

Design and construction

Tradition and innovation in the practice of architecture

Progetto e Costruzione

Tradizione ed innovazione nella pratica dell'architettura

Editor
Enrico Sicignano



Il curatore, l'editore, gli organizzatori ed il Comitato Scientifico non possono essere ritenuti responsabili né per il contenuto, né per le opinioni espresse all'interno degli articoli.

Gli articoli pubblicati, i cui contenuti sono stati dichiarati originali dagli autori stessi, sono stati sottoposti ad un processo di *double-blind peer review*.

Negli articoli l'asterisco accanto al cognome di un autore indica il referente al quale indirizzare la corrispondenza.

The editor, the publisher, the organizers and the Scientific Committee cannot be held responsible either for the content or for the opinions expressed in the articles.

Published articles, whose contents have been declared original by the authors themselves, have been subjected to a double-blind peer review process.

In the articles, the asterisk next to the surname of an author indicates the contact person to whom correspondence should be addressed.

Il volume è a cura di / The volume was edited by:

Enrico Sicignano

Si esprimono ringraziamenti:

al Magnifico Rettore dell'Università degli Studi di Salerno Prof. Enzo Loia e al Direttore del Dipartimento di Ingegneria Civile Prof. Ing. Gianvittorio Rizzano per il sostegno al Convegno stesso in tutte le sue fasi e nei vari aspetti;

al Prof. Arch. Pierfrancesco Fiore per l'insostituibile aiuto e contributo;

agli Ingegneri Giuseppe Donnarumma, Carmelo Falce, Rossella Marmo, Roberta Melella per la preziosa collaborazione estesa altresì agli Architetti Giacomo Di Ruocco ed Emanuela D'Andria.

Si ringraziano ancora gli sponsor ANCE AIES Salerno, Salerno CPT ed i Patrocinanti.

EdicomEdizioni
Monfalcone (Gorizia)
info@edicomedizioni.com
www.edicomedizioni.com
www.edicomstore.it

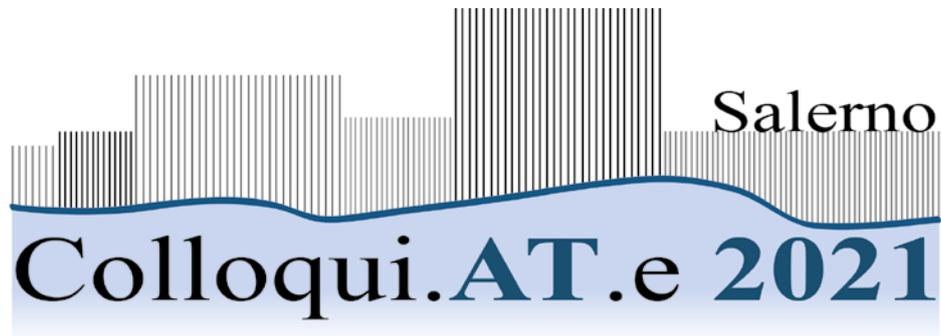
© Copyright EdicomEdizioni

Vietata la riproduzione anche parziale di testi, disegni e foto se non espressamente autorizzata. Tutti i diritti sono riservati a norma di legge e delle convenzioni internazionali.

The reproduction, even partial, of texts, drawings and photos is forbidden unless expressly authorized. All rights are reserved by law and international conventions.

ISBN 978-88-96386-62-0

Prima edizione settembre 2021 / First edition September 2021



Design and construction

Tradition and innovation in the practice of architecture

Progetto e Costruzione

Tradizione ed innovazione nella pratica dell'architettura

Editor

Enrico Sicignano

8-11 settembre 2021

Organizing Institution:

