

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E AMBIENTALE
Department Of Civil, Environmental and Architectural Engineering

Corso di Laurea in Ingegneria Edile-Architettura



TESI DI LAUREA

**BIM BASED ENERGY MANAGEMENT: PIATTAFORME
CMMS E STANDARD IFC**

Relatore: prof. Carlo Zanchetta

**Laureando:
Belfiori Alessia**

ANNO ACCADEMICO 2021-2022

SOMMARIO

ABSTRACT	VII
INTRODUZIONE	1
CAPITOLO PRIMO ANALISI DELL'AMBITO DI RIFERIMENTO	3
1	QUADRO INFORMATIVO SULLA GESTIONE ENERGETICA IN ITALIA3
1.1	<i>Nascita figura dell'energy manager in Italia</i>3
1.2	<i>Quadro normativo sulla figura dell'energy manager</i>4
1.3	<i>Ruolo e compiti dell'energy manager</i>8
1.4	<i>L'Esperto in Gestione dell'Energia (EGE)</i>13
1.5	<i>Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia (FIRE)</i>15
1.6	<i>Energy Service Companies (ESCO)</i>18
1.7	<i>Sistemi di Gestione dell'Energia secondo la ISO 50001</i>20
1.8	<i>Audit Energetici</i>23
1.9	<i>Energy Management</i>26
2	MERCATO NAZIONALE DELLE RISORSE ENERGETICHE36
2.1	<i>Energia elettrica</i>36
2.2	<i>Energia Termica</i>39
2.3	<i>Aumento costi negli ultimi anni</i>40
2.4	<i>Influenza della guerra sul mercato energetico</i>42
3	BIM.....45
3.1	<i>Gestione del funzionamento e della manutenzione</i>47
3.2	<i>Facility Management</i>47
3.3	<i>Piattaforme CAFM e CMMS</i>51
4	UNIVERSITÀ DI PADOVA57
4.1	<i>Come è strutturata</i>57
4.2	<i>Energy Manager dell'università di Padova</i>58
4.3	<i>Dati sui consumi</i>66
4.4	<i>Consumi energia termica</i>68
4.5	<i>Strategia energetica</i>69
CAPITOLO SECONDO SINTESI DELLE CRITICITÀ, ASPETTI STRATEGICI, ASPETTI METODOLOGICI	71
1	PROBLEMATICHE RISCOSE72
1.1	<i>Problema dell'interoperabilità</i>72
1.2	<i>Problema dell'accessibilità e correttezza dei dati</i>73
1.3	<i>FM per la gestione delle strutture</i>74
CAPITOLO TERZO PROPOSTA DI UNA METODOLOGIA E APPLICAZIONE AD UN CASO STUDIO	79
1	STUDIO DELLE INFORMAZIONI80
1.1	<i>Documenti dell'energy manager</i>80

2	STUDIO DELLO STANDARD IFC	85
2.1	<i>Data Model</i>	86
2.2	<i>Archiviazione dati</i>	86
2.3	<i>Altri formati</i>	87
2.4	<i>Vantaggi</i>	88
2.5	<i>Struttura di IFC</i>	88
3	MAPPATURA DELLO SCHEMA IFC	93
3.1	<i>IfcProcess</i>	94
4	APPLICAZIONE CASO STUDIO	100
4.1	<i>Panoramica del formato IFC in Archicad</i>	101
4.2	<i>Integrazione con IfcOpenShell</i>	104
4.3	<i>Convalidatore di testo FZK Viewer</i>	109
4.4	<i>Interoperabilità tra lo standard IFC e Geoweb</i>	111
CAPITOLO QUARTO ANALISI CRITICA DEI RISULTATI		117
1	ANALISI CRITICA DEI RISULTATI	117
1.1	<i>Mappatura delle classi</i>	117
1.2	<i>Scrittura delle classi in IFC</i>	120
CAPITOLO QUINTO CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI		123
APPENDICI		125
1	APPENDICE 1 – MAPPATURA SCHEMA IFC DELLA DISCIPLINA DELL'ENERGY MANAGEMENT	125
1.1	<i>Relazione tra i Sistemi</i>	127
1.2	<i>Bolletta Fornitura Energia Elettrica</i>	129
1.3	<i>Contratto Fornitura Energia Elettrica</i>	131
1.4	<i>Contratto Servizio Energia Elettrica</i>	133
1.5	<i>Bolletta Fornitura Acqua</i>	135
1.6	<i>Contratto Fornitura Acqua</i>	137
1.7	<i>Contratto Servizio Acqua</i>	139
1.9	<i>Bolletta Fornitura Energia Termica</i>	141
1.10	<i>Contratto Fornitura Energia Termica</i>	143
1.11	<i>Contratto Servizio Energia Termica</i>	145
1.12	<i>Manuale d'Uso</i>	147
1.13	<i>Manuale di Manutenzione</i>	149
1.14	<i>Programma di Manutenzione</i>	151
1.15	<i>Schede di Manutenzione</i>	153
1.16	<i>Certificato di Collaudo</i>	155
1.17	<i>Schemi di Impianto</i>	157
2	APPENDICE 2 – CODICI PYTHON CON LE LIBRERIE DI IfcOPENSHELL	159
2.1	<i>Codice di Relazioni tra i Sistemi</i>	159
2.2	<i>Bolletta Fornitura Energia Elettrica</i>	161
2.3	<i>Codice del Contratto Fornitura Energia Elettrica</i>	164
2.4	<i>Codice del Contratto Servizio Energia</i>	168
2.5	<i>Codice del Manuale d'Uso</i>	171
2.6	<i>Codice del Manuale di Manutenzione</i>	172
2.7	<i>Codice del Programma di Manutenzione</i>	174
2.8	<i>Codice delle Schede di Manutenzione</i>	176
2.9	<i>Codice del Certificato di Collaudo</i>	177
2.10	<i>Codice Schemi di Impianto</i>	178

BIBLIOGRAFIA.....	179
INDICE ICONOGRAFICO.....	187
INDICE TABELLE.....	191

ABSTRACT

In questo lavoro di tesi viene trattato il tema dell'interoperabilità nell'ambito della gestione energetica degli edifici, nella fase post-costruzione. Inizialmente, viene spiegato chi è l'Energy Manager e qual è il suo compito all'interno di un'organizzazione, facendo anche una panoramica della normativa che ruota attorno alla sua figura. Viene spiegato cos'è il BIM (Building Information Model) e come può essere utilizzato nello svolgimento della pratica dell'energy management, oltre a come può essere integrato all'interno delle piattaforme CAFM (Computer Aided Facility Management) e CMMS (Computerized Maintenance Management System). Come terzo punto si è mostrata la situazione attuale nel mercato energetico, facendo delle considerazioni su come è mutata nel corso degli anni e per quali ragioni economiche e geo-politiche. Infine, è stato fatto un inquadramento generale su come è organizzata la gestione energetica degli edifici all'interno dell'Università di Padova, qual è l'ufficio competente che si occupa di questa disciplina e quali sono le mansioni che devono portare a compimento gli Energy Manager che fanno parte di questa organizzazione.

Uno dei problemi principali individuato durante la fase di gestione energetica delle strutture, è quella della reperibilità dei dati che servono nella fase di Operation e Management (O&M): per questo motivo la ricerca di lavoro, si pone come obiettivo quello di individuare una metodologia per archiviare documenti e informazioni da parte di tutti gli utenti che partecipano al ciclo di vita dell'opera. Per fare ciò, è stato individuato un formato file interoperabile con tutti i maggiori software di progettazione e di gestione dati, che si identifica nel formato IFC (Industry Foundation Classes), in modo che i vari professionisti possano leggere con i propri strumenti i documenti prodotti dagli altri utenti, creando un quadro informativo completo dei vari edifici sui cui si opera.

In seguito all'analisi di letteratura svolta è emerso che lo standard IFC non viene sfruttato nelle sue piene potenzialità, ma viene utilizzato quasi esclusivamente come formato file, in grado di importare i modelli BIM all'interno dei software di simulazione energetica. Mentre, sono stati individuati pochissimi articoli in cui gli autori lo utilizzano come database di archiviazione di dati, utili nello svolgimento della disciplina del facility management.

Dopo aver redatto una lista con i documenti e le informazioni, che l'energy manager deve gestire, è stata fatta una prima classificazione in Excel delle classi IFC verso le quali può essere indirizzato il dato; poi la referenziazione dei dati è stata messa in pratica all'interno del modello BIM, tramite l'utilizzo di Archicad e completata dalla scrittura di codici su Python, tramite le librerie di IfcOpenShell.

La sfida di questa ricerca è di verificare se la piattaforma Geoweb è interoperabile con il datamodel IFC, per quanto concerne l'archiviazione dei dati utilizzati nello svolgimento della disciplina dell'energy management.

Infine, sono stati commentati i risultati ottenuti evidenziando le criticità del processo sviluppato e discutendo quali potrebbero essere i possibili sviluppi futuri che la ricerca si potrebbe porre.

In this thesis work, the topic of interoperability in the energy management of buildings is dealt with, in the post-construction phase. Initially, it is explained who the Energy Manager is and what his role is within an organization, also giving an overview of the legislation that revolves around him. It explains what the BIM (Building Information Model) is and how it can be used in carrying out the practice of energy management, as well as how it can be integrated within the CAFM (Computer Aided Facility Management) and CMMS (Computerized Maintenance Management) platforms. System). The third point was the current situation in the energy market, making considerations on how it has changed over the years and for what economic and geo-political reasons. Finally, a general overview was made of how the energy management of buildings is organized within the University of Padua, which is the competent office that deals with this discipline, and which are the tasks that the Energy Managers who are part of this organization must carry out.

One of the main problems identified during the energy management phase of the structures is that of the availability of the data needed in the Operation and Management (O&M) phase: for this reason, the job search aims to identify a methodology for archive documents and information from all users who participate in the life cycle of the work. To do this, an interoperable file format has been identified with all the major design and data management software, which is identified in the IFC (Industry Foundation Classes) format, so that the various professionals can read the documents produced with their own tools by other users, creating a complete information picture of the various buildings on which the work is carried out.

Following the literature analysis carried out, it emerged that the IFC standard is not exploited to its full potential, but is used almost exclusively as a file format, capable of importing BIM models into energy simulation software. In the meanwhile, very few articles have been identified in which the authors use it as a data storage database, useful in carrying out the discipline of facility management.

After having drawn up a list with documents and information, which the energy manager must manage, an initial classification in Excel of the IFC classes to which the data can be addressed was made; then the data referencing was put into practice within the BIM model, using Archicad and completed by writing codes on Python, using the IfcOpenshell libraries.

The challenge of this research is to verify whether the Geoweb platform is interoperable with the IFC datamodel, as regards the storage of data used in carrying out the energy management discipline.

Finally, the results obtained were commented on, highlighting the criticalities of the process

developed and discussing what could be the possible future developments that the research could pose.

INTRODUZIONE

Il tema dell'interoperabilità risulta una delle problematiche principali per quanto concerne la gestione e condivisione dati nel mondo dell'edilizia. Questo problema viene riscontrato anche nel modo del facility management e più in particolare dell'energy management. Infatti, la gestione energetica all'interno delle diverse organizzazioni, risulta un compito fondamentale, in quanto una sua corretta pratica, permette di risparmiare notevoli somme di denaro e ridurre i consumi energetici, salvaguardando anche l'ambiente.

Gli utenti che partecipano al ciclo di costruzione o manutenzione di un edificio, utilizzano software diversi tra loro, che nella maggior parte dei casi non possiedono formati compatibili e questo complica il processo di condivisione dei documenti prodotti dai vari utenti.

Per risolvere questo problema legato all'interoperabilità risulta necessario individuare una metodologia per raccogliere tutti i dati in un unico formato standard che sia accessibile da tutti i professionisti coinvolti nel ciclo di vita dell'edificio. Per tale motivo si è deciso di approfondire, attraverso un'adeguata analisi di letteratura scientifica, gli studi e le analisi presenti oggi sul tema dell'energy management, tramite l'ausilio di piattaforme di gestione dati e di formati che permettano l'interoperabilità di dati e informazioni nel mondo della gestione energetica degli edifici. Si è posta una particolare attenzione nell'uso del BIM come metodo di gestione dei dati energetici, integrato con piattaforme CAFM (Computer Aided Facility Management) e CMMS (Computerized Maintenance Management System). Ma prima è stato fatto un inquadramento di tutto il quadro normativo riguardante la disciplina dell'energy management, individuando le figure professionali che operano nel settore (in particolare quella dell'Energy Manager) e gli enti preposti alla loro certificazione. Sono state indicate le metodologie e le procedure che bisogna mettere in atto, per l'implementazione di un sistema di gestione dell'energia secondo la ISO 50001 e come viene eseguito un Audit Energetico da parte dell'Esperto in Gestione dell'Energia (EGE), secondo il Decreto Legislativo 115/08.

Per comprendere al meglio l'ambito in cui gli Energy Manager operano, è stato svolto uno studio di come è strutturato il mercato energetico nazionale e quali sono i fattori che possono condizionare l'approvvigionamento delle risorse dal punto di vista economico. Questo è risultato utile anche per capire in che modo operano gli energy manager all'interno dell'Università di Padova e quali sono i fattori che devono tenere in considerazione durante l'applicazione degli interventi di efficientamento energetico.

L'obiettivo prefissato sarà quello di permettere, attraverso un modello IFC, la gestione dei dati e delle informazioni in modo da garantire una migliore interoperabilità attraverso questo formato di scambio standardizzato, in modo da creare un flusso continuo di dati tra gli operatori che partecipano al ciclo di vita dell'opera; ciò permetterà agli Energy Manager, in fase di gestione energetica, di avere accesso a tutti i dati e le informazioni necessarie per prendere delle decisioni più corrette e ponderate.

1 QUADRO INFORMATIVO SULLA GESTIONE ENERGETICA IN ITALIA

In Italia, come negli altri Paesi di tutto il mondo, la questione di salvaguardia ambientale e razionalizzazione delle risorse, è diventato uno dei temi principali negli ultimi anni. Infatti, un energy manager è un soggetto che ha il compito di gestire ciò che riguarda l'energia all'interno di una qualsiasi struttura, verificando i consumi, ottimizzandoli e promuovendo interventi mirati all'efficienza energetica e all'uso di fonti rinnovabili (Fire, n.d.).

1.1 Nascita figura dell'energy manager in Italia

L'energy manager in Italia è una figura nota e riconosciuta grazie all'obbligo di nomina istituito per legge a carico dei grandi utenti di energia. La sua figura è nata in seguito alle crisi energetiche degli anni '70, a causa dell'aumento dei prezzi dell'energia; le industrie, specialmente quelle a più elevate intensità energetiche, si sono trovate a rivalutare i loro consumi, attivando meccanismi di controllo e di gestione efficiente dell'energia, ovvero "l'Energy Management". Le azioni così avviate hanno coinvolto anche le associazioni di categoria, come Confindustria in Italia, ed hanno spinto i primi Energy Manager incaricati, che dovevano impostare ed avviare le prime attività, a consultarsi tra di loro portando alla nascita delle loro associazioni professionali, all'inizio degli anni '80: l'AIGE¹ a Torino e l'EMC² a Roma. Con l'aiuto di queste associazioni si sono raggiunti risultati molto importanti che hanno portato ad una riduzione complessiva di circa il 20% dei consumi nel settore industriale nel decennio successivo (Picchiolotto, 2017).

In seguito, con la legge del 29 maggio 1982, n°308, viene introdotta la prima legge sul risparmio energetico: "*Norme sul contenimento dei consumi energetici, lo sviluppo delle fonti rinnovabili di energia e l'esercizio di centrali elettriche alimentate con combustibili diversi dagli idrocarburi*" (Repubblica Italiana, 1982). Veniva resa obbligatoria la nomina dell'energy manager da parte di tutte le industrie con più di 1000 dipendenti o più di 10000 tonnellate equivalenti di petrolio (tep) di consumi totali di energia primaria all'anno, anche se la legge era molto vaga e non era stata supportata da direttive e controlli.

¹ Associazione Italiana dei Gestori dell'Energia.

² Energy Manager Club.

Successivamente i prezzi del petrolio ebbero una discesa, così i risultati ottenuti furono soggetti ad un calo di attenzione in ambito energetico. Ma la riconosciuta importanza strategica della funzione di Energy Management ha indirizzato ENEA³ a riprendere l'iniziativa collaborando con AIGE ed EMC, formando così la FIRE⁴ nel 1988.

1.2 Quadro normativo sulla figura dell'energy manager

Come appena spiegato la prima norma italiana che ha imposto l'introduzione della figura degli energy manager, fu la legge 29 maggio 1982, n°308, ma poi essa fu sostituita da una più completa che ne definiva in modo preciso il ruolo, ovvero la legge 10/1991.

1.2.1 Legge 10/1991

Con l'introduzione della legge 10/1991, si ebbe un salto di qualità per quanto riguarda la definizione del ruolo dell'energy manager; essa prevedeva l'obbligo di nomina a tutti gli utenti dei settori civile, terziario e pubblica amministrazione caratterizzati da più di 1000 tep di consumi energetici nel settore primario all'anno, mentre per il settore industriale questa soglia era fissata ai 10000 tep. Inoltre, definisce la figura del "*Tecnico responsabile per la conservazione e l'uso razionale dell'energia*" come i soggetti che "*individuano le azioni, gli interventi, le procedure e quanto altro per promuovere l'uso razionale dell'energia, assicurando la predisposizione di bilanci energetici in funzione anche dei parametri economici e degli usi energetici finali, predispongono i dati energetici di cui al comma 2*" (Repubblica Italiana, 1991).

In questo caso la norma fu supportata da due circolari del Ministero dell'Industria del Commercio e Artigianato:

- Quella del 2 marzo 1992 n°219/F, dava alcune indicazioni sui compiti dell'Energy Manager ed il suo profilo professionale (Repubblica Italiana, 1992);
- Mentre quella del 3 marzo 1993 n°226/F, delegava alla FIRE l'acquisizione delle nomine annuali degli Energy Manager (Repubblica Italiana, 1993).

1.2.1.1 Articoli abrogati nella legge 10/1991

La norma è tutt'ora in vigore, ma alcuni suoi articoli sono stati soppressi dal d.lgs. n. 192 del 2005, in particolare gli articoli riguardanti la certificazione delle opere e collaudo e la certificazione

³ Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile: ente di diritto pubblico finalizzato alla ricerca, all'innovazione tecnologica e alla prestazione di servizi avanzati alle imprese, alla pubblica amministrazione e ai cittadini nei settori dell'energia, dell'ambiente e dello sviluppo economico sostenibile.

⁴ Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia; è un'associazione tecnico-scientifica indipendente e senza finalità di lucro, che è stata riconosciuta giuridicamente. Il suo scopo è promuovere l'uso efficiente dell'energia, supportando attraverso le attività istituzionali e servizi erogati chi opera nel settore e promuovendo un'evoluzione positiva del quadro legislativo e regolatorio.

energetica degli edifici.

Mentre il d.lgs. n. 48 del 2020 ha sostituito l'articolo riguardante la relazione tecnica sul rispetto delle prescrizioni.

1.2.2 Circolare MISE 2014

Il più recente quadro normativo in merito alla nomina del responsabile per la conservazione e l'uso razionale dell'energia è definito dalla Circolare del Ministero dello sviluppo economico del 18 dicembre 2014, essa prevede che: *“entro il 30 aprile di ogni anno i soggetti operanti nei settori industriale, civile, terziario e dei trasporti che nell'anno precedente abbiano registrato un consumo di energia primaria rispettivamente a 10000 tep per il settore industriale e a 1000 tep per tutti gli altri settori previsti, devono comunicare al Ministero dello sviluppo economico il nominativo del tecnico responsabile per la conservazione e l'uso razionale dell'energia”*(Ministero dello Sviluppo Economico, 2014). Inoltre, la circolare evidenzia il ruolo della FIRE, quale soggetto incaricato alle attività di gestione e di sensibilizzazione rivolte ai responsabili per la conservazione e l'uso razionale dell'energia. La FIRE pubblica annualmente sul proprio sito l'elenco dei soggetti che hanno effettuato la nomina.

La circolare fornisce una serie di chiarimenti per quanto riguarda l'obbligo di nomina degli Energy Manager (Ministero dello Sviluppo Economico, 2014):

1. La nomina del Responsabile e la relativa comunicazione annuale è obbligatoria per tutti i soggetti che operino nel settore industriale, civile, terziario e dei trasporti che nell'anno precedente abbiano superato le soglie di consumi energetici imposti da legge;
2. Soggetti obbligati sono tutti i consumatori d'energia sia pubblici che privati, con o senza personalità giuridica, in quanto possibili centri di imputazione di diritti ed obblighi, non si considerano soggetti obbligati i gruppi societari, in quanto l'esistenza di rapporti di controllo non implica a questi fini l'individuazione di un soggetto diverso dalle singole società controllate o controllanti. L'obbligo prescinde dalla circostanza che lo stesso sia o meno proprietario, o ne abbia gestione, delle strutture che utilizzano l'energia;
3. L'obbligo di comunicazione grava sui soggetti e non sulle loro articolazioni organizzative interne. Per i soggetti obbligati diversi dalle persone fisiche la responsabilità della nomina e della comunicazione grava sull'organo che può esprimere all'esterno la volontà, quindi sul rappresentante;
4. Ai fini dell'individuazione dei soggetti obbligati è da ritenere che il consumatore sia il soggetto in posizione di acquirente nel contratto di fornitura della fonte

energetica, sempreché questa fonte sia effettivamente utilizzata, ma anche chi utilizza fonti energetiche provenienti dai propri giacimenti, da fonti rinnovabili o da scarti e rifiuti utilizzabili ai fini energetici (Ministero dello Sviluppo Economico, 2014).

1.2.3 Decreto ministeriale 37/2008

Il Decreto Ministeriale 37/2008 art.4 sancisce i requisiti tecnico-professionali del responsabile tecnico (Repubblica Italiana, 2008a):

- Diploma di laurea in materia tecnica specifica o diploma di tecnico in ambito energetico;
- Diploma o qualifica conseguita al termine di scuola secondaria del secondo ciclo con specializzazione relativa.

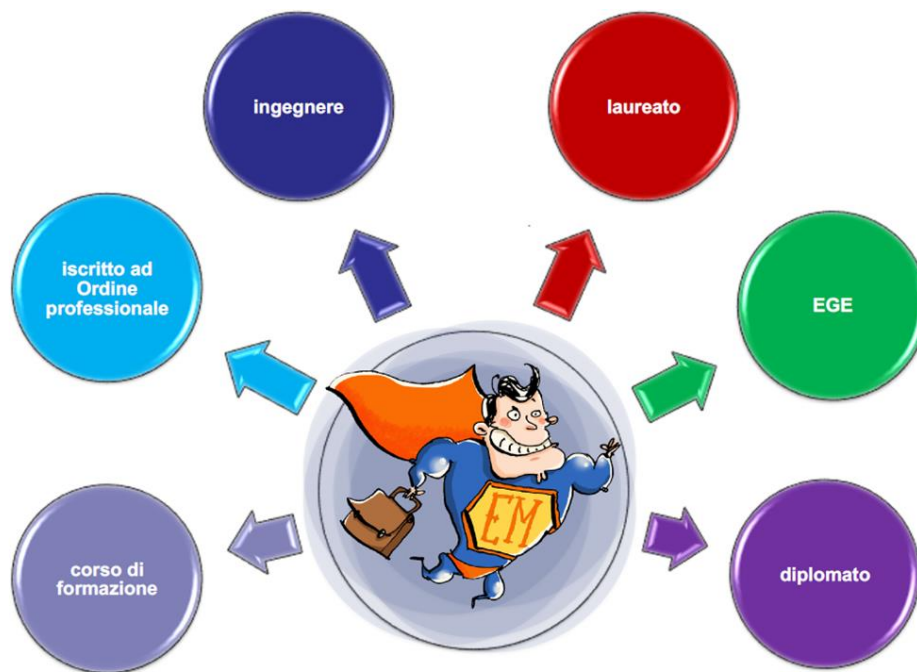


Figura 1 Soggetti che possono richiedere il titolo di Energy Manager. (Forni, 2020)

1.2.4 Altre norme

La direttiva 2002/91/CE sulle performance energetiche degli edifici e quella 2006/32/CE sui servizi energetici, sono state introdotte in modo da regolamentare la qualificazione e la certificazione degli operatori del settore dell'energia (Fire, 2020b). Infatti, la figura dell'energy manager viene richiesta per l'attuazione di diverse norme europee, tra cui:

- la EN 16001 sui sistemi di gestione dell'energia (SGE), sostituita nel 2011 dallo standard internazionale ISO 50001;

- la EN 15900 sui servizi di efficientamento energetico;
- la UNI CEI 11339 sugli esperti in gestione dell'energia (EGE);
- la UNI CEI 11352 sulle ESCO.

Negli anni, inoltre, si sono susseguite una serie di norme per fronteggiare il tema del riscaldamento globale e dello spreco di risorse, affrontando il tema dell'efficienza energetica. Queste norme, non menzionano esplicitamente la figura degli energy manager, ma impongono degli obiettivi e dei limiti, che questa figura deve tenere in considerazione durante lo svolgimento della sua professione.

1.2.4.1 Decreto ministeriale 20 luglio 2004

Il presente decreto introduce il meccanismo dei certificati bianchi (TEE), ovvero dei titoli negoziabili che hanno un valore economico e che si possono ottenere riducendo i consumi in termini di TEP annuali. Definisce, inoltre, obiettivi nazionali di risparmio di energia primaria a carico dei distributori di energia elettrica e di gas con più di 100.000 clienti finali, le modalità attraverso le quali i distributori possono conseguire tali obiettivi e introduce sanzioni economiche in caso di inadempimento.

1.2.4.2 Decreto legislativo 19 agosto 2005

La normativa in materia di certificazione energetica degli edifici è contenuta nel d.lgs. 19 agosto 2005 che è stato abrogato da delle successive norme. Esso aveva introdotto l'attestato di certificazione energetica o di rendimento energetico dell'edificio e permetteva di stabilire criteri, condizioni e modalità per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici. Il presente decreto promuove il miglioramento della prestazione energetica degli edifici tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni relative al clima degli ambienti interni e all'efficacia sotto il profilo dei costi.

1.2.4.3 Decreto Legislativo 30 maggio 2008, N. 115

Il d.lgs. 30 maggio 2008, n. 115 è un atto normativo della Repubblica Italiana, avente forza di legge ed emanato in attuazione della direttiva dell'Unione Europea 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CE.

Tale norma è stata emanata con l'obiettivo di promuovere la diffusione dell'efficienza energetica in tutti i settori. Il decreto tra le altre cose definisce gli obiettivi indicativi, i meccanismi, gli incentivi e il quadro istituzionale, finanziario e giuridico, necessari a eliminare le barriere e le imperfezioni esistenti sul mercato che ostacolano un efficiente uso finale dell'energia, crea le condizioni per lo sviluppo e la promozione di un mercato dei servizi energetici e la fornitura di altre

misure di miglioramento dell'efficienza energetica agli utenti finali.

1.2.4.4 D.Lgs. 4 luglio 2014 N. 102

Il D.Lgs. 4 luglio 2014 N. 102, in attuazione della direttiva 2012/27/UE, stabilisce un quadro di misure per la promozione e il miglioramento dell'efficienza energetica che concorrono al conseguimento dell'obiettivo nazionale di risparmio energetico. Un'altra sua finalità è quella di rimuovere gli ostacoli sul mercato dell'energia e a superare le carenze del mercato che frenano l'efficienza nella fornitura e nei suoi usi finali.

1.2.4.5 D.Lgs 10 giugno 2020 N.48

Il decreto attua la direttiva 2018/844 per il miglioramento delle prestazioni energetiche, sostituendo quella del 19 agosto 2005, n.192. Le principali novità introdotte sono:

- La promozione dell'efficienza energetica e delle energie rinnovabili nell'edilizia;
- Esercizio, conduzione, controllo, ispezione e manutenzione degli impianti termici per la climatizzazione invernale e estiva;
- Provvedimenti incentivazione basati su un meccanismo di sgravio fiscale a medio o lungo termine;
- Obbligo di presentazione dell'APE (Attestati di Prestazione Energetica);
- Sono stati aggiornati i criteri generali per la definizione della metodologia di calcolo e dei requisiti di prestazione energetica degli edifici.

1.2.4.6 D.Lgs. 14 luglio 2020 N.73

Il D.Lgs. 14 luglio 2020 n. 73, in attuazione della direttiva (UE) 2018/2002 che modifica la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, introdotta in Italia dal D.lgs. 102/2014. Le principali novità introdotte con questo decreto sono: l'imposizione di requisiti minimi di efficienza energetica per gli immobili oggetto di acquisto, l'estensione dell'obbligo di risparmio energetico al periodo dal 1° gennaio 2021 al 31 dicembre 2030, l'eliminazione dell'esenzione dalla diagnosi per le imprese che sono dotate di schemi EMAS e di certificazioni ISO 14001 e l'esenzione rimane solo a chi è conforme alla ISO 50001.

1.3 Ruolo e compiti dell'energy manager

Gli Energy Manager sono delle figure professionali esperti nella gestione, che si occupano di imprese di grandi e medie dimensioni; il loro compito è quello di *“ridurre le emissioni, facendo diventare le organizzazioni più efficienti, introducendo maggiori energie rinnovabili all'interno del loro processo produttivo”* (Ciriminna et al., 2016). La legge 10/1991 al comma 3, sancisce che: *“i responsabili per la conservazione e l'uso razionale dell'energia devono individuare le azioni, gli interventi, le procedure e quanto altro necessario per promuovere l'uso razionale dell'energia,*

assicurando la predisposizione di bilanci energetici, in funzione anche dei parametri economici e degli usi energetici finali” (Repubblica Italiana, 1991). La riduzione del dispendio energetico può essere attuata grazie ad un giusto utilizzo degli impianti e attraverso la loro corretta regolazione.

Il loro compito non riguarda solo la gestione energetica, infatti vengono richieste delle competenze molto più ampie, tra cui: *“gestione delle persone, scienze e tecnologie ambientali, finanza, comunicazione personale e aziendale, tecnologie dell'informazione e della comunicazione e persino capacità di insegnamento” (Ciriminna et al., 2016).*

Altre mansioni affidate all'energy manager sono di: *“procurare energia elettrica ad un prezzo vantaggioso e di operare con l'ufficio acquisti per incentivare acquisti eco-sostenibili, anche se questo è un compito meno frequente” (Fire, 2020b).*

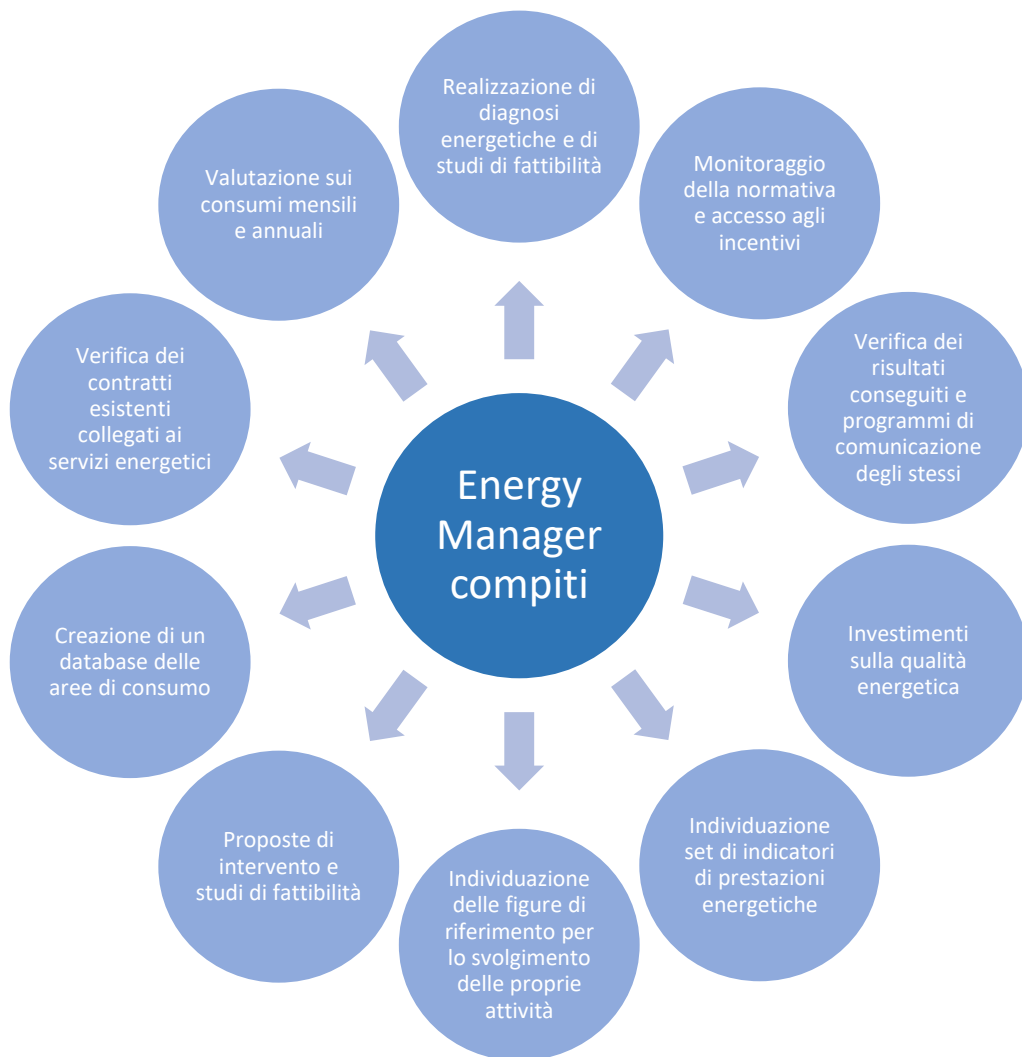


Figura 2 Mansioni dell'energy manager. (immagine dell'autore)

1.3.1 Conoscenza dell'impresa

La prima attività a cui viene sottoposto il Responsabile dopo la nomina è quella di interfacciarsi con le varie funzioni che compongono la struttura: se si è interni ad essa occorre stabilire i contatti con i responsabili amministrativi per la contabilità e i bilanci, in modo da avere la necessaria conoscenza della situazione, nonché relazionarsi con i responsabili delle decisioni sugli investimenti, al fine di conoscere gli indirizzi e la strategia di impiego delle risorse dell'impresa (Forni, 2006).

1.3.2 Reperire i dati della contabilità

Il Responsabile dovrà acquisire la documentazione relativa a tutti i contratti di fornitura di energia elettrica e di combustibili e reperire informazioni sulle caratteristiche delle varie utenze, in modo da poter effettuare in seguito valutazioni sui consumi e in caso di individuare tipologie di contratto più vantaggiose.

1.3.3 Definizione dei consumi e il loro bilancio

Il primo approccio per la valutazione energetica si basa sull'analisi dei consuntivi dell'impresa relativamente ai dati di consumo complessivo e ai dati globali di produzione, siano essi relativi a beni o servizi. Questa operazione permette di conoscere l'importanza della spesa e dei consumi energetici all'interno del bilancio dell'impresa sia in termini assoluti che relativi. Inoltre, è essenziale che l'energy manager metta a punto una procedura di acquisizione dei dati (preferibilmente informatizzata) al fine di poter raccogliere con regolarità tutti i dati di suo interesse per poterli elaborare. È importante che, oltre ai dati dei consumi e delle spese aggregati, il Responsabile ponga attenzione anche alla determinazione dei diagrammi di carico orari elettrici e termici laddove possibile, o di attrezzarsi allo scopo.

1.3.4 Proposte d'intervento

Le proposte di intervento, nelle prime fasi, si basano principalmente sulla sensibilizzazione degli addetti ai vari settori, in particolar modo del personale addetto alla gestione e alla manutenzione delle centrali termiche e degli impianti elettrici, attraverso azioni svolte direttamente dal Responsabile, proponendo ed effettuando analisi, valutazioni, interventi di modifica di procedure o impianti. Appena possibile si affrontano le proposte riguardanti il processo produttivo, l'impiantistica e le modalità gestionali.

1.3.5 Ottimizzazione delle forniture

Il Responsabile, dopo aver individuato i consumi aggregati ed i profili di prelievo, può accedere al mercato libero per valutare le offerte diverse. Tanto maggiore è la sua conoscenza relativa all'andamento dei consumi, tanto più sarà possibile ottenere proposte migliorative rispetto alla fornitura in essere. Qualora l'andamento dei prelievi sia particolarmente sfavorevole e

concentrate nelle ore di alto carico e non sia possibile intervenire su di essi, è opportuno valutare l'adozione della cogenerazione o di gruppi elettrogeni. Un aspetto importante da considerare è quello della contrattualistica, che, soprattutto nel mercato libero, può nascondere insidie e far sottostimare alcuni costi non facilmente determinabili a priori, come quelli collegati allo scambio. A tale proposito è utile ricordare che dal 2004 è possibile contrattare anche la qualità della fornitura, con riferimento alla continuità dell'alimentazione ed ai disturbi di rete per quanto concerne l'energia elettrica. Oltre ai consumi complessivi, all'individuazione del costo della fornitura sia elettrica, sia del gas naturale, concorre il parco utenti del grossista considerato.

1.3.6 Indicatori di consumo KPI

Tra i compiti principali che l'energy manager deve svolgere, ricade l'elaborazione di indici specifici o indicatori di consumo energetico per le utenze maggiormente rilevanti. Possono essere consumi specifici delle caldaie, kWh/m² di superficie illuminata, kWh/posto letto nelle strutture ospedaliere, m³ di gas/ m² riscaldato nel settore terziario, m³ di gas / kg acqua asportata nelle lavorazioni industriali, e così via. Definire gli indicatori implica un'analisi attenta dei flussi energetici e può richiedere campagne di misura ad hoc dei consumi. Le misure possono basarsi sulla lettura di strumenti esistenti o richiedere l'installazione di strumenti di misura: per esempio misuratori di potenza elettrica o della portata dei vari fluidi. La specificità delle misure da rilevare spesso può richiedere un investimento per incrementare i servizi già presenti in centrale, oppure richiedere prestazioni da parte di società esterne. Gli indicatori hanno vari possibili utilizzi: permettono di fare confronti fra varie attività, di seguire nel tempo gli effetti degli interventi attuati e consentono il confronto con altre strutture in contesti omogenei.

1.3.7 Certificati bianchi

In Italia il meccanismo dei certificati bianchi è stato istituito con il Decreto ministeriale 20 luglio 2004 (Ministero delle Attività Produttive, 2004) ed è entrato in vigore a gennaio del 2005; oggi rappresenta il principale strumento di promozione dell'efficienza energetica presente sul territorio italiano. Sono noti anche come "*Titoli di Efficienza Energetica*" (TEE) e sono dei titoli negoziabili che certificano il conseguimento di risparmi energetici negli usi finali di energia attraverso interventi e progetti di incremento di efficienza energetica. Il sistema dei certificati bianchi prevede che i distributori di energia elettrica e di gas naturale raggiungano annualmente obiettivi di risparmio di energia primaria, espressi in Tonnellate Equivalenti di Petrolio risparmiate (TEP); un certificato equivale al risparmio di un TEP. I certificati bianchi possono essere scambiati e valorizzati sulla piattaforma di mercato gestita dal GME (gestore dei mercati energetici) o attraverso contrattazioni bilaterali. A tal fine, tutti i soggetti ammessi al meccanismo sono inseriti nel Registro Elettronico dei Titoli di Efficienza Energetica del GME.

Possono accedere al meccanismo tutti i soggetti, sia pubblici che privati, ma è utile fare una

distinzione tra i soggetti obbligati e quelli volontari:

- I soggetti obbligati, sono tutti i distributori di energia elettrica e di gas, la cui utenza finale è superiore alle 50.000 unità;
- I soggetti volontari, comprendono le Energy Service Company, produttori, impiantisti, distributori con utenza finale minore di quella prescritta. A partire dal 2011 sono considerati volontari anche le organizzazioni soggette all'obbligo di nomina dell'energy manager, secondo la legge n. 10/91.

Pertanto, la richiesta e l'ottenimento dei certificati bianchi, può rientrare nelle mansioni competenti dell'energy manager.

1.3.8 Aspetti finanziari

Nel formulare le proposte, il Responsabile dovrà tenere conto degli aspetti economici delle stesse e di quelli di tipo finanziario, in stretto accordo con la direzione dell'impresa. In questo quadro sarà opportuno analizzare quanto offerto da canali di finanziamento e, specie nei servizi e pubblica amministrazione, quanto disponibile attraverso il Finanziamento Tramite Terzi (FTT).

1.3.9 Resoconto

I risultati conseguiti attraverso le azioni svolte e i relativi benefici economici dovranno essere resi noti ai vari interessati nel loro sviluppo; la verifica del risultato finale conseguito andrà evidenziata sia agli operatori, sia alla direzione, per incentivare la diffusione delle buone pratiche e per dimostrare la validità della funzione del Responsabile all'interno della struttura.

1.3.10 Allargamento all'ambiente e all'innovazione

È utile che il responsabile per l'uso razionale dell'energia introduca fra le sue attività anche le seguenti linee di intervento:

1. Il rafforzamento dell'attenzione agli aspetti ambientali per il controllo delle emissioni e dei rifiuti, per l'integrazione di un approccio di sostenibilità dell'uso integrato delle risorse.
2. L'allargamento degli interessi al territorio circostante per le possibili sinergie tecniche e organizzative, fra le capacità dell'impresa e le necessità di interesse locale. Il nuovo schema istituzionale di decentramento delle responsabilità energetiche agli Enti Locali permette, potenzialmente, che la rete locale dei responsabili operanti nelle varie imprese pubbliche e private, produttrici di beni e servizi, diventi uno strumento efficace per attivare nel territorio iniziative ed interventi di valorizzazione delle, risorse materiali e di competenze locali. Un'ulteriore possibilità è quella di costituire consorzi fra imprese, anche misti

pubblico-privati, per affrontare problemi di interesse comune (rifiuti, generazione elettrica, etc).

1.4 L'Esperto in Gestione dell'Energia (EGE)

L'Esperto in Gestione dell'energia è una figura professionale che gestisce l'uso dell'energia in modo efficiente, coniugando conoscenze nel campo energetico con competenze gestionali, economico-finanziarie e di comunicazione, mantenendosi continuamente aggiornato sull'evoluzione delle tecnologie, delle metodologie e della normativa energetico-ambientale (UNI, 2009). L'obiettivo dell'Esperto in Gestione dell'Energia è quello di ridurre i consumi energetici e l'emissione dei gas, migliorando l'efficienza degli impianti.

La FIRE per attuare l'obbligo di certificazione richiesto dalla norma UNI 11339 del 2009, ha fondato Il SECEM : "ente di certificazione del personale accreditato ISO 17024 che certifica dal 2010 gli Esperti in Gestione dell'Energia" (SECEM, n.d.).

1.4.1 Nascita della figura dell'EGE

Con il progetto europeo "e-QUEM" (European Qualification of Energy Manager), mirato a definire, qualificare e promuovere una nuova figura professionale che ampliasse quella dell'Energy Manager, ponendo attenzione alle richieste di mercato, alle direttive europee sulla certificazione e sull'efficienza energetica, ha evidenziato la necessità di nuovi strumenti di qualificazione e certificazione delle competenze per professionisti specialisti nel campo della gestione energetica.

La figura in questione è stata introdotta con il *D.Lgs 115/08*, il cui scopo era quello di identificare una figura professionale che fosse in possesso delle competenze tecniche, ambientali, economico-finanziarie e di gestione aziendale, in modo da poter operare nel contesto energetico.

Con il *DLgs. 102/2014* è stata prevista la certificazione di tale figura in base alla norma *UNI CEI 11339*. Tale certificazione, che si consegue dopo un esame, prevede un percorso formativo adeguato e l'esperienza sul campo. Questa certificazione risulta necessaria per eseguire diagnosi energetiche presso le imprese soggette all'obbligo di diagnosi, ma anche per poter accedere al meccanismo dei Certificati Bianchi.

1.4.2 Compiti che deve svolgere l'EGE

I settori di attività dell'EGE sono essenzialmente due:

- settore industriale, con particolari competenze finalizzate ad applicazioni industriali e processi produttivi;
- settore civile, con particolari competenze finalizzate agli utilizzi civili e della Pubblica

Amministrazione.

I compiti essenziali che l'EGE deve eseguire, sono definiti dalla norma UNI 11339 e sono (Picchiolotto, 2017):

- a) Analisi approfondita e continuativa del sistema energetico in cui si trova ad operare: dei processi, degli impianti e delle tecnologie impiegati, della politica energetica dell'organizzazione;
- b) Promozione dell'introduzione di una politica energetica all'interno dell'organizzazione;
- c) Promozione dell'introduzione e del mantenimento all'interno dell'organizzazione dei Sistemi di gestione dell'energia conformi alla *UNI CEI EN ISO 50001:2011*;
- d) Gestione di una contabilità energetica analitica, valutazione dei risparmi ottenuti dai progetti di risparmio energetico e relative misure;
- e) Analisi dei contratti di fornitura e cessione di energia;
- f) Diagnosi energetiche comprensive dell'individuazione di interventi di miglioramento anche in relazione all'impiego delle fonti energetiche rinnovabili;
- g) Analisi tecnico-economica e di fattibilità degli interventi e valutazione dei rischi;
- h) Ottimizzazione della conduzione e manutenzione degli impianti;
- i) Gestione e controllo dei sistemi energetici;
- j) Elaborazione di piani e programmi di attività e attuazione degli stessi con la gestione del personale addetto, dei consulenti, dei fornitori, delle ditte esecutrici;
- k) Individuazione di programmi di sensibilizzazione e di promozione dell'uso efficiente dell'energia e attuazione degli stessi;
- l) Definizione delle specifiche tecniche attinenti agli aspetti energetici dei contratti per la realizzazione di interventi e/o la fornitura di beni e servizi e la gestione di impianti;
- m) Applicazione appropriata della legislazione e della normativa tecnica in campo energetico e ambientale;
- n) Reportistica e relazioni con la direzione, il personale e l'esterno;
- o) Pianificazione dei sistemi energetici;
- p) Pianificazione finanziaria delle attività;
- q) Gestione del progetto.

1.4.3 Competenze che deve possedere l'EGE

Per svolgere i compiti sopra elencati, l'Esperto in Gestione dell'Energia deve possedere una serie di competenze tra cui (Rivero, 2013):

- Conoscenza dei Sistemi di Gestione dell'Energia, capacità di predisporre uno e di saperlo implementare, in modo conforma a quanto disposto dalla ISO 50001;
- Conoscenza delle tecnologie più tradizionali, ma anche di quelle appena uscite nel

- mercato in materia di efficienza energetica e uso delle fonti rinnovabili;
- Conoscenza delle implicazioni ambientali degli usi energetici;
 - Conoscenza del mercato dell'energia elettrica, del gas e di altri combustibili, dei soggetti coinvolti nel mercato, delle forme contrattuali, delle tariffe e dei prezzi correntemente in uso;
 - Conoscenza delle metodologie di valutazione economica dei progetti, della redditività degli investimenti, delle fonti e degli strumenti di finanziamento e della valutazione dei rischi di progetto;
 - Conoscenza delle metodologie di valutazione dei risparmi di energia conseguibili e conseguiti;
 - Conoscenza di modalità contrattuali per l'acquisto di beni e servizi, con riferimento in particolare agli interventi di riqualificazione energetica e ai contratti a garanzia di risultato e a prestazione garantita;
 - Conoscenza del project management e delle basi di organizzazione aziendale, controllo di gestione e budget, contabilità analitica, tecniche di auditing;
 - Conoscenza degli strumenti di incentivazione previsti in campo energetico-ambientale.

1.4.4 Differenze tra Esperto in Gestione dell'Energia e l'Energy Manager

L'energy manager e l'EGE possono essere la medesima persona nelle piccole e medie organizzazioni. Mentre nelle grandi aziende *"l'energy manager può essere un dirigente di alto profilo e non è detto che abbia la certificazione EGE"* (Fire, 2020b). La differenza sostanziale tra le due figure è che l'Energy Manager è un ruolo, mentre l'EGE è una qualifica; un Energy Manager, può essere o meno anche un EGE.

L'Energy Manager è la persona addetta alla gestione energetica all'interno di un'azienda e dell'uso efficiente delle risorse all'interno, o per conto, di un'azienda o un ente pubblico, mentre un EGE è un professionista esperto in efficienza energetica.

1.5 Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia (FIRE)

La FIRE è un'associazione tecnico-scientifica senza finalità di lucro, che dal 1987 promuove l'efficienza energetica e l'utilizzo di fonti rinnovabili, supportando chi opera nel settore. Essa opera su incarico del Ministero dello Sviluppo Economico per gestire l'elenco e promuovere il ruolo degli Energy Manager nominati ai sensi della Legge 10/91 (Forni, 2020).

La FIRE ha lo scopo di promuovere la tutela ambientale e l'uso razionale dell'energia, perseguendo finalità sociali nell'interesse del Paese.

1.5.1 I compiti della FIRE

I compiti della FIRE sono molteplici e può svolgere diverse attività, tra le quali (Figura 3):



Figura 3 Attività svolte dalla FIRE. (Forni, 2020)

1.5.2 Soci

Possono entrare a far parte dell'associazione le persone che abbiano raggiunto la maggiore età, le associazioni, gli organismi privati, gli enti pubblici che intendono contribuire alla sua attività.

L'unico requisito fondamentale richiesto è che devono trattarsi di organizzazioni o persone che operano nel campo dell'energia o in campi collegati ad esso, o che svolgano un'attività nell'interesse degli utilizzatori dell'energia, o che promuovano l'uso razionale dell'energia (FIRE, 2010).

I soci si distinguono in:

- Soci fondatori;
- Soci sostenitori;
- Soci ordinari.

Il socio fondatore è l'ENEA (Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente). I soci sostenitori, invece, sono quei soggetti che intendono sostenere l'associazione anche in modo economico, con una quota annuale decisa dal Consiglio Direttivo. Infine, i soci ordinari sono tutti gli altri membri che si distinguono nelle categorie associative individuate dal consiglio direttivo.

1.5.3 Organi sociali

Sono organi dell'associazione:

- L'assemblea dei soci;
- Il consiglio direttivo;
- La presidenza;
- Il consiglio scientifico;
- Il collegio dei revisori dei conti

1.5.3.1 L'assemblea dei soci

È costituita da tutti i soci aventi diritto di voto ed è convocata dal Presidente almeno una volta all'anno. Il suo compito è di:

- Approvare i bilanci accompagnati dalla relazione del Consiglio Direttivo e del Collegio dei Revisori dei Conti;
- Eleggere tra i soci il Presidente dell'associazione ed i membri che partecipano al Consiglio Direttivo;
- Eleggere i membri del collegio dei revisori dei conti ed il relativo presidente;
- Approvare le modifiche dello statuto;
- Deliberare in merito ad ogni altra proposta del presidente o del consiglio direttivo.

1.5.3.2 Consiglio Direttivo

È composto da un massimo di dodici membri e i suoi consiglieri rimangono in carica per tre anni, dopodiché possono essere rieletti. Partecipano al Consiglio Direttivo senza diritto di voto il Presidente del Consiglio Scientifico, i revisori dei conti e altri membri invitati dal presidente.

Il Consiglio ha tutti i poteri di ordinaria e straordinaria amministrazione e la responsabilità della gestione dell'associazione e deve svolgere i seguenti compiti:

- Nominare i vicepresidenti ed il segretario generale;
- Nominare il presidente del consiglio scientifico e su proposta di quest'ultimo nominare i membri componenti;
- Promuovere tutti i provvedimenti intesi allo sviluppo e al conseguimento degli scopi associativi;
- Stabilire le categorie associative in cui suddividere i soci ordinari;
- Stabilire l'importo delle quote associative;
- Verificare il rispetto dei requisiti minimi di ammissione per i nuovi soci;
- Deliberare sulla radiazione dei soci;

- Predisporre i bilanci consuntivi e preventivi.

1.5.3.3 La Presidenza

È formata dal presidente, i vicepresidenti e dal segretario generale. Il ruolo del presidente è quello di governare tutta l'attività associativa, oltre a possedere il potere di convocare e presiedere l'assemblea e il consiglio direttivo.

1.5.3.4 Il Collegio dei Revisori dei Conti

È composto da tre membri: uno con funzione di presidente e due supplenti. Il suo compito è di controllare l'andamento amministrativo, verificare la contabilità e presentare all'assemblea delle relazioni sul bilancio. A tal fine il collegio:

- Esamina il bilancio annuale e le relazioni consuntive/preventive e presenta le sue osservazioni all'assemblea;
- Partecipa alle riunioni del consiglio direttivo e dell'assemblea;
- Compie ogni opportuno atto di controllo contabile e di legittimità.

1.5.4 SECEM

La FIRE certifica gli EGE attraverso il SECEM, ovvero il Sistema Europeo per la Certificazione in Energy Management. Si tratta di un organismo di certificazione del personale facente capo alla FIRE, il quale offre la certificazione per gli Esperti in Gestione dell'Energia (EGE) secondo la norma UNI CEI 11339 (Forni, 2020).

La certificazione SECEM garantisce che il soggetto certificato goda di una preparazione tecnica conforma agli standard nazionali e internazionali.

1.5.4.1 Processo di certificazione

Il processo di certificazione parte dalla presentazione della domanda tramite il sito del SECEM, la quale verrà esaminata dal comitato di valutazione e se risponde ai requisiti richiesti dallo schema di certificazione, il candidato potrà accedere all'esame.

La certificazione ha una durata di cinque anni e al quinto anno è previsto il rinnovo della certificazione: l'EGE che intende rinnovare il proprio certificato deve inviare a SECEM la documentazione che conferma il lavoro continuo del candidato nel settore dell'efficienza energetica.

1.6 Energy Service Companies (ESCO)

Una società di servizi energetici (ESCO) è una società impegnata nello sviluppo, installazione e finanziamento di progetti, incentrati sul miglioramento dell'efficienza energetica delle strutture

(Vine, 2005). Le Energy Service Companies (ESCO) vengono definite dalla Direttiva 2006/32/UE come *“persona fisica o giuridica che fornisce servizi energetici e/o altre misure di miglioramento dell'efficienza energetica nelle installazioni o nei locali dell'utente e accetta un certo margine di rischio finanziario”* (Parlamento Europeo e Consiglio Europeo, 2006). La norma UNI 11352 definisce i requisiti minimi che devono possedere le ESCo.

La ESCo realizza le opere individuate in seguito ad un'analisi energetica e stipula un contratto per la manutenzione e gestione sia degli interventi realizzati che degli impianti esistenti. Il contratto pattuisce che il committente dia tutto o la maggior parte del risparmio ottenuto dagli interventi, alla ESCo, la quale in questo modo può ricavare un utile dal lavoro svolto. Essa offre al cliente una vera e propria garanzia dei risultati, assumendosi una parte del rischio finanziario dell'intervento (Picchiolotto, 2017)

Il contratto servizio energia è *“l'atto contrattuale che disciplina l'erogazione dei beni e servizi necessari a mantenere le condizioni di comfort negli edifici nel rispetto delle vigenti leggi in materia di uso razionale dell'energia, di sicurezza e di salvaguardia dell'ambiente, provvedendo nel contempo al miglioramento del processo di trasformazione e di utilizzo dell'energia”* (Presidente della Repubblica Italiana, 1993). A maggiore tutela del committente e di tutte le parti interessate i requisiti e le prestazioni del contratto servizio energia sono definiti dal D.Lgs 115/2008 (Repubblica Italiana, 2008b), e prevedono:

- una riduzione del consumo di energia almeno del 5%;
- un corrispettivo indipendente dai consumi di combustibile e di elettricità;
- l'assunzione del ruolo di terzo responsabile da parte del fornitore;
- il rispetto delle norme di gestione (periodo di accensione, temperature, etc.)
- l'attestazione della conformità legislativa degli impianti, o un progetto di messa a norma;
- la consegna di tutta l'adeguata documentazione tecnica.

Le ESCo propongono questa tipologia di contratto, in quanto dispongono della capacità tecnico-economica per garantire (*Contratto Servizio Energia: I Vantaggi | Siram Veolia, n.d.*):

- acquisto del combustibile;
- conduzione e manutenzione dei sistemi di produzione;
- misurazione dell'energia prodotta e rendicontazione dei consumi alle singole utenze;
- riqualificazione impiantistica.

1.7 Sistemi di Gestione dell'Energia secondo la ISO 50001

Nelle medie e grandi organizzazioni *“l'energy manager può coincidere con la figura di responsabile del sistema di gestione dell'energia aziendale, definito dalla norma internazionale ISO 50001”*(Fire, 2020b). È un regolamento che viene adottato su base volontaria che *“stabilisce le linee guida per la pianificazione, l'attuazione, il monitoraggio e il controllo delle prestazioni energetiche dell'organizzazione attraverso l'adozione di un sistema di gestione dell'energia”* (Fichera et al., 2020). Un SGE *“amplia il campo d'azione dell'energy manager e ne incrementa l'efficacia, inserendolo in una politica energetica aziendale definita, con obiettivi quantitativi espliciti, ed estende la sua area di attività a tutte le funzioni aziendali, attraverso apposite procedure”*(Fire, 2020b).

Tutte le organizzazioni (sia grandi che piccole) dispongono di un sistema di gestione. I primi standard per la gestione della qualità sono rappresentati dalla ISO 9000. Un SGE influenza le procedure tecniche e organizzative, così come gli schemi comportamentali, al fine da ridurre i consumi e ad incentivare un miglioramento continuo delle prestazioni energetiche dell'organizzazione.

Esistono numerosi vantaggi nell'implementazione di un SGE (Picchiolotto, 2017):

- a) Ottenere una piena conoscenza della propria organizzazione;
- b) Ottenere una riduzione dei costi;
- c) Operare secondo i criteri di tutela ambientale;
- d) Assicurare una gestione sostenibile;
- e) Ottenere un miglioramento dell'immagine pubblica; attraverso una certificazione ISO 50001:2011 si può dimostrare che l'organizzazione opera efficientemente per la conservazione ambientale;
- f) Godere di un miglior utilizzo degli incentivi economici (in alcuni paesi è prevista una detassazione per le organizzazioni che riescono ad ottenere un risparmio);

Secondo la norma ISO 50001:2011, l'organizzazione ad intervalli regolari, dovrà condurre audit interni per assicurare che il SGE:

- Sia conforme a quanto pianificato per la gestione dell'energia;
- Sia conforme agli obiettivi e ai traguardi energetici stabiliti;
- Sia efficientemente attuato e mantenuto e migliori la prestazione energetica.

La norma ISO 50001 aiuta a realizzare il modello di sistema per la gestione energetica che è già compreso ed attuato da società di tutto il mondo. Lo standard fornisce alle aziende un quadro di riferimento per migliorare l'efficienza energetica come pratica di gestione, attraverso l'attuazione in tutte le sedi del patrimonio edilizio gestito, di una metodologia unica, logica e coerente di

individuazione delle inefficienze e attuazione dei possibili miglioramenti.

Un SGE funziona secondo il ciclo PDCA⁵ o di Deming (Figura 4):

- Plan: *“condurre la revisione energetica e stabilire la linea di base, gli indicatori di prestazione energetica (EnPI), gli obiettivi, i target e i piani d'azione necessari per fornire risultati in conformità con le opportunità di miglioramento delle prestazioni energetiche e la politica energetica dell'organizzazione. Gli indicatori di prestazione energetica (EnPI) vengono definiti come un indice quantitativo di prestazione energetica; il concetto di EnPI può essere applicato per facilitare il monitoraggio delle prestazioni, in particolare quello sul consumo energetico”* (Chiu et al., 2012);
- Do: attuare i piani d'azione per la gestione dell'energia;
- Check: monitorare e misurare i processi e le caratteristiche chiave delle operazioni che determinano le prestazioni energetiche rispetto alla politica e agli obiettivi energetici e riportarne i risultati;
- Act: intraprendere azioni per migliorare continuamente le prestazioni energetiche e il SGE (Marimon & Casadesús, 2017).

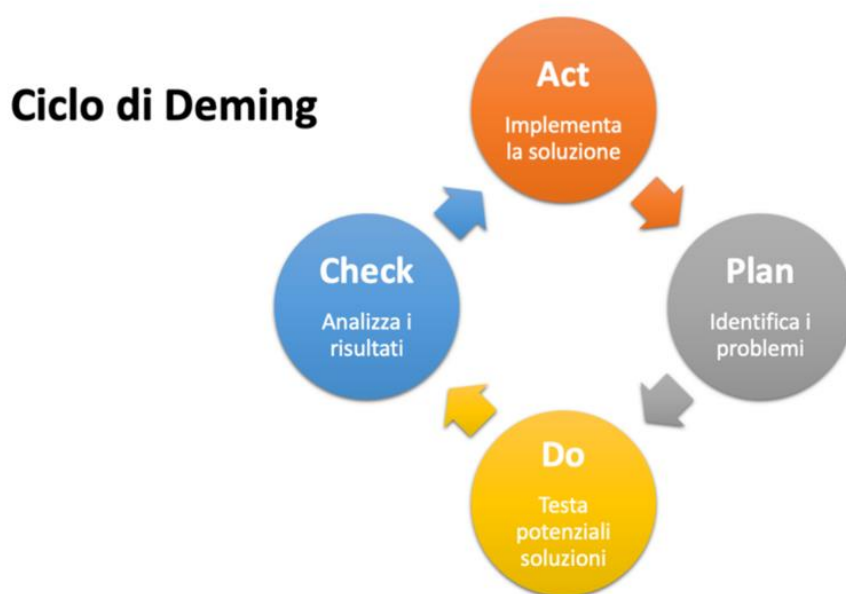


Figura 4 Ciclo PDCA. (Marimon & Casadesús, 2017)

Quando è stata acquisita la ISO 50001, è stata emanata la ISO 50006 in modo tale da *“chiarire*

⁵ Plan-Do-Check-Act.

gli aspetti relativi alla scelta e misurazione degli EnPI, nonché di implementare correttamente i metodi di monitoraggio e controllo e, in generale, di offrire una guida per il rispetto ai principi del Sistema di Gestione Ambientale” (Fire, 2020b). L’introduzione della ISO 50001 e la ISO 50006 hanno contribuito a far comprendere alle aziende quali possono essere i benefici, grazie all’introduzione di un SGA ben strutturato al loro interno.

