tra software

Caso Studio: Torre della Regione Piemonte

Modello dell'impianto Geotermico e d'irrigazione e raccolta delle acque reflue

Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile Geotecnica

RELATORE Prof.ssa Anna Osello CORRELATORE Ing. Matteo Del Giudice

CANDIDATA Chiara Andriolo





Anno Accademico 2020/2021





Politecnico di Torino

Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile LM-23 (DM270) Geotecnica A.a. 2020/2021 Sessione di Laurea luglio 2021

Building Information Modeling e l'interoperabilità tra software

Caso Studio: Torre della Regione Piemonte Modello dell'impianto Geotermico e d'irrigazione e raccolta delle acque reflue

RELATORE Prof.ssa Anna Osello CORRELATORE Ing. Matteo Del Giudice

CANDIDATA Chiara Andriolo

Abstact (English version)

The Building Information Modeling represents a design methodology, that allows to optimize the construction times and to carry out an action of coordination, between the engineering disciplines involved, in the realization and the management of a project. A further feature is to be able to manage in an organic way, even in different construction phases, all the information available.

The Thesis, focuses on the graphical restitution, performed through the modeling software Revit. Starting from a real case study, the Torre Regione Piemonte, three MEP models are built: the geothermal system, the irrigation and waste water collection system.

These models are then used to test the interoperability between software and highlight, strengths and criticality. With this objective, a conflict detection analysis is performed, in order to identify in a timely and precise way, any collisions between elements. In addition, interoperability tests, between the geothermal system model and the existing terrain model, are performed, in order to investigate the Geo-BIM area of interest.

From the comparison, the software examined result more suitable for the management of structural control operations, typical of the BIM environment. The interference control is an example: it can be managed with specific drives. The scenario regarding the Geo-BIM experimentation, on the contrary, is much more complex: the software does not have adequate tools and, as a consequence, it is necessary to indicate alternative processes.

Abstact

Il Building Information Modeling rappresenta una metodologia progettuale che permette, di ottimizzare i tempi di costruzione e di svolgere un'azione di coordinamento, tra le discipline ingegneristiche coinvolte nella realizzazione e gestione di un determinato progetto. Un'ulteriore caratteristica, è quella di riuscire a gestire in modo organico, anche in fasi costruttive differenti, tutte le informazioni disponibili.

Il presente elaborato di Tesi, pone il focus sulla restituzione impiantistica, eseguita tramite il software di modellazione Revit. A partire da un caso studio reale, quello della Torre della Regione Piemonte, si ricavano tre modelli MEP, dell'impianto Geotermico e d'irrigazione e raccolta delle acque reflue, con i quali s'intende testare, l'interoperabilità tra software ed evidenziarne punti di forza e criticità.

Con questo obiettivo viene eseguita, sia un'analisi di Clash Detection, così da individuare in modo tempestivo e puntuale, eventuali collisioni tra istanze, che dei test d'interoperabilità, tra il modello dell'impianto geotermico e il modello del terreno esistente, in modo da investigare l'area d'interesse Geo-BIM.

Dal confronto, emerge che i software esaminati, siano più idonei, nella gestione di operazioni sul controllo strutturale, tipiche dell'ambiente BIM. Il controllo delle interferenze ne è un esempio, può essere gestito con adeguati tools e specifici drives. Lo scenario riguardante la sperimentazione Geo-BIM, è invece notevolmente più complesso, i software non possiedono strumenti adeguati, per questa ragione è necessario indicare processi alternativi.

Indice

| INTRODU | ZIONE | 1 |
|----------------|---|---------------|
| CAPITOL | 0 1.B.I.M. LO STATO DELL'ARTE | 5 |
| 1.1. LA | A DEFINIZIONE | 7 |
| 1.2. LA | METODOLOGIA B.I.M. | 8 |
| 1.3. B. | I.M. E PROGETTAZIONE IMPIANTISTICA | |
| 1.4. Co | OORDINAZIONE BIM | |
| 1.4.1. | Professionalità coinvolte | |
| 1.4.2. | Authoring Software e Tools | |
| 1.5. IN | TEROPERABILITÀ | |
| 1.6. G | EOTECNICA E B.I.M | |
| 1.6.1. | Punti di forza | |
| 1.6.2. | Criticità | |
| CAPITOL | 0 2.IL CASO STUDIO | 17 |
| 2.1. Pi | RESENTAZIONE DEL CASO STUDIO | |
| 2.2. IN | QUADRAMENTO GENERALE | |
| 2.3. Se | DFTWARE DI MODELLAZIONE | |
| 2.1. O | BIETTIVO DELL'ELABORATO | 22 |
| CAPITOL | O 3.MODELLO IMPIANTO GEOTERMICO | 23 |
| 3.1. Di | ESCRIZIONE DELL'IMPIANTO | 25 |
| 3.2. SI | ELEZIONE DEI DATI | |
| 3.3. TI | ME-LINE DI PROGETTAZIONE | |
| 3.4. M | ODELLAZIONE MEP | |
| 3.4.1. | Creazione del file di progetto e delle viste | |
| 3.4.2 | Definizione dei livelli di dettaglio | |
| 3.4.3. | Modellazione delle famiglie in Revit | |
| 3.4.4 | Codifica delle famiglie e dei tipi | |
| 3.4.5. | Abachi | |
| 3.4.6. | Browser di Sistema | |
| CAPITOL | 0 4.MODELLO IMPIANTO D'IRRIGAZIONE E RACCOLTA | A DELLE ACQUE |
| REFLUE I | DEL PARCHEGGIO | 49 |
| 4.1. Di | ESCRIZIONE DELL'IMPIANTO | 51 |
| 4.2. SE | ELEZIONE DEI DATI | 52 |

 4.2.
 SELECTIONE DEI DATI
 52

 4.3.
 TIME-LINE DI PROGETTAZIONE
 52

| 4.4. | Modi | ELLAZIONE MEP | 53 |
|------|----------------|--|----|
| 4 | 4.1. | Creazione del file di progetto e delle viste di pianta | 54 |
| 4 | <i>1.4.2</i> . | Definizione dei livelli di dettagli (LOD) | 54 |
| 4 | <i>!.4.3</i> . | Modellazione delle famiglie in Revit | 56 |
| 4 | !.4.4. | Codifica delle famiglie e dei tipi | 58 |
| 4 | 1.4.5. | Abachi | 62 |
| 4 | 1.4.6. | Browser di Sistema | 64 |

CAPITOLO 5.MODELLO IMPIANTO D'IRRIGAZIONE E RACCOLTA DELLE ACQUE REFLUE DELLA TORRE ------65

| 5.1. | DESCH | RIZIONE DELL'IMPIANTO | 67 |
|--------|--------------|--|----|
| 5.2. | Selez | IONE DEI DATI | 68 |
| 5 | 2.1. | Time-line di progettazione | 68 |
| 5.3. | Mode | ILLAZIONE MEP | 70 |
| 5 | 3.1. | Creazione del file di progetto e delle viste di pianta | 70 |
| 5 | <i>3.2</i> . | Definizione dei livelli di dettagli (LOD) | 70 |
| 5 | 3.3. | Modellazione delle famiglie in Revit | 71 |
| 5 | 3.4. | Codifica delle famiglie e dei tipi | 75 |
| 5 | 3.5. | Abachi | 79 |
| 5 | 3.1. | Browser di Sistema | 80 |
| CAPITO | OLO 6. | CLASH ANALYSIS | 81 |

| 6.1. | Mod | EL CHECKING | 83 |
|-------|--------------|--|-----------|
| 6.2. | NAVI | SWORKS | 84 |
| 6.3. | TRAS | FERIMENTO DEI DATI | 86 |
| 6.4. | CON | FROLLO DELLE QUANTITÀ | |
| 6.5. | CLAS | TH DETECTION IN NAVISWORKS | 91 |
| 6. | 5.1. | Definizione regole | |
| 6. | <i>5.2</i> . | Clash Impianto Geotermico | <i>93</i> |
| 6. | 5.3. | Clash Impianto d'irrigazione e raccolta acque IP | 95 |
| 6. | 5.4. | Clash Impianto d'irrigazione e raccolta acque IT | 96 |
| 6. | 5.1. | Criticità e punti di forza | |
| 6.6. | CLAS | TH DETECTION IN REVIT | |
| 6. | 6.1. | Criticità e punti di forza | |
| 6.7. | RISU | LTATI CLASH DETECTION | 101 |
| CAPIT | OLO 7 | 7.GEO BIM | 103 |
| 7.1. | TEST | D'INTEROPERABILITÀ | 105 |

| 7.2. | INTER | AZIONE MODELLO DEL TERRENO E IMPIANTO GEOTERMICO | 105 |
|------|-------|--|-----|
| 7.2 | 2.1. | Modello federato su Novapoint | 106 |
| 7.2 | 2.2. | Modello federato su Navisworks | 107 |

| 7. | 2.1. Mo | dello federato su Civil 3D | 109 |
|-------|------------|---|-------|
| 7. | 2.2. Mo | dello federato su Revit | 110 |
| 7.3. | GEO-REFI | ERENZIAZIONE MODELLO GEOTERMICO | 112 |
| 7. | 3.1. Pro | cedura di Geo-referenziazione | 112 |
| 7.4. | VISUALIZ | ZAZIONE DEI DATI GEOTECNICI | 114 |
| 7. | 4.1. Da | ti a servizio dell'impianto Geotermico | 114 |
| 7. | 4.2. Imj | plementazione in Novapoint | 115 |
| 7. | 4.3. imp | plementazione in Revit | 116 |
| 7.5. | INTERAZI | ONE TERRENO-IMPIANTO-SCAVO | 118 |
| 7. | 5.1. No | vapoint e i volumi di scavo | 118 |
| 7. | 5.2. Reu | vit e i volumi di scavo | 120 |
| 7.6. | RISULTAT | I GEO-BIM | 122 |
| CAPIT | OLO 8.CO | NCLUSIONI | 125 |
| 8.1. | RISULTAT | 'I E SVILUPPI FUTURI | 127 |
| CAPIT | OLO 9.AL | LEGATI | 131 |
| 9.1. | Schede I | LOG-LOI MODELLO DELL'IMPIANTO GEOTERMICO | 133 |
| 9.2. | Schede I | OG-LOI MODELLO DELL'IMPIANTO D'IRRIGAZIONE E RACCOLTA DELLE | ACQUE |
| REFL | UE DEL PAI | RCHEGGIO | 139 |
| 9.3. | Schede I | OG-LOI MODELLO DELL'IMPIANTO D'IRRIGAZIONE E RACCOLTA DELLE | ACQUE |
| REFL | UE DELLA 7 | forre | 141 |
| CAPIT | OLO 10.R | IFERIMENTI | 145 |
| 10.1. | RIFER | IMENTI | 147 |
| 10.2. | BIBLIC | OGRAFIA E SITOGRAFIA | 148 |
| 10.3 | RIFER | IMENTI NORMATIVI | 151 |

Indice delle figure

| FIGURA 1 CICLO DI VITA DI UNA COSTRUZIONE. | 7 |
|--|----|
| FIGURA 2 CAD E BIM-BASED WORK FLOW | 9 |
| FIGURA 3 SCHEMA GENERALE DELLE FASI PROGETTUALI. | 10 |
| FIGURA 4 FORMATO IFC. | |
| FIGURA 5 TORRE DELLA REGIONE PIEMONTE. | 19 |
| FIGURA 6 MODELLO DELL'IMPIANTO GEOTERMICO SITO NEGLI I.P. | 20 |
| FIGURA 7 MODELLO IMPIANTO D'IRRIGAZIONE E RACCOLTA ACQUE REFLUE DEGLI I.P. | 21 |
| FIGURA 8 MODELLO IMPIANTO D'IRRIGAZIONE E RACCOLTA ACQUE REFLUE DEGLI I.T. | 21 |
| FIGURA 9 WORK FLOW MODELLAZIONE BIM | |

| FIGURA 10 RAPPRESENTAZIONE IMPIANTO GEOTERMICO | |
|--|----|
| FIGURA 11 STRUTTURALE INTERRATI PARCHEGGIO | |
| FIGURA 12 ARCHITETTONICO INTERRATI PARCHEGGIO. | |
| FIGURA 13 SISTEMI DI TUBAZIONE | |
| FIGURA 14 VISTE DI PIANTA | |
| FIGURA 15 POZZETTO IDRAULICO 300x220. | |
| FIGURA 16 FAMIGLIA DEGLI ACCESSORI IDRAULICI ZAVORRA. | |
| FIGURA 17 FAMIGLIA CARICABILE SONDA GEOTERMICA. | |
| FIGURA 18 FAMIGLI COLLETTORE PRINCIPALE | 35 |
| FIGURA 19 FAMIGLIA CARICABILE SOTTO COLLETTORI. | |
| FIGURA 20 FAMIGLIA APPARECCHI IDRAULICI ELETTROPOMPA | |
| FIGURA 21 FAMIGLIA APPARECCHI IDRAULICI GRUPPO POLIVALENTE | |
| FIGURA 22 FAMIGLIA CARICABILE DEI PIEZOMETRI | |
| FIGURA 23 CAMPI DI NOMENCLATURA FAMIGLIA E TIPO | |
| FIGURA 24 ESEMPIO ABACO DEGLI APPARECCHI IDRAULICI | |
| FIGURA 25 CLASSIFICAZIONE NORMA UNI 8290 | |
| FIGURA 26 PROCEDIMENTO DI ASSEGNAZIONE CODICE PADRE | |
| FIGURA 27 ACQUISIZIONE PARAMETRI CONDIVISI. | |
| FIGURA 28 INTERFACCIA BIM ONE. | |
| FIGURA 29 PROPRIETÀ D'ISTANZA E TIPO | |
| FIGURA 30 BROWSER DI SISTEMA IDRONICO | |
| FIGURA 31 WORK FLOW MODELLAZIONE IRRIGAZIONE. I.P. | |
| FIGURA 32 RAPPRESENTAZIONE DELL'IMPIANTO D'IRRIGAZIONE I.P | 51 |
| FIGURA 33 SISTEMA DELLE TUBAZIONI | 53 |
| FIGURA 34 VISTE DELLA PIANTA DEI PAVIMENTI. | |
| FIGURA 35 FAMIGLIE MODELLATE IN MEP. | |
| FIGURA 36 POZZETTO IDRAULICO 1750x1450. | |
| FIGURA 37 RESTITUZIONE ELETTROVALVOLA. | |
| FIGURA 38 RESTITUZIONE IRRIGATORE. | |
| FIGURA 39 CODIFICA DELLA FAMIGLIA DEGLI APPARECCHI IDRAULICI | |
| FIGURA 40 ESEMPIO DI ABACO DEGLI APPARECCHI IDRAULICI | |
| FIGURA 41 PROPRIETÀ D'ISTANZA E TIPO | |
| FIGURA 42 BROWSER DI SISTEMA IDRONICO | |
| FIGURA 43 WORK FLOW MODELLAZIONE IRRIGAZIONE I.T. | |
| FIGURA 44 RAPPRESENTAZIONE DELL'IMPIANTO D'IRRIGAZIONE I.T | |
| FIGURA 45 SISTEMI DI TUBAZIONI IT | |
| FIGURA 46 VISTE DI PIANTA | |
| FIGURA 47 FAMIGLIE MODELLATE | |
| FIGURA 48 POZZETTO IDRAULICO 1750x1450. | |
| FIGURA 49 RESTITUZIONE MEP ELETTROVALVOLA | 73 |

| FIGURA 50 RESTITUZIONE MEP IRRIGATORE | 73 |
|--|-----|
| FIGURA 51 QUADRO DI CONTROLLO MODELLATO IN MEP | 74 |
| FIGURA 52 POMPA IDRAULICA MODELLATA IN MEP | 75 |
| FIGURA 53 CODIFICA DELLA FAMIGLIA DELL'IMPIANTO IRR I.T. | 75 |
| FIGURA 54 ESEMPIO DI ABACO DEGLI APPARECCHI IDRAULICI | 79 |
| FIGURA 55 PROPRIETÀ D'ISTANZA E DI TIPO | 80 |
| FIGURA 56 WORK FLOW CLASH NAVISWORKS | 82 |
| FIGURA 57 WORK FLOW CLASH REVIT | 82 |
| FIGURA 58 RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DEL MODEL CHECKING | 83 |
| FIGURA 59 LIVELLI DI CLASH DETECTION | 84 |
| FIGURA 60 PROCESSO TEST DI INTEROPERABILITÀ SU NAVISWORKS | 85 |
| FIGURA 61 FORMATI D'ESPORTAZIONE DEI MODELLI DA REVIT | 86 |
| FIGURA 62 ESPORTAZIONE IN FORMATO NWC | 86 |
| FIGURA 63 ESPORTAZIONE IN FORMATO IFC | 87 |
| FIGURA 64 NUMERO QUANTITÀ IMPORTATE | 88 |
| FIGURA 65 TROVA QUANTITÀ | 88 |
| FIGURA 66 ANALISI DELLE QUANTITÀ | 89 |
| FIGURA 67 EDITOR CLASH | 92 |
| FIGURA 68 ESPORTAZIONE RAPPORTO | 93 |
| FIGURA 69 SOVRAPPOSIZIONE DEI MODELLI | 94 |
| FIGURA 70 CLASH IMPIANTO GEOTERMICO | 94 |
| FIGURA 71 SOVRAPPOSIZIONE DEI MODELLI. | 95 |
| FIGURA 72 CLASH IMPIANTO IRR I.P | 95 |
| FIGURA 73 SOVRAPPOSIZIONE DEI MODELLI | 96 |
| FIGURA 74 CLASH IMPIANTO IRR IT | 97 |
| FIGURA 75 CONTROLLO INTERFERENZE IN REVIT | 98 |
| FIGURA 76 RAPPORTO D'INTERFERENZA NEL MODELLO GEOTERMICO REVIT | 99 |
| FIGURA 77 RAPPORTO D'INTERFERENZA IRR. TORRE REVIT | 99 |
| FIGURA 78 RAPPORTO INTERFERENZE IRR PARCHEGGIO REVIT | 100 |
| FIGURA 79 MODELLO DEL TERRENO | 106 |
| FIGURA 80 IMPORTAZIONE IMPIANTO GEOTERMICO | 107 |
| FIGURA 81 WORK FLOW INTEROPERABILITÀ NOVAPOINT | 107 |
| FIGURA 82 INTERAZIONE TERRENO E SONDE IN NAVISWORKS. | 108 |
| FIGURA 83 WORK FLOW INTEROPERABILITÀ NAVISWORKS | 109 |
| FIGURA 84 WORK FLOW INTEROPERABILITÀ CIVIL 3D | 109 |
| FIGURA 85 INTERAZIONE TERRENO E SONDE CIVIL 3D. | 110 |
| FIGURA 86 MODELLO DEL TERRENO REVIT | 111 |
| FIGURA 87 WORK FLOW INTEROPERABILITÀ REVIT | 111 |
| FIGURA 88 COMANDO XRIF | 113 |
| FIGURA 89 ACQUISIZIONE COORDINATE | 113 |

| FIGURA 90 ACQUISIZIONE REVIT. | |
|---|--|
| FIGURA 91 PARAMETRI GEOTECNICI. | |
| FIGURA 92 INTRODUZIONE PARAMETRI IN REVIT | |
| FIGURA 93 SUPERFICIE DI SCAVO. | |
| FIGURA 94 VOLUME DI SCAVO IN NOVAPOINT. | |
| FIGURA 95 FASI DI SCAVO | |
| FIGURA 96 SUPERFICI DI SCAVO. | |
| FIGURA 97 ABACO SCAVO TUBAZIONI. | |

Indice delle Tabelle

| TABELLA 1 SCHEDA LOG COLLETTORE | |
|---|--|
| TABELLA 2 SCHEDA LOI COLLETTORE. | |
| TABELLA 3 FAMIGLIE MODELLATE IN MEP. | |
| TABELLA 4 CODIFICA FAMIGLIE GEO. | |
| TABELLA 5 CODIFICA TIPO GEO. | |
| TABELLA 6 CAMPI ABACO. | |
| TABELLA 7 SCHEDA LOG IRRIGAZIONE PARCHEGGIO. | |
| TABELLA 8 SCHEDA LOI IRRIGAZIONE PARCHEGGIO | |
| TABELLA 9 CODIFICA IDRAULICA FAMIGLIE IRR I.P. | |
| TABELLA 10 CODIFICA ELETTRICA FAMIGLIE IRR IP | |
| TABELLA 11 CODIFICA IDRAULICA TIPO IRR I.P. | |
| TABELLA 12 CODIFICA ELETTRICA TIPO IRR I.P. | |
| TABELLA 13 CAMPI ABACO. | |
| TABELLA 14 SCHEDA LOG-LOI IRRIGAZIONE IT. | |
| TABELLA 15 CODIFICA ELETTRICA TIPO IRR I.T. | |
| TABELLA 16 CODIFICA IDRAULICA TIPO IRR I.T. | |
| TABELLA 17 CODIFICA ELETTRICA FAMIGLIE IRR I.T. | |
| TABELLA 18 CODIFICA IDRAULICA FAMIGLIE IRR I.T. | |
| TABELLA 19 QUANTITÀ REVIT. | |
| TABELLA 20 QUANTITÀ NAVISWORKS NWC | |
| TABELLA 21 QUANTITÀ NAVISWORKS IFC. | |
| TABELLA 22 CONFRONTO RISULTATI CLASH | |
| TABELLA 23 CRITERI DI RIFERIMENTO CLASH | |
| TABELLA 24 WORK FLOW INTEROPERABILITÀ | |
| TABELLA 25 CARATTERIZZAZIONE TERMICA. | |
| TABELLA 26 VOLUMI DI SCAVO REVIT | |
| TABELLA 27 CRITERI DI RIFERIMENTO GEO BIM | |



Introduzione

Il Building Information Modeling è un metodo innovativo di progettazione e gestione dell'esistente, introdotto nel campo dell'ingegneria in modo da sostenere la progettazione tradizionale.

L'applicazione della metodologia BIM al settore delle costruzioni, permette di migliorare il coordinamento tra le differenti professionalità coinvolte, e tra le informazioni di progetto. Di fatto il modello progettuale restituito in BIM, risulta più efficiente in termini di costi e tempi, e di gestione delle risorse.

Il presente elaborato di tesi, è concettualmente suddiviso in due sezioni, la prima pone l'attenzione sulla restituzione impiantistica, eseguita tramite il software di modellazione Revit, la seconda intende testare, l'interoperabilità tra software in modo da indagare i campi d'applicazione dei modelli prodotti ed evidenziarne punti di forza e criticità.

Al fine di mettere in pratica quanto appena introdotto, è stato utilizzato un caso studio reale, quello della Torre della Regione Piemonte. Partendo da file CAD 2D sono stati redatti tre modelli informati impiantistici di tipo idraulico:

- L'impianto Geotermico sito negli interrati del parcheggio Torre;
- L'impianto d'irrigazione e raccolta delle acque reflue sito lungo la copertura del parcheggio Torre;
- L'impianto d'irrigazione e raccolta delle acque reflue sito lungo la copertura degli interrati della Torre e lungo la coorte interna.

La modellazione in ambiente BIM, è stata realizzata prestando attenzione alle linee guida, fornite dal coordinatore BIM per l'intero progetto della Torre. Tutte le istanze sono state modellate con rigide regole di codifica degli elementi, facendo riferimento a parametri di progetto condivisi, in modo da produrre modelli coerenti e coordinati tra loro. Gli elaborati così prodotti si compongono di abachi tavole e tabelle tramite cui, è possibile visualizzare i dettagli e le informazioni introdotte a completamento della modellazione geometrica. I tre Modelli MEP a modellazione ultimata, sono stati utilizzati nell'implementazione del modello federato multidisciplinare della Torre, insieme ai rispettivi modelli architettonici e strutturali esistenti.

L'obiettivo dei test d'interoperabilità eseguiti, è stato invece, quello valutare le potenzialità di diversi programmi e vagliare le varie tipologie di formato che hanno permesso, di esportare e importare i dati prodotti su diverse piattaforme. Nell'ambito dell'interoperabilità, sono stati analizzati due campi di sperimentazione distinti, uno tipicamente BIM volto all'analisi delle strutture ed uno Geo-BIM, in modo da valutare una possibile interazione tra il modello dell'impianto geotermico e il modello del terreno.

In particolare, il primo ambito di ricerca testato, è quello relativo all'analisi di Clash Detection, che ha permesso di individuare in modo rapido e dettagliato le collisioni, tra le istanze di un singolo modello, e tra gli elementi modellati in differenti discipline, come quelli dei modelli architettonici e strutturali esistenti. L'analisi delle interferenze è stata condotta utilizzando due software differenti Revit e Navisworks entrambi appartenenti alla famiglia Autodesk. L'attività preliminare, all'analisi vera è propria, ha interessato il controllo delle quantità esportate e la verifica della loro completezza, in modo da rintracciare eventuali perdite d'informazione.

Come accennato, il secondo campo esaminato è quello Geo-BIM, in cui il modello del terreno già esistente, fornito nel formato Quadri Model è stato aperto per mezzo del software Novapoint, ed è stato possibile implementato con i dati a servizio dell'impianto Geotermico. L'obiettivo in questo secondo caso è stato quello di provare a fare interagire il modello del terreno e quello dell'impianto Geotermico. Il modello del terreno è stato successivamente esportato in diversi formati utilizzando diversi plugins che hanno reso possibile, lo scambio di dati in entrate e uscita dai diversi software impiegati. Tramite Civil 3D, è stata eseguita la georeferenziazione dell'impianto geotermico necessaria per collocare l'impianto all'interno del terreno.

In fine ne è stato valutato il volume di scavo e riporto, sia utilizzando Novapoint che Revit, in modo da confrontarne due le procedure.

È emerso che i software esaminati, siano stati programmati principalmente, per operare in ambiente BIM. Infatti il controllo delle interferenze è stato eseguito con adeguati tools e specifici drives. Il discorso si è complicato, nel caso della sperimentazione Geo-BIM. Infatti, non sono ancora, stati prodotti dalle software house, programmi con strumenti idonei alle operazioni d'interesse geotecnico, che sono state eseguite ricorrendo a percorsi sostitutivi.

È importante, portare l'interazione tra metodologia BIM l'ingegneria civile e la Geotecnica al pari delle altre discipline, in modo da realizzare progetti, con una visione d'insieme più ampia, garantendo a tutti gli specialisti, di lavorare a modelli chiari e ricchi d'informazioni, utili sia in fase di progettazione che in quelle di gestione del costruito.

Capitolo 1. B.I.M. Lo stato dell'arte



1.1. La definizione

Il processo BIM esprime un metodo di progettazione che permette di coordinare in modo efficace, sia le fasi costruttive che caratterizzano il ciclo di vita di un'opera (Figura 1) che il lavoro prodotto da ciascuna professionalità chiamata in causa all'interno del progetto.



Figura 1 Ciclo di vita di una costruzione. Elaborazione originale dell'autore

"Rappresentazione digitale delle caratteristiche fisiche e funzionali di una struttura che crea una risorsa di conoscenza condivisa per informazioni sulla struttura stessa ed una base affidabile per tutte le decisioni durante il suo ciclo di vita dall'ideazione iniziale alla demolizione" [1].

Quelle sopra citate, sono due tra le definizioni di BIM più diffuse in letteratura che descrivono in modo completo questa metodologia.

Il BIM si serve di un modello tridimensionale informato in cui far confluire, tutti i documenti di progetto e permette di eseguire azioni di coordinamento tra differenti discipline e azioni di simulazione. Quest'ultime, sfruttano l'interoperabilità tra software, consentendo di valutare in anticipo, rischi e conseguenze di eventuali scelte progettuali, ottimizzando tempi e costi.

1.2. La metodologia B.I.M.

Con il Building Information Modeling si introduce nel campo della progettazione un nuovo metodo che ha come obiettivo finale, quello di rendere il più funzionali e aggiornate possibili le tecniche utilizzate tradizionalmente.

La prassi a cui ci si è attenuti per anni prevedeva, di abbinare alle differenti fasi progettuali, la produzione di elaborati CAD.

Questo iter, produce disegni sconnessi l'uno dall'altro, ciascuna tavola progettuale, ad esempio, viene disegnata in modo autonomo dalle altre. Qualora nascesse l'esigenza di dover apportare delle correzioni in tali elaborati, queste andrebbero inserite manualmente ed aggiornate in ciascuna vista di progetto. Nasce quindi un problema di coordinazione tra file che si complica in modo ulteriore, negli ambienti di lavoro composti da team con differenti professionalità.

La coordinazione BIM, dal punto di vista geometrico, fa sì che all'interno di un modello parametrico 3D, le modifiche apportate ad una generica vista di pianta di sezione o di prospetto si possano automaticamente individuare in tutte le altre.

"Una procedura ottimizzata per la pianificazione, realizzazione e gestione di costruzioni tramite l'ausilio di software dedicati alla modellazione digitale tridimensionale" [2].

Lo schema di (Figura 2) descrive in modo chiaro e immediato, l'idea che differenzia i due tipi di approccio alla progettazione introdotti CAD-Project BIM-Project.

Il progetto restituito in BIM, non si limita alla sola rappresentazione grafica tridimensionale. La restituzione geometrica, di ciascun elemento modellato denominato istanza, è combinata con un'attività di codifica. Quest'ultima operazione, è sempre preceduta dalla raccolta dei dati progettuali, da selezionare e annettere al modello informato.



Figura 2 CAD e BIM-based work flow FONTE: L. Kirby, E. Krygiel, M. Kim, Mastering Autodesk Revit 2018, Sybex A Wiley Brand [Ultima consultazione 26-06-2021].