University of Salerno – Department of Civil Engineering

C – DESIGN AND BUILDING TECHNOLOGIES

VALUTAZIONE SPERIMENTALE DELL'EFFICACIA DELLA REALTÀ VIRTUALE COME STRUMENTO DI ANALISI DEL BENESSERE DI INDIVIDUI IN AMBIENTI LAVORATIVI: EFFETTI DEL COLORE SU PRODUTTIVITÀ E COMFORT	1340
A. Latini, E. Di Giuseppe, M. D'Orazio, C. Di Perna	
APPLICAZIONE DELLA TECNOLOGIA ADESIVA A COMPONENTI EDILIZI INNOVATIVI: DALLA VERIFICA TECNICO-COSTRUTTIVA ALLA REALIZZAZIONE	1359
F. Marchione, P. Munafò	
SOCIAL HOUSING: UN NUOVO PARADIGMA PER LE PROBLEMATICHE ECONOMICHE E SOCIO-AMBIENTALI DELLE CITTÀ	1374
G. Ausiello, M. Compagnone, F. Sommesè	
PROGETTO DI UN ALLOGGIO-SCUOLA INCLUSIVO PER ESPERIENZE DI VITA INDIPENDENTE PER IL “DURANTE E DOPO DI NOI”	1389
M. Dalprà, G. Primon	
SLICE: UNA SOLUZIONE INNOVATIVA PER INVOLUCRI ARCHITETTONICI ADATTIVI CON TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA	1401
A. Monteleone, G. Rodonò, I. Attardo, A. Gagliano, V. Sapienza	
IL RISCATTO DEL CALCESTRUZZO IN CAMPO GEOTERMICO	1416
G. Ausiello, L. Di Girolamo, G. Marone, G. Russo	
ATTUALITÀ DELL'AUTOCOSTRUZIONE COME PROCESSO EDILIZIO SOSTENIBILE	1432
R. Caponetto, G. Giuffrida	
RISCHIO DELL'AMBIENTE COSTRUITO E DEI SUOI UTENTI NEGLI SLOW ONSET DISASTERS: FATTORI TIPOLOGICI DI VULNERABILITÀ ED ESPOSIZIONE NEGLI SPAZI APERTI URBANI ITALIANI	1446
G. Salvalai, J. D. Blanco Cadena, M. Caramia¹, D. Brutti, G. Bernardini, E. Quagliarini	
STRATEGIE ADATTIVE PER L'AMBIENTE COSTRUITO: POSSIBILITÀ DI APPLICAZIONE DI APPROCCI E METODI DEL <i>DECISION MAKING UNDER DEEP UNCERTAINTY</i>	1463
S. Mannucci, A. Peduzzi, O. Palusci, F. Rosso, C. Cecere, M. Ferrero	
IL “GEMELLO DIGITALE” PER IL CANTIERE DI RECUPERO DEL PATRIMONIO STORICO-ARCHITETTONICO: POTENZIALITÀ E FRAMEWORK APPLICATIVO	1478
M. Rotilio, D. Simeone	
OPEN-ARCH: VERSO UN APPROCCIO APERTO E FLESSIBILE ALLA RAPPRESENTAZIONE E ALLA GESTIONE DELLE INFORMAZIONI DEL PATRIMONIO STORICO-ARCHITETTONICO	1494
D. Simeone, S. Cursi, U. M. Coraglia, A. Fioravanti	
VERSO UNA VALUTAZIONE MULTI-RISCHIO PER LA SICUREZZA DELL'AMBIENTE COSTRUITO E DEI SUOI UTENTI: UNA SCHEDA PER LA DEFINIZIONE DI SCENARI NEGLI SPAZI APERTI URBANI	1508
A. D'Amico, M. Russo, L. Bernabei, M. Angelosanti, E. Cantatore, G. Bernardini, F. Fatiguso, G. Salvalai, G. Mochi, E. Quagliarini, E. Currà	
BUILDING INFORMATION MODELLING PER L'OTTIMIZZAZIONE DEI COSTI DI MANUTENZIONE EDILIZIA PER IL PRO-GET-ONE	1526
M. A. Bragadin, M. D'Alesio, C. Morganti, F. Amodeo, A. Ferrante	
PROPOSTE METODOLOGICHE PROGETTUALI PER UNA TRANSIZIONE ECOLOGICA DEGLI IMPIANTI DI DISTRIBUZIONE CARBURANTI	1542
E. Leporelli	

COMMITTEES

Ar.Tec. Council

Riccardo Gulli – President
Rossano Albatici – Vice-president
Antonella Guida – Treasurer
Santi Maria Cascone – Board member

Marco D’Orazio – Board member
Fabio Fatiguso – Board member
Manuela Grecchi – Board member

Scientific committee

Rossano Albatici
Carlo Atzeni
Frida Bazzocchi
Carlo Caldera
Santi Maria Cascone
Rossella Corrao
Giorgio Croatto
Marco D’orazio
Enrico Dassori
Enrico De Angelis

Pierluigi De Berardinis
Flavia Fascia
Fabio Fatiguso
Annarita Ferrante
Pierfrancesco Fiore
Marina Fumo
Ilaria Garofolo
Maria Paola Gatti
Manuela Grecchi
Antonella Guida

ORGANIZING INSTITUTION



SUPPORTERS

Patrons



Riccardo Gulli
Tullia Iori
Raffaella Lione
Angelo Lucchini
Giuseppe Margani
Marco Morandotti
Renata Morbiducci
Renato Morganti
Stefania Mornati
Placido Munafò

Francesco Polverino
Enrico Quagliarini
Federica Ribera
Angelo Salemi
Enrico Sicignano
Gabriele Tagliaventi
SID President
SITdA President
ISTeA President

Organizing committee

Steering committee

Enrico Sicignano
Federica Ribera
Pierfrancesco Fiore
Giacomo Di Ruocco
Giuseppe Donnarumma