1.7.1 Benefici derivanti dall’adozione della ISO 50001

L’attuazione dello standard segue i benefici seguenti (Picchiolotto, 2017):

- a) Assistere le società nelle decisioni da prendere per ridurre i loro attuali consumi di energia;
- b) Crea trasparenza e facilita la comunicazione sulla gestione delle risorse energetiche;
- c) Promuove migliori pratiche di gestione energetica e rafforza comportamenti di buona gestione dell’energia;
- d) Assiste le strutture nel valutare a dare priorità all’attuazione di nuove tecnologie di efficienza energetica;
- e) Fornisce un quadro per promuovere l’efficienza energetica su tutta la catena produttiva;
- f) Facilita l’individuazione dei progetti di riduzione delle emissioni di gas serra;
- g) Consente l’integrazione con altri sistemi di qualità e di gestione organizzativa, come l’ambiente, la salute e la sicurezza.

ISO 50001 fornisce un insieme di requisiti che permettono alle aziende di:

- a) Sviluppare una politica per un uso più efficiente dell’energia;
- b) Fissare gli obiettivi come asset aziendali per soddisfare i requisiti di bilancio;
- c) Utilizzare i dati per comprendere meglio e prendere decisioni riguardanti l’uso e il consumo di energia;
- d) Misurare i risultati;
- e) Verificare l’efficacia della politica aziendale;
- f) Migliorare continuamente la gestione dell’energia.

Secondo le due ultime indagini condotte da AFNOR⁶ (Figura 5), emerge come l’adozione di un sistema di gestione dell’energia produca molti benefici, di solito ben maggiori rispetto ai costi di implementazione (Bini, 2020).

⁶ Organizzazione nazionale francese per la standardizzazione.

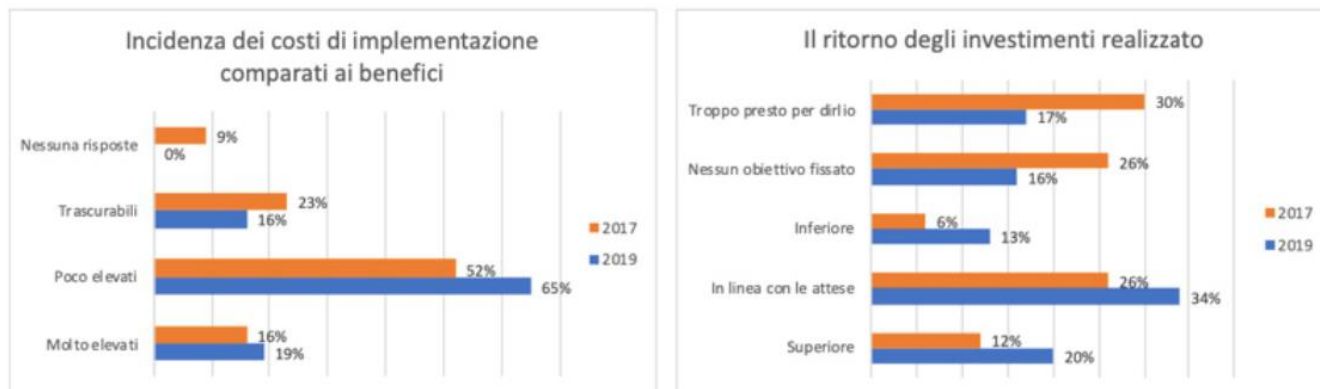


Figura 5 Dati AFNOR. (Fire, 2020)

1.8 Audit Energetici

L'audit energetico, o diagnosi energetica è stata introdotta con la Direttiva Europea 2006/32/CE e si riferisce ad una serie di operazioni volte ad identificare lo spreco di risorse; aiuta inoltre a individuare opportunità di razionamento energetico e pratiche di razionalizzazione dei consumi. Ogni riduzione dei consumi energetici aiuta a ridurre le emissioni di carbonio e rende gli ambienti di lavoro più sicuri e confortevoli, garantisce la salute e la sicurezza delle persone. Tutto ciò può essere raggiunto rispettando le linee guida che migliorano la comunicazione tra la gestione della proprietà e le persone che lavorano in questi edifici (Aedah M J Mahdi, 2018). Quindi, fare un'analisi energetica significa conoscere sia quanta energia viene consumata all'interno di un'organizzazione, ma anche in quale modo.

La diagnosi energetica è costituita da tutte le operazioni di ispezione, raccolta dati e analisi del consumo di energia, delle modalità d'uso e delle caratteristiche costruttive di un qualunque sistema (residenziale, processo industriale, trasporti) con l'obiettivo di individuare i flussi di energia, l'attuale stato di efficienza energetica, i possibili miglioramenti e la loro valutazione in termini di costi-benefici (Grassi et al., 2013). I dati necessari alla valutazione vengono raccolti tramite misurazioni e fatture energetiche fornite dai gestori di servizi o attraverso simulazioni effettuate tramite programmi.

Quindi l'esecuzione di un audit energetico pone due obiettivi principali:

- fornire un'adeguata conoscenza del profilo di consumo dell'immobile;
- operare una stima dei costi di realizzazione degli interventi di efficientamento energetico e del tempo di ritorno dell'investimento, in modo da poter quantificare le opportunità di risparmio energetico.

Utilizzando questi due fattori è possibile fare una scelta ponderata tra i costi energetici e i

benefici, in modo da poter scegliere lo scenario di intervento economicamente più vantaggioso.

1.8.1 Soggetti che effettuano le diagnosi energetiche

I soggetti che sono autorizzati ad effettuare l'audit secondo il *D.Lgs. 102 del 2014*, sono le Energy Service Company, gli Esperti in Gestione dell'Energia e gli auditor energetici certificati. L'articolo 8 del *Decreto Legislativo 102 del 2014* prevede, infatti, che le diagnosi periodiche obbligatorie debbano essere eseguite da soggetti certificati da organismi accreditati in base alle norme *UNI CEI 11352* e *UNI CEI 11339*. Il compito delle Energy Service Company, gli Esperti in Gestione dell'Energia e gli auditor energetici è quello di redigere la diagnosi, individuando gli interventi più adeguati.

1.8.2 Ogni quanto devono essere svolti gli audit

Secondo il *D.Lgs 102 del 2014*, la diagnosi energetica deve essere effettuata con cadenza quadriennale e i cui risultati devono essere presentati entro il 5 dicembre all'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA), la quale è incaricata a verificare tali risultati e ad archivarli.

1.8.3 Procedura per lo svolgimento degli audit

Eeguire un audit energetico in un edificio significa registrare e analizzare tutte le caratteristiche dell'involucro, incluse pareti, pavimenti, soffitti, porte, lucernari e finestre. Poiché la perdita di calore attraverso l'involucro costituisce uno dei problemi principali e ciò è influenzato fortemente dalla qualità delle finestre, delle porte dell'edificio e dalla qualità dell'isolamento delle pareti.

L'audit energetico mira a misurare le prestazioni termiche complessive dell'edificio, mentre la valutazione dell'efficienza energetica e la programmazione dei sistemi meccanici disponibili nell'edilizia, come HVAC, dispositivi di riscaldamento e ventilazione e scaldabagni, vengono valutate dopo la revisione.

La diagnosi energetica viene svolta seguendo dei passaggi fondamentali (Figura 6): innanzitutto risulta necessario un sopralluogo, per la raccolta e l'analisi preliminare dei dati. Successivamente si passa all'elaborazione dei dati attraverso l'analisi dei flussi energetici e la redazione della relazione di diagnosi energetica. Viene poi redatto un esame dettagliato dei possibili interventi di efficientamento energetico, previa verifica della loro fattibilità tecnico-economica e stima del risparmio energetico che tali interventi dovrebbero apportare.

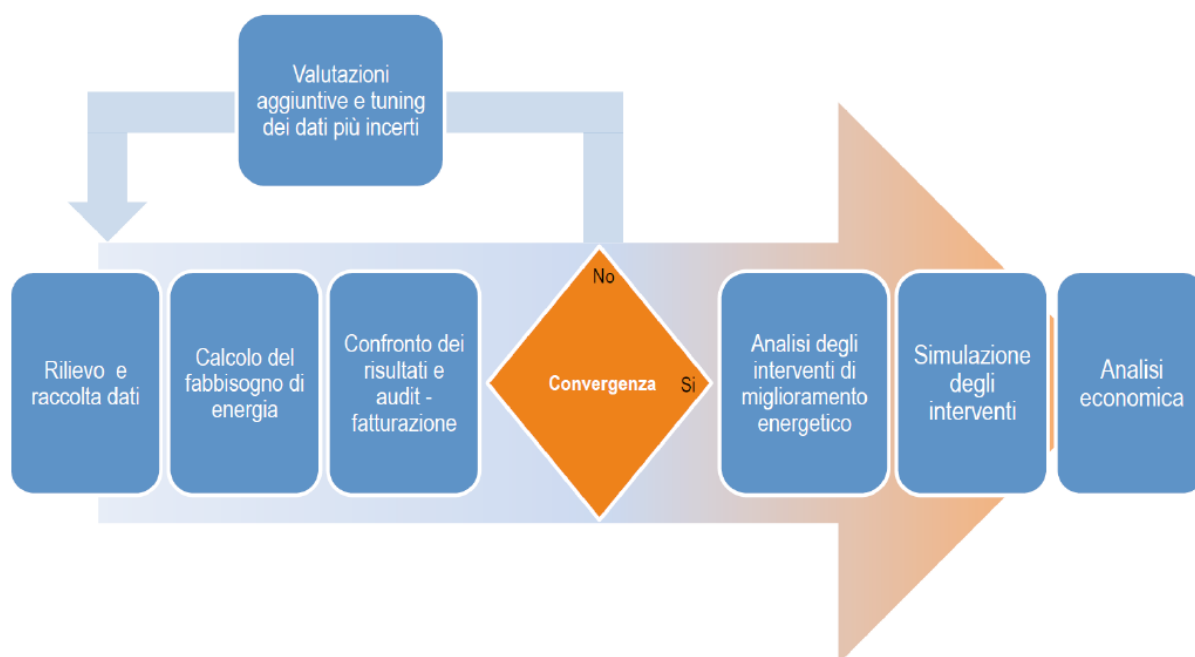


Figura 6 Processo di un audit energetico. (Grassi et al., 2013)

1.8.4 Benefici attesi

Grazie ai risultati raccolti degli audit sarà possibile (Bertoldi et al., 2010):

- identificare e quantificare i potenziali di risparmio energetico;
- proporre delle misure correttive o per il miglioramento dell'efficienza energetica;
- quantificare gli investimenti per migliorare l'efficacia dell'efficienza energetica;
- presentare un piano/programma per l'attuazione delle misure.

1.8.5 Direttiva 2012/27/EU (Energy Efficiency Directive, EED)

L'Articolo 2 della Direttiva 2012/27/EU definisce la diagnosi energetica (o audit) come: *“una procedura sistematica finalizzata a ottenere un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di una attività o impianto industriale o commerciale o di servizi pubblici o privati, a individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e a riferire in merito ai risultati”* (Parlamento Europeo, 2012). La direttiva promuove e fornisce le prime indicazioni per incrementare la diffusione dell'utilizzo delle diagnosi energetiche.

1.8.6 D.Lgs. 115/08

A livello nazionale la diagnosi energetica è stata già introdotta e definita dal Decreto

Legislativo 115/08, il quale promuove l'incremento del livello di obiettività e di attendibilità di tutte le misure e i sistemi finalizzati al miglioramento dell'efficienza energetica (Repubblica Italiana, 2008b). Per quanto riguarda gli audit, il decreto sostiene l'adozione di un'apposita norma tecnica UNI/CEI che definisca una procedura di certificazione per le diagnosi energetiche.

1.8.7 D.Lgs 102/2014

La Direttiva europea 2012/27/UE è stata recepita con il Decreto legislativo 4 luglio 2014 n.102, il quale sancisce che la diagnosi energetica è obbligatoria per le grandi imprese con più di 250 persone, o il cui fatturato superi i 50 milioni di euro o il cui totale di bilancio annuo superi i 43 milioni di euro e per le imprese energivore, ovvero che hanno un forte consumo energetico. In questi casi è obbligatorio svolgere periodicamente appositi audit (Presidente della Repubblica Italiana, 2014). In caso di adempimento, la presente legge, prevede una sanzione pecuniaria.

1.8.8 UNI CEI/TR 11428:2011 e la CEI UNI EN 16247-1:2012

Recepiscono i contenuti del decreto e costituiscono il riferimento per l'approccio globale alle diagnosi e definiscono la figura dell'auditor, ovvero un individuo, o un gruppo di persone o ente che esegue una diagnosi energetica. Le due norme tecniche sono pressoché equivalenti con la sola differenza dell'estensione del campo di applicazione a tutte le tipologie di edifici da parte della UNI CEI/TR 11428:2011. La norma CEI UNI EN 16247-1:2012 definisce i requisiti di qualità e le modalità di esecuzione dell'audit, oltre alle modalità di rapporto dell'esito al committente.

1.9 Energy Management

L'inquinamento globale negli stati europei è costituito per il 40% dal dispendio energetico degli edifici, quindi gli obiettivi eco-sostenibili in questo settore dovrebbero essere perseguiti dai comuni (Bertoldi et al., 2010).

Le variabili che potrebbero compromettere un buon uso delle risorse sono:

- geometria dell'edificio;
- isolamento e progettazione funzionale dell'edificio;
- attrezzature come il tipo di riscaldamento, i sistemi di condizionamento d'aria e l'illuminazione;
- abitudini d'uso;
- orientamento dell'edificio.

La direttiva Europea n.91 del 16 dicembre 2002 (European Parliament & European Council, 2002) , è uno strumento normativo fondamentale per migliorare il rendimento energetico nel settore edilizio.

L'illuminazione è stata identificata come una delle principali fonti di consumo energetico con un elevato potenziale di risparmio (UNFCCC Conference of Parties, 2012); questo problema può essere ridotto tramite l'installazione di controlli dell'illuminazione, in modo da ridurre le ore di funzionamento dell'impianto illuminotecnico. Anche il consumo di energia per i sistemi HVAC è uno dei fattori più importanti che deve essere controllato, anche se è difficile stabilire regole o raccomandazioni generali per la sua riduzione, poiché dipende fortemente dall'ubicazione, dalle condizioni climatiche, dalle tecniche di costruzione e dalle tecnologie utilizzate (Boyano et al., 2013).

1.9.1 Soluzioni da adottare in base alla tipologia di edificio

Gli edifici possono essere nuovi, esistenti o storici e in base alla tipologia di edificio in cui si va ad operare bisogna adottare diversi tipi di accortezze.

1.9.1.1 Nuovi edifici

Per le nuove costruzioni, prima che vengano ristrutturate, può trascorrere un lasso di tempo che va dai 30 ai 50 anni; pertanto, le decisioni prese in fase di progettazione sono fondamentali sull'impatto energetico che avranno sull'ambiente per un lungo periodo. Per questo motivo è fondamentale compiere delle scelte appropriate in fase di progettazione, per i più elevati standard energetici. Con il termine edifici intelligenti *“si intendono quegli edifici ad alta efficienza energetica la cui progettazione, costruzione e funzionamento si integrano con delle tecniche ICT⁷, come i BMS⁸”* (Bertoldi et al., 2010). I BMS sono degli strumenti che raccolgono dati sugli impianti di riscaldamento, di raffreddamento, di ventilazione e d'illuminazione in modo da individuare delle opportunità di miglioramento dell'efficienza energetica.

1.9.1.2 Edifici esistenti

Ogni anno, circa l'1,5-3% degli edifici è soggetto a ristrutturazione e questo pone le basi per un'opportunità di miglioramento dell'efficienza energetica. In questo scenario, in pochi anni, il dispendio energetico degli edifici potrebbe ridurre. Quindi nel caso di importanti ristrutturazioni, la direttiva (European Parliament & European Council, 2002), impone degli standard da raggiungere. Così come per i nuovi edifici, l'autorità locale potrebbe avere un ruolo fondamentale nel migliorare l'efficienza energetica degli edifici ristrutturati. In questo caso è *“consigliabile fare un audit energetico, in modo da identificare le opzioni migliori per ridurre il consumo energetico e per poter preparare un piano d'investimento”* (Bertoldi et al., 2010).

⁷ tecnologie dell'informazione e della comunicazione

⁸ sistemi di gestione intelligente degli edifici

1.9.1.3 Edifici pubblici

Per gli edifici pubblici bisognerebbe adottare i più alti livelli di efficienza energetica al momento di una ristrutturazione o nuova costruzione; precisamente possono essere adottate le seguenti possibilità (Bertoldi et al., 2010):

- Adottare le norme di riferimento esistenti a livello nazionale e regionale⁹ e imporre dei requisiti minimi di rendimento energetico. In questo modo i professionisti possono scegliere la via che ritengono più adatta per perseguirli;
- Introdurre sistemi di produzione di energia rinnovabile;
- Avviare uno studio per aiutare a minimizzare i consumi energetici dell'edificio considerato. Per fare ciò, verranno analizzate le principali opzioni per ridurre il consumo di energia, considerandone sia i costi che i benefici (riduzione delle bollette, maggiore comfort, ecc.);
- Al momento della gara d'appalto, la relazione tecnica eseguita dai progettisti deve contenere una stima dei consumi energetici.
- Indicare l'incidenza del consumo energetico dei successivi 20-30 anni, ipotizzando anche i costi energetici futuri.

1.9.1.4 Edifici storici

Nel caso di edifici storici, la questione è più complessa, in quanto alcuni di essi possono essere dei beni vincolati per legge; pertanto, le azioni di miglioramento dell'efficienza non sempre possono essere attuate.

1.9.2 Pratica dell'Energy Management

Con il termine Energy Management in azienda si intende l'uso attento ed efficace dell'energia per massimizzare il profitto (minimizzando i costi), migliorando la posizione competitiva dell'azienda. Non si tratta quindi di rinunciare al livello prestazionale di servizio che si ottiene con i vari dispositivi che consumano energia (illuminazione, HVAC, forza motrice, ecc.) (Nicolodi et al., n.d.). L'obiettivo è invece la minimizzazione dello spreco, ottenuta attraverso interventi su:

- Fonti di energia: scelta accurata delle forniture e azioni sulla auto-produzione;
- Consumi di energia: processi e comportamenti, apparecchiature e impianti.

La conoscenza dei consumi all'interno di un edificio può essere ottenuta attraverso varie fonti:

⁹ La direttiva sul rendimento energetico nell'edilizia (2002/91/CE), impone che gli Stati membri debbano stabilire una metodologia per misurare il rendimento energetico degli edifici e a fissare degli standard minimi.

- Raccolta e organizzazione di informazioni che tutti gli energy manager già possiedono, ma che spesso non sono organizzate, come le bollette energetiche, le caratteristiche di edifici, i dati delle apparecchiature degli impianti;
- Informazioni ottenute da sopralluoghi mirati;
- Misure puntuali, ovvero i consumi energetici in tempo reale;
- Misure continue.



Figura 7 Approccio onnicomprensivo alla gestione energetica. (Nicolodi et al., n.d.)

Il piano dei processi di miglioramento prevede:

- Audit/diagnosi energetica: Raccolta dati di consumo, sopralluoghi, analisi situazione energetica e identificazione aree di miglioramento;
- Monitoraggio: Definizione degli Energy Performance Indicators (EPIs);
- Definizione baseline: Analisi dei dati per definire la situazione attuale sui consumi e analisi di dettaglio delle opportunità di risparmio;
- Interventi di miglioramento energetico: Vengono classificati gli interventi di efficienza energetica per ordine di priorità e vengono effettuati secondo questa logica;
- Controllo continuo delle prestazioni: Via via che vengono effettuati gli interventi vengono misurate le prestazioni (EPIs, consumi assoluti, risparmi assoluti, ecc.) confrontandoli con la baseline per stabilire i miglioramenti ottenuti.

1.9.3 Ottimizzazione dei processi dell'energy management

Per ottimizzare i processi di energy management è necessario rispettare tre passaggi

fondamentali (*Energy Management: Come Ottimizzare Rendimenti e Processi*, n.d.):

- Il primo riguarda la **raccolta dati**, ovvero una maggiore raccolta di dati e dettagli, migliora la valutazione degli sprechi energetici. I dati energetici possono provenire dalle bollette mensili, dai controlli manuali dei contatori o dai caricamenti automatici attraverso contatori intelligenti, gestiti da remoto attraverso l'ausilio di crescenti sistemi che si rifanno al mondo dello IoT¹⁰. Se il report dei costi storici può apparire a prima vista un buon punto di partenza, in realtà presenta non poche incertezze legate allo scarso numero di variabili disponibili. La mancanza di dettagli costituisce un problema. I contatori smart che registrano, archiviano e trasmettono i dati, e che possono essere visualizzati ed elaborati utilizzando una piattaforma software dedicata, possono tuttavia compensare questa lacuna.
- Il secondo passaggio, di analisi, identifica quindi le **opportunità** a disposizione: interpretando i dati raccolti, con l'ausilio degli adeguati strumenti di analisi e di confronto, si possono trarre le considerazioni adeguate. Esistono soluzioni software di energy management che analizzano i trend; suddividono i dati e valutano le prestazioni rispetto a vari benchmark¹¹ di riferimento. Sono particolarmente utili quando si ha a che fare con enormi quantità di informazioni in tempo reale ma restano efficaci anche per le piccole realtà.
- L'analisi dei dati porta infine alla **creazione della migliore soluzione** possibile da applicare all'interno di tutta la struttura, a cui segue il terzo fondamentale elemento: il **monitoraggio costante del processo**. Una volta prese le giuste decisioni è necessario monitorare i progressi, verificare i risparmi e rispondere rapidamente alle anomalie che si dovessero presentare. Con un approccio di questo tipo è possibile mantenere i vantaggi costanti nel tempo.

1.9.4 Software per l'ottimizzazione energetica

Ci sono una serie di strumenti utilizzati principalmente dai gestori di energia, Energy Service Company (ESCO) e specialisti; questi software sono utili per aiutare il professionista a prendere decisioni in base alle informazioni che ottiene, per le analisi e soluzioni di ottimizzazione energetica (Marinakos & Doukas, 2018). In Figura 8 vengono illustrati e spiegati, quelli maggiormente utilizzati.

¹⁰ Internet of Things: qualsiasi sistema di dispositivi fisici che ricevono e trasferiscono i dati su reti wireless, con un intervento manuale limitato.

¹¹ Metodologia basata sul confronto sistematico che permette alle aziende che lo applicano di compararsi con quelle migliori e soprattutto di apprendere da queste per migliorare.

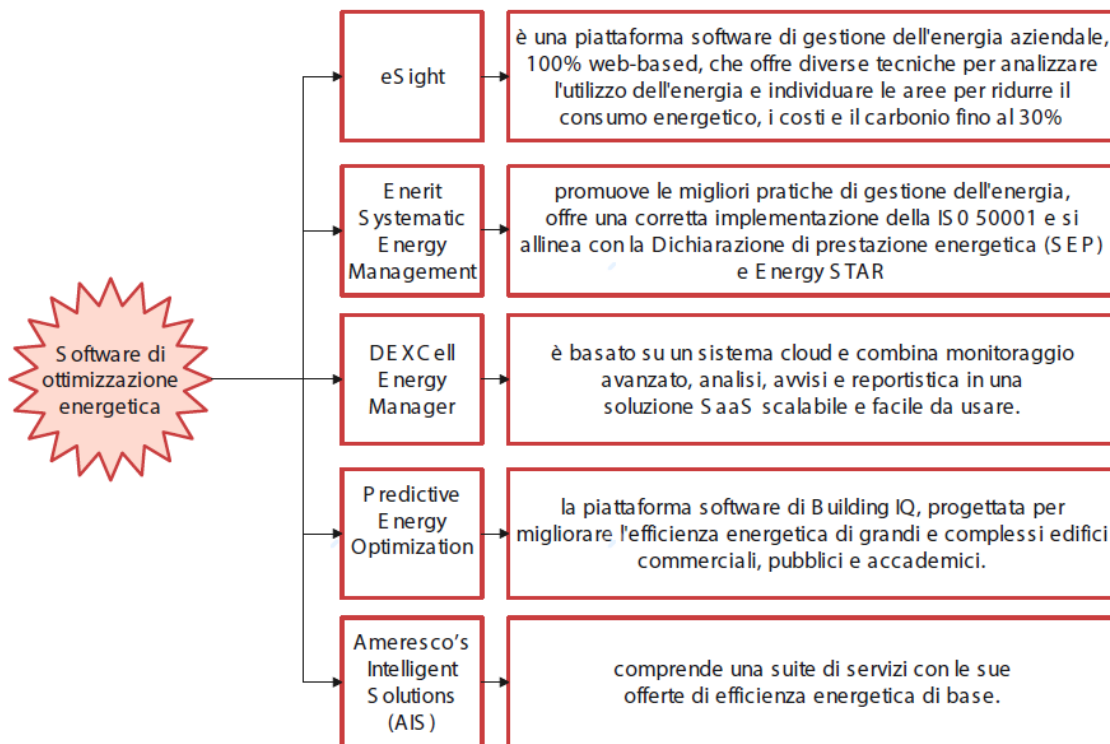


Figura 8 Software più utilizzati nella pratica dell'energy management. (immagine dell'autore)

1.9.4.1 Enerit

Enerit è la prima azienda ad aver sviluppato un software commerciale di gestione dell'energia che copre tutti i requisiti dello standard ISO 50001. Con Enerit ISO 50001 Manager Pro, viene fornito un approccio sistematico alla gestione dell'energia, per fornire una completa implementazione della ISO 50001 (Gopalakrishnan et al., 2014).

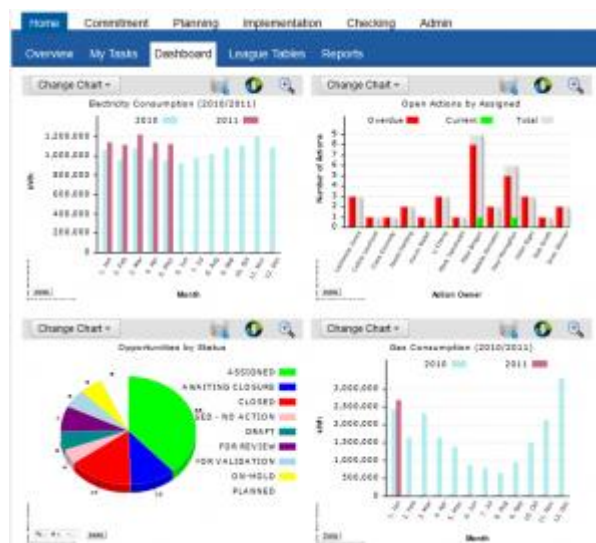


Figura 9 Interfaccia di Enerit. (Enerit ISO 50001 Software - Enerit Software System for ISO 50001, n.d.)

Enerit Energy Management Tool offre un quadro sistematico per misurare e documentare azioni e risultati, fornendo un'interfaccia utente grafica di facile comprensione e utilizzo. Monitoraggio, targeting e audit energetici, sono componenti fondamentali che consentono al professionista di individuare le opportunità di risparmio energetico più appropriate (Blanes et al., 2013).

1.9.4.2 DEXCell Energy Manager

DEXMA Energy Management è la società che ha creato il prodotto DEXCell Energy Manager, ovvero una piattaforma software di analisi e gestione dell'energia cloud. Le sue caratteristiche principali includono monitoraggio, analisi e reporting del consumo energetico, monitoraggio delle bollette, budget e previsioni, analisi dei prezzi dell'energia, calcolo e monitoraggio dei KPI (Key Performance Indicators) e monitoraggio dei modelli di consumo. Attraverso questo strumento gli utenti possono gestire i contratti e l'allocazione dei costi. DEXCell Energy Manager consente l'integrazione dell'hardware già di proprietà del cliente; quindi, la soluzione può fornire dati in tempo reale. Attraverso un'API, il cliente può creare strumenti con dashboard personalizzati, analisi, report e avvisi intelligenti. DEXCell è conforme all'International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP)¹² (Suciu et al., 2018).

L'obiettivo di questa azienda è quello di fornire strumenti di analisi ai professionisti in modo da poter svolgere un monitoraggio ad alte prestazioni e di facile utilizzo, per creare una strategia intelligente che riduca il consumo di energia, i costi e le emissioni di CO2 fino a 30%.

Utilizzando il pacchetto di monitoraggio, DEXCell Energy Manager è possibile accedere ad alcuni vantaggi, tra cui (Grau, 2015):

- Visualizzazione dei dati energetici, permettendo di controllare la gestione dell'energia.
- Misurazione e verifica: ovvero seguire l'evoluzione dei progetti di efficienza energetica attraverso il protocollo IPMVP.
- Standardizzazione, effettuando analisi comparative in modo coerente.
- Entrare nel mercato delle APP per l'energia, consentendo di estendere e personalizzare le funzionalità di DEXCell.
- Ripartizione dei costi energetici, permettendo di comprendere il costo orario dei consumi in base alla tariffa contrattata per l'attrezzatura.
- Segnalazione automatica: Permette di generare report completi e dettagliati.
- Genera avvisi intelligenti al fine di segnalare eventuali inefficienze rilevate o

¹² Il Protocollo internazionale di misura e verifica delle prestazioni, è una raccolta delle migliori pratiche oggi disponibili per verificare i risultati di progetti di efficienza energetica, efficienza idrica e fonti rinnovabili in qualsiasi campo, dagli edifici civili ai siti industriali.

mancato raggiungimento degli obiettivi di risparmio prefissati.



Figura 10 Interfaccia DEXCell. (DEXCell Energy Manager - Compre Agora Na Software.Com.Br, n.d.)

1.9.4.3 eSight

Si tratta di un fornitore di Sistemi di Gestione dell'Energia (SGE) per medie e grandi imprese: è una soluzione di gestione e analisi dell'energia basata sul Web che include analisi di utilità, emissioni di carbonio e costi, raccolta di dati e dashboard, che mirano all'utilizzo dell'energia e ai costi associati per la riduzione. eSight visualizza il consumo di energia per identificare le inefficienze e individua le opportunità di risparmio energetico, consentendo di monitorare i progressi nel tempo per determinare i risparmi.



Figura 11 Architettura di eSight. (Energy Management Software | ESight Energy, n.d.)

BIM based Energy management: piattaforme CMMS e standard IFC

Belfiori Alessia

È in grado di creare report e grafici che permettono di riconoscere e reagire rapidamente a consumi insoliti, mentre strumenti come l'analisi del carico di base evidenziano lo spreco di energia durante i periodi fuori orario.

La raccolta delle informazioni avviene tramite l'ausilio di contatori intelligenti, i cui dati vengono raccolti in una piattaforma cloud che permette di visualizzarli via Internet (*Energy Management Software | ESight Energy, n.d.*).

1.9.4.4 Ameresco

Ameresco riesce a guidare i clienti attraverso il finanziamento e l'implementazione di progetti di efficienza energetica personalizzati, nonché il funzionamento e la manutenzione di nuove apparecchiature, sfruttando il potenziale del risparmio energetico per generare risparmi sui costi. Inoltre, offre una suite di strumenti contenenti informazioni su asset ed energia che vanno oltre i dati energetici standard, per fornire informazioni continue e in tempo reale sull'uso dell'energia. Tali informazioni possono essere usate dalle organizzazioni per negoziare contratti energetici, mantenere la conformità e le certificazioni relative alla soglia minima di emissioni di carbonio o migliorare sistemi energetici con prestazioni scadenti (*Energy Analytics and Monitoring Systems | Ameresco, n.d.*).

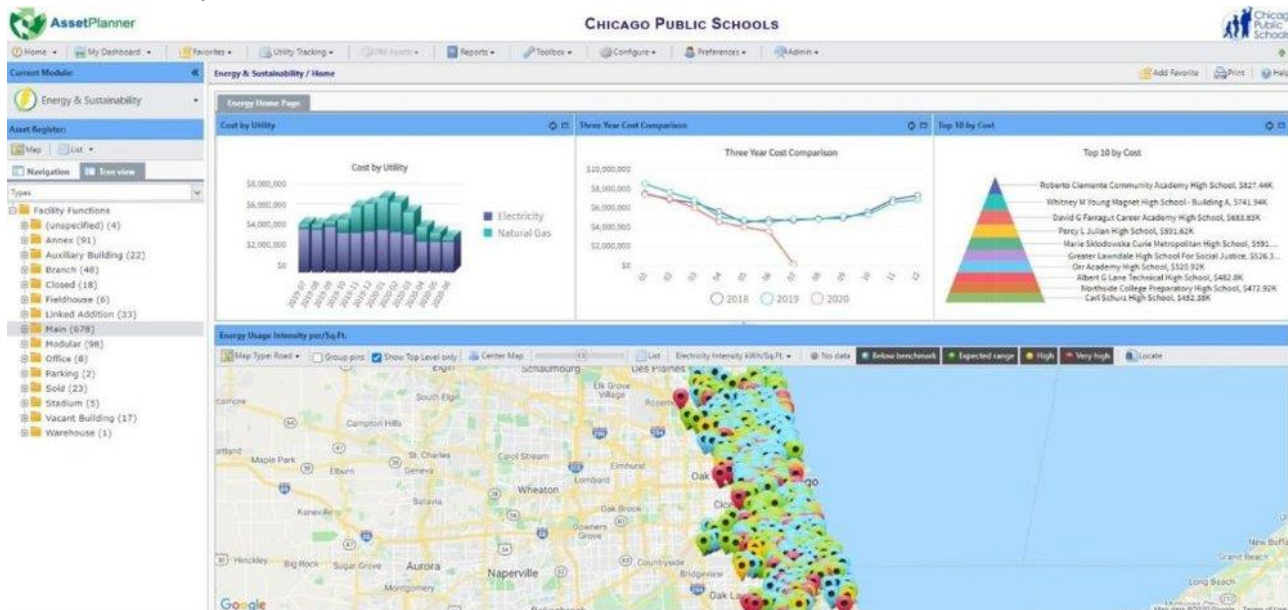


Figura 12 Interfaccia AssetPlanner di Ameresco. (*Ameresco AssetPlanner Reviews - 2022, n.d.*)

1.9.4.5 Predictive Energy Optimization

È il servizio principale di BuildingIQ, il quale sfrutta un sistema HVAC reattivo e ben mantenuto. La sua funzione principale è quella di migliorare l'efficienza energetica di edifici commerciali, pubblici o accademici indipendentemente dal BMS. Pertanto, ottimizza l'efficienza del sistema, il comfort di occupazione e trova soluzioni al minor costo. Predictive Energy Optimization

Analisi dell'ambito di riferimento

è in grado di regolare con precisione i set point di temperatura e pressione, oltre ad ottenere in maniera automatica e continua i dati sulle previsioni meteorologiche locali, l'occupazione dell'edificio, i prezzi dell'energia e le tariffe. Sulla base di questi input, esegue migliaia di simulazioni per arrivare alla strategia operativa HVAC più efficiente. Il centro operativo di rete di BuildingIQ mantiene la supervisione dei dati per il rilevamento delle anomalie, l'analisi dei dati e la diagnosi 24 ore su 24, per assistere i team delle strutture in loco (*Predictive Control – BuildingIQ, n.d.*).

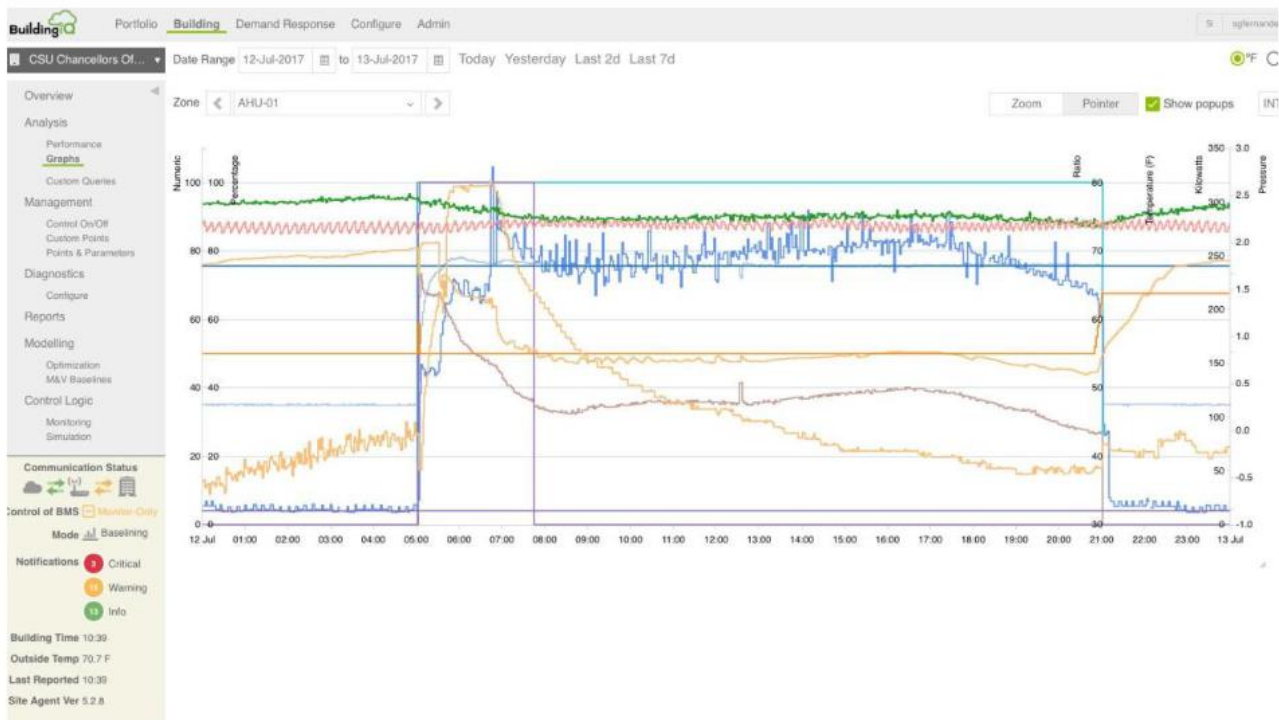


Figura 13 Interfaccia di BuildingIQ. (Granderson et al., 2018)

2 MERCATO NAZIONALE DELLE RISORSE ENERGETICHE

Il mercato nazionale delle risorse energetiche non è costante nel tempo: infatti, i prezzi variano molto in base al periodo storico, alla domanda e all'offerta del prodotto. Le due utenze di cui gli energy manager devono occuparsi principalmente sono quella elettrica e quella termica e di seguito verrà esposta una panoramica delle due.

2.1 Energia elettrica

L'elettricità è essenziale nel mondo moderno e come tutti i beni ha un suo prezzo che dipende da molti fattori. Il Prezzo Unico Nazionale (PUN) serve per identificare il prezzo di riferimento del mercato, il cui valore dipende da vari fattori e più in particolare: dall'andamento dei consumi elettrici, dal costo di produzione delle centrali, dal prezzo all'ingrosso degli altri mercati europei, da fattori esterni internazionali e geopolitici.

2.1.1 Calcolo costo

L'energia elettrica è un prodotto il cui costo può variare da diversi fattori; il prezzo è espresso in €/kWh ed è composto da diverse voci che possono essere raggruppate in 4 grandi categorie:

1. Energia elettrica, indica il costo per acquistare il bene;
2. Trasporto e gestione del contatore, sono le spese per i soggetti che si occupano della gestione delle infrastrutture di trasporto, di distribuzione e misura;
3. Oneri di sistema, è la somma di diverse componenti come, per esempio, la spesa per bonus, incentivi ecc.
4. Imposte che comprendono sia l'IVA che le accise.

Il prezzo che può essere contrattato riguarda l'acquisto della materia prima (ovvero quella energetica), mentre tutte le altre voci di spesa sono fisse.

2.1.1.1 Le fasce orario di consumo

Il costo per produrre l'energia non è sempre il medesimo, ma dipende dalla variabilità della domanda; ovvero, se la domanda è più alta, più alto sarà il costo per la produzione di energia. Per questo motivo il costo dell'energia elettrica è articolato per fasce orarie con il relativo prezzo. Le fasce orarie sono state istituite da ARERA¹³ (Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente).

Le fasce orarie principali sono 3:

- F1 è la fascia delle ore di punta, quindi la più costosa. Si applica nei giorni feriali dal

¹³ È l'autorità amministrativa indipendente che svolge funzioni di controllo nei settori dell'energia elettrica, del gas naturale, dei servizi idrici, del ciclo dei rifiuti e del tele-calore.

lunedì al venerdì, dalle 8.00 alle 19.00.

- F2 riguarda i giorni feriali dal lunedì al venerdì, dalle 7.00 alle 8.00 e dalle 19.00 alle 23.00, e il sabato, dalle 7.00 alle 23.00.
- F3 è la fascia oraria attiva dal lunedì al sabato dalle 23.00 alle 7.00 e la domenica e i festivi per l'intera giornata.

Questa mossa strategica delle fasce orarie dovrebbero incentivare i clienti a spostare i propri consumi verso quelle più economiche.

2.1.1.2 PUN energia elettrica

Se consideriamo la spesa per l'energia, ossia la quota che paghiamo per l'acquisto dell'elettricità, possiamo affermare che questa dipende direttamente dal prezzo del mercato all'ingrosso, cioè dal Prezzo Unico Nazionale, i cui valori vengono calcolati come prezzo medio delle tre fasce orarie sopra descritte.

Il prezzo del PUN può avere delle oscillazioni anche non indifferenti su base mensile; durante l'anno il prezzo ha un andamento stagionale, dovuto anche al clima. Di seguito vengono riportati i maggiori fattori che possono influenzare il mercato energetico:

- In estate l'elevato uso dei sistemi di condizionamento fa aumentare i consumi;
- In inverno il limitato apporto di luce diurna può indurre un maggiore utilizzo dell'illuminazione artificiale;
- Negli altri paesi europei, come la Francia, i sistemi di riscaldamento sono alimentati per la maggior parte da energia elettrica, influenzando in questo modo il mercato internazionale;
- La limitata produzione di energia fotovoltaica durante il periodo invernale, porta ad una diminuzione delle risorse, con conseguente rialzo dei prezzi;
- In inverno aumenta il prezzo del gas, a cui il PUN è legato per il costo di produzione delle centrali convenzionali alimentate a gas.

2.1.2 Andamento dei prezzi di energia elettrica

Per spiegare come può variare il prezzo di energia elettrica all'interno del mercato energetico, verranno esaminati i cambiamenti avvenuti in tre anni consecutivi: il 2016, il 2017 e il 2018.

2.1.2.1 PUN 2016

Il 2016 è stato segnato da un ribasso dei prezzi nel mercato energetico: nel mese di luglio, come ogni anno, il PUN ha subito un incremento a causa dei maggiori consumi del periodo estivo.

Solo a settembre 2016 si è registrato un notevole rialzo e il PUN a novembre ha raggiunto il valore di picco da inizio anno. Questo fenomeno è stato provocato dalla chiusura delle centrali nucleari in Francia, che hanno portato a una diminuzione delle importazioni all'estero pari al -45% nel periodo di ottobre.

Ma in ogni caso il 2016 ha registrato il PUN più basso di sempre, pari a circa 42 €/MWh, con un valore minimo storico mensile ad aprile 2016 con 31,99 €/MWh. Mentre nella seconda metà dell'anno i prezzi hanno ripreso a crescere.

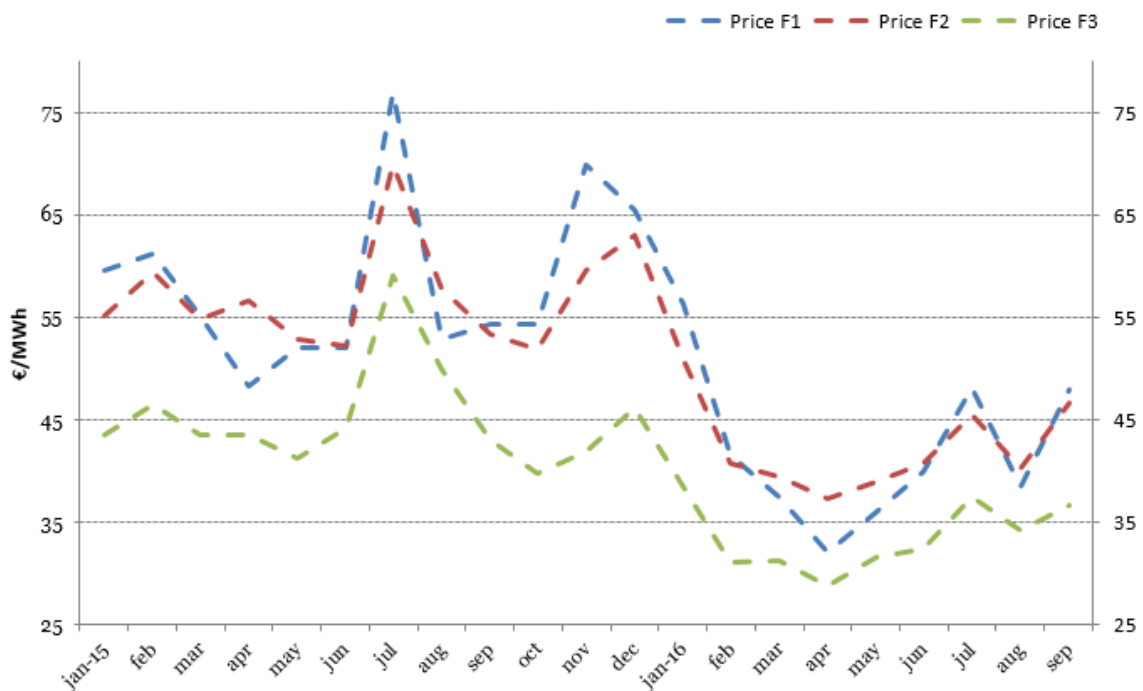


Figura 14 Andamento PUN anno 2016. (ServiziPerUtenze, 2016)

2.1.2.2 PUN 2017

A gennaio 2017, a differenza del 2016, si è verificato un brusco rialzo del PUN causato dal blocco delle centrali nucleari in Francia, di cui l'Italia era un grosso importatore di energia. Questo fu accompagnato da una scarsa produzione di energia idroelettrica e alle basse temperature invernali che hanno portato ad un rialzo del prezzo del gas metano. I valori del PUN del 2017 sono stati comunque più elevati rispetto all'anno precedente, riallineandosi ai valori del biennio 2014-2015.

2.1.2.3 PUN 2018

A gennaio 2018 il PUN è diminuito, grazie alla riduzione del costo del gas e della maggiore

produzione di energia derivata da fonti rinnovabili, come l'eolico, il fotovoltaico e l'idroelettrico. A febbraio e marzo 2018 la situazione si è ribaltata con il PUN che è aumentato, anche a causa di una domanda nazionale di elettricità molto elevata e a causa del clima molto rigido rispetto alle medie Europee. Ad aprile il PUN ha avuto un calo legato all'aumento di temperatura e alla ripresa delle fonti rinnovabili. Ma da maggio ad agosto 2018 il PUN è tornato a salire, infatti un aumento della domanda a fronte di un leggero calo dell'offerta, ha inciso su questo fenomeno, accompagnata da una crescita di energia importata e della produzione di fonti rinnovabili non incentivata. Il PUN in crescita in questi mesi è dovuto al classico aumento stagionale con l'arrivo dell'estate. L'aumento continua anche a settembre 2018 e il PUN, superando i 76 €/MWh tocca il livello massimo da 6 anni a questa parte. A ottobre e novembre il PUN è invece diminuito, rimanendo sempre superiore ai valori dell'anno precedente.

2.1.3 Aumento della domanda e dei costi

Questo inquadramento generale, realizzato prendendo in considerazione gli anni che vanno dal 2016 al 2018, è stato fatto in modo da poter comprendere quanti e quali sono i fattori e le variabili che possono modificare la domanda e l'offerta, e di conseguenza anche il prezzo di mercato.

Le previsioni che sono state svolte prevedono un aumento dell'energia derivata da fonti rinnovabili, ma che sarà accompagnata anche da un aumento dei consumi, che porteranno comunque ad un aumento dei prezzi, da qui al 2030. Con un simulatore è stato calcolato che il PUN aumenterà principalmente a causa dell'aumento dei prezzi del gas. In particolare, per la bolletta relativa all'utenza elettrica si prevede:

- un aumento del costo della spesa dell'energia;
- un aumento dei costi di rete conseguenti ai potenziamenti della trasmissione e alla distribuzione.

Altre caratteristiche del sistema da tenere in considerazione sono l'eccessivo ricorso alle centrali a gas, molto costose nella produzione, le strozzature e l'inefficienza della rete di trasmissione, ed infine la tassazione.

2.2 Energia Termica

L'energia termica maggiormente utilizzata è quella relativa al gas-metano. Il funzionamento del mercato del gas è abbastanza complesso: il prezzo della fornitura viene stabilito nei cosiddetti "hub", ovvero dei punti di snodo tra i gasdotti, dove avvengono le transazioni e le compravendite del gas che viene poi smistato nelle varie reti di trasporto dei paesi. In genere questi hub si trovano alla frontiera tra due stati, tuttavia esistono anche hub virtuali, ovvero un sistema dove avvengono gli scambi di acquisto e vendita del gas.

Il prezzo del gas viene influenzato, come per l'energia elettrica, specialmente dalla domanda e dall'offerta presente nel mercato. In Italia le importazioni e gli acquisti al Punto Virtuale di Scambio (PSV), che consiste nell'hub italiano, sono le modalità più frequenti con cui i grossisti si approvvigionano del gas per poi rivenderlo.

In Italia sono presenti più punti di stoccaggio del gas, creati in prossimità dei giacimenti di gas esauriti. Il prezzo del gas dipende anche dalla giacenza negli stoccaggi, se questi sono pieni il prezzo sarà più contenuto, se invece la disponibilità negli stoccaggi è bassa il prezzo aumenta.

Sempre come nel mercato energetico ci sono dei periodi stagionali in cui il prezzo del gas aumenta, a causa della temperatura più fredda. Ma se le temperature stagionali sono più basse della media, vorrà dire che i grossisti avranno acquistato una quantità di risorsa maggiore rispetto a quella che sarà la domanda e per questo il prezzo diminuirà.

2.3 Aumento costi negli ultimi anni

Prima di tutto, rispetta la regola principale dell'economia dei beni: se la domanda aumenta anche i prezzi aumentano. A partire dall'autunno 2021 il prezzo all'ingrosso del gas metano è aumentato in modo esponenziale a causa delle seguenti ragioni:

- La ripresa economica in seguito ai vari lockdown dovuti dalla pandemia ha portato ad un aumento dei prezzi;
- Durante i mesi invernali il consumo del gas è sempre maggiore per via dell'aumento del consumo di energia termica;
- Gli Stati Europei il cui sostentamento energetico, dipende da altri paesi (come l'Italia) stanno vivendo un momento di forte incertezza a causa della guerra tra Russia e Ucraina;
- I maggiori produttori di gas naturale lo scorso inverno hanno orientato le vendite verso i mercati più redditizi, come Asia e Sud America.

In Italia l'aumento del prezzo del gas ha aumentato anche il prezzo dell'energia elettrica (Figura 15).

Bolletta Luce	
Voce in Bolletta	Peso Percentuale
Materia Prima Energia	80%
Spesa per il trasporto	9%
Oneri di sistema	-
Imposte e IVA	11%
Bolletta Gas	
Voce in Bolletta	Peso Percentuale
Materia Prima Gas	77%
Spesa per il trasporto	13%
Oneri di sistema	-8%
Imposte e IVA	19%

Figura 15 Ripartizione percentuale dei costi in bolletta. (LuceGas.it, 2022)

2.3.1 Influenza del Covid sul mercato internazionale

Tra il 2020 e il 2021 i mercati dell'energia hanno ricevuto una domanda altalenante; infatti, il 2020 è stato caratterizzato da un calo generalizzato, mentre il 2021 ha visto un rimbalzo dei consumi per effetto sia della ripresa delle attività economiche nonostante il protrarsi della pandemia, sia delle condizioni meteorologiche.

Più nel dettaglio la domanda mondiale di energia elettrica nel 2020 ha visto una diminuzione del -4,3% nell'Unione Europea e del -5,2% dell'Italia. Mentre nel 2021 la domanda è riaumentata del +4,5% in Europa e del +6,7% in Italia, superando in questo modo i valori pre-Covid, anche se questa incidenza è stata causata anche da una primavera più fredda rispetto alla media, portando in questo modo ad un aumento della richiesta.

Le dinamiche altalenanti sul fronte della domanda e dell'offerta di energia hanno trovato ampio riscontro anche sul versante dei prezzi dell'elettricità dopo un lungo declino iniziato già dall'estate 2018, hanno toccato i minimi storici tra aprile e maggio 2020, con quotazioni spesso inferiori a 30 EUR/MWh, per poi intraprendere una rapida ascesa che li ha portati ai massimi negli ultimi mesi del 2021, con valori medi mensili che si aggiravano attorno ai 217.6 EUR/MWh in Italia (Motz, 2021).

2.3.2 Cause aumento dei prezzi

Le cause della crescita esponenziale dei prezzi seguita dalla lunga stagnazione dell'estate 2020 sono molteplici: la ripresa dei consumi dopo i lockdown severi del 2020, una primavera 2021 più fredda del solito, una produzione minore delle attese da parte delle fonti rinnovabili ma, soprattutto, una crescita vertiginosa del costo di generazione degli impianti termoelettrici, che come tecnologie flessibili sono in grado di determinare il prezzo in un buon numero di ore e dunque anche il livello e le tendenze dei prezzi dell'elettricità.

2.3.3 Gas prezzi tra 2020 e 2021

Guardando ai mercati dei combustibili fossili, gli anni 2019 e 2020 sono stati caratterizzati da una generale tendenza ribassista nelle quotazioni di carbone, petrolio e gas, con prezzi talora insufficienti a generare dei margini positivi per alcuni dei produttori. La fine del 2020 e l'intero 2021 hanno invece visto una crescita estremamente sostenuta delle quotazioni di gas e carbone.

Il mercato del gas ha visto lungo tutto il 2020 dei prezzi estremamente bassi sia sul mercato statunitense, sia sui mercati asiatici ed europei, che negli ultimi anni hanno sempre registrato prezzi più elevati.

I principali riferimenti di prezzo del gas in Europa si sono attestati nel 2020 a 9.8 EUR/MWh, ovvero pari al -40.5% rispetto al 2019. Ma dopo questo temporaneo calo della domanda l'Europa si è trovata a fronteggiare:

- una crescita della domanda trainata dalla ripresa delle attività economiche, dalle temperature relativamente fredde della primavera 2021, dalla bassa produzione elettrica di alcuni impianti rinnovabili nella prima metà dell'anno e, infine, dalla posizione inizialmente favorevole del gas rispetto al carbone ai fini della generazione di elettricità;
- un'offerta relativamente limitata, con il fornitore principale (Gazprom¹⁴) in grado di onorare gli impegni contrattuali ma non di fornire grossi quantitativi aggiuntivi di gas, un progressivo e inarrestabile declino delle produzioni olandesi;
- stoccaggi stagionali di gas su livelli inferiori alla media degli ultimi cinque anni.

2.4 Influenza della guerra sul mercato energetico

Il 2022 è segnato da un fattore che ha fatto salire i prezzi delle risorse energetiche in modo vertiginoso, ovvero la guerra tra la Russia e l'Ucraina, scoppiata il 24 febbraio. Infatti, la Russia per fronteggiare le pesanti sanzioni economiche imposte dall'Europa ha aumentato i prezzi di

¹⁴ è una multinazionale russa che opera nel settore energetico-minerario ed in particolar modo nell'estrazione e vendita di gas naturale, la cui sede principale si trova a San Pietroburgo.

esportazione delle proprie risorse energetiche verso gli stati europei, mettendo in difficoltà l'intera popolazione italiana. Infatti, le forniture russe hanno rappresentato, in media, il 40% dei consumi in Italia negli ultimi anni.

Come già spiegato nel paragrafo precedente, già dal 2021 il prezzo dell'energia è salito vertiginosamente: i prezzi mensili medi del mercato all'ingrosso hanno raggiunto il +500% per il gas naturale e il +400% per l'energia elettrica, portando a un incremento dei prezzi di vendita. Questo ha causato gli aumenti che si stanno subendo e ha generato una vera e propria crisi che ARERA¹⁵ e governo stanno cercando di arginare.

Infatti, data la grande quota di esportazione di petrolio della Russia, si è notato fin dai primi giorni un aumento dei prezzi dell'energia. Questo effetto potrebbe peggiorare se la Russia ponesse un divieto di esportazione sulle forniture di energia all'Europa e al resto del mondo e ciò porterebbe ad una grave interruzione dell'approvvigionamento energetico globale, aumentando così i prezzi dell'energia (Ozili, 2022). Sebbene gli Stati Uniti possano liberare le proprie riserve di energia per far fronte alla carenza nei mercati energetici mondiali, ci vorrà comunque molto tempo per soddisfare la crescente domanda di energia a causa dei negoziati sul commercio energetico, poiché i prezzi globali continuano a salire.

Come si può notare dai grafici di Figura 16 e 17, il costo del gas e dell'energia elettrica sono aumentati di molto rispetto agli anni precedenti. Si è registrato il picco massimo a marzo, ovvero pochi giorni dopo la data di inizio del conflitto, per poi decrescere avvicinandosi al periodo di aprile, grazie all'aumento delle temperature stagionali e della conseguente diminuzione della domanda.

¹⁵ L'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA) è un organismo indipendente, istituito con la legge 14 novembre 1995, n. 481 con il compito di tutelare gli interessi dei consumatori e di promuovere la concorrenza, l'efficienza e la diffusione di servizi con adeguati livelli di qualità, attraverso l'attività di regolazione e di controllo.

BIM based Energy management: piattaforme CMMS e standard IFC

Belfiori Alessia

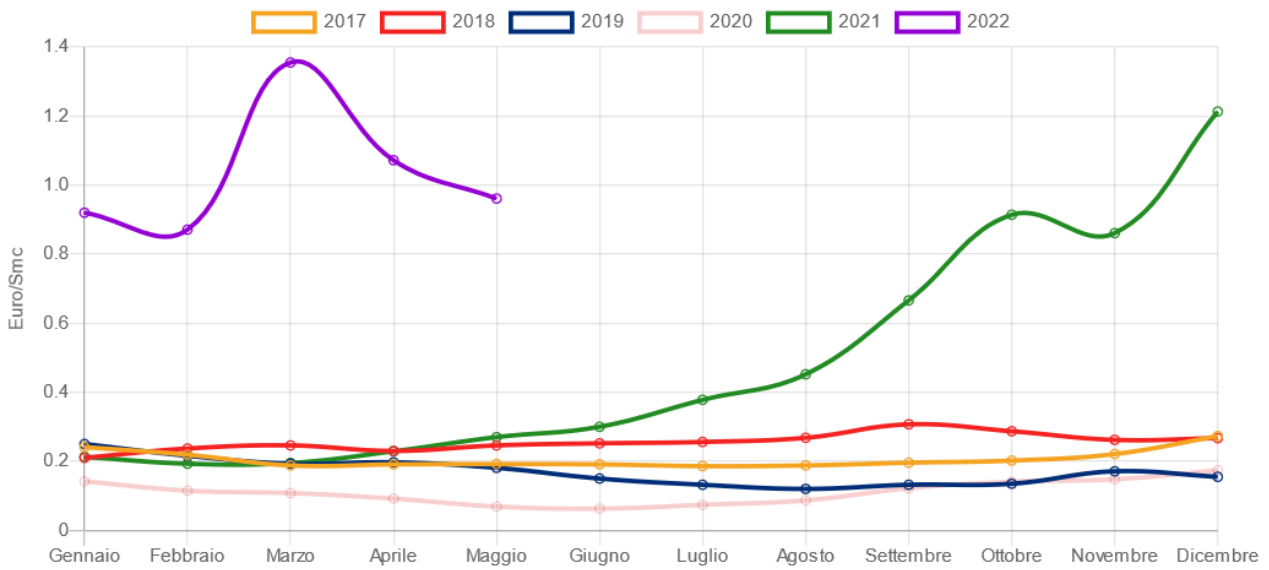


Figura 16 Andamento prezzo del gas dal 2017 al 2022. (LuceGas.it, 2022)

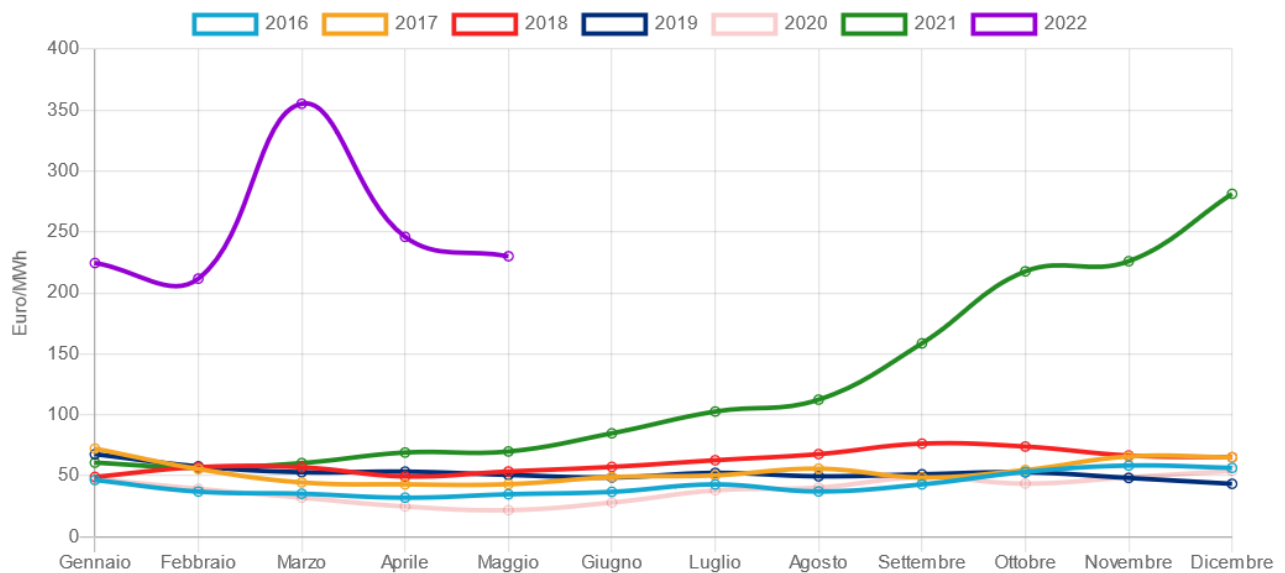


Figura 17 Andamento prezzo energia elettrica dal 2016 al 2022. (LuceGas.it, 2022)

3 BIM

Una tecnologia che non viene molto utilizzata nella fase di gestione energetica delle strutture, ma che gode di grandi potenzialità è il Building Information Modeling (BIM). Infatti, grazie all'implementazione di questa tecnologia, oltre ad avere dei grandi vantaggi durante la progettazione dell'opera, se ne hanno anche nella gestione dell'edificio durante tutto il suo ciclo di vita (Ramaji et al., 2016).