L'operazione di codifica, viene eseguita facendo riferimento a delle regole, enunciate all'interno delle linee guida progettuali, in modo che tutti i modelli appartenenti allo stesso progetto, possiedano lo stesso linguaggio parametrico. L'obiettivo finale è quello di ottenere un unico file, con indicazioni utili all'intero ciclo vitale dell'opera progettata.

Il concetto di dinamicità è fondamentale all'interno del metodo BIM poiché i modelli possono sempre essere aggiornati. Gli attori coinvolti ad esempio, possono accedere al modello centrale e in relazione alle proprie competenze, aggiungervi nuove informazioni, o apportare eventuali correzione, in qualsiasi momento.

Le informazioni parametriche inserite all'interno del modello BIM, rappresentano delle piccole tessere di un puzzle, che combinate tra loro permettono di ottenere una visione più ampia dell'intero progetto. L'immagine di (Figura 3) attraverso lo schema generale delle fasi progettuali, individua le principali informazioni attribuite al modello dinamico.

| Attori e discipline coinvolti | Ideazione dell'opera |
|---|---|
| | Concept |
| Architettonica, strutturale, impiantistica | Rappresentazione geometrica |
| BD Rendering Tridimensionale | 4D Analisi della durata 5D Analisi dei costi |
| ت Buildin 7D Gestione del costruito | B.I.M. Ig Information Modeling 6D valutazione della |
| Progetto dettegliato | sostenibilità |
| Materiali Struttura portante Caratteristiche termiche Impianti Costi Sicurezza | Cantierizzazione Controllo avanzamento lavori Attivitàdi manutenzione |
| Ciclo | di vita • Demolizione • Dismissione • Attività di rinnovo |

Figura 3 Schema generale delle fasi progettuali. Elaborazione originale dell'autore.

1.3. B.I.M. e Progettazione Impiantistica

Il metodo BIM può essere applicato anche alla progettazione degli impianti, descritta ricorrendo all'acronimo MEP di Mechanical, Electrical and Plumbing. Il vantaggio di lavorare ad un modello MEP, è legato alla capacità di visualizzarlo all'interno di un modello architettonico e strutturale, già a partire dalle prime fasi di progettazione. Questa prerogativa, unita ad un alto livello di dettaglio, fa sì che il progettista possa valutare tempestivamente, ipotetiche criticità, come eventuali interferenze, tra le diverse componenti di un'opera architettonica.

1.4. Coordinazione BIM

Coordinazione e cooperazione, rappresentano i due concetti fondamentali per il metodo BIM, per questa ragione è fondamentale applicarli al progetto, sia in termini di file prodotti, che devono essere coordinati tra loro, che in termini di esperti coinvolti nella progettazione.

1.4.1. Professionalità coinvolte

La figura professionale a cui viene affidato il compito di gestire e coordinare tutto processo BIM è quella del **Project Manager**, che si avvale di un **BIM Coordinator**, per la scelta degli esperti da coinvolgere nel progetto. Quest'ultimo assegna, a ciascun professionista **BIM Specialist**, il compito di produrre elaborati e documenti progettuali, in funzione della disciplina di competenza. A lavoro ultimato, i singoli modelli redatti per disciplina, confluiscono all'interno di un unico modello, denominato **Modello Federato**.

Il Project Manager con l'aiuto del team di cui si avvale, ha la facoltà di segnalare eventuali criticità. Ciascuna modifica, deve però essere eseguita, dai singoli professionisti, in funzione delle proprie competenze.

La procedura appena descritta, garantisce che il progetto finale, risulti il più corretto possibile.

1.4.2. Authoring Software e Tools

I **BIM Authoring Software** e i **BIM Tools** rappresentano le due macro categorie di cui si avvale la progettazione BIM:

- BIM Authoring Software, permettono di eseguire la modellazione 3D geometrica e parametrica;
- BIM Tools, sono strumenti che vengono utilizzati, in modo da attribuire un'applicazione pratica al modello 3D, con l'obiettivo di ottimizzare l'iter progettuale.

1.5. Interoperabilità

Applicare il metodo BIM rappresenta una valida soluzione a patto che, tutti gli esperti coinvolti nella progettazione, riescano a scambiarsi informazioni e coordinarsi tra loro, in modo semplice e rapido. Nel passaggio da una piattaforma software all'altra è necessario che non vi sia una considerevole perdita, né di dati geometrici né quelli parametrici. Per questa ragione, viene introdotto un ulteriore concetto quello d'interoperabilità che rappresenta, la capacità d'interazione tra modelli. Tra le prime definizioni di interoperabilità va menzionata, quella introdotta dal decreto legislativo del 18 aprile 2016 n°50, in cui al comma uno dell'articolo 4 si offre la seguente definizione:

"I dati sono connessi a modelli multidimensionali orientati a oggetti [...] e devono essere richiamabili in qualunque fase e da ogni attore durante il processo di progettazione, costruzione e gestione dell'intervento secondo formati digitali aperti e non proprietari, normati [...] a livello nazionale o internazionale e controllati nella loro evoluzione tecnica da organismi indipendenti" [3].

Di conseguenza l'interoperabilità può essere garantita applicando diverse soluzioni quali:

- Utilizzo di un unico software;
- Scelta di specifici formati;
- Open BIM.

Le prime due tecniche, contrastano l'insorgenza di eventuali problemi di incompatibilità tra file, tramite la creazione di un ambiente di lavoro chiuso definito in linguaggio tecnico proprietario. Modellare in questo tipo di ambiente implica l'utilizzo di un unico software, per la creazione del modello federato, o in alternativa, la possibilità di utilizzare specifici formati come:

- DWG (formato della casa Autodesk utilizzato disegno 2D);
- RFA (formato in cui vengono create le famiglie tramite Revit);
- RVT (formato Revit di modelli parametrici);
- NWC (formato per comunicare tra Revit e Naviswork).

L'interoperabilità in questo caso è garantita da accordi stipulati tra case produttrici.



Figura 4 Formato IFC.

FONTE: https://medium.com/blaze-academy/what-is-bim-c979dbec9596 [ultima consultazione il 25/06/2021]

Diversamente dalle prime, la terza soluzione permette di lavorare in un sistema aperto. Il formato che lo rende possibile è l'Industry Foundation Classes o IFC (Figura 4), definito tramite standard internazionale "ISO 16739 2013" e normato, dalla legge "UNI EN ISO 16739 2016" per la condivisione dei dati nel settore delle costruzioni e degli impianti, aggiornata dalla UNI EN ISO 16739-1 2020.

"L'IFC rappresenta uno standard internazionale aperto per i dati BIM che sono scambiati e condivisi tra applicazioni software utilizzate dai diversi partecipanti nell'industria delle costruzioni o del facility management" [4].

Di conseguenza il formato IFC. in quanto formato aperto, permette di gestire lo scambio d'informazioni in un ambiente non proprietario, facilitando il processo d'interoperabilità.

1.6. Geotecnica e B.I.M.

La geotecnica è una disciplina che permette di indagare il comportamento del suolo, modellandolo dal punto di vista ingegneristico.

Integrare il metodo BIM alla geotecnica permette, di ricostruire la stratigrafia di un suolo e studiarne l'interazione con le strutture. Queste operazioni conducono ad una visione più completa dell'opera, in cui è possibile collocare virtualmente il modello progettuale all'interno del modello del terreno, ottenuto a seguito d'indagini di caratterizzazione, è studiandone gli eventuali scenari tramite operazioni di simulazione.

1.6.1. Punti di forza

Tra i principali vantaggi nati dell'interazione tra BIM e Geotecnica, va citata l'ottimizzazione nella gestione dei dati. Quest'ultimi si ricavano tramite indagini geotecniche. Il procedimento GEO-BIM in tal senso, permette di identificare in modo rapido le aree già esaminate e di pianificare, future campagne di caratterizzazione. Al completamento di tali attività, i dati geotecnici a disposizione, saranno introdotti nel modello del terreno che risulta così completo e organizzato.

A titolo d'esempio si riportano solo alcune tra le informazioni, con cui il modello del terreno può essere implementato:

- Stratigrafia;
- Volumetria:
- Quote di falda;
- Informazioni termiche del sottosuolo.

1.6.2. Criticità

L'interazione tra modello informato del terreno e modello progettuale, impiantistico o architettonico, non è semplice. Le criticità maggiori vanno rintracciate nella gestione dei dati che vengono spesso forniti, in differenti formati non sempre compatibili tra loro. Per evitare di perdere informazioni importanti è necessario eseguire un'operazione di digitalizzazione dei dati in modo da utilizzare formati leggibili dai i software coinvolti nel processo d'interoperabilità. Un ulteriore criticità, è quella legata alla mole di pubblicazioni scientifiche, che trattano dell'interazione tra la Geotecnica e il BIM che risulta piuttosto limitata.

B.I.M. Lo stato dell'arte

Capitolo 2. Il caso studio



2.1. Presentazione del caso studio

La Torre della Regione Piemonte rappresentata in (Figura 5), rappresenta il caso studio reale, tramite il quale è stata condotta la modellazione BIM e la sperimentazione dell'interoperabilità, trattata dal seguente elaborato di Tesi.

L'opera è sita nel comune di Torino ed è stato costruito nell'ambito di un piano di riqualificazione urbana dell'area "Ex Fiat Avio", curato dell'architetto Massimiliano Fuksas. [5]

Tra le curiosità storiche che accompagnano la realizzazione del progetto, vi è quella di un vincolo normativo che impediva, all'interno del comune di Torino, di costruire edifici che superassero in elevazione la Mole Antonelliana. Alla luce di quanto appena detto, non sarebbe stato possibile costruirla così come la vediamo oggi, dal momento che il progetto originario collocava la Torre, in un'area centrale del comune di Torino tra Corso Mediterraneo, Corso Lione e via Mauri. La combinazione tra diversi fattori quali l'approvazione di una variante al piano regolatore comunale, il cambio di collocazione e le numerose varianti progettuali, hanno fatto sì che l'opera divenisse uno tra i grattacieli più alti in Italia, caratterizzato da 205 metri di altezza, 42 piani fuori terra e 2 piani interrati. Il caso studio si presenta come un'opera complessa, composta da diversi edifici, ciascuno dei quali è stato ideato in modo da assolvere ad esigenze funzioni differenti.

Figura 5 Torre della Regione Piemonte. Fonte:https://fuksas.com/new-headquarters-regione-piemonte/ [ultima consultazione il 25/06/2021] Dal punto di vista strutturale, al centro del progetto è posto l'edifico principale quello della Torre realizzato in vetro e cemento armato, contornato dall'edificio del Cortile interrato, quello del Centro servizi ed in fine dal Parcheggio [6].

2.2. Inquadramento generale

Il seguente elaborato di Tesi concentra il lavoro di modellazione su due degli edifici appartenenti al progetto Torre della Regione Piemonte il parcheggio e gli interrati della Torre. Nel dettaglio sono stati modellati tre impianti appartenenti a due tipologie idrico sanitarie differenti:

- L'impianto Geotermico, rappresentato nella tavola di (Figura 6), sito negli interrati del parcheggio Torre ;
- L'impianto d'irrigazione e raccolta delle acque reflue rappresentato nella tavola di (Figura 7), sito lungo la copertura del parcheggio Torre;
- L'impianto d'irrigazione e raccolta delle acque reflue rappresentato nella tavola di (Figura 8), sito lungo la copertura degli interrati della Torre e lungo la coorte interna.



Figura 6 Modello dell'impianto geotermico sito negli I.P. Estratto da elaborato personale Revit.


Figura 7 Modello impianto d'irrigazione e raccolta acque reflue degli I.P. Estratto da elaborato personale Revit.



Figura 8 Modello impianto d'irrigazione e raccolta acque reflue degli I.T. Estratto da elaborato personale Revit.

L'assegnazione di tale caso studio è legata al fatto che il team di Drawing TO the future, gruppo di ricerca del laboratorio del Politecnico di Torino, ha ricevuto l'incarico di convertire la produzione CAD con una rappresentazione in ambiente BIM, dell'intero progetto, con il proposito di rendere più accessibili le operazioni di gestione del costruito.

2.3. Software di Modellazione

Revit è il software di modellazione BIM, appartenente alla famiglia Autodesk, scelto per eseguire la restituzione geometrica e parametrica, dei tre impianti introdotti al capitolo precedente. In particolare è stata utilizzata, la sezione di modellazione MEP, relativa al settore degli impianti elettrici, idraulici e meccanici. La peculiarità del software è quella di riuscire ad ottenere un modello Federato che permetta di gestire in un unico file, tutti i lavori prodotti nell'ambito di differenti discipline, al fine di visualizzare il progetto in esame, in modo completo. Nell'esecuzione dell'elaborato di tesi, è stata utilizzata la versione di Revit del 2019, cercando di evitare l'insorgenza di conflitti nella fase interdisciplinare tra i modelli finale. di coordinazione della Torre precedentemente prodotti.

2.1. Obiettivo dell'elaborato

Come già accennato l'obiettivo dell'elaborato di Tesi è quello di produrre tre modelli informati, relativi agli impianti idraulici introdotti al paragrafo precedente (2.2), prestando particolare attenzione alle rigide norme di codifica relative alle singole istanze progettuali. Al termine di questa operazione si procederà alla sperimentazione de test d'interoperabilità. In particolare verranno indagati due BIM uses differenti, uno relativo al controllo delle interferenze, servendosi dell'analisi di Clash Detection ed uno relativo all'area Geo-BIM. Capitolo 3. Modello Impianto geotermico

Restituzione B.I.M.



Figura 9 Work flow Modellazione BIM Elaborazione originale dell'autore.

3.1. Descrizione dell'impianto

L'impianto geotermico comprende un campo sonde (Figura 10), composto da centocinquanta sonde verticali, del tipo a U, ognuna di esse lunga 150m. Le tubazioni con cui sono state realizzate, sono costituite da polietilene PE100 Pn 16, sia per la mandata che per il ritorno, hanno un diametro esterno di 40 mm e sono raccordate in sommità, tramite connessioni elettrosaldate a Y. Ciascuna sonda, comunica all'interno di un sistema chiuso, tramite dei collegamenti orizzontali a una coppia di collettori principali, posizionati in pozzetti interrati, che a loro volta sono connessi alla centrale termofrigorifera.



Figura 10 Rappresentazione Impianto Geotermico Estratto da elaborato personale Revit.

Il campo sonde è diviso in sei lotti, contenenti ciascuno ventisei sonde, ogni lotto comprende un pozzetto in cui sono alloggiate due coppie di collettori secondari da dieci e sedici uscite, sia per la mandata che per il ritorno. I collegamenti sonda-collettore sono garantiti dalla presenza di tubazioni in polietilene PE100 Pn 16 dal diametro esterno di 40 mm. Ogni copia di collettori secondari, è a sua volta connessa ai due collettori principali, uno per la mandata e uno per il ritorno, tramite tubazioni dal diametro esterno di 110mm, che costituiscono la dorsale collettrice principale [7].

I due collettori principali sono dotati di sei uscite e per mezzo di tubazioni, con stesso diametro della dorsale principale, raggiungono due gruppi polivalenti e una elettropompa, chiudendo così l'intero sistema.

3.2. Selezione dei dati

La fase preparatoria al processo di modellazione, consiste nel reperire e raccogliere tutte le informazioni necessarie alla comprensione dell'impianto da modellare, in modo da creare un modello digitale che sia il più fedele possibile alla realtà.

Nel caso in esame, l'impianto geotermico della Torre della Regione Piemonte, i dati analizzati e controllati sono stati forniti dalla regione stessa, in formato PDF e CAD. Le relazioni tecniche in formato PDF, hanno permesso di comprendere il meccanismo funzionale del sistema e sono state complementari, dei file CAD, utili ai fini della modellazione geometrica dell'impianto. Un ulteriore categoria di file utilizzati è quella dei file rvt. In particolare il file del modello strutturale (Figura 11) e del modello architettonico (Figura 12), del parcheggio della torre.



Figura 11 Strutturale Interrati Parcheggio. Estratto da elaborato personale Revit.



Figura 12 Architettonico Interrati Parcheggio. Estratto da elaborato personale Revit.

Tramite l'introduzione di quest'ultimi all'interno del file di progetto MEP, come modelli di collegamento, è stato possibile, collocare ogni singola tubazione alla quota stabilita nel progetto, evitando così di creare conflitti con altri elementi.

3.3. Time-line di progettazione

L'impianto Geotermico della torre è stato restituito in BIM, partendo dalla modellazione delle famiglie caricabili. Una volta selezionati i dati a disposizione, è stato eseguito uno studio per risalire al funzionamento dell'impianto, prestando particolare attenzione al ruolo gerarchico ricoperto da ogni istanza. L'impianto geotermico in esame, appartiene ad un circuito chiuso. Nel quale sono stati individuati due sistemi idricosanitari (Figura 13):

- Mandata sistema idronico;
- Ritorno sistema idronico.



Figura 13 Sistemi di tubazione. Estratto da elaborato personale Revit.

Al fine di ottenere una visualizzazione corretta e ordinata dei due sistemi, all'interno del browser di sistema Revit. La regola seguita nella modellazione è stata quella di fissare un percorso gerarchico e iniziare a modellare partendo dal gradino più basso.

Gli elementi di partenza sono i terminali, in questo caso i 150 scambiatori di calore con il terreno, rappresentati dalle sonde geotermiche. Successivamente sono stati modellati i collettori secondari da sedici e dieci uscite, sia per la mandata che per il ritorno, connessi a loro volta, ai collettori principali da sei uscite, che a chiusura del circuito si riconnettono agli apparecchi idraulici. Quest'ultimi constano di due gruppi polivalenti e di un'elettropompa, che occupa la posizione al vertice della scala gerarchica.

3.4. Modellazione MEP

La modellazione MEP è stata realizzata, eseguendo in successione le seguenti attività:

- Creazione del file di progetto e delle viste di pianta;
- Definizione dei livelli di dettaglio;
- Modellazione delle famiglie in Revit;
- Codifica delle famiglie e dei tipi;
- Organizzazione del Browser di Sistema.

3.4.1. Creazione del file di progetto e delle viste

Il file di partenza è un file vuoto che va settato, scegliendo a quale disciplina appartiene il progetto che si andrà a modellare. Nel caso in esame è stata scelta la disciplina meccanica. Successivamente, è stato linkato il file architettonico degli interrati del parcheggio, con lo scopo di rendere possibile il coordinamento multidisciplinare e in accordo con linee guida, il tipo di riferimento scelto nella gestione del link è stato quello di associazione.

Nell' importazione del file sono state condivise le coordinate, in modo che i riferimenti spaziali tra i modelli federati fossero coincidenti. [8]

Il software Revit lavora per livelli, per questa ragione a partire dal file architettonico, sono stati importati nel progetto MEP i livelli interessati dall'impianto geotermico. Successivamente sono state create, le piante relative alla viste dei pavimenti, in corrispondenza di ogni livello creato (Figura 14). In questa operazione, è importante segnare la disciplina in cui si è scelto di modellare l'impianto, per riuscire a visualizzare la vista creata, nello specifico quella idraulica.



Figura 14 Viste di pianta. Estratto da elaborato personale Revit.

Una volta settato il file di lavoro, nei piani occupati dall'impianto geotermico, sono stati importati i file CAD, utili a ricostruire l'esatto posizionamento di ogni istanza.

3.4.2. Definizione dei livelli di dettaglio

Una caratteristica della progettazione BIM, è quella di unire alla modellazione geometrica quella parametrica, tutto ciò implica che all'interno di un progetto vengano convogliate una quantità di dati e d'informazioni molto alta. È per questa ragione che nasce la necessità di definire il livello di dettaglio da utilizzare nella caratterizzazione di ogni istanza.

Dal punto di vista normativo la classificazione del LOD è normata tramite la "UNI 11337" del 2017, che introduce sette livelli di dettaglio che partono, dal LOD.A culminando nel il LOD.G, tale norma introduce un distinguo tra gli acronimi LOD, LOG e LOI, che indicano rispettivamente:

- LOD: Livello di sviluppo degli oggetti digitali;
- LOG: Livello di sviluppo degli oggetti intesi come degli attributi geometrici;
- LOI: Livello di sviluppo degli oggetti intesi come deli attributi informativi.

Come sopra accennato, il livello di dettaglio viene quindi definito tramite una classifica ordinata in modo ascendente, nella quale al primo livello troveremo il LOD A il più semplice, in questa categoria, le entità vengono rappresentate in modo simbolico, cioè indicativo facendo riferimento alla forma e al volume.

Il LOD G rappresenta invece l'ultimo grado, per questa ragione il più completo, le istanze modellate con tale livello di dettaglio contengo sia informazioni geometriche che informazioni relative alla sfera temporale, per tale ragione viene definito livello aggiornato [9].

Il livello di dettaglio a cui bisogna attenersi nel corso della modellazione è legato alle scelte progettuali del BIM Manager e alle fasi progettuali.

Se il progetto è già stato realizzato e bisogna creare un modello informato al fine di migliorare le operazioni di facilities management, si opterà per un livello elevato e ricco d'informazioni, viceversa il LOD A è preferibile nelle fasi preparatorie in cui non si dispone di molte informazioni.

Nell'ambito della modellazione eseguita nell'elaborato, il livello di dettaglio di riferimento è LOD C, per cui ogni entità è visualizzata graficamente tenendo conto dell'ingombro geometrico che ricopre nella realtà e in via generica, le sono state attribuite delle caratteristiche quantitative e qualitative. A seguire, in (Tabella 1) e (Tabella 2), sono state inserite le caratteristiche LOG E LOI di uno dei collettori modellati nel progetto, in modo da chiarire quali siano le caratteristiche qualitative e qualitative e qualitative.

| | Dissipling | Nome oggetto | TRP_IP_GEO_CM_10 |
|-----|----------------------------|----------------------------------|---|
| | Disciplina | Tipologia di famiglia | Caricabile |
| | Idricosanitario | Livello di sviluppo Raggiunto | с |
| | Livello di visualizzazione | Descrizione visualizzazione | Rappresentazione grafica |
| | Basso | Elemento 2D | And |
| LOG | Medio | Elemento 3D approssimato | ALL LAND |
| | Aito | Elemento 3D definito | |

Tabella 1 Scheda LOG Collettore . Elaborazione originale dell'autore.

| | Parametro | Codice parametro | | | | |
|-----|------------------------------|-------------------------------------|--|--|--|--|
| | Progetto | TRP | | | | |
| | Edificio | IP | | | | |
| | Classi di unità tecnologiche | 5 | | | | |
| | Unità tecnologiche | 5.1 | | | | |
| | Classi di elementi tecnici | 5.1.4 | | | | |
| LOI | Codice MasterFormat | 23 21 16 | | | | |
| | Titolo MasterFormat | Hydronic Piping Specialties | | | | |
| | Codice Categoria | AI | | | | |
| | Identificativo | TRP_IP_GEO_CM_10_LI02_006.88_00004 | | | | |
| | Codice Padre | TRP_IP_GEO_ CM_06_LI02_006.88_00004 | | | | |
| | Codice esistente | ND | | | | |
| | Affidabilità | 2 | | | | |
| | Codice Famiglia | CM_10 | | | | |

Tabella 2 Scheda LOI Collettore. Elaborazione originale dell'autore.

In allegato saranno inserite le schede LOG LOI, realizzate per ciascuna categoria modellata.

3.4.3. Modellazione delle famiglie in Revit

In Revit ogni oggetto da modellare, viene sottoposto ad una codifica. Ciò implica che un qualsiasi elemento modellato, appartenga ad un magro gruppo denominato **categoria**, partizionato in diverse **famiglie** che a loro volta, vengono suddivise in **tipi** differenti.

Le categorie modellate nell'impianto geotermico sono quattro:

- La categoria delle tubazioni;
- La categoria dei raccordi di tubazione;
- La categoria degli apparecchi idraulici;
- La categoria degli accessori delle tubazioni.

Come introdotto ogni categoria contiene differenti famiglie, che possono essere classificate come **famiglie di sistema** qualora le istanze siano predefinite dal programma e non possano essere create dal singolo utente, un esempio è il caso delle tubazioni o dei raccordi di tubazione; in caso contrario si parlerà di **famiglie caricabili**, create in formato .rfa e successivamente inserite all'interno di un progetto. Le famiglie caricabili permettono di modellare oggetti specifici ai fini della restituzione se questi non sono presenti nella libreria di cui il software è dotato. La seguente tabella indica le famiglie modellate per l'impianto Geotermico (Tabella 3):



Tabella 3 Famiglie Modellate in MEP. Elaborazione originale dell'autore.

Pozzetti

Le prime famiglie ad essere state modellate, sono state quelle dei pozzetti idraulici (Figura 15), appartenenti alle famiglie caricabili e alla categoria, dei modelli metrici generici, di cui ne sono state definite dimensioni volumetria e materiali. Successivamente sono state caricate nel modello architettonico degli interrati del parcheggio, prestando attenzione alla loro esatta collocazione.



Figura 15 Pozzetto idraulico 300x220. Estratto da elaborato personale Revit.

Zavorre

Ogni sonda geotermica è dotata di una zavorra, un elemento che ha lo scopo di mantenere in posizione lo scambiatore, nel corso della sua posa in opera.

Le zavorre (Figura 16) caricate nel progetto, appartengono alla categoria dei modelli metrici generici, ne sono state definite dimensioni volumetria e materiali.



Figura 16 Famiglia degli Accessori Idraulici Zavorra. Estratto da elaborato personale Revit.

Sonde geotermiche verticali

Ogni sonda verticale (Figura 17) è di tipo a U ed è lunga 150m. Le tubazioni con cui sono state realizzate, sono costituite da polietilene PE100 Pn 16, sia per la mandata che per il ritorno, hanno un diametro esterno di 40 mm, e vengono raccordate in sommità tramite raccordi elettrosaldati a Y.



Figura 17 Famiglia Caricabile Sonda Geotermica. Estratto da elaborato personale Revit.

Inizialmente era stato modellato come famiglia caricabile, soltanto il raccordo a Y, connesso alle tubazioni all'interno del file di progetto MEP, al fine di riprodurre la sonda. Questa soluzione è stata abbandonata nella fase di organizzazione del browser di sistema, perché nascevano molte criticità nell'attribuzione del sistema d'appartenenza. La soluzione ottimale è stata quella di creare un'unica famiglia caricabile sonda, identificandola come terminale.

Collettori

I collettori a sei uscite (Figura 18) costituiscono i due collettori principali, questi due oggetti sono stati modellati come elementi appartenenti alla categoria degli **Apparecchi idraulici**, e sono state create due famiglie, una per il collettore di mandata ed una per il collettore di ritorno benché avessero la stessa geometria. Questa scelta è stata dettata dalla necessità, di dover inserire per ogni entrata del collettore un elemento di connessione, al fine di poterlo poi inserire nel progetto MEP e collegarlo analiticamente. Per ogni elemento di connessione è stata definita la direzione del flusso, se questo fosse entrante o uscente dal collettore, e il tipo di sistema d'appartenenza, in questo caso mandata o ritorno.



Figura 18 Famigli Collettore Principale. Estratto da elaborato personale Revit.

Lo stesso discorso fatto per i due collettori principali, è valido per i ventiquattro collettori secondari (Figura 19), sei con dieci uscite e sei con sedici uscite, complessivamente dodici per la mandata e dodici per il ritorno, alloggiati nei sei pozzetti interrati lungo la dorsale collettrice principale.



Figura 19 Famiglia Caricabile Sotto Collettori. Estratto da elaborato personale Revit.

<u>Elettropompa</u>

L'elettropompa ad asse orizzontale con giunto normalizzato (Figura 20) nel modello MEP rappresenta la sorgente del sistema geotermico. È stata modellata con un basso livello di dettaglio considerando l'ingombro geometrico e le connessioni necessari per l'inserimento delle tubazioni.



Figura 20 Famiglia Apparecchi Idraulici Elettropompa. Estratto da elaborato personale Revit.

<u>Gruppo polivalente</u>

Il gruppo polivalente acqua-acqua (Figura 21), ha potenza assorbita pari a 560 kw. È stato modellato con un basso livello di dettaglio considerando l'ingombro geometrico e le connessioni necessari per l'inserimento delle tubazioni.



Figura 21 Famiglia Apparecchi Idraulici Gruppo Polivalente. Estratto da elaborato personale Revit.

Piezometro

I piezometri sono strumenti di misurazione a servizio dell'impianto geotermico, necessari per verificare il livello di falda. Questi sono stati modellati tenendo conto delle indicazioni presenti negli elaborati CAD.

Anche in questo caso il livello di dettaglio è medio. La parametrizzazione della famiglia del piezometro è definita in (Figura 22).

| Proprietà | x | 🕆 Fronte | 8 8 |
|---------------------------------|------------------------|------------|--|
| R | | \bigcirc | |
| Apparecchi idraulici (1) | ✓ I Modifica tipo | | |
| Vincoli | * | | to Stra |
| Fine estrusione | 25000.0 | | ta a la constance de la consta |
| Inizio estrusione | 0.0 | | , <i>"</i> |
| Piano di lavoro | Livello : Livello rif. | | i i i i i i i i i i i i i i i i i i i |
| Grafica | * | | 5 |
| Visibile | | | , i i i i i i i i i i i i i i i i i i i |
| Sostituzioni visibilità/grafica | Modifica | | gi gi |
| Materiali e finiture | * | | 8 |
| Materiale | Acciaio | | i š |
| Dati identità | \$ | | |
| Sottocategoria | <nessuno></nessuno> | | ž I |
| Solido/Vuoto | Solido | | |
| | | | Athen a second a se |

Figura 22 Famiglia Caricabile dei Piezometri. Estratto da elaborato personale Revit.

3.4.4. Codifica delle famiglie e dei tipi

La codifica delle famiglie e dei tipi, è un procedimento necessario al fine di standardizzare gli elaborati prodotti all'interno di un progetto, in modo da semplificare le azioni di coordinamento e promuovere l'uso di un linguaggio tecnico. Questo concetto si traduce concretamente nell'applicazione di una regola sulla nomenclatura (Figura 23):



Figura 23 Campi di nomenclatura Famiglia e Tipo. Elaborazione originale dell'autore ed estratto da elaborato personale Revit.