Rossella Marmo
Claudia Sicignano
Emanuela D'Andria
Carmelo Falce
Pasquale Cucco
Roberta Melella



 StudentIngegneria

Sponsors





Progetto e Costruzione
Tradizione ed innovazione nella pratica dell'architettura

Building Information Modelling per l'ottimizzazione dei costi di manutenzione edilizia per il Pro-Get-One

M. A. Bragadin^{1*}, M. D'Alesio², C. Morganti³, F. Amodeo⁴, A. Ferrante⁵

^{1*} Alma Mater Studiorum Università di Bologna, Bologna, marcoalvise.bragadin@unibo.it

² Alma Mater Studiorum Università di Bologna, Bologna, marco.dalesio@unibo.it

³ Alma Mater Studiorum Università di Bologna, Bologna, caterina.morganti4@unibo.it

⁴ Alma Mater Studiorum Università di Bologna, Bologna, francesco.amodeo@studio.unibo.it

⁵ Alma Mater Studiorum Università di Bologna, Bologna, annarita.ferrante@unibo.it

Abstract

La digitalizzazione del settore delle costruzioni, attraverso il Building Information Modelling, ha notevoli ricadute sull'intero processo per la realizzazione di un organismo edilizio (O.E.) ed in particolare sulla fase gestionale e pertanto sul comparto del Facility Management e della manutenzione edilizia. Infatti, la fase gestionale che comprende le funzioni tecnico-economico finanziarie può beneficiare notevolmente dalla presenza di un database strutturato, BIM, nell'ambito del Computer Aided Facility Management (CAFM) per progettare ed eseguire la manutenzione con la pianificazione del ciclo di vita dell'opera. Il flusso informativo generato dal modello di authoring BIM, tramite IFC o COBie, può consentire di progettare nel dettaglio il piano di manutenzione in base a dati precisi su attività, tempi e costi delle operazioni manutentive, pianificando e ottimizzando i costi del ciclo di vita. La definizione dei costi per il ciclo di vita dell'O.E. risulta di importanza strategica per la reale fattibilità del piano di manutenzione, per cui l'ottimizzazione preventiva dei costi manutentivi può condizionare sia la progettazione dell'opera, ovvero la scelta delle possibili alternative progettuali, sia la conseguente progettazione della manutenzione. L'intervento di deep renovation sperimentale Pro-Get-One, che prevede l'addizione di un esoscheletro che, oltre a migliorare le prestazioni funzionali, realizza la riqualificazione energetica e sismica dell'edificio, rappresenta una modalità esemplare di recupero del patrimonio edilizio esistente che affianca obiettivi di sostenibilità con miglioramenti prestazionali. Il modello di authoring dell'addizione Pro-Get-One viene utilizzato per l'estrazione dei dati necessari alla progettazione della manutenzione ed alla definizione dei costi manutentivi per il periodo di studio individuato. L'ottimizzazione dei costi avviene tramite il confronto economico delle strategie manutentive alternative possibili, permettendo di valutare la rispondenza degli obiettivi gestionali e del programma di manutenzione già nella fase di progettazione divenendo anche uno strumento a supporto delle scelte tecnologiche.

1. Introduzione

La digitalizzazione del settore delle costruzioni, con la strategia Building Information Modeling BIM, ha notevoli ricadute sull'intero processo per la realizzazione di un organismo edilizio (O.E.) ed in particolare sulla fase gestionale e pertanto sul comparto del Facility Management in generale e della manutenzione edilizia in particolare. Il BIM non è semplicemente una rappresentazione CAD 3D, ma una serie federata di modelli parametrici che costituiscono un database che consente di archiviare e fornire un completo contenuto informativo a tutti gli operatori del processo edilizio [1]. Per questo la digitalizzazione BIM sta trasformando, e trasformerà, il modo in cui gli edifici vengono concepiti, progettati, costruiti e gestiti, sino alla dismissione finale. L'uso del BIM per il Facility Management, il 7D BIM (UNI 11337-1:2017), consente e consentirà una sempre maggiore efficienza dell'azione gestionale nella fase di esercizio, soprattutto se la sensorizzazione dell'asset consentirà di creare il gemello digitale che rende possibile una tempestiva azione gestionale e manutentiva. Anche nella fase progettuale, a livello di progettazione della manutenzione, il BIM cambia la prospettiva del progettista che si trova a disporre di una quantità rilevante di dati accessibili che consentono di valutare meglio gli effetti della strategia manutentiva progettata.