Il Building Information Modeling viene definito dalla norma ISO come: *“una rappresentazione digitale condivisa, rappresentativa delle caratteristiche fisiche e funzionali di qualsiasi oggetto costruito (inclusi edifici, ponti, strade, ecc.), che costituisce una base affidabile per le decisioni”* (ISO 29481, 2016). Inoltre è *“un insieme di politiche, processi e tecnologie interagenti, che generano una metodologia per gestire la progettazione essenziale dell'edificio e i dati di progetto in formato digitale, durante tutto il ciclo di vita dell'edificio”* (Succar, 2009).

Il Building Information Modeling è una tecnologia software che sta ottenendo una rapida accettazione in tutto il settore dell'architettura, dell'ingegneria e delle costruzioni (AEC). L'adozione del BIM nei progetti AEC garantisce alta fedeltà e ricchezza di informazioni geometriche e semantiche sui componenti edilizi (Zahid et al., 2021). Quando si utilizza il BIM, l'intero progetto può essere progettato, gestito ed eseguito in un unico modello centrale (Mousiadis & Mengana, 2016).

Rappresenta l'edificio come un database integrato di informazioni coordinate che possono essere utilizzate per l'analisi dei molteplici criteri prestazionali, tra cui architettonico, strutturale, energetico, acustico, illuminotecnico, ecc. (Asl et al., 2014). Infatti, si tratta di un processo il cui scopo è quello di ottenere una riduzione dei costi del progetto, l'aumento della produttività e della qualità e la riduzione dei tempi di consegna del progetto (Chang et al., 2018). Il Building Information Modeling è un modello 3D creato da oggetti parametrici (muro, porta, finestra, tetto, ecc.) che contengono dati sugli oggetti, come il costo, la pendenza, la temperatura e così via; questo è ciò che lo contraddistingue da altri programmi di modellazione 3D, il cui componente di base è una superficie o un solido (ad es. Rhino 3D) che non ha dati associati (Kensek, 2015b).

Il BIM viene utilizzato principalmente per esprimere elementi/oggetti conformi a specifici standard informativi (come Industry Foundation Classes, IFC). Il BIM fornisce una rappresentazione digitale accurata di un edificio e offre ai gestori delle strutture e agli operatori degli edifici un mezzo per recuperare informazioni da un modello virtuale, sulla sua struttura fisica. La tecnologia sta inoltre promuovendo lo sviluppo di informazioni interattive ed è in grado di supportare l'intero ciclo di vita dell'edificio, dalla pianificazione alle operazioni e alla manutenzione.

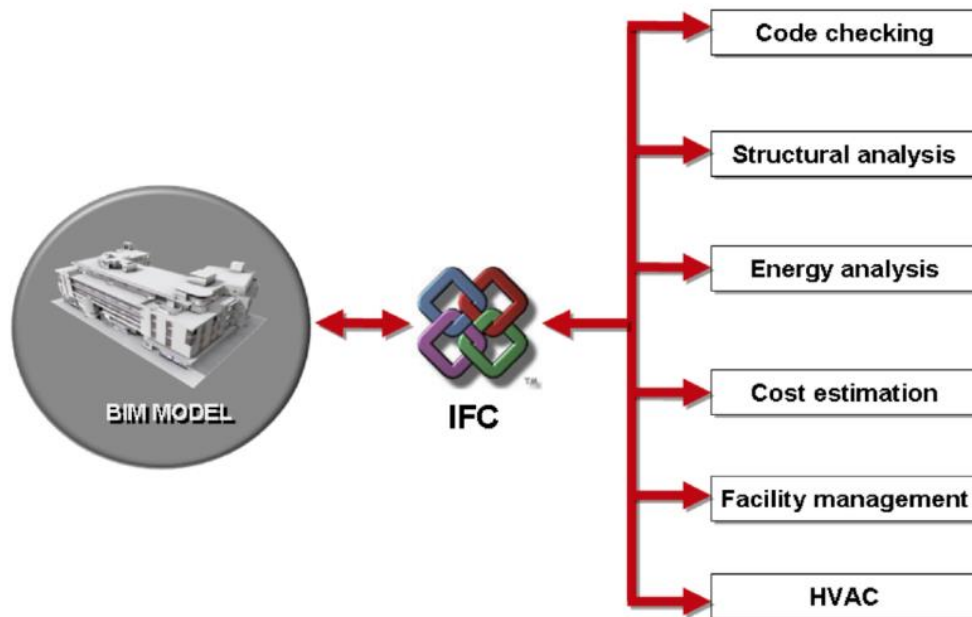


Figura 18 Condivisione del modello BIM tramite IFC. (Mousiadis & Mengana, 2016)

I vantaggi del BIM per FM includono (Teicholz, 2013):

- Base informativa unificata;
- Supporto efficace per le analisi, in particolare per le iniziative energetiche e di sostenibilità;
- Modello in cui vengono inserite informazioni sulla posizione di attrezzature, infissi, arredi, ecc.
- Supporto per la risposta alle emergenze, la gestione della sicurezza e la pianificazione dei diversi scenari che si possono presentare durante il ciclo di vita dell'edificio.

Il BIM supporta un approccio collaborativo durante le fasi del ciclo di vita del progetto e coinvolge più parti interessate nel progetto, inclusi architetti, ingegneri, appaltatori e facility manager. Inoltre, il BIM elimina il processo di immissione dei dati manuale, che talvolta risulta soggetto a errori e che porta all'eliminazione o alla perdita di informazioni sul progetto, con il passare degli anni (Teicholz, 2013). Inoltre, è molto utilizzato per aiutare i progettisti a valutare alternative diverse tra loro, in modo da poter individuare la strategia migliore in termini di risparmio energetico; in questo modo sarà possibile individuare i materiali più adatti, per costruire l'opera fin dalla prima fase di progettazione (Jalaei & Jrade, 2013).



Figura 19 Alcuni dei vantaggi nell'uso del BIM. (Mousiadis & Mengana, 2016)

3.1 Gestione del funzionamento e della manutenzione

Il BIM può raccogliere tutte le informazioni rilevanti dell'edificio e con queste creare un database più completo per fornire un potente supporto dati per la gestione delle successive fasi di funzionamento e manutenzione. Pertanto, il vantaggio del BIM non deriva solo dalla creazione del modello di visualizzazione 3D, ma anche dalla sua integrazione dei dati, in quanto risulta un supporto importante per lo sviluppo del sistema di gestione del funzionamento e della manutenzione. Pertanto, l'applicazione della tecnologia BIM nel sistema di gestione delle operazioni e della manutenzione di un edificio è principalmente incorporata nelle costruzioni intelligenti.

Quindi con la tecnologia BIM, è possibile creare un database di informazioni sul dispositivo e attraverso il modello di visualizzazione BIM 3D, i gestori possono visualizzare in tempo reale informazioni sull'edificio. Integrando il sistema di gestione delle risorse con altri sistemi come il sistema energetico, l'amministratore può visualizzare lo stato operativo delle apparecchiature in tempo reale e controllare il costo dell'intero ciclo di vita dell'attrezzatura. Sulla base di ciò, si può migliorare il piano di riparazione, migliorare l'efficienza operativa delle apparecchiature e garantire il funzionamento efficiente dell'edificio (Zhang & Gao, 2018).

3.2 Facility Management

Il BIM ha un ruolo fondamentale da svolgere nello sviluppo di un sistema di gestione delle strutture (FM) ben progettato; fornendo geometrie 3D e dati sugli attributi che possono semplificare

le operazioni e la manutenzione a lungo termine (Kensek, 2015a).

L'uso di un database digitale, il quale raccoglie informazioni sull'edificio, consente ai Facility Manager di prendere corrette e rapide decisioni di manutenzione, fornendo in questo modo edifici di qualità migliore.

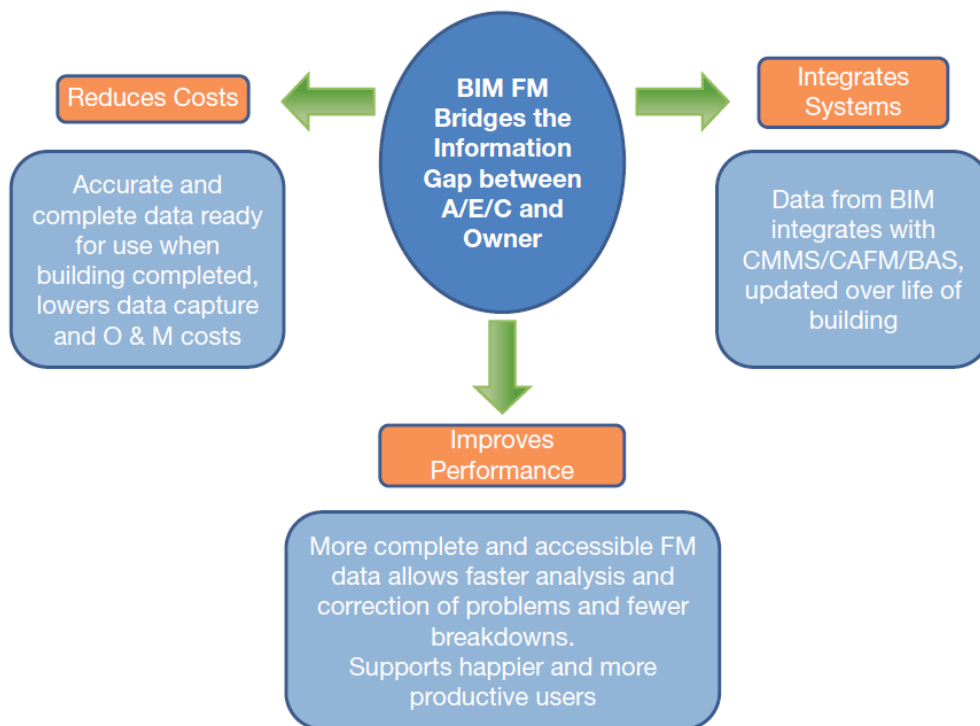


Figura 20 Sintesi dei principali benefici che possono essere raggiunti dall'integrazione BIM FM. (Teicholz, 2013)

L'utilizzo del BIM per il FM è diventato d'interesse per i grandi proprietari di immobili che intendono sfruttare al meglio le possibilità offerte dalla metodologia. Per questo motivo, risulta necessario definire un ambiente di lavoro condiviso per favorire la collaborazione e lo scambio di informazioni tra tutti gli attori coinvolti, a partire dalla fase di progettazione e costruzione, in modo da poter ridurre i tempi di organizzazione dell'attività di gestione e migliorarne l'efficienza e l'efficacia (Osello et al., 2020).

Mantenere un file BIM per quanto riguarda le informazioni sulla gestione della struttura è molto simile alla manutenzione della struttura reale: quando i componenti vengono sostituiti, riparati o rimossi, tali modifiche devono essere apportate anche nel file BIM. Mantenere un accurato modello as-built è necessario per un uso futuro in FM. Ovviamente, tutti i dati non sono inseriti in un modello o in un sistema, pertanto l'interoperabilità tra i software è fondamentale (Teicholz, 2013). In questo modo, il recupero dei dati all'interno di un modello BIM centralizzato e interoperabile, è necessario per un più efficiente e veloce utilizzo dei dati da parte del personale FM (Thabet et al., 2022). Infatti, i fogli di calcolo Excel ricoprono un ruolo fondamentale in questo

ambito; grazie alla semplicità della loro struttura, risultano il mezzo più adatto per condividere i dati tra i diversi programmi.



Figura 21 Ambiti di gestione principali dei Facility Manager. (Raffaele, 2021)

L'obiettivo è quello di semplificare la complessità della realtà per disporre di un modello che sia funzionale a comprendere il funzionamento e la gestione del manufatto edilizio, con i dati significativi che servono per il FM, in una base dati aggiornata, coerente ed affidabile. Di seguito vengono mostrate le principali applicazioni del BIM per il Facility Management, che interessano maggiormente il modulo di Energy Management.

3.2.1 Database di informazioni sull'edificio

L'implementazione di un modello BIM di un edificio permette di organizzarne la conoscenza, aumentando in modo significativo gli output e i dati disponibili; ciò permette di organizzare in modo automatico e strutturato gli elaborati grafici, quali viste o sezioni, e gli abachi dei componenti. Ogni abaco consente di visualizzare tutti i campi relativi al componente, i dati geometrici, gli attributi e relativi parametri condivisi, permettendo un rapido accesso alle informazioni. L'interfaccia grafica 3D facilita la comprensione dell'edificio e la localizzazione spaziale degli elementi.

3.2.2 Localizzazione dei componenti dell'edificio e degli asset tecnologici

La potenzialità di uno strumento BIM si esprime nella possibilità di caratterizzare il modello, con le informazioni specifiche correlate, sia in forma grafica che numerica, ma soprattutto nella capacità di rispondere a problemi complessi. Una volta modellati gli oggetti ed inserite le informazioni, è possibile richiamarli in modo strutturato attraverso abachi, impostati per tipologia, garantendo l'aggiornamento automatico dei dati in caso di variazioni. In questo modo è possibile disporre di un quadro completo dei componenti edilizi e degli asset tecnologici presenti all'interno di un locale o dell'intero edificio. Il raggruppamento attraverso abachi di quantità è utile per identificare gli elementi caratteristici dell'involucro e gestirli in maniera intelligente.

3.2.3 Simulazioni energetiche

Il modello, se correttamente impostato, fornisce una accurata caratterizzazione dell'involucro edilizio in termini di geometria e proprietà, dati essenziali per effettuare simulazioni in ambito energetico. Attraverso i formati di scambio e l'interoperabilità, i dati possono essere trasferiti a software energetici specifici, ottimizzando notevolmente la fase preliminare di modellazione energetica dell'edificio. In questo modo, ad esempio, è possibile ottenere la certificazione energetica dell'edificio in modo più preciso, limitando le approssimazioni sulla geometria ed una errata comprensione dell'edificio. Nonostante le potenzialità riconosciute, questo processo si caratterizza ancora dalla perdita di alcune informazioni che devono essere re-imputate manualmente.

3.2.4 Monitoraggio Energetico

Il censimento ed il controllo spaziale della componente tecnologica risulta essere un dato significativo per le attività di monitoraggio energetico. Il modello, in quanto database grafico e tabulare, può interagire con le informazioni provenienti dal Building Management System (BMS) e dall'Energy Management System (EMS) in modo da effettuare delle analisi più approfondite in relazione alle caratteristiche fisiche dell'edificio. Può essere utilizzato per tracciare i consumi energetici in relazione agli occupanti, agli spazi o alle unità organizzative, nonché visualizzare in modo grafico gli elementi che compongono i sistemi di distribuzione, come ad esempio i terminali di illuminazione e riscaldamento/condizionamento ed i sensori per l'acquisizione delle informazioni in tempo reale.

3.2.5 Operation & Maintenance

Con il BIM al centro delle attività di FM, è fondamentale caratterizzare accuratamente le famiglie degli asset impiantistici, in modo da disporre di un database condivisibile per l'inserimento automatico delle applicazioni di Computerized Maintenance Management System (CMMS) per una migliore qualità dei dati.

I parametri di progetto del software parametrico, però, non sono sufficienti a caratterizzare gli elementi del modello sotto questo punto vista, pertanto è necessario introdurre dei parametri condivisi, specifici per le attività manutentive. Non è però possibile associare procedure schedulate di manutenzione per l'esecuzione di un'attività, pertanto è necessario il collegamento ad un sistema CAFM o CMMS grazie all'interoperabilità del BIM.

3.3 Piattaforme CAFM e CMMS

Due strumenti che possono agevolare le attività che riguardano l'energy management sono le piattaforme CAFM e CMMS. L'acronimo CAFM sta per Computer-Aided Facility Management, mentre CMMS sta per Computerized Maintenance Management System. Queste due piattaforme hanno alcune somiglianze ma si differenziano negli obiettivi che si pongono di raggiungere: CAFM aiuta i facility manager ad automatizzare diversi aspetti della gestione delle strutture, mentre il software CMMS ha funzionalità focalizzate sulla gestione delle operazioni di manutenzione e spesso fa parte del pacchetto CAFM.

3.3.1 CAFM

I software CAFM vengono impiegati dai facility manager per supportare le loro attività di organizzazione, esecuzione e monitoraggio delle attività relative alla gestione di impianti e spazi di lavoro, asset management, manutenzione preventiva e altre attività di supporto amministrativo. Questo strumento permette ai facility manager di analizzare diversi aspetti riguardanti le strutture in modo da poter consultare tutti i dati necessari, per prendere le decisioni più adeguate. Come i software CMMS, i CAFM possono registrare le informazioni di riparazione e manutenzione in modo che i facility manager abbiano una visione più accurata delle spese aziendali. Inoltre, i CAFM consentono di accedere alle informazioni sullo stato degli asset critici, visualizzare l'ordine di lavoro e la cronologia delle riparazioni, nonché conservare il registro della garanzia.

Inoltre, contiene un database dei fornitori che può essere utilizzato per richiedere delle informazioni in modo più rapido ed efficiente. Questo componente include dati importanti, come l'ubicazione del fornitore, le certificazioni e le informazioni di contatto, nonché la possibilità di generare fatture per ordini di lavoro e raccogliere feedback sulle prestazioni del fornitore, il tutto in un unico posto.

3.3.1.1 Funzioni e caratteristiche dei CAFM

CAFM viene utilizzato per eseguire quattro funzioni principali:

1. Gestione del progetto;
2. Gestione del portafoglio;
3. Per eseguire pratiche di Facility Management e di Gestione della Manutenzione;

4. Gestione immobiliare

Le piattaforme CAFM vengono utilizzate per semplificare il lavoro dei facility manager, infatti al suo interno contengono molteplici funzioni tra cui (Gnanarednam, 2013):

- Gestione dei dati che vengono centralizzati;
- Possibilità di riportare i dati;
- Facilità di controllare i dati;
- Prendere decisioni che tengano in considerazione i dati raccolti;
- Migliorare la gestione dell'O&M;
- Identificare e allocare in modo efficiente i compiti per il personale di FM;
- Verificare la conformità del sistema con la normativa;
- Migliorare la sostenibilità ambientale.

3.3.2 Integrazione BIM e CAFM

I sistemi CAFM possono essere facilmente integrati con BIM per il trasferimento di informazioni dal settore dell'ingegneria e delle costruzioni a quello relativo alla manutenzione. Pertanto, l'integrazione di CAFM nel BIM include non solo le informazioni sulla fase di progettazione e costruzione, ma anche complessi sistemi di gestione degli ordini di lavoro e dei programmi di manutenzione.

3.3.2.1 Vantaggi BIM/CAFM

I vantaggi che si possono ottenere grazie all'integrazione del BIM con una piattaforma CAFM sono:

- La promozione di un sistema di gestione della struttura più rapido ed efficace fornendo informazioni facilmente condivisibili e riutilizzabili dalla varietà di appaltatori e personale impiegato nell'organizzazione.
- Aumento delle prestazioni e della qualità dell'edificio.
- Miglioramento dell'analisi degli edifici, dell'efficienza energetica e della sostenibilità;
- Messa in servizio e consegna delle informazioni sugli impianti;
- Migliore gestione e funzionamento delle strutture.

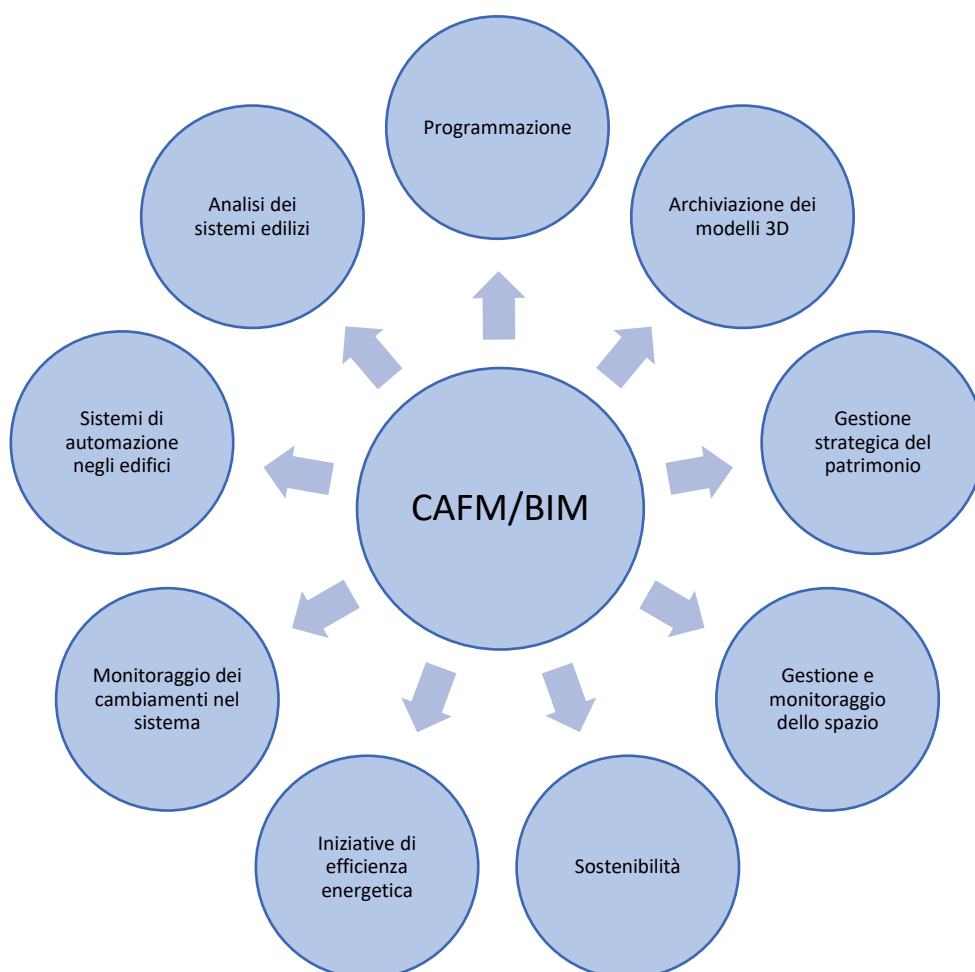


Figura 22 Applicazioni del CAFM/BIM nella fase post-costruzione. (Immagine dell'autore)

L'uso di BIM/CAFM consente ai Facility Manager di soddisfare la crescente esigenza di un migliore flusso di informazioni e di standardizzazione dei dati operativi. In precedenza, il sistema CAFM veniva utilizzato per raccogliere dati principalmente dal team di progettazione. Ora, con il BIM/CAFM, è possibile raccogliere informazioni più dettagliate, in modo che possano essere utilizzate in fase di manutenzione dell'edificio (Gnanarednam, 2013).

3.3.3 CMMS

Il software CMMS è una piattaforma digitale focalizzata esclusivamente sulla gestione delle operazioni di manutenzione relative ad apparecchiature e strutture; consente ai manager e tecnici di manutenzione di ottenere una visione più dettagliata delle operazioni di manutenzione. In questo modo è possibile seguire le lavorazioni che vengono apportate al sistema, controllare i guasti, accedere alla cronologia degli asset, ecc.

La loro capacità di gestire grandi quantità di dati in modo mirato e rapido ha aperto nuove

opportunità di manutenzione, facilitando un approccio più ponderato per la gestione delle risorse di un'organizzazione (Labib et al., 2004). I sistemi CMMS automatizzano la maggior parte delle funzioni logistiche svolte dal personale di manutenzione e di gestione; sono dotati di molte opzioni e presentano molteplici vantaggi rispetto ai sistemi di monitoraggio della manutenzione manuale. Lo scopo principale di un CMMS è quello di monitorare il livello di avanzamento dei lavori di manutenzione degli impianti di un edificio e i costi che bisogna sostenere per la loro esecuzione.

I CMMS hanno un ruolo rilevante nel mantenimento delle logiche dei processi aziendali, infatti al suo interno vengono definiti i ruoli dei diversi soggetti che partecipano al processo di manutenzione, le modalità con i quali gli operatori interagiscono e le modalità di esecuzione dei processi di manutenzione. Uno dei maggiori vantaggi del CMMS è l'eliminazione delle pratiche burocratiche e delle attività di tracciabilità manuale, consentendo così al personale di costruzione di diventare più produttivo. Va notato che la funzionalità di un CMMS risiede nella sua capacità di raccogliere e archiviare informazioni in un formato facilmente recuperabile; esso non prende decisioni, piuttosto fornisce al personale di manutenzione delle soluzioni per migliorare l'efficienza operativa di una struttura.

Un altro aspetto molto importante, è che il software CMMS ha la capacità di generare automaticamente gli ordini di lavoro della manutenzione preventiva, consentendo ai tecnici e ai facility manager di sapere sempre in quali giorni dovranno essere eseguite le varie lavorazioni. Inoltre, può essere molto utile per agevolare gli energy manager e gli esperti in gestione dell'energia nella raccolta dei vari dati riguardanti i consumi, che vengono archiviati nel software CMMS aiutandoli a raggiungere più facilmente i requisiti normativi e di conformità, come quelli imposti dalla ISO 50001.

3.3.3.1 Nascita dei CMMS

Questo tipo di sistemi è stato ideato originariamente per il settore ospedaliero, in quanto un malfunzionamento di un impianto avrebbe potuto incidere sulla sopravvivenza o meno dei loro pazienti. Ma successivamente, la loro implementazione si è diffusa all'interno di moltissimi sistemi aziendali e questo ha portato ad una migliore efficienza delle attività di monitoraggio. I CMMS vengono adottati per molteplici fini, consentono, ad esempio, di individuare delle criticità all'interno dei sistemi in modo da poterli migliorare, ma assistono anche le attività di manutenzione. Inoltre, questi sistemi costituiscono degli archivi di dati, contenenti tutte le informazioni che si apprendono sull'edificio lungo tutto l'arco della sua vita.

3.3.3.2 Componenti del CMMS

Questi sistemi comprendono un'ampia gamma di funzionalità quali:

- Automazione: vengono automatizzate una serie di pratiche come la pianificazione

dei turni di lavoro, compilazione automatica dei documenti amministrativi, in modo da evitare errori e risparmiare tempo che può essere impiegato nelle attività di manutenzione, rispetto a quelle amministrative;

- Informazioni sugli asset: Il database consente di accedere alle informazioni riguardanti i team di manutenzione e le informazioni generali sull'asset che si vuole consultare, ad esempio quando è stato acquistato/installato, l'elenco delle date in cui è stata eseguita la manutenzione, le date in cui si sono verificate delle anomalie o dei guasti, la marca e il modello, ecc.;
- Semplificazione dei processi: attraverso questa piattaforma è possibile programmare gli ordini di lavoro, le parti coinvolte e le modalità di esecuzione;
- Visibilità del flusso di lavoro: in questo modo il team di manutenzione può individuare in maniera più rapida, il posizionamento preciso di un asset all'interno dell'edificio, sapendo in questo modo dove andare ad intervenire. Inoltre, possono essere visualizzate le specifiche del programma di manutenzione, sapendo che interventi devono essere effettuati, in che periodo temporale e quali sono le maestranze competenti per quel tipo di lavorazione.
- Manutenzione preventiva: grazie all'utilizzo dei sensori, contatori o più in generale dei sistemi IoT, è possibile visualizzare in tempo reale anomalie dei sistemi, in modo da riuscire ad intervenire in modo preventivo sul guasto;
- Archivio documentale: all'interno del database possono essere inseriti tutti i documenti, manuali, contratti ecc., utili alla gestione energetica della struttura. In questo modo non vengono perse le istruzioni per le operazioni di manutenzione;
- Analisi statistica e reporting: uno dei più grandi vantaggi dal punto di vista pratico, riguarda la possibilità di condurre una serie di analisi statistiche sui dati memorizzati all'interno del database. In modo da poter valutare se le attività di gestione e manutenzione sono adeguate a mantenere in efficienza l'asset.

3.3.4 Integrazione del BIM con i CMMS

Per la gestione della fasi di manutenzione di un'azienda, l'integrazione tra il BIM e le piattaforme CMMS fornisce una completa visualizzazione delle risorse codificate in BIM anche sul CMMS attraverso la condivisione delle stesse anagrafiche, l'accesso alla posizione precisa dei componenti, l'individuazione delle relazioni tra i diversi sistemi e impianti, oltre alla possibilità di visualizzare tutte le informazioni e la documentazione su un'unica piattaforma i cui dati sono sincronizzati con BIM. Quindi si può dire che un'integrazione tra le due piattaforme assicura l'interoperabilità tra i due strumenti.

Grazie all'accesso a queste informazioni sulle proprie strutture, i facility manager possono prendere decisioni operative informate e assicurare una corretta sincronizzazione tra i dati inseriti

nel modello BIM e quelli ricavati da un CMMS.

Raggruppando le informazioni e gli alberi tecnici esistenti su un'apparecchiatura o un edificio, un moderno CMMS può, grazie al BIM, attivare un modulo 3D che consente di incrociare tutte queste informazioni e presentarle in una modalità di visualizzazione interattiva. Eventualmente sarà anche possibile interfacciarsi con il sistema di gestione tecnica dell'edificio, ad esempio per fornire informazioni in tempo reale sulle misurazioni o anche per controllare a distanza alcune apparecchiature.

3.3.4.1 Vantaggi uso BIM/CMMS

Con la combinazione di BIM e CMMS, tutte le caratteristiche tecniche e funzionali di un edificio vengono trascritte all'interno dello stesso sistema, che consente di:

- facilitare il trasferimento dei dati dell'edificio o dell'attrezzatura dal produttore all'operatore;
- aiutare gli addetti alla manutenzione a localizzare ogni apparecchiatura grazie alla visualizzazione 3D e ad accedere rapidamente alle schede tecniche;
- trasmettere in tempo reale al proprietario delle informazioni relative alla manutenzione dei suoi beni

La combinazione di BIM e CMMS consente di costruire una notevole base di conoscenze per la gestione della manutenzione di edifici e attrezzature, facilitando la loro condivisione tra tutti i soggetti coinvolti. Integrando la tecnologia IoT con i sistemi CMMS, la raccolta dei dati viene ulteriormente arricchita e semplificata, rendendo la manutenzione e il processo decisionale ancora più accurati e facili. Informazioni come il consumo energetico di ogni apparecchiatura, ad esempio, vengono trasmesse e analizzate in tempo reale.

Per i responsabili della manutenzione e delle strutture, l'integrazione dei dati BIM in un CMMS consente loro di analizzare, organizzare e gestire gli interventi in modo più efficiente. Il contributo del BIM è particolarmente prezioso quando sono presenti più addetti alla manutenzione, soprattutto quando alcuni sono esterni all'azienda e non hanno familiarità con il sito. Grazie al modello digitale 3D, possono trovare la posizione degli elementi su cui devono intervenire molto più facilmente e senza rischi di errore e accedere alle loro caratteristiche tecniche (portata, volume, struttura, ecc.). La reattività e la qualità degli interventi risultano così nettamente migliorate grazie alla qualità delle informazioni e alla loro condivisione. Infine, la possibilità di accedere a una visualizzazione BIM in un CMMS riduce la frequenza dei rilievi manuali in aree pericolose, il che migliora notevolmente la sicurezza dei tecnici di manutenzione e, in alcuni casi, la loro esposizione a sostanze tossiche.

4 UNIVERSITÀ DI PADOVA

In questo lavoro di tesi è stato analizzato il contesto in cui è organizzata la gestione energetica all'interno dell'università di Padova.

4.1 Come è strutturata

L'università di Padova è organizzata secondo diverse aree di competenza, le quali a loro volta sono suddivise in diversi uffici e sono di seguito illustrate:

- Direzione Generale, di cui fa parte l'ufficio di segreteria del direttore generale, l'ufficio di segreteria del rettore e dei prorettori e l'ufficio di pianificazione e controllo strategico.
- Area Affari generali e legali (AAGL), che comprende l'ufficio di affari generali, l'ufficio contratti e assicurazioni, l'ufficio di gestione documentale e l'ufficio rapporti con il servizio sanitario.
- Area Comunicazione e marketing (ACOM), che comprende l'ufficio di comunicazione, l'ufficio di eventi permanenti, l'ufficio Fundraising e l'ufficio Public Engagement.
- Area Didattica e servizi agli studenti (ADISS), che comprende l'ufficio Carriere studenti, l'ufficio Dottorato e post lauream, l'ufficio Offerta formativa ed assicurazione della qualità e l'ufficio Servizi agli studenti.
- Area Edilizia e sicurezza (AES), che comprende l'ufficio ambiente e sicurezza, l'ufficio Facility ed energy management, l'ufficio Sviluppo edilizio.
- Area Finanza e programmazione (AFIP), che comprende l'ufficio Bilancio unico, l'ufficio Controllo di gestione, l'ufficio Fiscalità, l'ufficio Programmazione finanziaria e coordinamento Centri di Ateneo e ufficio Ragioneria.
- Area Patrimonio, approvvigionamenti e logistica (APAL), comprende ufficio Acquisti, ufficio Gare, ufficio gestione beni e servizi e ufficio patrimonio e logistica.
- Area relazioni internazionali (ARI), comprende Global Engagement office e Projects and mobility office.
- Area Ricerca e rapporti con le imprese (ARRI), comprende Ufficio Career service, ufficio ricerca e qualità, ufficio ricerca internazionale e ufficio valorizzazione della ricerca.
- Area risorse umane (ARU), comprende ufficio personale docente, ufficio personale tecnico amministrativo, ufficio sviluppo organizzativo e ufficio trattamenti economici e welfare.
- Area servizi informatici e telematici (ASIT), comprende uffici applicativi, uffici digital learning e multimedia e uffici infrastruttura, sistemi e telecomunicazioni.

4.1.1 Gestione energetica dell'università di Padova

L'area competente in materia di gestione energetica dell'università di Padova è costituita dall'AES (area edilizia e sicurezza), più precisamente il tema viene trattato nell'ufficio di facility ed energy management. Infatti, tale organizzazione si avvale di un team di Energy Manager per gestire le risorse all'interno dei propri edifici; tali figure si occupano della gestione delle forniture elettriche e idriche, mentre la gestione del gas è stata affidata ad una ESCo (organizzazione esterna rispetto all'ateneo). Un altro tipo di utenza legata sempre all'ambito energetico (anche se in modo indiretto), è lo smaltimento rifiuti, la cui gestione rientra sempre nell'area AES, ma è affidata all'ufficio ambiente e sicurezza. Mentre la gestione delle fatture è affidata all'area APAL, nell'ufficio patrimonio e logistica.

4.2 Energy Manager dell'università di Padova

Per comprendere meglio come è organizzata la gestione energetica all'interno dell'ateneo e come viene gestita, si è deciso di svolgere un'intervista ad uno degli energy manager dell'area AES.

Durante il colloquio, ha esposto quali sono i compiti e le mansioni che devono portare a compimento e con quali dati si devono interfacciare maggiormente; gli energy manager devono supervisionare principalmente le clausole contrattuali, analizzare i consumi, facendo dei confronti tra i diversi edifici, analizzando anche come si sono evoluti i consumi nel corso degli anni, se ci sono dei consumi anomali in un determinato edificio, ecc. Tutte queste riflessioni e analisi vengono svolte sfruttando gli indicatori di prestazione energetica, che continuano ad essere aggiornati, grazie al monitoraggio continuo dei consumi: infatti dove gli indicatori hanno valori più alti, si devono valutare degli interventi di efficientamento. Tali interventi, si basano anche sui dati contenuti in bolletta, che devono essere estrapolati e archiviati in modo da non perdere informazioni utili nel corso degli anni: infatti, attraverso questi i dati vengono generati dei report, molto utili in ambito di intervento. Altro compito che devono svolgere è di valutare le offerte presenti all'interno del mercato delle forniture energetiche, per scegliere la compagnia energetica che fornisce un contratto economicamente più vantaggioso.

Durante il colloquio è emerso che per svolgere il loro ruolo di gestione e controllo dei consumi, si avvalgono di tre piattaforme principali:

- eSight, software che permette di controllare i consumi;
- ELYX, software di gestione e raccolta delle bollette, che permette di ottenere grafici dei consumi in modo automatico;
- GeoWeb, piattaforma per lo sviluppo di potenti applicazioni tecnico gestionali.

4.2.1 Esight

È la piattaforma software che è stata precedentemente analizzata, le cui credenziali di

accesso sono state fornite dal SIRAM (ESCo che si occupa della gestione della fornitura del gas). Infatti, il SIRAM si avvale di questa piattaforma per svolgere in modo più efficiente e veloce il suo operato ed è stata realizzata un'interfaccia grafica personalizzata proprio per l'università di Padova (Figura 23).



Figura 23 Interfaccia grafica Esight di Siram. (Immagine dell'autore)

Dopo aver installato diversi sensori nei vari edifici universitari, tramite questa piattaforma è possibile verificare i consumi in tempo reale espressi in MWh (Figura 24) e la temperatura ambientale espressa in °C (Figura 25).

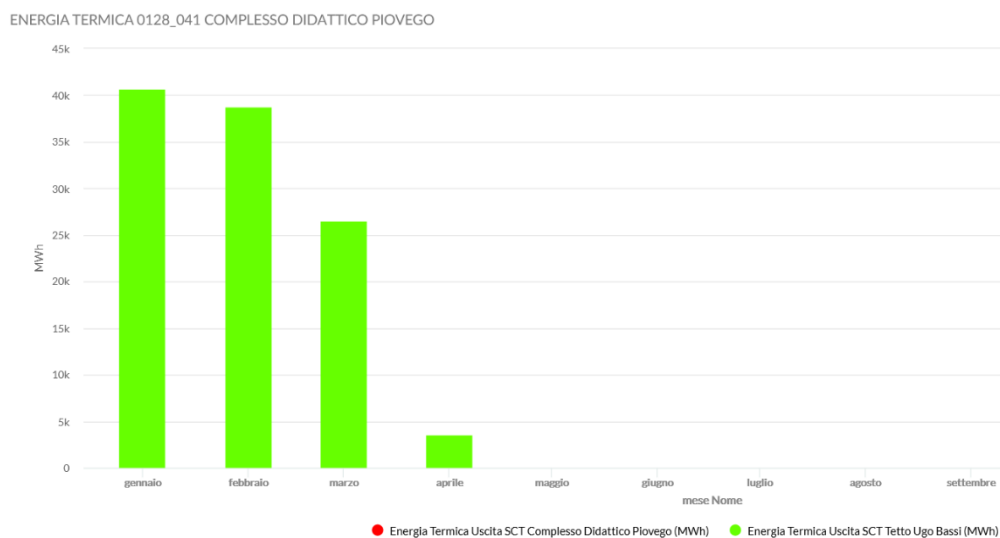


Figura 24 Consumo energia termica del Complesso Didattico Piovego. (Immagine dell'autore)

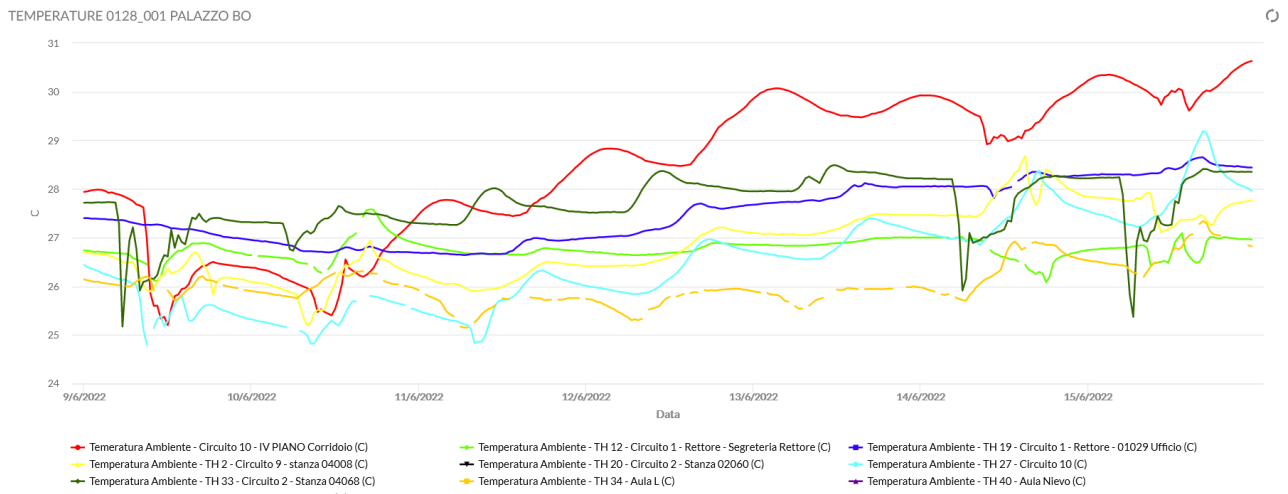


Figura 25 Temperatura ambiente del Palazzo Bo. (Immagine dell'autore)

4.2.2 Elyx

Elyx è la piattaforma cloud pensata per semplificare e automatizzare la gestione delle forniture di energia, mediante la lettura automatica delle fatture in formato pdf e il controllo di correttezza di ogni singola componente. Si tratta di una soluzione pensata e progettata proprio sulle esigenze di realtà multi-sito che si trovano a dover gestire una moltitudine di contatori e, di conseguenza, un gran numero di fatture energetiche; infatti, consente di gestire in modo semplice e veloce i costi e consumi di energia per ogni singolo immobile, al fine di evitare di pagare fatture su immobili dismessi o non di proprietà (*ELYX - Home*, n.d.).

Le attività effettuate dalla piattaforma sono:

- Digitalizzazione delle bollette a partire dal PDF del fornitore;
- Controllo e ricerca di eventuali errori di fatturazione;
- Analisi dei dati;
- Valutazione delle performance energetiche dei siti (KPI);
- Generazione di report e configurazione di alert specifici;
- Simulazione di forecast della spesa energetica (budget e stanziamenti mensili);

È in grado di recuperare la fattura direttamente dal fornitore e la digitalizza automaticamente in pdf.

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

VIA 8 FEBBRAIO 1848, 35122 PADOVA (PD) - IT



30.852.625,93 kW Consumo complessivo	4.534.257,80 € Spesa complessiva (IVA escl.)	NA Spesa complessiva prevista (IVA escl.)	NA Consumo complessivo previsto	
---	---	--	------------------------------------	--

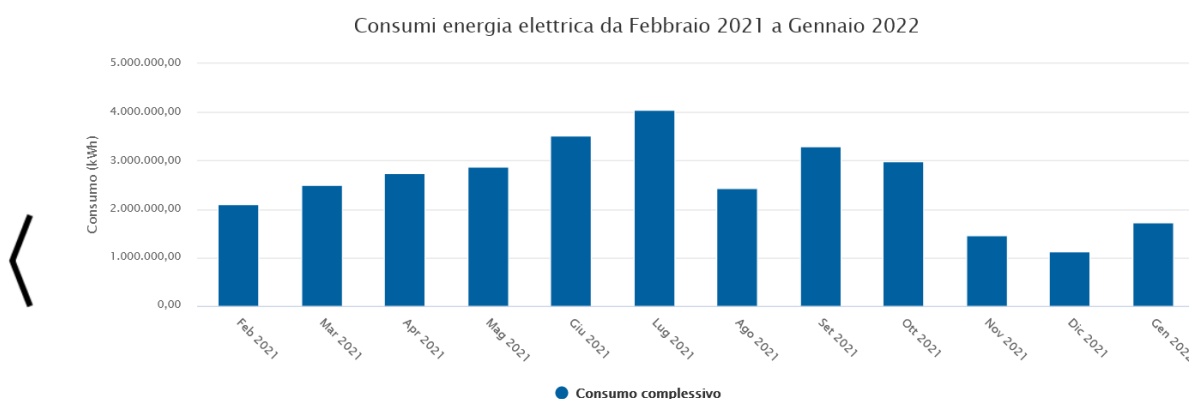


Figura 26 Consumo di energia elettrica dell'università di Padova. (Immagine dell'autore)

4.2.3 GeoWeb

Infine, viene utilizzata una piattaforma CMMS denominata Geoweb: si tratta di un sistema di gestione che assiste tutto il ciclo di vita dei progetti e degli immobili. Il suo obiettivo principale è quello di avere un unico ambiente all'interno del quale è possibile trovare qualsiasi dato utile alla gestione del patrimonio. Oltre ad essere un software CMMS è anche un IWMS (Integrated workplace management system) che permette di gestire l'edificio sia da un punto di vista documentale, sia dal punto del facility management ed un CAFM.

Geoweb è dotato di un framework opensource per creare applicazioni tecnico-gestionali, basato su standard e protocolli aperti, che possono anche essere personalizzati. La piattaforma consente la rapida configurazione di un numero illimitato di casi applicativi, utilizzando le funzionalità pronte ed i componenti di interfaccia messi a disposizione dal framework. Ciò consente la massima flessibilità nell'adeguare le procedure alle esigenze del singolo utente e di mantenere il modello dati ed i processi sempre allineati al modello logico ed organizzativo che sta alla base della progettazione del sistema informativo.

Sviluppato in Java si basa su un'architettura a 3 livelli che risponde ai requisiti richiesti dalle principali tipologie di infrastrutture.

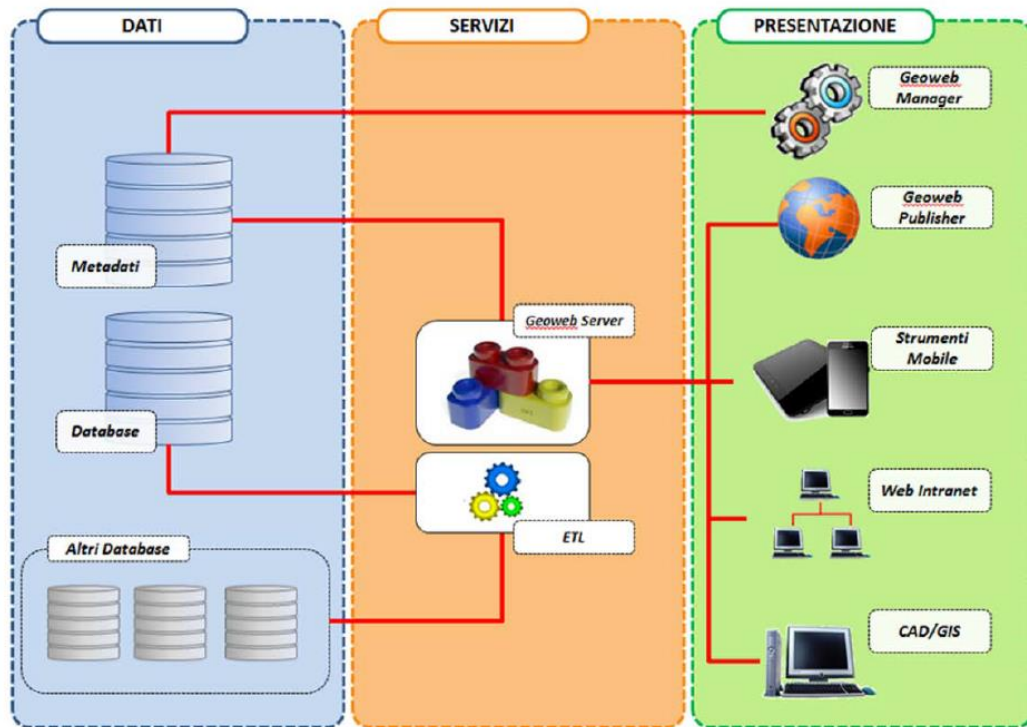


Figura 27 Architettura del sistema Geoweb. (TeamSystem, 2008)

4.2.3.1 Framework della piattaforma

All'interno di GEOWEB il framework è composto da tre moduli:

- CDE A.I.M. (Common Data Environment Asset Information Model), utilizzato per immagazzinare e gestire le informazioni degli immobili in un unico software. Le funzioni principali contenute all'interno di questo modulo sono la realizzazione del fascicolo del fabbricato in formato digitale e le procedure di aggiornamento. Il fascicolo consente di consultare in modo veloce i modelli digitali, tabelle e documenti, mentre le procedure di aggiornamento servono per tenere sotto controllo gli aggiornamenti dei documenti e i dati del fascicolo. Questa sezione consente di caricare al suo interno i modelli digitali per poterli consultare, in modo da ricavare i dati tecnici contenuti al suo interno.
- CDE P.I.M. (Common Data Environment Project Information Model), serve per realizzare il piano esecutivo. Attraverso questo modulo viene gestita la fase costruttiva e viene creato il fascicolo digitale dell'opera, oltre a gestire i dati del modello e i suoi documenti.
- Operation & Maintenance, utilizzato nella fase di gestione e di facility management durante l'intero ciclo di vita dell'edificio. Una funzionalità molto interessante è la possibilità di importare i dati dai modelli BIM o CAD per pianificare le attività, gestire gli asset o accedere a manuali e anagrafica degli asset cliccando direttamente

sull'oggetto grafico.

Di seguito, verranno descritte più in dettaglio le funzionalità di questa piattaforma.

Primo.4.2.3.1.1 Permessi di accesso

I permessi di accesso alle varie applicazioni consentono di definire quali utenti possono accedere ai vari moduli creati all'interno del framework: in questo modo i vari operatori potranno accedere all'area riservata di loro competenza. Inoltre, si può fare una differenziazione per zona, ovvero due operatori che svolgono la stessa mansione, ma in due zone diverse, avranno delle loro aree riservate personalizzate di accesso.

Primo.4.2.3.1.2 Permessi sui dati

I permessi sui dati determinano per ciascun gruppo i diritti sulle classi di dati presenti nel sistema. Per ogni classe si può stabilire sia il tipo di permesso concesso, sia l'ambito di competenza dell'utente (unità locale, tipo di impianto, reparto, ecc.). I permessi per ogni classe ed ambito possono essere di 4 tipi tra loro combinabili:

- Inserimento
- Lettura
- Modifica
- Cancellazione

Primo.4.2.3.1.3 Strumenti per la gestione e modifica delle interfacce

La piattaforma consente la creazione automatica e parametrica delle maschere di presentazione dei dati sia in fase di visualizzazione, di editing, di filtro e di ricerca e di elenco. Gli strumenti di amministrazione consentono di definire l'elenco degli attributi che si vogliono gestire e di configurare tali interfacce sfruttando una serie di controlli predefiniti che possono essere utilizzati per visualizzare o editare il dato.

Primo.4.2.3.1.4 Gestione degli attributi della classe

Permette di scegliere quali attributi della classe verranno visualizzati nelle maschere di filtro, lista e dettaglio, in modo da definire e configurare i controlli con cui verranno visualizzati. Per ciascun attributo è possibile definire l'etichetta con cui mostrarlo, il gruppo di appartenenza e l'ordine all'interno delle maschere.

Primo.4.2.3.1.5 Gestione dei controlli associati ad un attributo

Particolarmente flessibile risulta la definizione del controllo con cui verrà mostrato e gestito

un attributo. La definizione del controllo seleziona l'aspetto e la logica applicativa che concorre all'elaborazione dell'attributo. Gran parte della logica applicativa di visualizzazione/modifica viene descritta tramite una stringa XML. Il sistema permette di comporre la stringa in automatico specificando un insieme di parametri di controllo.

Primo.4.2.3.1.6 Utilizzo

Lo scopo principale di Geoweb è di allegare all'interno dei modelli BIM già tutti i documenti e mediante la visualizzazione 3D capire che documenti sono collegati all'interno dell'elemento che si vuole studiare. Inoltre, è possibile allegare ad un impinto il suo ciclo manutentivo; in questo modo si riesce a gestire in modo più dinamico le revisioni, anche grazie all'invio automatico degli allert.

Si tratta di un'applicazione dotata di un'ampia interoperabilità e gli standard adottati consentono di integrarsi facilmente con tutti gli strumenti aziendali in uso, inclusi sistemi CAD e GIS (*La Suite per Digitalizzare Il Ciclo Di Vita Delle Opere - Geoweb Framework, n.d.*).

Con Geoweb Framework si possono:

- Importare facilmente le planimetrie CAD e gestirle nell'ambiente condiviso;
- Caricare e verificare i modelli BIM, utilizzati per digitalizzare la gestione degli immobili;
- Importare, gestire le Work Breakdown Structure¹⁶ e organizzare i progetti in modo avanzato.

Geoweb aiuta le imprese a raggiungere gli obiettivi aziendali prefissati, tra i quali:

- Creare un fascicolo digitale degli immobili e gestire tutte le informazioni;
- **Property management:** Gestire il portafoglio immobiliare in modo digitale e avanzato;
- **Asset & Facility Management:** Permette di coordinare i servizi di facility management¹⁷. Controlla gli aspetti operativi ed economici, con un'unica piattaforma. I vantaggi sono che: viene digitalizzata e semplificata la gestione delle operazioni, ottenendo informazioni sempre aggiornate e valide; vengono controllati in tempo reale i costi e le attività; vengono massimizzati i risultati della gestione grazie al coordinamento dei diversi team di lavoro interni ed esterni;
- Viene messa a disposizione una **piattaforma web** per controllare i consumi energetici degli edifici, la quale è integrabile e facilmente adattabile alle necessità

¹⁶ Si intende l'elenco di tutte le attività di un progetto.

¹⁷ È una funzione lavorativa in azienda che ha il compito di gestire e coordinare lo spazio di lavoro in modo che sia funzionale per i dipendenti, e inoltre contribuisca a perseguire gli obiettivi dell'azienda.

dell'organizzazione. I principali vantaggi sono il controllo dei consumi energetici e gestione delle bollette, dando la possibilità di verificare la correttezza delle fatture, analisi dettagliata dei consumi e i KPI¹⁸ in tempo reale e minimizzazione degli sprechi; aumento dell'efficienza energetica degli edifici, grazie a un controllo completo sui consumi energetici;

- Si possono gestire gli adempimenti e i rischi legati all'ambiente, alla salute e alla sicurezza dei lavoratori;
- **Digitalizzazione** della gestione dei beni e implementazione di una strategia efficace degli asset;
- Ottimizzazione dell'uso degli spazi di lavoro e vengono supportati i servizi in ottica smart-working;
- Gestione dei servizi di **facility management** in modo digitale, avanzato e totalmente integrato. Si possono gestire le attività sugli asset direttamente da modelli BIM e CAD visualizzati sul web.

Geoweb integra i dispositivi IoT e permette di trasformare i dati misurati in informazioni fondamentali per migliorare le performance del business, digitalizzando i processi, attraverso:

- La connessione di dispositivi, quali sensori, attuatori, BMS, ecc. per dare vita a una infrastruttura convergente;
- Raccolta dati dai dispositivi di campo e modellazione dei monitoraggi per avere tutte le informazioni richieste;
- Sfruttare la potenza dei Big Data e dell'AI¹⁹ per prendere decisioni informate e più consapevoli.

4.2.4 SIRAM

La fornitura del gas, all'interno dell'università di Padova, non viene gestita direttamente dagli energy manager della sezione AES, come nel caso dell'elettricità e dell'acqua, ma viene affidata ad una ESCo, denominata Siram. Essa è presente in Italia da oltre 100 anni, ma dal 2014 appartiene al Gruppo internazionale Veolia, leader mondiale nella gestione ottimizzata delle risorse ambientali (*Siram - Energy Strategy*, n.d.).

L'offerta di Siram Veolia comprende: l'audit energetico degli edifici, la progettazione, realizzazione, conduzione, manutenzione e riqualificazione degli impianti per conseguire maggiore

¹⁸ Key Performance Indicator: ossia degli indicatori delle prestazioni energetiche con il quale ogni individuo potrà visualizzare alcuni potenziali miglioramenti nell'uso dell'energia e fare dei progressi verso degli obiettivi strategici rivolti al raggiungimento del massimo risparmio ottenibile.

¹⁹ Intelligenza Artificiale.

efficienza energetica e sostenibilità ambientale (*Contratto Servizio Energia: I Vantaggi | Siram Veolia*, n.d.). Siram Veolia è certificata ESCo dal 2012 secondo la norma UNI CEI 11339 (UNI, 2009):

- condivide con il cliente gli investimenti necessari per il raggiungimento dell'efficienza energetica e per il miglioramento del comfort ambientale, legando la propria remunerazione alle economie prodotte;
- si avvale del proprio personale certificato come Esperto in Gestione dell'Energia (EGE);
- raccoglie sul campo tramite sensori intelligenti i dati di consumo per acqua, combustibili ed energia elettrica e li condivide con il cliente tramite un'interfaccia web multidevice;
- studia il funzionamento dell'impianto per definire strategie di efficientamento personalizzate sulle esigenze degli edifici privilegiando l'utilizzo di energie rinnovabili.

È stato proprio il SIRAM a dare gli accessi alla piattaforma eSight, agli energy manager, in modo che la possano usare per il monitoraggio degli impianti idrici ed elettrici, senza costi aggiuntivi.

4.3 Dati sui consumi

Analizzando i consumi delle varie forniture energetiche, dal 2015 fino al 2021, si possono fare alcune considerazioni anche sulla variazione dei prezzi ne corso degli anni, che sono già stati analizzati nella sezione precedente.

4.3.1 Fornitura energia elettrica

Dal 2015 i consumi energetici e di conseguenza anche i costi sono aumentati, ad eccezione del 2020, anno particolare, che è stato segnato dagli effetti della pandemia. Infatti, in quell'anno, i consumi elettrici sono stati inferiori data la chiusura dell'ateneo per alcuni mesi.

Anno	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Costi (€)	6.785.986	6.195.131	8.161.867	7.942.883	7.518.385	6.155.655	7.180.538
Consumi (kWh)	37.450.207	37.480.734	37.141.044	38.289.371	39.005.758	36.136.988	39.651.941

Tabella 1 Andamento costi e consumi energia elettrica dell'Università di Padova. (Tabella dell'autore)

Analizzando l'andamento dei consumi tra l'anno 2018 e 2019 (Figura 28 e 29), si può notare che la curva di richiesta di energia elettrica è abbastanza simile e in entrambi i casi il picco si registra sempre a luglio, in quanto il sistema di condizionamento richiede un grande quantitativo di kWh.

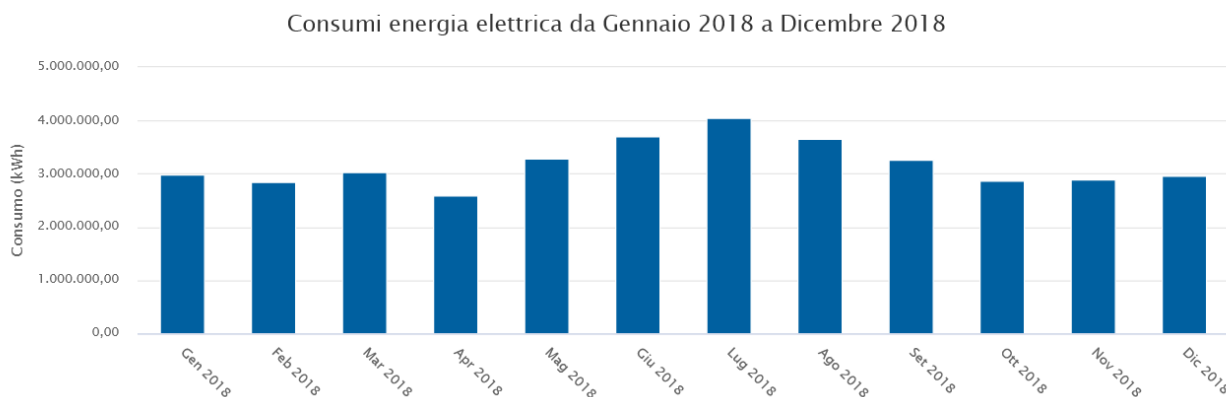


Figura 28 Consumi energia elettrica anno 2018. (Elyx, 2018)

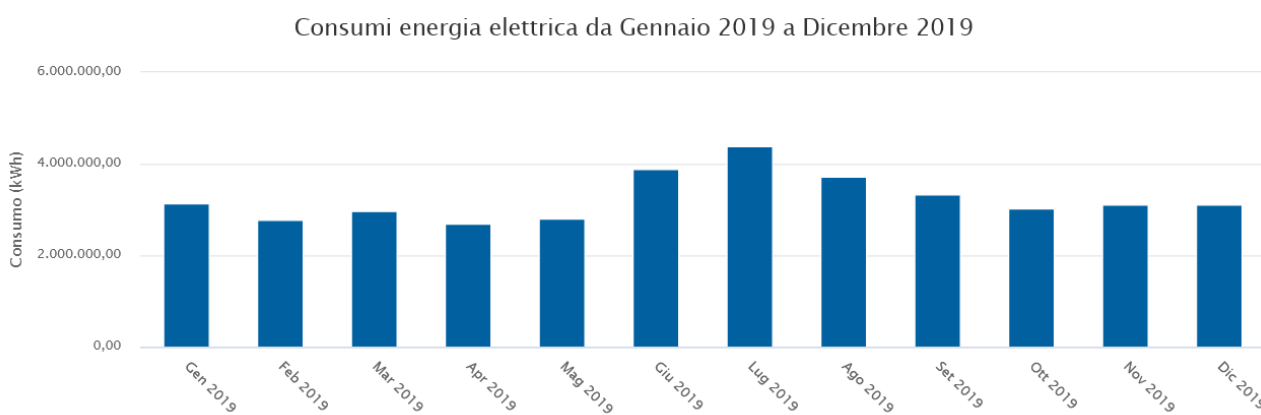


Figura 29 Consumi energia elettrica anno 2019. (Elyx, 2019)

Il 2019 registra una riduzione dei costi, nonostante i consumi energetici siano stati più elevati rispetto all'anno precedente: questo fenomeno era stato precedentemente analizzato (nel capitolo 3.3.3), in cui veniva spiegato che questo preciso anno era stato caratterizzato da un generale calo dei costi per l'approvvigionamento delle risorse energetiche.

Mentre analizzando il grafico dei consumi relativi all'anno 2020 (Figura 30), si può notare che nel mese di gennaio e febbraio, i consumi erano stati simili agli anni precedenti, mentre già a marzo, in seguito al lockdown, l'ateneo non ha più potuto ospitare le sue normali attività, infatti si è registrata fin da subito una diminuzione dei consumi, così come aprile, mentre a maggio si è registrato uno dei valori più bassi. A giugno la situazione pandemica si era un po' più attenuata, così i consumi sono riaumentati, ma tenendo sempre dei valori più bassi rispetto alla media stagionale. Mentre a novembre è stato registrato il valore più basso in assoluto: infatti, la seconda ondata Covid, ha costretto il dipartimento a chiudere nuovamente e anche i consumi di dicembre sono stati parecchio limitati. Guardando sempre la Tabella 1 si può vedere che i consumi totali sono stati i più bassi registrati, pari a 36.136.988 kWh e ciò ha portato anche a una riduzione dei costi, di più di 1

milione di euro rispetto all'anno precedente.