Una volta definite le norme di codifica da utilizzare, sono state compilate su Excel, delle tabelle, contenenti le nomenclature di riferimento sia per le famiglie (Tabella 4) che per il tipo (Tabella 5).

| | Nomenclatura Famiglia | TRP_IP_GEO_VA | TRP_IP_GEO_ZV | TRP_IP_GEO_EP | TRP_IP_6E0_CM_06 | TRP_IP_6E0_CM_10 | TRP_IP_660_CM_16 | TRP_IP_GE0_CR_06 | TRP_IP_GEO_CR_10 | TRP_IP_GE0_CR_16 | TRP_IP_GE0_GP | TRP_IP_GE0_50 | TRP_IP_GE0_PZ | TRP_IP_GE0_GG | TRP_IP_GEO_CA | TRP_IP_GEO_RQ | TRP_IP_GE0_TR | TRP_TU_GEO_TU | TRP_TU_GEO_TU | TRP_TU_GEO_TU | TRP_TU_GEO_TU |
|---------|---------------------------|----------------------------|-----------------|---|---|--|--|---|--|--|--------------------------------|--------------------------|---------------|---------------|----------------------|---------------|---------------|----------------------|---------------|---------------|---------------|
| | Codice Famiglia | VA | νz | Eb | 90'VD | CM_10 | GM_16 | GL 06 | GR_10 | GR_16 | GP | 50 | Zd | S | J | RQ | TR | Ę | TU | Ω | ₽ |
| FAMIGUA | Famiglia | Valvola di intercettazione | Zavorra | Elettropompa ad asse orizzontale con giurto normali zzate | Collettore di distribuzione per sonde geotermiche di mandata a 6 uscite | Collettore di distribuzione per sonde geotermiche di mandata a 10 uscite | Collettore di distribuzione per sonde geotermiche di mandata a 16 uscite | Collettore di distribuzione per sonde geotermiche di ritorno a 6 uscite | Collettore di distribuzione per sonde geotermiche di ritorno a 10 uscite | Collettore di distribuzione per sonde geotermiche di ritorno a 16 uscite | Gruppo polivalente acqua-acqua | Sonda | Pierometro | Gemito | Calotta | Raccordo a T | Transizione | Tubazione | Tubazione | Tubazione | Tubazione |
| ĺ | Codice Disciplina | City City | 2 | | | | | c. | 2 | | | | | | ġ | 2 | | | ġ | | |
| | Disciplina | - Arrelia | NIGUKG | | | | | ld raulica | | | Idraulica | | | | | dention 1 | | | | | |
| | Codice Edifício | e | F | | | | | ٩ | | | ٩ | | | | Ę | | | | | | |
| | Edificio | Internet Durcheonie | menau rarunggio | | | | | Internati Derrhannin | | | | | | | Internati Derrhannin | | | Interrati Parcheggio | | | |
| | Codice Progetto | ΠDT | INF | | | | | TRD | L NI | | | | | | TRD | | | | αdΤ | III | |
| | Progetto | Torre Regione | Piemonte | | | | | Torre Regione | Piemonte | | | orre Regione Piemonte | | | | | Torre Regione | Piemonte | | | |
| | T ipologia di famiglia | Cut-Mo | | | | | | Caricabile | 2 | | | | | | Caricabile | | | | Cirteren | | |
| | Codice categoria | ţ | ī | | | | | N. | č | | | | | | Τđ | 2 | | | Ē | 2 | |
| | Gategoria | ccessori per | tubazio ni | | | | | Apparecchi | idraulici | | | | | | Raccordi | tubazione | | | Tubariana | | |

Tabella 4 Codifica Famiglie GEO. Estratto da elaborato personale Excel.

| Building In | nformation | Modeling | e l'interop | erabilità | tra | software |
|-------------|------------|----------|-------------|-----------|-----|----------|
|-------------|------------|----------|-------------|-----------|-----|----------|

| | | TIBO | | |
|--------------------------|--------------------|-------------------|------------------------------|----------------------|
| | | IIPU | | |
| Funzione | Codice Funzione | Caratteristica | Codice Caratteristic a | Nomenclatura Tipo |
| Accessorio | AC | Diametro | 40 | AC_40 |
| Accessorio | AC | Diametro | 70 | AC_70 |
| Sorgente | SO | Potenza assorbita | 22 | SO_22 |
| Accessorio | AC | Diametro uscite | 100 | AC_100 |
| Accessorio | AC | Diametro uscite | 40 | AC_40 |
| Accessorio | AC | Diametro uscite | 40 | AC_40 |
| Accessorio | AC | Diametro uscite | 100 | AC_100 |
| Accessorio | AC | Diametro uscite | 40 | AC_40 |
| Accessorio | AC | Diametro uscite | 40 | AC_40 |
| Accessorio | AC | Potenza assorbita | 590 | AC_590 |
| Terminale | TE | Uscite | 03 | TE_03 |
| Strumento di misurazione | SM | Diametro | 152 | SM_152 |
| Raccordo | RA | Raggio | 20 | RA_20 |
| Raccordo | RA | Raggio | 55 | RA_55 |
| Raccordo | RA | Raggio | 20 | RA_20 |
| Raccordo | RA | Raggio | 20 | RA_20 |
| Raccordo | RA | Raggio | 55 | RA_55 |
| Raccordo | RA | Raggio-Raggio | 16-20 | RA_16-20 |
| Tipo di sistema | MA | Raggio | 20 | MA_20 |
| Tipo di sistema | MA | Raggio | 55 | MA_55 |
| Tipo di sistema | RI | Raggio | 20 | RI_20 |
| Tipo di sistema | RI | Raggio | 55 | RI_55 |

Tabella 5 Codifica Tipo GEO. Estratto da elaborato personale Excel.

3.4.5. Abachi

Ogni Istanza modellata è sottoposta ad una codifica parametrica. Gli abachi (Figura 24), sono delle viste tabellari che permettono di visualizzare e controllare in modo diretto, le caratteristiche di ciascun elemento.

| | | | | <abc< th=""><th>CPR_</th><th>GEO</th><th>_AI_/</th><th>Abaco</th><th>o degli</th><th>apparecchi id</th><th>raulici></th><th></th><th></th><th></th></abc<> | CPR_ | GEO | _AI_/ | Abaco | o degli | apparecchi id | raulici> | | | |
|------------------|--------|----------|----------|---|------------|----------|-------|----------|----------|-----------------------|------------------------------|-------|-------|--------------------|
| A | B | C | D | E | F | G | H | 1 | J | к | L | М | N | 0 |
| Famiglia | Tipo | Progetto | Edificio | Codice Ca | Codice Fan | n Classi | Unità | T Classi | Codice I | V Titolo MasterFormat | Identificativo | Codic | Affic | Codice Padre Goete |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| TRP_IP_GEO_CM_06 | AC_100 | TRP | IP | Al | CM_06 | 5 | 5.1 | 5.1.4 | 23 21 16 | Hydronic Piping Sp | TRP_IP_GEO_CM_06_AC_100_LI02 | ND | 2 | TRP_IP_GEO_GP_ |
| TRP_IP_GEO_CM_10 | AC_40 | TRP | IP | Al | CM_10 | 5 | 5.1 | 5.1.4 | 23 21 16 | Hydronic Piping Sp | TRP_IP_GEO_CM_10_AC_40_LI02_ | ND | 2 | TRP_IP_GEO_CM_ |
| TRP_IP_GEO_CM_10 | AC_40 | TRP | IP | Al | CM_10 | 5 | 5.1 | 5.1.4 | 23 21 16 | Hydronic Piping Sp | TRP_IP_GEO_CM_10_AC_40_LI02_ | ND | 2 | TRP_IP_GEO_CM_ |
| TRP_IP_GEO_CM_10 | AC_40 | TRP | IP | Al | CM_10 | 5 | 5.1 | 5.1.4 | 23 21 16 | Hydronic Piping Sp | TRP_IP_GEO_CM_10_AC_40_LI02_ | ND | 2 | TRP_IP_GEO_CM_ |
| TRP_IP_GEO_CM_10 | AC_40 | TRP | IP | Al | CM_10 | 5 | 5.1 | 5.1.4 | 23 21 16 | Hydronic Piping Sp | TRP_IP_GEO_CM_10_AC_40_LI02_ | ND | 2 | TRP_IP_GEO_CM_ |
| TRP_IP_GEO_CM_10 | AC_40 | TRP | IP | Al | CM_10 | 5 | 5.1 | 5.1.4 | 23 21 16 | Hydronic Piping Sp | TRP_IP_GEO_CM_10_AC_40_LI02_ | ND | 2 | TRP_IP_GEO_CM_ |
| TRP_IP_GEO_CM_10 | AC_40 | TRP | IP | Al | CM_10 | 5 | 5.1 | 5.1.4 | 23 21 16 | Hydronic Piping Sp | TRP_IP_GEO_CM_10_AC_40_LI02_ | ND | 2 | TRP_IP_GEO_CM_ |
| TRP_IP_GEO_CM_16 | AC_40 | TRP | IP | Al | CM_16 | 5 | 5.1 | 5.1.4 | 23 21 16 | Hydronic Piping Sp | TRP_IP_GEO_CM_16_AC_40_LI02_ | ND | 2 | TRP_IP_GEO_CM_ |
| TRP_IP_GEO_CM_16 | AC_40 | TRP | IP | Al | CM_16 | 5 | 5.1 | 5.1.4 | 23 21 16 | Hydronic Piping Sp | TRP_IP_GE0_CM_16_AC_40_LI02_ | ND | 2 | TRP_IP_GEO_CM_ |
| TRP_IP_GEO_CM_16 | AC_40 | TRP | IP | Al | CM_16 | 5 | 5.1 | 5.1.4 | 23 21 16 | Hydronic Piping Sp | TRP_IP_GEO_CM_16_AC_40_LI02_ | ND | 2 | TRP_IP_GEO_CM_ |
| TRP IP GEO CM 16 | AC 40 | TRP | IP | Al | CM_16 | 5 | 5.1 | 5.1.4 | 23 21 10 | Hydronic Piping Sp | TRP IP GEO CM 16 AC 40 LI02 | ND | 2 | TRP IP GEO CM |
| TRP_IP_GEO_CM_16 | AC_40 | TRP | IP | Al | CM_16 | 5 | 5.1 | 5.1.4 | 23 21 10 | Hydronic Piping Sp | TRP_IP_GEO_CM_16_AC_40_LI02_ | ND | 2 | TRP IP GEO_CM |
| TRP_IP_GEO_CM_16 | AC_40 | TRP | IP | Al | CM_16 | 5 | 5.1 | 5.1.4 | 23 21 10 | Hydronic Piping Sp | TRP_IP_GE0_CM_16_AC_40_LI02_ | ND | 2 | TRP_IP_GEO_CM_ |
| TRP_IP_GEO_CR_06 | AC_100 | TRP | IP | Al | CR_06 | 5 | 5.1 | 5.1.4 | 23 21 16 | Hydronic Piping Sp | TRP_IP_GEO_CR_06_AC_100_LI02 | ND | 2 | TRP_IP_GEO_GP_ |
| TRP IP GEO CR 10 | AC 40 | TRP | IP | AI | CR 10 | 5 | 5.1 | 5.1.4 | 23 21 16 | Hydronic Piping Sp | TRP IP GEO CM 10 AC 40 LI02 | ND | 2 | TRP IP GEO CR |
| TRP IP GEO CR 10 | AC 40 | TRP | IP | Al | CR 10 | 5 | 5.1 | 5.1.4 | 23 21 16 | Hydronic Piping Sp | TRP IP GEO CM 10 AC 40 LI02 | ND | 2 | TRP IP GEO CR |
| TRP IP GEO CR 10 | AC 40 | TRP | IP | Al | CR 10 | 5 | 5.1 | 5.1.4 | 23 21 16 | Hydronic Piping Sp | TRP IP GEO CM 10 AC 40 LI02 | ND | 2 | TRP IP GEO CR |
| TRP IP GEO CR 10 | AC 40 | TRP | IP | Al | CR_10 | 5 | 5.1 | 5.1.4 | 23 21 16 | Hydronic Piping Sp | TRP IP GEO CM 10 AC 40 LI02 | ND | 2 | TRP IP GEO CR |
| TRP IP GEO CR 10 | AC 40 | TRP | IP | Al | CR 10 | 5 | 5.1 | 5.1.4 | 23 21 10 | Hydronic Piping Sp | TRP IP GEO CM 10 AC 40 LI02 | ND | 2 | TRP IP GEO CR |
| TRP IP GEO CR 10 | AC 40 | TRP | IP | Al | CR 10 | 5 | 5.1 | 5.1.4 | 23 21 16 | Hydronic Piping Sp | TRP IP GEO CM 10 AC 40 LI02 | ND | 2 | TRP IP GEO CR |
| TRP_IP_GEO_CR_16 | AC_40 | TRP | IP | AI | _ CR_16 | 5 | 5.1 | 5.1.4 | 23 21 16 | Hydronic Piping Sp | TRP_IP_GEO_CR_16_AC_40_LI02_ | ND | 2 | TRP_IP_GEO_CR_ |

Figura 24 Esempio Abaco degli apparecchi idraulici. Estratto da elaborato personale Revit.

In accordo con le linee guida, fissate dal BIM manager del progetto Torre, tutti gli abachi sono stati realizzati introducendo parametri comuni all'intero progetto e applicando la stessa procedura. Di seguito in (Tabella 6) sono elencati i campi inseriti:



Tabella 6 Campi Abaco. Rielaborazione originale dell'autore.

Famiglia

In questo campo è necessario inserire il codice relativo al nome della famiglia a cui appartiene l'istanza modellata. Se la famiglia in questione rientra tra le famiglie di sistema, il nome le viene attribuito di default dal software, diversamente da quanto accade nel caso di famiglie caricabili. Quest'ultime vengono modellate tramite file rfa. e il nome, verrà inserito dall'utente prestando attenzione alle regole di nomenclatura fissate dal BIM manager nelle linee guida.

<u>Tipo</u>

Il parametro di Tipo deve essere inserito dall'utente ed è applicabile a qualsiasi istanza modellata, sia nel caso in cui la famiglia d'appartenenza sia una famiglia di sistema che nel caso di famiglia caricabile. La nomenclatura di riferimento è sempre descritta tra le linee guida del progetto.

Progetto

Il parametro Progetto, va compilato indicando l'opera a cui appartiene l'istanza modellata. Nel caso studio in esame, il codice è composto da tre lettere TRP, ad indicare l'acronimo dell'opera nella sua totalità la Torre della Regione Piemonte. Edificio

Il parametro Edificio permette di individuare, in quale delle diverse strutture di cui è composto il progetto, si trovi l'istanza modellata. Nel caso studio la regola di codifica utilizzata, prevede l'uso di due lettere. Un esempio è il codice IP che sta ad indicare che l'edificio di riferimento è quello degli interrati del parcheggio della Torre.

Codice categoria

Il parametro Codice di Categoria, indica la categoria a cui appartiene l'elemento modellato ed è composto da due lettere.

Codice famiglia

Il Codice famiglia indica un parametro introdotto con lo scopo di individuare la famiglia a cui appartiene l'istanza modellata. Le regole di codifica utilizzate, prevedono di attribuire un codice di due lettere ma nel caso studio, talvolta è stato necessario ricorrere al una nomenclatura differente, in modo da definire in maniera univoca ciascuna delle famiglie caricabili facendo riferimento ad un campo di quattro lettere.

> <u>Classi di unità tecnologiche</u> <u>Unità tecnologiche</u> <u>Classi di elementi tecnici</u>

I tre parametri precedentemente elencati, sono stati introdotti dalla norma UNI 8290 "La classificazione si fonda sui criteri seguenti: la scomposizione presenta tre livelli e dà luogo a tre insiemi denominati, secondo UNI 7867 parte 4, come segue: classi di unità tecnologiche (primo livello); unita tecnologiche (secondo livello); classi di elementi tecnici (terzo livello)" [10]. L'obiettivo è quello di classificare le singole istanze, indicandone il ruolo ricoperto all'interno del sistema tecnologico. Anche in questo caso è necessario utilizzare una codifica e una terminologia specifica indicata in (Figura 25).

| | incinata | 4.3.2 Nampe esterne |
|--|------------------------------------|---|
| 5. Impianto di fornitura servizi | 5.1 Impianto di climatizzazione | 5.1.1 Alimentazione 5.1.2 Gruppi termici 5.1.3 Centrali di trattamento fluidi 5.1.4 Reti di distribuzione e terminali 5.1.5 Reti di scarico condensa 5.1.6 Canne di esalazione |
| to) sono stali mino tativo, riferimenti le intemporanea chi ri litzimento innovito litzimento innovito litzere il rapporte ti | 5.2 Impianto idrosanitario | 5.2.1 Allacciamenti 5.2.2 Macchine idrauliche 5.2.3 Accumuli 5.2.4 Riscaldatori 5.2.5 Reti di distribuzione acqua fredda e terminali 5.2.6 Reti di distribuzione acqua calda e terminali |

Figura 25 Classificazione norma Uni 8290 Fonte: C. Molinari, Elementi di cultura tecnica 2007.

Nel caso studio in esame, le istanze modellate appartengono prevalentemente alla classe di unità tecnologica 5, unità tecnologica 5.2 e classe di elementi tecnici 5.2.5.

Codice MasterFormat

Titolo MasterFormat

Codice e Titolo MasterFormat, rappresentano due parametri tramite i quali descrivere in modo dettagliato le singole istanze. Entrambi, sono stati selezionati facendo riferimento al catalogo CSI CODE.

La loro introduzione tra le voci degli abachi, permette di individuare le pratiche costruttive e le definizioni da applicare a ciascun elemento, in funzione della tipologia di sistema a cui esso appartiene.

Codice Esistente

Il Codice Esistente viene usato nel caso in cui l'istanza modellata in Revit, possieda dei codici descrittivi, nella fase precedente alla modellazione, tali codici

consentono di ampliare le informazioni che la definiscono. Nel caso studio tale codice è spesso caratterizzato dall'etichetta ND ad indicare che non è disponibile. Identificativo

Il codice identificativo è una stringa applicata a ciascun elemento, con lo scopo di identificarlo in modo univoco, nel progetto, nell'edificio, nella categoria, nella famiglia, nel tipo e nel livello. Il parametro viene espresso tramite un codice alfanumerico. Quest'ultimo utilizza una numerazione progressiva, al fine di distinguere, ogni singola istanza appartenente alla medesima famiglia o tipologia.

<u>Affidabilità</u>

Il parametro di Affidabilità va ad indagare il grado di dettaglio, con cui è stato definito ciascun elemento, nella fase propedeutica alla modellazione. Al parametro può essere attribuito un numero che va da 1 a 3. Il valore 1 verrà utilizzato nel caso in cui si disponga di misure effettuate in sito, 2 se le istanze saranno modellate utilizzando dei file 2D o dei documenti prodotti da terzi ed in fine 3, nel caso in cui non si possiedano informazioni. Nel caso studio per ogni istanza un grado di affidabilità è stato posto pari a 2.

Codice Padre Geotermico

Il codice padre è un parametro che permette di ricostruire, a partire da una generica istanza, il ruolo gerarchico che questa ricopre all'interno del sistema modellato. Tale parametro indica in modo rapido, quale sia l'elemento che precede gerarchicamente l'istanza considerata. Nel caso studio in esame, il Codice Padre Geotermico, è stato inserito, attribuendo a ciascuna istanza, il codice identificativo dell'apparecchio a cui essa seguiva gerarchicamente (Figura 26).



Figura 26 Procedimento di assegnazione Codice Padre. Elaborazione originale dell'autore.

I parametri precedentemente descritti, sono stati inseriti manualmente all'interno di ogni abaco. Per rendere più rapida la loro selezione ed evitare, di incappare in errori in merito al loro contenuto, sono stati caricati all'interno del file di progetto, una lista di parametri condivisi.

Tra la lista di parametri condivisi, fornita dal BIM coordinator, sono stati selezionati quelli d'interesse, in base alla disciplina. Fatto ciò, i parametri da utilizzare nella compilazione dei vari campi dell'abaco, sono stati collocati tra i parametri di progetto, e acquisiti come parametri di tipo o istanza, secondo quanto indicato nelle linee guida. In fine sono stati resi visibili per tutte le categorie progettuali.

| Proprietă parametro | | | × | |
|--|--|------------------------------|---|---|
| Tipo di parametro | | Categorie | | |
| O Parametro di progetto | Parametri condivisi | 3 | < tri: <mostra tutto=""> ~</mostra> | |
| (Può comparire negli abachi | | | categorie deselezionate | |
| Parametro condiviso | Scegliere un gruppo di parametri, desiderati. | quindi scegliere i parametri | achi ^ | Colorendo. |
| (Può essere condiviso da più nelle etichette ed essere es | Gruppo di parametri: | | tessori per condotti | Categorie |
| | CLASSIFICAZIONE | ~ | parecchi elettrici | Elenco dei filtri: <mostra tutto=""> ~</mostra> |
| | Parametri: Classi di Elementi Tecnici | | parecchi per illuminazione | |
| Dati parametro Nome: | Classi di Unità Tecnologiche | Modifica | e e este strutturale | Nascondi categorie deselezionate |
| <nessun parametro="" selezionat<="" td=""><td>Codice MasterFormat</td><td></td><td>hatura strutturale</td><td></td></nessun> | Codice MasterFormat | | hatura strutturale | |
| Disciplina: | Componente | | hatura su area strutturale hatura su percorso struttur | Abachi 🔨 |
| | Titolo MasterFormat | | rdi | Accessori per condotti |
| Tipo di parametro: | unita recibiogiche | | siemi | Accessori per tubazioni |
| Deserves exervise las | | | ezzatura elettrica | |
| Dimensioni | | | ezzature speciali | Apparecchi elettrici |
| Descrizione comandi: | | | cchettoni | Apparecchi idraulici |
| «Nessuna descrizione comando | | | > | Apparecchi per illuminazione |
| | ОК | Annulla ? | tutti Deseleziona tutti | |
| | | | | |
| Aggiungi a tutti gli elementi nel | lle categorie selezionate | OK | Annulla ? | Aree rete strutturale |
| | | | | Armatura strutturale |
| Pa | rametri progetto | | × | Armatura su area strutturale |
| | | | | Armatura su percorso struttur |
| P; | arametri ner oli eleme | enti in questo progetto | | |
| | and the set of the set | ina in quebto progette | | Alledi |
| | 20 J. J. J. J. | | | Arredi fissi |
| | ittidabilita Izaci di Elementi Tec | A | ggiungi | Assiemi |
| | lassi di Llemenu Teci lassi di Unità Tecnolo | niche | | Attrezzatura elettrica |
| | odice Categoria | N | Iodifica | |
| | odice Esistente | | | Aurezzatura meccanica |
| C | odice Famiglia | | Rimuovi | Attrezzature speciali |
| C | odice MasterFormat | | | Bocchettoni |
| | odice Padre Goeterm | ico | | Canaline di fabbricazione M |
| E | dificio | | | |
| 10 | regette | | | |
| T T | itolo MasterFormat | | | Relations have |
| U | Inità Tecnologiche | | | Seleziona tutti Deseleziona tutti |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | OK | Annulla | 2 | |

Figura 27 Acquisizione parametri condivisi. Estratto da elaborato personale Revit.

La procedura sopra schematizzata definisce l'iter di acquisizione dei parametri condivisi, (Figura 27)

Gli abachi realizzati nel modello dell'impianto geotermico sono rispettivamente:

- Abaco delle tubazioni;
- Abaco dei raccordi di tubazione;
- Abaco degli accessori di tubazione;
- Abaco degli apparecchi idraulici.

Una volta creati gli Abachi con i rispettivi campi, sono stati esportati dal software Revit, per essere importati su Excel dove è stata eseguita l'operazione di compilazione, eccetto che per il codice padre Geotermico, questo è stato inserito per ultima manualmente su Revit. Per eseguire questa operazione è stata utilizzata l'app BIM One (Figura 28)



Figura 28 Interfaccia BIM One. Estratto da elaborato personale Revit.

Rimosse le protezioni dai singoli file, sono state create differenti tabelle e colonne, e manualmente impostando dei fogli di calcolo, sono stati compilati tutti i campi.

Nel compiere quest'attività, è stata prestata particolare attenzione a far coincidere, con ogni istanza il rispettivo codice di famiglia e Identificativo. Azione quest'ultima non semplice, per via della posizione degli elementi. L'abaco infatti, non restituisce le istanze codificate in ordine alfabetico, quindi è necessario prestare attenzione al tipo, alla famiglia, al livello in cui l'istanza si trova ed al numero progressivo da applicare.

Terminata l'operazione di compilazione degli abachi e una volta importati su Revit, per ciascuna istanza, diventa possibile individuare dal pannello delle proprietà tutte le informazioni inserite (Figura 29).

Building Information Modeling e l'interoperabilità tra software

| Parametro | |
|---|---|
| Testo | |
| Classi di Elementi Tecnici | 5.1.4 |
| Classi di Unità Tecnologiche | 5 |
| Codice MasterFormat | 23 21 16 |
| Titolo MasterFormat | Hydronic Piping Specialties |
| Unità Tecnologiche | 5.1 |
| Codice Categoria | AI |
| Codice Famiglia | CR_16 |
| Dimensioni | |
| Altezza tubi | 85.0 |
| Ddiametro tubazione | 62.5 |
| Dist. Sx | 100.0 |
| Larghezza collettore | 2050.0 |
| Offset tub. | 1000.0 |
| TRP_IP_GEO_CR | _16 |
| TRP_IP_GEO_CR_AC_40 | _16 ↓ 16 ↓ ← E Modifica |
| TRP_IP_GEO_CR AC_40 Apparecchi idraulici (1) Vincoli | _16 ↓ 16 ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ |
| TRP_IP_GEO_CR AC_40 Apparecchi idraulici (1) Vincoli Livello | _16 ~ ⊕ Modifica |
| Apparecchi idraulici (1) Vincoli Livello Host | 16 ↓ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ |
| TRP_IP_GEO_CR AC_40 Apparecchi idraulici (1) Vincoli Livello Host Offset | 16 C B Modifica L PARK11.23 Livello : L_ PARK11.23 2855.2 |
| TRP_IP_GEO_CR AC_40 Apparecchi idraulici (1) Vincoli Livello Host Offset Testo | 16 ✓ ⊞ Modifica L_PARK11.23 Livello : L_PARK11.23 2855.2 |
| TRP_IP_GEO_CR AC_40 Apparecchi idraulici (1) Vincoli Livello Host Offset Testo Codice Esistente | 16 ✓ ⊞ Modifica L_PARK11.23 Livello : L_PARK11.23 2855.2 ND |
| TRP_IP_GEO_CR AC_40 Apparecchi idraulici (1) Vincoli Livello Host Offset Testo Codice Esistente Identificativo | 16 ✓ ⊞ Modifica L_PARK11.23 Livello : L_PARK11.23 2855.2 ND TRP_IP_GEO_CR_16_AC_40_LL |
| TRP_IP_GEO_CR AC_40 Apparecchi idraulici (1) Vincoli Livello Host Offset Testo Codice Esistente Identificativo Progetto | 16 ✓ ⊞ Modifica L_PARK11.23 Livello : L_PARK11.23 2855.2 ND TRP_IP_GEO_CR_16_AC_40_LL TRP |
| TRP_IP_GEO_CR AC_40 Apparecchi idraulici (1) Vincoli Livello Host Offset Festo Codice Esistente Identificativo Progetto Edificio | 16 ✓ ⊞ Modifica L_PARK11.23 Livello : L_PARK11.23 2855.2 ND TRP_IP_GEO_CR_16_AC_40_LL TRP IP |
| TRP_IP_GEO_CR AC_40 Apparecchi idraulici (1) Vincoli Livello Host Offset Identificativo Progetto Edificio Codice Padre Goetermico | 16 ✓ ⊕ Modifica L_PARK11.23 Livello : L_PARK11.23 2855.2 ND TRP_JP_GEO_CR_16_AC_40_LL TRP IP TRP_IP_GEO_CR_06_AC_100 |
| TRP_IP_GEO_CR AC_40 Apparecchi idraulici (1) Vincoli Livello Host Offset Codice Esistente Identificativo Progetto Edificio Codice Padre Goetermico Meccanica | 16 ✓ ⊕ Modifica L_PARK11.23 Livelio : L_PARK11.23 2855.2 ND TRP_JP_GEO_CR_16_AC_40_LL TRP IP TRP_IP_GEO_CR_06_AC_100 |
| TRP_IP_GEO_CR AC_40 Apparecchi idraulici (1) Vincoli Livello Host Offset Codice Esistente Identificativo Progetto Edificio Codice Padre Goetermico Meccanica Classificazione sistema | Isouo 16 ✓ |
| TRP_IP_GEO_CR AC_40 Apparecchi idraulici (1) Vincoli Livello Host Offset Testo Codice Esistente Identificativo Progetto Edificio Codice Padre Goetermico Meccanica Classificazione sistema Tipo di sistema | I6 ✓ ⊕ Modifica L_PARK11.23 Livelio:L_PARK11.23 2855.2 ND TRP_IP_GEO_CR_16_AC_40_LL TRP IP TRP_JP_GEO_CR_06_AC_100 Ritorno di sistema idronico Ritorno sistema idronico |
| TRP_IP_GEO_CR AC_40 Apparecchi idraulici (1) Vincoli Livello Host Offset Testo Codice Esistente Identificativo Progetto Edificio Codice Padre Goetermico Meccanica Classificazione sistema Tipo di sistema Nome sistema | 16 ✓ ⊕ Modifica L_PARK11.23 Livelio: L_PARK11.23 2855.2 ND TRP_IP_GEO_CR_16_AC_40_LL TRP IP TRP_JP_GEO_CR_06_AC_100 Ritorno di sistema idronico Ritorno sistema idronico Ritorno sistema idronico |

Figura 29 Proprietà d'istanza e tipo. Estratto da elaborato personale Revit.