Il legame tra progetto, strategie manutentive, organizzazione della gestione e costi del ciclo di vita è estremamente rilevante. L'obiettivo di mantenere un prefissato livello di qualità dell'O.E. durante il suo esercizio, richiede l'individuazione di un equilibrio tra le diverse componenti in gioco che possa garantire il successo dell'operazione: una strategia troppo costosa porta facilmente alla ricerca di economie che, in definitiva, rendono inattuabile il progetto della manutenzione, con il conseguente veloce processo di degrado dell'immobile; mentre una strategia volta a ridurre al minimo gli investimenti economici può compromettere il raggiungimento dei risultati sperati in termini prestazionali [2].

Il modello gestionale si sviluppa attraverso un corpo normativo nazionale ed internazionale sulla manutenzione basato sulle strategie manutentive (norma UNI EN 13306). Le fondamentali strategie manutentive che vengono presentate dalla normativa (UNI 9910, UNI EN 13306 e UNI 10147) sono la manutenzione correttiva, preventiva e migliorativa. La manutenzione correttiva è eseguita a seguito di una rilevazione di avaria e volta a riportare l'entità in uno stato in cui possa eseguire la funzione richiesta. Si classifica a sua volta in manutenzione differita (UNI 13306) che non viene eseguita direttamente dopo la rilevazione di una avaria, ma che è differita in conformità a determinate regole. Manutenzione di urgenza che è eseguita senza indugio dopo la rilevazione di un guasto in modo da evitare conseguenze inaccettabili.

La manutenzione preventiva è eseguita ad intervalli predeterminati o secondo criteri prescritti per ridurre la probabilità di guasto o il degrado nel funzionamento di un'entità. Si classifica a sua volta in manutenzione programmata o ciclica, effettuata ad intervalli di tempo stabiliti o in un numero di unità di misura di utilizzo, ma senza una precedente indagine sulle condizioni dell'entità, e manutenzione secondo condizione che include una combinazione di monitoraggio delle condizioni e/o ispezione e / o prove o analisi a cui seguono le azioni manutentive. La manutenzione di opportunità è invece eseguita in anticipo rispetto all'occorrenza, pianificata come conseguenza di una attività imprevista che ne consente l'esecuzione ad un costo ridotto o con un numero minore

di risorse. Infine la manutenzione migliorativa è eseguita con azioni di piccola modifica o miglioramento che non incrementa il valore patrimoniale del bene.

La ricerca della strategia ottimale di manutenzione in relazione agli aspetti prestazionali ed economici del ciclo di vita, è un obiettivo strategico da raggiungere con il BIM 7D.

2. BIM e manutenzione

Per manutenzione di un'opera si intende il complesso delle operazioni necessarie a conservare la conveniente funzionalità ed efficienza della stessa. La definizione proposta dalla norma tecnica UNI EN 13306, al punto 2.1, è la seguente: “combinazione di tutte le azioni tecniche, amministrative e gestionali, durante il ciclo di vita di un'entità, destinate a mantenerla o a riportarla in uno stato in cui possa eseguire la funzione richiesta.”

I concetti di tempo, di qualità ed il suo mantenimento durante l'esercizio dell'O.E. sono alla base della terotecnologia ed è facile capire come si inseriscano perfettamente all'interno di un processo BIM 7D [1]. L'idea di tempo, infatti, è traducibile nel concetto di ciclo di vita dell'opera [3]. Quando parliamo di digitalizzazione della gestione della manutenzione di una opera, possiamo considerare i modelli “As built”, “As operate” e “As is”. As built è il modello più completo comprendente tutte le informazioni e i componenti dell'opera conservandone la memoria storica; lo svantaggio nell'applicazione di tale modello sta nella complessità gestionale in termini di mole di dati e quindi di tempi e di costi. As operate, è quello di media complessità e gli oggetti non visibili non sono rappresentati ma è un modello implementabile. As is è il modello più semplice di rappresentazione grafica contenente set di informazioni basiche, anch'esso implementabile e richiede processi brevi in termini di tempi e costi. Certamente il modello preferibile per il BIM 7D è l'As built.

La possibilità di realizzare una gestione dinamica del patrimonio immobiliare attraverso modelli con le suddette caratteristiche costituisce uno dei campi del facility management (FM). La digitalizzazione del controllo sulla manutenzione degli edifici è, per una nazione come l'Italia, caratterizzata da un patrimonio vetusto [4], questione di indiscutibile importanza. Anche se le norme tecniche prevedono vite nominali delle opere a partire da 50 anni, è assodato che nella nostra cultura i fabbricati “vivano” ben più a lungo e che il ricorso alla demolizione e nuova costruzione non è operazione consueta. Negli ultimi anni vi è stata una svolta decisiva sulla sensibilizzazione degli addetti ai lavori e degli utenti in genere sulla necessità di prevedere piani di manutenzione delle opere.