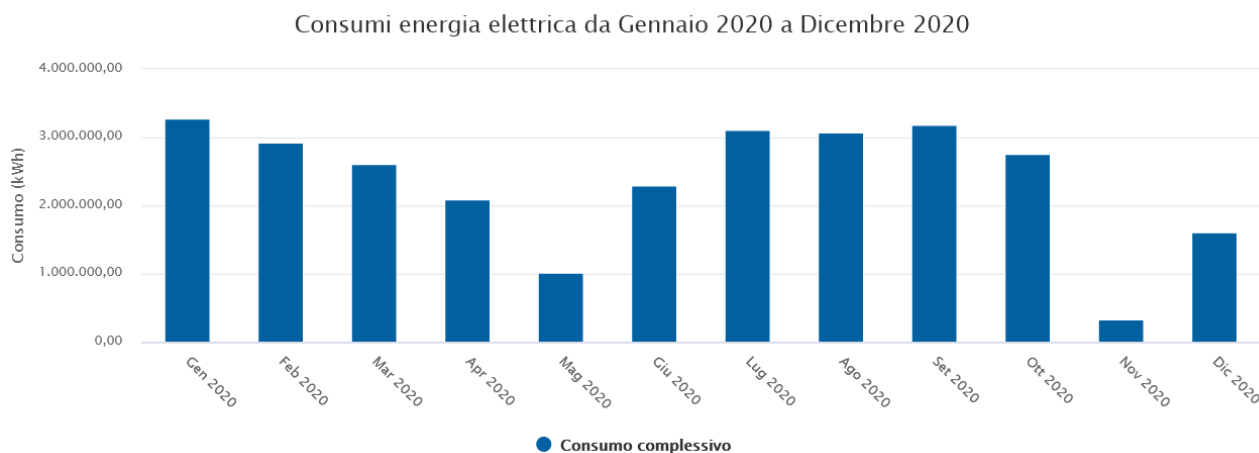


Figura 30 Consumi energia elettrica anno 2020. (Elyx, 2020)

Analizzando il grafico riportato in Figura 31, si parte nel vedere che il mese di gennaio è caratterizzato sempre da consumi molto bassi rispetto alla media stagionale, dovuti al fatto che l'ateneo non era aperto agli studenti, così come il mese di febbraio, anche se i consumi hanno iniziato progressivamente ad aumentare. Il picco si è registrato come ogni anno nel mese di luglio e i valori sui consumi hanno raggiunto quelli pre-covid, infatti il ritorno della modalità di esame in presenza, ha portato ad un maggior uso dell'aria condizionata rispetto all'anno precedente (Figura 31).

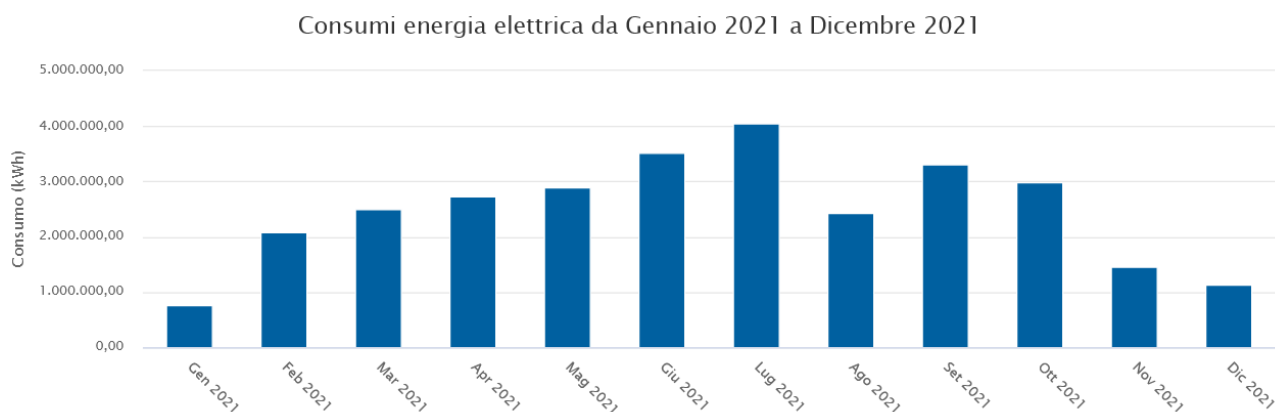


Figura 31 Consumi energia elettrica anno 2021. (Elyx, 2021)

4.4 Consumi energia termica

L'energia termica ha seguito lo stesso andamento di mercato di quella elettrica; infatti, si ha avuto lo stesso ribasso dei prezzi nel 2017, dove, facendo un confronto (Tabella 2), si può notare che nonostante i consumi siano stati più elevati rispetto al 2016, i costi per l'acquisto di energia

termica si sono notevolmente ridotti, precisamente di 867.460 €.

Anno	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Costi gas (€)	2.468.473	3.615.637	2.748.177	1.755.173	2.538.798	2.878.915	2.572.969
Consumi gas (Smc)	2.913.490	3.298.105	3.783.452	3.115.772	2.762.218	2.805.266	2.987.901

Tabella 2 Andamento costi e consumi energia elettrica nell'Università di Padova. (Tabella dell'autore)

Il 2018, invece, è l'anno in cui sono stati registrati i costi più bassi per l'acquisto del gas, questo fenomeno è dovuto anche da una diminuzione dei consumi rispetto ai due anni precedenti, mentre negli anni successivi i consumi e i costi non si sono troppo discostati dalla media.

4.5 Strategia energetica

Confrontando i dati della Tabella 1 e 2, si può notare che i costi riguardanti l'acquisto di energia elettrica sono molto maggiori rispetto a quelli per l'approvvigionamento di energia termica.

Pertanto, un energy manager per svolgere il suo ruolo di riduzione dei consumi e dei costi, nell'attuazione della sua strategia dovrà tenere conto di questi dati raccolti; potrebbe essere più vantaggioso in termini economici attuare un processo di efficientamento degli impianti elettrici o investire sull'utilizzo di energia prodotta da fonti rinnovabili.

Ma guardando i consumi da un punto di vista d'impatto ambientale potrebbe essere più efficace una strategia di riduzione dei consumi termici, in quanto i gas serra sono molto più nocivi rispetto alla produzione di energia elettrica, che è considerata più "pulita".

Inoltre, bisogna tenere in considerazione anche la situazione politica attuale, infatti come già detto nel paragrafo 3, a causa della guerra tra Russia e Ucraina, i prezzi delle risorse energetiche sono aumentate in modo vertiginoso, in quanto l'energia termica è indirettamente collegata a quella elettrica. Ma a differenza del gas, che viene al 100% importato da altri Paesi, primo tra tutti Russia e poi a seguire Algeria, Libia, Olanda e Norvegia, la domanda di energia elettrica italiana viene soddisfatta per circa il 90% con produzione nazionale e per il restante viene acquistata dall'estero. Però la maggior parte di energia elettrica prodotta in Italia viene dalle centrali termoelettriche, che per funzionare devono usare dei combustibili, mentre solo una più piccola parte proviene dall'impiego di fonti rinnovabili.

L'energy manager dovrà tenere in considerazione tutti questi ragionamenti, per decidere quale potrebbe essere la strategia più efficiente sotto molteplici punti di vista.

BIM based Energy management: piattaforme CMMS e standard IFC
Belfiori Alessia

Capitolo Secondo

SINTESI DELLE CRITICITÀ, ASPETTI STRATEGICI, ASPETTI METODOLOGICI

In questo capitolo si sintetizzano le criticità messe in luce dalla analisi del contesto di riferimento e gli aspetti strategici che se ne possono evincere. Viene quindi evidenziato il limite di una metodologia in uso per evidenziare nel capitolo seguente un eventuale superamento delle barriere individuate.

La letteratura esistente non ha approfondito adeguatamente il campo del BIM come strumento di gestione energetica: gli articoli analizzati riguardanti l'energy management si concentrano principalmente sulla difficile interoperabilità tra gli strumenti BIM e quelli di simulazione energetica, data la perdita di informazioni durante l'esportazione del formato IFC in software come EnergyPlus (Martino Di Giuda et al., 2016; Motawa & Carter, 2013; Ugliotti et al., 2016). Altre ricerche si sono concentrate sulla simulazione energetica degli edifici durante la fase post-costruzione, per valutare differenti possibilità d'intervento (Costa et al., 2012; Karen & Douglas, 2014; Motawa & Carter, 2013), metodologia che non risulta adeguata in quanto è difficile valutare in modo preciso il comportamento degli occupanti ed è anche eccessivamente laboriosa.

Gli articoli scientifici presi in considerazione per questo lavoro di ricerca riguardano principalmente quelli dedicati al mondo del facility management; infatti, si può considerare che i limiti e le problematiche individuate nella pratica del FM siano gli stessi che si riscontrano durante lo svolgimento della disciplina dell'energy management, in quanto la seconda è una sottoclasse della prima. Per questo motivo, nel presente capitolo è stata svolta un'esposizione della letteratura nel campo del facility management, sintetizzando le criticità messe in luce dalle analisi del contesto di riferimento e gli aspetti strategici che se ne possono evincere.

1 PROBLEMATICHE RISCONTRATE

Nel campo dell'architettura, dell'ingegneria, dell'edilizia e della gestione delle strutture, vengono usati vari software e strumenti per assistere le attività di progettazione e gestione delle strutture. Tuttavia, la pratica attuale denota diverse carenze, in quanto le informazioni vengono trasmesse da un professionista all'altro, producendo in questo modo molteplici documenti cartacei o elettronici che possono essere letti solo dagli strumenti con cui sono stati realizzati. Pertanto, se un professionista utilizza un altro tipo di risorsa, sarà costretto a reintrodurre manualmente gli stessi dati, nel proprio software. Questa immissione manuale dei dati è un'attività ridondante, che può spesso introdurre errori di copiatura nel progetto. Ciò si verifica anche nella gestione energetica delle strutture da parte degli energy manager; infatti, essi devono gestire diversi documenti sotto forma di formati Excel, piuttosto che pdf, o planimetrie disegnate su AutoCad e modelli 3D in Archicad o Revit, ma anche tanti altri formati. In questo modo un operaio addetto alla manutenzione, non sapendo utilizzare i programmi di modellazione 3D, potrebbe non avere la possibilità di accedere alle informazioni contenute nel modello, utili all'esecuzione del suo operato.

Per questo motivo risulta fondamentale l'interoperabilità tra gli strumenti utilizzati. L'interoperabilità può essere definita come la capacità di due o più sistemi o componenti di scambiare informazioni tra di loro e di riutilizzare le informazioni che sono state scambiate. In particolare, il termine interoperabilità per quanto riguarda i software, viene utilizzato per descrivere la capacità di diversi programmi di scambiare dati tramite un insieme comune di formati di scambio, di leggere e scrivere gli stessi formati di file e di utilizzare gli stessi protocolli.

Nella maggior parte delle pratiche attuali, i dati utili alla pratica dell'energy management sono delle raccolte di documenti cartacei, che devono essere reinseriti manualmente in uno dei sistemi informatici computerizzati come il Computerized Maintenance Management Systems (CMMS).

1.1 Problema dell'interoperabilità

La maggior parte dei sistemi informativi esistenti che supportano le operazioni di facility management, si sviluppano durante la fase post-costruzione e risiedono in diversi database che spesso mancano di capacità di interoperabilità. Inoltre, l'inserimento manuale dei dati in diversi sistemi individuali è un processo costoso e dispendioso in termini di tempo. Infatti, in alcune ricerche è stata denunciata una mancanza di condivisione automatizzata dei dati, che porta a doverli inserire manualmente durante la fase di O&M e una mancanza di flusso di dati continuo durante l'intero ciclo di vita dell'impianto (Al-shalabi & Turkan, 2015; Sadeghi et al., 2022). Nel lavoro di Al-Shalabi e Turkan viene dimostrato come la gestione energetica assistita dall'uso del BIM, permetta l'estrazione e l'analisi dei dati per varie esigenze, al fine di migliorare il processo decisionale; ciò si traduce in una maggiore efficienza nell'esecuzione degli ordini di lavoro e nell'eliminazione della ridondanza nell'immissione dei dati. Anche secondo Wang, Lu, Xi e Xuan (Wang et al., 2013), il BIM

potrebbe essere la soluzione per fronteggiare il problema della dispersione dei dati durante il ciclo di vita dell'edificio. Orr, Shen, Juneja, Snodgrass e Kim (Orr et al., 2014), hanno verificato che il BIM può migliorare le operazioni e la gestione della manutenzione degli impianti. Infatti, quando le informazioni sull'edificio vengono combinate con la rappresentazione 3D e i dati delle strutture archiviati in un database, i gestori delle strutture dispongono di un sistema che riduce il lavoro e il tempo per individuare le informazioni desiderate e si è in grado di prendere delle decisioni più accurate nei processi di manutenzione.

Quindi, l'interoperabilità rimane una sfida significativa e persistente per l'utilizzo del BIM a supporto delle operazioni di gestione energetica; pertanto, sono necessarie ulteriori ricerche per dimostrare ulteriormente il potenziale dello scambio di dati senza interruzioni tra i sistemi BIM e FM. Dei partecipanti, ad un'intervista di Matarneh, Danso-Amoako, Al-Biziri e Gaterall (Matarneh et al., 2018), hanno affermato che lo scambio di dati tra modelli BIM e sistemi FM non è un processo semplice, perché si può incorrere ad errori di trasferimento dati che devono essere sistemati manualmente. Una ricerca condotta da Shalabi e Turkan (Shalabi & Turkan, 2017), ha dimostrato che il BIM ha lo scopo di migliorare le attuali pratiche di facility management, che comprendono anche quelli di gestione energetica, migliorando l'interoperabilità, la visualizzazione dei dati e la raccolta dati in un unico database. È stato sviluppato un processo automatizzato che risponde agli allarmi ricevuti dai sistemi BEMS recuperando i dati storici di manutenzione necessari per la manutenzione correttiva. Anche Marmo (Marmo et al., 2020), ha adottato il BIM al fine di supportare la gestione della manutenzione e le attività di valutazione delle prestazioni degli edifici, utilizzando il datamodel IFC come repository dati.

L'istituto britannico di facilities management ha riportato questa frase: *“il BIM è un processo, non uno strumento. È un modo per condividere le informazioni in modo collaborativo, non solo con il FM e i team di costruzione, ma anche con gli appaltatori, i progettisti e il cliente”* (British Institute of Facilities Management, 2012).

1.2 Problema dell'accessibilità e correttezza dei dati

Le strutture odierne sono sempre più sofisticate e la necessità di informazioni disponibili e affidabili per le attività di O&M è vitale. La maggior parte di queste informazioni vengono solitamente create e accumulate durante le fasi di progettazione e costruzione e vengono spesso consegnate al proprietario dell'immobile o al team di manutenzione, quando la costruzione è completata, sotto forma di copie cartacee o elettroniche. Questa consegna tardiva di dati non strutturati provoca una seria sfida per i soggetti che si occupano della gestione post-costruzione, in quanto sono obbligati a verificare se le informazioni fornite includono i requisiti per una corretta gestione, in modo da svolgere le loro attività in modo efficiente. Attraverso il BIM abilitato per FM, il personale di manutenzione ha accesso non solo alle informazioni FM, ma anche al modello BIM

BIM based Energy management: piattaforme CMMS e standard IFC

Belfiori Alessia

geometrico, che fornisce informazioni come posizione dell'attrezzatura, accessibilità e manutenibilità. In questo modo il BIM non risulta solo un modello 3D di una struttura, ma è piuttosto uno strumento di collaborazione tra gli utenti del processo edilizio.

Una delle sfide chiave nel settore FM è l'intensa quantità di dati che dovrebbero essere acquisiti e gestiti durante il ciclo di vita della struttura. Il BIM può facilitare e accelerare l'accessibilità dei dati ai gestori delle strutture.

“Il BIM è qualcosa con cui la gestione delle strutture deve impegnarsi e tale impegno deve iniziare il prima possibile” (British Institute of Facilities Management, 2012).

1.3 FM per la gestione delle strutture

L'applicazione BIM in fase di FM include archiviazione documentale, controllo, manutenzione e analisi. Il BIM aiuta i facility manager ad accedere alle informazioni sulle strutture in pochi minuti, mentre potrebbero essere necessarie ore di sforzi per ottenere le stesse informazioni senza l'utilizzo del BIM. I dipartimenti FM utilizzano la tecnologia BIM per ridurre i costi di manutenzione delle operazioni, migliorare l'idoneità dei sistemi di controllo ed eseguire costantemente servizi convenienti per gli occupanti della struttura. Di conseguenza, l'adozione del BIM è stata una questione importante per FM (Parsanezhad et al., 2016).

C'è una carenza di casi studio riguardanti le pratiche dell'uso del BIM nella fase post-costruzione; è presente una lacuna nel valore che FM attribuisce all'ambiente costruito. L'industria delle costruzioni richiede un cambiamento culturale per accettare FM come parte del processo. Un ostacolo dominante nell'adozione del BIM è che i facility manager, così come gli energy manager non sono coinvolti nelle prime fasi del ciclo di vita di una struttura.

1.3.1 Uso del BIM per la gestione energetica

Un passo avanti per automatizzare il processo decisionale sugli interventi da realizzare, sarebbe quello di integrare i dati sui consumi energetici con il database BIM, al fine di ottenere un BIM dinamico. Un modello BIM dinamico ha il potenziale per fornire una documentazione migliore, ridurre al minimo il costo delle operazioni e della manutenzione della struttura, servire come utile riferimento per progetti futuri e migliorare la pianificazione della manutenzione. La visualizzazione dei dati BEMS (Building Energy Management System) in un'interfaccia BIM 3D di facile utilizzo consentirebbe ai gestori dell'energia della struttura di intraprendere azioni tempestive sugli elementi problematici dell'edificio, portando a dei risparmi energetici (Teicholz, 2013).

I vantaggi nell'uso del BIM sono stati studiati somministrando un questionario ai professionisti del settore (Bim, 2010). I loro risultati rivelano quanto segue:

- i professionisti utilizzano il BIM per le analisi energetiche, dell'illuminazione diurna

e solare, dell'orientamento dell'edificio, della massa e del sito;

- i professionisti che utilizzano analisi di sostenibilità basate sul BIM hanno realizzato diversi risparmi significativi di tempo e dei costi in generale;
- i programmi software maggiormente impiegati sono Autodesk Ecotect e Autodesk Green Building Studio.

Sfortunatamente sono stati riscontrati diversi ostacoli nell'implementazione del BIM per le attività di gestione dell'energia degli edifici:

- Bisognerebbe integrare sensori, dati e documenti all'interno del modello.
- l'imprecisione e l'incompletezza dei BIM possono portare a degli errori nella valutazione del modello energetico.
- il problema dell'interoperabilità può compromettere l'efficacia di questo strumento.

1.3.1.1 BIM nella fase post-costruzione

L'uso di piattaforme BIM risulta vantaggioso, in quanto permette lo scambio di dati senza interruzioni tra diversi utenti e diversi strumenti software. Il BIM include un'archiviazione e una gestione centralizzata di dati digitalizzati sugli edifici in diverse discipline e durante le diverse fasi del ciclo di vita degli edifici (Benndorf et al., 2017). È stato dimostrato che la modellazione degli oggetti e l'attribuzione dei metadati consentono la creazione di dataset utilizzati nella gestione degli asset post-costruzione (Gerrish et al., 2017). Il consumo di energia post-costruzione deriva principalmente dalle operazioni della struttura, che varia in termini di efficienza di progettazione, manutenzione e comportamento degli occupanti (GhaffarianHoseini et al., 2017).

Le ricerche condotte sugli edifici in tema di risparmio energetico sono incerte e inefficaci. Il comportamento degli occupanti può facilmente influenzare i consumi. Nel tentativo di garantire buone prestazioni in termini di efficienza energetica degli edifici, gli ingegneri dovrebbero considerare le relazioni degli occupanti con i sistemi di controllo degli edifici. Questo perché le persone nei paesi sviluppati trascorrono l'80-90% del loro tempo al chiuso, ma il risparmio energetico in relazione al consumo energetico degli occupanti può essere complicato e difficile da misurare (Hassan et al., 2014). Esaminando il comportamento degli occupanti nel mondo reale, le incertezze aleatorie rappresentano una proporzione maggiore nelle incertezze totali. I principali fattori di comportamento degli occupanti che possono influenzare i consumi energetici sono: finestre, prese della corrente elettrica e illuminazione. Per poter prevedere il comportamento degli occupanti si possono condurre delle indagini, ma l'autenticità dei dati raccolti deve essere messa in discussione in quanto la consapevolezza dell'indagine potrebbe cambiare il comportamento degli utenti.

Ci sono vari campi in cui può essere utilizzato il BIM nella fase post-costruzione e nella Tab.1,

BIM based Energy management: piattaforme CMMS e standard IFC

Belfiori Alessia

vengono elencati quelli maggiormente utilizzati, spiegando in che modo vengono impiegati e quali sono i loro limiti nel campo di applicazione.

ASPETTO	RISULTATO	APPROCCIO	LIMITAZIONE
Scansione	Automatizza il processo dei dati di scansione laser 3D dell'edificio costruito.	Scansione su BIM.	Più difficile per edifici complessi.
Ispezione della qualità	Qualità dimensionale e valutazione superficiale di elementi prefabbricati in calcestruzzo.	Scansione Laser 3D su BIM.	Limitato al singolo tipo di elemento, al singolo tipo di scanner, il rumore di misura del sensore.
Ricostruzione 3D	Automatizza il processo di ricostruzione 3D delle infrastrutture.	Basato su algoritmi.	Dati mancanti, oggetti in movimento, condizioni difficili del cantiere, calibrazione della telecamera.
Simulazione strutturale	Convertire un modello BIM in un modello ad elementi finiti per la simulazione strutturale.	Dal cloud al BIM al FEM (Analisi agli elementi finiti).	Può essere utilizzato solo per edifici moderni e di forma regolare, con librerie di oggetti predefinite.
Monitoraggio	Monitora gli impatti ambientali della costruzione in VR (realtà virtuale).	Green BIM.	Mancanza di strumenti informatici e complicazioni dei modelli BIM.
Visualizzazione del sistema energetico dell'edificio	Visualizza il processo di progettazione di edifici a basso consumo energetico.	BIM-GIS: Sistema di visualizzazione basato sul Web.	Limitato nel controllo dell'accesso degli utenti e nella descrizione dei dati, nonché nella conversione del formato dei dati.
Valutazione delle misure degli edifici a basse emissioni di carbonio (LCB).	Seleziona misure LCB.	PROMETHEE Fuzzy Misure LCB BIM	Nessuna.
Facility Management	Migliora la gestione e le prestazioni dell'edificio.	BIM 7D RFID	Nessuna
Certificazione LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)	Integra il BIM con il sistema LEED BIM.	Sistema LEED.	Questo metodo è limitato nel LEED invece che nella sostenibilità in generale.

Tabella 3 Tecniche BIM nel ciclo di vita post-costruzione (GhaffarianHoseini et al., 2017).

1.3.1.2 Gestione dell'energia e della sostenibilità

Le organizzazioni stanno affrontando una crescente domanda per aumentare l'efficienza energetica e la sostenibilità delle loro strutture; pertanto, il BIM è stato sviluppato per supportare una vasta gamma di analisi, da quella energetica concettuale all'ingegneria dettagliata. Può anche fornire un mezzo per tenere traccia dei dati e delle informazioni sui componenti necessari per

ottenere una certificazione di sostenibilità per un edificio. Può anche supportare la simulazione durante il funzionamento, per aiutare ad analizzare l'effetto di modifiche al sistema o ristrutturazioni e retrofit (Teicholz, 2013).

Il BIM ha la capacità di unire la modellazione energetica dell'edificio con la decisione progettuale valutativa *“codificando le informazioni nei parametri, semplificando le iterazioni, creando visualizzazioni avanzate dell'edificio e ottimizzando l'interoperabilità del software”* (Karen & Douglas, 2014). Il BIM ha la capacità di unire la modellazione energetica dell'edificio con la decisione progettuale valutativa *“codificando le informazioni nei parametri, semplificando le iterazioni, creando visualizzazioni avanzate dell'edificio e ottimizzando l'interoperabilità del software”* (Karen & Douglas, 2014).

BIM based Energy management: piattaforme CMMS e standard IFC
Belfiori Alessia

PROPOSTA DI UNA METODOLOGIA E APPLICAZIONE AD UN CASO STUDIO

In questo capitolo viene presentata la metodologia per lo sviluppo della sperimentazione, la descrizione del caso studio e quindi i risultati ottenuti.

Dopo aver analizzato il contesto generale presente oggi e aver esposto le problematiche delle metodologie attuali nel secondo capitolo, si cercherà di individuare una nuova metodologia per l'archiviazione e la condivisione di informazioni riguardanti la gestione energetica, attraverso la sperimentazione esposta nel quarto capitolo.

Come già esposto in alcune ricerche il problema dell'interoperabilità all'interno del BIM, è già stata affrontata dalle tecnologie IFC: uno schema concettuale comune degli edifici e una notazione di serializzazione per lo scambio di modelli. Tutti i principali strumenti BIM possono esportare i modelli in IFC ed è quindi possibile manipolare i modelli con strumenti comuni per scopi di visualizzazione, verifica del modello e commento.

Lo scopo principale di questo lavoro di tesi è quello di individuare le classi principali per l'indirizzamento dei dati e delle informazioni che un energy manager deve archiviare durante l'esecuzione del suo operato. Pertanto, inizialmente, bisognerà studiare lo standard dettato da BuildingSMART nel suo sito ufficiale, individuando tutte le classi e attributi, che possono interessare la disciplina, per poi poter indirizzare le informazioni contenute nei vari documenti alla classe più appropriata.

Lo sviluppo di questa ricerca segue quattro fasi principali:

1. Studio delle informazioni che deve gestire ed archiviare l'energy manager, ovvero documenti e modelli digitali;
2. Fare una mappatura dello schema IFC, evidenziando quali sono le classi che assistono la disciplina dell'energy manager;
3. Mappare tali classi mediante l'utilizzo di Archicad ed eventualmente integrando le classi mancanti, attraverso le librerie di IfcOpenshell.
4. Verificare la correttezza delle classi create attraverso il convalidatore di codice Fzk Viewer.
5. Verificare l'interoperabilità tra il datamodel IFC e la piattaforma di gestione Geoweb.

1 STUDIO DELLE INFORMAZIONI

I compiti dell'energy manager possono essere raggruppati in quattro gruppi principali: acquisizione dei dati, riduzione dei consumi, aspetti strategici/organizzativi e altri legati alla comunicazione. Quelli che verranno affrontati nel presente lavoro di tesi riguardano solo le prime due voci.

1.1 Documenti dell'energy manager

L'energy Manager ha il compito di gestire e archiviare una moltitudine di documenti durante il ciclo di vita di un'opera, tra cui: bollette, programmi di manutenzione, manuali d'uso, schede di manutenzione, contratti, report e certificati.

1.1.1 Bollette

Nelle bollette sono contenute una serie di dati che devono essere recepiti, catalogati e archiviati. Nel documento, che generalmente viene inviato tramite posta, ma che può essere spedito anche attraverso una mail, sono presenti i dati della persona che usufruisce della risorsa, quali: nome, cognome e indirizzo. Inoltre, sono presenti anche i dati identificativi della fornitura, come la denominazione del contratto, la tipologia di cliente, la tipologia di pagamento con il quale il cliente fa il versamento, la data di attivazione della fornitura, la tensione di fornitura, la potenza contrattuale impegnata e la potenza disponibile. Mentre i dati della bolletta sono costituiti: dal numero identificativo del cliente, dal suo codice POD e il codice fiscale. Viene segnato anche il periodo di riferimento a cui viene attribuito l'importo, la data ultima entro la quale può essere effettuato il pagamento e il tipo di fattura.

Inoltre, vengono segnati tutti gli importi unitari, attraverso i quali viene calcolato l'importo totale: nel caso della bolletta dell'acqua e del gas è presente solo un prezzo unitario, mentre in quella dell'energia elettrica ne sono riportati tre, date dalle tre diverse fasce orarie.

Risulta utile archiviare questo tipo di informazioni, in quanto permette di creare un database sui consumi anche a distanza di anni: in questo modo si può verificare come sono variati i prezzi unitari nel corso degli anni delle risorse energetiche, ma anche dei consumi effettuati. In questo modo l'energy manager potrà scegliere che strategia di efficientamento energetico può risultare più vantaggiosa.

1.1.2 Contratto fornitura energia

Il contratto di fornitura energia rappresenta un accordo tra due soggetti, il venditore, ovvero il soggetto che distribuisce la risorsa e il consumatore, colui che usufruisce di tale servizio in seguito

al pagamento di un corrispettivo in denaro concordato. Il cliente è libero di stipulare il contratto con la compagnia che ritiene più adeguata, valutando le migliori offerte presenti nel mercato.

Nel contratto sono riportati i dati identificativi delle due parti, ovvero cliente e fornitore energetico, come nome, indirizzo, numero di telefono, fax ed e-mail. Inoltre, vengono pattuiti i prezzi della risorsa, specificandone i prezzi unitari, la durata del contratto e la localizzazione del punto di fornitura. Un paragrafo è dedicato alle imposte e tasse, che vengono applicate per legge, oltre che alle modalità e tempi di pagamento.

1.1.3 Contratto servizio energia

I contratti di servizio energia riguardano principalmente la fase di “Operation e Management” (O&M) di un impianto di gestione energia da parte di un contraente che lo gestisce a suo completo rischio, sulla base di un contratto stipulato con il cliente. Lo scopo principale è quello di ottimizzare i processi di produzione dell’energia, portare a delle riduzioni economiche ed ottenere vantaggi in termini ambientali. Gli aspetti prestazionali del contratto riguardano la riqualificazione degli impianti e la loro gestione, l’approvvigionamento del combustibile e la vendita finale di energia (nel caso in cui il cliente sia dotato di fonti di produzione energetica) (Zabot et al., 2013).

1.1.4 Manutenzione e conservazione dell’impianto

La manutenzione degli impianti può essere definita come l’insieme degli atti volti a mantenere costanti le prestazioni degli impianti nel tempo. Di seguito sono riportati i documenti necessari nella fase di mantenimento degli impianti e vengono elencati i loro scopi e caratteristiche principali.

1.1.4.1 Manuale d’uso

Il manuale d’uso contiene le informazioni sulla collocazione delle parti interessate nell’intervento, la loro rappresentazione grafica, descrizione e modalità d’uso corretto. Il manuale contiene l’insieme delle informazioni atte a permettere all’utente di conoscere le modalità di fruizione del bene, nonché tutti gli elementi necessari per limitare quanto più possibile i danni derivanti da un’utilizzazione impropria e consentire di eseguire tutte le operazioni volte alla sua conservazione, che non richiedono conoscenze specialistiche e per riconoscere tempestivamente fenomeni di deterioramento anomali al fine di sollecitare interventi specialistici. Il manuale d’uso contiene le seguenti informazioni: la collocazione nell’intervento delle parti menzionate, la rappresentazione grafica (si rimanda alle tavole esecutive), la descrizione, le modalità d’uso corrette e l’azienda che ha prodotto l’impianto.

Se queste informazioni vengono direttamente associate ad un modello BIM o a un CMMS, è possibile andare ad individuare direttamente dal modello tutte le pratiche che bisogna attuare per

mantenere in efficienza l'impianto.

1.1.4.2 Manuale di manutenzione

Il manuale di manutenzione fornisce, in relazione alle diverse unità tecnologiche, alle caratteristiche dei materiali o dei componenti interessati, le indicazioni necessarie per la corretta manutenzione nonché per il ricorso ai centri di assistenza o di servizio. Esso contiene le seguenti informazioni: la collocazione nell'intervento delle parti menzionate, la rappresentazione grafica, la descrizione delle risorse necessarie per l'intervento manutentivo, il livello minimo delle prestazioni, le anomalie riscontrabili, le manutenzioni eseguibili direttamente dall'utente, le manutenzioni da eseguire a cura del personale specializzato.

In questo modo in caso di un malfunzionamento di alcune sue parti, sarà possibile ottenere in modo immediato i recapiti dell'azienda che ha prodotto l'impianto e delle persone specializzate alla sua riparazione.

1.1.4.3 Programma di manutenzione

Il programma di manutenzione prevede un sistema di controlli e di interventi da eseguire, a cadenze temporalmente prefissate, al fine di una corretta gestione del bene e delle sue parti nel corso degli anni. Esso si articola secondo tre sottoprogrammi:

- Il *sottoprogramma delle prestazioni*, che prende in considerazione, per classe di requisito, le prestazioni fornite dal bene e dalle sue parti nel corso del ciclo di vita;
- Il *sottoprogramma dei controlli*, che definisce il programma delle verifiche e dei controlli al fine di rilevare il livello prestazionale (qualitativo e quantitativo) nei successivi momenti della vita del bene, individuando la dinamica della caduta delle prestazioni aventi come estremi il valore di collaudo e quello minimo di norma;
- Il *sottoprogramma degli interventi di manutenzione*, che riporta in ordine temporale i differenti interventi di manutenzione, al fine di fornire informazioni per una corretta conservazione del bene.

1.1.4.4 Livelli di manutenzione

I livelli di manutenzione sono di tre tipi:

1° Livello (esercizio normale): consiste nell'eseguire le più semplici operazioni sugli interruttori e sui quadri elettrici, quali la sostituzione di accessori, contatti ausiliari, lampade di segnalazione, materiale di consumo.

2° Livello (manutenzione preventiva): per garantire la massima affidabilità e sicurezza dei quadri e opportuno programmare azioni di manutenzione preventiva. Questo permette di evitare

Proposta di una metodologia e applicazione ad un caso studio

di dover ricorrere alla manutenzione correttiva che rappresenta una condizione spesso gravosa per gli elevati costi che possono derivare dalle operazioni di riparazione e fermata dell'impianto.

3° Livello (interventi di riparazione o di sostituzione): è la manutenzione di grado più elevato e va eseguita solo in casi eccezionali. In questi casi è sempre consigliabile affidare l'intervento al costruttore.

1.1.4.5 Schede di manutenzione

Le schede di manutenzione sono dei documenti volti a individuare in modo più facile ed automatico, le procedure e le lavorazioni per mantenere in efficienza gli impianti. Viene indicata tramite una "X", l'arco di tempo che deve trascorrere per ripetere le procedure di manutenzione.

SCHEDA DI MANUTENZIONE							
2. CORPI ILLUMINANTI							
DESCRIZIONE LAVORI	GIORNALIERO	SETTIMANALE	MENSILE	TRIMESTRALE	SEMESTRALE	ANNUALE	BIENNALE
01. Pulizia generale					X		
02. Verifica funzionale completa					X		
03. Controllo efficienza luci di sicurezza		X					
04. Sostituzione lampade: in funzione tipologia							

Tabella 4 Esempio scheda di manutenzione dei corpi illuminanti. (ASL.AL. Regione Piemonte)

1.1.5 Report sui consumi

Uno dei compiti dell'energy manager è quello di redigere dei report sui consumi in modo da poter fare dei confronti sulle maggiori aree di dispendio energetico e fare delle riflessioni sul perché una zona ha, ad esempio, una dispersione termica maggiore, rispetto che ad un'altra. Fino a pochi anni fa, questi report dovevano essere compilati manualmente dal responsabile della gestione energetica, compilando lunghi fogli Excel. Attualmente, sono presenti nel mercato molteplici programmi, in grado di generarli automaticamente ogni mese, riportando anche dei grafici sui consumi. Gli Energy Manager dell'ateneo dell'università di Padova, come già detto nel primo capitolo, utilizzano la piattaforma eSight ed Elyx.

1.1.6 Certificati di collaudo

Sono dei documenti che devono essere archiviati in modo da tenere traccia di tutte le

BIM based Energy management: piattaforme CMMS e standard IFC

Belfiori Alessia

operazioni eseguite nel corso del ciclo di vita dell'opera. Nel documento sono presenti i dati identificativi sia del committente, che del collaudatore, oltre che del sito dove è collocato l'impianto.

Vengono dichiarati gli accertamenti preliminari svolti, per verificare la conformità dell'impianto e le eventuali anomalie riscontrate durante il sopralluogo. Sulla base delle anomalie, vengono individuati gli interventi necessari per risanarlo a regola d'arte e vengono riportate le operazioni svolte. Poi attraverso la dichiarazione di conformità, il collaudatore garantisce l'efficienza dell'impianto, attraverso la sua firma.

2 STUDIO DELLO STANDARD IFC

Il consumo di energia durante l'intero ciclo di vita dell'edificio (BLC) è difficile da monitorare e prevedere a causa della complessità dei processi coinvolti. Il Building Information Modeling (BIM) è un concetto nato per affrontare la gestione e l'interoperabilità dei dati scambiati tra diversi strumenti nelle diverse fasi del ciclo di vita dell'edificio, tra cui progettazione, costruzione, messa in servizio, funzionamento, ristrutturazione e demolizione.

Uno standard leader che è stato sviluppato attorno al concetto di BIM è l'Industry Foundation Classes (IFC). IFC è un modello di prodotto AEC neutro basato sullo standard STEP²⁰, sviluppato con il linguaggio EXPRESS²¹ da buildingSMART²² (Xiong, 2020). L'acronimo utilizzato ha uno specifico significato:

- **Industry**, va a riferirsi all'industria delle costruzioni e del facility management;
- **Foundation** (fondazione), in quanto si presenta come uno strumento in grado di creare una base informativa dell'industria delle costruzioni;
- **Classes**, una classe è un qualsiasi elemento fisico/processo/relazione ecc., che viene descritta attraverso attributi predefiniti, atti ad ospitare determinati valori (testi, numeri, liste, ecc.).

Lo standard IFC ha avuto un'evoluzione significativa, infatti la prima emanazione dello standard risale alla fine del 1996 e negli anni successivi è stato largamente implementato.

Si tratta di uno standard internazionale per la condivisione delle informazioni contenute nei modelli informativi edilizi BIM, fra attori del processo e applicazioni software lungo tutto il ciclo di vita dell'opera, secondo una gerarchia logica (Chang et al., 2018). Il suo obiettivo è quello di fornire una base universale per il processo di miglioramento e condivisione delle informazioni nei settori della costruzione e della gestione degli impianti, rappresentando il progetto di edificio in modo più esteso con tutte le informazioni correlate (Dong et al., 2007). È possibile aprire i dati contenuti in IFC con qualsiasi editor di testo.

²⁰STEP fa riferimento alla norma ISO 10303, ovvero uno standard contenente una serie di regole per l'integrazione, la presentazione e lo scambio di dati; può essere usata per trasferire dati tra i seguenti sistemi: CAD, CAM, CAE, PDM/EDM.

²¹ EXPRESS è un linguaggio standard di modellazione dei dati. È formalizzato nello standard ISO per lo scambio di prodotti STEP (ISO 10303) e standardizzato come ISO 10303-11.

²² È un'organizzazione internazionale che mira a migliorare lo scambio di informazioni tra le applicazioni software utilizzate nel settore delle costruzioni.

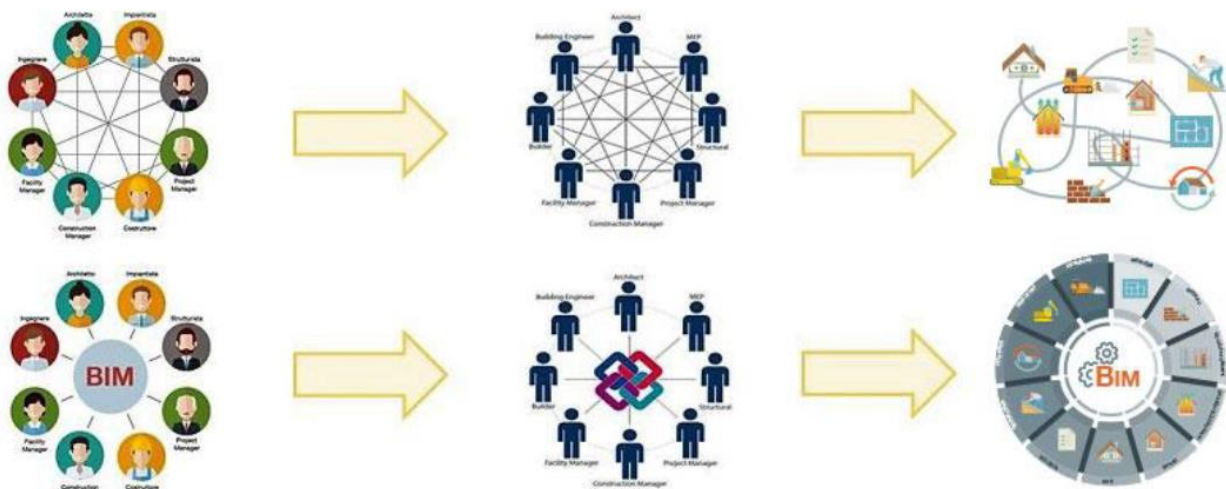


Figura 32 Interoperabilità di un formato chiuso (in alto) e aperto (in basso). (ACCA Software, n.d.)

Quindi, si può definire il formato IFC come (Bourg, 2019):

- Un **file d’interscambio** per poter trasferire un modello da un software a un altro;
- Un **modello di dati**, per estrapolare tutte le informazioni necessarie per un particolare uso del BIM;
- Un **elemento d’archivio**, per poter conservare le informazioni in modo sicuro e duraturo.
- Un **sistema di classificazione terminologica**; viene assegnato a ogni elemento un termine appropriato e in modo univoco, in modo da poterlo identificare.

2.1 Data Model

Quando si parla di Modello di dati, ci si riferisce all’organizzazione della struttura del modello; si tratta della capacità di dividere e ricomporre la struttura in modi diversi, a seconda dell’obiettivo che si vuole raggiungere (Bourg, 2019). I parametri che costituiscono la struttura del Modello di dati sono essenzialmente tre:

- Il **filtro dei dati**, dove è possibile scegliere quali componenti intercambiare e quali no. È fondamentale che per un determinato scopo siano incorporate solo le geometrie e le informazioni necessarie.
- **Proprietà**, si selezionano le informazioni che saranno attribuite agli oggetti del modello in esame e le relazioni che intercorrono fra di loro.
- **Attributi**, si scelgono le caratteristiche che dovranno avere gli oggetti.

2.2 Archiviazione dati

Il Decreto n°560/2017 all’articolo 4 richiama il principio dell’interoperabilità, sottolineando

come i dati debbano *“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 [...] Le informazioni prodotte e condivise tra tutti i partecipanti al progetto e alla gestione dell’intervento sono fruibili senza che ciò comporti l’utilizzo esclusivo di applicazioni tecnologiche commerciali e individuali specifiche”* (Ministro delle Infrastrutture e dei trasporti, 2017).

I dati devono essere consultati da diversi utenti lungo il ciclo di vita dell’edificio e il formato IFC rende questo possibile; trattandosi di un formato aperto, è accessibile da chiunque, anche se vengono usati programmi diversi da quello originale. Lo scopo dell’archiviazione non è solo di conservazione dei documenti, ma deve semplificare anche la consultazione dei dati, per questo risulta importante una loro corretta classificazione.

“I modelli sono per lo più aggregati in un insieme coordinato di più modelli singoli, ognuno dei quali fa riferimento a una disciplina, a una funzione o a una parte del manufatto. L’archiviazione del modello deve quindi riferirsi alla parte e all’insieme, le aree di pertinenza e gli oggetti che lo compongono” (Bourg, 2019).

Un altro obiettivo importante che deve raggiungere l’archiviazione è quello della tracciabilità dei dati, la loro affidabilità e trasparenza. Per fare ciò, la realizzazione di diverse categorie permette di classificare gli oggetti e individuarli, nonostante medesimi elementi abbiano le stesse caratteristiche. Pertanto, si può dire che IFC è un sistema fondato sulle classi, la cui capacità è quella di assegnare un nome e delle relazioni fra gli oggetti che serviranno, oltre ad ottimizzare il sistema d’archiviazione, a rendere gli oggetti leggibili reciprocamente da diversi software.

2.3 Altri formati

IFC può essere definito come un’entità informatica, ma che dipende fortemente dal Processo di progettazione e gestione. Considerando che vi sono altri aspetti oltre che a quello informatico, buildingSMART ha realizzato altri standard quali:

- **IFD International Framework Dictionary:** fornisce una mappa dei termini più usati nel settore dell’edilizia, ed è codificata dalla norma ISO 12006-3 (ISO, 2007).
- **IDM Information Delivery Manual:** descrive i soggetti del processo e fornisce tutti gli elementi utili allo sviluppo del progetto. Vengono definiti i requisiti d’interscambio tra software, processo, vincoli e attività di verifica. E’ normato dalla ISO 29481-1 e dalla ISO 29481-2 (ISO, 2016a, 2016b).

- **MVD Model View Definition:** si tratta di filtri che servono a tradurre i concetti espressi nella IDM in specifiche tecniche che daranno origine ai file IFC secondo le proprietà richieste. Questi vengono elaborati da buildingSMART International in collaborazione con enti indipendenti o organi di standardizzazione internazionale. Esistono alcuni MVD base dai quali se ne possono ricavare diversi più specifici.

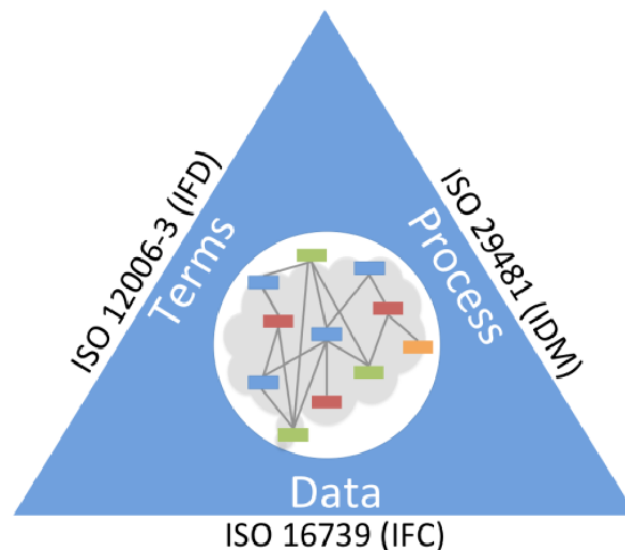


Figura 33 Lo standard di buildingSMART. (Laakso & Kiviniemi, 2012)

2.4 Vantaggi

Uno dei principali vantaggi di questo formato è che permette la collaborazione tra i vari operatori del processo di costruzione e manutenzione, consentendo di scambiare informazioni attraverso un formato standard. In questo modo le problematiche individuate nel secondo capitolo dovrebbero riuscire ad essere risolte.

2.5 Struttura di IFC

I concetti rappresentati in IFC sono organizzati in quattro strati concettuali (Noardo et al., 2021):

- **Livello di risorse:** il livello più basso include tutti i singoli schemi contenenti definizioni di risorse;
- **Livello principale:** include lo schema del *Kernel* e gli schemi di estensione del nucleo, contenenti le definizioni di entità più generali, tutte le entità definite al livello principale o superiore portano un ID univoco globale e, facoltativamente, informazioni sul proprietario e sulla cronologia;

Proposta di una metodologia e applicazione ad un caso studio

- **Livello di interoperabilità:** sono presenti schemi contenenti definizioni di entità specifiche per un prodotto generale, processo o specializzazione delle risorse utilizzate in diverse discipline, tali definizioni sono generalmente utilizzate per lo scambio tra domini e la condivisione di informazioni sulla costruzione;
- **Livello di dominio:** il livello più alto include schemi contenenti definizioni di entità che sono specializzazioni di prodotti, processi o risorse specifiche per una determinata disciplina, tali definizioni sono generalmente utilizzate per lo scambio e la condivisione di informazioni all'interno del dominio.

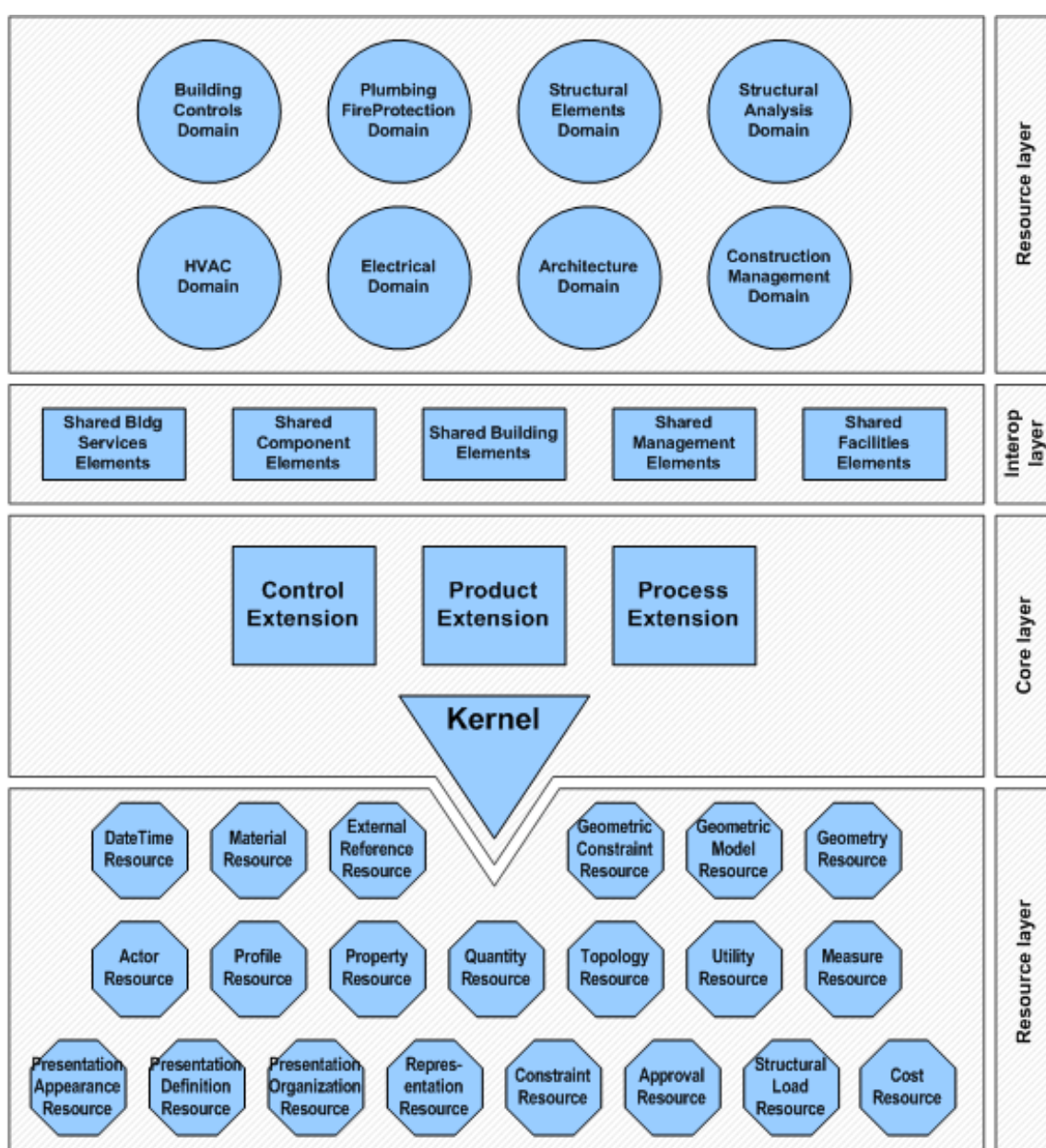


Figura 34 Figura 22 I quattro livelli in cui sono organizzate le Industry Foundation Classes. (buildingSMART, n.d.)

Ogni file IFC è una possibile configurazione del modello che è definita lungo un percorso e che risponde esattamente ad uno scopo preciso. Il primo passo che bisogna compiere è quello di individuare i vincoli progettuali, normativi e procedurali, successivamente si considerano le altre parti di progetto che influiscono sullo sviluppo del modello. Poi, tenendo in considerazione i requisiti progettuali, vengono esplicitati gli standard d'interscambio ed infine vengono eseguite delle verifiche per poter archiviare definitivamente il modello.

I fattori che caratterizzano il formato IFC seguono quattro principi fondamentali:

- Gli oggetti hanno una precisa *entità*;
- Sono in *relazione* fra loro;
- Hanno una determinata *geometria*;
- Contengono determinate *informazioni*.

Parliamo infatti di IFC come di entità "semantiche", ogni elemento ha un significato rispetto all'insieme che può essere compreso anche da altre applicazioni.

2.5.1 Entità

In un modello IFC, le informazioni di progetto sono rappresentate da un insieme di *Entità IFC*, tra cui: *Tipo*, *Attributo*, *Assegnazione* e *Prodotto*. Ogni entità IFC è composta da un numero di attributi fisso, più un numero qualsiasi di proprietà aggiuntive IFC.

Un oggetto in IFC è caratterizzato da relazioni che sono di due tipi: "part of" (fa parte di) e "type of" (è del tipo di). Esse hanno la capacità di definire una serie di elementi, che sono organizzati secondo una logica classificatoria. Per fare ciò viene utilizzata la codifica *EXPRESS – G*; si tratta di una metodologia che definisce uno schema di dati mediante rappresentazione grafica, permettendo una lettura più facile tra i legami e le gerarchie tra le entità (Borin & Zanchetta, 2020). Grazie a queste gerarchie è possibile definire i *subtype*, che sono la qualifica delle entità *supertype*.

Consultando lo standard per una specifica classe è possibile visualizzare una serie di capitoli e sottoparagrafi e se si ricerca una qualsiasi entità comparirà la voce *Entity definitions*, composta da una definizione testuale di quello che la classe rappresenta. Nella sezione *Inherited definitions from supertypes* si trovano dei dati interessanti dal punto di vista operativo.

Nello schema IFC, le entità si distinguono a seconda che rappresentino oggetti, proprietà o relazioni. L'oggetto rappresenta qualsiasi "cosa" semanticamente descritta; le proprietà servono a coprire tutte le caratteristiche che possono essere assegnate agli oggetti; e le relazioni tra gli oggetti sono descritti come "relazioni oggettivate" (Theiler & Smarsly, 2018).

2.5.2 Proprietà e attributi

L'attributo è "l'unità di informazione minima di ogni entità" (Borin & Zanchetta, 2020) e il suo ruolo è quello di aggiungere proprietà e relazioni alle entità. Le entità ottengono sempre una maggiore descrizione grazie agli attributi acquisiti dai *supertype*.

L'insieme di tutte le proprietà vengono raccolte dalla classe *IfcProperty*, che possono essere suddivise in due categorie principali (Bourg, 2020):

- I **PropertySet**, cioè i dati e le informazioni che l'operatore assegna;
- I **QuantitySet**, cioè i dati quantitativi ricavati all'interno del modello stesso, per lo più ottenuti automaticamente anche se è possibile elaborare e combinare i dati fra di loro, ad esempio con delle formule di calcolo.

Una definizione di vista IFC è l'MVD (Model View Definition), che indica un sottoinsieme legale dello schema IFC e fornisce una guida all'implementazione o accordi per tutti i concetti IFC (classi, attributi, relazioni, insiemi di proprietà, definizioni di quantità, ecc.) utilizzati all'interno di questo sottoinsieme. Rappresenta quindi la specifica dei requisiti software per l'implementazione di un'interfaccia IFC per soddisfare i requisiti di scambio. Le definizioni della vista modello sono definite all'interno di buildingSMART International o da altre organizzazioni e gruppi di interesse (Graphisoft, 2020).

2.5.2.1 IfcRoot

La struttura IFC suddivide le entità in "radicate" e in "non radicate"; le entità radicate dipendono da *IfcRoot* e sono dotate di un'identità, ossia un insieme di attributi. Le entità non radicate non dispongono di un'identità ed esistono solo se collegate ad un'istanza radicata.

L'*IfcRoot* si trova all'apice della gerarchia "ad albero" del modello e grazie ad esso è possibile arrivare all'interoperabilità del modello. Esso è suddiviso in:

- *IfcObjectDefinition*: definisce i tipi di oggetti fisici;
- *IfcPropertyDefinition*: definisce la generalizzazione di tutte le caratteristiche (ovvero un raggruppamento di singole proprietà), che possono essere assegnate agli oggetti.
- *IfcRelationship*: definisce le relazioni tra gli oggetti;

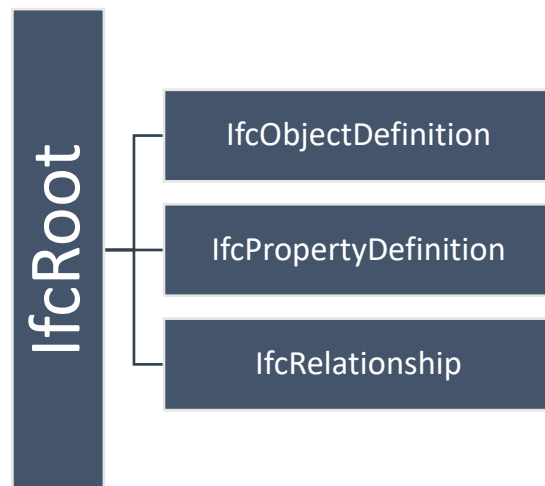


Figura 35 Subtype di IfcRoot. (Immagine dell'autore)

Questi sono i tre concetti fondamentali che rappresentano la struttura.

L'*IfcRoot* è l'entità fondamentale più astratta nello schema IFC e viene utilizzata come base per le altre entità. L'*IfcRoot* (Figura 36), fornisce funzionalità per identificare le entità mediante identificatori univoci globali, definire la proprietà e modificare le informazioni sulle entità e attribuire nomi e descrizioni (Theiler & Smarsly, 2018).

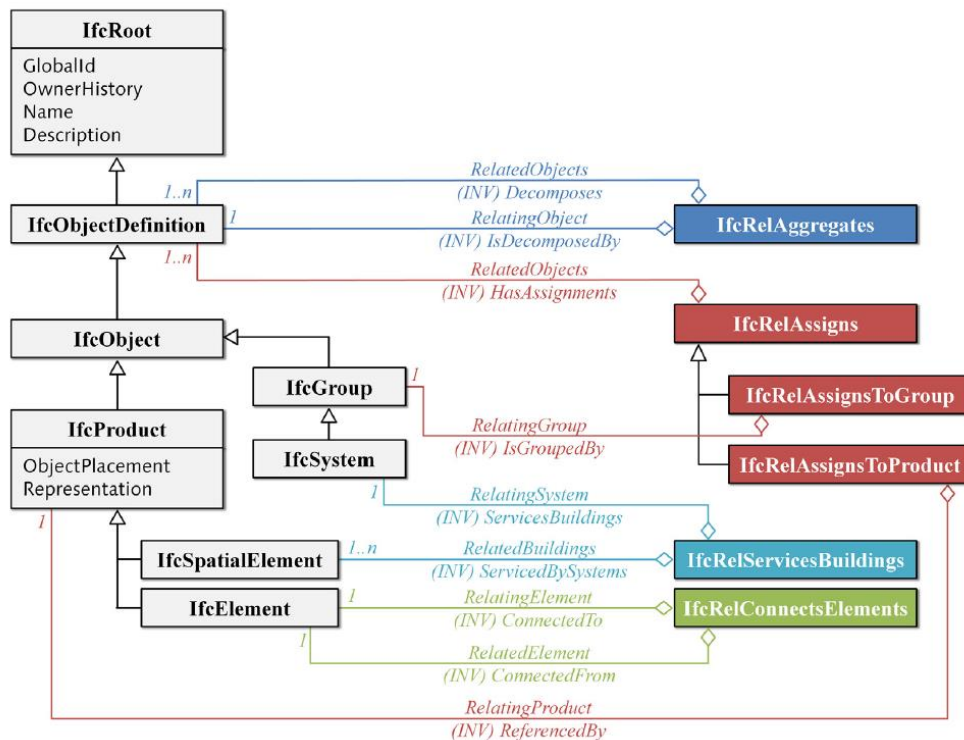


Figura 36 . Le entità "oggetto" sono rappresentate in grigio, mentre le entità "relazione" sono colorate: schema IFC per il monitoraggio delle informazioni. (Theiler & Smarsly, 2018)

3 MAPPATURA DELLO SCHEMA IFC

Una volta compreso in che modo lo standard funzioni, si è passati alla fase di ricerca delle classi che permettessero di indirizzare i dati della disciplina dell'energy management; quindi, partendo dall'*IfcRoot*, si sono andate a studiare le sue sottoclassi, leggendo le descrizioni di ciascuna e i relativi attributi, in modo da individuare quelli che potessero essere più utili per creare un database informativo.

Per impostare questo lavoro di sperimentazione, le classi sono state inizialmente mappate su dei fogli di calcolo Excel dove i dati raccolti sono stati inseriti all'interno di sette colonne principali, denominate nel seguente modo:

- *Oggetto*: breve descrizione del dato che si voleva andare ad indirizzare;
- *Entità*: in cui è stata riportata la classe individuata nello schema, per quel particolare tipo di oggetto;
- *Dati nel documento*: particolari tipi di informazioni che si sono voluti inserire all'interno degli attributi della classe individuata;
- *Attributo*: elenco degli attributi della classe in esame;
- *Rilevanza*: in questa colonna è stata fatta una distinzione tra gli attributi rilevanti per la mappatura dei dati, contrassegnandoli con una "x", mentre quelli non rilevanti sono stati segnati con "/";
- *Tipo*: sono state riportate le classi relativi agli attributi individuati;
- *Descrizione*: dove è riportata la spiegazione degli attributi, dal sito della BuildingSMART.

In questo modo sono state individuate delle classi principali che sono state successivamente utilizzate per la mappatura dei vari documenti e sono:

- *IfcActor*: usato per identificare i soggetti coinvolti nella fase post-costruzione, come il cliente (proprietario del System), i fornitori delle risorse energetiche, l'azienda produttrice degli impianti, il collaudatore, l'albo in cui è iscritto il collaudatore e le ESCO.
- *IfcControl*: usato per indicare i costi delle forniture, i compensi percepiti in seguito allo svolgimento di un lavoro, i contratti stipulati, le date significative che devono essere memorizzate;
- *IfcGroup*: contiene molte altre sottoclassi come *IfcSystem* usato per identificare il tipo di fornitura in esame, *IfcBuildingSystem* per identificare i vari sistemi che si trovano all'interno di un edificio, come il sistema di illuminazione, il sistema di riscaldamento, il sistema idrico, ecc.