3.4.6. Browser di Sistema

Il Browser di sistema consente di individuare in modo rapido, i sistemi modellati all'interno del file MEP, in funzione della disciplina selezionata, che può essere meccanica idraulica ed elettrica.

Nel caso studio in esame, sono stati individuati due tipologie di sistemi idraulici, il sistema di mandata idronico e quello di ritorno idronico. Ricorrere alla visualizzazione del System browser, permette di verificare in modo rapido:

- La presenza di eventuali disconnessioni;
- Capire se i sistemi sono stati modellati in modo opportuno;
- Identificare eventuali dispositivi modellati e non assegnati al sistema.

Il browser è organizzato tramite un menu a tendina (Figura 30).

Al vertice è posto il nome del sistema, seguito dall'apparecchio idraulico che ne è la sorgente e di seguito, tutti gli altri apparecchi idraulici

| Browser di sistema - TRP_IP_GEO_CEN_LF00_LI02 | | | Browser di sistema - TRP_IP_GEO_CEN_LF00_LI02 | | | |
|---|-----------------|------------|---|--------|------------|-----------|
| Sistemi V Tubazioni V | | | Sistemi V Tubazioni V | | | 1 |
| Cistani | E hrenen | Dimensions | Sistemi | Flusso | Dimensione | Nome vano |
| Sistemi | Flusso | Dimensione | 😑 🔮 Ritorno sistema idronico | | | |
| E Tubazioni (2 sistemi) | | | TRP_IP_GEO_GP: AC_590 | N/D | 110 mm | |
| 🚍 🖄 Mandata sistema idronico | | | Ritorno sistema idronico 2 | Non c | | |
| TRP_IP_GEO_EP: SO_22 | N/D | 110 mm | TRP_IP_GEO_GP: AC_590 | N/D | 110 mm | |
| 😑 📴 Mandata sistema idronico 2 | Non c | | TRP_IP_GEO_CR_06: AC_100 | N/D | 110 mm | |
| | N/D | 110 mm | | N/D | 110 mm | |
| TRP IP GEO GP: AC 590 | N/D | 110 mm | | N/D | 110 mm | |
| TRP IP GEO GP: AC 590 | N/D | 110 mm | | N/D | 110 mm | |
| | N/D | 110 mm | TRP IP GEO CR 16: AC 40 | N/D | 110 mm | |
| | N/D | 110 mm | - G TRP_IP_GEO_CR_16: AC_40 | N/D | 110 mm | |
| | N/D | 110 mm | - 🕒 TRP_IP_GEO_CR_16: AC_40 | N/D | 110 mm | |
| | N/D | 110 | TRP_IP_GEO_CR_10: AC_40 | N/D | 110 mm | |
| TKP_IP_GEO_CM_16: AC_40 | N/D | 110 mm | TRP_IP_GEO_CR_10: AC_40 | N/D | 110 mm | |
| TRP_IP_GEO_CM_16: AC_40 | N/D | 110 mm | | N/D | 110 mm | |
| TRP_IP_GEO_CM_16: AC_40 | N/D | 110 mm | | N/D | 110 mm | |
| 🖳 TRP_IP_GEO_CM_10: AC_40 | N/D | 110 mm | TRP_IP_GEO_SO: TE_3 | N/D | 40 mm | |
| | N/D | 110 mm | TRP_IP_GEO_SO: TE_3 | N/D | 40 mm | |
| | N/D | 110 mm | | N/D | 110 mm | |
| TRP IP GEO CM 10: AC 40 | N/D | 110 mm | | N/D | 40 mm | |
| | N/D | 110 mm | | N/D | 40 mm | |
| | N/D | 40 mm | | N/D | 40 mm | |
| | N/D | 40 mm | | N/D | 40 mm | |
| | IN/D | 40 mm | G TRP IP GEO SO: TE 3 | N/D | 40 mm | 1 |
| 5 IKP_IP_GEO_CM_10: AC_40 | N/D | 110 mm | TRP IP GEO SO: TE 3 | N/D | 40 mm | 1 |
| TRP_IP_GEO_SO: TE_3 | N/D | 40 mm | TRP_IP_GEO_SO: TE_3 | N/D | 40 mm | 1 |
| TRP_IP_GEO_SO: TE_3 | N/D | 40 mm | TRP_IP_GEO_SO: TE_3 | N/D | 40 mm | |
| TRP_IP_GEO_SO: TE_3 | N/D | 40 mm | - 🕒 TRP_IP_GEO_SO: TE_3 | N/D | 40 mm | |
| TRP IP GEO SO: TE 3 | N/D | 40 mm | TRP_IP_GEO_SO: TE_3 | N/D | 40 mm | |

Figura 30 Browser di sistema idronico Estratto da elaborato personale Revit. Capitolo 4. Modello Impianto d'irrigazione e raccolta delle acque reflue del parcheggio



Figura 31 Work flow Modellazione Irrigazione. I.P. Elaborato personale dell'autore.

4.1. Descrizione dell'impianto

L'impianto d'irrigazione e raccolta delle acque reflue, analizzato nell'attuale capitolo (Figura 32), ha il compito di irrigare la vegetazione, posta lungo la copertura del parcheggio Torre e di smaltirne le acque reflue, convogliandole in una vasca d'accumulo, utilizzandole nelle operazioni d'irrigazione dei mesi invernali.



Figura 32 Rappresentazione dell'impianto d'irrigazione I.P. Estratto da elaborato personale Revit.

L'impianto è dotato di un quadro di controllo, posto al secondo piano degli interrati della torre. Il quadro elettrico ha il compito di coordinare:

- Pompa d'irrigazione sorgente dell'intero sistema;
- Ventiquattro Elettrovalvole, poste in pozzetti interrati lungo la copertura del parcheggio.

La sorgente del sistema d'irrigazione è una pompa dotata di una prevalenza di 50m, collocata in una vasca d'accumulo alimentata, tramite l'apertura di una saracinesca.

A partire da quest'ultima e dal quadro di controllo, si diramano due condutture, la tubazione principale in PE DE63 PN10, e il cavidotto contenente i cavi preposti al controllo delle elettrovalvole DN 50 mm. Lungo la copertura del parcheggio sono presenti:

- Irrigatori dinamici di gittata 7-14m;
- Irrigatori statici di gittata 3.5-5.5 m.

Tutti gli irrigatori sono collegati a condotte DE 40mm per mezzo di tubi dal DE 25mm. A completamento del sistema è stata utilizzata un'ala gocciolante che attraversa tutte le aree verdi.

4.2. Selezione dei dati

La fase di selezione dei dati è importante perché permette di creare un modello digitale che sia, il più fedele possibile alla realtà.

Nel caso in esame, l'impianto d'irrigazione del parcheggio della Torre, i dati sono stati forniti dalla Regione Piemonte, in formato PDF e CAD. A questi sono stati aggiunti i file rvt. relativi al progetto strutturale e all'architettonico, in modo da collocare il modello impiantistico all'interno dei modelli già esistenti relativi al parcheggio.

4.3. Time-line di progettazione

L'impianto d'irrigazione del parcheggio è stato restituito in BIM, partendo dalla modellazione delle famiglie caricabili. Una volta selezionati i dati a disposizione, è stato eseguito uno studio per risalire al funzionamento dell'impianto, prestando particolare attenzione al ruolo gerarchico ricoperto da ogni istanza. All'interno del modello relativo all'impianto d'irrigazione, è stato individuato un unico sistema idricosanitario di mandata rappresentato in (Figura 33) tramite il browser di sistema di Revit.

Building Information Modeling e l'interoperabilità tra software

| Sistemi v Tubazioni v | | |
|-------------------------------|---------|-------|
| Sistemi | Flusso | Dimon |
| Non assegnata (0 elementi) | 1 10000 | |
| Le Tubazioni (1 sistemi) | | |
| Mandata sistema idronico | | |
| Mandata sistema idronico 1 | Nonc | |
| | N/D | 40 mm |
| | N/D | 40 mm |
| | N/D | 25 mm |
| TRP IP IRR EV: AC 3 | N/D | 40 mm |
| TRP IP IRR EV: AC 3 | N/D | 40 mm |
| | N/D | 25 mm |
| - G TRP IP IRR IS: TE 3.5-5.5 | N/D | 25 mm |
| TRP_IP_IRR_EV: AC_3 | N/D | 40 mm |
| TRP_IP_IRR_EV: AC_3 | N/D | 40 mm |
| TRP_IP_IRR_EV: AC_3 | N/D | 40 mm |
| TRP_IP_IRR_EV: AC_3 | N/D | 40 mm |
| | N/D | 25 mm |
| | N/D | 25 mm |
| TRP_IP_IRR_EV: AC_3 | N/D | 40 mm |
| TRP IP IRR EV: AC 3 | N/D | 40 mm |

Figura 33 Sistema delle tubazioni. Estratto da elaborato personale Revit.

Al fine di ottenere una visualizzazione corretta e ordinata, degli elementi contenuti all'interno del browser di sistema, è stata fissata una scala gerarchica e la modellazione ha avuto inizio dall'istanza posta al gradino più basso, fino a risalire alla sorgente:

- irrigatori statici;
- Elettrovalvole.

4.4. Modellazione MEP

La modellazione MEP è stata realizzata, applicando la stessa procedura descritta al capitolo precedente (3.4), composta dalle seguenti attività:

- Creazione del file di progetto e delle viste di pianta;
- Definizione dei livelli di dettaglio;
- Modellazione delle famiglie in Revit;
- Codifica delle famiglie e dei tipi;
- Organizzazione del Browser di Sistema.

4.4.1. Creazione del file di progetto e delle viste di pianta

Il file di partenza è un file vuoto, settato applicando la stessa procedura esposta al capitolo precedente, al quale si rimanda per maggiori informazioni (3.4.1). In seguito sono state create, in corrispondenza di ogni livello, le viste delle piante dei pavimento (Figura 34), avendo l'accortezza di selezionare la disciplina idraulica.



Figura 34 Viste della pianta dei pavimenti. Estratto da elaborato personale Revit.

Una volta settato il file di lavoro, nel piano occupato dall'impianto d'irrigazione, sono stati importati i file CAD, utili a ricostruire l'esatto posizionamento di ogni istanza.

4.4.2. Definizione dei livelli di dettagli (LOD)

Il caso studio in esame prevede l'applicazione di un livello di dettaglio pari al LOD C, per cui ogni entità è visualizzata graficamente, tenendo conto dell'ingombro geometrico che ricopre nella realtà e attribuendole delle caratteristiche quantitative e qualitative. A seguire, sono state inserite le proprietà LOG (Tabella 7) e LOI (Tabella 8) di uno degli irrigatori statici modellati nel progetto, in modo da chiarire, quali siano le caratteristiche qualitative a cui si fa riferimento.

| Disciplina | | Nome oggetto | TRP_IP_IRR_IS |
|-----------------|----------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| | | Tipologia di famiglia | Caricabile |
| Idricosanitario | | Livello di sviluppo Raggiunto | с |
| LOG | Livello di visualizzazione | Descrizione visualizzazione | Rappresentazione grafica |
| | Basso | Elemento 2D | |
| | Medio | Elemento 3D approssimato | |
| | Alto | Elemento 3D definito | |

Tabella 7 Scheda LOG Irrigazione parcheggio. Elaborazione originale dell'autore.

| | Parametro | Codice parametro |
|-----|------------------------------|--|
| | Progetto | TRP |
| | Edificio | IP |
| | Classi di unità tecnologiche | 5 |
| | Unità tecnologiche | 5.2 |
| | Classi di elementi tecnici | 5.2.5 |
| LOI | Codice MasterFormat | 32 84 00 |
| | Titolo MasterFormat | Planting Irrigation |
| | Codice Categoria | AI |
| | Identificativo | TRP_IP_IRR_IS_TE_3.5-5.5_LF00_001.85_00004 |
| | Codice Padre | TRP_IP_IRR_EV_AC_3_LF00_001.85_00001 |
| | Codice esistente | NA |
| | Affidabilità | 2 |
| | Codice Famiglia | ID |

Tabella 8 Scheda LOI Irrigazione parcheggio. Elaborazione originale dell'autore.

4.4.3. Modellazione delle famiglie in Revit

Anche in questo caso si rimanda al capitolo precedente (3.4.3) al fine di chiarire la procedura adottata nella modellazione delle famiglie. Nello specifico, le istanze modellate per l'impianto d'irrigazione, appartengono a cinque Categorie:

- La categoria delle tubazioni;
- La categoria dei raccordi di tubazione;
- La categoria degli apparecchi idraulici;
- La categoria dei raccordi dei tubi protettivi;
- La categoria dei tubi protettivi.

A seguire la tabella (Figura 35) riassume le famiglie caricabili oggetto della modellazione:

| | Pozzetti |
|------------|----------------|
| Famiglie | Elettrovalvole |
| Caricabili | Irrigatori |

Figura 35 Famiglie Modellate in MEP. Elaborazione originale dell'autore.

Pozzetti

Le prime famiglie ad essere state modellate, sono state quelle relative ai pozzetti idraulici (Figura 36).

I pozzetti caricati nel progetto, appartengono alla categoria dei modelli metrici generici, ne sono state definite dimensioni volumetria e materiali. Una volta modellati, sono stati caricati all'interno del modello architettonico degli interrati del parcheggio, prestando attenzione alla loro esatta posizione.



Figura 36 Pozzetto idraulico 1750x1450. Estratto da elaborato personale Revit.
Elettrovalvola

L'elettrovalvola (Figura 37) è stata modellata con un basso livello di dettaglio, considerandone l'ingombro geometrico e come categoria d'appartenenza quella degli apparecchi idraulici.

Alle sue estremità sono stati inseriti, un connettore elettrico, con il quale è stato possibile collegarla al tubo protettivo a completamento del cavidotto e due connettori idraulici, in modo da poterla agganciare al sistema delle tubazioni



Figura 37 Restituzione Elettrovalvola. Estratto da elaborato personale Revit.

Irrigatori

Gli irrigatori (Figura 38) sono stati modellati con un basso livello di dettaglio considerando l'ingombro geometrico e le connessioni necessarie all'inserimento delle tubazioni idrauliche.



Figura 38 Restituzione Irrigatore. Estratto da elaborato personale Revit. Sono state modellate due famiglie differenti, una con lo scopo di riprodurre gli irrigatori statici ed una gli irrigatori dinamici. Questa famiglia caricabile, rappresenta in linea gerarchica il terminale dell'intero sistema d'irrigazione.

4.4.4. Codifica delle famiglie e dei tipi

Per la codifica delle famiglie e dei tipi (Figura 39), è stata utilizzata la medesima procedura descritta la capitolo precedente (3.4.4), a cui si rimanda per maggiori dettagli.



Figura 39 Codifica della famiglia degli apparecchi idraulici. Estratto da elaborato personale Revit.

Il BIM coordinator ha fornito delle linee guida, all'interno delle quali sono state indicate le regole di codifica, a cui attenersi nella redazione del modello.

Sulla base di queste, sono state compilate su Excel, diverse tabelle, al fine di chiarire la nomenclatura utilizzata.

Per l'impianto d'irrigazione e raccolta delle acque reflue, degli interrati del parcheggio, è stato necessario adottare codifiche differenti per la disciplina idraulica e quella elettrica.

Nelle pagine a seguire sono state inserite le codifiche di famiglia (Tabella 9) e del tipo (Tabella 11) per quanto concerne le istanze idrauliche, e le codifiche di famiglia (Tabella 10) e del tipo (Tabella 12) per le istanze elettriche.

| | Nomen clatura Famiglia | TRP_IP_IRR_VN | TRP_IP_IRR_SA | TRP_IP_IRR_55 | TRP_IP_IRR_EV | TRP_IP_IRR_ID | TRP_IP_IRR_IS | TRP_IP_IRR_IS | TRP_IP_IRR_GG | TRP_IP_IRR_GG | TRP_IP_IRR_GG | TRP_IP_IRR_GG | TRP_IP_IRR_CA | TRP_IP_IRR_CA | TRP_IP_IRR_CA | TRP_IP_IRR_CA | TRP_IP_IRR_CR | TRP_IP_IRR_RQ | TRP_IP_IRR_RQ | TRP_IP_IRR_RQ | TRP_IP_IRR_RQ | TRP_IP_IRR_TR | TRP_IP_IRR_TR | TRP_IP_IRR_TR | TRP_IP_IRR_TU | TRP_IP_IRR_TU | TRP_IP_IRR_TU | TRP_IP_IRR_TU |
|---------|---------------------------|------------------------|---|--|----------------|-----------------------|--------------------|---------------------|---------------|-----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Codice Famiglia | W | ঙ্গ | SS | EV | ٩ | IS | SI | 66 | 99 | 99 | 66 | J | 5 | 5 | 5 | ß | RQ | RQ | RQ | RQ | TR | TR | TR | 5 | P | P | Ę |
| FAMGLIA | Famiglia | Valvola di non ritorro | Saracinesca per adduzione irrigazione | Saracinesca per scarico reta nel periodo invernale | Elettrovalvola | lirîg atorî di namicî | Irrigatori Statici | Irrigatori Statici | Gomito | Gomito | Gomito | Gomito | Calotta | Calotta | Calotta | Calotta | Croce | Raccordo a T | Raccordo a T | Raccordo a T | Raccordo a T | Transizione | Transizione | Transizione | Tubazione | Tubazione | Tubatione | Tubazione |
| | Codice Disciplina | | IRR | | | 8 | | | | | | | | | | | RR | | | | | | | | | | | |
| | Disciplina | ldraufica Idraufica | | | Idraufica | | | | | | | | | | Idraufica | | | | | | | | | | | | | |
| | Codice Edificio | | đ | | | 9 | - | | <u>a</u> | | | | | | | | | | | 9 | - | | | | | | | |
| | Edifício | | Interrati Parcheggio Interrati Tparcheggio | | | | | Interati Parcheggio | | | | | | | | | | Interati Parcheggio | | | | | | | | | | |
| | Codice Progetto | | TRP | | e e | | | | | | | | di H | | | | | TRP | | | | Cat | 2 | | | | | |
| | Progetto | | Torre Regione Piemonte | | | Torre Regione | Piemonte | | | Premonte Premonte | | | | | | | | | Torre Regione | Piemonte | | | | | | | | |
| | Tipologia di famiglia | | Caricabile | | | Caricobile | | | | | | | | | | - Contraction | | | | | | | | | | 1 | 0 | |
| | Al Al (| | | | | | | | | | | | | Ļ | Z | | | | | | | | P | | | | | |
| | Categoria | | Accessori per tubazioni | | | Apparecchi | idraulici | | | Raccordi tubazione | | | | | | | | | Tubazione | | | | | | | | | |

Building Information Modeling e l'interoperabilità tra software

Tabella 9 Codifica idraulica Famiglie IRR I.P. Estratto da elaborato personale Excel.

| | Nomenclatura Famiglia | TRP_IP_ELE_QC | TRP_IP_ELE_BR | TRP_IP_ELE_CL | TRP_IP_ELE_CT | TRP_IP_ELE_GT | TRP_IP_ELE_SC | TRP_IP_ELE_SR | TRP_IP_ELE_ST | TRP_IP_ELE_TP | | |
|----------|-----------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|--|--|
| | Codice Famiglia | с С | 88 | 5 | сı | GT | SC | ß | ST | đ | | |
| FAMIGLIA | Famiglia | Quadro di controllo | Boccola di riduzione | Corpo Protettivo a L | Corpo Protettivo a T | Gomito Trazione | Scatola di giunzione Croce | Scatola di giunzione Raccordo a T | Scatola di giunzione Transizione | Tubazione | | |
| | Codice Discipli na | ELE | | | ELE | | | | | | | |
| | Disciplina | Elettrica | | Elettrica | | | | | | | | |
| | Codice Edifici o | ₫ | | ٩ | | | | | | | | |
| | Edificio | Interrati Parcheggio | | Internati Parcheggio | | | | | | | | |
| | Codice Progetto | TRP | | | | TRP | | | | TRP | | |
| | Progetto | Torre Regione Piemonte | | | | Torre Regione Piemonte | | | | Torre Regione Piemonte | | |
| | Tipologia di famiglia | Caricabile | | | | Caricabile | | | | Sistema | | |
| | Codice categoria | Ρ | | | | đ | | | | ЧL | | |
| | Categoria | Apparecchi Elettrici | | | | Baccordi tubi protettivi | | | | Tubi protettivi | | |

Tabella 10 Codifica elettrica Famiglie IRR IP. Estratto da elaborato personale Excel.

| | TIPO | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--------------------|----------------|------------------------------|----------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Funzione | Codice Funzione | Caratteristica | Codice Caratteristic a | Nomenclatura Tipo | | | | | | | | |
| Accessorio | AC | Diametro | 65 | AC_65 | | | | | | | | |
| Accessorio | AC | Diametro | 65 | AC_65 | | | | | | | | |
| Accessorio | AC | Diametro | 65 | AC_65 | | | | | | | | |
| Accessorio | AC | Uscite | 3 | AC_3 | | | | | | | | |
| Terminale | TE | Gittata | 7-14 | TE_7-14 | | | | | | | | |
| Terminale | TE | Gittata | 3.5-5.5 | TE_3.5-5.5 | | | | | | | | |
| Terminale | TE | Gittata | 1.2-8.5 | TE_1.2-8.5 | | | | | | | | |
| Raccordo | BA | Raggio | 12.5 | RA_12.5 | | | | | | | | |
| Raccordo | BA | Raggio | 20 | RA_20 | | | | | | | | |
| Raccordo | BA | Raggio | 31,5 | RA_31,5 | | | | | | | | |
| Raccordo | BA | Raggio | 32.5 | RA_32.5 | | | | | | | | |
| Raccordo | BA | Raggio | 12.5 | RA_12.5 | | | | | | | | |
| Raccordo | BA | Raggio | 20 | RA_20 | | | | | | | | |
| Raccordo | BA | Raggio | 31,5 | RA_31,5 | | | | | | | | |
| Raccordo | BA | Raggio | 32.5 | RA_32.5 | | | | | | | | |
| Raccordo | BA | Raggio | 12.5 | RA_12.5 | | | | | | | | |
| Raccordo | BA | Raggio | 12.5 | RA_12.5 | | | | | | | | |
| Raccordo | BA | Raggio | 20 | RA_20 | | | | | | | | |
| Raccordo | BA | Raggio | 31,5 | RA_31,5 | | | | | | | | |
| Raccordo | BA | Raggio | 32.5 | RA_32.5 | | | | | | | | |
| Raccordo | BA | Raggio-Raggio | 20-12.5 | RA_20-12.5 | | | | | | | | |
| Raccordo | BA | Raggio-Raggio | 31.5-20 | RA_31.5-20 | | | | | | | | |
| Raccordo | BA | Raggio-Raggio | 31,5-32,5 | RA_31,5-32,5 | | | | | | | | |
| Tipo di sistema | МА | Raggio | 12.5 | MA_12.5 | | | | | | | | |
| Tipo di | МА | Raggio | 20 | MA_20 | | | | | | | | |
| Tipo di sistema | МА | Raggio | 31,5 | MA_31,5 | | | | | | | | |
| Tipo di sistema | МА | Raggio | 32.5 | MA_32.5 | | | | | | | | |

Building Information Modeling e l'interoperabilità tra software

Tabella 11 Codifica Idraulica Tipo IRR I.P. Estratto da elaborato personale Excel.

| | ТІРО | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Funzione | Codice Funzione | Caratteristica | Codice Caratteristic a | Nomenclatura Tipo | | | | | | | | |
| Accessorio | AC | Dispositivi da controllare | 37 | AC_37 | | | | | | | | |
| Raccordo | RA | Raggio | 25 | RA_25 | | | | | | | | |
| Raccordo | RA | Raggio | 25 | RA_25 | | | | | | | | |
| Raccordo | RA | Raggio | 25 | RA_25 | | | | | | | | |
| Raccordo | RA | Raggio | 25 | RA_25 | | | | | | | | |
| Raccordo | RA | Raggio | 25 | RA_25 | | | | | | | | |
| Raccordo | RA | Raggio | 25 | RA_25 | | | | | | | | |
| Raccordo | RA | Raggio-Raggio | 26.5-25 | RA_26.5-25 | | | | | | | | |
| Tipo di sistema | AL | Raggio | 25 | AL_25 | | | | | | | | |

Tabella 12 Codifica elettrica Tipo IRR I.P. Estratto da elaborato personale Excel.

4.4.5. Abachi

Ogni dispositivo inserito all'interno del modello Revit, è stato sottoposto ad una specifica codifica. Gli abachi (Figura 40), sono delle viste tabellari che permettono di visualizzare e controllare in modo diretto, le caratteristiche di ciascun elemento.

| | <abc_cpr_irr_ai_abaco apparecchi="" degli="" idraulici=""></abc_cpr_irr_ai_abaco> | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|---|------|-------|------|------|-----|-------|-------|----------|---------------------|-----------------|-------|-------|----------------------|
| Α | В | C | D | E | F | G | Н | I | J | к | L | М | N | 0 |
| Famiglia | Tipo | Prog | Edifi | Codi | Codi | Cla | Unità | Class | Codice | Titolo MasterFormat | Identificativo | Codic | Affid | Codice Padre Irrigaz |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| TRP_IP_IRR_EV | AC_3 | TRP | IP | AI | EV | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IP_IRR_EV_A | ND | 2 | TRP_IT_IRR_PO_A |
| TRP_IP_IRR_EV | AC_3 | TRP | IP | AI | EV | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IP_IRR_EV_A | ND | 2 | TRP_IT_IRR_PO_A |
| TRP_IP_IRR_EV | AC_3 | TRP | IP | AI | EV | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IP_IRR_EV_A | ND | 2 | TRP_IT_IRR_PO_A |
| TRP_IP_IRR_EV | AC_3 | TRP | IP | AI | EV | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IP_IRR_EV_A | ND | 2 | TRP_IT_IRR_PO_A |
| TRP_IP_IRR_EV | AC_3 | TRP | IP | AI | EV | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IP_IRR_EV_A | ND | 2 | TRP_IT_IRR_PO_A |
| TRP_IP_IRR_EV | AC_3 | TRP | IP | AI | EV | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IP_IRR_EV_A | ND | 2 | TRP_IT_IRR_PO_A |
| TRP_IP_IRR_EV | AC_3 | TRP | IP | AI | EV | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IP_IRR_EV_A | ND | 2 | TRP_IT_IRR_PO_A |
| TRP_IP_IRR_EV | AC_3 | TRP | IP | AI | EV | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IP_IRR_EV_A | ND | 2 | TRP_IT_IRR_PO_A |
| TRP_IP_IRR_EV | AC_3 | TRP | IP | AI | EV | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IP_IRR_EV_A | ND | 2 | TRP_IT_IRR_PO_A |
| TRP_IP_IRR_EV | AC_3 | TRP | IP | AI | EV | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IP_IRR_EV_A | ND | 2 | TRP_IT_IRR_PO_A |
| TRP_IP_IRR_EV | AC_3 | TRP | IP | AI | EV | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IP_IRR_EV_A | ND | 2 | TRP_IT_IRR_PO_A |
| TRP_IP_IRR_EV | AC_3 | TRP | IP | AI | EV | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IP_IRR_EV_A | ND | 2 | TRP_IT_IRR_PO_A |
| TRP_IP_IRR_EV | AC_3 | TRP | IP | AI | EV | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IP_IRR_EV_A | ND | 2 | TRP_IT_IRR_PO_A |
| TRP_IP_IRR_EV | AC_3 | TRP | IP | AI | EV | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IP_IRR_EV_A | ND | 2 | TRP_IT_IRR_PO_A |
| TRP_IP_IRR_EV | AC_3 | TRP | IP | AI | EV | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IP_IRR_EV_A | ND | 2 | TRP_IT_IRR_PO_A |
| TRP_IP_IRR_EV | AC_3 | TRP | IP | AI | EV | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IP_IRR_EV_A | ND | 2 | TRP_IT_IRR_PO_A |
| TRP_IP_IRR_EV | AC_3 | TRP | IP | AI | EV | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IP_IRR_EV_A | ND | 2 | TRP_IT_IRR_PO_A |
| TRP_IP_IRR_EV | AC_3 | TRP | IP | AI | EV | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IP_IRR_EV_A | ND | 2 | TRP_IT_IRR_PO_A |
| TRP_IP_IRR_EV | AC_3 | TRP | IP | AI | EV | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IP_IRR_EV_A | ND | 2 | TRP_IT_IRR_PO_A |
| TRP_IP_IRR_EV | AC_3 | TRP | IP | AI | EV | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IP_IRR_EV_A | ND | 2 | TRP_IT_IRR_PO_A |

Figura 40 Esempio di Abaco degli apparecchi idraulici. Estratto da elaborato personale Revit.

In accordo alle linee guida fissate dal BIM manager del progetto Torre, tutti gli abachi devono essere redatti con le stesse modalità, rispettando i parametri elencati in (Tabella 13).

Gli abachi realizzati nel modello dell'impianto d'irrigazione e raccolta delle acque reflue degli interrati del parcheggio sono sei e sono rispettivamente:

- Abaco delle tubazioni;
- Abaco dei raccordi di tubazione;
- Abaco dei tubi protettivi;
- Abaco dei raccordi dei tubi protettivi;
- Abaco degli apparecchi idraulici.