Tutte le normative di recente pubblicazione, relative alla realizzazione di opere pubbliche, infatti hanno introdotto i concetti di durabilità, manutenzione e sicurezza delle opere attraverso l'obbligo della redazione di piani di manutenzione. Già la legge quadro sui lavori pubblici, Legge Merloni n. 109 del 1994 introduceva l'obbligatorietà del piano di manutenzione, i cui contenuti vengono approfonditi e implementati con la normativa successiva ed in particolare con il regolamento di attuazione (D.P.R. 207/2010) del codice dei contratti pubblici, Dlgs 163/2006. L'obbligo della redazione del Piano di manutenzione si riscontra nella normativa nazionale non solo per le opere pubbliche (cfr. codice degli appalti D.Lgs 50/2016 e successive integrazioni e modificazioni, Tit. III, Art. 23, comma 8), ma anche per le parti strutturali dell'opera ai sensi delle Norme Tecniche

delle Costruzioni NTC 2018. Per quanto attiene la sicurezza delle attività manutentive, il testo unico 81/2008 in materia di sicurezza e salute sul lavoro prevede la stesura del fascicolo tecnico dell'opera (Decreto Legislativo 81/08, Art. 91 e Allegato XVI, 2008) per tutte le opere edili pubbliche e private sottoposte al titolo IV del decreto. Già oggi molte software house si sono attivate implementando i software H-BIM con plug-in ed estensioni atte all'elaborazione dei piani di manutenzione.

Considerando la grande mole di dati inclusi nei modelli, è necessario discretizzarli e suddividerli accuratamente al fine di garantirne la possibilità di aggiornamento manutentivo delle differenti parti che costituiscono l'edificio e delle fasi gestionali. I contenuti informativi dell'H-BIM a servizio del Facility Management riguardano in particolare (fig. 1):

1. programmazione gestionale della fase di esercizio;
2. registrazione delle fasi manutentive;
3. progettazione della manutenzione programmata, sotto – condizione, di opportunità ed a guasto avvenuto;
4. modello aggiornato del sistema tecnologico;
5. figure interessate e responsabilità.

Utilizzando un modello unificato è possibile disporre di indicatori chiave sulle prestazioni, sia per quanto concerne gli aspetti quantitativi sia per quelli qualitativi e le relative previsioni di spesa. Per essere efficace, un modello manutentivo deve contenere le informazioni necessarie per valutare possibili azioni di ottimizzazione sulla gestione dello spazio, dell'energia, dei tempi, dei modi, dei materiali, nella salvaguardia della sicurezza delle persone delle cose e dell'ambiente. Ad oggi i software a servizio della fase manutentiva e BIM 7D sono differenti e variegati, di seguito ne vengono citati alcuni: ManTus BIM di ACCA Software, Infocad.FM, OpenMAINT, Mainsim Facility Management e JOIN di Digicorp.



Fig. 1. H-BIM e Facility Management © 2021, Caterina Morganti.

3. Il progetto della manutenzione

Gli anglossassoni affermano: *“begin with the end in mind”*, ossia quando si inizia un processo per la realizzazione di un'opera è necessario avere ben chiaro sin dall'inizio quale dovrà essere il suo futuro e la sua fine. La creazione di un gemello virtuale dell'opera che si dovrà realizzare consente dal punto di vista gestionale almeno i seguenti vantaggi:

1. avere un quadro chiaro degli elementi tecnici e classi di elementi tecnici messi a sistema e le loro interazioni;

2. consentire la gestione univoca ed integrata dei dati e delle informazioni;
3. avere un unico strumento gestionale del processo edilizio che governa l'opera durante l'intero ciclo di vita.

Pertanto, lo sviluppo del progetto di manutenzione/gestione governato dai principi, dalla metodologia e dagli strumenti tipici del Life Cycle Cost e supportato dal BIM avviene attraverso un processo di simulazione della gestione dell'opera, della programmazione e pianificazione dell'organizzazione.

Lo sviluppo del progetto di manutenzione/gestione parte dallo strumento fondamentale della disciplina del Life Cycle Cost, ossia la Cost Breakdown Structure (CBS) dell'edificio preso in esame, basata sulla scomposizione in classi di unità tecnologiche, unità tecnologiche e classi di elementi tecnici (PBS – Product Breakdown Structure) secondo la norma UNI 8290 – “Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Classificazione e terminologia”.

La struttura della CBS è articolata in tre sezioni:

- SEZIONE 1 – Scomposizione dell'organismo edilizio secondo la UNI 8290 e computazione degli interventi di riqualificazione per classi di elementi tecnici, per ognuno dei quali è definita la vita utile e quindi i tempi di sostituzione.
- SEZIONE 2 – Determinazione dei costi di gestione, riferiti a costi di sostituzione, costi di manutenzione straordinaria, costi di manutenzione ordinaria.
- SEZIONE 3 – Determinazione dell'incidenza percentuale dei costi di gestione della singola classe di unità tecnologica rispetto al costo totale di gestione e individuazione degli “elementi centrali”. Si definisce “elemento centrale” la classe di unità tecnologica che ha un costo di gestione nella vita utile di riferimento superiore al 2% rispetto al costo totale di gestione dell'edificio.