- *IfcProcess*: è stato usato per indicare la serie di lavorazioni che devono essere svolte nella fase post-costruzione, come i lavori di manutenzione ordinaria e straordinaria, ma anche per indicare le anomalie che si potrebbero verificare nel sistema.
- *IfcProduct*: usato per classificare i vari terminali dei sistemi, come i corpi illuminanti, i termosifoni, i terminali sanitari, ecc.
- *IfcResource*: è stata l'unica sottoclasse di *IfcObject* che non è risultata necessaria, in quanto si riferisce alle risorse di costruzione, e nel presente lavoro di tesi ci si occupa esclusivamente della fase di gestione energetica.

Tutte le tabelle relative alla classificazione IFC in Excel è possibile trovarle in APPENDICE 1: come semplificazione sono stati riportati solo gli attributi che sono stati effettivamente utilizzati per la mappatura; infatti, nella colonna relativa alla rilevanza vi si troverà esclusivamente il simbolo "X".

3.1 IfcProcess

Una delle classi maggiormente utilizzata è stata *IfcProcess*, la quale nel sito ufficiale di buildingSMART è stata definita come: *"un'attività o evento individuale, che è ordinato nel tempo, che ha relazioni di sequenza con altri processi, che trasforma input in output e può connettersi ad altri processi"*. Quindi, un *IfcProcess* può essere sia un'attività, ma anche un evento.

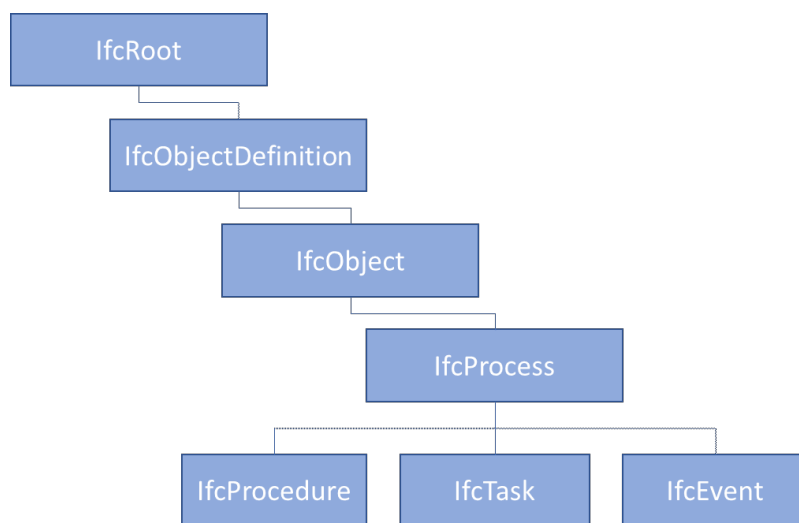


Figura 37 Schema entità IfcProcess. (Immagine dell'autore)

Sempre nel sito di buildingSMART viene data anche la definizione di processo secondo la ISO 9000: *"Un processo è un insieme di attività che sono interconnesse o che interagiscono tra loro. I processi utilizzano le risorse per trasformare gli input in output. I processi sono interconnessi perché l'output di un processo diventa l'input per un altro processo, in quanto i processi sono collegati"*

insieme per mezzo di tali relazioni”.

L'*IfcProcess* nell'indirizzamento dei dati nella disciplina dell'energy management è stato usato per andare a descrivere gli obiettivi che le ESCo si impegnano a portare a compimento, infatti attraverso l'attributo *LongDescription* è possibile andarli a descrivere in maniera estesa.

3.1.1 Sottoclassi di *IfcProcess*

Le sottoclassi di *IfcProcess* sono:

- *IfcEvent*: è un qualcosa che accade e che attiva un'azione o una risposta;
- *IfcProcedure*: è un insieme logico di azioni da intraprendere in risposta a un evento o per provarne il verificarsi;
- *IfcTask*: è un'unità di lavoro identificabile da svolgere in un progetto di costruzione.

3.1.1.1 *IfcEvent*

IfcEvent viene impiegato per acquisire e inserire informazioni su eventi di natura straordinaria che accadono o che potrebbero accadere lungo il ciclo di vita dell'opera. Gli attributi presenti in questa classe sono:

- *PredefinedType*: indica l'intervallo dei diversi tipi di evento che si possono verificare, come evento di avvio di un processo, evento di chiusura di un processo o evento che si verifica in una fase intermedia;
- *EventTriggerType*: definisce i diversi tipi di trigger²³ di eventi che possono essere un messaggio inviato per un particolare tipo di evento, piuttosto che l'orario in cui si è verificato, ecc.
- *UserDefinedEventTriggerType*: utilizzato qualora l'*EventTriggerType* venga dichiarato come *Userdefined*, in modo da poter creare un nuovo tipo di trigger diverso da quelli già impostati;
- *EventOccurrenceTime*: in modo da indicare la data e l'ora in cui si è verificato un evento.

²³ Il trigger, nelle basi di dati, è una procedura che viene eseguita in maniera automatica in coincidenza di un determinato evento.

#	Attribute	Type	Cardinality	Description	G
8	PredefinedType	IfcEventTypeEnum	?	Identifies the predefined types of an event from which the type required may be set.	X
9	EventTriggerType	IfcEventTriggerTypeEnum	?	Identifies the predefined types of event trigger from which the type required may be set.	X
10	UserDefinedEventTriggerType	IfcLabel	?	A user defined event trigger type, the value of which is asserted when the value of an event trigger type is declared as USERDEFINED.	X
11	EventOccurrenceTime	IfcEventTime	?	The date and/or time at which an event occurs.	X

Figura 38 Elenco degli attributi di IfcEvent. (BuildingSMART)

Nella mappatura dei dati, *IfcEvent* è stato usato per andare ad indicare le anomalie che si possono riscontrare durante il ciclo di vita dell’impianto, informazioni che vengono citate nel manuale di manutenzione.

3.1.1.2 IfcProcedure

Un *IfcProcedure* è un insieme logico di azioni da intraprendere in seguito al verificarsi di un evento o in modo da provocarne il compimento. Il suo unico attributo è un *PredefinedType*, che serve per individuare i diversi tipi di procedure che si possono intraprendere in un processo di costruzione.

Constant	Description
ADVICE_CAUTION	A caution that should be taken note of as a procedure or when carrying out a procedure.
ADVICE_NOTE	Additional information or advice that should be taken note of as a procedure or when carrying out a procedure.
ADVICE_WARNING	A warning of potential danger that should be taken note of as a procedure or when carrying out a procedure.
CALIBRATION	A procedure undertaken to calibrate an artifact.
DIAGNOSTIC	
SHUTDOWN	A procedure undertaken to shutdown the operation an artifact.
STARTUP	A procedure undertaken to start up the operation an artifact.
USERDEFINED	
NOTDEFINED	

Figura 39 Elenco dei TypeEnum di IfcProcedure. (BuildingSMART)

Nel caso in esame è stato utilizzato per andare ad indicare le modalità d’uso dei vari impianti, presenti nel manuale d’uso, e per la descrizione delle prove di collaudo presenti nel certificato di collaudo.

3.1.1.3 IfcTask

L’*IfcTask* serve per indicare un’unità di lavoro che viene svolta all’interno di un progetto di costruzione. Generalmente è usata in fase di costruzione per indicare un’attività per la costruzione o l’installazione di prodotti, ma questo concetto si può espandere anche ad altri tipi di attività, come

quelle che vanno svolte in fase di gestione degli edifici. Questa classe presenta sei diversi tipi di attributi e sono:

- *Status*: per indicare lo stato attuale dell'attività, che viene definita attraverso un *IfcLabel*;
- *WorkMethod*: il metodo di lavoro utilizzato per svolgere un'attività, che viene descritto sempre attraverso un *IfcLabel*;
- *IsMilestone*: serve per indicare se un'attività è una tappa fondamentale all'interno di un processo (=TRUE), o no (=FALSE);
- *Priority*: Serve per indicare un grado di priorità rispetto ad altri tipi di attività e viene espresso attraverso un valore numerico;
- *TaskTime*: serve per acquisire le informazioni relative all'ora e data in cui è stata svolta o è stata programmata un'attività di lavoro.
- *PredefinedType*: identifica i diversi tipi predefiniti di un'attività, come un'attività di costruzione, demolizione, manutenzione, installazione, operazione, rinnovamento, ecc.

IfcTask è stato usato per indicare le attività di manutenzione eseguibili dall'utente e quelle eseguibili esclusivamente da personale specializzato, presenti nel manuale di manutenzione, e per descrivere le attività presenti nel programma di manutenzione.

Constant	Description
ATTENDANCE	Attendance or waiting on other things happening.
CONSTRUCTION	Constructing or building something.
DEMOLITION	Demolishing or breaking down something.
DISMANTLE	Taking something apart carefully so that it can be recycled or reused.
DISPOSAL	Disposing or getting rid of something.
INSTALLATION	Installing something (equivalent to construction but more commonly used for engineering tasks).
LOGISTIC	Transportation or delivery of something.
MAINTENANCE	Keeping something in good working order.
MOVE	Moving things from one place to another.
OPERATION	A procedure undertaken to start up the operation an artifact.
REMOVAL	Removal of an item from use and taking it from its place of use.
RENOVATION	Bringing something to an 'as-new' state.
USERDEFINED	
NOTDEFINED	

Figura 40 Elenco dei TypeEnum di IfcTask. (BuildingSMART)

3.1.2 IfcTypeProcess

Oltre al processo può essere specificato il tipo di processo, ovvero una definizione specifica (o tipo) di un processo o attività senza essere assegnato a una pianificazione o a un orario. Mentre *IfcProcess* definisce il processo in una maniera più generale, con *IfcTypeProcess* vengono definite le informazioni specifiche sul processo o sull'attività comuni a tutte le occorrenze definite per quel tipo di processo o attività. La relazione che può collegare *IfcProcess* ad *IfcTypeProcess* è definita da *IfcRelDefinesByType*.

3.1.3 Letteratura di IfcProcess

In letteratura la classe *IfcProcess* era già stata discussa nel 1999 con la pubblicazione di Froese (Froese, 1999): ha voluto rappresentare i piani di lavoro, le risorse, i costi e le informazioni sulla pianificazione, per andare ad esplorare le funzionalità di quello che era considerato un nuovo standard. Ha spiegato come potesse essere utilizzato *IfcProcess* per andare ad indicare i processi di lavoro nello svolgimento della pratica di Project Management. Un'altra classe che ha esposto è stata *IfcWorkTask*, presente nella versione 2X, un sottotipo di *IfcProcess*; infatti, la prima è usata per descrivere le informazioni, come i metodi di lavoro usati in fase di costruzione, le date di pianificazione e la durata, mentre la seconda ha lo scopo di descrivere i processi di lavoro utilizzati durante la costruzione dell'opera.

Altri autori che hanno trattato questa classe sono Walter Terkaj e Marcello Urgo (Walter Terkaj & Urgo, 2012), che nella loro pubblicazione hanno spiegato che *IfcTypeProcess* definisce un tipo di processo generico che può essere utilizzato per trasformare un input in output (es. operazione di assemblaggio, operazione di lavorazione ,ecc.). Inoltre, hanno spiegato come i processi si possono relazionare con le risorse, illustrando il tutto in uno schema riportato in Figura 41; esso mostra come i dati di progettazione del sistema (parte superiore della figura) possono essere collegati ai dati di esecuzione del sistema (parte inferiore della figura).

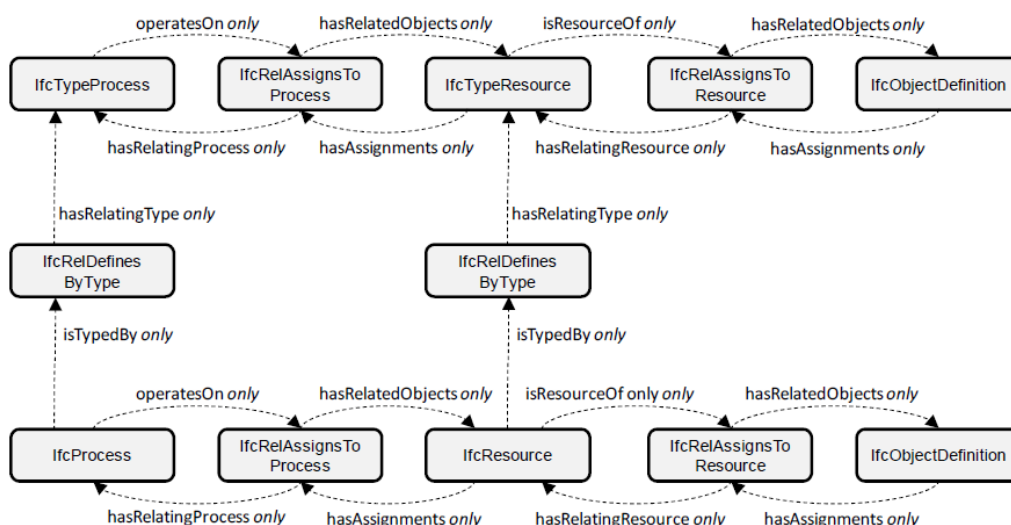


Figura 41 Relazioni tra processi e risorse. (Walter Terkaj & Urgo, 2012)

Proposta di una metodologia e applicazione ad un caso studio

Sempre gli stessi autori ma in un'altra pubblicazione hanno spiegato in linea generale, in che ambito può essere applicata la classe di *IfcProcess* (W. Terkaj & Urgo, 2015). Mentre in un altro articolo pubblicato nel 2010, è stata riportata la definizione di *IfcProcess* dettata dal sito di BuildingSMART (Matipa et al., 2010): è stata menzionata come esempio rappresentativo di classe che contiene tipi di dati astratti, a differenza di una classe come *IfcElement*, che contiene elementi fisici. In un'altra pubblicazione (Borgo et al., 2014), la classe relativa ai processi è stata presa come esempio per spiegare come è strutturato lo schema IFC, dove *IfcTask*, *IfcProcedure* e *IfcEvent* sono dei sotto-tipi di *IfcProcess*.

4 APPLICAZIONE CASO STUDIO

Una volta eseguito lo studio delle informazioni e delle varie classi che conterranno tali informazioni, è stato possibile applicare tutto ciò in un caso studio.

Come edificio di riferimento è stato preso in esame il Campus di Biologia e Biomedicina "**FIORE DI BOTTA**", di proprietà dell'Università degli Studi di Padova; è stata scelta questa specifica costruzione, in quanto erano già disponibili i modelli 3D di Revit dei vari impianti, suddivisi più precisamente in:

- *Modello architettonico*: che non è risultato necessario per implementare il caso studio;
- *Modello meccanico*: contenente l'impianto di riscaldamento;
- *Modello idraulico*: nel quale è presente l'impianto idraulico di acqua calda e acqua fredda sanitaria;
- *Modello elettrico*: che comprende sia la forza motrice, che l'impianto di illuminazione.

Questi modelli hanno delle dimensioni troppo pesanti per essere visualizzati dal convalidatore di codice Fzk Viewer, per questo motivo si è deciso di semplificarli al minimo necessario, in modo da poter verificare in seguito la correttezza di quanto verrà scritto su Python, prendendo in considerazione un singolo elemento per ogni sistema.

Guardando la Figura 42 è possibile osservare i diversi sistemi analizzati: per il modello elettrico sono stati individuati due sistemi, quello elettrico che prende in considerazione un tubo (linea nera verticale) e l'impianto di illuminazione costituito da un punto luce (rettangolo nero orizzontale), mentre del modello meccanico fa parte il sistema di riscaldamento, costituito da una porzione di condotto (tubo blu). Infine, nel modello idrico si fa la distinzione tra sistema dell'acqua calda sanitaria (tubo rosso) e quello dell'acqua fredda sanitaria (tubo ciano), che prendono come riferimento una porzione di tubatura ciascuno.

Il software Revit non supporta tutte le classi presenti nello schema IFC, tra i quali *IfcSystem*, classe fondamentale nella classificazione adottata nella disciplina dell'energy management. Per questo motivo sono stati, innanzitutto, esportati i vari modelli Revit in formato IFC (Figura 42), per poi essere successivamente importati in Archicad, software che riesce a mappare anche questo tipo di classe.

Proposta di una metodologia e applicazione ad un caso studio

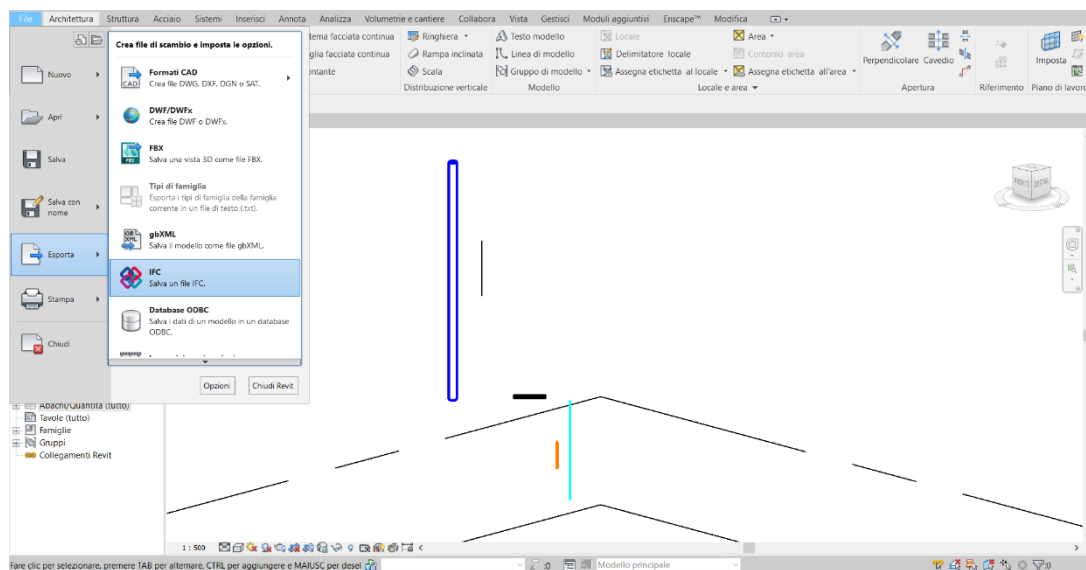


Figura 42 Esportazione file IFC da Revit. (Immagine dell'autore)

4.1 Panoramica del formato IFC in Archicad

In riferimento allo standard IFC, Archicad ha 6 diverse sezioni:

1. **Gestore Progetto IFC:** in questo menu è possibile svolgere le attività di scrittura e mappatura del file IFC, tra i quali assegnazione degli attributi, gestione del tipo di prodotto, inserimento proprietà IFC, visualizzazione proprietà del modello, ecc.
2. **Traduttori IFC:** permettono la configurazione del file IFC, per importare o esportare i modelli;
3. **Preferenze Locali IFC:** permette la traduzione degli oggetti esterni IFC in elementi di libreria locale.
4. **Unisci a Modello IFC:** permette di unire il modello (o anche solo alcune delle sue parti) ad un altro file IFC esistente.
5. **Rileva Modifiche Modello IFC:** permette di comparare versioni diverse di uno stesso file IFC.
6. **Aggiorna con Modello IFC:** permette di aggiornare un file IFC già collegato.

Per la mappatura delle classi bisogna entrare all'interno dell'interfaccia Traduttori IFC e facendo la configurazione della voce "*Mappatura Tipo*" si può scegliere se utilizzare il sistema di classificazione predefinito da Archicad, oppure crearne uno nuovo.

Il problema dell'interoperabilità viene affrontato mappando le Industry Foundation Classes in un database relazionale per la manutenzione e la gestione delle prestazioni. I risultati della valutazione delle prestazioni, le informazioni sulla manutenzione preventiva e correttiva e le

richieste di intervento sono modellati nel database relazionale personalizzato, utilizzando le entità IFC standardizzate identificate come rilevanti per questi scopi.

4.1.1 Classificazione IFC in Archicad

Una volta importato il file IFC in Archicad è possibile andare a mappare i sistemi tramite il percorso file: archivio – interoperabilità – IFC – Gestore Progetto IFC (Figura 43).

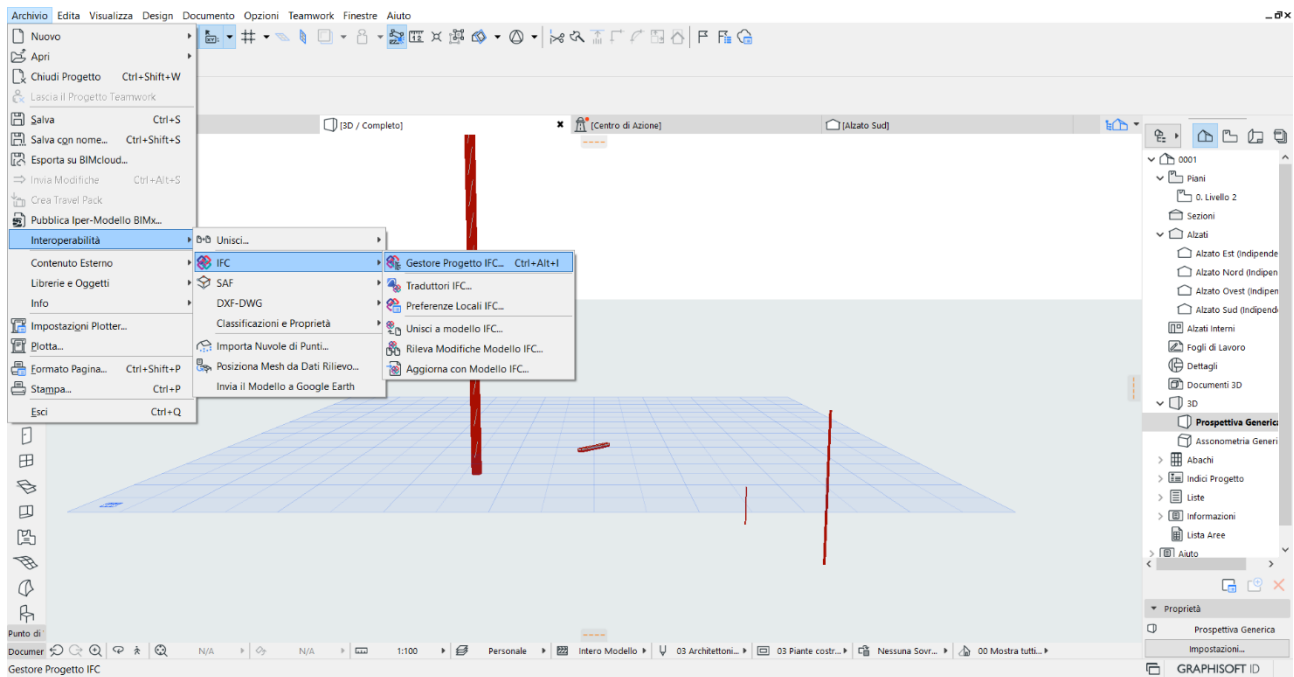


Figura 43 Importazione file in Archicad. (Immagine dell'autore)

Da qui si apre una schermata che mostra tutti i diversi elementi che compongono il sistema elettrico la cui classe è rappresentata da *IfcDistributionElement*, una sottoclasse di *IfcProduct*. Allora, a questo punto, è possibile creare due nuove classi:

- *IfcSystem*: che rappresenta l'utenza di energia elettrica;
- *IfcDistributionSystem*: che rappresenta tutto il sistema elettrico dell'edificio.

Il sistema di distribuzione elettrica è costituito da tutto l'insieme degli elementi di distribuzione; cliccando sopra all' *IfcDistributionElement* e trascinandolo all'interno della cartella "relazione tra sistema e gli elementi di distribuzione" (Figura 44), si crea una relazione tra il sistema elettrico e tutti i suoi elementi che lo compongono, attraverso la relazione *IfcRelAssignsToGroup*.

Proposta di una metodologia e applicazione ad un caso studio

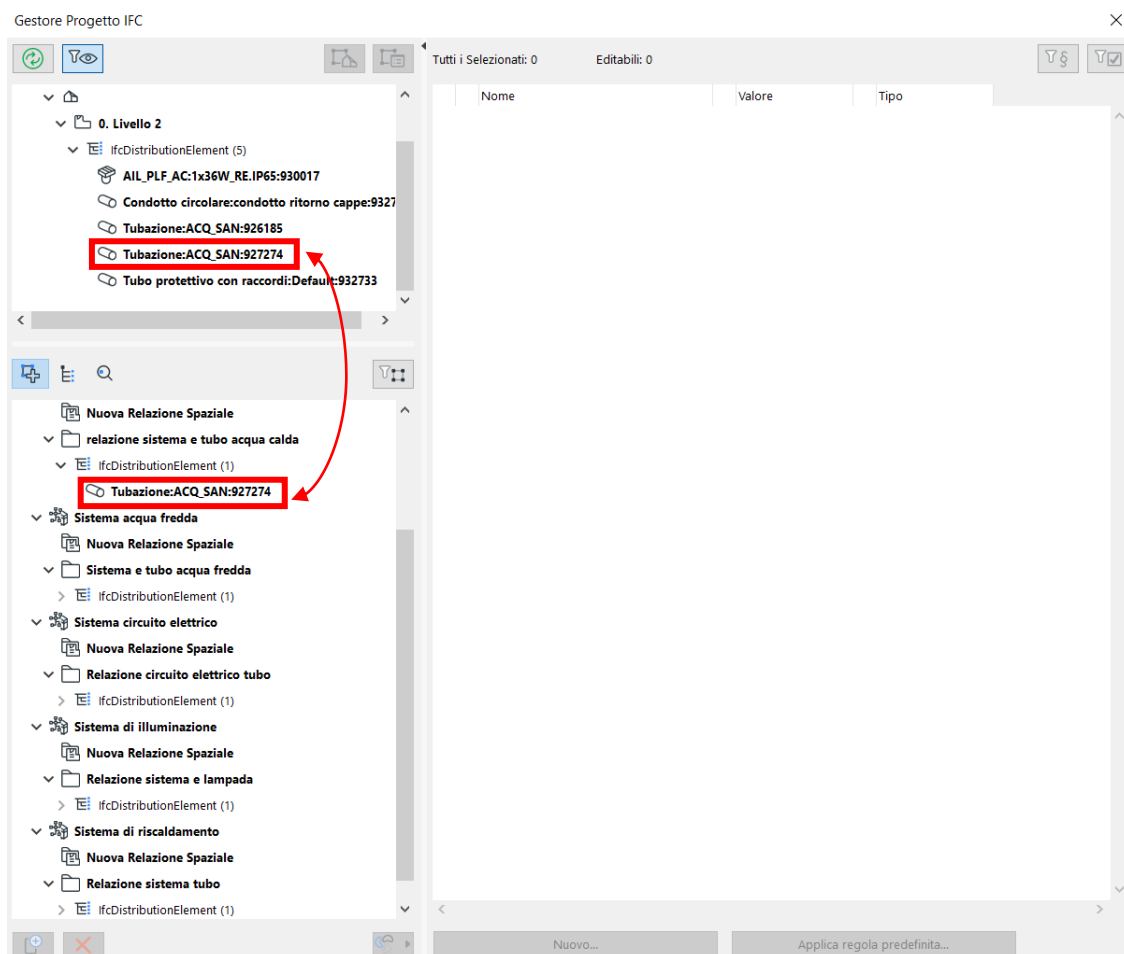


Figura 44 Gestore Progetto IFC di Archicad. (Immagine dell'autore)

Una volta che tutti gli elementi di distribuzione sono stati relazionati con il sistema di distribuzione pertinente, è possibile esportare il file IFC: innanzitutto è fondamentale impostare i traduttori IFC, per gestire l'esportazione in modo corretto. Infatti, tra i traduttori per l'esportazione c'è la voce "Esportazione basata sulla vista IFC4 Reference View" (Figura 45), la quale permette di impostare lo schema IFC4, ovvero quello più recente e aggiornato. Altrimenti se viene impostato lo schema IFC2x3, alcune classi non riusciranno ad essere lette.

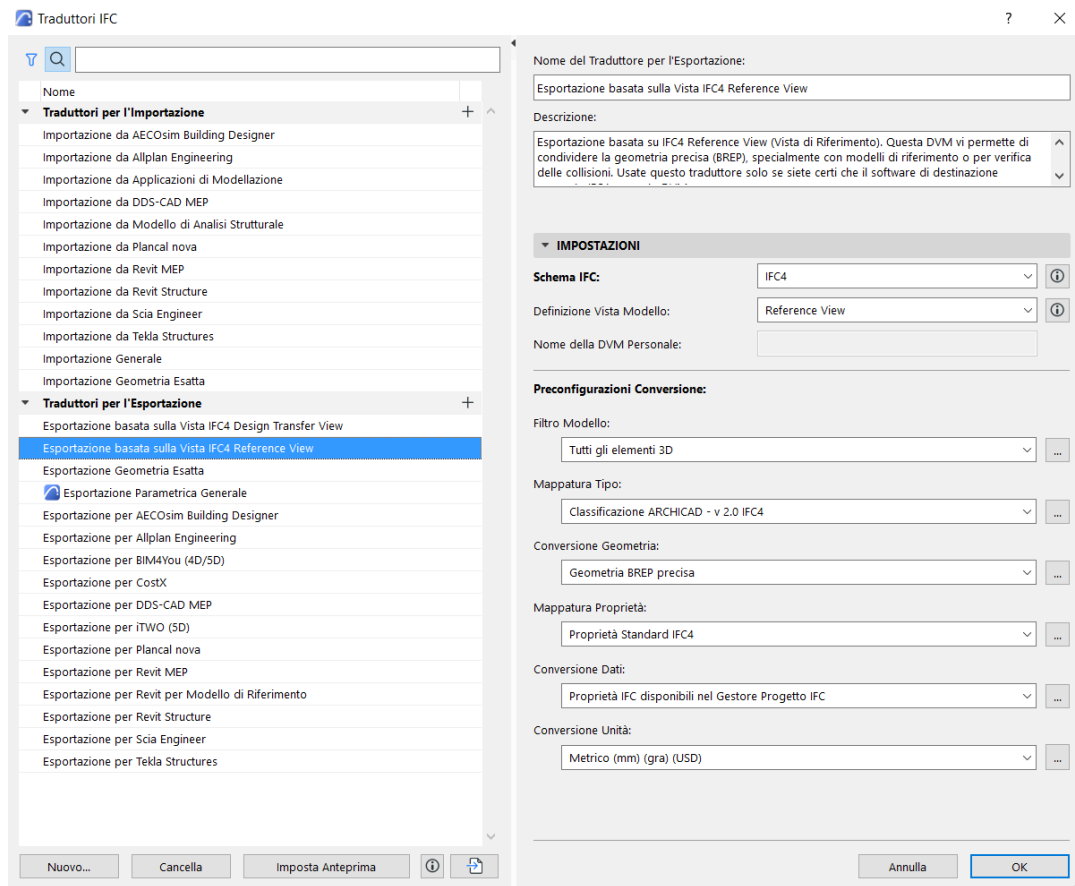


Figura 45 Traduttori IFC di Archicad. (Immagine dell'autore)

4.2 Integrazione con IfcOpenShell

Con i software come Revit e Archicad è possibile mappare una quantità di classi limitata rispetto a quelle presenti nello schema di buildingSMART, in particolar modo le relazioni che intercorrono tra le diverse classi. Per colmare questa lacuna è risultato necessario scrivere dei nuovi codici su Python utilizzando le librerie di IfcOpenShell²⁴.

Per semplificare il lavoro di scrittura è stato installato Visual Studio Code²⁵, il quale supporta diversi linguaggi di programmazione, tra cui Python, in quanto possiede un'interfaccia grafica più intuitiva, evidenziando con gli stessi colori, parti di codici aventi la stessa funzione concettuale.

Separando in diversi script i diversi tipi di documenti che devono essere mappati, prendiamo in considerazione la bolletta energetica, le informazioni che andranno inserite relative a:

²⁴ IfcOpenShell è una libreria open source per software, gratuita, aperta e implementabile da tutti, nata per aiutare utenti e sviluppatori di applicativi per operare con i file in formato IFC.

²⁵ È un editor gratuito di codici di risorsa che sia avvia sul desktop ed è disponibile per diversi sistemi operativi.

- L'utenza energetica – *IfcSystem*;
- Il cliente - *IfcOccupant*;
- Il fornitore energetico – *IfcActor*;
- L'intervallo di tempo in cui è stato calcolato l'importo – *IfcWorkControl*;
- La scadenza del pagamento – *IfcWorkControl*;
- Il costo applicato in bolletta – *IfcCostItem*;
- La quantità di energia consumata – *IfcElementQuantity*;
- L'indirizzo di fornitura – *IfcBuilding/IfcSite*;
- Gli importi unitari – *IfcCostItem*;
- L'URL del documento – *IfcDocumentInformation*.

Nei seguenti paragrafi verrà spiegato come sono stati scritti i vari codici, riportando le funzioni che sono state utilizzate per la loro implementazione. I codici completi sono riportati nell'APPENDICE 2.

4.2.1 Scrittura del codice

Dopo aver aperto Visual Studio Code e aver scelto come linguaggio di programmazione Python, bisogna salvare il file: completati questi primi passaggi è possibile passare alla scrittura del codice vero e proprio.

Come prima cosa bisogna importare la libreria di *IfcOpenShell*, scrivendo “*import ifcopenshell*”: grazie a questo passaggio verranno lette e riconosciute le varie classi che verranno create.

```
import ifcopenshell
```

Dopodiché, verrà dato un nuovo nome alla variabile, che servirà per richiamare il file IFC che verrà aperto in tutte le altre funzioni e in questo caso è stata chiamata “*bolletta_e*”, in quanto si sta mappando la bolletta dell'energia elettrica. Questa verrà eguagliata alla funzione “*ifcopenshell.open()*”, la quale permette di inserire il percorso all'interno del computer del file IFC.

```
bolletta_e = ifcopenshell.open ('C:/Users/aless/Università degli Studi di Padova/Tesi -Belfiori_Energy Management - Belfiori_Energy Management /General/Sperimentazione/ Modelli 2020/sistema_elettrico.ifc')
```

4.2.1.1 Creazione di nuove classi

Per aggiungere nuove classi al file IFC, basta dare un nome alla nuova variabile che si vuole creare eguagliandola alla funzione “*create_ifc*”, e compilando di seguito gli attributi nell'ordine in cui vengono dettati dallo standard di buildingSMART.

Belfiori Alessia

Gli attributi vengono compilati tra gli apici ("..."), nel caso si tratti di un testo (string, text o label), mentre non vengono messi se bisogna inserire un valore numerico. Qualora si voglia richiamare un'altra variabile precedentemente definita, basta eguagliarla al nome dell'attributo corrispondente. Se invece, non si vuole scrivere il nome di ogni singolo attributo che si vuole compilare, basta scrivere direttamente gli attributi nell'ordine dello schema IFC e quelli che non si vogliono definire, vengono compilati con la dicitura "None".

Di seguito viene illustrato un esempio di come è stato compilata la classe *IfcOccupant*:

```
ruolo_cliente = bolletta_e.createIfcActorRole (Role ='CLIENT')

ruolo_cliente = bolletta_e.by_type('IfcActorRole')

indirizzo_cliente = bolletta_e.createIfcPostalAddress( AddressLines= 'Riviera Tito
Livio', PostalBox= '6', Town='Padova', PostalCode ='35123')

indirizzo_cliente = bolletta_e.by_type('IfcPostalAddress')

università = bolletta_e.createIfcOrganization(Identification= '610 826
157',Name='UNIVERSITA DEGLI STUDI DI PADOVA Amm. pub.', Description='CODICE POD=
IT001E34702668, CODICE FISCALE=80006480281, PARTITA IVA=00742430283', Roles=
(ruolo_cliente), Addresses =(indirizzo_cliente))

cliente = bolletta_e.createIfcOccupant (ifcopenshell.guid.new(),None, 'cliente che
acquista la fornitura', None, None, università, 'OWNER')
```

Nel caso dei *PredefinedType*, basta inserire il nome tra gli apici in maiuscolo, con la dicitura uguale a quella che si riscontra nello schema IFC.

Come si può notare in alcune stringhe le variabili vengono richiamate dalla dicitura *by_type*: questo perché le relazioni vengono create in modo corretto, solo se il *RelatedObjects* viene prima definito da questa funzione, che permette di interrogare il file al fine di intercettare tutte le entità di una certa classe all'interno di esso.

4.2.1.2 Creare relazioni tra le entità

Una volta aver richiamato in modo corretto le classi con la funzione *by_type* è possibile creare una nuova relazione tra due entità; nel caso di seguito riportato si è realizzata una relazione tra il cliente della fornitura energetica e l'utenza energetica, assegnando come *RelatingGroup* il sistema che si riferisce all'utenza elettrica.

```
cliente = bolletta_e.by_type('IfcOccupant')

rel_client_utenza = bolletta_e.createIfcRelAssignsToGroup
(ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione cliente e utenza', None, cliente, None,
utenza_elettrica)
```

4.2.1.3 Richiamare entità esistenti

Se si vuole richiamare un'entità che era stata già creata in Archicad, come nel caso dei sistemi, basta aprire il file IFC, cercare l'entità che si vuole interrogare e copiare il suo GlobalID.

```
bolletta_energia_vk - Blocco note di Windows
File Modifica Formato Visualizza ?
#481=IFCPROPERTYSINGLEVALUE('ProductionYear',$,IFCLABEL(''),$);
#482=IFCPROPERTYSET('026x921q3KFYTCRItnUtJy',#12,'Pset_ManufacturerTypeInformation',$,(#480,#481));
#486=IFCRELDEFINESBYPROPERTIES('1yNshzcm3zomjS1ImP8zPW',#12,$,$,(#426),#482);
#489=IFCCABLECARRIERSEGMENTTYPE('2XN8ed3ob70fcqq34TdH$Q',#12,'Tubo protettivo con raccordi:Default',$,$,(#493,#499),$);
#492=IFCPROPERTYSINGLEVALUE('Reference',$,IFCIDENTIFIER('Default'),$);
#493=IFCPROPERTYSET('3XDDXeL3zRkXfXyH2kx9rh',#12,'Pset_CableCarrierSegmentTypeCommon',$,(#492));
#498=IFCPROPERTYSINGLEVALUE('Reference',$,IFCIDENTIFIER('Default'),$);
#499=IFCPROPERTYSET('2IZoBE_Osk9kYikw_0VO7t',#12,'Pset_EnvironmentalImpactIndicators',$,(#498));
#503=IFCRELDEFINESBYTYPE('0x20ckwzoKd0QgDqCOQ6g8',#12,$,$,(#426),#489);
#507=IFCDISTRIBUTIONSYSTEM('3DDMj2h2P0ggttAxqM3C_p',#12,'Sistema circuito elettrico',$,$,$,.ELECTRICAL.);
#510=IFCRELASSIGNSTOGROUP('2SUw90bcD5tgTmzKw2SaLp',#12,'Relazione circuito elettrico tubo',$,(#426),.PRODUCT.,#507);
```

Figura 46 Global ID di IFCDistributionSystem. (Immagine dell'autore)

A questo punto, si ritorna nel codice Python e mediante la funzione *by_id* si richiama l'entità.

```
sistema_elettrico = bolletta_e.by_id('3DDMj2h2P0ggttAxqM3C_p')
```

Il cui risultato è riportato in basso:

```
#507=IfcDistributionSystem('3DDMj2h2P0ggttAxqM3C_p',#12,'Sistema circuito elettrico',$,$,$,.ELECTRICAL.)
```

4.2.1.4 Creare una relazione con un documento esterno

Per creare una relazione tra il documento e il sistema è innanzitutto fondamentale richiamare l'*IfcSystem* con la funzione *by_type*, perché in questo caso sarà esso il *RelatedObjects*, mentre per inserire il documento all'interno del codice è necessario creare una nuova classe.

La classe utilizzata è *IfcDocumentInformation* e gli attributi che sono stati selezionati sono: l'identification, in cui è stato inserito il numero della fattura, il nome in cui è stato indicato il mese e l'anno, la location serve per inserire il percorso file all'interno del pc, nel quale è possibile trovare il pdf della bolletta, mentre come CreationTime è stata inserita la data di ricezione della bolletta.

```
utenza_elettrica= bolletta_e.by_type('IfcSystem')

rif_esterno = bolletta_e.createIfcDocumentInformation(
Identification='4198049433',Name='Bolletta energia elettrica gennaio 2022', Location
='C:/Users/aless/Università degli Studi di Padova/Tesi - Belfiori_Energy Management -
Belfiori_Energy Management/General/Sperimentazione/documenti/IT001E34702668 01-
2022.pdf',CreationTime='2022-02-05')

rel_documento_utenza =
```

BIM based Energy management: piattaforme CMMS e standard IFC

Belfiori Alessia

```
bolletta_e.createIfcRelAssociatesDocument(ifcopenshell.guid.new(),None,'relazione documento e utenza',None,utenza_elettrica,rif_esterno)
```

4.2.1.5 Inserimento delle quantità

All'interno delle classi che sono state selezionate non è presente un attributo in cui è possibile inserire delle quantità, come ad esempio l'energia consumata (consultabile in bolletta); per questo motivo risulta necessario fare una relazione tra il sistema, ovvero l'utenza elettrica, e la quantità consumata che si trova nelle sottoclassi di *IfcPropertySetDefinition*.

```
numero_boll = bolletta_e.createIfcReal (58.99)

unit_bol = bolletta_e.createIfcMonetaryUnit ('euro')

misura = bolletta_e.createIfcMeasureWithUnit(numero_boll,unit_bol)

q_unit= bolletta_e.createIfcContextDependentUnit(Name ='kWh')

q_denaro = bolletta_e.createIfcCostValue ('costo gennaio',None,None, misura,
None,None, None, None, None, None )

q_denaro =bolletta_e.by_type('IfcCostValue')

costo_bolletta = bolletta_e.createIfcCostItem
(ifcopenshell.guid.new(),None,'costo in bolletta', None, None,'costo gen_2022',None,
q_denaro,None)

costo_bolletta= bolletta_e.by_type('IfcCostItem')

rel_bolletta_utenza = bolletta_e.createIfcRelAssignsToGroup
(ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione costo bolletta e utenza', None, costo_bolletta,
None, utenza_elettrica)
```

In questo modo è possibile inserire la quantità, inserendo direttamente il numero senza apici e anche le relative unità di misura.

4.2.1.6 Salvare codice in formato IFC

Dopo aver completato l'implementazione del codice è necessario salvarlo nel formato IFC e per fare ciò esiste una funzione specifica che permette di salvare i codici Python in qualsiasi tipo di formato.

Innanzitutto bisogna richiamare la variabile del file, scrivendo *variabile.write*, seguito dal percorso file all'interno del quale si vuole salvare il codice, il cui ultimo tratto è costituito dal nome del documento con cui si vuole salvare e il tipo di formato desiderato.

```
bolletta_e.write('C:/Users/aless/Università degli Studi di Padova/Tesi -
Belfiori_Energy Management - Belfiori_Energy
```

Management/General/Sperimentazione/bolletta_energia_vk.ifc')

4.3 Convalidatore di testo FZK Viewer

Dopo aver scritto i codici tramite le librerie di IfcOpenshell, bisogna verificare che le stringhe vengano correttamente riconosciute e visualizzate dal convalidatore di testo FZK Viewer²⁶.

Come esempio viene preso sempre in considerazione il file IFC relativo alla bolletta di energia elettrica: una volta aperto FZK Viewer, bisogna andare su File – Open e si sceglie il file che si desidera consultare. Una volta aperto compaiono tre finestre principali (Figura 47):

- Nella prima si possono visualizzare tutte le classi create e in questo caso si può notare che ad *IfcSystem* sono state correlate tutte le altre classi (che si trovano sotto di lui);
- Nella seconda finestra si può visualizzare il modello 3D, che come precedentemente detto, in questo caso, è costituito solo da una porzione di tubo elettrico, in modo che il visualizzatore possa aprire il file senza andare in “crash”.
- Nella terza finestra si può verificare che tutti gli attributi, le relazioni, le quantità e gli URL dei documenti, siano stati creati e visualizzati in modo corretto.

Questa operazione di verifica è stata svolta per tutti i codici che sono stati realizzati e in tutti i casi le classi sono state visualizzate in modo corretto.

²⁶ FZKViewer è uno strumento software per la visualizzazione di modelli BIM (Building Information Modeling) e GIS (Geographical Information Systems).

BIM based Energy management: piattaforme CMMS e standard IFC

Belfiori Alessia

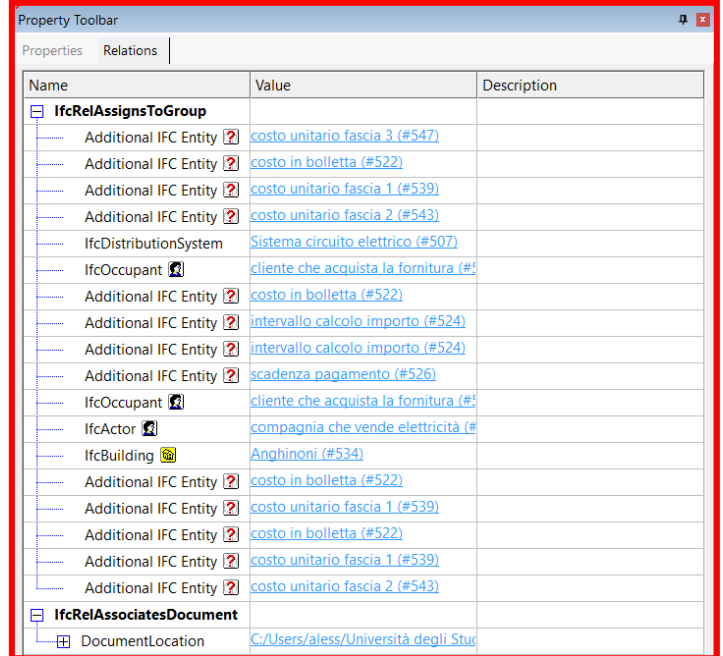
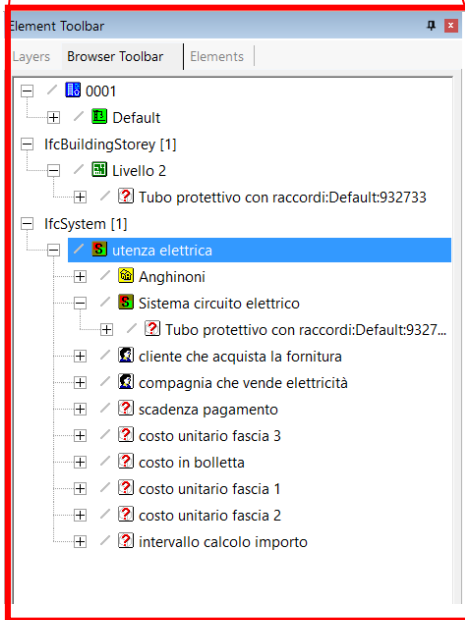
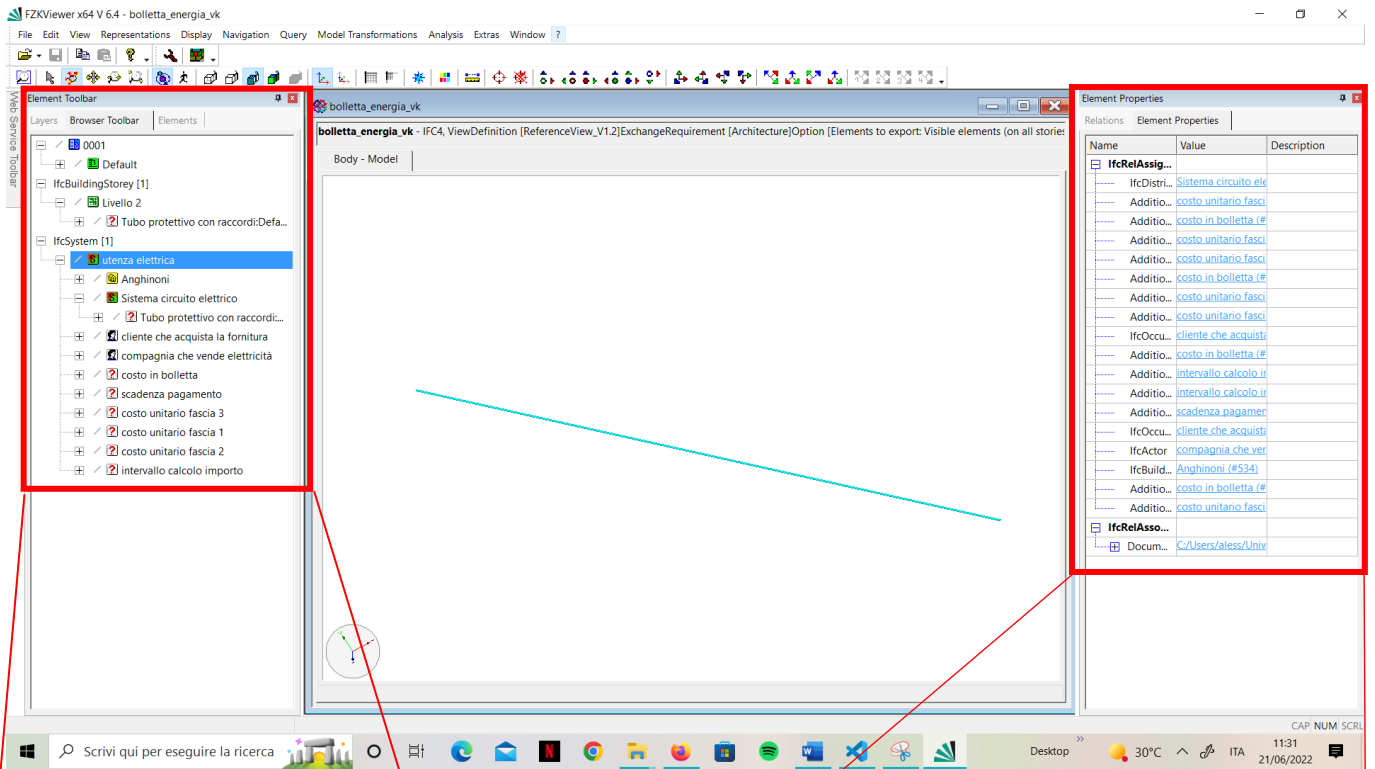


Figura 47 FZK Viewer. (Immagine dell'autore)

4.4 Interoperabilità tra lo standard IFC e Geoweb

Una volta che la correttezza di tutti i codici è stata appurata grazie all'utilizzo del convalidatore FZK Viewer, si è voluto condurre un test di interoperabilità sulla piattaforma Geoweb.

Infatti, come era stato già spiegato nel capitolo 1, Geoweb è una piattaforma CMMS di cui l'Università degli studi di Padova dispone della licenza. Durante il colloquio con l'energy manager dell'ateneo è emerso che uno dei punti su cui il team dell'area AES si voleva focalizzare nel futuro, era quello di utilizzare questa piattaforma per gestire e archiviare i dati sulla gestione delle strutture, per avere un quadro informativo completo di tutti gli edifici, che potesse essere consultato grazie all'ausilio di un unico software.

Entrando nel sito ufficiale di Geoweb²⁷ e verificando quali sono le potenzialità che offre la piattaforma, risulta che gli sviluppatori affermano che il loro software riesce a leggere qualsiasi classe dello standard IFC (Figura 48).

Geoweb Framework. Potente e versatile, si adatta alle tue esigenze.

Ogni prodotto applicativo è basato sul nostro framework intelligente e flessibile. Un'architettura personalizzabile e facilmente integrabile, che puoi installare in qualsiasi infrastruttura IT.



Figura 48 Potenzialità della piattaforma Geoweb. (Immagine dell'autore)

Quindi, la seconda fase della sperimentazione, è quella di verificare che il software riesca a leggere le classi e le relative relazioni che sono state realizzate tramite la classificazione su Archicad e quelle create tramite le librerie di IfcOpenshell.

²⁷ <https://www.geowebframework.com/>

4.4.1 Creazione di un nuovo edificio su Geoweb

Come primo passo è necessario creare un nuovo modello di edificio in cui sarà possibile inserire al suo interno i vari documenti; dopo aver effettuato il login compare una schermata principale e da qui bisogna cliccare sulla sezione “BIM Data” e poi su “BIM Explorer 7D” (Figura 49).

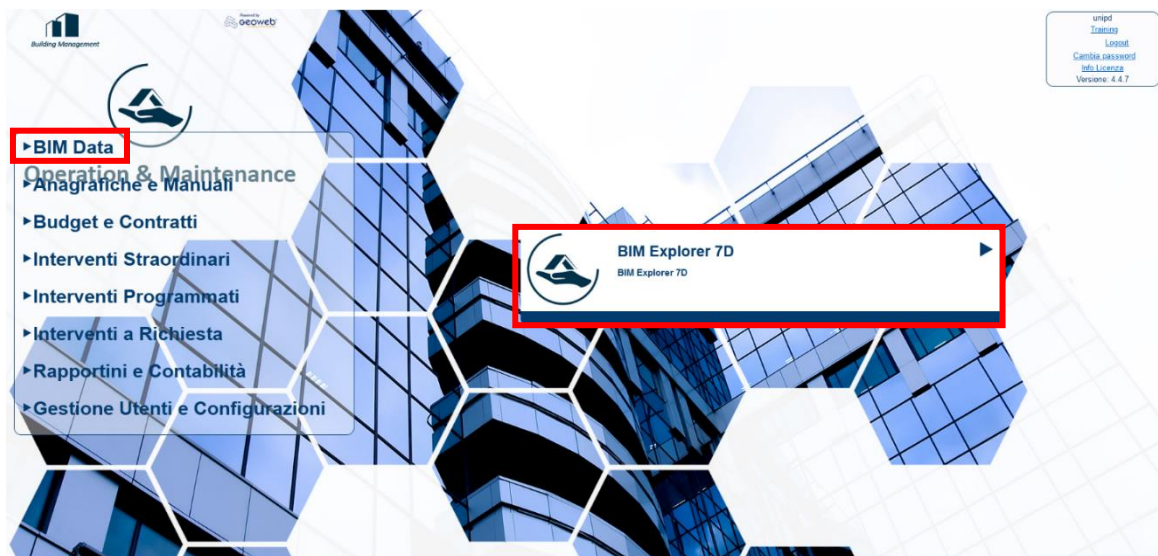


Figura 49 Pagina iniziale della piattaforma. (Immagine dell'autore)

Da qui si apre una nuova pagina ed entrando all'interno della sezione “Progetti BIM” e cliccando sopra la voce “Nuovo” si apre una finestra in cui è possibile andare ad inserire il nome dell'immobile (in questo caso il Botta), il codice che si vuole assegnare, il progetto e una breve descrizione (Figura 50).

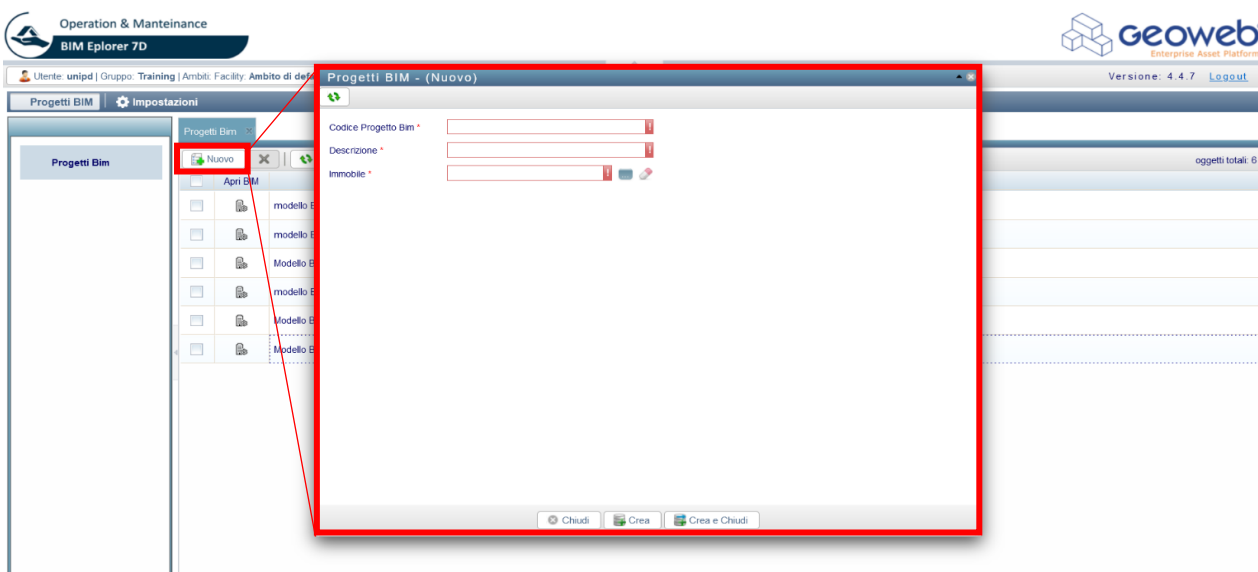


Figura 50 Sezione BIM Explorer 7D di Geoweb. (Immagine dell'autore)

Proposta di una metodologia e applicazione ad un caso studio

In questo modo si è creato un nuovo modello in cui possono essere archiviati tutti i file e i dati dell'edificio.

Per poter caricare dei nuovi file all'interno della sezione creata, è necessario scaricare un plugin di Geoweb, in cui bisogna inserire le stesse credenziali utilizzate per accedere alla piattaforma web (Figura 51). Effettuato in login si accede alla voce "File di Modello 3D – IFC".

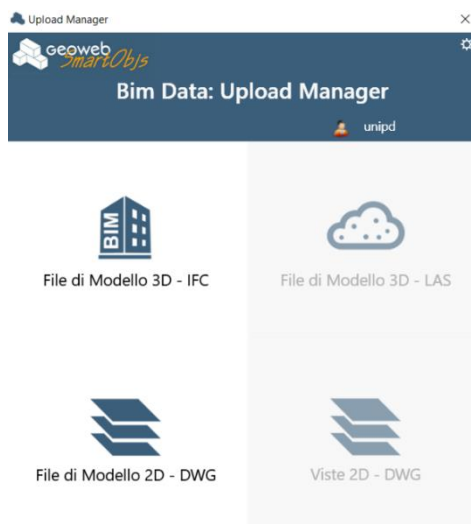


Figura 51 Plugin di Geoweb. (Immagine dell'autore)

Da qui si apre una nuova finestra in cui a sinistra è possibile visualizzare tutti i modelli di edifici che sono stati creati e se ci clicca sull'edificio oggetto di studio, in questo caso il Botta, a destra appare il codice di progetto e la descrizione dell'immobile, si seleziona anche questa voce e poi basta fare clic su "Apri Progetto" (Figura 52).

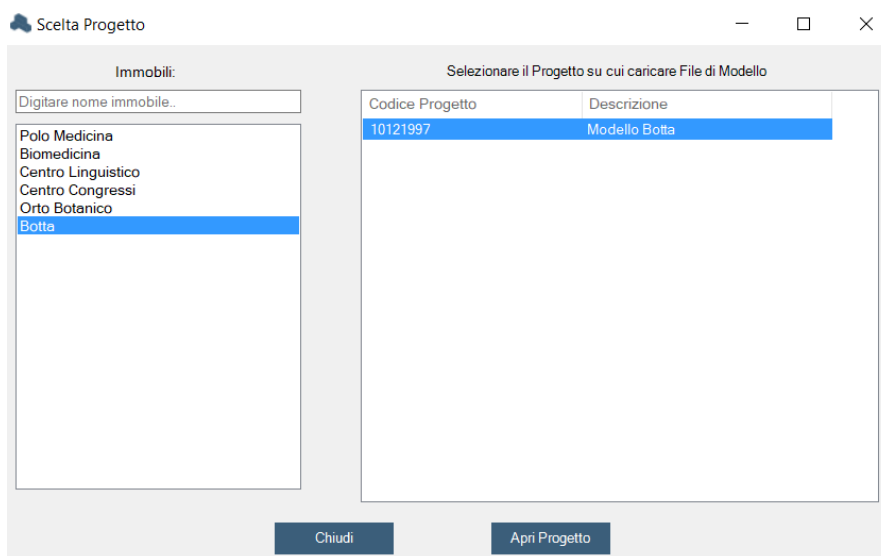


Figura 52 Scelta Progetto in cui lavorare. (Immagine dell'autore)

BIM based Energy management: piattaforme CMMS e standard IFC

Belfiori Alessia

Nella finestra che viene visualizzata basta selezionare la voce “Nuovo File di Modello” e a destra bisogna compilare tutti i campi: “Immobile”, “Progetto” e “Nome Modello Bim” vengono compilati già in modo automatico, mentre gli altri campi bisogna completarli manualmente (Figura 53).

Nel campo riguardante la disciplina sono inserite già tre voci: architettonico, impianti e strutturale. Ma visto che, in questo caso, la bolletta energetica è un documento, è stata creata una nuova voce, ovvero “Gestione documentale”. Nel system, invece, bisogna ad andare ad inserire il tipo di sistema a cui ci si sta riferendo, mentre la Zona/Livello, serve per capire a che piano si trova il modello che verrà importato. Nel caso di modelli 3D, che quindi non si riferiscono ad un piano in particolare, si mette per convenzione “Livello 0”.

L’ultimo campo che va compilato è “File IFC da associare al Modello Bim”: qui basta selezionare il file IFC che era stato creato da Python in merito alla bolletta di energia elettrica. Poi si fa “Salva Struttura” e poi “Carica”.