Building Information Modeling e l'interoperabilità tra software

| Abaco | Famiglia |
|----------|------------------------------|
| 110000 = | Tipo |
| | Progetto |
| | Edificio |
| | Codice categoria |
| | Codice Famiglia |
| _ | Classi di unità tecnologiche |
| | Unità tecnologiche |
| | Classi di elementi tecnici |
| | Codice Masterformat |
| | Titolo Masterformat |
| | Codice esistente |
| | Identificativo |
| _ | Affidabilità |
| _ | Codice Padre Idraulico IRR |
| _ | |

Tabella 13 Campi Abaco. Rielaborazione originale dell'autore.

Una volta creati gli Abachi con i rispettivi parametri, sono stati esportati dal software Revit, per essere importati su Excel (3.4.5).

Con quest'ultimo programma, sono stati compilati tutti i campi, eccetto il codice idraulico padre IRR, che è stato inserito per ultimo manualmente su Revit. Al termine della procedura, gli abachi sono stati caricati definitivamente su Revit, in modo da poter individuare attraverso il pannello delle proprietà, tutte le informazioni inserite per ogni singola istanza, come indicato in (Figura 41), che mostra a titolo esemplificativo, le proprietà e le informazioni inserite per una tubazione di mandata del tipo MA_31,5.

| Tubazione | | Parametri tipo | | | | | | |
|---------------------------|----------------------------------|------------------------------|-----------------|--|--|--|--|--|
| MA_31.5 | | Parametro | | | | | | |
| Tubazione (1) | Hodifica tip | P | | | | | | |
| Giustificazione verticale | Al centro | ^ Testo | | | | | | |
| Livello di riferimento | LF00_001.85 | Codice Categoria | ТU | | | | | |
| Offset | -717.9 | coulce categoria | | | | | | |
| Offset iniziale | -717.9 | Codice Famiglia | TU | | | | | |
| Offset finale | -717.9 | | _ | | | | | |
| Inclinazione | 0.0000% | Classi di Unità Tecnologiche | 5 | | | | | |
| Testo | * | Classi di Elementi Tecnici | 5 2 5 | | | | | |
| Edificio | IP | Classi di Elementi Techici | 5.2.5 | | | | | |
| Progetto | TRP | Codice MasterFormat | 32 84 13 | | | | | |
| Identificativo | TRP_IP_IRR_PP_MA_31.5_LF0 | | | | | | | |
| Codice Esistente | ND | Titolo MasterFormat | Drip Irrigation | | | | | |
| Affidabilità | 2 | Unità Tocnologicho | 5 3 | | | | | |
| Codice Padre Irrigazione | NA | Onita rechologiche | 5.2 | | | | | |

Figura 41 Proprietà d'istanza e tipo. Estratto da elaborato personale Revit.

4.4.6. Browser di Sistema

Nel modello dell'impianto d'irrigazione, è stata individuata un'unica tipologia di sistema idraulico, quello di mandata idronico, consultabile tramite il browser di sistema.

Quest'ultimo è organizzato tramite un menu a tendina (Figura 42), al vertice è indicato il nome del sistema, seguito dall'apparecchio idraulico che ne è la sorgente, sino a giungere ai terminali.

| Sistemi – Tubazioni | ~ | | |
|--------------------------------|----------|--------|--------|
| | | | |
| Sistemi | | Flusso | Dimen. |
| 🗄 [Non assegnata (0 elementi) | | | |
| 🖻 🛅 Tubazioni (1 sistemi) | | | |
| 😑 🔮 Mandata sistema idroni | 0 | | |
| 📄 🚱 Mandata sistema idi | onico 1 | Non c | |
| 🕒 TRP_IP_IRR_EV: A | C_3 | N/D | 40 mm |
| 🖳 🕒 TRP_IP_IRR_EV: A | C_3 | N/D | 40 mm |
| TRP_IP_IRR_IS: TE | _3.5-5.5 | N/D | 25 mm |
| 🕒 TRP_IP_IRR_IS: TE | _3.5-5.5 | N/D | 25 mm |
| 🕒 TRP_IP_IRR_IS: TE | _3.5-5.5 | N/D | 25 mm |
| 🕒 TRP_IP_IRR_IS: TE | _3.5-5.5 | N/D | 25 mm |
| 🕒 TRP_IP_IRR_EV: A | C_3 | N/D | 40 mm |
| 🕒 TRP_IP_IRR_EV: A | C_3 | N/D | 40 mm |
| 🕒 TRP_IP_IRR_IS: TE | _3.5-5.5 | N/D | 25 mm |
| 🕒 TRP_IP_IRR_IS: TE | _3.5-5.5 | N/D | 25 mm |
| 🕒 TRP_IP_IRR_EV: A | C_3 | N/D | 40 mm |
| 🕒 TRP_IP_IRR_EV: A | C_3 | N/D | 40 mm |
| 🕒 TRP_IP_IRR_EV: A | C_3 | N/D | 40 mm |
| 🕒 TRP_IP_IRR_EV: A | C_3 | N/D | 40 mm |
| 🕒 TRP_IP_IRR_IS: TE | _3.5-5.5 | N/D | 25 mm |
| 🕒 TRP_IP_IRR_IS: TE | _3.5-5.5 | N/D | 25 mm |
| TRP_IP_IRR_EV: A | C_3 | N/D | 40 mm |
| TRP_IP_IRR_EV: A | C_3 | N/D | 40 mm |
| 🕒 TRP_IP_IRR_EV: A | C_3 | N/D | 40 mm |
| TRP_IP_IRR_IS: TE | _3.5-5.5 | N/D | 25 mm |
| TRP_IP_IRR_IS: TE | _3.5-5.5 | N/D | 25 mm |
| TRP_IP_IRR_IS: TE | _3.5-5.5 | N/D | 25 mm |
| TRP_IP_IRR_EV: A | C_3 | N/D | 40 mm |
| TRP_IP_IRR_IS: TE | _3.5-5.5 | N/D | 25 mm |
| | 3.5-5.5 | N/D | 25 mm |

Figura 42 Browser di sistema idronico. Estratto da elaborato personale Revit. Capitolo 5. Modello Impianto d'irrigazione e raccolta delle acque reflue della Torre



Figura 43 Work flow Modellazione Irrigazione I.T. Elaborazione originale dell'autore.

5.1. Descrizione dell'impianto

L'impianto d'irrigazione e raccolta delle acque reflue, che interessa l'area degli interrati del parcheggio della torre, è rappresentato nel file CAD in (Figura 44). L'impianto ha il compito di irrigare la vegetazione, posta lungo la copertura del parcheggio e smaltire le acque reflue.

È dotato di un quadro di controllo, posto al secondo piano degli interrati della torre. Quest'ultimo ha il compito di coordinare, la pompa d'irrigazione sorgente dell'intero sistema e le tredici elettrovalvole, poste in pozzetti interrati lungo la copertura degli interrati torre e della corte interrata.



Figura 44 Rappresentazione dell'impianto d'irrigazione I.T. Estratto da elaborato personale Revit.

La sorgente del sistema d'irrigazione è una pompa dotata di una prevalenza di 50m, collocata in una vasca d'accumulo alimentata, tramite l'apertura di una saracinesca.

A partire da quest'ultima e dal quadro di controllo, si diramano due condutture, la tubazione principale in PE DE63 PN10, e il cavidotto contenente i cavi preposti al controllo delle elettrovalvole DN 50 mm. Lungo la copertura degli interrati Torre e della corte, sono presenti:

- irrigatori dinamici di gittata 7-14m;
- irrigatori dinamici di gittata 1.2-8.5m;
- irrigatori statici di gittata 3.5-5.5 m.

Tutti gli irrigatori sono collegati a condotte DE 40mm per mezzo di tubi dal DE 25mm. A completamento del sistema è stata utilizzata un'ala gocciolante che attraversa tutte le aree verdi.

5.2. Selezione dei dati

La fase di selezione dei dati è importante perché permette di creare un modello digitale che sia, il più fedele possibile alla realtà.

Nel caso in esame, l'impianto d'irrigazione del parcheggio della Torre, i dati sono stati forniti dalla Regione Piemonte, in formato PDF e CAD. A questi sono stati aggiunti i file rvt. relativi al progetto strutturale e all'architettonico, in modo da collocare il modello impiantistico all'interno dei modelli già esistenti relativi a gli interrati della torre.

5.2.1. Time-line di progettazione

L'impianto d'irrigazione degli interrati Torre è stato restituito in BIM, partendo dalla modellazione delle famiglie caricabili. Una volta selezionati i dati a disposizione, è stato eseguito uno studio per risalire al funzionamento dell'impianto, prestando particolare attenzione al ruolo gerarchico ricoperto da ogni istanza.

All'interno del modello relativo all'impianto d'irrigazione, è stato individuato un unico sistema idricosanitario di mandata rappresentato in (Figura 45) tramite il browser di sistema di Revit.

Building Information Modeling e l'interoperabilità tra software

| Browser di sistema - TRP_IT_IRR_CEN_LF00_LI03 | | | | | | | | |
|---|--------|------------|--|--|--|--|--|--|
| Sistemi V Tutte le discipline V | | | | | | | | |
| Sistemi | Flusso | Dimensione | | | | | | |
| H- 7 Non assegnata (0 elementi) | | | | | | | | |
| Meccanica (0 sistemi) | | | | | | | | |
| Tubazioni (1 sistemi) | | | | | | | | |
| 🖃 🖄 Mandata sistema idronico | | | | | | | | |
| TRP_IT_IRR_PO: SO_50 | N/D | 65 mm | | | | | | |
| 🖨 🚱 Mandata sistema idronico 1 | Non c | | | | | | | |
| TRP_IP_IRR_EV: AC_3 | N/D | 40 mm | | | | | | |
| TRP_IP_IRR_EV: AC_3 | N/D | 40 mm | | | | | | |
| TRP_IP_IRR_EV: AC_3 | N/D | 40 mm | | | | | | |
| | N/D | 25 mm | | | | | | |
| | N/D | 25 mm | | | | | | |
| | N/D | 25 mm | | | | | | |
| | N/D | 40 mm | | | | | | |
| | N/D | 25 mm | | | | | | |
| | N/D | 25 mm | | | | | | |
| | N/D | 25 mm | | | | | | |
| TRP_IP_IRR_EV: AC_3 | N/D | 40 mm | | | | | | |
| | N/D | 40 mm | | | | | | |
| | N/D | 25 mm | | | | | | |
| | N/D | 25 mm | | | | | | |
| | N/D | 25 mm | | | | | | |
| TRP_IP_IRR_EV: AC_3 | N/D | 40 mm | | | | | | |
| TRP_IP_IRR_EV: AC_3 | N/D | 40 mm | | | | | | |
| | N/D | 25 mm | | | | | | |
| | N/D | 25 mm | | | | | | |
| | N/D | 25 mm | | | | | | |
| | N/D | 25 mm | | | | | | |
| TRP_IP_IRR_EV: AC_3 | N/D | 40 mm | | | | | | |
| | N/D | 25 mm | | | | | | |

Figura 45 Sistemi di tubazioni IT. Estratto da elaborato personale Revit.

Al fine di ottenere una visualizzazione corretta e ordinata, degli elementi contenuti all'interno del browser di sistema, è stata fissata una scala gerarchica e la modellazione ha avuto inizio dall'istanza posta al gradino più basso, fino a risalire alla sorgente:

- Irrigatori statici e dinamici;
- Elettrovalvole;
- Quadro di controllo;
- Pompa idraulica;

Gli elementi di partenza sono i terminali, in questo caso gli irrigatori statici e gli irrigatori dinamici posti lungo la copertura degli interrati, e lungo la coorte interna alla struttura. La sorgente del sistema è invece, rappresentata dalla pompa idraulica, collocata all'interno di una vasca d'accumulo.

5.3. Modellazione MEP

La modellazione MEP è stata realizzata, applicando la stessa procedura descritta al capitolo precedente (3.4), composta dalle seguenti attività:

- Creazione del file di progetto e delle viste di pianta;
- Definizione dei livelli di dettaglio;
- Modellazione delle famiglie in Revit;
- Codifica delle famiglie e dei tipi;
- Organizzazione del Browser di Sistema.

5.3.1. Creazione del file di progetto e delle viste di pianta

Il file di partenza è un file vuoto, settato applicando la stessa procedura esposta al capitolo precedente, al quale si rimanda per maggiori informazioni (3.4.1). In seguito sono state create, in corrispondenza di ogni livello, le viste delle piante dei pavimento (Figura 46) . avendo l'accortezza di selezionare la disciplina idraulica.



Figura 46 Viste di pianta. Estratto da elaborato personale Revit.

Una volta settato il file di lavoro, nel piano occupato dall'impianto d'irrigazione, sono stati importati i file CAD, utili a ricostruire l'esatto posizionamento di ogni istanza.

5.3.2. Definizione dei livelli di dettagli (LOD)

Il caso studio in esame prevede l'applicazione di un livello di dettaglio pari al LOD C, per cui ogni entità è visualizzata graficamente, tenendo conto dell'ingombro geometrico che ricopre nella realtà e attribuendole delle caratteristiche quantitative e qualitative. A seguire, sono state inserite le proprietà LOG E LOI (Tabella 14) di una delle elettrovalvole modellate nel progetto, in modo da chiarire, quali siano le caratteristiche qualitative e quantitative a cui si fa riferimento.



Tabella 14 Scheda LOG-LOI Irrigazione IT. Elaborazione originale dell'autore.

5.3.3. Modellazione delle famiglie in Revit

Anche in questo caso si rimanda al capitolo precedente (3.4.3) al fine di chiarire la procedura adottata nella modellazione delle famiglie. Nello specifico, le istanze modellate per l'impianto d'irrigazione, appartengono a sette Categorie:

- La categoria delle tubazioni;
- La categoria dei raccordi di tubazione;
- La categoria degli apparecchi idraulici;
- La categoria degli accessori di tubazione;
- La categoria dell'apparecchio elettrico;

Modello Impianto d'irrigazione e raccolta delle acque reflue della Torre

- La categoria dei raccordi dei tubi protettivi;
- La categoria dei tubi protettivi.

A seguire la tabella (

Figura 47) riassume le famiglie caricabili oggetto della modellazione:

| | Pozzetti |
|------------|---------------------|
| Famiglie | Elettrovalvole |
| Caricabili | Irrigatori |
| | Quadro di Controllo |
| | Pompa idraulica |

Figura 47 Famiglie Modellate Elaborazione originale dell'autore.

Pozzetti

Le prime famiglie ad essere state modellate, sono state quelle dei pozzetti idraulici (Figura 48).



Figura 48 Pozzetto idraulico 1750x1450. Estratto da elaborato personale Revit.

I pozzetti caricati nel progetto, appartengono alla categoria dei modelli metrici generici, ne sono state definite dimensioni volumetria e materiali. Una volta modellati, sono stati caricati all'interno del modello architettonico degli interrati della Torre, prestando attenzione alla loro esatta posizione.

Elettrovalvola

L'elettrovalvola (Figura 49) è stata modellata con un basso livello di dettaglio, considerandone l'ingombro geometrico e come categoria d'appartenenza quella degli apparecchi idraulici.

Alle sue estremità sono stati inseriti, un connettore elettrico, con il quale è stato possibile collegarla al tubo protettivo a completamento del cavidotto e due connettori idraulici, in modo da poterla agganciare al sistema delle tubazioni



Figura 49 Restituzione MEP Elettrovalvola. Estratto da elaborato personale Revit.

Irrigatori

Gli irrigatori (Figura 50), sono stati modellati con un basso livello di dettaglio considerando l'ingombro geometrico e le connessioni necessarie all'inserimento delle tubazioni idrauliche.



Figura 50 Restituzione MEP irrigatore. Estratto da elaborato personale Revit. Sono state modellate due famiglie differenti, una con lo scopo di riprodurre gli irrigatori statici ed una gli irrigatori dinamici. Sono state modellate due famiglie differenti, una con lo scopo di riprodurre gli irrigatori statici ed una per gli irrigatori dinamici. Quest'ultima famiglia contiene al suo interno due differenti tipi di irrigatori dinamici, con differenti gittate:

- irrigatori dinamici di gittata 7-14m;
- irrigatori dinamici di gittata 1.2-8.5m.

Dal punto di vista gerarchico le famiglie degli irrigatori, rappresentano i terminali del sistema.

Quadro di controllo

Il quadro di controllo (Figura 51),è stato modellato con un medio livello di dettaglio, considerando l'ingombro geometrico. La categoria d'appartenenza è quella degli apparecchi idraulici. Ad un'estremità è stato inserito un elemento di connessione singolo per il tubo protettivo.



Figura 51 Quadro di controllo modellato in MEP. Estratto da elaborato personale Revit.

Pompa idraulica

La pompa idraulica (Figura 52), nel progetto è stata modellata con un medio livello di dettaglio, considerando l'ingombro geometrico. La categoria d'appartenenza è quella degli apparecchi idraulici. Ad un'estremità è stato inserito un elemento di connessione al fine di agganciarla alle tubazioni idrauliche.



Figura 52 Pompa idraulica modellata in MEP. Estratto da elaborato personale Revit.

5.3.4. Codifica delle famiglie e dei tipi

Per la codifica delle famiglie e dei tipi (Figura 53) è stata utilizzata la medesima procedura descritta la capitolo precedente (3.4.4), a cui si rimanda per maggiori dettagli. Fissate le regole di codifica da utilizzare, sono state compilate su Excel, diverse tabelle.



Figura 53 Codifica della famiglia dell'impianto IRR I.T. Estratto da elaborato personale Revit. Nelle pagine a seguire sono state inserite le codifiche del tipo (Tabella 15) e delle famiglie (Tabella 17), per quanto concerne le istanze elettriche, e le codifiche del tipo (Tabella 16) e delle famiglie (Tabella 18) per le istanze idrauliche.

| | TIPO | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Funzione | Codice Funzione | Caratteristica | Codice Caratteristic a | Nomenclatura Tipo | | | | | | | | |
| Accessorio | AC | Dispositivi da controllare | 37 | AC_37 | | | | | | | | |
| Raccordo | BA | Raggio | 25 | RA_25 | | | | | | | | |
| | | Raggio-Raggio | 26.5-25 | RA_26.5-25 | | | | | | | | |
| Tipo di | AL | Raggio | 25 | AL_25 | | | | | | | | |

Tabella 15 Codifica elettrica Tipo IRR I.T. Estratto da elaborato personale Excel.

| | TIPO | | | | | | | | | |
|------------|--------------------|----------------|------------------------------|----------------------|--|--|--|--|--|--|
| Funzione | Codice Funzione | Caratteristica | Codice Caratteristi ca | Nomenclatura Tipo | | | | | | |
| Associatio | 40 | Diametro | 65 | AC_65 | | | | | | |
| A008550110 | ~ | Diametro | 60 | AC_65 | | | | | | |
| Sorgente | SO | Prevalenza | 50 | SO_50 | | | | | | |
| Accessorio | AC | Uscite | 3 | AC_3 | | | | | | |
| | | | 7-14 | TE_7-14 | | | | | | |
| Terminale | TE | Gittata | 3.5-5.5 | TE_3.5-5.5 | | | | | | |
| | | | 1.2-8.5 | TE_1.2-8.5 | | | | | | |
| | | | 12.5 | RA_12.5 | | | | | | |
| | | | 20 | RA_20 | | | | | | |
| | | | 31,5 | RA_31,5 | | | | | | |
| | | | 32.5 | RA_32.5 | | | | | | |
| | | | 12.5 | RA_12.5 | | | | | | |
| | | | 20 | RA_20 | | | | | | |
| | | Raggio | 31,5 | RA_31,5 | | | | | | |
| Decenter | | | 32.5 | RA_32.5 | | | | | | |
| haccordo | | | 12.5 | RA_12.5 | | | | | | |
| | | | 20 | RA_20 | | | | | | |
| | | | 31,5 | RA_31,5 | | | | | | |
| | | | 32.5 | RA_32.5 | | | | | | |
| | | | 32.5 | RA_32.5 | | | | | | |
| | | | 20-12.5 | RA_20-12.5 | | | | | | |
| | | Raggio-Raggio | 31.5-20 | RA_31.5-20 | | | | | | |
| | | | 31,5-32,5 | RA_31,5-32,5 | | | | | | |
| | | | 12.5 | MA_12.5 | | | | | | |
| Tipo di | | Pageio | 20 | MA_20 | | | | | | |
| sistema | MA | Haggio | 31,5 | MA_31,5 | | | | | | |
| | | | 32.5 | MA 32.5 | | | | | | |

Tabella 16 Codifica idraulica Tipo IRR I.T. Estratto da elaborato personale Excel.

| | Nomenclatura Famiglia | TRP_IT_ELE_QC | TRP_IT_ELE_BR | TRP_IT_ELE_CT | TRP_IT_ELE_GT | TRP_IT_ELE_SC | TRP_IT_ELE_SQ | TRP_IT_ELE_ST | TRP_IT_ELE_TP |
|----------|-----------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| | Codice Famiglia | CC | BB | ст | GT | ы | Ŋ | ST | ЧL |
| FAMIGLIA | Famiglia | Quadro di controllo | Boccola di riduzione | Corpo Protettivo a T | Gomito Trazione | Scatola di giunzione Croce | Scatola di giunzione Raccordo a T | Scatola di giunzione Transizione | Tubazione |
| | Codice Discipli na | ELE | | | u ū | | | | ELE |
| | Disciplina | Elettrica | | | Clothion | LIEWICA | | | Elettrica |
| | Codice Edifici o | ΙT | | | F | = | | | ιı |
| | Edificio | Interrati Torre | | | loterati Torre | | | | Interrati Torre |
| | Codice Progetto | TRP | | | OQL | Ē | | | TRP |
| | Progetto | Torre Regione Piemonte | | | Torre Regione | Piemonte | | | Torre Regione Piemonte |
| | Tipologia di famiglia | Caricabile | | | Carloshilo | Calicanie | | | Sistema |
| | Codice categoria | AI | | | 0 | È | | | ЧШ |
| | Categoria | Apparecchi Elettrici | | Raccord tubi protettivi | | | | | Tubi protettivi |

Building Information Modeling e l'interoperabilità tra software

Tabella 17 Codifica Elettrica Famiglie IRR I.T. Estratto da elaborato personale Excel.

| | Nomenclatura Famiglia | TRP_IT_IRR_VN | TRP_IT_IRR_SA | TRP_IT_IRR_PO | TRP_IT_IRR_EV | TRP_IT_IRR_ID | TRP_IT_IRR_IS | าหค_เเ_เหห_ดด | TRP_IT_IRR_CA | TRP_IT_IRR_RQ | TRP_IT_IRR_IG | TRP_IT_IRR_TR | Tubazione |
|----------|-----------------------------|------------------------|---------------------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------|---------------|----------------------------|-----------------|------------------|---------------|-----------|
| | Codice Famiglia | NA | SA | PO | EV | Q | S | BG | Š | ä | ŋ | Ш | Π |
| FAMIGLIA | Famiglia | Valvola di non ritorno | Saracinesca per adduzione irrigazione | Pompa | Elettrovalvola | Irrigatori dinamici | Inigatori Statici | Gomito | Calotta | Raccordo a T | Innesto generico | Transizione | Tubatione |
| | Codice Discipli na | ă | | | 법 | | | | RR | | | | |
| | Disciplin a | Idraulioa | Iurauroa | | Idraulica | | | | ldraulica | | | | |
| | Codice Edifici o | L | = | | | F | | | | Ц | | | |
| | Edificio | Internsti Torre | | Interrati Torre | | | | | | Internati Torre | | | |
| | Codice Progetto | TED | | ЦВ | | | | | ТВР | | | | |
| | Progetto | Torre Regione | Piemonte | lorre Regione Piemonte | | | | | Torre Regione Piernonte | | | | |
| | Tipologia di famiglia | Carioshila | Calicable | | | Caricabile | | | | | | | Sistema |
| | Codice categoria | ΔT | ā | | ₹ | | | | | DL | | | |
| | Categoria | Accessori per | tubazioni | | Apparecchi idraulici | | | | Tubazione | | | | |

Tabella 18 Codifica idraulica Famiglie IRR I.T. Estratto da elaborato personale Excel.

5.3.5. Abachi

In accordo alle linee guida fissate dal BIM manager del progetto Torre, tutti gli abachi (Figura 54)

| | | <a< th=""><th>BC</th><th>C_(</th><th>CPF</th><th>۲_</th><th>IRR</th><th>_AI_</th><th>Abaco</th><th>o degli appare</th><th>cchi idraulici></th><th></th><th></th><th></th></a<> | BC | C_(| CPF | ۲_ | IRR | _AI_ | Abaco | o degli appare | cchi idraulici> | | | |
|---------------|---------|---|----|-----|-----|----|-------|-------|----------|---------------------|------------------|-----|------|----------------------|
| Α | В | С | D | Ε | F | G | Н | I | J | ĸ | L | Μ | Ν | 0 |
| Famiglia | Tipo | Prog | Ed | Co | Co | CI | Unità | Class | Codice | Titolo MasterFormat | Identificativo | Cod | Affi | Codice Padre Irrigaz |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| TRP_IP_IRR_EV | AC_3 | TRP | IT | AI | EV | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IT_IRR_EV_A | ND | 2 | TRP_IT_IRR_PO_A |
| TRP_IP_IRR_EV | AC_3 | TRP | IT | AI | EV | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IT_IRR_EV_A | ND | 2 | TRP_IT_IRR_PO_A |
| TRP_IP_IRR_EV | AC_3 | TRP | IT | AI | EV | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IT_IRR_EV_A | ND | 2 | TRP_IT_IRR_PO_A |
| TRP_IP_IRR_EV | AC_3 | TRP | IT | AI | EV | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IT_IRR_EV_A | ND | 2 | TRP_IT_IRR_PO_A |
| TRP_IP_IRR_EV | AC_3 | TRP | IT | AI | EV | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IT_IRR_EV_A | ND | 2 | TRP_IT_IRR_PO_A |
| TRP_IP_IRR_EV | AC_3 | TRP | IT | AI | EV | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IT_IRR_EV_A | ND | 2 | TRP_IT_IRR_PO_A |
| TRP_IP_IRR_EV | AC_3 | TRP | IT | AI | EV | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IT_IRR_EV_A | ND | 2 | TRP_IT_IRR_PO_A |
| TRP_IP_IRR_EV | AC_3 | TRP | IT | AI | EV | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IT_IRR_EV_A | ND | 2 | TRP_IT_IRR_PO_A |
| TRP_IP_IRR_EV | AC_3 | TRP | IT | AI | EV | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IT_IRR_EV_A | ND | 2 | TRP_IT_IRR_PO_A |
| TRP_IP_IRR_EV | AC_3 | TRP | IT | AI | EV | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IT_IRR_EV_A | ND | 2 | TRP_IT_IRR_PO_A |
| TRP_IP_IRR_EV | AC_3 | TRP | IT | AI | EV | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IT_IRR_EV_A | ND | 2 | TRP_IT_IRR_PO_A |
| TRP_IP_IRR_ID | TE_7-14 | TRP | IT | AI | ID | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IT_IRR_ID_TE | ND | 2 | TRP_IT_IRR_EV_A |
| TRP_IP_IRR_ID | TE_7-14 | TRP | IT | AI | ID | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IT_IRR_ID_TE | ND | 2 | TRP_IT_IRR_EV_A |
| TRP_IP_IRR_ID | TE_7-14 | TRP | IT | AI | ID | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IT_IRR_ID_TE | ND | 2 | TRP_IT_IRR_EV_A |
| TRP_IP_IRR_ID | TE_7-14 | TRP | IT | AI | ID | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IT_IRR_ID_TE | ND | 2 | TRP_IT_IRR_EV_A |
| TRP_IP_IRR_ID | TE_7-14 | TRP | IT | AI | ID | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IT_IRR_ID_TE | ND | 2 | TRP_IT_IRR_EV_A |
| TRP_IP_IRR_ID | TE_7-14 | TRP | IT | AI | ID | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP_IT_IRR_ID_TE | ND | 2 | TRP_IT_IRR_EV_A |
| TRP IP IRR ID | TE 7-14 | TRP | П | AI | ID | 5 | 5.2 | 5.2.5 | 32 84 00 | Planting Irrigation | TRP IT IRR ID TE | ND | 2 | TRP IT IRR EV A |

devono essere redatti considerando gli stessi parametri.

Figura 54 Esempio di Abaco degli apparecchi idraulici. Estratto da elaborato personale Revit.

Gli abachi realizzati nel modello dell'impianto d'irrigazione e raccolta delle acque reflue degli interrati della Torre sono:

- Abaco delle tubazioni;
- Abaco dei raccordi di tubazione;
- Abaco dei tubi protettivi;
- Abaco degli accessori di tubazione;
- Abaco dell'apparecchio elettrico;
- Abaco dei raccordi dei tubi protettivi;
- Abaco degli apparecchi idraulici.

Una volta creati gli Abachi con i rispettivi parametri, sono stati esportati dal software Revit, per essere importati su Excel.

Con quest'ultimo programma, sono stati compilati tutti i campi, eccetto il codice idraulico padre IRR, che è stato inserito per ultimo manualmente su Revit.

Al termine della procedura, gli abachi sono stati caricati definitivamente su Revit, in modo da poter individuare attraverso il pannello delle proprietà, tutte le informazioni inserite per ogni singola istanza, come indicato in (Figura 55), che mostra a titolo esemplificativo, le proprietà e le informazioni inserite per una tubazione di mandata del tipo MA_20.

| Tubazione MA 20 | | Parametri tipo | | | |
|-----------------------------|--------------------------|------------------------------|-----------------|--|--|
| Tubazione (1) | 🗸 🖯 Modifica tipo | Parametro | | | |
| Vincoli | * , | Teste | | | |
| Giustificazione orizzontale | Al centro | Testo | | | |
| Giustificazione verticale | Al centro | Codice Categoria | ТU | | |
| Livello di riferimento | LF00_000.00 | coulec categoria | | | |
| Offset | 154.5 | Codice Famiglia | TU | | |
| Offset iniziale | 154.5 | | | | |
| Offset finale | 179.7 | Classi di Unità Tecnologiche | 5 | | |
| Inclinazione | 1.8305% | ····· | | | |
| Testo | * | Unità Tecnologiche | 5.2 | | |
| Progetto | TRP | | E D E | | |
| Edificio | П | Classi di Elementi Techici | 5.2.5 | | |
| Identificativo | TRP_IT_IRR_TU_MA_20_LF00 | Codico MactorFormat | 22 04 12 | | |
| Codice Esistente | ND | Cource Masterronnat | 52 04 15 | | |
| Affidabilità | 2 | Titolo MasterFormat | Drip Irrigation | | |
| Codice Padre Irrigazione | NA | | | | |

Figura 55 Proprietà d'istanza e di tipo. Estratto da elaborato personale Revit.