Per tali elementi si possono studiare soluzioni progettuali alternative da confrontare attraverso l'applicazione della disciplina del Life Cycle Cost (LCC) e quindi scegliere la soluzione che si ritiene più “conveniente”.

La Sezione 1 della CBS consente di determinare l'importo dei lavori necessari per la realizzazione/riqualificazione dell'edificio. Per l'applicazione di questi strumenti e la quantificazione delle singole voci è stato preso come riferimento il prezzario della regione Emilia Romagna del 2018 (DGR n. 512 approvata il 09/04/2018). Applicando l'IVA al 22% e aumentando l'importo complessivo del 30% per le attività di progettazione, direzione lavori, spese amministrative, spese di gara, rilievi e accertamenti, ecc. si è ottenuto il costo iniziale (CI) necessario per la realizzazione/riqualificazione dell'edificio. La Sezione 2 della CBS consente di determinare i costi di gestione dell'organismo edilizio, necessari per mantenere il livello di qualità stabilito dal progetto esecutivo.

In particolare sono stati definiti tre contributi:

1. costi di sostituzione;
2. costi di manutenzione straordinaria;
3. costi di manutenzione ordinaria.

I costi di sostituzione connessi con la vita utile delle singole classi di elementi tecnici sono messi in relazione con la vita utile di riferimento dell'edificio considerata, ottenendo un determinato numero di cicli di sostituzione. Quando la vita utile della classe di elementi tecnici è superiore alla

vita utile di riferimento il numero di cicli di sostituzione è uguale a zero; mentre assume un valore intero diverso da zero quando essa è inferiore a quella di riferimento dell'organismo edilizio.

I costi di manutenzione straordinaria sono connessi alla curva di affidabilità della classe di elementi tecnici preso in esame e alla qualità di riferimento che si vuole mantenere nel tempo. La strutturazione dei dati attraverso la modellazione con il BIM consente di avere un controllo della qualità dei dati ed un'efficace integrazione, che si ripercuote su tutte le fasi del processo edilizio. Sono stati individuate le classi di elementi tecnici oggetto di manutenzione durante la vita utile dell'organismo edilizio, come ad esempio l'involucro esterno, le pavimentazioni e per ognuno di essi è stata definita la curva di affidabilità per il periodo di riferimento e il livello di qualità nel tempo. I costi di manutenzione ordinaria (rientrano tra questi anche i costi relativi ai servizi di Cleaning), ossia gli interventi che hanno l'obiettivo di garantire la fruibilità dell'O.E. e di contrastare l'obsolescenza, riguardano tutti gli interventi che vengono eseguiti periodicamente e per singole classi di elementi tecnici sono stati quantificati per annualità. La somma dei costi di sostituzione, di manutenzione straordinaria e ordinaria definisce i costi di utilizzazione dell'O.E. (CU).

La Sezione 3 della CBS riguarda l'individuazione degli "elementi centrali". Lo studio ha messo in evidenza che gli elementi centrali che incidono sui costi di utilizzo sono prevalentemente le classi di elementi tecnici connesse con le finiture e le dotazioni impiantistiche che complessivamente incidono per circa l'83% del costo complessivo degli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria e di sostituzione. Per gli elementi centrali sono state elaborate le schede tecniche che andranno a far parte del piano di manutenzione. Al fine di ottimizzare i costi di gestione, per tali elementi sono state analizzate alternative di intervento e sono state definite soluzioni tecnologiche alternative per verificare se i relativi costi di manutenzione durante la vita utile, pur mantenendo il livello di qualità prefissato, fossero inferiori e quindi avere un costo globale (CG) dell'organismo edilizio (O.E.) inferiore.

L'applicazione della metodologia LCC per la definizione del Piano di Manutenzione

Il piano di manutenzione elaborato per il caso studio in esame è stato strutturato sulla base dei contenuti della normativa vigente in Italia per la realizzazione di un'opera pubblica (D.lgs. 18/04/2016 n. 50 s.m.i.; norme UNI [13]). In particolare è stato concepito come un elaborato specialistico del progetto esecutivo dell'intervento di riqualificazione dell'O.E. Pertanto esso si compone delle seguenti parti:

1. Manuale di manutenzione;
2. Sotto programma degli interventi;
3. Schede di affidabilità delle classi di elementi tecnici.