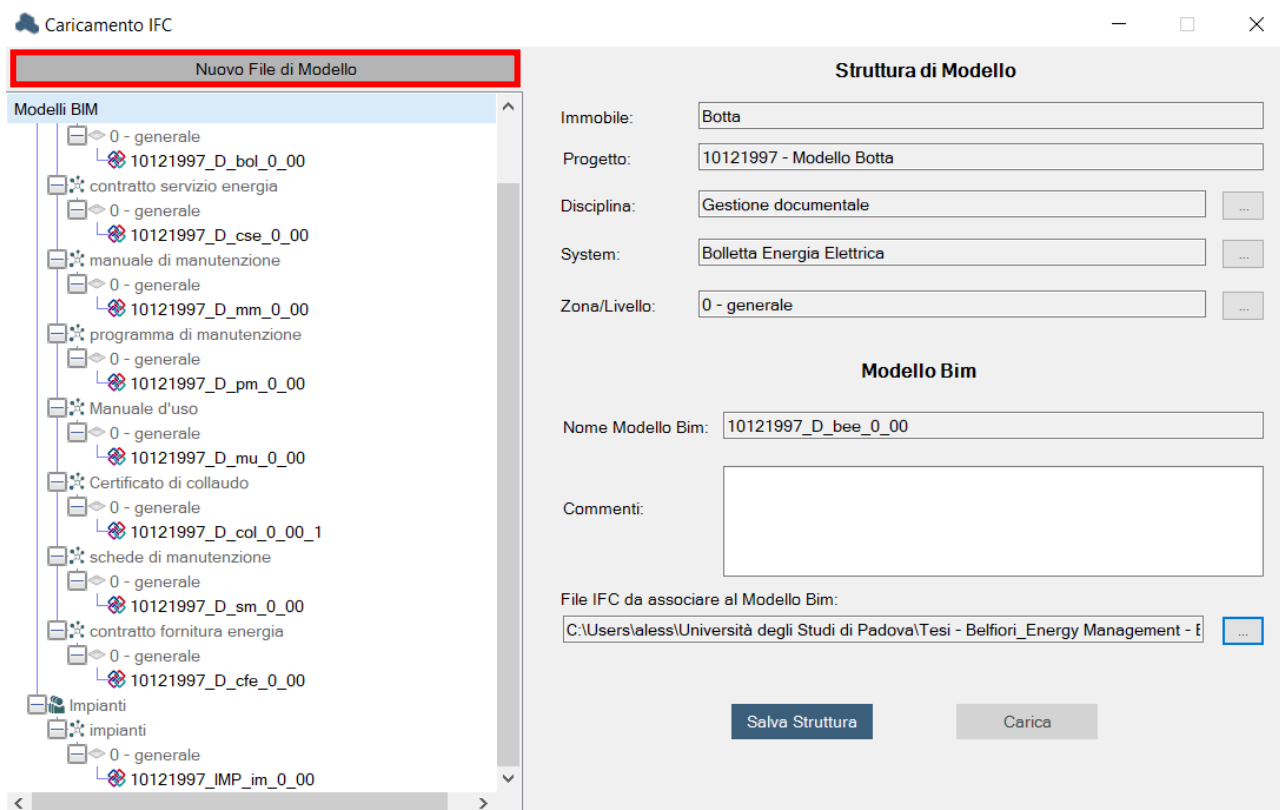


Figura 53 Caricamento file IFC su Geoweb. (Immagine dell'autore)

A questo punto il file è stato caricato all’interno della piattaforma Geoweb, quindi è possibile chiudere il plugin e tornare alla versione web. Se si riapre la sezione “Progetti Bim”, basta cliccare a sinistra della voce “Modello Botta”, sopra all’icona (Figura 54) e da qui è possibile visualizzare tutti

Proposta di una metodologia e applicazione ad un caso studio

i file IFC che sono stati caricati all'interno del modello.

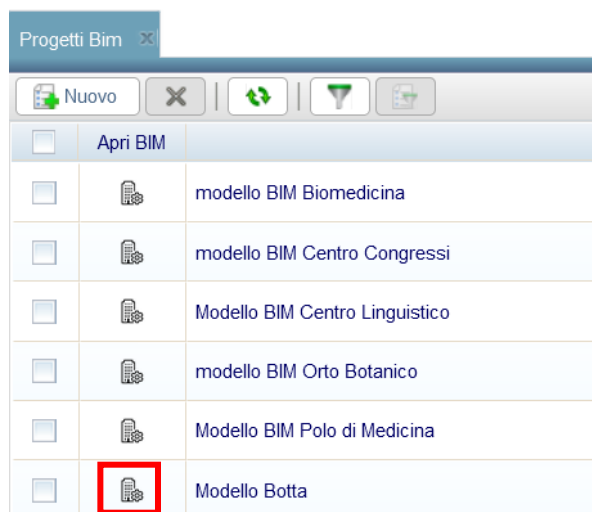


Figura 54 Progetti Bim di Geoweb. (Immagine dell'autore)

Infine, si seleziona la casella con il file IFC contenente il quadro informativo della bolletta di energia elettrica e nel riquadro centrale appare la porzione di tubatura del sistema elettrico. Si può notare (nel riquadro di destra), che l'unica categoria visualizzata in modo corretto, è solo quella relativa all' IfcBuildingElement, mentre tutte le altre non riescono ad essere visualizzate (Figura 55).

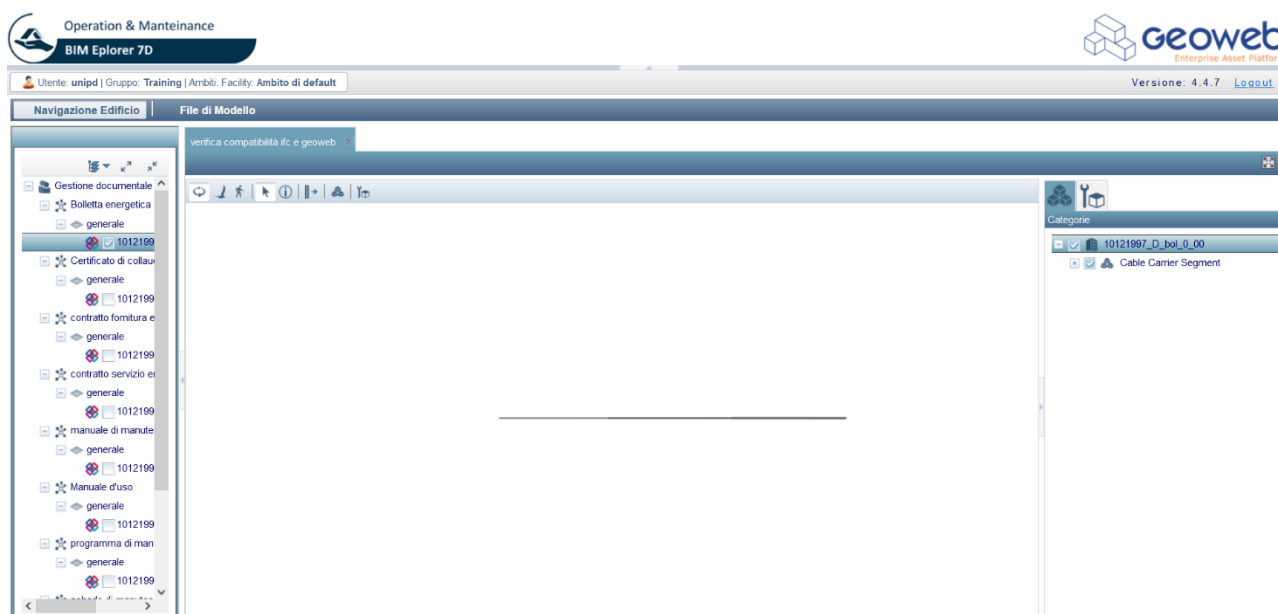


Figura 55 Visualizzazione file IFC su Geoweb. (Immagine dell'autore)

BIM based Energy management: piattaforme CMMS e standard IFC
Belfiori Alessia

Capitolo Quarto

ANALISI CRITICA DEI RISULTATI

1 ANALISI CRITICA DEI RISULTATI

La fase di sperimentazione illustrata nel precedente capitolo si poneva due obiettivi principali:

- Implementare l'archiviazione dati tramite il datamodel IFC e verificare che lo standard riuscisse a gestire la disciplina dell'energy management in modo corretto, senza riscontrate lacune nelle classi e negli attributi;
- Verificare che la struttura dati realizzata in IFC tramite Archicad e completata con l'uso di Ifcopenshell, riuscisse ad essere letta anche dalla piattaforma Geoweb.

1.1 Mappatura delle classi

Lo standard IFC riesce a gestire in modo abbastanza completo la referenziazione delle classi; tutte le informazioni sono state indirizzate verso una classe, anche se in alcuni casi si è dovuto procedere con delle forzature nelle definizioni semantiche delle entità.

Infatti, è stato analizzato in termini percentuali, in che modo i requisiti informativi delle classi IFC, siano riuscite a trovare una loro corretta collocazione all'interno del datamodel; guardando la Figura 56, si può notare che del 100% dei requisiti informativi presenti all'interno dei documenti che gli energy manager devono gestire, il 97% ha trovato una corretta collocazione all'interno delle classi esistenti, mentre il restante 3% è stato referenziato da classi che non corrispondono alla precisa definizione semantica, ma i cui attributi riescono a referenziare in modo corretto i dati.

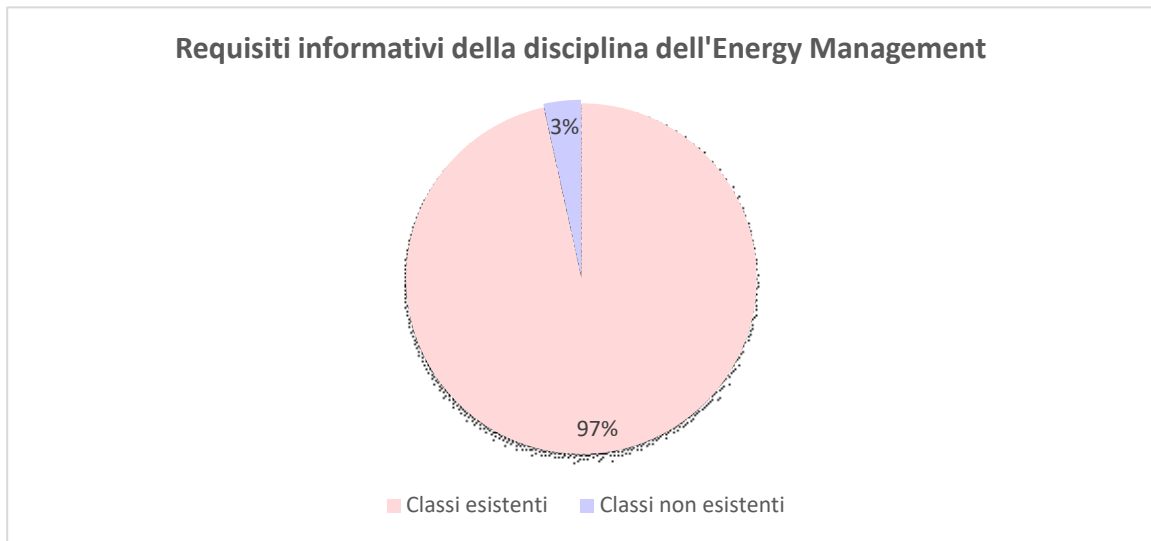


Figura 56 Percentuale di requisiti informativi che riescono ad essere indirizzati verso una classe IFC. (Immagine dell'autore)

1.1.1 Referenziazione dei Contratti

Nella fase di mappatura non è stato chiaro, fin da subito, dove poter indicare a che tipologia di contratto ci si stesse riferendo. Infatti, le informazioni generali del documento sono state riportate nella classe *IfcDocumentInformation*, ma è risultato necessario individuare un'entità in cui si potesse indicare il tipo di contratto.

L'unica classe che tratta le tipologie di documenti cartacei, si trova sotto ad *IfcControl*, ovvero *IfcPermit*; essa permette di andare a referenziare i permessi che servono per svolgere un qualsiasi lavoro di costruzione. Infatti, se si va all'interno del sito di buildingSMART, tra i suoi attributi si trova *PredefinedType*, che fornisce tre definizioni di enumerazione:

- **ACCESSO:** Consente l'accesso a un'area identificata;
- **COSTRUZIONE:** Consente di procedere con i lavori ottenendo tutte le autorizzazioni normative;
- **OPERA:** Consente di eseguire lavori in un'area identificata.

Questo tipo di classe, pertanto, tratta solo ed esclusivamente dei permessi necessari alla fase di costruzione, ma nel presente lavoro di tesi è stata comunque utilizzata per andare ad indicare le tipologie di contratto che gli energy manager devono gestire, in quanto è stata la classe che si avvicinava di più alla definizione semantica.

1.1.2 Referenziazione dei costi e quantità

Per quanto riguarda la gestione dei costi, delle quantità consumate e degli intervalli di tempo in cui sono stati calcolati gli importi, tipologia di dati che si possono consultare nelle varie bollette

energetiche, non esiste una vera e propria classe che riesca a referenziare contemporaneamente tutte queste informazioni.

Nella fase di ricerca, però, ne è stata individuata una che riuscirebbe a contenere al suo interno tutti questi dati, ma la definizione riportata da BuildingSMART, si allontana troppo da ciò che si stava cercando di classificare: si tratta di *IfcConstructionResource*.

Andando nel sito ufficiale e cercando la sua definizione, essa viene definita come “una generalizzazione astratta delle diverse risorse utilizzate nei progetti di costruzione, principalmente risorse di manodopera, materiali, attrezzature e prodotti, oltre a risorse e aggregazioni subappaltate come una risorsa di equipaggio. Una risorsa rappresenta "l'uso di qualcosa" e non corrisponde necessariamente a un singolo elemento come una persona o un veicolo, ma rappresenta un pool di elementi con disponibilità limitata come manodopera generica o una serie di macchinari” (BuildingSMART).

Poi se si passa alla definizione degli attributi la classe presenta:

- *IfcResourceTime*: in cui sarebbe stato possibile indicare l'intervallo di tempo in cui era stato calcolato l'importo imputato in bolletta;
- *IfcAppliedValue*: in cui si sarebbe indicato il costo unitario della fornitura energetica;
- *IfcPhysicalQuantity*: dove si sarebbe potuto riportare la quantità consumata della fornitura energetica.

Ma visto che in questo caso non ci si sta riferendo a delle risorse di costruzione, si è deciso di seguire un percorso diverso, per questo motivo sono state utilizzate tre entità diverse collegate tra di loro mediante relazioni:

- *IfcWorkControl*, per inserire le date di inizio e di fine consumo fornitura;
- *IfcCostItem*, è stato utilizzato per due tipologie di dati; i costi totali andando a compilare solo l'attributo *IfcCostValue*, mentre per i costi unitari si è compilato anche l'attributo *IfcPhysicalQuantity*.
- *IfcElementQuantity*, sottoclasse di *IfcPropertyDefinition*, per indicare la quantità consumata.

1.1.2.1 Modalità di pagamento

Altra tipologia di dato che non ha trovato una sua corretta posizione all'interno del datamodel IFC è la modalità con cui vengono effettuati i pagamenti, come ad esempio tramite bonifico, pagamento in contanti, giroconto bancario, assegno, ecc. Infatti, tra gli attributi di *IfcCostItem*, non esiste una voce specifica in cui si può inserire questo dato, infatti lo standard

potrebbe aggiungere un *IfcLabel* o un *PredefinedType*, in cui poter scrivere questa tipologia di informazione; nel presente caso studio, per colmare questa lacuna, si è deciso di riportarlo all'interno dell'attributo *Description*.

1.2 Scrittura delle classi in IFC

I maggiori software di modellazione 3D come Revit e Archicad non permettono di mappare tutte le classi presenti nello standard IFC direttamente dai modelli che sono stati generati: Archicad, rispetto a Revit, consente almeno la classificazione dei System, ma molte altre classi, in particolare le relazioni, non riescono ad essere classificati al loro interno.

Questa è stata una delle prime problematiche riscontrate: infatti, per superare questa barriera è stato necessario scrivere le classi mancanti su Python tramite le librerie di IfcOpenshell, le quali permettono di creare tutte le entità desiderate, basta che siano presenti all'interno dello standard.

Inizialmente per la classificazione erano stati presi i modelli completi del Botta, creando delle relazioni tra gli *IfcDistributionSystem* e ogni singolo componente che facesse parte degli impianti, generando in questo modo dei file molto pesanti: il problema principale è sorto importando questi file all'interno del convalidatore di testo FZKViewr. Infatti, il programma si arrestava da solo ogni qualvolta si cercasse di importare i file IFC per la visualizzazione delle classi realizzate; per questo motivo si è deciso di fare una semplificazione dei modelli tenendo in considerazione un unico elemento per ogni *IfcDistributionSystem*. In questo modo, è stato possibile visualizzare tutte le classi e verificare che tutti i dati e informazioni inseriti all'interno degli attributi delle classi venissero correttamente visualizzate.

1.1.1 Ripetitività degli schemi

In fase di sperimentazione sono stati individuati alcuni schemi di dati che si ripetevano, come le bollette e i contratti riguardanti le tre diverse tipologie di utenza, ovvero: elettricità, gas e acqua.

Per questo motivo in fase di scrittura dei codici si è deciso di prendere in considerazione un'unica tipologia di utenza, che potesse essere considerata come esempio di riferimento per tutte le altre.

Nel caso della bolletta, si è preso come esempio l'energia elettrica, in quanto a differenza dell'utenza acqua e gas, ha tre diversi tipi di costi unitari in base alla fascia oraria in cui viene consumata la fornitura, facendo risultare il codice più lungo e articolato.

Mentre per il contratto di servizio energia, si è preso come riferimento la gestione dell'utenza riguardante l'energia termica, in modo da riportare il caso reale dell'ateneo di Padova, visto che il SIRAM si occupa solo ed esclusivamente della fornitura del gas.

1.2.1 Importazione file IFC in Geoweb

Una volta aver verificato la correttezza di quanto scritto attraverso le librerie di IfcOpenshell, la seconda parte di sperimentazione prevedeva di verificare se le classi venissero correttamente visualizzate dalla piattaforma di gestione Geoweb.

Il test condotto ha presentato una lacuna in fase di visualizzazione delle classi, infatti le uniche che sono state elaborate correttamente erano quelle relative agli elementi di distribuzione, ovvero gli oggetti fisici, mentre le entità più astratte come *IfcActor*, *IfcCostItem*, *IfcProcess*, *IfcSystem*, ecc. non comparivano all'interno della schermata. Pertanto, non è vero questa piattaforma CMMS garantisce la massima interoperabilità con lo standard IFC a differenza di quanto dichiarato nel loro sito ufficiale. Per raggiungere tale obiettivo, dovranno ancora investire tempo e denaro sull'implementazione della loro piattaforma in modo da riuscire ad integrare tutto lo schema IFC all'interno del loro software.

BIM based Energy management: piattaforme CMMS e standard IFC
Belfiori Alessia

Capitolo Quinto

CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Lo scopo di questo lavoro è stato quello di apprendere come si svolge la pratica dell'energy management, individuando quali sono le informazioni e documenti che ruotano attorno a questa disciplina, inserendole all'interno di un database digitale, in modo da non perderle durante tutta la fase di O&M dell'opera.

È stato studiato come il BIM possa essere utilizzato per la gestione energetica, raccogliendo tutte le informazioni rilevanti dell'edificio, per fornire un supporto dati per la gestione delle fasi di funzionamento e manutenzione, integrandolo anche con le piattaforme CAFM e CMMS, per avere un supporto informativo più completo. Dopodiché, è stata fatta una panoramica di come funziona il mercato dell'energia a livello nazionale e di quella che è la situazione delicata attuale a livello politico-economico. Infatti, è stata studiata come la guerra tra Russia e Ucraina abbia influito sull'approvvigionamento delle risorse energetiche a livello Europeo, ma anche di come l'emergenza sanitaria, dovuta dalla pandemia da Covid, abbia influito sulla domanda e offerta. Questo è servito per fare alcune considerazioni su come gli Energy Manager dell'Università di Padova dovrebbero prendere in considerazione tutti questi fattori, per attuare delle strategie di efficientamento energetico, per giungere ad una riduzione sia a livello economico, ma anche a livello di salvaguardia ambientale.

In fase di ricerca iniziale, si è notata una carenza in letteratura per quanto concerne l'utilizzo del BIM da parte degli energy manager ed è emerso che in molti casi, documenti ed informazioni essenziali in fase di gestione vanno persi nel corso degli anni. Infatti, questi possono essere disponibili in vari formati da pdf, a word, piuttosto che cartacei, quindi tutti questi dati, anche se sono collegati tra di loro, sono contenuti in parte di archivi diversi e a volte è difficile ricordare quale sia la loro localizzazione precisa. Inoltre, durante tutto il ciclo di vita dell'edificio, intervengono vari professionisti, dagli ingegneri e architetti, agli addetti alla manutenzione e collaudatori. Ogni soggetto, crea nuovi documenti e spesso questi non vengono condivisi tra di loro, pertanto più maestranze potrebbero redigere più volte lo stesso tipo di documento.

Per superare il problema di interoperabilità appena presentato, si è pensato di utilizzare il formato IFC in modo da oltrepassare queste barriere, in quanto permette di raccogliere tutte le informazioni in un unico database e le varie maestranze possono scambiarsi liberamente i dati, senza il pericolo di perderli. Questo, è dovuto al fatto che lo standard IFC è compatibile con i

maggiori software di progettazione e gestione, permettendo ad ogni soggetto che partecipa al ciclo di vita dell'opera di utilizzare liberamente i propri software e formati, per la realizzazione di progetti e documenti, ma che alla fine possano essere visualizzati anche dagli altri, mediante altri programmi compatibili con il formato IFC.

Durante la fase di sperimentazione è emerso che i software di progettazione come Revit e Archicad, non riescono a referenziare tutte le tipologie di classi presenti nello standard: per cercare di superare queste lacune, si è dovuto integrare i file IFC esportati da Archicad, con dei codici scritti mediante le librerie di IfcOpenshell. Però questa metodologia, può essere applicata solo a livello di ricerca, ma difficilmente può essere utilizzata durante lo svolgimento della professione, in quanto risulterebbe un processo troppo lungo e laborioso. Per questo motivo sarebbe utile che i programmatori di Revit e Archicad, nelle prossime versioni che implementeranno dei loro programmi, cercassero di integrare tutto lo standard completo, incluse le varie relazioni che intercorrono tra le classi. In questo modo gli Energy Manager potrebbero usare lo standard IFC per la gestione di tutte le informazioni e documenti, che ruotano attorno alla pratica di gestione energetica degli edifici.

Altro punto è la mancanza di alcune classi all'interno dello standard sulla gestione energetica: infatti si è concentrato principalmente nell'individuazione di classi per la fase di Project Management, piuttosto che in quella di Facility Management, inducendo a compiere alcune forzature nel significato semantico delle classi. Nella ricerca futura, sarebbe utile, se gli sviluppatori di BuildingSMART, ponessero una maggiore attenzione ai dati che bisogna referenziare in fase di gestione delle strutture, integrando lo standard con delle nuove classi, come quella dei contratti.

Infine, l'interoperabilità di Geoweb con lo standard IFC deve essere maggiormente implementata: infatti, nel sito ufficiale di Geoweb era stato dichiarato che la piattaforma è in grado di leggere tutte le classi generate da BuildingSMART, ma è stato appurato che questo non è corretto. In fase di sperimentazione, di tutti i codici IFC che sono stati scritti su Python, le uniche classi che sono state lette dal software sono state quelle relative ai *Distribution Element*, mentre tutte le altre non sono riuscite ad essere elaborate, inclusi i *System*. Fino a quando la piattaforma di gestione Geoweb non riuscirà ad essere implementata con tutte le classi presenti nel datamodel IFC, non risulterà uno strumento adeguato all'archiviazione dei dati della disciplina dell'energy management e più in generale dell'intero mondo del facility management.

1 APPENDICE 1 – MAPPATURA SCHEMA IFC DELLA DISCIPLINA DELL'ENERGY MANAGEMENT

Nell'appendice 1 vengono individuate le varie classi del datamodel IFC utilizzate per la classificazione dei vari componenti del modello dell'edificio e dei documenti che gli energy manager devono gestire.

BIM based Energy management: piattaforme CMMS e standard IFC
Belfiori Alessia

1.1 Relazione tra i sistemi

Oggetto	Entità	Attributo	Rilevanza	Tipo	Descrizione
Utenza elettrica	IfcSystem	Name	x	IfcLabel	Nome del sistema
Utenza elettrica	IfcSystem	IsGroupedBy	x	IfcRelAssignToGroup	Relazione tra il sistema e gli oggetti
Contatore energia elettrica	IfcFlowMeter	Label	x	IfcIdentifier	Identificazione del prodotto
Contatore energia elettrica	IfcFlowMeter	PredefinedType	x	IfcFlowMeterTypeEnum	Tipologia "contatore elettrico"
Contatore energia elettrica	IfcFlowMeter	ReferencedBy	x	IfcRelAssignToProduct	Relazione tra il prodotto e gli oggetti
Quadro elettrico	IfcElectricDistributionBoard	Tag	x	IfcIdentifier	Identificazione del prodotto
Quadro elettrico	IfcElectricDistributionBoard	PredefinedType	x	IfcElectricDistributionBoardTypeEnum	Tipologia "scheda di distribuzione"
Quadro elettrico	IfcElectricDistributionBoard	ReferencedBy	x	IfcRelAssignToProduct	Relazionare tra il prodotto e gli oggetti
Sistema di illuminazione	IfcDistributionSystem	LongName	x	IfcLabel	Nome del sistema
Sistema di illuminazione	IfcDistributionSystem	PredefinedType	x	IfcDistributionSystemTypeEnum	Tipologia "illuminazione"
Sistema di illuminazione	IfcDistributionSystem	IsGroupedBy	x	IfcRelAssignToGroup	Relazionare il gruppo ad IfcLamp e a IfcElectricDistributionBoard
Corpo illuminante	IfcLamp	ObjectType	x	IfcLabel	Nome corpo illuminante
Corpo illuminante	IfcLamp	PredefinedType	x	IfcLampTypeEnum	Tipologia di corpo illuminante
Corpo illuminante	IfcLamp	ReferencedBy	x	IfcRelAssignToProduct	Relazione tra il prodotto e IfcDistributionSystem
Sistema elettrico	IfcDistributionSystem	LongName	x	IfcLabel	Nome del sistema
Sistema elettrico	IfcDistributionSystem	PredefinedType	x	IfcDistributionSystemTypeEnum	Selezionare la voce "elettrico"
Sistema elettrico	IfcDistributionSystem	IsGroupedBy	x	IfcRelAssignToGroup	Relazionare il gruppo e gli oggetti
Utenza del gas	IfcSystem	Name	x	IfcLabel	Nome del sistema
Utenza del gas	IfcSystem	IsGroupedBy	x	IfcRelAssignToGroup	Relazione tra il sistema e l'oggetto
Contatore gas	IfcFlowMeter	Label	x	IfcIdentifier	Identificazione dell'oggetto
Contatore gas	IfcFlowMeter	PredefinedType	x	IfcFlowMeterTypeEnum	Selezionare voce "contatore elettrico"
Contatore gas	IfcFlowMeter	ReferencedBy	x	IfcRelAssignToProduct	Relazione tra il prodotto e l'oggetto
Caldaia	IfcBoiler	Tag	x	IfcIdentifier	Identificazione del prodotto
Caldaia	IfcBoiler	PredefinedType	x	IfcBoilerTypeEnum	Selezionare la voce "acqua"
Caldaia	IfcBoiler	ReferencedBy	x	IfcRelAssignToProduct	Relaziona il prodotto e gli oggetti
Sistema di riscaldamento	IfcDistributionSystem	LongName	x	IfcLabel	Nome del sistema
Sistema di riscaldamento	IfcDistributionSystem	PredefinedType	x	IfcDistributionSystemTypeEnum	Selezionare la voce "riscaldamento"
Sistema di riscaldamento	IfcDistributionSystem	IsGroupedBy	x	IfcRelAssignToGroup	Relazionare il gruppo al prodotto
Terminale di riscaldamento	IfcSpaceHeater	Tag	x	IfcIdentifier	Identificazione del prodotto
Terminale di riscaldamento	IfcSpaceHeater	PredefinedType	x	IfcSpaceHeaterTypeEnum	Tipo di funzionale di riscaldamento "termosifone"
Terminale di riscaldamento	IfcSpaceHeater	ReferencedBy	x	IfcRelAssignToProduct	Relaziona il prodotto e gli oggetti
Sistema acqua calda sanitaria	IfcDistributionSystem	LongName	x	IfcLabel	Nome del sistema
Sistema acqua calda sanitaria	IfcDistributionSystem	PredefinedType	x	IfcDistributionSystemTypeEnum	Selezionare la voce "acqua domestica"
Sistema acqua calda sanitaria	IfcDistributionSystem	IsGroupedBy	x	IfcRelAssignToGroup	Relazionare il gruppo e gli oggetti
Terminale sanitario	IfcSanitaryTerminal	Tag	x	IfcIdentifier	Numero di serie della caldaia
Terminale sanitario	IfcSanitaryTerminal	PredefinedType	x	IfcSanitaryTerminalTypeEnum	Tipologie di terminali sanitari
Terminale sanitario	IfcSanitaryTerminal	ReferencedBy	x	IfcRelAssignToProduct	Relaziona il prodotto ad IfcDistributionSystem
Utenza dell'acqua	IfcSystem	Name	x	IfcLabel	Inserisco nome "utenza acqua"
Utenza dell'acqua	IfcSystem	IsGroupedBy	x	IfcRelAssignToGroup	Relazione tra il sistema al prodotto IfcFlowMeter
Contatore acqua	IfcFlowMeter	Label	x	IfcIdentifier	Numero di serie del contatore
Contatore acqua	IfcFlowMeter	PredefinedType	x	IfcFlowMeterTypeEnum	Selezionare voce "contatore dell'acqua"
Contatore acqua	IfcFlowMeter	ReferencedBy	x	IfcRelAssignToProduct	Relazione tra il prodotto e IfcFlowMeter e IfcSystem
Sistema acqua fredda sanitaria	IfcDistributionSystem	LongName	x	IfcLabel	Nome del sistema
Sistema acqua fredda sanitaria	IfcDistributionSystem	PredefinedType	x	IfcDistributionSystemTypeEnum	Selezionare la voce "acqua sanitaria"
Sistema acqua fredda sanitaria	IfcDistributionSystem	IsGroupedBy	x	IfcRelAssignToGroup	Relazionare il gruppo e gli oggetti
Terminale sanitario	IfcSanitaryTerminal	Tag	x	IfcIdentifier	Numero di serie della caldaia
Terminale sanitario	IfcSanitaryTerminal	PredefinedType	x	IfcSanitaryTerminalTypeEnum	Tipologie di terminali sanitari

1.2 Bolletta Fornitura Energia Elettrica

Oggetto	Dati presenti nel documento	Entità IFC	Attributo	Rilevanza	Tipo	Descrizione
Dati relativi al documento	Numero fattura	IfcDocumentInformation	Identification	x	IfcIdentifier	Identifica in modo univoco il documento
Dati relativi al documento		IfcDocumentInformation	Name	x	IfcLabel	Nome file
Dati relativi al documento		IfcDocumentInformation	Location	x	IfcURLReference	Posizione del documento
Dati relativi al documento		IfcDocumentInformation	HasDocumentRefernces	x	IfcDocumentReference	I riferimenti sul documento a cui sono associati gli oggetti
Dati relativi al documento		IfcDocumentInformation	DocumentInfoForObjects	x	IfcRelAssociatesDocument	Le informazioni a cui sono associati gli oggetti
Dati sul cliente		IfcOccupant	ActorSelection	x	IfcAcotrSelection	Informazioni sull'attore
Dati sul cliente		IfcOccupant	IsActingOn	x	IfcRelAssignsToActor	Relazione che associa l'attore ad IfcSystem
Dati sul cliente		IfcOccupant	PredefinedType	x	IfcOccupantTypeEnum	Locatario, locatore, inquilino, proprietario, ecc.
Dati sul cliente	Codice cliente	IfcPerson/IfcOrganization	Identification	x	IfcIdentifier	Identificazione persona
Dati sul cliente	Cognome cliente	IfcPerson	FamilyName	x	IfcLabel	Cognome
Dati sul cliente	Nome cliente	IfcPerson	GivenName	x	IfcLabel	Nome
Dati sul cliente	Nome organizzazione	IfcOrganization	Name	x	IfcLabel	Parola che fa riferimento all'organizzazione
Dati sul cliente	Cliente	IfcPerson/IfcOrganization	Roles	x	IfcActorRole	Ruoli svolti dalla persona
Dati sul cliente	Via e CAP	IfcPerson/IfcOrganization	Addresses	x	IfcAddress	Indirizzi postali e di telecomunicazione
Dati sul cliente	"cliente"	IfcActorRole	Role	x	IfcActorRoleTypeEnum	Tipologia di attore
Dati sul fornitore energetico		IfcActor	ActorSelection	x	IfcAcotrSelection	Informazioni sull'attore
Dati sul fornitore energetico		IfcActor	IsActingOn	x	IfcRelAssignsToActor	Relazione che associa l'attore a un oggetto
Dati sul fornitore energetico	Nome fornitore	IfcOrganization	Name	x	IfcLabel	Parola che fa riferimento all'organizzazione
Dati sul fornitore energetico		IfcOrganization	Role	x	IfcActorRole	Ruoli svolti dall'organizzazione (in questo caso fornitore)
Dati sul fornitore energetico	CAP	IfcOrganization	Addresses	x	IfcAddress	Indirizzo postale
Dati sul fornitore energetico	"fornitore"	IfcActorRole	Role	x	IfcActorRoleTypeEnum	Tipologia di attore
Identificazione della fornitura	Energia elettrica	IfcSystem	ObjectType	x	IfcLabel	nome sistema
Identificazione della fornitura		IfcSystem	IsGroupedBy	x	IfcRelAssignToGroup	Relazione tra il gruppo e gli attori, controlli, prodotti, ecc.
Costo in bolletta		IfcCostItem	Identification	x	IfcIdentifier	Designiazione data al controllo
Costo in bolletta		IfcCostItem	Controls	x	IfcRelAssignsToControl	Relazione tra il controllo e IfcSystem
Costo in bolletta		IfcCostItem	PredefinedType	x	IfcCostItemTypeEnum	Elenco delle voci di costo
Costo in bolletta	€ (costo totale)	IfcCostItem	CostValue	x	IfcCostValue	Quantità di denaro
Costo in bolletta	Tipologia di pagamento	IfcCostItem	Description	x	IfcText	Descrizione per lo scambio di informazioni
Intervallo di tempo calcolato l'importo		IfcWorkControl	TypeObject	x	IfcLabel	Nome univoco per la serie temporale
Intervallo di tempo calcolato l'importo	Data inizio consumo fornitura	IfcWorkControl	StartTime	x	IfcDateTime	Data inizio calcolo
Intervallo di tempo calcolato l'importo	Data fine consumo fornitura	IfcWorkControl	EndTime	x	IfcDateTime	Data fine calcolo
Intervallo di tempo calcolato l'importo		IfcWorkControl	Controls	x	IfcRelAssignToControl	Assegna controllo ad IfcSystem
Scadenza pagamento bolletta		IfcWorkControl	TypeObject	x	IfcLabel	Nome univoco per la serie temporale
Scadenza pagamento bolletta	Data scadenza pagamento	IfcWorkControl	EndTime	x	IfcDateTime	Data fine
Scadenza pagamento bolletta		IfcWorkControl	Controls	x	IfcRelAssignToControl	Assegna controllo ad IfcSystem
Consumo fornitura		IfcElementQuantity	Name	x	IfcLabel	Nome quantità consumata
Consumo fornitura		IfcElementQuantity	Quantities	x	IfcPhysicalQuantity	Insiemi di quantità
Consumo fornitura		IfcElementQuantity	DefinesOccurence	x	IfcRelDefinesByProperties	Relazione con IfcObjectDefinition
Consumo fornitura		IfcQuantityCount	Name	x	IfcLabel	Nome della quantità
Consumo fornitura	kWh	IfcQuantityCount	Unit	x	IfcNamedUnit	Unità
Consumo fornitura	Valore quantità misurata	IfcQuantityCount	CountValue	x	IfcCountMeasure	inserisco numero
Localizzazione punto di fornitura	indirizzo postale	IfcBuilding/IfcSite	BuildingAddress	x	IfcPostalAddress	Indirizzo postale
Importo unitario fascia 1/2/3		IfcCostItem	Identification	x	IfcIdentifier	Designiazione data al controllo
Importo unitario fascia 1/2/3		IfcCostItem	Controls	x	IfcRelAssignsToControl	Relazione tra il controllo e IfcSystem
Importo unitario fascia 1/2/3		IfcCostItem	PredefinedType	x	IfcCostItemTypeEnum	Elenco delle voci di costo
Importo unitario fascia 1/2/3	€ (costo unitario)	IfcCostItem	CostValue	x	IfcCostValue	Quantità di denaro
Importo unitario fascia 1/2/3	kWh	IfcCostItem	CostValue	x	IfcPhysicalQuantity	Quantità

1.3 Contratto Fornitura Energia Elettrica

Oggetto	Entità	Dati nel documentamento	Attributo	Rilevanza	Tipo	Descrizione
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation	Codice contratto	Identification	x	IfcIdentifier	Identifica in modo univoco il documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Name	x	IfcLabel	Nome file
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Description	x	IfcText	Descrizione contenuto
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Location	x	IfcURLReference	Posizione del documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		DocumentOwner	x	IfcActorSelcetion	Informazioni sul proprietario del documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation	Data firma del contratto	ValidFrom	x	IfcDate	Data in cui il documento diventa valido
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		HasDocumentRefernces	x	IfcDocumentReference	I riferimenti sul documento a cui sono associati gli oggetti
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		DocumentInfoForObjects	x	IfcRelAssociatesDocument	Le informazioni a cui sono associati gli oggetti
Dati sul cliente	IfcOccupant		ActorSelection	x	IfcAcotrSelection	Informazioni sull'attore
Dati sul cliente	IfcOccupant		IsActingOn	x	IfcRelAssignsToActor	Relazione che associa l'attore ad IfcSystem
Dati sul cliente	IfcOccupant		PredefinedType	x	IfcOccupantTypeEnum	Locatario, locatore, inquilino, proprietario, ecc.
Dati sul cliente	IfcPerson/IfcOrganization		Identification	x	IfcIdentifier	Identificazione persona/organizzazione
Dati sul cliente	IfcPerson	Cognome cliente	FamilyName	x	IfcLabel	Cognome
Dati sul cliente	IfcPerson	Nome cliente	GivenName	x	IfcLabel	Nome
Dati sul cliente	IfcOrganization	Nome organizzazione	Name	x	IfcLabel	Parola che fa riferimento all'organizzazione
Dati sul cliente	IfcPerson/IfcOrganization		Roles	x	IfcActorRole	Ruoli svolti dalla persona
Dati sul cliente	IfcPerson/IfcOrganization	Via e numero telefonico	Addresses	x	IfcAddress	Indirizzi postali e di telecomunicazione
Dati sul cliente	IfcActorRole	"cliente"	Role	x	IfcActorRoleTypeEnum	Tipologia di attore
Dati sul fornitore energetico	IfcActor		ActorSelection	x	IfcAcotrSelection	Informazioni sull'attore (in questo caso è un'organizzazione)
Dati sul fornitore energetico	IfcActor		IsActingOn	x	IfcRelAssignsToActor	Relazione che associa l'attore ad IfcSystem
Dati sul fornitore energetico	IfcOrganization	Fornitore energia elettrica	Name	x	IfcLabel	Parola che fa riferimento all'organizzazione
Dati sul fornitore energetico	IfcOrganization		Role	x	IfcActorRole	Ruoli svolti dall'organizzazione (in questo caso fornitore)
Dati sul fornitore energetico	IfcActorRole	"fornitore"	Role	x	IfcActorRoleTypeEnum	Tipologia di attore
Tipologia di contratto	IfcPermit		Identification	x	IfcIdentifier	Nome identificativo dato ad un controllo
Tipologia di contratto	IfcPermit		Controls	x	IfcRelAssignToControl	Relazione tra il controllo e IfcSystem
Tipologia di contratto	IfcPermit		PredefinedType	x	IfcPermitTypeEnum	Tipo di permesso
Localizzazione punto di fornitura	IfcBuilding/IfcSite		BuildingAddress	x	IfcPostalAddress	Indirizzo postale
Identificazione della fornitura	IfcSystem	Fornitura energia elettrica	Identification	x	IfcIdentifier	Identificazione univoca
Identificazione della fornitura	IfcSystem		IsGroupedBy	x	IfcRelAssignToGroup	Relazione tra il gruppo e gli attori, controlli, prodotti, ecc.
Validità del contratto	IfcWorkControl		TypeObject	x	IfcLabel	Nome univoco per la serie temporale
Validità del contratto	IfcWorkControl	Data firma del contratto	CreationTime	x	IfcDateTime	Data creazione controllo
Validità del contratto	IfcWorkControl	Data inizio contratto	StartTime	x	IfcDateTime	Data inizio calcolo
Validità del contratto	IfcWorkControl	Data fine contratto	EndTime	x	IfcDateTime	Data fine calcolo
Validità del contratto	IfcWorkControl		Controls	x	IfcRelAssignToControl	Assegna controllo ad IfcSystem
Tempi di pagamento	IfcWorkControl		TypeObject	x	IfcLabel	Nome univoco per la serie temporale
Tempi di pagamento	IfcWorkControl	arco di tempo disponibile	Durate	x	IfcDurate	durata programma
Importo unitario fascia 1/2/3	IfcCostItem		Identification	x	IfcIdentifier	Designiazione data al controllo
Importo unitario fascia 1/2/3	IfcCostItem		Description	x	IfcText	Descrizione contenuto
Importo unitario fascia 1/2/3	IfcCostItem		Controls	x	IfcRelAssignsToControl	Relazione tra il controllo e IfcSystem
Importo unitario fascia 1/2/3	IfcCostItem		PredefinedType	x	IfcCostItemTypeEnum	Elenco delle voci di costo
Importo unitario fascia 1/2/3	IfcCostItem	€ (costo unitario)	CostValue	x	IfcCostValue	Quantità di denaro
Importo unitario fascia 1/2/3	IfcCostItem	kWh	CostValue	x	IfcPhysicalQuantity	Quantità

1.4 Contratto Servizio Energia Elettrica

Oggetto	Entità	Dati nel documento	Attributo	Rilevanza	Tipo	Descrizione
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation	Codice contratto	Identification	x	IfcIdentifier	Identifica in modo univoco il documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Name	x	IfcLabel	Nome file
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Description	x	IfcText	Descrizione contenuto
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Location	x	IfcURLReference	Posizione del documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		DocumentOwner	x	IfcActorSelcetion	Informazioni sul proprietario del documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation	Data firma contratto	CreationTime	x	IfcDateTime	Data creazione documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		HasDocumentRefernces	x	IfcDocumentReference	I riferimenti sul documento a cui sono associati gli oggetti
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		DocumentInfoForObjects	x	IfcRelAssociatesDocument	Le informazioni a cui sono associati gli oggetto
Dati sul cliente	IfcActor		ActorSelection	x	IfcAcoctrSelection	Informazioni sull'attore (in questo caso è un'organizzazione)
Dati sul cliente	IfcActor		IsActingOn	x	IfcRelAssignsToActor	Relazione che associa l'attore ad IfcSystem
Dati sul cliente	IfcOccupant		ActorSelection	x	IfcAcoctrSelection	Informazioni sull'attore
Dati sul cliente	IfcOccupant		IsActingOn	x	IfcRelAssignsToActor	Relazione che associa l'attore ad IfcSystem
Dati sul cliente	IfcOccupant		PredefinedType	x	IfcOccupantTypeEnum	Locatario, locatore, inquilino, proprietario, ecc.
Dati sul cliente	IfcPerson/IfcOrganization		Identification	x	IfcIdentifier	Identificazione persona/organizzazione
Dati sul cliente	IfcPerson	Cognome cliente	FamilyName	x	IfcLabel	Cognome
Dati sul cliente	IfcPerson	Nome cliente	GivenName	x	IfcLabel	Nome
Dati sul cliente	IfcOrganization	Nome università	Name	x	IfcLabel	Parola che fa riferimento all'organizzazione
Dati sul cliente	IfcPerson/IfcOrganization		Roles	x	IfcActorRole	Ruoli svolti dalla persona
Dati sul cliente	IfcPerson/IfcOrganization	Via e numero telefonico	Addresses	x	IfcAddress	Indirizzi postali e di telecomunicazione
Dati sul cliente	IfcActorRole	"cliente"	Role	x	IfcActorRoleTypeEnum	Tipologia di attore
Dati sulla ESCO	IfcActor		ActorSelection	x	IfcAcoctrSelection	Informazioni sull'attore (in questo caso è un'organizzazione)
Dati sulla ESCO	IfcActor		IsActingOn	x	IfcRelAssignsToActor	Relazione che associa l'attore ad IfcSystem
Dati sulla ESCO	IfcOrganization	Nome della Esco	Name	x	IfcLabel	Parola che fa riferimento all'organizzazione
Dati sulla ESCO	IfcOrganization		Role	x	IfcActorRole	Ruoli svolti dall'organizzazione (in questo caso fornitore)
Dati sulla ESCO	IfcOrganization	Via e numero telefonico	Addresses	x	IfcAddress	Indirizzi postali e di telecomunicazione di un'organizzazione
Dati sulla ESCO	IfcActorRole	"ESCO"	Role	x	IfcActorRoleTypeEnum	Tipologia di attore
Tipologia di contratto	IfcPermit		Identification	x	IfcIdentifier	Nome identificativo dato ad un controllo
Tipologia di contratto	IfcPermit		Controls	x	IfcRelAssignToControl	Relazione tra il controllo e IfcSystem
Tipologia di contratto	IfcPermit		PredefinedType	x	IfcPermitTypeEnum	Tipo di permesso
Identificazione della fornitura da controllare	IfcSystem	Fornitura energetica elettrica	Identification	x	IfcIdentifier	Identificazione univoca
Identificazione della fornitura da	IfcSystem		IsGroupedBy	x	IfcRelAssignToGroup	Relazione tra il gruppo e gli attori, controlli, prodotti,ecc.
Ubicazione del sistema	IfcBuilding/IfcSite		BuildingAddress	x	IfcPostalAddress	Indirizzo postale
Obbiettivi che la ESCO si pone	IfcTypeProcess		Identification	x	IfcIdentifier	Designiazione identificativa tipo di processo
Obbiettivi che la ESCO si pone	IfcTypeProcess	Elenco obbiettivi	LongDescription	x	IfcText	Lunga descrizione che descrive l'attività in dettaglio
Obbiettivi che la ESCO si pone	IfcTypeProcess		OperatesOn	x	IfcRelAssignsToProcess	Insieme di relazioni tra le istruzioni e gli oggetti
Scadenze temporali obbiettivi	IfcWorkControl	Arco temporale per raggiungere obbiettivi	Duration	x	IfcDuration	Durata totale programma di lavoro
Scadenze temporali obbiettivi	IfcWorkControl	Entrata in vigore contratto	StartTime	x	IfcDateTime	Ora inizio programma
Scadenze temporali obbiettivi	IfcWorkControl	Scadenza contratto	FinishTime	x	IfcDateTime	Ora fine programma
Retribuzione percepita dalla ESCO	IfcCostItem		Identification	x	IfcIdentifier	Designiazione data al controllo
Retribuzione percepita dalla ESCO	IfcCostItem		Description	x	IfcText	Descrizione contenuto
Retribuzione percepita dalla ESCO	IfcCostItem		Controls	x	IfcRelAssignsToControl	Relazione tra il controllo e IfcSystem
Retribuzione percepita dalla ESCO	IfcCostItem		PredefinedType	x	IfcCostItemTypeEnum	Elenco delle voci di costo

1.5 Bolletta Fornitura Acqua

Oggetto	Dati presenti nel documento	Entità IFC	Attributo	Rilevanza	Tipo	Descrizione
Dati relativi al documento	Numero fattura	IfcDocumentInformation	Identification	x	IfcIdentifier	Identifica in modo univoco il documento
Dati relativi al documento		IfcDocumentInformation	Name	x	IfcLabel	Nome file
Dati relativi al documento		IfcDocumentInformation	Location	x	IfcURLReference	Posizione del documento
Dati relativi al documento		IfcDocumentInformation	DocumentOwner	x	IfcActorSelcetion	Informazioni sulla persona proprietaria del documento
Dati relativi al documento		IfcDocumentInformation	HasDocumentRefernces	x	IfcDocumentReference	I riferimenti sul documento a cui sono associati gli oggetti
Dati relativi al documento		IfcDocumentInformation	DocumentInfoForObjects	x	IfcRelAssociatesDocument	Le informazioni a cui sono associati gli oggetti
Dati sul cliente		IfcOccupant	IsActingOn	x	IfcRelAssignsToActor	Relazione che associa l'attore ad IfcSystem
Dati sul cliente		IfcOccupant	PredefinedType	x	IfcOccupantTypeEnum	Locatario, locatore, inquilino, proprietario, ecc.
Dati sul cliente	Codice cliente	IfcPerson/IfcOrganization	Identification	x	IfcIdentifier	Identificazione persona
Dati sul cliente	Cognome cliente	IfcPerson	FamilyName	x	IfcLabel	Cognome
Dati sul cliente	Nome cliente	IfcPerson	GivenName	x	IfcLabel	Nome
Dati sul cliente	Nome organizzazione	IfcOrganization	Name	x	IfcLabel	Parola che fa riferimento all'organizzazione
Dati sul cliente	Cliente	IfcPerson/IfcOrganization	Roles	x	IfcActorRole	Ruoli svolti dalla persona
Dati sul cliente	Via e CAP	IfcPerson/IfcOrganization	Addresses	x	IfcAddress	Indirizzi postali e di telecomunicazione
Dati sul cliente	"cliente"	IfcActorRole	Role	x	IfcActorRoleTypeEnum	Tipologia di attore
Dati sul fornitore energetico		IfcActor	ActorSelection	x	IfcAcootrSelection	Informazioni sull'attore (in questo caso è un'organizzazione)
Dati sul fornitore energetico		IfcActor	IsActingOn	x	IfcRelAssignsToActor	Relazione che associa l'attore a un oggetto
Dati sul fornitore energetico	Nome della società	IfcOrganization	Name	x	IfcLabel	Parola che fa riferimento all'organizzazione
Dati sul fornitore energetico		IfcOrganization	Role	x	IfcActorRole	Ruoli svolti dall'organizzazione (in questo caso fornitore)
Dati sul fornitore energetico	CAP	IfcOrganization	Addresses	x	IfcAddress	Indirizzo postale
Dati sul fornitore energetico	"fornitore"	IfcActorRole	Role	x	IfcActorRoleTypeEnum	Tipologia di attore
Identificazione della fornitura	Acqua	IfcSystem	ObjectType	x	IfcLabel	nome sistema
Identificazione della fornitura		IfcSystem	IsGroupedBy	x	IfcRelAssignToGroup	Relazione tra il gruppo e gli attori, controlli, prodotti, ecc.
Costo in bolletta		IfcCostItem	Identification	x	IfcIdentifier	Designiazione data al controllo
Costo in bolletta		IfcCostItem	Controls	x	IfcRelAssignsToControl	Relazione tra il controllo e IfcSystem
Costo in bolletta		IfcCostItem	PredefinedType	x	IfcCostItemTypeEnum	Elenco delle voci di costo
Costo in bolletta	€ (costo totale)	IfcCostItem	CostValue	x	IfcCostValue	Quantità di denaro
Costo in bolletta	Tipologia di pagamento	IfcCostItem	Description	x	IfcText	Descrizione per lo scambio di informazioni
Intervallo di tempo calcolo importo		IfcWorkControl	TypeObject	x	IfcLabel	Nome univoco per la serie temporale
Intervallo di tempo calcolo importo	Data inizio consumo fornitura	IfcWorkControl	StartTime	x	IfcDateTime	Data inizio calcolo
Intervallo di tempo calcolo importo	Data fine consumo fornitura	IfcWorkControl	EndTime	x	IfcDateTime	Data fine calcolo
Intervallo di tempo calcolo importo		IfcWorkControl	Controls	x	IfcRelAssignToControl	Assegna controllo ad IfcSystem
Scadenza pagamento bolletta		IfcWorkControl	TypeObject	x	IfcLabel	Nome univoco per la serie temporale
Scadenza pagamento bolletta	Data scadenza pagamento	IfcWorkControl	EndTime	x	IfcDateTime	Data fine
Scadenza pagamento bolletta		IfcWorkControl	Controls	x	IfcRelAssignToControl	Assegna controllo ad IfcSystem
Consumo fornitura		IfcElementQuantity	Name	x	IfcLabel	Nome quantità consumata
Consumo fornitura		IfcElementQuantity	Quantities	x	IfcPhysicalQuantity	Insiemi di quantità
Consumo fornitura		IfcElementQuantity	DefinesOccurence	x	fcRelDefinesByProperties	Relazione con IfcObjectDefinition
Consumo fornitura		IfcQuantityCount	Name	x	IfcLabel	Nome della quantità
Consumo fornitura	mc	IfcQuantityCount	Unit	x	IfcNamedUnit	Unità
Consumo fornitura	Valore quantità misurata	IfcQuantityCount	CountValue	x	IfcCountMeasure	inserisco numero
Localizzazione punto di fornitura	indirizzo postale	IfcBuilding/IfcSite	BuildingAddress	x	IfcPostalAddress	Indirizzo postale
Importo unitario		IfcCostItem	Identification	x	IfcIdentifier	Designiazione data al controllo
Importo unitario		IfcCostItem	Controls	x	IfcRelAssignsToControl	Relazione tra il controllo e IfcSystem
Importo unitario		IfcCostItem	PredefinedType	x	IfcCostItemTypeEnum	Elenco delle voci di costo
Importo unitario	€ (costo unitario)	IfcCostItem	CostValue	x	IfcCostValue	Quantità di denaro
Importo unitario	mc	IfcCostItem	CostValue	x	IfcPhysicalQuantity	Quantità

1.6 Bolletta Fornitura Acqua

Oggetto	Entità	Dati nel documento	Attributo	Rilevanza	Tipo	Descrizione
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation	Codice contratto	Identification	x	IfcIdentifier	Identifica in modo univoco il documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Name	x	IfcLabel	Nome file
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Description	x	IfcText	Descrizione contenuto
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Location	x	IfcURLReference	Posizione del documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		DocumentOwner	x	IfcActorSelction	Informazioni sulla persona proprietaria del documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation	Data firma del contratto	ValidFrom	x	IfcDate	Data in cui il documento diventa valido
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		HasDocumentRefernces	x	IfcDocumentReference	I riferimenti sul documento a cui sono associati gli oggetti
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		DocumentInfoForObjects	x	IfcRelAssociatesDocument	Le informazioni a cui sono associati gli oggetti
Dati sul cliente	IfcOccupant		ActorSelection	x	IfcAcotrSelection	Informazioni sull'attore
Dati sul cliente	IfcOccupant		IsActingOn	x	IfcRelAssignsToActor	Relazione che associa l'attore ad IfcSystem
Dati sul cliente	IfcOccupant		PredefinedType	x	IfcOccupantTypeEnum	Locatario, locatore, inquilino, proprietario, ecc.
Dati sul cliente	IfcPerson/IfcOrganization		Identification	x	IfcIdentifier	Identificazione persona/organizzazione
Dati sul cliente	IfcPerson	Cognome cliente	FamilyName	x	IfcLabel	Cognome
Dati sul cliente	IfcPerson	Nome cliente	GivenName	x	IfcLabel	Nome
Dati sul cliente	IfcOrganization	Nome organizzazione	Name	x	IfcLabel	Parola che fa riferimento all'organizzazione
Dati sul cliente	IfcPerson/IfcOrganization		Roles	x	IfcActorRole	Ruoli svolti dalla persona
Dati sul cliente	IfcPerson/IfcOrganization	Via e numero telefonico	Addresses	x	IfcAddress	Indirizzi postali e di telecomunicazione
Dati sul cliente	IfcActorRole	"cliente"	Role	x	IfcActorRoleTypeEnum	Tipologia di attore
Dati sul fornitore energetico	IfcActor		ActorSelection	x	IfcAcotrSelection	Informazioni sull'attore (in questo caso è un'organizzazione)
Dati sul fornitore energetico	IfcActor		IsActingOn	x	IfcRelAssignsToActor	Relazione che associa l'attore ad IfcSystem
Dati sul fornitore energetico	IfcOrganization	Nome fornitore acqua	Name	x	IfcLabel	Parola che fa riferimento all'organizzazione
Dati sul fornitore energetico	IfcOrganization		Role	x	IfcActorRole	Ruoli svolti dall'organizzazione (in questo caso fornitore)
Dati sul fornitore energetico	IfcActorRole	"fornitore"	Role	x	IfcActorRoleTypeEnum	Tipologia di attore
Tipologia di contratto	IfcPermit		Identification	x	IfcIdentifier	Nome identificativo dato ad un controllo
Tipologia di contratto	IfcPermit		Controls	x	IfcRelAssignToControl	Relazione tra il controllo e IfcSystem
Tipologia di contratto	IfcPermit		PredefinedType	x	IfcPermitTypeEnum	Tipo di permesso
Localizzazione punto di fornitura	IfcBuilding/IfcSite		BuildingAddress	x	IfcPostalAddress	Indirizzo postale
Identificazione della fornitura	IfcSystem	Fornitura acqua	Identification	x	IfcIdentifier	Identificazione univoca
Identificazione della fornitura	IfcSystem		IsGroupedBy	x	IfcRelAssignToGroup	Relazione tra il gruppo e gli attori, controlli, prodotti, ecc.
Validità del contratto	IfcWorkControl		TypeObject	x	IfcLabel	Nome univoco per la serie temporale
Validità del contratto	IfcWorkControl	Data firma del contratto	CreationTime	x	IfcDateTime	Data creazione controllo
Validità del contratto	IfcWorkControl	Data inizio contratto	StartTime	x	IfcDateTime	Data inizio calcolo
Validità del contratto	IfcWorkControl	Data fine contratto	EndTime	x	IfcDateTime	Data fine calcolo
Validità del contratto	IfcWorkControl		Controls	x	IfcRelAssignToControl	Assegna controllo ad IfcSystem
Tempi di pagamento	IfcWorkControl		TypeObject	x	IfcLabel	Nome univoco per la serie temporale
Tempi di pagamento	IfcWorkControl	arco di tempo disponibile	Durate	x	IfcDurate	durata programma
Importo unitario	IfcCostItem		Identification	x	IfcIdentifier	Designazione data al controllo
Importo unitario	IfcCostItem		Description	x	IfcText	Descrizione contenuto
Importo unitario	IfcCostItem		Controls	x	IfcRelAssignsToControl	Relazione tra il controllo e IfcSystem
Importo unitario	IfcCostItem		PredefinedType	x	IfcCostItemTypeEnum	Elenco delle voci di costo
Importo unitario	IfcCostItem	€ (costo unitario)	CostValue	x	IfcCostValue	Quantità di denaro
Importo unitario	IfcCostItem	mc	CostValue	x	IfcPhysicalQuantity	Quantità

1.7 Contratto Servizio Acqua

Oggetto	Entità	Dati nel documento	Attributo	Rilevanza	Tipo	Descrizione
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation	Codice contratto	Identification	x	IfcIdentifier	Identifica in modo univoco il documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Name	x	IfcLabel	Nome file
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Description	x	IfcText	Descrizione contenuto
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Location	x	IfcURLReference	Posizione del documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		DocumentOwner	x	IfcActorSelction	Informazioni sulla persona proprietaria del documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation	Data firma contratto	CreationTime	x	IfcDateTime	Data creazione documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		HasDocumentRefernces	x	IfcDocumentReference	I riferimenti sul documento a cui sono associati gli oggetti
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		DocumentInfoForObjects	x	IfcRelAssociatesDocument	Le informazioni a cui sono associati gli oggetti
Dati sul cliente	IfcActor		ActorSelection	x	IfcAcotrSelection	Informazioni sull'attore
Dati sul cliente	IfcActor		IsActingOn	x	IfcRelAssignsToActor	Relazione che associa l'attore ad IfcSystem
Dati sul cliente	IfcOccupant		ActorSelection	x	IfcAcotrSelection	Informazioni sull'attore
Dati sul cliente	IfcOccupant		IsActingOn	x	IfcRelAssignsToActor	Relazione che associa l'attore ad IfcSystem
Dati sul cliente	IfcOccupant		PredefinedType	x	IfcOccupantTypeEnum	Locatario, locatore, inquilino, proprietario, ecc.
Dati sul cliente	IfcPerson/IfcOrganization		Identification	x	IfcIdentifier	Identificazione persona/organizzazione
Dati sul cliente	IfcPerson	Cognome cliente	FamilyName	x	IfcLabel	Cognome
Dati sul cliente	IfcPerson	Nome cliente	GivenName	x	IfcLabel	Nome
Dati sul cliente	IfcOrganization	Nome organizzazione	Name	x	IfcLabel	Parola che fa riferimento all'organizzazione
Dati sul cliente	IfcPerson/IfcOrganization		Roles	x	IfcActorRole	Ruoli svolti dalla persona
Dati sul cliente	IfcPerson/IfcOrganization	Via e numero telefonico	Addresses	x	IfcAddress	Indirizzi postali e di telecomunicazione
Dati sul cliente	IfcActorRole	"cliente"	Role	x	IfcActorRoleTypeEnum	Tipologia di attore
Dati sulla ESCO	IfcActor		ActorSelection	x	IfcAcotrSelection	Informazioni sull'attore
Dati sulla ESCO	IfcActor		IsActingOn	x	IfcRelAssignsToActor	Relazione che associa l'attore ad IfcSystem
Dati sulla ESCO	IfcOrganization	Nome della Esco	Name	x	IfcLabel	Parola che fa riferimento all'organizzazione
Dati sulla ESCO	IfcOrganization		Role	x	IfcActorRole	Ruoli svolti dall'organizzazione
Dati sulla ESCO	IfcOrganization	Via e numero telefonico	Addresses	x	IfcAddress	Indirizzi postali e di telecomunicazione
Dati sulla ESCO	IfcActorRole	"ESCO"	Role	x	IfcActorRoleTypeEnum	Tipologia di attore
Tipologia di contratto	IfcPermit		Identification	x	IfcIdentifier	Nome identificativo dato ad un controllo
Tipologia di contratto	IfcPermit		Controls	x	IfcRelAssignToControl	Relazione tra il controllo e IfcSystem
Tipologia di contratto	IfcPermit		PredefinedType	x	IfcPermitTypeEnum	Tipo di permesso
Identificazione della fornitura	IfcSystem	Fornitura acqua	Identification	x	IfcIdentifier	Identificazione univoca
Identificazione della fornitura	IfcSystem		IsGroupedBy	x	IfcRelAssignToGroup	Relazione tra il gruppo e gli attori, controlli,ecc.
Ubicazione del sistema	IfcBuilding/IfcSite		BuildingAddress	x	IfcPostalAddress	Indirizzo postale
Obbiettivi che la ESCO si pone	IfcTypeProcess		Identification	x	IfcIdentifier	Designazione identificativa tipo di processo
Obbiettivi che la ESCO si pone	IfcTypeProcess	Elenco obbiettivi	LongDescription	x	IfcText	Lunga descrizione che descrive l'attività in dettaglio
Obbiettivi che la ESCO si pone	IfcTypeProcess		OperatesOn	x	IfcRelAssignsToProcess	Insieme di relazioni tra le istruzioni e gli oggetti
Scadenze temporali	IfcWorkControl		Duration	x	IfcDuration	Durata totale programma di lavoro
Scadenze temporali	IfcWorkControl	Entrata in vigore	StartTime	x	IfcDateTime	Ora inizio programma
Scadenze temporali	IfcWorkControl	Scadenza contratto	FinishTime	x	IfcDateTime	Ora fine programma
Retribuzione percepita dalla ESCO	IfcCostItem		Identification	x	IfcIdentifier	Designazione data al controllo
Retribuzione percepita dalla ESCO	IfcCostItem		Description	x	IfcText	Descrizione contenuto
Retribuzione percepita dalla ESCO	IfcCostItem		Controls	x	IfcRelAssignsToControl	Relazione tra il controllo e IfcSystem
Retribuzione percepita dalla ESCO	IfcCostItem		PredefinedType	x	IfcCostItemTypeEnum	Elenco delle voci di costo