5.3.1. Browser di Sistema

Nel caso studio in esame, è stata individuata un'unica tipologia di sistema idraulico, di mandata idronico.

Il browser è organizzato tramite un menu a tendina. Al vertice è posto il nome del sistema, seguito dall'apparecchio idraulico che ne è la sorgente sino a giungere ai terminali. Capitolo 6. Clash Analysis

Interoperabilità & Clash Detection



Figura 56 Work flow Clash Navisworks. Elaborazione originale dell'autore.



Figura 57 Work flow Clash Revit. Elaborazione originale dell'autore.

6.1. Model checking

Il Processo BIM prevede che a progetto ultimato ciascun elaborato, prodotto per disciplina, confluisca in un unico modello denominato modello federato. Quest'ultimo è sottoposto ad una procedura di controllo del contenuto informativo definita model checking (Figura 58) che comprende:

- BIM Validation;
- Code Checking;
- Clash Analysis.



Figura 58 Rappresentazione grafica del model checking. Fonte: https://bimon.it/model-checking-per-rendere-efficace-il-processo-bim/ [ultima consultazione il 25/06/2021]

L'elaborato di tesi si sofferma su quest'ultima operazione, definita come **Clash Analysis**, che permette di valutare se nel modello federato, vi siano fisicamente dei contatti tra elementi ed eventualmente, valutarne la loro entità.

La severità dei risultati ottenuti tramite l'analisi di Clash Detection, viene attribuita utilizzando una classifica, composta da tre livelli (Figura 59) di seguito introdotti:

- Workflow Clash Detection, è utile programmare le differenti fasi di posa, per evitare che nel corso della realizzazione del progetto, alcuni elementi, a causa della loro collocazione o dimensione, rendano difficoltoso il processo costruttivo.

- Soft Clash Detection in cui, elementi contigui rendano impossibili le operazioni di manutenzione, va risolto definendo i giusti margini si sicurezza.
- Hard Clash Detection rappresenta la reale compenetrazione tra differenti elementi costruttivi e può essere risolta con lo spostamento e pianificandone una diversa collocazione [11].

BIM clash detection



Figura 59 Livelli di Clash Detection.

Fonte: https://www.shelidon.it/splinder/wp-content/uploads/2015/05/2015-05-06-17_49_43-Clash-Detection-Levels.png [ultima consultazione il 25/06/2021]

Questo tipo di controllo permette di individuare in modo tempestivo, eventuali conflitti, e di risolverli in fase preliminare, in modo da evitare, l'insorgenza di quest'ultimi in cantiere, complicando la situazione organizzativa dal punto di vista progettuale ed economico.

6.2. Navisworks

Navisworks è un programma appartenente alla famiglia Autodesk, che permette di migliorare l'attività di coordinamento dei progetti BIM, poiché permette di controllare i dati implementati all'interno di un modello federato. È stato utilizzato in questo elaborato, con lo scopo di eseguire l'analisi di Clash Detection e testarne l'interoperabilità con i modelli restituiti tramite Revit, precedentemente introdotti. Anche in questo caso, come accennato per Revit al capitolo (2.3), al fine di evitare l'insorgenza di problemi di compatibilità tra file, si è preferito non utilizzare l'ultima versione del software, ma la versione di Navisworks del 2019. Il processo d'interoperabilità Navisworks- Revit è estato schematizzato di seguito in (Figura 60).



Figura 60 Processo test di interoperabilità su Navisworks. Elaborazione originale dell'autore.

6.3. Trasferimento dei dati

L'operazione preliminare all'analisi di **Clash Detection** vera e propria, consiste nell'esportazione dei dati relativi ai tre modelli MEP, restituiti tramite l'uso del software Revit.

Sia Revit che Navisworks, sono software prodotti da Autodesk, ciò dovrebbe garantire che non nascano conflitti tra file, durante il processo d'interoperabilità. È stata applicata la stessa procedura d'esportazione dei dati, per il modello dell'impianto geotermico IP, il modello dell'impianto d'irrigazione e raccolta delle acque meteoriche IP e in fine, per il modello dell'impianto d'irrigazione e raccolta delle acque meteoriche IT. Per ciascuno dei tre modelli analizzati, le estensioni utilizzate durante l'esportazione sono

sia l'estensione proprietaria NWC che quella open BIM IFC (Figura 61).



Figura 61 Formati d'esportazione dei modelli da Revit. Elaborazione originale dell'autore.

La procedura d'esportazione nel formato NWF è schematizzata nel diagramma. di (Figura 62).



Figura 62 Esportazione in formato NWC. Elaborazione originale dell'autore. La procedura d'esportazione nel formato IFC è schematizzata nel diagramma di (Figura 63).



Figura 63 Esportazione in formato IFC. Elaborazione originale dell'autore.

6.4. Controllo delle quantità

I tre modelli impiantistici, una volta caricati all'interno del software Navisworks sono stati sottoposti ad un controllo delle quantità, questa operazione è stata necessaria innanzitutto, per valutare la completezza dell'esportazione e per valutare la corretta visualizzazione degli elementi su cui verrà eseguita l'analisi al fine di eseguirla nel modo più corretto possibile.

Inizialmente l'operazione di controllo, è stata eseguita sul numero globale degli elementi, selezionando il modello importato tramite la colonna delle proprietà, è stato possibile leggere il numero di elementi di cui è composto 1750 in questo caso , rappresentato in (Figura 64).



Figura 64 Numero quantità importate. Estratto da elaborato personale Navisworks.

Per conoscere le quantità importate con un maggiore livello di dettaglio, facendo riferimento ad esempio alle singole categorie, è necessario selezionare il comando *Trova quantità* e fissare i parametri di ricerca come descritto nell'immagine (Figura 65).



Figura 65 Trova quantità.

Estratto da elaborato personale Navisworks.

Gli elementi così individuati possono essere esportati in diversi formati tra cui quello Excel, è necessario però organizzarli in tabelle tramite il comando *Quantification* e inserirli nella *Cartella di lavoro quantification* dal menù *Struttura di selezione* e fissare le impostazioni di progetto, la procedura è stata schematizzata in figura (Figura 66).



Figura 66 Analisi delle quantità. Estratto da elaborato personale Navisworks.

Il processo appena descritto è stato applicato per ciascuno dei tre modelli e per entrami i formati esportati NWC e IFC.

Il risultati ottenuti sono stati classificati in (Tabella 21).

| Quantità in Revit | | | | | | | |
|-------------------|------------|----------------|----------------|--|--|--|--|
| | Impianto | Impianto | Impianto | | | | |
| | Geotermico | Irrigazione IP | Irrigazione IT | | | | |
| Tubazioni | 1750 | 3.249 | 857 | | | | |
| Tubi Protettivi | - | 99 | 72 | | | | |
| Raccordi | 1775 | 3.237 | 831 | | | | |
| Tubazione | | | | | | | |
| Raccordi | - | 95 | 70 | | | | |
| Tub.prot. | | | | | | | |
| Apparecchi | 183 | 324 | 188 | | | | |
| Idraulici | | | | | | | |
| Accessori | 206 | - | 3 | | | | |
| Tubazione | | | | | | | |
| Apparecchio | - | - | 1 | | | | |
| elettrico | | | | | | | |

Tabella 19 Quantità Revit.

Elaborazione originale dell'autore.

| Quantità Navisworks Formato NWC. | | | | | | | |
|----------------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|--|--|--|--|
| | Impianto Geotermico | Impianto Irrigazione IP | Impianto Irrigazione IT | | | | |
| Tubazioni | 1750 | 3.249 | 857 | | | | |
| Tubi Protettivi | - | 99 | 72 | | | | |
| Raccordi | 1775 | 3.237 | 831 | | | | |
| Tubazione | | | | | | | |
| Raccordi | - | 95 | 70 | | | | |
| Tub.prot. | | | | | | | |
| Apparecchi | 183 | 324 | 188 | | | | |
| Idraulici | | | | | | | |
| Accessori | 206 | - | 3 | | | | |
| Tubazione | | | | | | | |
| Apparecchio | - | - | 1 | | | | |
| elettrico | | | | | | | |

Tabella 20 Quantità Navisworks NWC. Elaborazione originale dell'autore.

| Quantità Navisworks Formato IFC. | | | | | | | |
|----------------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|--|--|--|--|
| | Impianto Geotermico | Impianto Irrigazione IP | Impianto Irrigazione IT | | | | |
| Tubazioni | 1750 | 3.249 | 857 | | | | |
| Tubi Protettivi | - | 99 | 72 | | | | |
| Raccordi Tubazione | 1775 | 3.237 | 831 | | | | |
| Raccordi Tub.prot. | - | 95 | 70 | | | | |
| Apparecchi Idraulici | 183 | 324 | 188 | | | | |
| Accessori Tubazione | 206 | - | 3 | | | | |
| Apparecchio elettrico | - | - | 1 | | | | |

Tabella 21 Quantità Navisworks IFC. Elaborazione originale dell'autore.

Dal Confronto tra i dati elencati nella precedente tabella, si può notare che non si è verificata nessuna perdita d'informazione, nel trasferimento dei dati da un software all'altro. Questo risultato è garantito del fatto che sia Revit che Navisworks appartengono alla stessa casa madre.

6.5. Clash Detection in Navisworks

L'analisi delle interferenze è stata eseguita utilizzando tre modelli appartenenti a tre diverse discipline:

- modello impiantistico;
- modello architettonico;
- modello strutturale.

Ed ha interessato i tre modelli oggetto di studio del seguente elaborato.

Il passaggio preliminare è quello della creazione del file di progetto Navisworks sul quale eseguire l'analisi, realizzato selezionando in primo luogo i tre file da analizzare, il file contenente il modello impiantistico, quello del modello architettonico ed in fine quello strutturale.

In questa operazione è importante porre attenzione alla modalità con cui caricare i modelli da analizzare, i tre modelli devono risultare distinti e non uniti, in modo da evitare che il software li riconosca come un unico progetto e non riesca a valutarne le interferenze.

In seguito sono state fissate le regole per eseguire l'analisi.

6.5.1. Definizione regole

Tenendo conto delle tipologie di Clash Detection, esposte all'inizio del capitolo, al paragrafo (6.1), il primo passo per eseguire il controllo delle interferenze consiste, nel fissare le regole d'analisi, tramite l'Editor di Navisworks.

| Regole Seleziona Risultati R | apporto |
|---|--|
| Selezione A Standard | Selezione B K_L00 -dissociato Chiara.nwc I02 - Chiara.nwc I03 TRP_IP_ARC_CEN_LPARK_L00 -dissociato Chiara.nwc I03 TRP_IP_IDR_CEN_L00_L102 - Chiara.nwc |
| | |
| Impostazioni | |
| Tipo: Margine | e di spazio V Tolleranza: 0.050 m |
| Collegamento: Per inter | sezione (conservativa) (sec): 0,1 Esegui test |
| ✓ Interferenza Margine Duplicat | i di spazio |

Figura 67 Editor Clash. Estratto da elaborato personale Navisworks.

L'editor è composto da due finestre A e B in cui è necessario selezionale i modelli da sottoporre ad analisi.

Dal menu a tendina è possibile selezionare il tipo d'interferenza da analizzare:

- **Interferenza per Intersezione**, indica il conflitto che nasce tra due elementi che s'intersecano lungo un tratto superiore ai limiti di tolleranza imposti. La ricerca dell'intersezione viene condotta ricorrendo a dei triangoli che definiscono gli elementi;
- Interferenza per Intersezione Conservativa, a differenza della prima interferenza in questo caso, cambia il metodo di rilevazione del contatto. Non si fa più riferimento ai triangoli ma ad un metodo conservativo più adatto al caso delle tubazioni;
- Interferenza sui margini di spazio, in questo caso si va a fissare una tolleranza e verranno evidenziati nel modello tutti gli elementi che non la rispettano, anche se questi non collidono tra loro. Questo tipo di analisi è utile per gestire le attività di manutenzione;
- Interferenza tra duplicati, in questo caso l'interferenza nasce tra due sezioni geometricamente identiche rilevate all'interno di una prestabilita tolleranza [12];
Nel seguente lavoro di tesi sono state condotte due tipologie di analisi, una sulle intersezioni conservative ed una sui margini di spazio. La tolleranza è stata fissata a 5 cm e il procedimento è descritto in (Figura 67).

Al termine dell'analisi è possibile individuare visivamente le interferenze riscontate, selezionando dal menu a tendina l'interferenza, e leggendone le informazioni che la definiscono come ad esempio ID, categoria e tipo.

Il software permette di trattare le interferenze individuate, e le definisce come nuove, vecchie o risolte, ed in fine di esportarne i rapporti in diversi formati: XML, HTML, come testo o come fermo immagine (Figura 68).

| Ripristina tutto Comprimi tutto Elim | imina tutto | • |
|--|---|--------------------------------|
| Regole Seleziona Risultati Rapporto | | |
| Contenuto Repilogo Punto di interferenza Data rilevamento Assegnato a Data approvazione Approvato da Nome layer Percorso elemento ID elemento | Indudi interferenze Per i gruppi di interferenze indudi: Solo intestazioni di gruppo Indudi solo risultati filtrati Indudi questi stati: Indudi questi stati: Indudi questi stati: Indudi questi stati: Attivo Attivo Approvato | |
| Impostazioni di output Tipo di rapporto | Formato rapporto | |
| Tutti i test (separati) v | XML V XML HTML | |
| rato automaticamente: C:\Users\chiar\AppData\Roaming\Autod | HTML (tabella) 20 Testo save12.nwf Come fermi immagine | |

Figura 68 Esportazione Rapporto. Estratto da elaborato personale Navisworks.

6.5.2. Clash Impianto Geotermico

Il modello impiantistico del sistema geotermico è stato analizzato valutandone le interferenze con il modello architettonico e quello strutturale.

I tre modelli sono stati gestiti in fase di restituzione geometrica, tramite il software Revit prestando attenzione all'operazione di condivisione delle coordinate, questo ha facilitato le operazioni di sovrapposizione in Navisworks, garantendo un corretto posizionamento, rappresentato in (Figura 69).



Figura 69 Sovrapposizione dei modelli. Estratto da elaborato personale Navisworks.

Dall'analisi sono state individuate 317 interferenze per intersezione conservativa e 331 interferenze sui margini di spazio, tra il modello architettonico e quello geotermico.

In (Figura 70) è stato riportato a titolo esemplificativo, il risultato di una delle analisi di Clash eseguite.



Figura 70 Clash Impianto Geotermico. Estratto da elaborato personale Navisworks.

6.5.3. Clash Impianto d'irrigazione e raccolta acque IP

Il modello impiantistico del sistema d'irrigazione e raccolta delle acque reflue degli interrati del parcheggio della torre, è stato analizzato valutandone le interferenze con il modello architettonico e quello strutturale come fatto al paragrafo precedente (6.5).



Figura 71 Sovrapposizione dei modelli. Estratto da elaborato personale Navisworks.

I tre modelli sono stati importati condividendone le coordinate, in modo da facilitare le operazioni di sovrapposizione, e garantire un corretto posizionamento, rappresentato in (Figura 71).

| | | 2 | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---------------|----------------------|---------------|-------------|---------------|------------------|-----------|--|---|--|--------|-------|
| Clash Detective | | | | | | | | × 9; | | 1 | | |
| Verifica 1 | | | | | | | UI | tima esecuzione: mercoledi 7 luglio 2021 12:52:07 | | | | |
| | | | | | | | | Interferenze - Totale: 10 (Aperte: 10 Chiuse: 0) | | | | a to |
| alon | | | | | | | | | | | | |
| 8 Nome | Stato | Interfere | Nuevo | Attivo | Rivisto | Approva | Risolto | | | | | 5 6 |
| Verifica 1 | Fine | 10 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| 🔥 Verifica 2 | Obsoleta | 18 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| | | | | | | | | | | 11 100 | | |
| Anniunni test | Rioristica | tutto Como | ni tutto Elia | mina tutto | P Anniorna | tutto | | (B | - Alter | | | |
| La Aggiangi test | Coprincipal | torio compi | in tatto Lo | tona totto | - Aggiorna | totto | | (ep) | | | | |
| Regole Selezion | a Risultati | Rapporto | | | | | | | - Kumu | California (197 | | |
| | na na na | a) @ | . los I | | | | -D No | anna y 13 als 10 familia man itan | ET THE | - | | |
| [] Hoove groppe | 2.0 25 5 | 36 - af vosedi | | 1 | | | - We int | esono | | | 20112 | |
| Nome | 10 🖵 s | tato L | vello In | tersezi Tri | ovato | Approv | Evider | inziazione 💦 🔿 🔰 | 61973 | | MARTIN | |
| Interferenza | At | tivo 🝷 L | PARK T4 | 3-170 17 | 43:35 11-05-2 | 021 | E | Elemento 1 📕 Bemento 2 | 11101733 | | | |
| Interferenza. | 2 At | tivo 🔹 L | 00_+0 T3 | 3(-1) 17 | 43:35 11-05-2 | 021 | Unite | zza colori elementi | | A | | |
| Interferenza | At At | tivo + L | PARK T1 | 8-T69 17 | 43:35 11-05-2 | 021 | V Ev | videnzia tutte le interferenze | (B. W | lui / | | |
| Interferenza- | At | tivo + L | 00_+0 T2 | 9(2)-T 17 | 43:35 11-05-2 | 021 | | li si | A CONTRACT OF | | | |
| Interferenzal | 5 At | tivo 🕶 L | 00_+0 T2 | 5-T51 17 | 43:35 11-05-2 | 021 | Isolan | mento Ga | | | | |
| Interferenza | 5 At | tivo • L_ | PARK T2 | 6(2)-T 17 | 43:35 11-05-2 | 021 | Oscu | ura altri Nascondi altri S | | | | |
| Interferenza | 101 At | tivo 🔹 L | 00_+0 T2 | 9(-3) 17 | 43:35 11-05-2 | 021 | | Attenuazione trasparente 3 Aostra elementi nascosti automaticamente | | | | 6 |
| | | | | | | | 102 | | | | | d' |
| 👽 Elementi | | | | | | | | | | | | 7 8 |
| Elemento 1 | | V Evider | nzia | 62 | C D Elem | ento 2 | | V Evidenzia | | | | 51 |
| Elemento Nome: An | oaracchi idra | ulici | | | Flag | anto Nome Pa | vimenti | (*) | AA(50)-Fa(-68) : L 35_+149.45 | 1) | | a a a |
| Elemento Tipo: Cate | goria | | | | Ben | nento Tipo: Cate | goria | | X: 26,488 m Y: -112,065 m Z: 1 | 50.981 m | | |
| and early fisters | | a seconda seconda se | | | | tron in and | CER LOADY | 100 dimensions Chinese many | | A STREET WATCHING TO A STREET WATCHING | | 251 |

Figura 72 Clash Impianto IRR I.P. Estratto da elaborato personale Navisworks.

Dall'analisi sono state individuate 1369 interferenze per intersezione conservativa e 717 interferenze sui margini di spazio. In (Figura 72) è stato riportato a titolo esemplificativo, il risultato di una delle analisi di Clash eseguite.

6.5.4. Clash Impianto d'irrigazione e raccolta acque IT

Il modello impiantistico del sistema d'irrigazione e raccolta delle acque reflue degli interrati del parcheggio della torre, è stato analizzato valutandone le interferenze con il modello architettonico e quello strutturale come fatto al paragrafo (6.5).

I tre modelli sono stati importati condividendone le coordinate, in modo da facilitare le operazioni di sovrapposizione, e garantire un corretto posizionamento, rappresentato in (Figura 73).



Figura 73 Sovrapposizione dei modelli Estratto da elaborato personale Navisworks.

Dall'analisi sono state individuate 42 Interferenze per intersezione e 36 interferenze sui margini di spazio. In (Figura 74 è stato riportato a titolo esemplificativo, il risultato di una delle analisi di Clash eseguite.



Figura 74 Clash Impianto IRR IT Estratto da elaborato personale Navisworks.

6.5.1. Criticità e punti di forza

Navisworks offre la possibilità di verificare la presenza di eventuali contatti tra istanze appartenenti a modelli informati differenti. Il punto di forza va rintracciato nella capacità di fissare regole ben precise, tramite cui eseguire l'analisi, sia in termini di spazio da controllare che, in termini di tipo di interferenza da rintracciare. Questo fa sì che la collisione segnalata possa essere classificata in modo completo, come soft, hard o legata ai tempi di costruzione.

Affinché le interferenze siano rilevate è necessario però che appartengano a modelli differenti. Nella creazione del file su cui eseguire l'analisi, è fondamentale **aggiungere** i diversi progetti da analizzare e non **unirli**, per evitare che il software li legga come un unico modello e non sia in grado di valutare le compenetrazioni.

6.6. Clash Detection in Revit

I tre modellati impiantistici analizzati al capitolo precedente, sono stati in seguito sottoposti al controllo delle interferenze con lo stesso software utilizzato per la modellazione Revit. In questo caso non è stato necessario eseguire l'operazione d'esportazione e importazione dei dati. Sono stati infatti utilizzati i modelli prodotti e i relativi file ad essi collegati (rvt.) architettonico e strutturale. La procedura eseguita per valutare la Clash in Revit prevede di cliccare su $Collabora \rightarrow nell'area coordina segnare \rightarrow controllo delle interferenze \rightarrow dal menu$ a tendina selezionare le categorie di elementi da analizzare. Il procedimento èdescritto di seguito in (Figura 75).



Figura 75 Controllo interferenze in Revit Estratto da elaborato personale Revit.

Le interferenze rilevate non coincidono, in quantità a quelle evidenziate in Navisworks, per nessuno dei tre impianti. Il numero è notevolmente maggiore, e questo va rintracciato nella possibilità di valutare le interferenze tra elementi dello stesso modello. Di seguito sono stati inseriti i rapporti d'interferenza, tra le istanze interne ai tre modelli MEP, rispettivamente in (Figura 76) (Figura 77) è (Figura 78).

Rapporto di interferenza

File di progetto rapporto di interferenza: C:\Users\chiar\Desktop\GEO FINITO\TRP_IP_IDR_CEN_L00_L102 - Chiara - Copia.rvt Creato: giovedi 3 giugno 2021 12:08:34 Ultimo aggiornamento:

| | А | В |
|----|--|--|
| 1 | Tubazione : Tubazione : RI_55 : id 1496126 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1658544 |
| 2 | Tubazione : Tubazione : RI_55 : id 1496126 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1734770 |
| 3 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1515496 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1515594 |
| 4 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1515508 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1515609 |
| 5 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1515516 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1515620 |
| 6 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1515524 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1984185 |
| 7 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1518935 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1758399 |
| 8 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1518945 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1982484 |
| 9 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1519014 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1758399 |
| 10 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1531513 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1756458 |
| 11 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1531552 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1756388 |
| 12 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1536038 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1536487 |
| 13 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1536075 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1536448 |
| 14 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1536114 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1536409 |
| 15 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1536153 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1536372 |
| 16 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1536192 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1536335 |
| 17 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1547529 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1547594 |
| 18 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1547633 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1547698 |
| 19 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1558597 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1558820 |
| 20 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1558597 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1932120 |
| 21 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1927134 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1929836 |
| 22 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1927321 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1929954 |
| 23 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1927415 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1930015 |

Fine del rapporto di interferenza

Figura 76 Rapporto d'interferenza nel modello Geotermico Revit Estratto da elaborato personale Revit.

Rapporto di interferenza

File di progetto rapporto di interferenza: C:\Users\chiar\Desktop\IRRIGAZIONE\MEP\Sistema d'irrigazione interrati torre.rvt Creato: giovedi 3 giugno 2021 16:27:56 Ultimo aggiornamento:

| A | В |
|--|--|
| 1 Apparecchi idraulici : TRP_IP_IDR_IS : TE_3.5-5.5 - Contrassegno 4 : id 912021 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 922060 |
| 2 Apparecchi idraulici : TRP_IP_IDR_IS : TE_3.5-5.5 - Contrassegno 5 : id 912027 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 921730 |
| 3 Tubazione : Tubazione : MA_31.5 : id 924305 | Tubi protettivi : Tubo protettivo senza raccordi : AL_25 : id 973769 |
| 4 Tubi protettivi : Tubo protettivo senza raccordi : AL_25 : id 972699 | Raccordi tubo protettivo : M_Gomito trazione tubo protettivo - PVC : RA_25 : id 972710 |
| 5 Tubazione : Tubazione : MA_31.5 : id 974689 | Tubi protettivi : Tubo protettivo senza raccordi : AL_25 : id 975216 |
| | |

Fine del rapporto di interferenza

Figura 77 Rapporto d'interferenza IRR. Torre Revit Estratto da elaborato personale Revit.

Rapporto di interferenza

| _ | | |
|----|---|--|
| Г | A | В |
| 1 | Tubazione : Tubazione : RI_55 : id 1496126 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1658544 |
| 2 | Tubazione : Tubazione : RI_55 : id 1496126 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1734770 |
| 3 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1515496 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1515594 |
| 4 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1515508 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1515609 |
| 5 | Raccordi tubazione : M_Gomito - Generico : RA_20 : id 1515514 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1515594 |
| 6 | Raccordi tubazione : M Gomito - Generico : RA 20 : id 1515514 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1515609 |
| 7 | Raccordi tubazione : M_Gomito - Generico : RA_20 : id 1515514 | Raccordi tubazione : M_Gomito - Generico : RA_20 : id 1515615 |
| 8 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1515516 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1515620 |
| 9 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1515516 | Raccordi tubazione : M_Gomito - Generico : RA_20 : id 1515634 |
| 10 | Raccordi tubazione : M_Gomito - Generico : RA_20 : id 1515522 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1515609 |
| 11 | Raccordi tubazione : M_Gomito - Generico : RA_20 : id 1515522 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1515620 |
| 12 | Raccordi tubazione : M_Gomito - Generico : RA_20 : id 1515522 | Raccordi tubazione : M_Gomito - Generico : RA_20 : id 1515626 |
| 1 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1515524 | Raccordi tubazione : M_Gomito - Generico : RA_20 : id 1515634 |
| 14 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1515524 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1984185 |
| 1 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1515524 | Raccordi tubazione : M_Gomito - Generico : RA_20 : id 1984220 |
| 10 | Raccordi tubazione : M_Gomito - Generico : RA_20 : id 1515530 | Raccordi tubazione : M_Gomito - Generico : RA_20 : id 1515634 |
| 17 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1518935 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1758399 |
| 18 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1518945 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1982484 |
| 19 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1519014 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1758399 |
| 20 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1531513 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1756458 |
| 21 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1531552 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1756388 |
| 22 | Tubazione : Tubazione : MA 20 : id 1536038 | Tubazione : Tubazione : RI 20 : id 1536487 |
| 2 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1536038 | Raccordi tubazione : M_Gomito - Generico : RA_20 : id 1977357 |
| 24 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1536075 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1536448 |
| 25 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1536075 | Raccordi tubazione : M_Gomito - Generico : RA_20 : id 1977163 |
| 20 | Tubazione : Tubazione : MA 20 : id 1536114 | Tubazione : Tubazione : RI 20 : id 1536409 |
| 27 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1536114 | Raccordi tubazione : M_Gomito - Generico : RA_20 : id 1976974 |
| 28 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1536153 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1536372 |
| 29 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1536153 | Raccordi tubazione : M_Gomito - Generico : RA_20 : id 1976854 |
| 30 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1536192 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1536335 |
| 31 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1536192 | Raccordi tubazione : M_Gomito - Generico : RA_20 : id 1976815 |
| 32 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1547529 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1547594 |
| 3 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1547529 | Raccordi tubazione : M_Gomito - Generico : RA_20 : id 1960783 |
| 34 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1547633 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1547698 |
| 35 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1547698 | Raccordi tubazione : M_Gomito - Generico : RA_20 : id 1960684 |
| 30 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1558597 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1558820 |
| 37 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1558597 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1932120 |
| 38 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1558597 | Raccordi tubazione : M_Gomito - Generico : RA_20 : id 1932147 |
| 39 | Tubazione : Tubazione : RI_55 : id 1947684 | Apparecchi idraulici : TRP_IP_IDR_CR_AC_10 : AC_10 - Contrassegno 335 : id 1889250 |
| 40 | Tubazione : Tubazione : RI_55 : id 1926906 | Apparecchi idraulici : TRP_IP_IDR_CR_AC_10 : AC_10 - Contrassegno 336 : id 1889278 |
| 41 | Tubazione : Tubazione : MA_55 : id 1950321 | Apparecchi idraulici : TRP_IP_IDR_CM_AC_16 : AC_16 - Contrassegno 173 : id 1900909 |
| 42 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1927134 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1929836 |
| 4 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1927321 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1929954 |
| 44 | Raccordi tubazione : M_Gomito - Generico : RA_20 : id 1927338 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1929954 |
| 4 | Tubazione : Tubazione : RI_20 : id 1927415 | Tubazione : Tubazione : MA_20 : id 1930015 |
| i. | Recording the start of Country Country BA 20 . 14 1022434 | Tuberiene - Tuberiene - 3 53 - 20 - 14 1020015 |

File di progetto rapporto di interferenza: C:User: chia: Desknop GEO FENITO TRP_IP_IDR_CEN_L00_L102 - Chiara - Copia.rxt Creato: piovedi 3 gingno 2021 16:31:33 Ultimo aggiornamento:

Clash Analysis

Fine del rapporto di interferenza

Figura 78 Rapporto Interferenze IRR parcheggio Revit Estratto da elaborato personale Revit.