1. Il manuale di manutenzione

Il manuale di manutenzione si compone delle seguenti parti: la scheda anagrafica e le schede tecniche. La scheda anagrafica sintetizza tutti i dati principali dell'edificio. Si parte dai dati più generali che riguardano l'inquadramento dell'immobile quali (localizzazione e destinazione d'uso) per poi passare ai dati relativi al progetto in oggetto del nostro caso studio (anno di realizzazione del progetto, progettista, impresa realizzatrice etc.) e ad elencare dati catastali e vincoli che sussistono

sull'immobile. Sono riportati i dati tecnici che quantificano superficie lorda, netta, catastale etc. e infine si illustra in modo tabellare se le documentazioni, prove, certificazioni relative all'immobile sono disponibili, se sono complete o meno o inesistenti. La scheda anagrafica contiene inoltre le piante i prospetti e le sezioni dell'edificio con i codici che identificano le classi di elementi tecnici identificate con la CBS, al fine di avere una lettura univoca della documentazione prodotta. Le schede tecniche, come già detto in precedenza, sono state compilate per le classi di elementi tecnici che hanno avuto un'incidenza superiore al 2% rispetto al costo complessivo di gestione, determinati con la CBS. La scheda tecnica è una sorta di carta di identità di ciascun elemento e contiene tutti i dati e le informazioni che consentono di mantenere nel tempo la qualità prefissata del bene, che può essere inserita nel modello BIM 7D. Si parte quindi dalla descrizione del sub-sistema con le sue specifiche tecniche che andranno completate in fase di esecuzione con la scelta del prodotto acquistato sul mercato; per procedere alla descrizione delle patologie riscontrabili con associate le strategie manutentive riscontrabili per ognuna e la loro frequenza di intervento. Successivamente si definiscono i tipi di intervento, le modalità di esecuzione e la loro frequenza.

2. Sotto programma degli interventi

È il programma complessivo degli interventi delle classi di elementi tecnici contenuti nel manuale di manutenzione e per ogni elemento riporta le strategie manutentive e la loro frequenza [3].

3. Schede di affidabilità delle classi di elementi tecnici

Per ogni elemento centrale, individuato con la CBS, sono state definite le schede di affidabilità [3]. La scheda riporta la curva dell'obsolescenza dell'elemento tecnico/sub-sistema, ossia l'andamento della sua qualità durante il ciclo di vita utile in assenza di manutenzione, le curve modificate applicando le diverse strategie manutentive e il livello minimo di qualità richiesto per l'organismo edilizio. Nelle schede di affidabilità sono state individuate più di una strategia manutentiva (sia ordinaria che straordinaria) e i relativi costi, attualizzandoli. Definite le incidenze rispetto al costo complessivo durante la vita utile è stato possibile individuare la strategia migliore in relazione agli obiettivi attesi sulla base del rapporto costo di intervento/qualità.

Il piano di manutenzione così elaborato, anche attraverso l'utilizzo del modello BIM 7D accompagna l'organismo edilizio dalla fase di progettazione esecutiva fino alla sua dismissione. È uno strumento dinamico che aggiornato ed integrato in tutte le sue parti durante il processo edilizio, consente di effettuare le scelte gestionali che ottimizzano il rapporto costi/benefici.

4. L'ottimizzazione dei costi del ciclo di vita nella fase di manutenzione

L'ottimizzazione dei costi del ciclo di vita è uno degli aspetti strategici della progettazione della manutenzione. In genere grande enfasi è portata all'investimento iniziale per la realizzazione di un'opera edilizia e l'aspetto dei costi nel ciclo di vita viene tralasciato. Per questo motivo sono state messe a punto diverse modalità di valutazione dei costi del ciclo di vita di un immobile, tra cui il Life Cycle Cost Analysis (LCC). Il Life Cycle Cost Analysis di un asset è definito come il valore attuale del costo totale dell'asset nel ciclo di vita utile. Il LCC è formato dall'attualizzazione del Costo iniziale, Capital Cost, dai costi di esercizio e manutenzione, e dai costi o ricavi della dismissione del

bene al termine della sua vita [5]. Gli obiettivi della analisi LCC possono essere molteplici:

- rendere le decisioni progettuali più efficaci, considerando tutti i costi che ne possono derivare;
- considerare l'impatto di tutti i costi, in particolare dei costi di esercizio e manutenzione, oltre ai costi di costruzione e progettazione;
- fornire informazioni che possono migliorare la gestione del bene nelle fasi di esercizio e manutenzione.

In generale si tratta di rendere più efficienti gli investimenti immobiliari, considerando tutti i costi e gli eventuali ricavi che ne possono derivare. In particolare se si considerano ricavi di vario tipo sviluppati dall'immobile occorre considerare l'approccio della norma ISO 15686-5 che introduce il concetto di costo a vita intera o "Whole Building Cost" [6].