1.8 Bolletta Fornitura Energia Termica

Oggetto	Dati presenti nel document	Entità IFC	Attributo	Rilevanza	Tipo	Descrizione
Dati relativi al documento	Numero fattura	IfcDocumentInformation	Identification	x	IfcIdentifier	Identifica in modo univoco il documento
Dati relativi al documento		IfcDocumentInformation	Name	x	IfcLabel	Nome file
Dati relativi al documento		IfcDocumentInformation	Location	x	IfcURLReference	Posizione del documento
Dati relativi al documento		IfcDocumentInformation	ReceiveTime	x	IfcDateTime	Data ricezione bolletta
Dati relativi al documento		IfcDocumentInformation	DocumentInfoForObjects	x	IfcRelAssociatesDocument	Le informazioni a cui sono associati gli oggetti
Dati sul cliente		IfcOccupant	ActorSelection	x	IfcAcotrSelection	Informazioni sull'attore
Dati sul cliente		IfcOccupant	IsActingOn	x	IfcRelAssignsToActor	Relazione che associa l'attore ad IfcSystem
Dati sul cliente		IfcOccupant	PredefinedType	x	IfcOccupantTypeEnum	Locatario, locatore, inquilino, proprietario, ecc.
Dati sul cliente	Codice cliente	IfcPerson/IfcOrganization	Identification	x	IfcIdentifier	Identificazione persona
Dati sul cliente	Cognome cliente	IfcPerson	FamilyName	x	IfcLabel	Cognome
Dati sul cliente	Nome cliente	IfcPerson	GivenName	x	IfcLabel	Nome
Dati sul cliente	Nome organizzazione	IfcOrganization	Name	x	IfcLabel	Parola che fa riferimento all'organizzazione
Dati sul cliente	Cliente	IfcPerson/IfcOrganization	Roles	x	IfcActorRole	Ruoli svolti dalla persona
Dati sul cliente	Via e CAP	IfcPerson/IfcOrganization	Addresses	x	IfcAddress	Indirizzi postali e di telecomunicazione
Dati sul cliente	"cliente"	IfcActorRole	Role	x	IfcActorRoleTypeEnum	Tipologia di attore
Dati sul cliente	Codice Pod	IfcPerson/IfcOrganization	Description	x	IfcText	Testo che mette in relazione la natura dell'organizzazione
Dati sul fornitore energetico		IfcActor	ActorSelection	x	IfcAcotrSelection	Informazioni sull'attore (in questo caso è un'organizzazione)
Dati sul fornitore energetico		IfcActor	IsActingOn	x	IfcRelAssignsToActor	Relazione che associa l'attore a un oggetto
Dati sul fornitore energetico	Nome della società di fornita	IfcOrganization	Name	x	IfcLabel	Parola che fa riferimento all'organizzazione
Dati sul fornitore energetico		IfcOrganization	Role	x	IfcActorRole	Ruoli svolti dall'organizzazione (in questo caso fornitore)
Dati sul fornitore energetico	CAP	IfcOrganization	Addresses	x	IfcAddress	Indirizzo postale
Dati sul fornitore energetico	"fornitore"	IfcActorRole	Role	x	IfcActorRoleTypeEnum	Tipologia di attore
Identificazione della fornitura	Gas	IfcSystem	ObjectType	x	IfcLabel	nome sistema
Identificazione della fornitura		IfcSystem	IsGroupedBy	x	IfcRelAssignToGroup	Relazione tra il gruppo e gli attori, controlli, prodotti, ecc.
Costo in bolletta		IfcCostItem	Identification	x	IfcIdentifier	Designazione data al controllo
Costo in bolletta		IfcCostItem	Controls	x	IfcRelAssignsToControl	Relazione tra il controllo e IfcSystem
Costo in bolletta		IfcCostItem	PredefinedType	x	IfcCostItemTypeEnum	Elenco delle voci di costo
Costo in bolletta	€ (costo totale)	IfcCostItem	CostValue	x	IfcCostValue	Quantità di denaro
Costo in bolletta	Tipologia di pagamento	IfcCostItem	Description	x	IfcText	Descrizione per lo scambio di informazioni
Intervallo calcolo importo		IfcWorkControl	TypeObject	x	IfcLabel	Nome univoco per la serie temporale
Intervallo calcolo importo	Data inizio consumo	IfcWorkControl	StartTime	x	IfcDateTime	Data inizio calcolo
Intervallo calcolo importo	Data fine consumo	IfcWorkControl	EndTime	x	IfcDateTime	Data fine calcolo
Intervallo calcolo importo		IfcWorkControl	Controls	x	IfcRelAssignToControl	Assegna controllo ad IfcSystem
Scadenza pagamento bolletta	Data scadenza pagamento	IfcWorkControl	EndTime	x	IfcDateTime	Data fine
Scadenza pagamento bolletta		IfcWorkControl	Controls	x	IfcRelAssignToControl	Assegna controllo ad IfcSystem
Consumo fornitura		IfcElementQuantity	Name	x	IfcLabel	Nome quantità consumata
Consumo fornitura		IfcElementQuantity	Quantities	x	IfcPhysicalQuantity	Insiemi di quantità
Consumo fornitura		IfcElementQuantity	DefinesOccurence	x	IfcRelDefinesByProperties	Relazione con IfcObjectDefinition
Consumo fornitura		IfcQuantityCount	Name	x	IfcLabel	Nome della quantità
Consumo fornitura	Smc	IfcQuantityCount	Unit	x	IfcNamedUnit	Unità
Consumo fornitura	Valore quantità misurata	IfcQuantityCount	CountValue	x	IfcCountMeasure	inserisco numero
Localizzazione punto di fornitura	indirizzo postale	IfcBuilding/IfcSite	BuildingAddress	x	IfcPostalAddress	Indirizzo postale
Importo unitario		IfcCostItem	Identification	x	IfcIdentifier	Designazione data al controllo
Importo unitario		IfcCostItem	Controls	x	IfcRelAssignsToControl	Relazione tra il controllo e IfcSystem
Importo unitario		IfcCostItem	PredefinedType	x	IfcCostItemTypeEnum	Elenco delle voci di costo
Importo unitario	€ (costo unitario)	IfcCostItem	CostValue	x	IfcCostValue	Quantità di denaro
Importo unitario	Smc	IfcCostItem	CostValue	x	IfcPhysicalQuantity	Quantità

1.9 Contratto Fornitura Energia Termica

Oggetto	Entità	Dati nel documento	Attributo	Rilevanza	Tipo	Descrizione
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation	Codice contratto	Identification	x	IfcIdentifier	Identifica in modo univoco il documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Name	x	IfcLabel	Nome file
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Description	x	IfcText	Descrizione contenuto
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Location	x	IfcURLReference	Posizione del documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		DocumentOwner	x	IfcActorSelction	Informazioni sulla persona proprietaria del documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation	Data firma del contratto	ValidFrom	x	IfcDate	Data in cui il documento diventa valido
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		HasDocumentRefernces	x	IfcDocumentReference	I riferimenti sul documento a cui sono associati gli oggetti
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		DocumentInfoForObjects	x	IfcRelAssociatesDocument	Le informazioni a cui sono associati gli oggetti
Dati sul cliente	IfcOccupant		ActorSelection	x	IfcAcotrSelection	Informazioni sull'attore
Dati sul cliente	IfcOccupant		IsActingOn	x	IfcRelAssignsToActor	Relazione che associa l'attore ad IfcSystem
Dati sul cliente	IfcOccupant		PredefinedType	x	IfcOccupantTypeEnum	Locatario, locatore, inquilino, proprietario, ecc.
Dati sul cliente	IfcPerson/IfcOrganization		Identification	x	IfcIdentifier	Identificazione persona/organizzazione
Dati sul cliente	IfcPerson	Cognome cliente	FamilyName	x	IfcLabel	Cognome
Dati sul cliente	IfcPerson	Nome cliente	GivenName	x	IfcLabel	Nome
Dati sul cliente	IfcOrganization	Nome organizzazione	Name	x	IfcLabel	Parola che fa riferimento all'organizzazione
Dati sul cliente	IfcPerson/IfcOrganization		Roles	x	IfcActorRole	Ruoli svolti dalla persona
Dati sul cliente	IfcPerson/IfcOrganization	Via e numero telefonico	Addresses	x	IfcAddress	Indirizzi postali e di telecomunicazione
Dati sul cliente	IfcActorRole	"cliente"	Role	x	IfcActorRoleTypeEnum	Tipologia di attore
Dati sul fornitore energetico	IfcActor		ActorSelection	x	IfcAcotrSelection	Informazioni sull'attore
Dati sul fornitore energetico	IfcActor		IsActingOn	x	IfcRelAssignsToActor	Relazione che associa l'attore ad IfcSystem
Dati sul fornitore energetico	IfcOrganization	Nome fornitore gas	Name	x	IfcLabel	Parola che fa riferimento all'organizzazione
Dati sul fornitore energetico	IfcOrganization		Role	x	IfcActorRole	Ruoli svolti dall'organizzazione (in questo caso fornitore)
Dati sul fornitore energetico	IfcActorRole	"fornitore"	Role	x	IfcActorRoleTypeEnum	Tipologia di attore
Tipologia di contratto	IfcPermit		Identification	x	IfcIdentifier	Nome identificativo dato ad un controllo
Tipologia di contratto	IfcPermit		Controls	x	IfcRelAssignToControl	Relazione tra il controllo e IfcSystem
Tipologia di contratto	IfcPermit		PredefinedType	x	IfcPermitTypeEnum	Tipo di permesso
Localizzazione punto di fornitura	IfcBuilding/IfcSite		BuildingAddress	x	IfcPostalAddress	Indirizzo postale
Identificazione della fornitura	IfcSystem	Fornitura gas	Identification	x	IfcIdentifier	Identificazione univoca
Identificazione della fornitura	IfcSystem		IsGroupedBy	x	IfcRelAssignToGroup	Relazione tra il gruppo e gli attori, controlli, prodotti, ecc.
Validità del contratto	IfcWorkControl		TypeObject	x	IfcLabel	Nome univoco per la serie temporale
Validità del contratto	IfcWorkControl	Data firma del contratto	CreationTime	x	IfcDateTime	Data creazione controllo
Validità del contratto	IfcWorkControl	Data inizio contratto	StartTime	x	IfcDateTime	Data inizio calcolo
Validità del contratto	IfcWorkControl	Data fine contratto	EndTime	x	IfcDateTime	Data fine calcolo
Validità del contratto	IfcWorkControl		Controls	x	IfcRelAssignToControl	Assegna controllo ad IfcSystem
Tempi di pagamento	IfcWorkControl		TypeObject	x	IfcLabel	Nome univoco per la serie temporale
Tempi di pagamento	IfcWorkControl		Durate	x	IfcDurate	durata programma
Importo unitario	IfcCostItem		Identification	x	IfcIdentifier	Designiazione data al controllo
Importo unitario	IfcCostItem		Description	x	IfcText	Descrizione contenuto
Importo unitario	IfcCostItem		Controls	x	IfcRelAssignsToControl	Relazione tra il controllo e IfcSystem
Importo unitario	IfcCostItem		PredefinedType	x	IfcCostItemTypeEnum	Elenco delle voci di costo
Importo unitario	IfcCostItem	€ (costo unitario)	CostValue	x	IfcCostValue	Quantità di denaro
Importo unitario	IfcCostItem	Smc	CostValue	x	IfcPhysicalQuantity	Quantità

1.10 Contratto Servizio Energia Termica

Oggetto	Entità	Dati nel documento	Attributo	Rilevanza	Tipo	Descrizione
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation	Codice contratto	Identification	x	IfcIdentifier	Identifica in modo univoco il documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Name	x	IfcLabel	Nome file
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Description	x	IfcText	Descrizione contenuto
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Location	x	IfcURLReference	Posizione del documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		DocumentOwner	x	IfcActorSelcetion	Informazioni sulla persona proprietaria del documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation	Data firma contratto	CreationTime	x	IfcDateTime	Data creazione documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		HasDocumentRefernces	x	IfcDocumentReference	I riferimenti sul documento a cui sono associati gli oggetti
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		DocumentInfoForObjects	x	IfcRelAssociatesDocument	Le informazioni a cui sono associati gli oggetti
Dati sul cliente	IfcActor		ActorSelection	x	IfcAcotrSelection	Informazioni sull'attore (in questo caso è un'organizzazione)
Dati sul cliente	IfcActor		IsActingOn	x	IfcRelAssignsToActor	Relazione che associa l'attore ad IfcSystem
Dati sul cliente	IfcOccupant		ActorSelection	x	IfcAcotrSelection	Informazioni sull'attore
Dati sul cliente	IfcOccupant		IsActingOn	x	IfcRelAssignsToActor	Relazione che associa l'attore ad IfcSystem
Dati sul cliente	IfcOccupant		PredefinedType	x	IfcOccupantTypeEnum	Locatario, locatore, inquilino, proprietario, ecc.
Dati sul cliente	IfcPerson/IfcOrganization		Identification	x	IfcIdentifier	Identificazione persona/organizzazione
Dati sul cliente	IfcPerson	Cognome cliente	FamilyName	x	IfcLabel	Cognome
Dati sul cliente	IfcPerson	Nome cliente	GivenName	x	IfcLabel	Nome
Dati sul cliente	IfcOrganization	Nome organizzazione	Name	x	IfcLabel	Parola che fa riferimento all'organizzazione
Dati sul cliente	IfcPerson/IfcOrganization		Roles	x	IfcActorRole	Ruoli svolti dalla persona
Dati sul cliente	IfcPerson/IfcOrganization	Recapiti	Addresses	x	IfcAddress	Indirizzi postali e di telecomunicazione
Dati sul cliente	IfcActorRole	"cliente"	Role	x	IfcActorRoleTypeEnum	Tipologia di attore
Dati sulla ESCO	IfcActor		ActorSelection	x	IfcAcotrSelection	Informazioni sull'attore
Dati sulla ESCO	IfcActor		IsActingOn	x	IfcRelAssignsToActor	Relazione che associa l'attore ad IfcSystem
Dati sulla ESCO	IfcOrganization	Nome della Esco	Name	x	IfcLabel	Parola che fa riferimento all'organizzazione
Dati sulla ESCO	IfcOrganization		Role	x	IfcActorRole	Ruoli svolti dall'organizzazione (in questo caso fornitore)
Dati sulla ESCO	IfcOrganization	Recapiti	Addresses	x	IfcAddress	Indirizzi postali e di telecomunicazione di un'organizzazione
Dati sulla ESCO	IfcActorRole	"ESCO"	Role	x	IfcActorRoleTypeEnum	Tipologia di attore
Tipologia di contratto	IfcPermit		Identification	x	IfcIdentifier	Nome identificativo dato ad un controllo
Tipologia di contratto	IfcPermit		Controls	x	IfcRelAssignToControl	Relazione tra il controllo e IfcSystem
Tipologia di contratto	IfcPermit		PredefinedType	x	IfcPermitTypeEnum	Tipo di permesso
Identificazione della fornitura	IfcSystem	Fornitura gas	Identification	x	IfcIdentifier	Identificazione univoca
Identificazione della fornitura	IfcSystem		IsGroupedBy	x	IfcRelAssignToGroup	Relazione tra il gruppo e gli attori, controlli, prodotti, ecc.
Ubicazione del sistema	IfcBuilding/IfcSite		BuildingAddress	x	IfcPostalAddress	Indirizzo postale
Obbiettivi che la ESCO si pone	IfcTypeProcess		Identification	x	IfcIdentifier	Designazione identificativa tipo di processo
Obbiettivi che la ESCO si pone	IfcTypeProcess	Elenco obbiettivi	LongDescription	x	IfcText	Lunga descrizione che descrive l'attività in dettaglio
Obbiettivi che la ESCO si pone	IfcTypeProcess		OperatesOn	x	IfcRelAssignsToProcess	Insieme di relazioni tra le istruzioni e gli oggetti
Scadenze temporali	IfcWorkControl		Duration	x	IfcDuration	Durata totale programma di lavoro
Scadenze temporali	IfcWorkControl	Entrata in vigore	StartTime	x	IfcDateTime	Ora inizio programma
Scadenze temporali	IfcWorkControl	Scadenza contratto	FinishTime	x	IfcDateTime	Ora fine programma
Retribuzione percepita dalla ESCO	IfcCostItem		Identification	x	IfcIdentifier	Designazione data al controllo
Retribuzione percepita dalla ESCO	IfcCostItem		Description	x	IfcText	Descrizione contenuto
Retribuzione percepita dalla ESCO	IfcCostItem		Controls	x	IfcRelAssignsToControl	Relazione tra il controllo e IfcSystem
Retribuzione percepita dalla ESCO	IfcCostItem		PredefinedType	x	IfcCostItemTypeEnum	Elenco delle voci di costo

1.11 Manuale d'Uso

Oggetto	Entità	Dati nel documento	Attributo	Rilevanza	Tipo	Descrizione
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation	Codice modello	Identification	x	IfcIdentifier	Identifica in modo univoco il documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Name	x	IfcLabel	Nome file
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Description	x	IfcText	Descrizione contenuto
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Location	x	IfcURLReference	Posizione del documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation	Proprietario impianto	DocumentOwner	x	IfcActorSelcetion	Informazioni sul proprietario del documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation	Ditta installatrice	Editors	x	IfcActorSelcetion	Persone o organizzazioni che hanno creato il documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		HasDocumentRefernces	x	IfcDocumentReference	I riferimenti sul documento a cui sono associati gli oggetti
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		DocumentInfoForObjects	x	IfcRelAssociatesDocument	Le informazioni a cui sono associati gli oggetti
Identificazione ditta dell'impianto	IfcActor		ActorSelection	x	IfcAcotrSelection	Informazioni sull'attore
Identificazione ditta dell'impianto	IfcActor		IsActingOn	x	IfcRelAssignsToActor	Relazione che associa l'attore a un oggetto
Identificazione ditta dell'impianto	IfcOrganization	Nome ditta installatrice	Name	x	IfcLabel	Parola che fa riferimento all'organizzazione
Identificazione ditta dell'impianto	IfcOrganization		Description	x	IfcText	Testo che mette in relazione la natura dell'organizzazione
Identificazione ditta dell'impianto	IfcOrganization		Roles	x	IfcActorRole	Ruoli svolti dall'organizzazione
Identificazione ditta dell'impianto	IfcOrganization	Via e recapito telefonico	Addresses	x	IfcAddress	Indirizzi postali e di telecomunicazione di un'organizzazione
Identificazione ditta dell'impianto	IfcActorRole	"produttore"	Role	x	IfcActorRoleTypeEnum	Tipologia di attore
Rappresentazione grafica impianto	IfcDocumentInformation		Identification	x	IfcIdentifier	Identifica in modo univoco il documento
Rappresentazione grafica impianto	IfcDocumentInformation		Name	x	IfcLabel	Nome file
Rappresentazione grafica impianto	IfcDocumentInformation		Description	x	IfcText	Descrizione contenuto
Rappresentazione grafica impianto	IfcDocumentInformation		Location	x	IfcURLReference	Posizione del documento
Rappresentazione grafica impianto	IfcDocumentInformation		DocumentOwner	x	IfcActorSelcetion	Informazioni sul proprietario del documento
Rappresentazione grafica impianto	IfcDocumentInformation		HasDocumentRefernces	x	IfcDocumentReference	I riferimenti sul documento a cui sono associati gli oggetti
Rappresentazione grafica impianto	IfcDocumentInformation		DocumentInfoForObjects	x	IfcRelAssociatesDocument	Le informazioni a cui sono associati gli oggetti
Identificazione dell'impianto	IfcDistributionSystem		ObjectType	x	IfcLabel	nome sistema
Identificazione dell'impianto	IfcDistributionSystem		IsGroupedBy	x	IfcRelAssignToGroup	Relazione tra il gruppo e gli attori, controlli, prodotti, ecc.
Identificazione dell'impianto	IfcDistributionSystem		PredefinedType	x	IfcDistributionSystemEnum	Tipo di sistema di distribuzione (elettrico, idrico, ecc)
Modalità d'uso corrette dell'impianto	IfcProcedure		Identification	x	IfcIdentifier	Designazione identificativa tipo di processo
Modalità d'uso corrette dell'impianto	IfcProcedure		LongDescription	x	IfcText	Lunga descrizione che descrive l'attività in dettaglio
Modalità d'uso corrette dell'impianto	IfcProcedure		operatesOn	x	IfcRelAssignsToProcess	Insieme di relazioni tra le istruzioni e gli oggetti
Modalità d'uso corrette dell'impianto	IfcProcedure		PredefinedType	x	IfcProcedureTypeEnum	Definizione tipo di procedure (spegnimento, calibrazione, ecc)
Portata dell'impianto	IfcElementQuantity		Name	x	IfcLabel	Nome quantità
Portata dell'impianto	IfcElementQuantity		Quantities	x	IfcPhysicalQuantity	Insiemi di quantità
Portata dell'impianto	IfcElementQuantity		DefinesOccurence	x	fcRelDefinesByProperties	Relazione con IfcObjectDefinition
Portata dell'impianto	IfcQuantityCount		Name	x	IfcLabel	Nome della quantità
Portata dell'impianto	IfcQuantityCount		Unit	x	IfcNamedUnit	Unità
Portata dell'impianto	IfcQuantityCount		CountValue	x	IfcCountMeasure	Numero relativo ala quantità

1.12 Manuale di Manutenzione

Oggetto	Entità	Dati nel documento	Attributo	Rilevanza	Tipo	Descrizione
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation	Codice modello	Identification	x	IfcIdentifier	Identifica in modo univoco il documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Name	x	IfcLabel	Nome file
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Description	x	IfcText	Descrizione contenuto
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Location	x	IfcURLReference	Posizione del documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation	Proprietario impianto	DocumentOwner	x	IfcActorSelcetion	Informazioni sul proprietario del documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation	Ditta installatrice	Editors	x	IfcActorSelcetion	Persone o organizzazioni che hanno creato il documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		HasDocumentRefernces	x	IfcDocumentReference	I riferimenti sul documento a cui sono associati gli oggetti
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		DocumentInfoForObjects	x	IfcRelAssociatesDocument	Le informazioni a cui sono associati gli oggetti
Identificazione dell'azienda installatrice	IfcActor		ActorSelection	x	IfcAcotrSelection	Informazioni sull'attore
Identificazione dell'azienda installatrice	IfcActor		IsActingOn	x	IfcRelAssignsToActor	Relazione che associa l'attore a un oggetto
Identificazione dell'azienda installatrice	IfcOrganization	Nome ditta	Name	x	IfcLabel	Parola che fa riferimento all'organizzazione
Identificazione dell'azienda installatrice	IfcOrganization		Description	x	IfcText	Testo che mette in relazione la natura dell'organizzazione
Identificazione dell'azienda installatrice	IfcOrganization		Roles	x	IfcActorRole	Ruoli svolti dall'organizzazione
Identificazione dell'azienda installatrice	IfcOrganization	Via e recapiti	Addresses	x	IfcAddress	Indirizzi postali e recapiti di un'organizzazione
Identificazione dell'azienda installatrice	IfcActorRole	"produttore"	Role	x	IfcActorRoleTypeEnum	Tipologia di attore
Rappresentazione grafica	IfcDocumentInformation	Codice modello	Identification	x	IfcIdentifier	Identifica in modo univoco il documento
Rappresentazione grafica	IfcDocumentInformation		Name	x	IfcLabel	Nome file
Rappresentazione grafica	IfcDocumentInformation		Description	x	IfcText	Descrizione contenuto
Rappresentazione grafica	IfcDocumentInformation		Location	x	IfcURLReference	Posizione del documento
Rappresentazione grafica	IfcDocumentInformation		DocumentOwner	x	IfcActorSelcetion	Testo che mette in relazione la natura dell'organizzazione
Identificazione dell'impianto	IfcDistributionSystem		ObjectType	x	IfcLabel	nome sistema
Identificazione dell'impianto	IfcDistributionSystem		IsGroupedBy	x	IfcRelAssignToGroup	Relazione tra il gruppo e gli attori, controlli, prodotti,ecc.
Identificazione dell'impianto	IfcDistributionSystem		PredefinedType	x	IfcDistributionSystemEnum	Tipo di sistema di distribuzione (elettrico, idrico, ecc)
anomalie riscontrabili	IfcEvent		Identification	x	IfcIdentifier	Designazione assegnata ad un'anomalia
anomalie riscontrabili	IfcEvent	Descrizione anomalie	LongDescription	x	IfcText	Descrizione del tipo di anomalie che si possono riscontrare
anomalie riscontrabili	IfcEvent		OperatesOn	x	IfcRelAssignsToProcess	Relazioni con altri oggetti
anomalie riscontrabili	IfcEvent		PredefinedType	x	IfcEventTypeEnum	Intervallo di diversi tipi di eventi (startevent, ecc.)
manutenzioni eseguibili dall'utente	IfcTask		Identification	x	IfcIdentifier	Designazione identificativa tipo di processo
manutenzioni eseguibili dall'utente	IfcTask		LongDescription	x	IfcText	Descrizione tipo di processo
manutenzioni eseguibili dall'utente	IfcTask		OperatesOn	x	IfcRelAssignsToProcess	Insieme di relazioni tra le istruzioni e gli oggetti
manutenzioni eseguibili dall'utente	IfcTask		PredefinedType	x	IfcTaskTypeEnum	Identifica diversi tipi di lavorazione (es. manutenzione)
manutenzioni eseguibili dall'utente	IfcTask		WorkMethod	x	IfcLabel	Metodo di lavoro utilizzato nella lavorazione
manutenzioni eseguibili da tecnici	IfcTask		Identification	x	IfcIdentifier	Designazione identificativa tipo di processo
manutenzioni eseguibili da tecnici	IfcTask		LongDescription	x	IfcText	Descrizione tipo di processo
manutenzioni eseguibili da tecnici	IfcTask		OperatesOn	x	IfcRelAssignsToProcess	Insieme di relazioni tra le istruzioni e gli oggetti
manutenzioni eseguibili da tecnici	IfcTask		PredefinedType	x	IfcTaskTypeEnum	Identifica diversi tipi di lavorazione (es. manutenzione)
manutenzioni eseguibili da tecnici	IfcTask		WorkMethod	x	IfcLabel	Metodo di lavoro utilizzato nella lavorazione
manutenzioni eseguibili da tecnici	IfcActorRole		Role	x	IfcRoleEnum	Nome ruolo dell'adetto alla manutenzione
manutenzioni eseguibili da tecnici	IfcActorRole		Description	x	IfcText	Descrizione ruolo svolto dal manutentore
manutenzioni eseguibili da tecnici	IfcActorRole		UserDefinedRole	x	IfcLabel	Specifica del ruolo dell'attore

1.13 Programma di Manutenzione

Oggetto	Entità	Dati nel documento	Attributo	Rilevanza	Tipo	Descrizione
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation	Codice modello	Identification	x	IfcIdentifier	Identifica in modo univoco il documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Name	x	IfcLabel	Nome file
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Description	x	IfcText	Descrizione contenuto
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Location	x	IfcURLReference	Posizione del documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation	Proprietario impianto	DocumentOwner	x	IfcActorSelcetion	Informazioni sul proprietario del documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation	Ditta installatrice	Editors	x	IfcActorSelcetion	Persone o organizzazioni che hanno creato il documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		HasDocumentRefernces	x	IfcDocumentReference	I riferimenti sul documento a cui sono associati gli oggetti
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		DocumentInfoForObjects	x	IfcRelAssociatesDocument	Le informazioni a cui sono associati gli oggetti
Identificazione dell'azienda produttrice	IfcActor		ActorSelection	x	IfcAcotrSelection	Informazioni sull'attore
Identificazione dell'azienda produttrice	IfcActor		IsActingOn	x	IfcRelAssignsToActor	Relazione che associa l'attore a un oggetto
Identificazione dell'azienda produttrice	IfcOrganization	Nome ditta	Name	x	IfcLabel	Parola che fa riferimento all'organizzazione
Identificazione dell'azienda produttrice	IfcOrganization		Description	x	IfcText	Testo che mette in relazione la natura dell'organizzazione
Identificazione dell'azienda produttrice	IfcOrganization		Roles	x	IfcActorRole	Ruoli svolti dall'organizzazione
Identificazione dell'azienda produttrice	IfcOrganization	via e recapiti	Addresses	x	IfcAddress	Indirizzi postali e di telecomunicazione di un'organizzazione
Identificazione dell'azienda produttrice	IfcActorRole	"fornitore"	Role	x	IfcActorRoleTypeEnum	Tipologia di attore
Identificazione dell'impianto	IfcDistributionSystem		ObjectType	x	IfcLabel	nome sistema
Identificazione dell'impianto	IfcDistributionSystem		IsGroupedBy	x	IfcRelAssignToGroup	Relazione tra il gruppo e gli attori, controlli, prodotti, ecc.
Identificazione dell'impianto	IfcDistributionSystem		PredefinedType	x	IfcDistributionSystemEnum	Tipo di sistema di distribuzione (elettrico, idrico, ecc)
Insieme delle attività di manutenzione	IfcTask	Manutenzione	PredefinedType	x	IfcTaskTypeEnum	Viene identificata il tipo di lavorazione
Insieme delle attività di manutenzione	IfcTask		LongDescription	x	IfcText	Descrizione delle attività di manutenzione
Insieme delle attività di manutenzione	IfcTask		State	x	IfcLabel	Stato attuale dell'attività
Insieme delle attività di manutenzione	IfcTask		WorkMethod	x	IfcLabel	Metodo di lavoro utilizzato per svolgere la manutenzione
Ogni quanto devono essere svolti i lavori di manutenzione	IfcTask		TaskTime	x	IfcTaskTime	Informazioni relative al tempo per l'attività
Ogni quanto devono essere svolti i lavori di manutenzione	IfcTaskTimeRecurring		Recurrence	x	IfcRecurrencePattern	Riccorenze ripetitive nel tempo
Ogni quanto devono essere svolti i lavori di manutenzione	IfcRecurrencePattern		PredefinedType	x	IfcRecurrenceTypeEnum	tipo di occorrenza (mensile, annuale, giornaliero, ecc.)
Insieme delle attività di manutenzione	IfcRelAssignsToControl		RelativControl	x	IfcControl	Collega l'attività di lavoro (IfcTask) ad IfcWorkCalendar
Prestazioni minime impianto in un arco di tempo	IfcPerformanceHistory		LifeCyclePhase	x	IfcLabel	Descrive la fase del ciclo di vita dell'edificio applicabile
Prestazioni minime impianto in un arco di tempo	IfcPerformanceHistory		PredefinedType	x	IfcPerformanceHistoryTypeEnum	Identifica scopo principale cronologia delle prestazioni
Prestazioni minime impianto in un arco di tempo	IfcPerformanceHistory		Controls	x	IfcRelAssignToControl	Relazione tra il controllo e gli oggetti
Sensori per verificare livello prestazionale	IfcSensor		Tag	x	IfcLabel	Numero di serie del sensore
Sensori per verificare livello prestazionale	IfcSensor		PredefinedType	x	IfcSensorTypeEnum	Tipologia di sensore
Sensori per verificare livello prestazionale	IfcSensor		ReferencedBy	x	IfcRelAssignToProduct	Relazione del prodotto gli oggetti
Verifiche livello prestazionale (controlli)	IfcProcedure		Identification	x	IfcIdentifier	Nome controllo
Verifiche livello prestazionale (controlli)	IfcProcedure	Descrizione attività	LongDescription	x	IfcText	Descrizione procedura
Verifiche livello prestazionale (controlli)	IfcProcedure		PredefinedType	x	IfcProcedureTypeEnum	Diagnostico
Verifiche livello prestazionale (controlli)	IfcProcedure		OperatedOn	x	IfcRelAssignToProcess	Assegna il processo agli oggetti

1.14 Schede di Manutenzione

Oggetto	Entità	Dati nel documento	Attributo	Rilevanza	Tipo	Descrizione
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation	Numero scheda	Identification	x	IfcIdentifier	Identifica in modo univoco il documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation	Nome scheda	Name	x	IfcLabel	Nome file
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Description	x	IfcText	Descrizione contenuto
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Location	x	IfcURLReference	Posizione del documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		HasDocumentRefernces	x	IfcDocumentReference	I riferimenti sul documento a cui sono associati gli oggetti
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		DocumentInfoForObjects	x	IfcRelAssociatesDocument	Le informazioni a cui sono associati gli oggetti
Identificazione dell'impianto	IfcDistributionSystem		ObjectType	x	IfcLabel	nome sistema
Identificazione dell'impianto	IfcDistributionSystem		IsGroupedBy	x	IfcRelAssignToGroup	Relazione tra il gruppo e gli attori, controlli, prodotti,ecc.
Identificazione dell'impianto	IfcDistributionSystem		PredefinedType	x	IfcDistributionSystemEnum	Tipo di sistema di distribuzione (elettrico, idrico, ecc)
Tipi di lavorazione specificati nelle schede	IfcTask	Manutenzione	PredefinedType	x	IfcTaskTypeEnum	Viene identificata il tipo di lavorazione
Tipi di lavorazione specificati nelle schede	IfcTask		State	x	IfcLabel	Stato attuale dell'attività
Tipi di lavorazione specificati nelle schede	IfcTask		WorkMethod	x	IfcLabel	Metodo di lavoro utilizzato per svolgere la manutenzione
Tipi di lavorazione specificati nelle schede	IfcTask		TaskTime	x	IfcTaskTime	Informazioni relative al tempo per l'attività
Ogni quanto devono essere svolti i lavori di manutenzione	IfcTaskTimeRecurring		Recurrence	x	IfcRecurrencePattern	Riccorenze ripetitive nel tempo
Ogni quanto devono essere svolti i lavori di manutenzione	IfcRecurrencePattern		PredefinedType	x	IfcRecurrenceTypeEnum	tipo di occorenza (mensile, annuale, giornaliero,ecc.)

1.15 Certificati di Collaudo

Oggetto	Entità	Dati nel documento	Attributo	Rilevanza	Tipo	Descrizione
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Identification	x	IfcIdentifier	Identifica in modo univoco il documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Name	x	IfcLabel	Nome file
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Description	x	IfcText	Descrizione contenuto
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Location	x	IfcURLReference	Posizione del documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		DocumentOwner	x	IfcActorSelcetion	Informazioni sul proprietario del documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		HasDocumentRefernces	x	IfcDocumentReference	I riferimenti sul documento a cui sono associati gli oggetti
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		DocumentInfoForObjects	x	IfcRelAssociatesDocument	Le informazioni a cui sono associati gli oggetti
Identificazione della persona che ha firmato il certificato	IfcActor		ActorSelection	x	IfcAcotrSelection	Informazioni sull'attore
Identificazione della persona che ha firmato il certificato	IfcActor		IsActingOn	x	IfcRelAssignsToActor	Relazione che associa l'attore a un oggetto
Identificazione della persona che ha firmato il certificato	IfcPerson	Nome professionista	FamilyName	x	IfcLabel	Cognome
Identificazione della persona che ha firmato il certificato	IfcPerson	Cognome professionista	GivenName	x	IfcLabel	Nome
Identificazione della persona che ha firmato il certificato	IfcPerson	Qualifica professionale	Roles	x	IfcActorRole	Ruoli svolti dalla persona
Identificazione della persona che ha firmato il certificato	IfcPerson	recapiti	Addresses	x	IfcAddress	Indirizzi postali e di telecomunicazione
Identificazione della persona che ha firmato il certificato	IfcActorRole	"collaudatore"	Roles	x	IfcRoleTypeEnum	Mansione che svolge l'attore
Identificazione dell'impianto	IfcDistributionSystem		ObjectType	x	IfcLabel	nome sistema
Identificazione dell'impianto	IfcDistributionSystem		IsGroupedBy	x	IfcRelAssignToGroup	Relazione tra il gruppo e gli attori, controlli, prodotti,ecc.
Identificazione dell'impianto	IfcDistributionSystem		PredefinedType	x	IfcDistributionSystemEnum	Tipo di sistema di distribuzione (elettrico, idrico, ecc)
Identifica l'albo a cui è iscritto il tecnico	IfcOrganization	Tipo di albo	Name	x	IfcLabel	Parola che fa riferimento all'organizzazione
Tipologia di certificato	IfcPermit		Identification	x	IfcIdentifier	Nome identificativo dato ad un controllo
Tipologia di certificato	IfcPermit		Controls	x	IfcRelAssignToControl	Relazione tra il controllo e IfcSystem
Tipologia di certificato	IfcPermit	"certificato"	PredefinedType	x	IfcPermitTypeEnum	Tipo di permesso
Tipi di prove svolte per il collaudo	IfcProcedure		Identification	x	IfcIdentifier	Designiazione identificativa tipo di processo
Tipi di prove svolte per il collaudo	IfcProcedure	Descrizione prove	LongDescription	x	IfcText	Lunga descrizione che descrive l'attività in dettaglio
Tipi di prove svolte per il collaudo	IfcProcedure	"diagnostico"	PredefinedType	x	IfcProcedureTypeEnum	Diversi tipi di procedure
Tipi di prove svolte per il collaudo	IfcProcedure		OperatesOn	x	IfcRelAssignsToProcess	Insieme di relazioni tra i processi e gli oggetti

1.16 Schemi di Impianto

Oggetto	Entità	Dati nel documento	Attributo	Rilevanza	Tipo	Descrizione
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation	Codice impianto	Identification	x	IfcIdentifier	Identifica in modo univoco il documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Name	x	IfcLabel	Nome file
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Description	x	IfcText	Descrizione contenuto
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		Location	x	IfcURLReference	Posizione del documento
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		HasDocumentRefernces	x	IfcDocumentReference	I riferimenti sul documento a cui sono associati gli oggetti
Dati relativi al documento	IfcDocumentInformation		DocumentInfoForObjects	x	IfcRelAssociatesDocument	Le informazioni a cui sono associati gli oggetti
Identificazione dell'impianto	IfcDistributionSystem		ObjectType	x	IfcLabel	nome sistema
Identificazione dell'impianto	IfcDistributionSystem		IsGroupedBy	x	IfcRelAssignToGroup	Relazione tra il gruppo e gli attori, controlli, prodotti, ecc.
Identificazione dell'impianto	IfcDistributionSystem		PredefinedType	x	IfcDistributionSystemEnum	Tipo di sistema di distribuzione (elettrico, idrico, ecc)

2 APPENDICE 2 – CODICI PYTHON CON LE LIBRERIE DI IFCOPENSHELL

2.1 Codice di Relazioni tra i Sistemi

```

1- import ifcopenshell
2- #importo i due file del sistema elettrico
3- ifc = ifcopenshell.open ('C:/Users/aless/Università degli Studi di
   Padova/Tesi - Belfiori_Energy Management - Belfiori_Energy
   Management/General/Sperimentazione/Modelli 2020/sistema_arc.ifc')
4- #utenza elettrica
5- utenza_elettrica = ifc.createIfcSystem (ifcopenshell.guid.new(), Name =
   'utenza elettrica')
6- sistema_elettrico_distrib = ifc.by_id('3DDMj2h2P0ggttAxqM3C_p')
7- sistema_elettrico_ill = ifc.by_id('310WgJd_z01AjxrmYayDtc')
8- dist_sist_heat = ifc.by_id('0dGBfD8ZD1AQcLGHMFBb4i')
9- dist_sist_hotwater= ifc.by_id('13$rNPe6n6qOKxqrU6jPBB')
10-    dist_sist_coldwater = ifc.by_id('26g66EF9T6Ix5Eh6SJ7U1r')
11-    #contatore
12-    contatore_elettrico =
   ifc.createIfcFlowMeter(ifcopenshell.guid.new(), Name = 'quadro elettrico',
   PredefinedType = 'ENERGYMETER')
13-    contatore_elettrico = ifc.by_type('IfcFlowMeter')
14-    #relazione utenza/contatore
15-    rel_utenza_contatore =
   ifc.createIfcRelAssignsToGroup(ifcopenshell.guid.new(), None, 'relazione
   utenza elettrica e contatore', None, contatore_elettrico, None,
   utenza_elettrica)
16-    #quadro elettrico
17-    quadro_elettrico=
   ifc.createIfcElectricDistributionBoard(ifcopenshell.guid.new(),Name
   ='quadro elettrico',PredefinedType= 'DISTRIBUTIONBOARD')
18-    quadro_elettrico= ifc.by_type ('IfcElectricDistributionBoard')
19-    #print(quadro_elettrico)
20-    #relazione quadro/utenza
21-    rel_utenza_quadro =
   ifc.createIfcRelAssignsToGroup(ifcopenshell.guid.new(), None, 'relazione
   utenza elettrica e quadro', None, quadro_elettrico, None, utenza_elettrica)
22-    #print (rel_utenza_contatore)
23-    #relazione quadro_ sistema di distribuzione elettrico
24-    sistema_elettrico_distrib = ifc.by_type('IfcDistributionSystem')
25-    sistema_elettrico_ill = ifc.by_type('IfcDistributionSystem')
26-    rel_distelet_utenza =
   ifc.createIfcRelAssignsToGroup(ifcopenshell.guid.new(), None, 'relazione
   sistema elettrico e utenza', None, sistema_elettrico_distrib, None,
   utenza_elettrica)
27-    rel_distill_utenza =
   ifc.createIfcRelAssignsToGroup(ifcopenshell.guid.new(), None, 'relazione
   sistema di illuminazione e utenza', None, sistema_elettrico_ill, None,
   utenza_elettrica)
28-    #sistema gas
29-    #creo utenza gas

```

Belfiori Alessia

```

30-     utenza_gas = ifc.createIfcSystem (ifcopenshell.guid.new(), Name =
      'utenza gas')
31-     #richiamo contatore
32-     contatore_gas =ifc.createIfcFlowMeter (ifcopenshell.guid.new(), Name
      = 'contatore gas', PredefinedType = 'GASMETER')
33-     contatore_gas = ifc.by_type('IfcFlowMeter')
34-     #creo caldaia
35-     caldaia = ifc.createIfcBoiler (ifcopenshell.guid.new(), Name
      ='caldaia', PredefinedType = 'WATER')
36-     caldaia = ifc.by_type('IfcBoiler')
37-     #relazione caldaia/gas
38-     rel_caldaia_utenzagas = ifc.createIfcRelAssignsToGroup
      (ifcopenshell.guid.new(), None, 'relaz_conatatoregas_caldaia', None,
      caldaia, None, utenza_gas)
39-     #relazione caldaia/contatore
40-     rel_utenzagas_contatore = ifc.createIfcRelAssignsToGroup
      (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione gas_contatore', None,
      contatore_gas, None, utenza_gas)
41-     #creo sistema di distribuzione di riscaldamento
42-     dist_sist_heat= ifc.by_type('IfcDistributionSystem')
43-     dist_sist_hotwater= ifc.by_type('IfcDistributionSystem')
44-     #relazione tra i sistemi e caldaia
45-     rel_distsistheat_utenza = ifc.createIfcRelAssignsToGroup
      (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione dist_sist_heat e utenza gas',
      None, dist_sist_heat, None, utenza_gas)
46-     rel_distsisthotwater_utenza = ifc.createIfcRelAssignsToGroup
      (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione dist_sist_hotwater e utenza
      gas', None, dist_sist_hotwater, None, utenza_gas)
47-     #terminale riscaldamento = termosifone
48-     termosifone = ifc.createIfcSpaceHeater(ifcopenshell.guid.new(), Name
      = 'termosifone', PredefinedType = 'RADIATOR')
49-     termosifone = ifc.by_type('IfcSpaceHeater')
50-     #relazione sistema e termosifone
51-     rel_utenza_termosifone =ifc.createIfcRelAssignsToGroup
      (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione utenza gas e termosifone', None,
      termosifone, None, utenza_gas)
52-     #terminale sanitario (es.lavandino)
53-     terminale_sanitario = ifc.createIfcSanitaryTerminal
      (ifcopenshell.guid.new(), Name = 'terminale sanitario', PredefinedType =
      'WASHHANDBASIN')
54-     terminale_sanitario = ifc.by_type('IfcSanitaryTerminal')
55-     #relazione tra terminale sanitario e sistema acqua calda
56-     rel_utenzagas_terminale = ifc.createIfcRelAssignsToGroup
      (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione terminale_sanitario e utenza
      gas', None, terminale_sanitario, None, utenza_gas)
57-     #sistema idraulico
58-     utenza_acqua = ifc.createIfcSystem (ifcopenshell.guid.new(), Name =
      'utenza acqua')
59-     rel_utenzawat_caldaia = ifc.createIfcRelAssignsToGroup
      (ifcopenshell.guid.new(),None,'utenza acqua e caldaia', None, caldaia,
      None, utenza_acqua)

```

```

60-     dist_sist_hotwater= ifc.by_type('IfcDistributionSystem')
61-     #relazione tra sistema acqua calda e caldaia
62-     rel_sistema_terminalesanitario = ifc.createIfcRelAssignsToGroup
        (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione utenza acqua e terminale
        sanitario', None, terminale_sanitario, None, utenza_acqua)
63-     contatore_acqua =ifc.createIfcFlowMeter (ifcopenshell.guid.new(),
        Name = 'contatore acqua', PredefinedType = 'WATERMETER')
64-     contatore_acqua = ifc.by_type('IfcFlowMeter')
65-     #creo sistema acqua fredda
66-     dist_sist_coldwater = ifc.by_type ('IfcDistributionSystem')
67-     #creo relazione sistema acqua fredda e utenza acqua
68-     rel_distsist_coldwater = ifc.createIfcRelAssignsToGroup
        (ifcopenshell.guid.new(), Name='relazione tra sistema acqua fredda e utenza
        ', RelatedObjects= dist_sist_coldwater, RelatingGroup= utenza_acqua)
69-     #print( rel_distsist_coldwater)
70-     ifc.write('C:/Users/aless/Università degli Studi di Padova/Tesi -
        Belfiori_Energy Management - Belfiori_Energy
        Management/General/Sperimentazione/ifc/sistema_vk.ifc')

```

2.2 Bolletta Fornitura Energia Elettrica

```

1- import ifcopenshell
2- bolletta_e = ifcopenshell.open ('C:/Users/aless/Università degli Studi di
        Padova/Tesi - Belfiori_Energy Management - Belfiori_Energy
        Management/General/Sperimentazione/Modelli
        2020/Architettonico/sistema_elettrico.ifc')
3- #identifico risorsa in bolletta
4- g = bolletta_e.by_id('2JZJI8IIb0ZeeaZOpANDob')
5- bolletta_e.remove(g)
6- utenza_elettrica = bolletta_e.createIfcSystem
        (ifcopenshell.guid.new(),Name = 'utenza elettrica')
7- sistema_elettrico = bolletta_e.by_id('3DDMj2h2P0ggttAxqM3C_p')
8- print (sistema_elettrico)
9- sistema_elettrico = bolletta_e.by_type('IfcDistributionSystem')
10- rel_sistema_utenza = bolletta_e.createIfcRelAssignsToGroup
        (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione cliente e utenza', None,
        sistema_elettrico, None,utenza_elettrica)
11- #print(sistema_elettrico)
12- #print(utenza_elettrica)
13- #creo attore =cliente
14- ruolo_cliente = bolletta_e.createIfcActorRole (Role = 'CLIENT')
15- ruolo_cliente = bolletta_e.by_type('IfcActorRole')
16- indirizzo_cliente = bolletta_e.createIfcPostalAddress( AddressLines=
        'Riviera Tito Livio', PostalBox= '6', Town='Padova', PostalCode = '35123')
17- indirizzo_cliente = bolletta_e.by_type('IfcPostalAddress')
18- università = bolletta_e.createIfcOrganization(Identification= '610
        826 157',Name='UNIVERSITA DEGLI STUDI DI PADOVA Amm. pub.',
        Description='CODICE POD= IT001E34702668, CODICE FISCALE=80006480281,
        PARTITA IVA=00742430283', Roles= (ruolo_cliente), Addresses
        =(indirizzo_cliente))

```

```

19-     cliente                =                bolletta_e.createIfcOccupant
        (ifcopenshell.guid.new(),None, 'cliente che acquista la fornitura', None,
        None, università, 'OWNER')
20-     cliente = bolletta_e.by_type('IfcOccupant')
21-     #print (università)
22-     #relazione utenza e attore
23-     rel_client_utenza      =                bolletta_e.createIfcRelAssignsToGroup
        (ifcopenshell.guid.new(), None, 'relazione cliente e utenza', None, cliente,
        None, utenza_elettrica)
24-     #costo in bolletta
25-     numero_boll = bolletta_e.createIfcReal (58.99)
26-     unit_bol = bolletta_e.createIfcMonetaryUnit ('euro')
27-     misura = bolletta_e.createIfcMeasureWithUnit(numero_boll,unit_bol)
28-     q_unit= bolletta_e.createIfcContextDependentUnit(Name = 'kWh')
29-     q_denaro = bolletta_e.createIfcCostValue ('costo gennaio',None,None,
        misura, None,None, None, None, None, None )
30-     q_denaro =bolletta_e.by_type('IfcCostValue')
31-     costo_bolletta        =                bolletta_e.createIfcCostItem
        (ifcopenshell.guid.new(),None,'costo in bolletta', None, None,'costo
        gen_2022',None, q_denaro,None)
32-     costo_bolletta= bolletta_e.by_type('IfcCostItem')
33-     rel_bolletta_utenza    =                bolletta_e.createIfcRelAssignsToGroup
        (ifcopenshell.guid.new(), None, 'relazione costo bolletta e utenza', None,
        costo_bolletta, None, utenza_elettrica)
34-     #print (rel_bolletta_utenza)
35-     #print (rel_client_utenza)
36-     #intervallo di tempo in cui è stato calcolato l'importo
37-     intervallo_tempo      =                bolletta_e.createIfcWorkControl
        (ifcopenshell.guid.new(),
        Name='intervallo calcolo
        importo',Identification='bolletta gennaio 2022', StartTime='2022-01-01',
        FinishTime='2022-01-31')
38-     intervallo_tempo = bolletta_e.by_type('IfcWorkControl')
39-     #print(intervallo_tempo)
40-     #relazione tra l'intervallo di tempo e l'utenza
41-     rel_intervallo_utenza =                bolletta_e.createIfcRelAssignsToGroup
        (ifcopenshell.guid.new(), None, 'relazione intervallo calcolo importo e
        utenza', None, intervallo_tempo, None, utenza_elettrica)
42-     #print(rel_intervallo_utenza)
43-     #data scadenza pagamento
44-     scadenza = bolletta_e.createIfcWorkControl (ifcopenshell.guid.new(),
        Name='scadenza pagamento',Identification='scadenza bolletta gennaio 2022',
        FinishTime='2022-03-14')
45-     scadenza = bolletta_e.by_type('IfcWorkControl')
46-     rel_scadenza_utenza    =                bolletta_e.createIfcRelAssignsToGroup
        (ifcopenshell.guid.new(), None, 'relazione scadenza pagamento e utenza',
        None, scadenza, None, utenza_elettrica)
47-     #print(rel_scadenza_utenza)
48-     #dati fornitore energetico
49-     ruolo_enel = bolletta_e.createIfcActorRole (Role = 'SUPPLIER')
50-     ruolo_enel = bolletta_e.by_type('IfcActorRole')
51-     #indirizzo enel

```

```

52-     indirizzo_enel = bolletta_e.createIfcPostalAddress(Town='Potenza',
PostalCode ='85100')
53-     indirizzo_enel = bolletta_e.by_type('IfcPostalAddress')
54-     #organizzazione
55-     enel      =      bolletta_e.createIfcOrganization(Name='ENEL',    Roles=
(ruolo_enel), Addresses =(indirizzo_enel))
56-     enel_energia      =      bolletta_e.createIfcActor
(ifcopenshell.guid.new(),None,'compagnia che vende elettricit ', None,
None, enel)
57-     enel_energia = bolletta_e.by_type('IfcActor')
58-     rel_enel_utenza      =      bolletta_e.createIfcRelAssignsToGroup
(ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione tra enel e utenza', None,
enel_energia, None, utenza_elettrica)
59-     #print(rel_enel_utenza)
60-     #collocazione punto di fornitura
61-     indirizzo_edi      =      bolletta_e.createIfcPostalAddress( AddressLines=
'Via Anghinioni', PostalBox= '3', Town='Padova', PostalCode ='35123')
62-     edificio      =      bolletta_e.createIfcBuilding(ifcopenshell.guid.new(),None,'Anghinioni',Non
e,None,None,None,None,None,indirizzo_edi)
63-     edificio= bolletta_e.by_type('IfcBuilding')
64-     rel_indirizzo_utenza      =      bolletta_e.createIfcRelAssignsToGroup
(ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione tra punto di fornitura e utenza',
None, edificio, None, utenza_elettrica)
65-     #print(rel_indirizzo_utenza)
66-     #importi unitari
67-     prezzo_fascia1 = bolletta_e.createIfcReal (0.058860)
68-     nome_unit _fascia      =      bolletta_e.createIfcContextDependentUnit(Name='€/kWh')
69-     misura_fascia1      =      bolletta_e.createIfcMeasureWithUnit
(prezzo_fascia1, nome_unit _fascia)
70-     q_denaro_fascia1 = bolletta_e.createIfcCostValue ('prezzo fascia 1
gennaio',None,None, misura_fascia1, None,None, None, None, None )
71-     q_denaro_fascia1 =bolletta_e.by_type('IfcCostValue')
72-     costo_fascia1      =      bolletta_e.createIfcCostItem
(ifcopenshell.guid.new(),None,'costo unitario fascia 1', None, None,'costo
unitario 1 gen_2022',None, q_denaro_fascia1, None)
73-     costo_fascia1= bolletta_e.by_type('IfcCostItem')
74-     rel_fascia1_utenza      =      bolletta_e.createIfcRelAssignsToGroup
(ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione tra prezzo fascia1 e utenza',
None, costo_fascia1, None, utenza_elettrica)
75-     #print(rel_fascia1_utenza)
76-     prezzo_fascia2 = bolletta_e.createIfcReal (0.058860)
77-     misura_fascia2      =      bolletta_e.createIfcMeasureWithUnit
(prezzo_fascia2, nome_unit _fascia)
78-     q_denaro_fascia2 = bolletta_e.createIfcCostValue ('prezzo fascia 2
gennaio',None,None, misura_fascia2, None,None, None, None, None )
79-     q_denaro_fascia2 =bolletta_e.by_type('IfcCostValue')
80-     costo_fascia2      =      bolletta_e.createIfcCostItem
(ifcopenshell.guid.new(),None,'costo unitario fascia 2', None, None,'costo
unitario 2 gen_2022',None, q_denaro_fascia2, None)

```

Belfiori Alessia

```

81-     costo_fascia2= bolletta_e.by_type('IfcCostItem')
82-     rel_fascia2_utenza      =      bolletta_e.createIfcRelAssignsToGroup
      (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione tra prezzo fascia2 e utenza',
      None, costo_fascia2, None, utenza_elettrica)
83-     #print(rel_fascia2_utenza)
84-     prezzo_fascia3 = bolletta_e.createIfcReal (0.061860)
85-     misura_fascia3      =      bolletta_e.createIfcMeasureWithUnit
      (prezzo_fascia3, nome_unità_fascia)
86-     q_denaro_fascia3 = bolletta_e.createIfcCostValue ('prezzo fascia 3
      gennaio',None,None, misura_fascia3, None,None, None, None, None, None )
87-     q_denaro_fascia3 =bolletta_e.by_type('IfcCostValue')
88-     costo_fascia3      =      bolletta_e.createIfcCostItem
      (ifcopenshell.guid.new(),None,'costo unitario fascia 3', None, None,'costo
      unitario 3 gen_2022',None, q_denaro_fascia3, None)
89-     costo_fascia3= bolletta_e.by_type('IfcCostItem')
90-     rel_fascia3_utenza      =      bolletta_e.createIfcRelAssignsToGroup
      (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione tra prezzo fascia3 e utenza',
      None, costo_fascia3, None, utenza_elettrica)
91-     #print(rel_fascia3_utenza)
92-     #collego bolletta
93-     utenza_elettrica= bolletta_e.by_type('IfcSystem')
94-     rif_esterno      =      bolletta_e.createIfcDocumentInformation
      (Identification='4198049433',Name='Bolletta energia elettrica gennaio
      2022', Location = 'C:/Users/aless/Università degli Studi di Padova/Tesi -
      Belfiori_Energy Management - Belfiori_Energy
      Management/General/Sperimentazione/documenti/IT001E34702668 01-
      2022.pdf',CreationTime='2022-02-05')
95-     rel_documento_utenza      =
      bolletta_e.createIfcRelAssociatesDocument(ifcopenshell.guid.new(),None,'r
      elazione documento e utenza',None,utenza_elettrica,rif_esterno)
96-     #print(rel_documento_utenza)
97-     #quantità di risorsa consumata
98-     unità_quantità      =
      bolletta_e.createIfcContextDependentUnit(Name='kWh')
99-     q_simple      =      bolletta_e.createIfcQuantityCount('consumo gennaio
      2022',None,unità_quantità,447,None)
100-     q_simple = bolletta_e.by_type('IfcQuantityCount')
101-     q_elettricità      =
      bolletta_e.createIfcElementQuantity(ifcopenshell.guid.new(),Name='quantit
      à consumata',Quantities=(q_simple))
102-     rel_quantità_utenza      =      bolletta_e.createIfcRelDefinesByProperties
      (ifcopenshell.guid.new(),None,'relazione quantità consumata e
      costo',None,utenza_elettrica,q_elettricità)
103-     #print(rel_quantità_utenza)
104-     bolletta_e.write('C:/Users/aless/Università degli Studi di
      Padova/Tesi - Belfiori_Energy Management - Belfiori_Energy
      Management/General/Sperimentazione/bolletta_energia_vk.ifc')

```

2.3 Codice del Contratto Fornitura Energia Elettrica

```
1- import ifcopenshell
```

```

2- contratto_fornitura_e = ifcopenshell.open ('C:/Users/aless/Università
degli Studi di Padova/Tesi - Belfiori_Energy Management - Belfiori_Energy
Management/General/Sperimentazione/Modelli
2020/Architettonico/sistema_elettrico.ifc')
3- #g = contratto_fornitura_e.by_id('2JZJI8IIb0ZeeaZOpANDob')
4- #contratto_fornitura_e.remove(g)
5- #identifico risorsa
6- utenza_elettrica = contratto_fornitura_e.createIfcSystem (Name ='utenza
elettrica')
7- sist_eletr= contratto_fornitura_e.by_id('3DDMj2h2P0ggttAxqM3C_p')
8- sist_eletr= contratto_fornitura_e.by_type('IfcDistributionSystem')
9- rel_sist_utenza = contratto_fornitura_e.createIfcRelAssignsToGroup
(ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione sistema e utenza', None,
sist_eletr, None, utenza_elettrica)
10- #creo attore =cliente
11- ruolo_cliente = contratto_fornitura_e.createIfcActorRole (Role
='CLIENT')
12- ruolo_cliente = contratto_fornitura_e.by_type('IfcActorRole')
13- #indirizzo cliente
14- indirizzo_cliente = contratto_fornitura_e.createIfcPostalAddress(
AddressLines= 'Riviera Tito Livio', PostalBox= '6', Town='Padova',
PostalCode ='35123')
15- indirizzo_cliente =
contratto_fornitura_e.by_type('IfcPostalAddress')
16- #organizzazione
17- università =
contratto_fornitura_e.createIfcOrganization(Identification= '610 826
157',Name='UNIVERSITA DEGLI STUDI DI PADOVA Amm. pub.', Description='CODICE
POD= IT001E34702668, CODICE FISCALE=80006480281, PARTITA IVA=00742430283',
Roles= (ruolo_cliente), Addresses =(indirizzo_cliente))
18- #occupante
19- cliente = contratto_fornitura_e.createIfcOccupant
(ifcopenshell.guid.new(),None, 'cliente del contratto fornitura energia',
None, None, università, 'OWNER')
20- cliente = contratto_fornitura_e.by_type('IfcOccupant')
21- #print (università)
22- #relazione utenza e attore
23- rel_client_utenza = contratto_fornitura_e.createIfcRelAssignsToGroup
(ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione cliente e utenza', None, cliente,
None, utenza_elettrica)
24- #print(rel_client_utenza)
25- #creo contratto attraverso IfcPermit
26- permit_forn_energia=
contratto_fornitura_e.createIfcPermit(ifcopenshell.guid.new(), None,
'contratto forniture energia',None, 'CONTRATTO',None, 'USERDEFINED',None,None)
27- permit_forn_energia= contratto_fornitura_e.by_type('IfcPermit')
28- rel_contratto_utenza =
contratto_fornitura_e.createIfcRelAssignsToGroup
(ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione contratto fornitura energia e
utenza', None, permit_forn_energia, None, utenza_elettrica)