6.6.1. Criticità e punti di forza

Revit offre la possibilità di verificare la presenza di eventuali contatti tra le istanze di cui è costituito il singolo modello e tra modelli differenti. Non è possibile però stabilire le regole tramite cui eseguire tale controllo. Questo fa sì che la collisione segnalata non possa essere classificata come soft, hard o legata ai tempi di costruzione. Permette però di verificare in modo immediato se nella redazione del modello ci siano state compenetrazioni tra elementi, come ad esempio, un raccordo che collida con una tubazione o interferenze tra differenti tubazioni, ed eventualmente agire in modo immediato al loro spostamento. La software house Autodesk, promuove l'uso di questo strumento di collaborazione, per il controllo di elementi strutturali come pilastri controventi tetti e muri, sconsigliandolo invece per il controllo su modelli impiantistici, creati in area MEP.

6.7. Risultati Clash Detection

La tabella (Tabella 22) riassume le quantità di interferenze individuate in entrambi i software. L'analisi in Revit benché identifichi un numero più alto d'interferenze, non fornisce gli strumenti adeguati alla loro classificazione.

In Navisworks abbassando l'intervallo di controllo da 5cm a 1 cm, le collisioni per intersezione conservativa, individuate aumentano. Rimane comunque di 5 cm, il valore di tolleranza considerato più adeguato al tipo di struttura analizzata.

| Clash Detection | | | | | |
|---------------------|-------|----------------|--|--|--|
| Software | Revit | Navisworks | | | |
| Impianto Geotermico | 1080 | 648 | | | |
| Irrigazione Park | 5670 | 2086 | | | |
| Irrigazione Torre | 1626 | 78 | | | |
| | | Intervallo 5cm | | | |
| Software | Revit | Navisworks | | | |
| Impianto Geotermico | 1080 | 969 | | | |
| Irrigazione Park | 5670 | 3018 | | | |
| Irrigazione Torre | 1626 | 275 | | | |
| | | Intervallo 1cm | | | |

Tabella 22 Confronto risultati Clash Elaborazione originale dell'autore.

La tabella in (Tabella 23) sintetizza le potenzialità dei due software testati nell'ambito dell'interoperabilità, mettendone in luce punti di forza e criticità.

| | Clash Detection | |
|---------------------------------------|---|--|
| Software | Navisworks | Revit |
| Formati di lavoro | Lavora nel proprio formato Nwc. Supporta l'apertura del file Ifc. ma trasformandolo in un file Nwf. | Supporta file rvt. e Ifc. |
| Tempi import-export Nwc. | Pochi secondi è il formato proprio del software | Pochi secondi ma è necessario installare un estensione per riuscire a completare l'operazione |
| Tempi import-export Ifc. | Circa 30 minuti | Circa 30 minuti |
| Tipologie di analisi | Verifica la presenza di interferenze tra istanze appartenenti a modelli differenti | Verifica la presenza di interferenze tra le istanze di cui è costituito il singolo modello e tra modelli differenti |
| Categorie Esaminate | Tutte le categorie del modello | Tutte le categorie del modello |
| Regole d'analisi | È possibile fissare delle regole precise nell'analisi | Non si può agire in merito alle regole seguite nell'analisi |
| Classificazione tipologia di Clash | È possibile classificare le interferenze | Le interferenze non possono essere classificate |
| Formati d'esportazione Rapporti | XML, HTML,HTML(tab.) Fermi immagine | .html |
| Tempi di analisi | Pochi minuti | Pochi minuti |
| Tempi esportazione rapporti | Brevi ma risultano maggiori rispetto alle analisi in Revit | Brevi |
| Facilità d'impiego | Intuitivo e semplice da utilizzare | Intuitivo e semplice da utilizzare. Dotato di una guida on-line, con spiegazioni ed esempi. |

Tabella 23 Criteri di riferimento Clash Elaborazione originale dell'autore. Capitolo 7. Geo BIM

Interoperabilità & Geo-BIM



Tabella 24 Work flow Interoperabilità. Elaborazione originale dell'autore.

7.1. Test d'interoperabilità

In questa fase del lavoro di tesi, è stata testata l'interoperabilità Geo-BIM, sono state vagliate procedure e software differenti come Civil 3D, Navisworks e Novapoint, adoperando il modello dell'impianto Geotermico introdotto al (Capitolo 3).

NovapointQuadri

Novapoint è un software che permette di costruire un modello complesso dell'infrastruttura, come ad esempio superfici del terreno 3D, diversi strati del sottosuolo e strutture come impianti o edifici. Novapoint è integrato al server BIM e la piattaforma di collaborazione Trimble Quadri e questo semplifica le operazioni di coordinamento tra gli utenti coinvolti nella progettazione [13].



Civil 3D è un software di progettazione per l'ingegneria civile, che supporta il Building Information Modeling (BIM). Possiede diverse funzionalità integrate, tramite cui è possibile ottimizzare la progettazione. Un aspetto importante ai fini dell'elaborato, va rintracciato nel coordinamento tra pianificazione e costruzione, sfruttando i sistemi di coordinate condivisi [14].



Navisworks un programma appartenente alla famiglia Autodesk, che permette di migliorare l'attività di coordinamento dei modelli BIM, poiché permette di controllare i dati implementati dalle differenti professionalità coinvolte nel progetto e di eseguire attività di simulazione [15].

7.2. Interazione modello del terreno e Impianto Geotermico

Il primo obbiettivo in merito ai test d'interoperabilità, è stato quello di far interagire il modello del terreno esistente, con quello dell'impianto Geotermico. Per eseguire tale operazione è stato necessario esportare i due modelli a disposizione in differenti formati e verificarne eventuali perdite d'informazione. Le tre procedure di seguito descritte non hanno avuto inizialmente esito positivo, questo è legato al fatto che il modello Geotermico non era stato geo-referenziato in modo opportuno.

7.2.1. Modello federato su Novapoint

Il primo passaggio è stato quello di caricare all'interno del software Novapoint, il file contenente il modello del terreno esistente, nel formato quadri model (Figura 79). Prestando attenzione al controllo delle informazioni di progetto contenute dal file di partenza, in modo da valutare nel corso dei test d'interoperabilità, la completezza dei dati esportati sia in termini di attributi che di geometria.

Il passo successivo è stato quello di inserire nel modello del terreno il modello dell'impianto prodotto su Revit, precedentemente esportato tramite formato Ifc.



Figura 79 Modello del terreno.

Estratto da elaborato personale su Novapoint.

Quest'ultimo in un primo momento non era visibile in Novapoint, perché non geo-referenziato adeguatamente, ultimata l'operazione di geo-referenziazione e reimportando il modello nuovamente, tramite il comando *visualizza in 3D* è stato possibile visualizzare l'impianto geotermico (Figura 80).

Building Information Modeling e l'interoperabilità tra software



Figura 80 Importazione impianto Geotermico. Estratto da elaborato personale

Anche in questo caso è stato eseguito un controllo delle informazioni di progetto, appurandone la loro completezza, in termini di geometria e attributi. Lo schema di (Figura 81) sintetizza il processo d'interoperabilità adottato. Al termine delle operazioni sopra descritte è stato possibile completare l'importazione del modello dell'impianto Geotermico, all'interno del file contenente il modello del terreno.



Figura 81 Work flow Interoperabilità Novapoint. Elaborazione originale dell'autore.

7.2.2. Modello federato su Navisworks

Anche in questo caso i due modelli testati, provengono da piattaforme differenti con differenti formati. Il modello del terreno è stato caricato su Navisworks utilizzando il formato proprio del software l'Nwf. Il modello dell'impianto Geotermico invece, è stato esportato da Revit in due diversi formati Ifc. e Nwc. in modo da testare, i tempi d'esportazione e la completezza delle informazioni. La produzione del formato Nwc. è stata possibile grazie all'attivazione di un estensione di Revit, collocata tra le voci dei moduli aggiuntivi.

Una criticità riscontrata anche in questo caso, riguarda l'interazione non immediata tra i due modelli, avvenuta solo a seguito dell'operazione di georeferenzizione e la successiva reimportazione su Navisworks (Figura 82).



Figura 82 Interazione Terreno e Sonde in Navisworks. Estratto da elaborato personale Navisworks.

In entrambi i formati Ifc. e Nwc. il modello dell'impianto ha conservato immutate le caratteristiche geometriche e i rispettivi attributi. Lo schema di (Figura 83) sintetizza il processo d'interoperabilità adottato.



Figura 83 Work flow Interoperabilità Navisworks. Elaborazione originale dell'autore.

7.2.1. Modello federato su Civil 3D

In questo test, il modello dell'impianto Geotermico utilizzato è stato esportato da Revit sia in formato Ifc. che in formato dwg. entrambe le operazioni, sono state supportate dal software senza ricorrere all'installazione di componenti aggiuntive. Lo schema di (Figura 84) sintetizza graficamente il processo d'interoperabilità adottato.



Figura 84 Work flow Interoperabilità Civil 3D. Elaborazione originale dell'autore. Per quanto riguarda il modello del terreno, i file da caricare in Civil 3D, sono stati processati su due piattaforme differenti. Nel primo caso il software di partenza è stato Navisworks mentre nel secondo Novapoint.

Al termine delle operazioni d'esportazione il passo successivo, è stato quello di importare i modelli su Civil 3D.

Per tutti i formati esportati la geometria è stata mantenuta ma sono andate perse le informazioni relative agli attributi del modello (Figura 85).



Figura 85 Interazione terreno e sonde Civil 3D. Estratto da elaborato personale Civil 3D.

7.2.2. Modello federato su Revit

Quest'ultimo test d'interoperabilità è stato realizzato al fine di valutare l'interazione grafica tra il modello del terreno e quello dell'Impianto Geotermico. La procedura seguita, prevedeva la creazione di un nuovo file di progetto su Revit, in cui è stato inserito, come collegamento, il modello dell'impianto geotermico, precedentemente Geo-referenziato.



Figura 86 Modello del terreno Revit. Estratto da elaborato personale Revit.

Il modello del terreno visibile tramite Civil3D è stato esportato superficie per superficie ($output \rightarrow Esporta \rightarrow Esporta$ in Land XML \rightarrow è stata selezionata la superficie da esportare ed in fine creato il file). Il file così prodotto, una volta importato su Revit è stato trasformato in superficie topografica (Figura 86). Affinché la procedura d'import-export avesse esito positivo, è stato necessario installare l'estensione Site Designer, utile per introdurre all'interno del file di progetto Revit, gli strati di terreno in formato Land XML.



Figura 87 Work flow Interoperabilità Revit. Estratto da elaborato personale Navisworks.

7.3. Geo-referenziazione modello Geotermico

Come accennato ai paragrafi precedenti, l'interazione tra il modello del terreno e quello dell'impianto geotermico, non è si è verificata in modo automatico, come conseguenza dell'importazione dei diversi file su un unico foglio di lavoro. Nello specifico, l'impianto Geotermico non era visibile in nessuno dei tre software utilizzati, sebbene fosse stato correttamente importato. Questo perché il modello prodotto in Revit non era stato geo-referenziato adeguatamente per eseguire i test d'interoperabilità.

La criticità va riscontrata nel fatto che seppur il modello in esame, sia stato referenziato tramite l'acquisizione delle coordinate di progetto, nelle operazioni preliminari alla modellazione, l'operazione è risultata valida solo al fine di gestire i collegamenti tra modelli Revit e i file dwg.

Il software lavora con superfici di lavoro piatte e con un'ampiezza di circa 20 miglia quadrate, per questa ragione nei test d'interoperabilità, sono state riscontrate delle difficolta nella visualizzazione del modello dell'impianto Geotermico all'interno del modello del terreno.

Per ovviare a questo problema sono stati installati sia su Revit che su Civil 3D due differenti plug-in:

- Autodesk Shared Reference Point for Autodesk Revit;
- Autodesk Shared Reference Point for Autodesk Import from XML file.

7.3.1. Procedura di Geo-referenziazione

Il modello del terreno è stato aperto tramite Civil 3D, in seguito il modello dell'impianto Geotermico è stato importato all'interno dello stesso foglio di lavoro, come file dwg. utilizzando il comando *Xrif* tramite il quale è stato selezionato tra i riferimenti esterni (Figura 88).

Con l'applicazione di tale procedura, è stato finalmente possibile visualizzare i due modelli simultaneamente e nello stesso foglio di lavoro.



Figura 88 Comando Xrif. Estratto da elaborato personale Civil 3D.

Individuato il modello dell'impianto, questo è stato collocato manualmente all'interno della superficie del modello del terreno, sfruttando gli strumenti della modellazione tridimensionale tipici di Civil 3D [16].

Fatto ciò è stato utilizzato il plug-in per acquisire le coordinate dal modello del terreno. Cliccando sul riquadro degli strumenti \rightarrow Management of subscription extensions \rightarrow Autodesk Shared Reference Point, è stato indicato il punto da utilizzare per acquisire le coordinate e il punto quasi-Nord.

In fine l'operazione si è conclusa con l'esportazione dei dati (Figura 89) e la creazione di un file dal formato XML.

| Specifica coordinate condivise \times | Select Units and Confirm |
|---|--|
| Consente di riposizionare il progetto nelle coordinate condivise specificando i valori noti nel punto selezionato. Il progetto corrente si sposterà rispetto ai collegamenti posizionati globalmente. Nuove coordinate Nord/Sud: 61643.4 Est/Ovest: -240701.4 Quota altimetrica: -3003.3 | Selected Coordinates in WCS: Origin: X = 394475.0745 Y = 4986556.9600 Z = 218.5367 Rotation in XY Plane: 270.0000 (degrees) Select DWG Units: Millimeters (MM) Feet (FT) |
| Angolo tra il nord di progetto e il nord reale 16° 15' 44" Ovest ~ | Centimeters (CM) Inches (IN) |
| OK Annulla | OK Cancel |

Figura 89 Acquisizione coordinate. Estratto da elaborato personale Civil 3D. Per ultimare la procedura è stato necessario tornare al software Revit, aprire il modello dell'impianto geotermico e importare il file prodotto, tramite il plug-in *Import from XML file* tra i moduli aggiuntivi. Per renderlo corrente è stato necessario operare nell'area gestisci \rightarrow posizione progetto \rightarrow località \rightarrow sito selezionare il file XML importato \rightarrow rendi corrente (Figura 90).

| osizione | Condizioni atmosfer | riche Sito | | | | | | | |
|------------------------|---|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------|--------------|-------|----------------|----------|
| Utilizzato Potrebbe | o per la posizione e l' pro essere presenti pi | orientamento iù siti condivis | del proge si definiti ir | to all'inter i un proget | no del sito to. | e in relazio | ne ad | l altri edifio | ci. |
| Siti defin | iti nel progetto: | | | | | | | | |
| Interno | (corrente) | | | | | | | Dup | ica |
| MyShar | edRefPnt3 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Rinor | nina |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Elir | nina |
| | | | | | | | | Rendi o | corrente |
| Angolo t | ra il nord di progetto | e il nord real | e: | | | | | | |
| 0° 00' 0 | 00" Est | | \sim | | | | | | |

Figura 90 Acquisizione Revit. Estratto da elaborato personale Revit.

7.4. Visualizzazione dei dati Geotecnici

I dati geotecnici a disposizione, sono stati ricavati da relazioni tecniche preliminari alla realizzazione dell'impianto Geotermico. Al fine d'implementare il modello del terreno con queste informazioni, sono state seguite due strade differenti.

7.4.1. Dati a servizio dell'impianto Geotermico

I test d'interoperabilità Geo BIM, sono stati condotti a partire dai risultati ottenuti dalla caratterizzazione termica del sottosuolo. I modelli di simulazione utilizzati per lo studio del campo sonde, non prendono in considerazione i fenomeni radiativi e convettivi, che garantiscono gli scambi termici e considerano inoltre, il mezzo indagato omogeneo e isotropo ma il sottosuolo, per sua natura è un mezzo eterogeno.

Per queste ragioni il terreno è stato caratterizzato tramite la stima di grandezze apparenti, per cui rappresentative dell'applicazione progettuale:

- Temperatura Indisturbata;
- Capacità termica;
- Conducibilità Termica;
- Resistenza Termica della sonda posata;

Va precisato che quest'ultimo parametro rientra nella caratterizzazione, del sistema sonda-terreno che permette di valutare, gli ostacolati che il calore deve superare nel trasferimento dal terreno al glicole, il fluido termovettore utilizzato, attraversando il riempimento del foro e la parete di tubazione che costituisce la sonda stessa. Lo strumento di indagine, tramite il quale sono stati ottenuti i precedenti parametri è il Geothermal Response Test (GRT), in (Tabella 25) sono schematizzati i risultati [17].

Dal punto di vista geologico, il terreno in cui è sito il campo sonde è interessato da depositi riconducibili al Pleistocene, di tipo ghiaioso-sabbioso.

| Temperatura media indisturbata | 16.3 | °C |
|--------------------------------|-------|---------------------|
| Conducibilità Termica | 1.93 | W/mK |
| Resistività Termica Sonda | 0.075 | mK/W |
| Capacità termica volumica | 2.2 | MJ/m ³ K |

Tabella 25 Caratterizzazione termica. Elaborazione originale dell'autore.

7.4.2. Implementazione in Novapoint

Il primo passo è stato quello di digitalizzare i parametri geotecnici da utilizzare. Il modello del terreno fornito per eseguire i test d'interoperabilità, con il modello dell'impianto geotermico, era già stato modellato e codificato in precedenza. Giunti a questo punto della tesi, l'operazione più semplice con la quale implementare i dati geotecnici a servizio dell'impianto geotermico è stata quella di allegare, al modello del terreno esistente una tabella creata su Excel che li contenesse.

In seguito è stato caricato il modello del terreno di formato quadri model, su Novapoint e dal pannello delle proprietà, è stata selezionata la superficie alla quale attribuire i parametri in questione. L'importazione è avvenuta cliccando su quest'ultima con il tasto destro e selezionando l'opzione modifica task \rightarrow Aggiungi documentazione \rightarrow termina modifica.

Così facendo, tra gli allegati presenti nelle proprietà della superficie trattata, è possibile visualizzare il file, con i dati relativi all'impianto geotermico.

In questo modo è stato implementato in modo diretto il modello del terreno, sebbene la tabella Excel resti un file esterno. La (Figura 91) permette di individuare la sezione degli *Attachment*.



Figura 91 Parametri Geotecnici. Estratto da elaborato personale Novapoint.

7.4.3. implementazione in Revit

L'introduzione dei parametri geotecnici in Revit è stata più complessa, da momento che il software, non è stato creato per lavorare in questo tipo d'ambiente.

Revit è infatti un programma di progettazione parametrica che permette di restituire un progetto, in termini di geometria e codifica degli attributi.

Building Information Modeling e l'interoperabilità tra software

| Seleziona campi | | × | Parametri progetto | × |
|---|--|---|--|---------------------|
| Abaco delle topografie Selezionare campi disponibili da Topografia Campi disponibili: Area proiettata Capacità Ternica volumica Codice assieme Commenti sul tipo Contrassegno Contrassegno Contrassegno tipo Costo Descrizione Descrizione Descrizione Eamiolia | : Campi di Area sup Scavo/ri Conducit Temps fr fr fr fr tesistivit | abaco (in ordine): berficie porto netto pilità Termica atura Media Indisturbata la Termica Sonda | Parametri per gli elementi in Capacità Termica volumica Conducibilità Termica Sonda Resistività Termica Sonda Temperatura Media Indistur | duesto progetto: |
| | ОК | Annulla ? | OK Anr | nulla ? |
| | | <parcheggio></parcheggio> | • | |
| Α | B | C | D | Е |
| Area superficie | Scavo/riporto netto | Conducibilità Termic | Temperatura Media | Resistività Termica |
| | T | : | r | r |
| 20142.06 m² | 292436.43 m ^s | 1.93 W/m*k | 16.3 °C | 0.0750 m*k/W |

Figura 92 Introduzione Parametri in Revit. Estratto da elaborato personale Revit.

Partendo da quest'ultimo aspetto, sono stati creati dei parametri di progetto, pari al numero delle grandezze geotecniche, necessarie all'implementazione del modello del terreno, (*gestisci* \rightarrow *parametri di progetto* \rightarrow *aggiungi*). Ad ogni parametro è stato attribuito nome, tipologia di testo, e disciplina.

In fine i parametri così introdotti nel progetto, sono stati inseriti nell'abaco delle Topografie (*Vista →Abaco→ Abaco/quantità→ Categoria*). Come ultimo passaggio, è stato creato l'abaco delle sonde, delle tubazioni e del terreno (Figura 92).

7.5. Interazione Terreno-Impianto-Scavo

In questo paragrafo vengono descritte le procedure sostitutive, adottate nel calcolo dei volumi di scavo. Si parla di procedure sostitutive, dal momento che i software utilizzati, Novapoint e Revit, non prevedono uno strumento apposito per il calcolo dei volumi di terreno coinvolti nello scavo.

7.5.1. Novapoint e i volumi di scavo

Il volume di scavo è stato computato utilizzando il modello dell'impianto Geotermico allegato al modello del terreno. Il procedimento consiste nel tracciare manualmente una superficie geometrica, sfruttando gli strumenti di disegno *punto* o *superficie*. Il punto risulta più semplice da utilizzare se il volume di scavo da ricavare appartiene ad un edificio di base regolare. Nel caso studio analizzato nel corso dalla tesi, il modello di cui si vuole computare il volume di scavo è quello di un impianto idraulico, poco regolare sia in pianta che in sezione. Per questa ragione è stato preferibile operare sagomando l'area interessata dallo scavo in prossimità delle tubazioni, utilizzando come strumento di disegno la *Surface*, la sequenza di comandi utilizzati per eseguire tale operazione è la seguente:

 $(Modeling \rightarrow Element \ tools \rightarrow Draw \ object \rightarrow Result \ feature \rightarrow supported$ Excavation analysis result \rightarrow Surface \rightarrow finish).

Una volta tracciata la superficie è possibile espanderla lateralmente, selezionando il contorno appena tracciato, e indicandolo come baseline (Selezionare il disegno dal menu *Explorer* \rightarrow Tasto destro *Edit Task\rightarrow Edit\rightarrow Trim \rightarrow Indicare la baseline e tracciare di quanto si desidera l'offset\rightarrow Finish).*



Figura 93 Superficie di scavo. Estratto da elaborato personale Novapoit.

Questa operazione permette di ampliare i contorni tracciati, in modo da considerare gli spazzi necessari, per la movimentazione dei mezzi adoperati nell'operazione di scavo. Il programma di default considera la spaziatura di un metro che può essere modificata in modo intuitivo. Disegnate le superfici in corrispondenza delle sonde e delle tubazioni (Figura 93), il passaggio successivo è stato quello di creare una superficie vera e propria (Modeling \rightarrow Subsurface \rightarrow Elevation Imput \rightarrow Select Boundary \rightarrow Layer Material \rightarrow Finish).

In fine è stato creato il volume, tra le due superfici poste a quote differenti o in alternativa, selezionando la superficie più esterna e settando come elemento di confronto la quota a cui posizionarla, in modo da simulare lo scavo e creare il volume utilizzando un'unica area: ($Modeling \rightarrow Terrain \ tools \rightarrow Volumes$).

Il volume così creato, può essere visualizzato in 3D, in pianta e in tabella, risulta essere pari a circa 24000 m³ (Figura 94). Il dato ricavato fornisce una quantità indicativa utile alla programmazione e alla gestione del cantiere.

| Feature Type Name : FillLayer | | | | | |
|-------------------------------|------------|----------------|--|--|--|
| Attribute | Value | Unit | | | |
| Volume | 23,978.944 | m ³ | | | |
| Sum | 1 | | | | |

Figura 94 Volume di scavo in Novapoint. Estratto da elaborato personale Novapoit.

7.5.2. Revit e i volumi di scavo

Il volume di scavo computato con Revit, è stato ricavato utilizzando il modello dell'impianto Geotermico e importando da Civil 3D, il livello superficiale del modello del terreno, riproponendo la procedura descritta al paragrafo (7.2.2).

La superficie così importata è stata trasformata in superficie Topografica.

In seguito, il lavoro è stato eseguito sulla vista di cantiere ritagliando l'area interessata dal parcheggio (Volumetrie e cantiere \rightarrow Modellazione Cantiere \rightarrow Superficie Topografica \rightarrow Crea da importazione \rightarrow Seleziona istanza importata \rightarrow Chiudi). Una volta creata la superficie topografica, è stato necessario introdurre differenti fasi progettuali.

Di conseguenza, sono state create quattro fasi (Figura 95), una per ogni livello di scavo. La scelta di creare quattro fasi differenti è legata al fatto che Revit, calcola il volume di scavo e riporto facendo la differenza tra la superficie topografica in esame e quella appartenente alla fase precedente.

| | Nome | | |
|---|------------|--|--|
| 1 | Superficie | | |
| 2 | Parcheggio | | |
| 3 | Tubazioni | | |
| 4 | Sonde | | |

Figura 95 Fasi di scavo Estratto da elaborato personale Revit.

La prima fase denominata superficie, è quella a cui è stato associato lo stato vergine del terreno. In seguito sono stati introdotti nel progetto i livelli relativi alla base del parcheggio, alle tubazioni e alle sonde, in modo da creare per ognuno di essi un gemello del terreno vergine.

In ciascuna fase il gemello del terreno, è stato opportunamente sagomato in modo tale da riprodurre le porzioni di terreno interessate dallo scavo (Figura 96). Affinché Revit calcoli il volume di scavo, nel passaggio da una superficie alla successiva, quest'ultima deve risultare minore della precedente, altrimenti il volume ricavato sarà segnato dal software come volume di riporto.



Figura 96 Superfici di scavo. Elaborazione originale dell'autore.

Una volta portata a termine la procedura descritta, i volumi di scavo sono consultabili tra le proprietà della superficie topografica selezionata e dall'abaco delle superfici topografiche.

A titolo esemplificativo, si riporta l'abaco relativo al volume di scavo, valutato per alloggiare le tubazioni orizzontali dell'impianto Geotermico (Figura 97).

| <tubazioni></tubazioni> | | | | | | | |
|-------------------------|---------------------------|----------------------|-------------------|---------------------|--|--|--|
| Α | В | С | D | E | | | |
| Area superficie | Scavo/riporto netto | Conducibilità Termic | Temperatura Media | Resistività Termica | | | |
| | | | | | | | |
| 7776.67 m² | -135662.19 m ^s | 1.93 W/m*k | 16.3 °C | 0.0750 m*k/W | | | |
| 0.04 m² | -6.22 m ^s | 1.93 W/m*k | 16,3 °C | 0.0750 m*k/W | | | |

Figura 97 Abaco scavo tubazioni. Estratto da elaborato personale Revit.

In (Tabella 26) sono riassunti i valori del volume di terreno scavato, ricavati tramite Revit.

Anche qui come nel caso precedente il volume è di circa 22000m³.

Geo-BIM

| Volume tot. Sonde | 933,7421 | m3 |
|---------------------|----------|----|
| Volume tot. Scavato | 314003,4 | m3 |
| Volume tot. Geo | 21566,94 | m3 |

Tabella 26 Volumi di scavo Revit Elaborazione originale dell'autore.

Il volume così ricavato è pari al volume del terreno in banco. Affinché questo valore possa essere utilizzato a fini ingegneristici, è necessario trasformarlo in volume sciolto con la seguente formula:

Volume sciolto = *Volume in banco* \times (1 + *fill factor*)

Dove:

- volume in banco = 22000 m^3 ;
- fill factor = 1,1.

Il volume sciolto risulta pari a 25960 m³. Partendo da questo dato, ricavato tramite modellazione BIM, diventa possibile scegliere i mezzi da utilizzare per il movimento terre, valutarne i valori di produzione oraria e definirne i tempi di lavorazione. Tutte operazioni di simulazione che permettono, di gestire in modo efficiente le operazioni di programmazione lavori e gestione del cantiere.