```

Belfiori Alessia

```

29-     #print(rel_contratto_utenza)
30-     #dati fornitore energetico
31-     ruolo_enel      =      contratto_fornitura_e.createIfcActorRole      (Role
    = 'SUPPLIER')
32-     ruolo_enel = contratto_fornitura_e.by_type('IfcActorRole')
33-     #indirizzo enel
34-     indirizzo_enel      =
    contratto_fornitura_e.createIfcPostalAddress(Town='Potenza',      PostalCode
    ='85100')
35-     indirizzo_enel = contratto_fornitura_e.by_type('IfcPostalAddress')
36-     #organizzazione
37-     enel      =      contratto_fornitura_e.createIfcOrganization(Name='ENEL',
    Roles= (ruolo_enel), Addresses =(indirizzo_enel))
38-     enel_energia      =      contratto_fornitura_e.createIfcActor
    (ifcopenshell.guid.new(),None,'Enel fornitore di energia elettrica', None,
    None, enel)
39-     enel_energia = contratto_fornitura_e.by_type('IfcActor')
40-     rel_enel_utenza = contratto_fornitura_e.createIfcRelAssignsToGroup
    (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione tra enel e utenza', None,
    enel_energia, None, utenza_elettrica)
41-     #print(rel_enel_utenza)
42-     #costi unitari concordati nel contratto
43-     prezzo_fascia1 = contratto_fornitura_e.createIfcReal (0.058860)
44-     nome_unità_fascia      =
    contratto_fornitura_e.createIfcContextDependentUnit(Name='€/kWh')
45-     misura_fascia1      =      contratto_fornitura_e.createIfcMeasureWithUnit
    (prezzo_fascia1, nome_unità_fascia)
46-     q_denaro_fascia1 = contratto_fornitura_e.createIfcCostValue ('prezzo
    fascia 1',None,None, misura_fascia1, None,None, None, None, None, None )
47-     q_denaro_fascia1 =contratto_fornitura_e.by_type('IfcCostValue')
48-     costo_fascia1      =      contratto_fornitura_e.createIfcCostItem
    (ifcopenshell.guid.new(),None,'costo unitario fascia 1',      None,
    None,None,None, q_denaro_fascia1, None)
49-     costo_fascia1= contratto_fornitura_e.by_type('IfcCostItem')
50-     rel_fascia1_utenza      =
    contratto_fornitura_e.createIfcRelAssignsToGroup
    (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione tra prezzo fascia1 e utenza',
    None, costo_fascia1, None, utenza_elettrica)
51-     #print(rel_fascia1_utenza)
52-     prezzo_fascia2 = contratto_fornitura_e.createIfcReal (0.058860)
53-     misura_fascia2      =      contratto_fornitura_e.createIfcMeasureWithUnit
    (prezzo_fascia2, nome_unità_fascia)
54-     q_denaro_fascia2 = contratto_fornitura_e.createIfcCostValue ('prezzo
    fascia 2',None,None, misura_fascia2, None,None, None, None, None, None )
55-     q_denaro_fascia2 =contratto_fornitura_e.by_type('IfcCostValue')
56-     costo_fascia2      =      contratto_fornitura_e.createIfcCostItem
    (ifcopenshell.guid.new(),None,'costo unitario fascia 2',      None,
    None,None,None, q_denaro_fascia2, None)
57-     costo_fascia2= contratto_fornitura_e.by_type('IfcCostItem')
58-     rel_fascia2_utenza      =
    contratto_fornitura_e.createIfcRelAssignsToGroup

```



```

(ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione tra prezzo fascia2 e utenza',
None, costo_fascia2, None, utenza_elettrica)
59-     #print(rel_fascia2_utenza)
60-     prezzo_fascia3 = contratto_fornitura_e.createIfcReal (0.061860)
61-     misura_fascia3  =  contratto_fornitura_e.createIfcMeasureWithUnit
    (prezzo_fascia3, nome_unità_fascia)
62-     q_denaro_fascia3 = contratto_fornitura_e.createIfcCostValue ('prezzo
fascia 3',None, None, misura_fascia3, None, None, None, None, None, None )
63-     q_denaro_fascia3 =contratto_fornitura_e.by_type('IfcCostValue')
64-     costo_fascia3    =      contratto_fornitura_e.createIfcCostItem
    (ifcopenshell.guid.new(),None,'costo unitario fascia 3',  None,
None, None, None, q_denaro_fascia3, None)
65-     costo_fascia3= contratto_fornitura_e.by_type('IfcCostItem')
66-     rel_fascia3_utenza
    =
    contratto_fornitura_e.createIfcRelAssignsToGroup
    (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione tra prezzo fascia3 e utenza',
None, costo_fascia3, None, utenza_elettrica)
67-     #print(rel_fascia3_utenza)
68-     #collocazione punto di fornitura
69-     indirizzo_edi    =      contratto_fornitura_e.createIfcPostalAddress(
    AddressLines= 'Via Anghinioni', PostalBox= '3', Town='Padova', PostalCode
    ='35123')
70-     edificio
    =
    contratto_fornitura_e.createIfcBuilding(ifcopenshell.guid.new(),None,'Ang
hinioni',None, None, None, None, None, None, None, indirizzo_edi)
71-     edificio= contratto_fornitura_e.by_type('IfcBuilding')
72-     rel_indirizzo_utenza
    =
    contratto_fornitura_e.createIfcRelAssignsToGroup
    (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione tra punto di fornitura e utenza',
None, edificio, None, utenza_elettrica)
73-     #print(rel_indirizzo_utenza)
74-     #intervallo di tempo in cui il contratto risulta valido
75-     validità_contratto    =      contratto_fornitura_e.createIfcWorkControl
    (ifcopenshell.guid.new(),      Name='scadenza      validità      del
contratto',CreationDate=
    '2020-01-01',StartTime='2020-02-
02',FinishTime='2022-03-14')
76-     validità_contratto = contratto_fornitura_e.by_type('IfcWorkControl')
77-     rel_validità_utenza
    =
    contratto_fornitura_e.createIfcRelAssignsToGroup
    (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione scadenza contratto e utenza',
None, validità_contratto, None, utenza_elettrica)
78-     print(rel_validità_utenza)
79-     #collego contratto
80-     utenza_elettrica= contratto_fornitura_e.by_type('IfcSystem')
81-     #identification = 'nome del contratto stipulato', Location= è da
cambiare e anche creation time
82-     rif_esterno    =      contratto_fornitura_e.createIfcDocumentInformation
    (Identification='Consipee18_Fix12_V_L5',Name='contratto      fornitura
energia', Location = 'C:/Users/aless/Università degli Studi di Padova/Tesi
-      Belfiori_Energy      Management      -      Belfiori_Energy

```

Belfiori Alessia

```

Management/General/Sperimentazione/documenti/IT001E34702668      01-
2022.pdf',CreationTime='2022-02-05')
83-     rel_documento_utenza                                     =
contratto_fornitura_e.createIfcRelAssociatesDocument(ifcopenshell.guid.new(),None,'relazione contratto fornitura e
utenza',None,utenza_elettrica,rif_esterno)
84-     print(rel_documento_utenza)
85-     contratto_fornitura_e.write('C:/Users/aless/Università degli Studi
di Padova/Tesi - Belfiori_Energy Management - Belfiori_Energy
Management/General/Sperimentazione/ifc/contratto_fornitura_vk.ifc')

```

2.4 Codice del Contratto Servizio Energia

```

1- import ifcopenshell
2- contratto_servizio_g = ifcopenshell.open ('C:/Users/aless/Università degli
Studi di Padova/Tesi - Belfiori_Energy Management - Belfiori_Energy
Management/General/Sperimentazione/Modelli
2020/Architettonico/sistema_riscaldamento.ifc')
3- #identifico risorsa
4- #g = contratto_servizio_g.by_id('2JZJI8IIb0ZeeaZOpANDob')
5- #contratto_servizio_g.remove(g)
6- utenza_gas = contratto_servizio_g.createIfcSystem (Name ='utenza gas')
7- sist_dist = contratto_servizio_g.by_id('0dGBfD8ZD1AQcLGHMFBb4i')
8- sist_dist = contratto_servizio_g.by_type('IfcDistributionSystem')
9- rel_dist_utenza = contratto_servizio_g.createIfcRelAssignsToGroup
(ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione tra siram e utenza', None,
sist_dist, None, utenza_gas)
10- #creo attore =cliente
11- ruolo_cliente = contratto_servizio_g.createIfcActorRole (Role
='CLIENT')
12- ruolo_cliente = contratto_servizio_g.by_type('IfcActorRole')
13- #indirizzo cliente
14- indirizzo_cliente = contratto_servizio_g.createIfcPostalAddress(
AddressLines= 'Riviera Tito Livio', PostalBox= '6', Town='Padova',
PostalCode ='35123')
15- indirizzo_cliente = contratto_servizio_g.by_type('IfcPostalAddress')
16- #organizzazione
17- università =
contratto_servizio_g.createIfcOrganization(Name='UNIVERSITA DEGLI STUDI DI
PADOVA Amm. pub.', Roles= (ruolo_cliente), Addresses =(indirizzo_cliente))
18- #occupante
19- cliente = contratto_servizio_g.createIfcOccupant
(ifcopenshell.guid.new(),None,'cliente del contratto servizio energia',
None, None, università, 'OWNER')
20- cliente = contratto_servizio_g.by_type('IfcOccupant')
21- #print (università)
22- #relazione utenza e attore
23- rel_client_utenza = contratto_servizio_g.createIfcRelAssignsToGroup
(ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione cliente e utenza', None, cliente,
None, utenza_gas)
24- #print(rel_client_utenza)

```

```

25-     #creo contratto attraverso IfcPermit
26-     permit_ser_energia=
    contratto_servizio_g.createIfcPermit(ifcopenshell.guid.new(),           None,
    'contratto                                     servizio
    energia',None,'CONTRATTO',None,'USERDEFINED',None,None)
27-     permit_ser_energia= contratto_servizio_g.by_type('IfcPermit')
28-     rel_ser_utenza   =   contratto_servizio_g.createIfcRelAssignsToGroup
    (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione contratto servizio energia e
    utenza', None, permit_ser_energia, None, utenza_gas)
29-     #print(rel_contratto_utenza)
30-     #dati esco
31-     ruolo_siram     =   contratto_servizio_g.createIfcActorRole   (Role
    ='SUPPLIER')
32-     ruolo_siram = contratto_servizio_g.by_type('IfcActorRole')
33-     #indirizzo siram
34-     indirizzo_siram =
    contratto_servizio_g.createIfcPostalAddress(AddressLines= 'Via Anna Maria
    Mozzon',PostalBox= '12', Town='Milano', PostalCode ='20152')
35-     indirizzo_siram = contratto_servizio_g.by_type('IfcPostalAddress')
36-     #organizzazione
37-     siram     =   contratto_servizio_g.createIfcOrganization(Name='SIRAM',
    Roles= (ruolo_siram), Addresses =(indirizzo_siram))
38-     siram_esco =
    contratto_servizio_g.createIfcActor
    (ifcopenshell.guid.new(),None, 'Esco', None, None, siram)
39-     siram_esco = contratto_servizio_g.by_type('IfcActor')
40-     rel_siram_utenza = contratto_servizio_g.createIfcRelAssignsToGroup
    (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione tra siram e utenza', None,
    siram_esco, None, utenza_gas)
41-     #print(rel_siram_utenza)
42-     #ricompensi unitari concordati nel contratto (dovrò rimodificare le
    cifre, non sono corrette)
43-     ricompensa_uni = contratto_servizio_g.createIfcReal (0.5)
44-     unità_di_misura =
    contratto_servizio_g.createIfcContextDependentUnit(Name='€/Smc')
45-     misura =
    contratto_servizio_g.createIfcMeasureWithUnit
    (ricompensa_uni, unità_di_misura)
46-     q_denaro=
    contratto_servizio_g.createIfcCostValue ('ricompensa
    economica',None,None, misura, None,None, None, None, None, None )
47-     q_denaro =contratto_servizio_g.by_type('IfcCostValue')
48-     costo =
    contratto_servizio_g.createIfcCostItem
    (ifcopenshell.guid.new(),None,'prezzo unitario', None, None,None,None,
    q_denaro, None)
49-     costo= contratto_servizio_g.by_type('IfcCostItem')
50-     rel_costo_utenza = contratto_servizio_g.createIfcRelAssignsToGroup
    (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione tra ricompensa e utenza', None,
    costo, None, utenza_gas)
51-     #collocazione punto di fornitura
52-     indirizzo_edi =
    contratto_servizio_g.createIfcPostalAddress(
    AddressLines= 'Via Anghinioni', PostalBox= '3', Town='Padova', PostalCode
    ='35123')

```

```

53-     edificio                                                                    =
        contratto_servizio_g.createIfcBuilding(ifcopenshell.guid.new(),None,'Angh
        inoni',None,None,None,None,None,None,None,indirizzo_edi)
54-     edificio= contratto_servizio_g.by_type('IfcBuilding')
55-     rel_indirizzo_utenza                                                        =
        contratto_servizio_g.createIfcRelAssignsToGroup (ifcopenshell.guid.new(),
        None,'relazione tra punto di fornitura e utenza', None, edificio, None,
        utenza_gas)
56-     #print(rel_indirizzo_utenza)
57-     #data scadenza pagamento (i dati sono da modificare)
58-     validità_contratto = contratto_servizio_g.createIfcWorkControl
        (ifcopenshell.guid.new(),      Name='scadenza      validità      del
        contratto',CreationDate=      '2020-01-01',StartTime='2020-02-
        02',FinishTime='2022-03-14')
59-     validità_contratto = contratto_servizio_g.by_type('IfcWorkControl')
60-     rel_validità_utenza                                                         =
        contratto_servizio_g.createIfcRelAssignsToGroup (ifcopenshell.guid.new(),
        None,'relazione scadenza contratto e utenza', None, validità_contratto,
        None, utenza_gas)
61-     #print(rel_validità_utenza)
62-     #obbiettivi che la esco si pone di raggiungere
63-     obbiettivi                                                                    =
        contratto_servizio_g.createIfcProcess(ifcopenshell.guid.new(),None,'obbie
        ttivi che la esco si pone', None,None,'obbiettivi 2021','qui metto la
        descrizione di tutti gli obbiettivi che vogliono raggiungere per ridurre i
        costi e i consumi')
64-     obbiettivi= contratto_servizio_g.by_type('IfcProcess')
65-     rel_obbiettivi_utenza                                                       =
        contratto_servizio_g.createIfcRelAssignsToGroup (ifcopenshell.guid.new(),
        None,'relazione obbiettivi citati nel contratto e utenza', None,
        obbiettivi, None, utenza_gas)
66-     #print(rel_obbiettivi_utenza)
67-     #scadenze temporali per raggiungere gli obbiettivi
68-     scadenza_ob = contratto_servizio_g.createIfcWorkControl
        (ifcopenshell.guid.new(), Name='scadenze per raggiungere gli obbiettivi',
        Duration='P2Y10M15DT10H30M20S' ,StartTime='2020-02-02',FinishTime='2022-
        03-14')
69-     scadenza_ob = contratto_servizio_g.by_type('IfcWorkControl')
70-     rel_scadenzaob_utenza                                                       =
        contratto_servizio_g.createIfcRelAssignsToGroup (ifcopenshell.guid.new(),
        None,'relazione scadenza obbiettivi e utenza', None, scadenza_ob, None,
        utenza_gas)
71-     print(rel_scadenzaob_utenza)
72-     utenza_gas= contratto_servizio_g.by_type('IfcSystem')
73-     #identification = 'nome del contratto stipulato', Location= è da
        cambiare e anche creation time e identification
74-     rif_esterno = contratto_servizio_g.createIfcDocumentInformation
        (Identification='Consipee18_Fix12_V_L5',Name='contratto servizio energia',
        Location = 'C:/Users/aless/Università degli Studi di Padova/Tesi -
        Belfiori_Energy Management - Belfiori_Energy

```

```

Management/General/Sperimentazione/documenti/IT001E34702668      01-
2022.pdf',CreationTime='2022-02-05')
75-     rel_documento_utenza                                     =
     contratto_servizio_g.createIfcRelAssociatesDocument(ifcopenshell.guid.new
     (,None,'relazione contratto servizio energia e
     utenza',None,utenza_gas,rif_esterno)
76-     print(rel_documento_utenza)
77-     contratto_servizio_g.write('C:/Users/aless/Università degli Studi di
     Padova/Tesi - Belfiori_Energy Management - Belfiori_Energy
     Management/General/Sperimentazione/ifc/contratto_servizio_vk.ifc')

```

2.5 Codice del Manuale d'Uso

```

1- import ifcopenshell
2- manuale_uso = ifcopenshell.open ('C:/Users/aless/Università degli Studi di
     Padova/Tesi - Belfiori_Energy Management - Belfiori_Energy
     Management/General/Sperimentazione/Modelli
     2020/Architettonico/sistema_riscaldamento.ifc')
3- #identifico impianto di riscaldamento
4- #g = manuale_uso.by_id('2JZJI8IIb0ZeeaZOpANDob')
5- #manuale_uso.remove(g)
6- impianto_risc = manuale_uso.by_id('0dGBfD8ZD1AQcLGHMFBb4i')
7- #print(impianto_risc)
8- #dati produttore impianto
9- ruolo_azienza = manuale_uso.createIfcActorRole (Role ='MANUFACTURER')
10-     ruolo_azienza = manuale_uso.by_type('IfcActorRole')
11-     #DEVO CAMBIARE I DATI
12-     indirizzo_azienza                                     =
     manuale_uso.createIfcPostalAddress(Town='Potenza', PostalCode ='85100')
13-     indirizzo_azienza = manuale_uso.by_type('IfcPostalAddress')
14-     azienda = manuale_uso.createIfcOrganization(Name='azienda', Roles=
     (ruolo_azienza), Addresses =(indirizzo_azienza))
15-     azienda_actor =
     manuale_uso.createIfcActor
     (ifcopenshell.guid.new(),None, 'azienda produttrice impianto', None, None,
     azienda)
16-     azienda_actor = manuale_uso.by_type('IfcActor')
17-     rel_azienza_impianto =
     manuale_uso.createIfcRelAssignsToGroup
     (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione tra azienda e impianto', None,
     azienda_actor, None, impianto_risc)
18-     #print(rel_azienza_impianto)
19-     #procedure per mantenere in buono stato l'impianto
20-     modalità_uso =
     manuale_uso.createIfcProcedure
     (ifcopenshell.guid.new(), Name= 'Modalità uso impianto', LongDescription =
     'scrivo elenco di procedure elencate nel manuale', PredefinedType
     ='STARTUP')
21-     modalità_uso = manuale_uso.by_type('IfcProcedure')
22-     rel_modalità_impianto =manuale_uso.createIfcRelAssignsToGroup
     (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione tra le modalità uso e impianto',
     None, modalità_uso, None, impianto_risc)
23-     #print(rel_modalità_impianto)
24-     #identification = 'nome del contratto stipulato', Location= è da
     cambiare e anche creation time e identification

```

Belfiori Alessia

```

25-     impianto_risc= manuale_uso.by_type('IfcDistributionSystem')
26-     rif_esterno      =      manuale_uso.createIfcDocumentInformation
(Identification='Consipee18_Fix12_V_L5',Name='manuale uso impianto di
riscaldamento', Location ='C:/Users/aless/Università degli Studi di
Padova/Tesi - Belfiori_Energy Management - Belfiori_Energy
Management/General/Sperimentazione/documenti/IT001E34702668      01-
2022.pdf',CreationTime='2022-02-05')
27-     rel_documento_impianto      =
manuale_uso.createIfcRelAssociatesDocument(ifcopenshell.guid.new(),None,'
relazione manuale uso e sistema',None,impianto_risc,rif_esterno)
28-     print(rel_documento_impianto)
29-     #portata dell'impianto
30-     unità_quantità      =
manuale_uso.createIfcContextDependentUnit(Name='l/h')
31-     q_simple      =      manuale_uso.createIfcQuantityCount('portata
impianto',None, unità_quantità, 800,None)
32-     q_simple = manuale_uso.by_type('IfcQuantityCount')
33-     q_portata      =
manuale_uso.createIfcElementQuantity(ifcopenshell.guid.new(),Name='portat
a impianto di riscaldamento',Quantities=(q_simple))
34-     rel_portata_impianto = manuale_uso.createIfcRelDefinesByProperties
(ifcopenshell.guid.new(),None,'relazione      portata      e
impianto',None,impianto_risc,q_portata)
35-     print(rel_portata_impianto)
36-     manuale_uso.write('C:/Users/aless/Università degli Studi di
Padova/Tesi - Belfiori_Energy Management - Belfiori_Energy
Management/General/Sperimentazione/ifc/manuale_uso_vk.ifc')

```

2.6 Codice del Manuale di Manutenzione

```

1- import ifcopenshell
2- manuale_manu = ifcopenshell.open ('C:/Users/aless/Università degli Studi
di Padova/Tesi - Belfiori_Energy Management - Belfiori_Energy
Management/General/Sperimentazione/Modelli
2020/Architettonico/sistema_riscaldamento.ifc')
3- #identifico impianto di riscaldamento
4- impianto_risc = manuale_manu.by_id('0dGBfD8ZD1AQcLGHMFb4i')
5- #g = manuale_manu.by_id('2JZJI8IIb0ZeeaZOpANDob')
6- #manuale_manu.remove(g)
7- #print(impianto_risc)
8- #dati produttore impianto
9- ruolo_azienza = manuale_manu.createIfcActorRole (Role = 'MANUFACTURER')
10-     ruolo_azienza = manuale_manu.by_type('IfcActorRole')
11-     #DEVO CAMBIARE I DATI
12-     indirizzo_azienza      =
manuale_manu.createIfcPostalAddress(Town='Potenza', PostalCode ='85100')
13-     indirizzo_azienza = manuale_manu.by_type('IfcPostalAddress')
14-     azienda = manuale_manu.createIfcOrganization(Name='azienda', Roles=
(ruolo_azienza), Addresses =(indirizzo_azienza))

```

```

15-     azienda_actor          =          manuale_manu.createIfcActor
      (ifcopenshell.guid.new(),None, 'azienda installatrice', None, None,
      azienda)
16-     azienda_actor = manuale_manu.by_type('IfcActor')
17-     rel_azienza_impianto   =   manuale_manu.createIfcRelAssignsToGroup
      (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione tra azienda e impianto', None,
      azienda_actor, None, impianto_risc)
18-     #print(rel_azienza_impianto)
19-     #identififico le anomalie che si possono verificare nel corso del
      ciclo di vita dell'impianto
20-     eventi                  =
      manuale_manu.createIfcEvent(ifcopenshell.guid.new(),Name='anomalie',LongD
      escription='descrizione lunga del tipo di anomalia che si può verificare')
21-     eventi= manuale_manu.by_type('IfcEvent')
22-     rel_eventi_impianto    =   manuale_manu.createIfcRelAssignsToGroup
      (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione tra anoamlie e impianto', None,
      eventi, None, impianto_risc)
23-     #print(rel_eventi_impianto)
24-     #attività di manutenzione eseguibili dall'utente
25-     at_utente              =
      manuale_manu.createIfcTask(ifcopenshell.guid.new(),Name='attività eseguib
      ili_da_utente',LongDescription='descrizione attività di manutenzione che
      può essere svolto da personale non
      specializzato',PredefinedType='MAINTENANCE')
26-     at_utente= manuale_manu.by_type('IfcTask')
27-     rel_atutente_impianto  =   manuale_manu.createIfcRelAssignsToGroup
      (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione tra attività_utente e impianto',
      None, at_utente, None, impianto_risc)
28-     print(rel_atutente_impianto)
29-     #attività di manutenzione eseguibili da personale specializzato
30-     at_spec                =
      manuale_manu.createIfcTask(ifcopenshell.guid.new(),Name='attività eseguib
      ili_da_personale specializzato',LongDescription='descrizione attività di
      manutenzione che può essere svolto solo da personale
      specializzato',PredefinedType='MAINTENANCE')
31-     at_spec= manuale_manu.by_type('IfcTask')
32-     rel_atspec_impianto    =   manuale_manu.createIfcRelAssignsToGroup
      (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione tra attività_personale
      specializzato e impianto', None, at_spec, None, impianto_risc)
33-     print(rel_atspec_impianto)
34-     #individuo personale specializzato
35-     ruolo_spec             =          manuale_manu.createIfcActorRole      (Role
      ='BUILDINGOPERATOR')
36-     ruolo_spec = manuale_manu.by_type('IfcActorRole')
37-     pers_spec= manuale_manu.createIfcPerson(Roles= (ruolo_spec))
38-     actor_spec            =          manuale_manu.createIfcActor
      (ifcopenshell.guid.new(),None, 'personale specializzato', None, None,
      pers_spec)
39-     rel_attore_procedura   =   manuale_manu.createIfcRelAssignsToActor
      (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione tra personale specializzato e
      procedura', None, at_spec, None, actor_spec)

```

Belfiori Alessia

```

40-     print(rel_attore_procedura)
41-     #associazione documento
42-     impianto_risc= manuale_manu.by_type('IfcDistributionSystem')
43-     rif_esterno      =      manuale_manu.createIfcDocumentInformation
(Identification='Consipee18_Fix12_V_L5',Name='manuale di manutenzione
riscaldamento', Location ='C:/Users/aless/Università degli Studi di
Padova/Tesi - Belfiori_Energy Management - Belfiori_Energy
Management/General/Sperimentazione/documenti/IT001E34702668      01-
2022.pdf',CreationTime='2022-02-05')
44-     rel_documento_impianto      =
manuale_manu.createIfcRelAssociatesDocument(ifcopenshell.guid.new(),None,
'relazione manuale di manutenzione e
sistema',None,impianto_risc,rif_esterno)
45-     print(rel_documento_impianto)
46-     manuale_manu.write('C:/Users/aless/Università degli Studi di
Padova/Tesi - Belfiori_Energy Management - Belfiori_Energy
Management/General/Sperimentazione/ifc/manuale_manutenzione_vk.ifc')

```

2.7 Codice del Programma di Manutenzione

```

1- import ifcopenshell
2- prog_manu = ifcopenshell.open ('C:/Users/aless/Università degli Studi di
Padova/Tesi - Belfiori_Energy Management - Belfiori_Energy
Management/General/Sperimentazione/Modelli
2020/Architettonico/sistema_riscaldamento.ifc')
3- #identifico impianto di riscaldamento
4- impianto_risc = prog_manu.by_id('0dGBfD8ZD1AQcLGHMFBb4i')
5- #g = prog_manu.by_id('2JZJI8IIb0ZeeazOpANDob')
6- #prog_manu.remove(g)
7- #print(impianto_risc)
8- #dati produttore impianto
9- ruolo_azienza = prog_manu.createIfcActorRole (Role ='MANUFACTURER')
10- ruolo_azienza = prog_manu.by_type('IfcActorRole')
11- #DEVO CAMBIARE I DATI
12- indirizzo_azienza = prog_manu.createIfcPostalAddress(Town='Potenza',
PostalCode ='85100')
13- indirizzo_azienza = prog_manu.by_type('IfcPostalAddress')
14- azienda = prog_manu.createIfcOrganization(Name='azienda', Roles=
(ruolo_azienza), Addresses =(indirizzo_azienza))
15- azienda_actor      =      prog_manu.createIfcActor
(ifcopenshell.guid.new(),None, 'azienda che ha prodotto impianto', None,
None, azienda)
16- azienda_actor = prog_manu.by_type('IfcActor')
17- rel_azienza_impianto      =      prog_manu.createIfcRelAssignsToGroup
(ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione tra azienda e impianto', None,
azienda_actor, None, impianto_risc)
18- #print(rel_azienza_impianto)
19- #attività di manutenzione che devono essere eseguite nel corso del
tempo
20- #con recurrence pattern ho indicato se il lavoro di manutenzione deve
essere svolto con cadenza settimanale, mensile, annuale,ecc.

```



```

21-         ricc=                prog_manu.createIfcRecurrencePattern
      (RecurrenceType='MONTHLY_BY_DAY_OF_MONTH')
22-         at_riccor= prog_manu.createIfcTaskTimeRecurring(Recurrence= (ricc))
23-         at_manu
      =
      prog_manu.createIfcTask(ifcopenshell.guid.new(),Name='attività eseguibili
      _da personale specializzato',LongDescription='descrizione attività di
      manutenzione che può essere svolto solo da personale
      specializzato',TaskTime= (at_riccor),PredefinedType='MAINTENANCE')
24-         at_manu= prog_manu.by_type('IfcTask')
25-         rel_atmanu_impianto      =      prog_manu.createIfcRelAssignsToGroup
      (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione tra programma di manutenzione e
      impianto', None, at_manu, None, impianto_risc)
26-         #print(rel_atmanu_impianto)
27-         #prestazioni minime che deve possedere impianto
28-         performance
      =
      prog_manu.createIfcPerformanceHistory(ifcopenshell.guid.new(),Name='prest
      azioni minime impianto',ObjectType='livello di riscaldamento
      ottimale',LifeCyclePhase='funzionamento',PredefinedType='USERDEFINED')
29-         performance = prog_manu.by_type('IfcPerformanceHistory')
30-         rel_performance_impianto  =  prog_manu.createIfcRelAssignsToGroup
      (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione tra livello prestazionale e
      impianto', None, performance, None, impianto_risc)
31-         print(rel_performance_impianto)
32-         #sensori per monitorare il livello prestazionale
33-         #tag = numero di serie del sensore
34-         sensor=                prog_manu.createIfcSensor(ifcopenshell.guid.new(),
      Name='sensore di flusso',Tag ='3384482882',PredefinedType='FLOWSENSOR')
35-         rel_sensore_performance  =  prog_manu.createIfcRelAssignsToProduct
      (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione tra sensore e performance', None,
      performance, None, sensor)
36-         sensor = prog_manu.by_type('IfcSensor')
37-         rel_sensore_impianto      =      prog_manu.createIfcRelAssignsToGroup
      (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione tra sensore e impianto', None,
      sensor, None, impianto_risc)
38-         print(rel_sensore_performance)
39-         #procedura per verificare il livello prestazionale
40-         livel_prest = prog_manu.createIfcProcedure (ifcopenshell.guid.new(),
      Name= 'livello prestazionale', LongDescription = 'descivo procedura per
      verificare ol livello prestazionale', PredefinedType = 'DIAGNOSTIC')
41-         livel_prest = prog_manu.by_type('IfcProcedure')
42-         rel_livprest_impianto      =prog_manu.createIfcRelAssignsToGroup
      (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione tra verifica livello
      prestazionale e impianto', None, livel_prest, None, impianto_risc)
43-         print(rel_livprest_impianto)
44-         #identification = 'nome del contratto stipulato', Location= è da
      cambiare e anche creation time e identification
45-         impianto_risc= prog_manu.by_type('IfcDistributionSystem')
46-         rif_esterno
      =
      prog_manu.createIfcDocumentInformation
      (Identification='Consipee18_Fix12_V_L5',Name='programma di manutenzione e
      sistema di riscaldamento', Location = 'C:/Users/aless/Università degli Studi
      di Padova/Tesi - Belfiori_Energy Management - Belfiori_Energy

```

Belfiori Alessia

```

Management/General/Sperimentazione/documenti/IT001E34702668      01-
2022.pdf',CreationTime='2022-02-05')
47-     rel_documento_impianto                                     =
prog_manu.createIfcRelAssociatesDocument(ifcopenshell.guid.new(),None,'re
lazione      programma      di      manutenzione      e
sistema',None,impianto_risc,rif_esterno)
48-     print(rel_documento_impianto)
49-     #portata dell'impianto
50-     prog_manu.write('C:/Users/aless/Università degli Studi di
Padova/Tesi - Belfiori_Energy Management - Belfiori_Energy
Management/General/Sperimentazione/ifc/programma_manutenzione_vk.ifc')

```

2.8 Codice delle Schede di Manutenzione

```

1- import ifcopenshell
2- prog_manu = ifcopenshell.open ('C:/Users/aless/Università degli Studi di
Padova/Tesi - Belfiori_Energy Management - Belfiori_Energy
Management/General/Sperimentazione/Modelli
2020/Architettonico/sistema_riscaldamento.ifc')
3- #g = prog_manu.by_id('2JZJI8IIb0ZeeaZOpANDob')
4- #prog_manu.remove(g)
5- #identifico impianto di riscaldamento
6- impianto_risc = prog_manu.by_id('0dGBfD8ZD1AQcLGHMFb4i')
7- #print(impianto_risc)
8- #con recurrence pattern ho indicato se il lavoro di manutenzione deve essere
svolto con cadenza settimanale, mensile, annuale,ecc.
9- ricc=
prog_manu.createIfcRecurrencePattern
(RecurrenceType='MONTHLY_BY_DAY_OF_MONTH')
10- at_riccor= prog_manu.createIfcTaskTimeRecurring(Recurrence= (ricc))
11- at_manu
=
prog_manu.createIfcTask(ifcopenshell.guid.new(),Name='attività che devono
essere eseguite',TaskTime= (at_riccor),PredefinedType='MAINTENANCE')
12- at_manu= prog_manu.by_type('IfcTask')
13- rel_atmanu_impianto = prog_manu.createIfcRelAssignsToGroup
(ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione tra programma di manutenzione e
impianto', None, at_manu, None, impianto_risc)
14- print(rel_atmanu_impianto)
15- impianto_risc= prog_manu.by_type('IfcDistributionSystem')
16- rif_esterno = prog_manu.createIfcDocumentInformation
(Identification='Consipee18_Fix12_V_L5',Name='schede di manutenzione e
sistema di riscaldamento', Location ='C:/Users/aless/Università degli Studi
di Padova/Tesi - Belfiori_Energy Management - Belfiori_Energy
Management/General/Sperimentazione/documenti/IT001E34702668      01-
2022.pdf',CreationTime='2022-02-05')
17- rel_documento_impianto                                     =
prog_manu.createIfcRelAssociatesDocument(ifcopenshell.guid.new(),None,'sc
hede di manutenzione e sistema',None,impianto_risc,rif_esterno)
18- print(rel_documento_impianto)
19- #portata dell'impianto
20- prog_manu.write('C:/Users/aless/Università degli Studi di
Padova/Tesi - Belfiori_Energy Management - Belfiori_Energy
Management/General/Sperimentazione/ifc/schede_manutenzione_vk.ifc')

```

2.9 Codice del Certificato di Collaudo

```

1- import ifcopenshell
2- cert_coll = ifcopenshell.open ('C:/Users/aless/Università degli Studi di
   Padova/Tesi - Belfiori_Energy Management - Belfiori_Energy
   Management/General/Sperimentazione/Modelli
   2020/Architettonico/sistema_riscaldamento.ifc')
3- #identifico impianto di riscaldamento
4- impianto_risc = cert_coll.by_id('0dGBfD8ZD1AQcLGHMFBb4i')
5- #g = cert_coll.by_id('2JZJI8Iib0ZeeaZOpANDob')
6- #cert_coll.remove(g)
7- #print(impianto_risc)
8- #dati produttore impianto
9- collaudatore_role = cert_coll.createIfcActorRole (Role
   ='USERDEFINED',UserDefinedRole='COLLAUDATORE')
10- collaudatore_role=cert_coll.by_type('IfcActorRole')
11- person_collaud = cert_coll.createIfcPerson(FamilyName='Belfiori',GivenName='Alessia',
   Roles=(collaudatore_role))
12- collaudatore=
   cert_coll.createIfcActor(ifcopenshell.guid.new(),None,'Collaudatore
   impianto di riscaldamento', None, None, person_collaud)
13- collaudatore = cert_coll.by_type('IfcActor')
14- rel_collaudatore_impianto = cert_coll.createIfcRelAssignsToGroup
   (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione tra collaudatore e impianto',
   None, collaudatore, None, impianto_risc)
15- #print(rel_collaudatore_impianto)
16- #albo in cui è iscritto il collaudatore
17- albo_collad = cert_coll.createIfcOrganization(Name='Albo degli
   ingeneri')
18- albo_actor = cert_coll.createIfcActor (ifcopenshell.guid.new(),None,
   'Albo del collaudatore', None, None, albo_collad)
19- rel_albo_collad = cert_coll.createIfcRelAssignsToActor
   (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione tra enel e utenza', None,
   collaudatore, None, albo_actor)
20- print(rel_albo_collad)
21- #print(rel_collaudatore_impianto)
22- #creo certificato di collaudo
23- permit_collaudo= cert_coll.createIfcPermit(ifcopenshell.guid.new(),
   None, 'certificato di
   collaudo',None,'CERTIFICATO',None,'USERDEFINED',None,None)
24- permit_collaudo= cert_coll.by_type('IfcPermit')
25- rel_certificato_sist = cert_coll.createIfcRelAssignsToGroup
   (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione tra certificato e utenza', None,
   permit_collaudo, None, impianto_risc)
26- #print(rel_certificato_sist)
27- #procedura eseguita per lo svolgimento delle prove di collaudo
28- at_coll = cert_coll.createIfcProcedure (ifcopenshell.guid.new(),
   Name= 'attività di collaudo', LongDescription = 'descrivo le prove di
   collaudo eseguite dal collaudatore', PredefinedType = 'DIAGNOSTIC')
29- at_coll = cert_coll.by_type('IfcProcedure')

```

Belfiori Alessia

```

30-     rel_atcoll_sist                =cert_coll.createIfcRelAssignsToGroup
      (ifcopenshell.guid.new(), None,'relazione tra attività di collaudo e
      impianto', None, at_coll, None, impianto_risc)
31-     print(rel_atcoll_sist)
32-     #allego il documemto relativo
33-     impianto_risc= cert_coll.by_type('IfcDistributionSystem')
34-     rif_esterno                =      cert_coll.createIfcDocumentInformation
      (Identification='Consipee18_Fix12_V_L5',Name='certificato di collaudo',
      Location  = 'C:/Users/aless/Università degli Studi di Padova/Tesi -
      Belfiori_Energy Management - Belfiori_Energy
      Management/General/Sperimentazione/documenti/IT001E34702668 01-
      2022.pdf',CreationTime='2022-02-05')
35-     rel_documento_impianto                =
      cert_coll.createIfcRelAssociatesDocument(ifcopenshell.guid.new(),None,'re
      lazione certificato di collaudo e sistema',None,impianto_risc,rif_esterno)
36-     print(rel_documento_impianto)
37-     #portata dell'impianto
38-     cert_coll.write('C:/Users/aless/Università degli Studi di
      Padova/Tesi - Belfiori_Energy Management - Belfiori_Energy
      Management/General/Sperimentazione/ifc/certificato_collaudo_vk.ifc')

```

2.10 Codice Schemi di Impianto

```

1- import ifcopenshell
2- schemi_impianto = ifcopenshell.open ('C:/Users/aless/Università degli
      Studi di Padova/Tesi - Belfiori_Energy Management - Belfiori_Energy
      Management/General/Sperimentazione/Modelli
      2020/Architettonico/sistema_riscaldamento.ifc')
3- #identifico impianto di riscaldamento
4- impianto_risc = schemi_impianto.by_id('0dGBfD8ZD1AQcLGHMFBb4i')
5- impianto_risc= schemi_impianto.by_type('IfcDistributionSystem')
6- rif_esterno                =      schemi_impianto.createIfcDocumentInformation
      (Identification='3671478',Name='schemi di impianto', Location
      = 'C:/Users/aless/Università degli Studi di Padova/Tesi - Belfiori_Energy
      Management - Belfiori_Energy
      Management/General/Sperimentazione/documenti/IT001E34702668 01-
      2022.pdf',CreationTime='2022-02-05')
7- rel_documento_impianto                =
      schemi_impianto.createIfcRelAssociatesDocument(ifcopenshell.guid.new(),No
      ne,'relazione schema di impianto e
      sistema',None,impianto_risc,rif_esterno)
8- print(rel_documento_impianto)
9- #portata dell'impianto
10-     schemi_impianto.write('C:/Users/aless/Università degli Studi di
      Padova/Tesi - Belfiori_Energy Management - Belfiori_Energy
      Management/General/Sperimentazione/ifc/schemi_impianto_vk.ifc')

```

BIBLIOGRAFIA

ASSOBIM. (2019). *Il Bim e la digitalizzazione dei prodotti, sistemi e servizi dell'opera di costruzioni*. <https://www.01building.it/bim/ibim-digitalizzazione-prodotti-sistemi-servizi/>

Assobim. (2020, August 14). *Fabbisogno informativo nel Bim evoluto: dai LOD ai LOIN*. 01building.It. <https://www.01building.it/bim/fabbisogno-informativo-bim-evoluto-lod-loin/>

Autodesk. (n.d.). *Autodesk - Shared Parameters*. Retrieved September 5, 2021, from <https://knowledge.autodesk.com/>

Bedrick, J., FAIA, Ikerd, W., P. E., & Reinhardt, J. (2020). *LEVEL OF DEVELOPMENT (LOD) SPECIFICATION PART I & COMMENTARY. For Building Information Models and Data*. www.bimforum.org/lod

BIM&CO. (n.d.-a). *BIM&CO Analytics*. Retrieved September 2, 2021, from <https://www.bimandco.com/bim/it/per-saperne-di-piu/bimco-analytics/>

BIM&CO. (n.d.-b). *BIM&CO. La nostra missione*. Retrieved September 2, 2021, from <https://www.bimandco.com/bim/it/la-nostra-missione/>

BIMObject. (n.d.). *BIMObject. Business*. Retrieved September 2, 2021, from <https://business.bimobject.com/>

BIMObject. (2020). *BIMObject annual report 2020 - Building a better world*. <https://investors.bimobject.com/investors/annual-reports/>

Bolpagni, M. (2016, July 19). *The many faces of "LOD."* Bimthinkspace.Com. <https://www.bimthinkspace.com/2016/07/the-many-faces-of-lod.html>

Brancale, F. (2020, February 27). *Small Data: Cosa Sono, Come Raccoglierli E Come Analizzarli*. <https://www.themarketingfreaks.com/>. <https://www.themarketingfreaks.com/2020/02/small-data-cosa-sono-come-raccoglierli-e-come-analizzarli/>

BuildingSMART. (n.d.). *4.3.4 Object Predefined Type*. Retrieved August 31, 2021, from https://standards.buildingsmart.org/IFC/DEV/IFC4_2/FINAL/HTML/schema/templates/object-predefined-type.htm

buildingSMART. (n.d.). *IfcProjectLibrary*. Standards.Buildingsmart.Org. Retrieved September 20,

BIM based Energy management: piattaforme CMMS e standard IFC

Belfiori Alessia

2021, from
https://standards.buildingsmart.org/IFC/DEV/IFC4_3/RC1/HTML/schema/ifckernel/lexical/ifcprojectlibrary.htm

BS EN 17412-1 Building Information Modelling-Level of Information Need- Part 1: Concepts and principles, (2020).

CEN/CT442/WG04 CEN CWA 17316:2018 - *Smart CE marking for construction products*. (n.d.).

Chen, D., Doumeingts, G., & Vernadat, F. (2008). Architectures for enterprise integration and interoperability: Past, present and future. *Computers in Industry*, 59(7), 647–659.
<https://doi.org/10.1016/j.compind.2007.12.016>

Chen, S. Y., Lok, K., & Jeng, T. (2016). *Smart BIM object for design intelligence*.

CIBSE. (2015). *Product Data Templates*. Chartered Institute of Building Services.
<https://www.cibse.org/knowledge/bim-building-information-modelling/product-data-templates>

Ciribini, A. L. C. (2019a, August 29). *Cosa sono i LOIN, Livelli di Fabbisogno Informativo*. 01building.It.
<https://www.01building.it/featured/loin-livelli-fabbisogno-informativo/>

Ciribini, A. L. C. (2019b, November 29). *Il Valore dell’Ambiente Costruito, le Catene di Fornitura e la Platformization*. Ingenio-Web.It. <https://www.ingenio-web.it/25341-il-valore-dellambiente-costruito-le-catene-di-fornitura-e-la-platformization>

cobuilder. (n.d.). *What Is A Data Template (DT)? Advancing the construction industry through standards*. Cobuilder.Com. Retrieved September 5, 2021, from <https://cobuilder.com/en/what-is-a-data-template/>

Commissione Europea. (2010, March 3). *EUROPA 2020 Una strategia per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva*. Publications.Europa.Eu.
http://publications.europa.eu/resource/cellar/6a915e39-0aab-491c-8881-147ec91fe88a.0008.02/DOC_1

Regolamento n. 305/2011. Construction Product Regulation, (2011).

Commissione Europea. (2015). *CE Marking of construction products step by step*.
<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/12308?locale=en>

Commissione Europea. (2016). *Relazione della Commissione al Parlamento Europeo e al Consiglio sull’attuazione del regolamento (UE) n. 305/2011 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 9 marzo 2011, che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da*

costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio.
<http://bookshop.europa.eu/en/analysis-of-the-implementation-of-the-construction-products-regulation->

Commissione Europea. (2019). *Construction Products Regulation (EU) No 305/2011. Analysis of production and trade data on construction products, March 2019.*
https://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/support-tools-studies_en

Construction Products Europe. (n.d.). *Construction Products Europe. Let's build an efficient Europe.* Construction-Products.Eu. Retrieved September 13, 2021, from <https://www.construction-products.eu>

Daniotti, B., Gianinetto, M., & della Torre, S. (2020). *Digital Transformation of the Design, Construction and Management Processes of the Built Environment.*
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-33570-0>

Dixon, C. (2017, June 7). *Universal Shared Parameters.*
<https://pumphousebim.wordpress.com/2017/06/07/universal-shared-parameters/>

Duddy K, Beazley S, Drgoemuller R, & Kiegeland J. (2013). *A PLATFORM-INDEPENDENT PRODUCT LIBRARY FOR BIM.* <http://www.productspec.net/>

Durão, V., Costa, A. A., Silvestre, J. D., Mateus, R., Santos, R., & de Brito, J. (2020). Current Opportunities and Challenges in the Incorporation of the LCA Method in BIM. *The Open Construction & Building Technology Journal*, 14(1), 336–349.
<https://doi.org/10.2174/1874836802014010336>

Eastman, C. M., Jeong, Y.-S., Sacks, ; R, & Kaner, I. (2009). *Exchange Model and Exchange Object Concepts for Implementation of National BIM Standards.* <https://doi.org/10.1061/ASCE0887-3801201024:125>

Ecorys. (2018). *Survey on users' need for information on construction products.*
<https://doi.org/10.2873/87907>

UNI 11337 Edilizia e opere di ingegneria civile—Criteri di codificazione di opere e prodotti da costruzione, attività e risorse—Identificazione, descrizione e interoperabilità, (2009).

UNI EN 15804 Sustainability of construction works—Environmental product declarations—Core rules for the product category of construction products, (2014).

UNI 11337-4 Building and civil engineering works - Digital management of the informative process - Part 4: Evolution and development of information within models, documents and objects,

BIM based Energy management: piattaforme CMMS e standard IFC

Belfiori Alessia

(2017).

Gao, G., Liu, Y. S., Lin, P., Wang, M., Gu, M., & Yong, J. H. (2017). BIMTag: Concept-based automatic semantic annotation of online BIM product resources. *Advanced Engineering Informatics*, 31, 48–61. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2015.10.003>

Gerbert, P., Castagnino, S., Rothballer, C., Renz, A., & Filitz, R. (2016). *Digital in Engineering and Construction: The Transformative Power of Building Information Modeling*.

GitHub. (2019, January 5). *Free and Open Source OpenRFA Toolkit – Tools for Using OpenRFA Standard Shared Parameters*. <http://revitaddons.blogspot.com/2019/01/free-and-open-source-openrfa-toolkit.html>

Govoni, L. (n.d.). *Il tipo di analisi dei dati più semplice: l'analisi descrittiva*. [Www.Lorenzogovoni.Com](http://www.lorenzogovoni.com). Retrieved October 20, 2021, from <https://www.lorenzogovoni.com/il-tipo-di-analisi-dei-dati-piu-semplce-analisi-descrittiva/>

Gudnason, G., & Pauwels, P. (2016). *SemCat: Publishing and Accessing Building Information as Linked Data*. <https://toolkit.thenbs.com>

Gunn, T. G. (1982). *The Mechanization of Design and Manufacturing*. 247(3), 114–131. <https://doi.org/10.2307/24966684>

ISO 21930 Sustainability in buildings and civil engineering works—Core rules for environmental product declarations of construction products and services, (2017).

ISO19650-1 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) -- Information management using building information modelling Concepts and principles, (2018).

ISO 16739:2013 – Industry foundation classes for data sharing in the construction and facility management industries., (2013).

ISO 12006-2 - Building construction — Organization of information about construction works — Part 2: Framework for classification, (2015).

ISO 16739-1 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries - Part 1: Data schema, (2018).

ISO 77-2 Guide for specification of product properties and classes. Part 2: Technical principles and guidance, (2008). www.iso.org

Koppel, A. (2015). *BIM Standard of an Organisation*.

- Legge del 14 gennaio 2013, n. 4 - Disposizioni in materia di professioni non organizzate., Pub. L. No. 4, Gazzetta Ufficiale (2013).
- Li, N., Li, Q., Liu, Y. S., Lu, W., & Wang, W. (2020). BIMSeek++: Retrieving BIM components using similarity measurement of attributes. *Computers in Industry*, 116. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103186>
- Lu, W., Cheung Lai, C., & Tse, T. (2019). *BIM and Big Data for Construction Cost Management*.
- Lucky, M. N., Pasini, D., & Spagnolo, S. L. (2019). Product Data Management for Sustainability: An Interoperable Approach for Sharing Product Data in a BIM Environment. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 296(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/296/1/012053>
- Lupica Spagnolo, S., Amosso, G., Pavan, A., & Daniotti, B. (2020). BIMReL: The interoperable bim library for construction products data sharing. In *Research for Development* (pp. 37–47). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33570-0_4
- Marra, A. (2018, March 22). *Il BIM e la digitalizzazione dei prodotti. Le librerie BIM: strumento indispensabile per la progettazione di un'opera*. Edilportale.Com. https://www.edilportale.com/news/2018/03/focus/il-bim-e-la-digitalizzazione-dei-prodotti_63136_67.html
- McKinsey Global Institute. (2017). *Reinventing construction: a route to higher productivity*. www.mckinsey.com/mgi.
- McPhee, A. (2013, March). *What is this thing called LOD*. Practicalbim.Blogspot.Com. <https://practicalbim.blogspot.com/search?q=What+is+this+thing+called+LOD>
- Meloni, E. (2021, July 30). *I rifiuti da costruzione e demolizione (C&D) e l'edilizia circolare*. Infobuild.It. <https://www.infobuild.it/approfondimenti/rifiuti-scarti-edili-corretto-processo-smaltimento/>
- Menapace, S. (2018, September 10). *Digitalizzare i prodotti da costruzione*. <https://www.armprocess.com/2018/09/10/product-data-templates-digitalizzare-i-prodotti/>
- Menapace, S. (2021, March 9). *Cosa significa certificazione*. Armprocess.Com.
- Merlan, J. (2017, May 8). *The Value of Standardized Shared Parameters Post author*. <https://opendefinery.com/blog/value-standardized-shared-parameters/>
- Ministero dello Sviluppo Economico. (2015). *Industria 2015. Bando Efficienza Energetica. Proposta tecnica Parte 1 - PROGRAMMA INNOVANCE*.

BIM based Energy management: piattaforme CMMS e standard IFC

Belfiori Alessia

National BIM Standard. (n.d.). *About NBS*. Retrieved August 31, 2021, from <https://www.thenbs.com/about-nbs>

National BIM Standard. (2019). NBS BIM Object Standard. In *NBS National BIM Library*. <https://www.nationalbimlibrary.com/en/nbs-bim-object-standard/>

Nuovo Codice appalti 2021 - Dlgs 50/2016. (n.d.).

Nwaogu, Tobe., Upson, Sophie., Marshall, Scott., le Crom, Yvette., & Vermande, Henk. (2015). *Analysis of the implementation of the Construction Products Regulation. Executive summary & main report*. Publications Office.

ontotext. (n.d.). *What is Metadata?* <https://www.ontotext.com/>. Retrieved November 13, 2021, from <https://www.ontotext.com/knowledgehub/fundamentals/metadata-fundamental/>

PAS 1192-2 Specification for Information Management for the capital/delivery phase of construction projects using Building Information Modelling, (2013).

PAS 1192-3 Specification for information management for the operational phase of assets using building information modelling, (2014).

Pasini, D., Caffi, V., Daniotti, B., Lupica Spagnolo, S., & Pavan, A. (2017). The INNOVance BIM library approach. *Innovative Infrastructure Solutions*, 2(1). <https://doi.org/10.1007/s41062-017-0062-y>

Pavan, A. (2017, December). *Fasi Informative del Processo Edilizio Digitale - UNI 11337*. Ingenio-Web.It. <https://www.ingenio-web.it/18530-fasi-informative-del-processo-edilizio-digitale-uni-11337>

Pavan, A. (2018, January). *Sistema dei LOD italiano: UNI 11337-4 2017*. Ingenio-Web.It. <https://www.ingenio-web.it/18667-sistema-dei-lod-italiano-uni-11337-4-2017>

Pavan, A., Lupica Spagnolo, S., Caffi, V., Mirarchi, C., & Daniotti, B. (2020). National BIM digital platform for construction (INNOVance project). In *Research for Development* (pp. 3–15). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33570-0_1

Pavan, A., Mirarchi, C., Amosso, G., Nesa, L. M., Pasini, D., Daniotti, B., & Spagnolo, S. L. (2019). BIMReL: A new BIM object library using Construction Product Regulation attributes (CPR 350/11; ZA annex). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 296(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/296/1/012052>

Prathap, V., Menzel, K., Scherer, I. R., Suraj Sunil, M., Shetty, K., & Eng, M. (2019). *An approach to Open-BIM based Construction Project Management*.

- python. (2018). *Python Developers Survey 2018 Results*. Www.Jetbrains.Com.
<https://www.jetbrains.com/research/python-developers-survey-2018/>
- Regolamento (CE) n. 765/2008 del Parlamento Europeo e del Consiglio*. (2008).
- Ruikar, D., Crunden, M., Manager, B., & Ruikar, K. (2017). LOD object content specification for manufacturers within the UK using the IDM standard. In *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)* (Vol. 22). <http://www.birmingham.ac.uk/http://www.itcon.org/2017/5>
- Sharman, J. (2021, May 13). *Third-party certification and construction*. Thenbs.Com.
<https://www.thenbs.com/knowledge/third-party-certification-and-construction>
- Signorini, M., Frigeni, S., & Spagnolo, S. L. (2019). Integrating environmental sustainability indicators in BIM-based product datasheets. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 296(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/296/1/012028>
- smeup. (2020, May 6). *Small Data e Big Data: qual è la differenza?* Smeup.Com.
<https://www.smeup.com/magazine/blog/small-data-e-big-data/>
- Steel, J., Drogemuller, R., & Toth, B. (2012). Model interoperability in building information modelling. *Software and Systems Modeling*, 11(1), 99–109. <https://doi.org/10.1007/s10270-010-0178-4>
- talentgarden. (2019, June 13). *Data Science: 10 tool fondamentali per l'analisi dei dati*. Talentgarden.Org.
- Ullman, D. G. (1992). *The mechanical Design process* (McGraw-Hill, Ed.; Vol. 2).
- UNI 8690-1 - Edilizia. Informazione tecnica. Terminologia, (1984).
- UNI EN 17412-1 Building Information Modelling - Livello di fabbisogno informativo - Parte 1: Concetti e principi, (2021).
- UNI CEI EN ISO/IEC 17000:2020 - Valutazione della conformità. Vocabolario e principi generali, (2020). <https://www.armprocess.com/2021/03/09/cosa-significa-certificazione/>
- Vezzarda, C. (2019, May 6). *ISO 19650: dai LOD ai Level of Information Need*. Shelidon.It.
<https://www.shelidon.it/?p=7828>
- Vezzarda Chiara. (2015, October). *Level of Development: quando e come*. Shelidon.It.
<https://www.shelidon.it/?p=3606>
- Wang, J., Gao, X., Zhou, X., & Xie, Q. (2021). Multi-scale information retrieval for BIM using

BIM based Energy management: piattaforme CMMS e standard IFC

Belfiori Alessia

hierarchical structure modelling and natural language processing. *Journal of Information Technology in Construction*, 26, 409–426. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2021.022>

Waterhouse, R. (2020). *10th annual BIM Report 2020*. <https://www.thenbs.com/bim-report-2020>

Zerounoweb. (2020, December 4). *Cos'è big data analytics? Ecco tutto ciò che serve sapere sull'analisi dei dati*. [Www.Zerounoweb.it. https://www.zerounoweb.it/analytics/big-data/come-fare-big-data-analysis-e-ottenere-valore-per-le-aziende/](https://www.zerounoweb.it/analytics/big-data/come-fare-big-data-analysis-e-ottenere-valore-per-le-aziende/)

INDICE ICONOGRAFICO

Figura 1 Soggetti che possono richiedere il titolo di Energy Manager. (Forni, 2020)	6
Figura 2 Mansioni dell'energy manager. (immagine dell'autore)	9
Figura 3 Attività svolte dalla FIRE. (Forni, 2020)	16
Figura 4 Ciclo PDCA. (Marimon & Casadesús, 2017)	21
Figura 5 Dati AFNOR. (Fire, 2020)	23
Figura 6 Processo di un audit energetico. (Grassi et al., 2013)	25
Figura 7 Approccio onnicomprensivo alla gestione energetica. (Nicolodi et al., n.d.)	29
Figura 8 Software più utilizzati nella pratica dell'energy management. (immagine dell'autore)	31
Figura 9 Interfaccia di Enerit. (<i>Enerit ISO 50001 Software - Enerit Software System for ISO 50001</i> , n.d.)	31
Figura 10 Interfaccia DEXCell. (<i>DEXCell Energy Manager - Compre Agora Na Software.Com.Br, n.d.</i>)	33
Figura 11 Architettura di eSight. (<i>Energy Management Software ESight Energy</i> , n.d.)	33
Figura 12 Interfaccia AssetPlanner di Ameresco. (<i>Ameresco AssetPlanner Reviews - 2022, n.d.</i>)	34
Figura 13 Interfaccia di BuildingIQ. (Granderson et al., 2018)	35
Figura 14 Andamento PUN anno 2016. (ServiziPerUtenze, 2016)	38
Figura 15 Ripartizione percentuale dei costi in bolletta. (LuceGas.it, 2022)	41
Figura 16 Andamento prezzo del gas dal 2017 al 2022. (LuceGas.it, 2022)	44
Figura 17 Andamento prezzo energia elettrica dal 2016 al 2022. (LuceGas.it, 2022)	44
Figura 18 Condivisione del modello BIM tramite IFC. (Mousiadis & Mengana, 2016)	46
Figura 19 Alcuni dei vantaggi nell'uso del BIM. (Mousiadis & Mengana, 2016)	47
Figura 20 Sintesi dei principali benefici che possono essere raggiunti dall'integrazione BIM FM. (Teicholz, 2013)	48
Figura 21 Ambiti di gestione principali dei Facility Manager. (Raffaele, 2021)	49

BIM based Energy management: piattaforme CMMS e standard IFC

Belfiori Alessia

Figura 22 Applicazioni del CAFM/BIM nella fase post-costruzione. (Immagine dell'autore)	53
Figura 23 Interfaccia grafica Esight di Siram. (Immagine dell'autore)	59
Figura 24 Consumo energia termica del Complesso Didattico Piovego. (Immagine dell'autore)	59
Figura 25 Temperatura ambiente del Palazzo Bo. (Immagine dell'autore)	60
Figura 26 Consumo di energia elettrica dell'università di Padova. (Immagine dell'autore)	61
Figura 27 Architettura del sistema Geoweb. (TeamSystem, 2008)	62
Figura 28 Consumi energia elettrica anno 2018. (Elyx, 2018)	67
Figura 29 Consumi energia elettrica anno 2019. (Elyx, 2019)	67
Figura 30 Consumi energia elettrica anno 2020. (Elyx, 2020)	68
Figura 31 Consumi energia elettrica anno 2021. (Elyx, 2021)	68
Figura 32 Interoperabilità di un formato chiuso (in alto) e aperto (in basso). (ACCA Software, n.d.)	86
Figura 33 Lo standard di buildingSMART. (Laakso & Kiviniemi, 2012)	88
Figura 34 Figura 22 I quattro livelli in cui sono organizzate le Industry Foundation Classes. (buildingSMART, n.d.)	89
Figura 35 Subtype di IfcRoot. (Immagine dell'autore)	92
Figura 36 . Le entità "oggetto" sono rappresentate in grigio, mentre le entità "relazione" sono colorate: schema IFC per il monitoraggio delle informazioni. (Theiler & Smarsly, 2018)	92
Figura 37 Schema entità IfcProcess. (Immagine dell'autore)	94
Figura 38 Elenco degli attributi di IfcEvent. (BuildingSMART)	96
Figura 39 Elenco dei TypeEnum di IfcProcedure. (BuildingSMART)	96
Figura 40 Elenco dei TypeEnum di IfcTask. (BuildingSMART)	97
Figura 41 Relazioni tra processi e risorse. (Walter Terkaj & Urgo, 2012)	98
Figura 42 Esportazione file IFC da Revit. (Immagine dell'autore)	101
Figura 43 Importazione file in Archicad. (Immagine dell'autore)	102
Figura 44 Gestore Progetto IFC di Archicad. (Immagine dell'autore)	103
Figura 45 Traduttori IFC di Archicad. (Immagine dell'autore)	104
Figura 46 Global ID di IfcDistributionSystem. (Immagine dell'autore)	107
Figura 47 FZK Viewer. (Immagine dell'autore)	110

Figura 48 Potenzialità della piattaforma Geoweb. (Immagine dell'autore).....	111
Figura 49 Pagina iniziale della piattaforma. (Immagine dell'autore)	112
Figura 50 Sezione BIM Explorer 7D di Geoweb. (Immagine dell'autore)	112
Figura 51 Plugin di Geoweb. (Immagine dell'autore)	113
Figura 52 Scelta Progetto in cui lavorare. (Immagine dell'autore).....	113
Figura 53 Caricamento file IFC su Geoweb. (Immagine dell'autore)	114
Figura 54 Progetti Bim di Geoweb. (Immagine dell'autore)	115
Figura 55 Visualizzazione file IFC su Geoweb. (Immagine dell'autore)	115
Figura 56 Percentuale di requisiti informativi che riescono ad essere indirizzati verso una classe IFC. (Immagine dell'autore)	118

BIM based Energy management: piattaforme CMMS e standard IFC
Belfiori Alessia

INDICE TABELLE

Tabella 1 Andamento costi e consumi energia elettrica dell'Università di Padova. (Tabella dell'autore).....	66
Tabella 2 Andamento costi e consumi energia elettrica nell'Università di Padova. (Tabella dell'autore).....	69
Tabella 3 Tecniche BIM nel ciclo di vita post-costruzione (GhaffarianHoseini et al., 2017). 76	
Tabella 4 Esempio scheda di manutenzione dei corpi illuminanti. (ASL.AL. Regione Piemonte)	83

BIM based Energy management: piattaforme CMMS e standard IFC
Belfiori Alessia

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio con affetto mia mamma Patrizia, mio papà Roberto e mio fratello Matteo, che mi hanno sempre sostenuta durante il mio periodo universitario.

Ringrazio le mie amiche Sofia, Giulia e Laura che mi hanno sempre incoraggiata a dare il meglio di me stessa.

Ringrazio l'Antica Trattoria Ballotta, che oltre ad essere stato il mio luogo di lavoro durante tutta la mia carriera universitaria, mi ha permesso di conoscere, oltre ai miei datori di lavoro Andrea ed Alessia, anche tutti i miei colleghi con cui ho passato sempre dei bellissimi momenti.

Ringrazio i miei compagni di studi Lisa, Elena, Giulia, Riccardo e Christian, con cui abbiamo stretto un legame di amicizia tra i banchi universitari.