7.6. Risultati Geo-BIM

I risultati dei test d'interoperabilità tra il modello dell'impianto Geotermico e il modello del terreno, sono stati sintetizzati in (Tabella 27) al fine di metterne in luce punti di forza e criticità riscontrate.

| Geo-BIM | | | | | | | |
|--|--|--|--|---|--|--|--|
| Software | Navisworks | Revit | Novapoint | Civil 3D | | | |
| Formati di lavoro | <u>Nwc.</u> <u>Nwf.</u> | <u>Rvt.</u> | <u>Quadri model.</u> | <u>dwg.</u> | | | |
| Estensioni utilizzate per l'esportazione e l'importazione | Nessuna | 1.Navisworks 2. Novapoint 3. Civil 3D | Nessuna | 1. Revit | | | |
| Formati utilizzati in Importazione | Ifc. Nwc. Nwf. | <u>Rvt.</u> <u>Ifc.</u> <u>Land XML.</u> <u>dwg.</u> | Quadri model. <u>Ifc.</u> <u>Land XML.</u> <u>dwg.</u> | <u>Ifc.</u> dwg. | | | |
| Formati utili in esportazione | Ifc. | <u>Ifc.</u> <u>dwg.</u> | <u>Ifc.</u> <u>Land XML.</u> <u>dwg.</u> | <u>Ifc.</u> dwg. | | | |
| Tempi import export Ifc. | In entrambe le operazioni di import export impiega circa 15 minuti. | In entrambe le operazioni di import export impiega circa 15 minuti. | In entrambe le operazioni di import export impiega circa 30 minuti. | Circa 60 minuti per l'import, e circa 30 minuti per l'export. | | | |
| Visualizzazione grafica | Geometria e Attributi | Geometria e Attributi | Geometria e Attributi | Geometria | | | |
| Versatilità | Impossibile l'uso per scopi diversi dai quelli per cui è stato ideato | Ottima la possibilità di adeguamento per fini diversi da quelli per cui è stato programmato | Buona la possibilità di adeguarne l'uso per i propri fini, con qualche difficoltà | Molto difficile l'uso per scopi diversi dai quelli per cui è stato ideato | | | |
| Facilità d'impiego | Intuitivo e semplice da utilizzare. | Intuitivo e semplice da utilizzare. Dotato di una guida, con spiegazioni ed esempi. | Non immediato e complesso da utilizzare nelle funzioni più avanzate. | Non immediato e complesso da utilizzare nelle funzioni più avanzate. | | | |

Tabella 27 Criteri di Riferimento Geo BIM. Elaborazione originale dell'autore. Geo-BIM

Capitolo 8. Conclusioni



8.1. Risultati e Sviluppi futuri

Testare la metodologia BIM e indagarne i processi d'interoperabilità tra software, rappresenta l'obiettivo del lavoro di tesi, descritto nel presente elaborato. Dal punto di vista concettuale l'attività di sperimentazione, è stata sviluppata in due fasi differenti. Nella prima, è stata sperimentata la metodologia BIM a partire, da tre modelli informati dell'area MEP appartenenti ad un caso studio reale, prodotti utilizzando un linguaggio comune, che ne garantisse l'interoperabilità. Quest'ultima, ha rappresentato il target da raggiungere nel primo step del lavoro, trasformandosi successivamente, nel punto di partenza, per la verifica dei test tra software. Nello specifico, lo studio dell'interoperabilità tra software, ha coinvolto due campi d'indagine estremamente diversi. Il primo tipicamente BIM legato al controllo delle interferenze, l'altro di tipo Geo-BIM, legato all'elaborazione di un modello federato, che consentisse l'interazione, tra il modello dell'impianto Geotermico e il modello del terreno.

L'attività di modellazione, ha posto l'accento sul concetto di codifica parametrica, espresso tramite formulazione tabellare, a completamento della riproduzione geometrica tradizionale. Ogni istanza appartenente al modello è stata infatti, caratterizzata con specifici parametri e prefissati livelli di dettaglio, che hanno permesso di trasmettere le informazioni su diverse piattaforme. In un contesto più ampio questa operazione permette a diverse figure professionali di coordinarsi in modo funzionale.

I test d'interoperabilità relativi alla Clash Detection, sono stati indirizzati alla verifica del corretto Import-Export dei dati, valutandone quantità è coerenza con il modello originario. Eseguire un controllo delle interferenze, tra elementi progettuali appartenenti alla stessa disciplina o a discipline differenti, semplifica le operazioni di gestione del cantiere, evitando che insorgano criticità nel corso delle fasi di costruzione montaggio e manutenzione dell'opera. Tra i software esaminati quello ritenuto più idoneo è Navisworks, sia in termini di visualizzazione dei dati che in termini di controllo sulle regole d'analisi.

I test d'interoperabilità relativi al Geo-BIM, sono stati indirizzati alla verifica della corretta importazione ed esportazione dei dati, alla loro visualizzazione e alla produzione di un modello federato, del quale a sua volta ne è stata testata la possibilità d'esportazione in diversi formati. L'operazione preliminare all'esecuzione dei test, è stata quella dall'implementazione del modello del terreno, con i dati a servizio dell'impianto geotermico. Operazione che ha evidenziato diverse criticità, risolte attraverso l'applicazione di procedimenti sostitutivi.

Il modello federato è stato in fine importato, sia su Revit che in Novapoint in modo da ricavare i volumi di scavo mobilitati nella costruzione dell'impianto geotermico. Per entrambi i software ancora una volta, sono stati applicati dei metodi supplitivi, poiché non era prevista una task adeguata a svolgere l'attività pianificata. Nonostante ciò l'interazione tra il modello del terreno e il modello dell'impianto non è stata quella sperata. In Novapoint, si è riscontrata una perdita della stratigrafia, legata all'impossibilità di creare una cavità nell'area di scavo. In Revit l'operazione ha permesso di conservare la superficie topografica e i parametri ad essa collegati.

Al termine di tutti i processi testati nel corso di questo elaborato, è stato prodotto un unico modello interdisciplinare tramite il quale, visualizzare in un'unica piattaforma tutti i dati progettuali a disposizione. La finalità, in accordo con la metodologia BIM, è stata quella di rendere fruibile a tutte le professionalità coinvolte, un quadro completo delle informazioni di progetto, da poter aggiornare in qualsiasi momento.

È doveroso, a conclusione di questo elaborato, ricordare le numerose criticità affrontate. A testimonianza del fatto, che gli strumenti adoperati risultino maggiormente conformi al campo dall'analisi strutturale.

In ambito civile, con particolare interesse verso la geotecnica, il settore si mostra ancora poco sviluppato. Le pubblicazioni scientifiche, in cui la geotecnica viene accostata al concetto di BIM sono davvero esigue, il numero scende esponenzialmente se l'area di ricerca, converge su applicazioni pratiche a supporto della progettazione geotecnica. I software analizzati non possiedono comandi specifici che permettano di eseguire le operazioni sperate, senza ricorrere a percorsi alternativi, per natura non immediati.

L'auspicio è quello di riuscire ad ampliare il settore dell'interoperabilità BIM, anche all'area Civile e Geotecnica. In modo che le software house forniscano
strumenti adeguati, volti a semplificare e ottimizzare le attività di progettazione, anche in questo ambito dell'ingegneria.

Conclusioni

Capitolo 9. Allegati



| Disciplina | | Nome oggetto | TRP_IP_GEO_SO |
|-----------------|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| | | Tipologia di famiglia | Caricabile |
| | | Livello di | |
| Idricosanitario | | sviluppo Baggiunto | С |
| | Livello di visualizzazione | Descrizione visualizzazione | Rappresentazione grafica |
| LOG | Basso | Elemento 2D | |
| | Medio | Elemento 3D approssimato | |
| | Alto | Elemento 3D definito | |
| | Parametro | | Codice parametro |
| | Progetto | | TRP |
| | Edificio | | IP |
| | Classi di unità tecnologiche | | 5 |
| | Unità tecnologiche | | 5.1 |
| | Classi di elementi tecnici | | 5.1.4 |
| LOI | Codice MasterFormat | | 23 21 13.13 |
| 101 | Titolo MasterF | ormat | Underground Hydronic Piping |
| | Codice Categ | goria | AI |
| | Identificati | vo | TRP_IP_GEO_SO_TE_3_LI02_0006.88_00111 |
| | Codice Pad | re | TRP_IP_GEO_CM_AC_10_LI02_0006.88_0003 |
| | Codice esiste | ente | ND |
| | Affidabilit | à | 2 |
| | Codice Famiglia | | SO |

9.1. Schede LOG-LOI Modello dell'Impianto Geotermico

| | | Nome oggetto | TRP_IP_GEO_GP |
|-----|------------------------------|-----------------------------|--|
| | Disciplina | | Caricabile |
| | | | |
|] | Idricosanitario | | С |
| | | Raggiunto | |
| | Livello di visualizzazione | visualizzazione | Rappresentazione grafica |
| LOG | Basso | Elemento 2D | Constance 1 = 808 Constance 1 = 808 Constance 2 = 786 Constance 2 = |
| | Medio | Elemento 3D approssimato | |
| | Alto | Elemento 3D definito | |
| | Parametro | | Codice parametro |
| | Progetto | | TRP |
| | Edificio | | IP |
| | Classi di unità tecnologiche | | 5 |
| | Unità tecnologiche | | 5.1 |
| | Classi di elementi tecnici | | 5.1.4 |
| LOI | Codice MasterFormat | | 23 21 13.33 |
| | Titolo MasterF | ormat | Ground-Loop Heat-Pump Piping |
| | Codice Categ | goria | AI |
| | Identificati | vo | TRP_IP_GEO_GP_AC_590_LI02_0006.88_00001 |
| | Codice Pad | lre | TRP_IP_GEO_EP_SO_22_ LI02_0006.88_0001 |
| | Codice esiste | ente | ND |
| | Affidabilit | à | 2 |
| | Codice Famiglia | | GP |

| | | Nome oggetto | TRP_IP_GEO_PZ |
|-----|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | Disciplina | | Caricabile |
|] | Idricosanitario | | С |
| | Livello di visualizzazione | Descrizione visualizzazione | Rappresentazione grafica |
| | Basso | Elemento 2D | |
| LOG | Medio | Elemento 3D approssimato | |
| | Alto | Elemento 3D definito | |
| | Parametr | 0 | Codice parametro |
| | Progetto | | TRP |
| | Edificio | | IP |
| | Classi di unità tec | nologiche | 5 |
| | Unità tecnolo | giche | 5.1 |
| | Classi di elementi tecnici | | 5.1.4 |
| LOI | Codice Master | Format | 23 21 16 |
| 101 | Titolo MasterF | ormat | Hydronic Piping Specialties |
| | Codice Categ | oria | AI |
| | Identificati | VO | TRP_IP_GEO_PZ_SM_152_LI2_00002 |
| | Codice Pad | re | NA |
| | Codice esiste | ente | ND |
| | Affidabilit | à | 2 |
| | Codice Fami | glia | PZ |

| | | Nome oggetto | TRP_IP_GEO_ZV |
|-----|----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | Disciplina | | Caricabile |
| | | | |
|] | Idricosanitario | sviluppo Raggiunto | С |
| | Livello di visualizzazione | Descrizione visualizzazione | Rappresentazione grafica |
| | Basso | Elemento 2D | |
| LOG | Medio | Elemento 3D approssimato | |
| | Alto | Elemento 3D definito | Ţ |
| | Parametr | 0 | Codice parametro |
| | Progetto | | TRP |
| | Edificio | | IP |
| | Classi di unità tec | nologiche | 5 |
| | Unità tecnolo | giche | 5.1 |
| | Classi di element | ti tecnici | 5.1.4 |
| LOI | Codice MasterF | Format | 118 21 16 |
| LOI | Titolo MasterF | ormat | Hydronic Piping Specialties |
| | Codice Categ | oria | AT |
| | Identificati | VO | TRP_IP_GEO_ZV_AC_40_LI2_00040 |
| | Codice Pad | re | NA |
| | Codice esiste | ente | ND |
| | Affidabilit | à | 2 |
| | | | 1 |

| Disciplina | | Nome oggetto | TRP_IP_GEO_CM_10 |
|------------|------------------------------|-----------------------------|--|
| | | Tipologia di | Caricabile |
| | Idricosanitario | | |
| I | | | \mathbf{C} |
| | | | |
| | visualizzazione | visualizzazione | Rappresentazione grafica |
| LOG | Basso | Elemento 2D | A REAL PROVIDE A REAL PROVIDA REAL PROVIDA REAL PROVIDE A REAL PROVIDA REAL PROV |
| | Medio | Elemento 3D approssimato | ALLER RALES |
| | Alto | Elemento 3D definito | |
| | Parametro | | Codice parametro |
| | Progetto | | TRP |
| | Edificio | | IP |
| | Classi di unità tecnologiche | | 5 |
| | Unità tecnologiche | | 5.1 |
| | Classi di elementi tecnici | | 5.1.4 |
| LOI | Codice MasterI | Format | 23 21 16 |
| | Titolo MasterF | `ormat | Hydronic Piping Specialties |
| | Codice Categ | goria | AI |
| | Identificati | ivo | TRP_IP_GEO _CM_10_LI02_006.88_00004 |
| | Codice Pad | lre | TRP_IP_GEO_ CM_10_LI02_006.88_00004 |
| | Codice esiste | ente | ND |
| | Affidabilit | zà | 2 |
| | Codice Famiglia | | ZV |

| | | Nome oggetto | TRP_IP_GEO_EP |
|-----------------|----------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| | Disciplina | | Caricabile |
| Idricosanitario | | Livello di sviluppo Raggiunto | С |
| | Livello di visualizzazione | Descrizione visualizzazione | Rappresentazione grafica |
| | Basso | Elemento 2D | |
| LOG | Medio | Elemento 3D approssimato | |
| | Alto | Elemento 3D definito | |
| | Parametro | 0 | Codice parametro |
| | Progetto | | TRP |
| | Edificio | | IP |
| | Classi di unità tec | nologiche | 5 |
| | Unità tecnolog | giche | 5.1 |
| | Classi di element | i tecnici | 5.1.4 |
| LOI | Codice MasterF | `ormat | $23\ 21\ 23$ |
| - | Titolo MasterF | ormat | Hydronic Pumps |
| | Codice Categ | oria | AI |
| | Identificati | vo | TRP_IP_GEO_EP_SO_22_LI2_00001 |
| | Codice Pad | re | TRP_IP_GEO_EP_SO_22_LI2_00001 |
| | Codice esiste | ente | ND |
| | Affidabilit | à | 2 |
| | Codice Fami | glia | EP |

9.2. Schede LOG-LOI Modello dell'Impianto d'Irrigazione e raccolta delle acque reflue del Parcheggio

| Disciplina | | Nome oggetto | TRP_IP_IRR_IS |
|------------|----------------------------|-----------------------------|--|
| | | Tipologia di | Caricabile |
| | | Livello di | |
| - | Idricosanitario | sviluppo | С |
| | | Raggiunto | |
| | Livello di visualizzazione | visualizzazione | Rappresentazione grafica |
| | Basso Elemento 2D | | |
| LOG | Medio | Elemento 3D approssimato | The second secon |
| | Alto | Elemento 3D definito | |
| | Parametro | | Codice parametro |
| | Progetto | | TRP |
| | Edificio | | IP |
| | Classi di unità tecno | ologiche | 5 |
| | Unità tecnologi | che | 5.2 |
| | Classi di elementi | tecnici | 5.2.5 |
| LOI | Codice MasterFo | rmat | 32 84 00 |
| | Titolo MasterFor | rmat | Planting Irrigation |
| | Codice Categor | ria | AI |
| | Identificative |) | TRP_IP_IRR_IS_TE_3.5-5.5_LF00_001.85_00004 |
| | Codice Padre | 9 | TRP_IP_IRR_EV_AC_3_LF00_001.85_00001 |
| | Codice esisten | te | NA |
| | Affidabilità | | 2 |
| | Codice Famigl | ia | ID |

| | | Nome oggetto | TRP_IP_IRR_EV | |
|-----|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--|
| | Disciplina | Tipologia di famiglia | Caricabile | |
| т | | | C | |
| | aricosanitario | Raggiunto | C | |
| | Livello di visualizzazione | Descrizione visualizzazione | Rappresentazione grafica | |
| LOG | Basso | Elemento 2D | | |
| | Medio | Elemento 3D approssimato | | |
| | Alto | Elemento 3D definito | | |
| | Parametro | | Codice parametro | |
| | Progetto | | TRP | |
| | Edificio | | IP | |
| | Classi di unità tecnologiche | | 5 | |
| | Unità tecnologiche | | 5.2 | |
| | Classi di elementi tecnici | | 5.2.5 | |
| LOI | Codice MasterFormat | | 32 84 00 | |
| 101 | Titolo MasterF | 'ormat | Planting Irrigation | |
| | Codice Categ | goria | AI | |
| | Identificati | VO | TRP_IP_IRR_EV_AC_3_LF00_001.85_00001 | |
| | Codice Pad | lre | TRP_IT_IRR_PO_AC_37_LI03_010.24_00001 | |
| | Codice esiste | ente | N/A | |
| | Affidabilit | zà | 2 | |
| | Codice Famiglia | | EV | |

9.3. Schede LOG-LOI Modello dell'Impianto d'Irrigazione e raccolta delle acque reflue della Torre

| | | Nome oggetto | TRP_IT_IRR_ID |
|-----------------|----------------------------|-------------------------------------|--|
| Disciplina | | Tipologia di famiglia | Caricabile |
| Idricosanitario | | Livello di sviluppo Raggiunto | С |
| | Livello di visualizzazione | Descrizione visualizzazione | Rappresentazione grafica |
| | Basso | Elemento 2D | |
| LOG | Medio | Elemento 3D approssimato | |
| | Alto | Elemento 3D definito | |
| | Parametro | | Codice parametro |
| | Progetto | | TRP |
| | Edificio | | IT |
| | Classi di unità tecn | ologiche | 5 |
| | Unità tecnologi | che | 5.2 |
| | Classi di elementi | tecnici | 5.2.5 |
| LOI | Codice MasterFo | ormat | 32 84 00 |
| | Titolo MasterFo | rmat | Planting Irrigation |
| | Codice Catego | ria | AI |
| | Identificativ | 0 | TRP_IT_IRR_ID_TE_TE_7-14 _L00_000.00_00001 |
| | Codice Padr | e | TRP_IT_IRR_ID_EV_AC_03 _L00_000.00_00004 |
| | Codice esister | ite | ND |
| | Affidabilità | | 2 |
| | Codice Famig | lia | EV |

| | | Nome oggetto | TRP_IT_IDR_EV |
|-----------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| | Disciplina | Tipologia di | Caricabile |
| | | Livello di | |
| Idricosanitario | | sviluppo Baggiunto | С |
| Livello di | | Descrizione | Demonstrations and free |
| | visualizzazione | visualizzazione | Kappresentazione grafica |
| LOG | Basso | Elemento 2D | |
| | Medio | Elemento 3D approssimato | |
| | Alto | Elemento 3D definito | |
| | Parametro | | Codice parametro |
| | Progetto | | TRP |
| | Edificio | | IT |
| | Classi di unità tecnologiche | | 5 |
| | Unità tecnologiche | | 5.2 |
| | Classi di elementi tecnici | | 5.2.5 |
| IOI | Codice MasterFormat | | 32 84 00 |
| LOI | Titolo Master | Format | Planting Irrigation |
| | Codice Cate | goria | AI |
| | Identificat | civo | TRP_IT_IRR_EV_AC_3_L00_000.00_00001 |
| | Codice Pa | dre | TRP_IT_IRR_PO_AC_37_LI03_010.24_00001 |
| | Codice esist | cente | ND |
| | Affidabili | tà | 2 |
| | Codice Famiglia | | EV |

| | | Nome oggetto | TRP_IT_IRR_PO |
|------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| Disciplina | | Tipologia di famiglia | Caricabile |
| I | Idricosanitario | | С |
| | Livello di visualizzazione | Descrizione visualizzazione | Rappresentazione grafica |
| | Basso | Elemento 2D | EQ EQ EQ EQ = = Sate = 1400 |
| LOG | Medio | Elemento 3D approssimato | |
| | Alto | Elemento 3D definito | |
| | Parametro | | Codice parametro |
| | Progetto | | TRP |
| | Edificio | | IT |
| | Classi di unità tecnologiche | | 5 |
| | Unità tecnologiche | | 5.2 |
| | Classi di elementi tecnici | | 5.2.5 |
| LOI | Codice MasterFormat | | 32 82 00 |
| | Titolo MasterF | Format | Irrigation Pumps |
| | Codice Categ | goria | AI |
| | Identificat | ivo | TRP_IT_IRR_PO_AC_37_LI03_010.24_00001 |
| | Codice Pac | lre | TRP_IT_IRR_PO_AC_37_LI03_010.24_00001 |
| | Codice esiste | ente | ND |
| | Affidabilit | tà | 2 |
| | Codice Famiglia | | РО |

| | | Nome oggetto | TRP_IT_ELE_QC | |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--|
| | Disciplina | Tipologia di famiglia | Caricabile | |
| Idricosanitario | | Livello di sviluppo Raggiunto | С | |
| | Livello di visualizzazione | Descrizione visualizzazione | Rappresentazione grafica | |
| LOG | Basso | Elemento 2D | Lunghezza = 300 | |
| | Medio | Elemento 3D approssimato | | |
| | Alto | Elemento 3D definito | | |
| | Parametro | | Codice parametro | |
| | Progetto | | TRP | |
| | Edificio | | IT | |
| | Classi di unità tecnologiche | | 5 | |
| | Unità tecnologiche | | 5.2 | |
| | Classi di elementi tecnici | | 5.2.5 | |
| LOI | Codice Maste | erFormat | 32 82 00 | |
| | Titolo Maste | erFormat | Irrigation Pumps | |
| | Codice Ca | tegoria | AI | |
| | Identific | ativo | TRP_IT_ELE_QC_AC_37_LI03_010.24_00001 | |
| | Codice F | adre | TRP_IT_ELE_QC_AC_37_LI03_010.24_00001 | |
| | Codice esi | stente | ND | |
| | Affidab | ilità | 2 | |
| | Codice Famiglia | | PO | |

Capitolo 10. Riferimenti



10.1. Riferimenti

- U. N. B. S. C. (NBIMS), «National BIM standard,» 2014. [Online]. Available: https://www.nationalbimstandard.org/about. [Consultato il giorno 2021 Giugno 2021].
- [2] O. A., Il futuro del disegno con il BIM per ingegneri e architetti, 2012.
- [3] M. d. i. e. d. trasporti, «mit.gov.it,» [Online]. Available: https://www.mit.gov.it/sites/default/files/media/normativa/2018-01/Decreto%20Ministro%20MIT%20n.%20560%20del%201.12.2017.pdf. [Consultato il giorno 27 06 2021].
- [4] «store.uni,» [Online]. Available: http://store.uni.com/catalogo/uni-en-iso-16739-1-2020?josso_back_to=http://store.uni.com/josso-securitycheck.php&josso_cmd=login_optional&josso_partnerapp_host=store.uni.c om. [Consultato il giorno 27 06 2021].
- [5] fuksas, «fuksas.com,» [Online]. Available: https://fuksas.com/newheadquarters-regione-piemonte/. [Consultato il giorno 27 06 2021].
- [6] «Regione Piemonte,» [Online]. Available: https://www.regione.piemonte.it/web/amministrazione/organizzazione/nu ovo-palazzo-della-regione-sede-unica/sede-unica-edifici-ambientiprincipali. [Consultato il giorno 27 06 2021].
- [7] R. Piemonte, «Nuovo palazzo per uffici Regione Piemonte lotto 3, Progetto Esecutivo di variante, Campo Geotermico Rete di collettamento orizzontale Relazione.,» Torino, 2012.
- [8] D. G. M., Il disegno e l'ingegnere. BIM Handbook for building and civil engineering students, Levrotto&Bella Editore, 2029.
- [9] Ingenio, «ngenio-web.it,» [Online]. Available: https://www.ingenioweb.it/18667-sistema-dei-lod-italiano-uni-11337-4-2017. [Consultato il giorno 27 06 2021].
- [10] P. EDILIZIO, «coursehero,» 1 Settembre 1981. [Online]. Available: https://www.coursehero.com/file/94140951/UNI-8290pdf/. [Consultato il giorno 26 Giugno 2021].

- [11] P. I., Metodologia BIM e interoperabilità per il controllo delle interferenze, Torino, 2020.
- [12] Autodesk, «Autodesk.com,» [Online]. Available: https://knowledge.autodesk.com/it/support/navisworks-products/learnexplore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2022/ITA/Navisworks/files/GUID-B13377D4-8AFA-4E95-8435-C6DC4DF26AF4-htm.html?us_oa=aknus&us_si=d4675f48-92a2-4ac1-be16-90c055d40301&us_st=interferenza%20. [Consultato il giorno 02 07 2021].
- [13] novapoint, «novapoint.com,» [Online]. Available: https://www.novapoint.com/products/. [Consultato il giorno 28 06 2021].
- [14] Autodesk, «Autodesk.itk.it,» [Online]. Available: https://www.autodesk.it/products/civil-3d/overview?us_oa=dotcomus&us_si=4a46676e-eee0-4e59-8922cafbdc165b41&us_st=Civil%203D&us_pt=CIV3D&term=1-YEAR. [Consultato il giorno 2021 06 2021].
- [15] Autodesk, «Autodesk.it,» [Online]. Available: https://www.autodesk.it/products/navisworks/overview?us_oa=dotcomus&us_si=125657e4-733d-4e5d-86d8-74f49a1be557&us_st=Navisworks&us_p&term. [Consultato il giorno 28 06 2021].
- [16] T. C., Modello Geo-BIM del sottosuolo e degli scavi della Torre della Regione Piemonte. strumenti e metodi per l'interoperabilità., Torino, 2019.
- [17] R. Piemonte, «Nuovo palazzo per uffici Regione Piemonte lotto 3, Progetto di dettaglio e montaggio (costruttivo), Relazione esiti GRT, Torino.,» Torino, 2021.

10.2. Bibliografia e Sitografia

- Molinari C. Elementi di cultura tecnica, Sistemi editoriali (2007).
- Osello A., Il futuro del disegno con il BIM per ingegneri e architetti, Dario Flaccovio Editore, 2012.

- Regione Piemonte (2012): Nuovo palazzo per uffici Regione Piemonte lotto 3, Progetto di dettaglio e montaggio (costruttivo), Relazione descrittiva delle opere, Torino.
- Osello A., Building Information Modeling. Geographic Information System. Augmented Reality per il Facility Management, Dario Flaccovio Editore, 2015.
- Whitbread S., Mastering Autodesk Revit MEP 2016, Sybex A Wiley Brand.
- L. Kirby, E. Krygiel, M. Kim, Mastering Autodesk Revit 2018, Sybex A Wiley Brand.
- A cura di Del Giudice M. Il disegno e l'ingegnere. BIM Handbook for building and civil engineering students, Levrotto&Bella Editore, 2019.
- Tundo C., Modello Geo-BIM del sottosuolo e degli scavi della Torre della Regione Piemonte. strumenti e metodi per l'interoperabilità, (2019).
- Palcau I., Metodologia BIM e interoperabilità per il controllo delle interferenze, (2020).
- https://www.logolynx.com/topic/revit+architecture#&gid=1&pid=3
- https://it.cleanpng.com/cleanpng-188i5u
- https://brandeps.com/logo/A/Adobe-PDF-File-Icon-01
- https://www.unitedfoodbank.org/word-document-logo
- https://www.bonificatanagro.it/amm-trasparente/corruzione/excellogo/
- https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/rvt-file-document-icon-vector-24675433
- https://logodix.com/logos/1208387
- https://www.bimcommunity.com/resources/load/318/navisworks

- https://it.dreamstime.com/t-di-don-e-faccia-o-buone-cattive-icone-con-sypositivo-negativo-image115626369
- https://www.ibimi.it/condividere-informazioni-per-rilevare-scontriclash-detection-the-bim-use-hit/
- https://www.shelidon.it/splinder/wp-content/uploads/2015/05/2015-05-06-17_49_43-Clash-Detection-Levels.png
- https://icon-icons.com/it/icona/strati/34402
- https://icon-icons.com/it/icona/strati/74900
- https://www.bimcollab.com/en/products/bimcollab-zoom
- https://www.familycomputercentre.com/engineering/autocad-civil-3d/
- https://medium.com/blaze-academy/what-is-bim-c979dbec9596
- https://fuksas.com/new-headquarters-regione-piemonte

10.3. Riferimenti Normativi

- UNI 8290-1(1981) A122 (1983) Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Classificazione e terminologia.
- ISO 16739-2013 Industry Foundation Classes (IFC) per la condivisione dei dati nei settori delle costruzioni e del facility management.
- UNI EN ISO 16739-2016 Industry Foundation Classes (IFC) per la condivisione dei dati nell'industria delle costruzioni e del facility management.
- MasterFormat ® Numbers & Titles April 2016.
- UNI EN ISO 16739-1-2020 Industry Foundation Classes (IFC) per la condivisione dei dati nell'industria delle costruzioni e del facility management Parte 1: Schema di dati.



Ringraziamenti

Prima di ogni cosa desidero ringraziare tutti coloro che mi hanno seguita in questi mesi di lavoro e hanno reso possibile la realizzazione di questa Tesi.

Un sincero grazie è rivolto alla Relatrice, la Prof.ssa Anna Osello, per avermi fatto conoscere la metodologia BIM, una realtà per me del tutto nuova e per avermi introdotta al gruppo di ricerca del laboratorio del DrawingTOthefuture concedendomi, in questo anno così particolare e segnato da tante restrizioni, la possibilità di lavorare il più possibile da remoto.

Ringrazio il Correlatore, il Ing. Matteo del Giudice, per disponibilità e la pazienza con cui mi ha seguita in tutti questi mesi. Il suo aiuto è stato fondamentale, a partire dalle prime fasi del lavoro di tesi, in cui mi ha guidata alla comprensione del metodo e alla modellazione degli impianti, fino alla sperimentazione dell'interoperabilità nelle fasi conclusive dell'elaborato. Lo ringrazio non solo per il supporto didattico ma anche per avermi motivata nei momenti di criticità.

Ringrazio il dott. Emanuele Bussi, per l'assistenza nelle fasi di codifica parametrica dei tre modelli MEP, per avermi procurato, i materiali e le linee guida su cui lavorare e per avermi supportato nell'utilizzo del software Revit.

Rivolgo un ringraziamento anche alla Dott.ssa Arianna Fonsati, per la disponibilità nel fornirmi il modello del terreno, necessario per indagare l'area Geo-BIM e per il supporto tecnico nell'uso del software Novapoint.

Vorrei ringraziare gli amici con cui ho condiviso questi anni a Torino per tutti i ritagli di spensieratezza ma anche gli amici che a distanza, mi hanno sempre spronata aiutandomi nei momenti difficili.

In fine il grazie più affettuoso va ai miei genitori, a cui è dedicata questa Tesi, li ringrazio per la fiducia, per avermi sostenuta in questi anni ma soprattutto, per la cosa più importante, il privilegio di aver potuto scegliere sempre in libertà.

Grazie Mamma e Grazie Papà.

Torino, 22 luglio 2021.

Chiara Andriolo