Le linee guida RICS [7] per il LCC indicano diversi livelli di applicazione della metodologia: componente edilizio (per esempio maniglia della porta), sistema (per esempio impianto di riscaldamento centralizzato), elemento (per esempio parete esterna), cluster (per esempio l'involucro), asset singolo od intero edificio, asset multiplo o portfolio immobiliare. I costi da considerare nell'analisi LCC possono essere relativi alla fase di sviluppo, esercizio e fine vita. In particolare per l'esercizio le linee guida RICS individuano i seguenti costi:

1. Costi di Manutenzione (*hard facilities management costs*). Sono i costi necessari ad assicurare lo svolgimento continuo delle prestazioni del bene edilizio: restyling, ispezioni, manutenzione programmata, correttiva e preventiva, sostituzione di componenti. I costi possono essere classificati come costi di manutenzione e rinnovamento.
2. Costi di Esercizio (*soft facilities management costs*). Sono i costi necessari alla gestione e conduzione del bene edilizio: servizi generali, imposte e oneri, portineria e pulizie, servizi postali, servizi informatici, lavanderia, gestione rifiuti, affitti, assicurazioni ed energia, forniture di elettricità ed acqua corrente. I costi energetici sono spesso esclusi dalle stime LCC se non specificamente previsto, dato che sono una voce di costo fondamentale dell'esercizio.
3. Costi di Occupazione (*occupancy costs*). Sono costi aggiuntivi, spesso inclusi nella voce precedente (esercizio) per supportare le attività del conduttore (occupante) dell'immobile. Lo standard ICMS (ICMS, 2020) li definisce come costi correlati all'occupazione di uno spazio che però non fanno parte dei costi del ciclo di vita LCC. Anche lo standard RICS li individua come costi parte del costo a vita intera (Whole Life Cost ai sensi della ISO 15686-5).

Il concetto base di questa metodologia è la definizione del ciclo di vita dell'edificio. La norma UNI 11337-1:2017 individua due macro fasi del ciclo di vita di un asset immobiliare, lo sviluppo e l'esercizio. Lo sviluppo comprende programmazione, progettazione e produzione, mentre l'esercizio comprende gestione e manutenzione. A queste macro fasi occorre aggiungere quella di fine vita e dismissione del bene. Il ciclo di vita di un edificio è sostanzialmente la durata nella quale l'immobile soddisfa dei requisiti specifici, per cui molteplici tipologie di ciclo di vita possono essere definite. Le linee guida RICS [7] individuano le seguenti differenti tipologie di ciclo di vita di un componente o di un sistema edilizio:

- vita economica;
- vita funzionale;
- vita legale;
- vita fisica;

- vita sociale;
- vita tecnologica.

Altro aspetto fondamentale dell'analisi LCC riguarda il periodo di analisi, che deve essere individuato dal committente. Esistono numerose definizioni che si applicano al periodo del ciclo di vita di un edificio, ma è il periodo di analisi o periodo di studio l'elemento fondamentale su cui ci si concentra nell'analisi. Secondo le linee guida RICS il periodo di analisi dovrebbe essere minore della durata del ciclo di vita, mentre gli standard internazionali ISO 15686-1 indicano che dovrebbe essere coincidente con il periodo di occupazione o necessità prevista per l'immobile. Può essere legato ad una responsabilità contrattuale, ed in particolare coincidente con questa durata (soprattutto per contratti di manutenzione o di mutuo bancario) o ad uno standard per l'analisi degli investimenti dell'organizzazione. Le norme americane ASTM E-917 [8] prevedono un periodo di studio di coincidente con l'orizzonte temporale dell'investitore o con la vita di servizio dell'immobile o del componente. Se, tuttavia, il ciclo di vita è molto lungo, si consiglia un periodo di studio inferiore e, negli esempi allegati al testo la norma ASTM utilizza il periodo di 25 anni. Su questa linea il regolamento Europeo n. 244/2012 sul costo globale, che individua un periodo di 30 anni per gli edifici di tipo residenziale e di 20 per gli edifici non residenziali / commerciali. Un limite superiore di 100 anni, molto maggiore quindi, è invece raccomandato dallo standard ISO [6] citato quando il ciclo di vita è molto lungo. In ogni modo, le linee guida RICS consigliano per il periodo di analisi un periodo inferiore del ciclo di vita, in particolare del minore dei diversi cicli di vita indicati precedentemente, e se possibile non superiore ai 30 anni. Una volta individuato il periodo di studio, è possibile definire il LCC ovvero il valore scontato ad oggi del flusso di cassa dato dalla somma dei costi futuri, con la detrazione dell'eventuale valore residuo al termine del periodo di studio. Il LCC può essere rappresentato dalla formula [7] [8] [9]:

$$LCC = NPV = \sum_{t=0}^N \frac{C_t}{(1+i)^t} \quad \text{eq. n: (1)}$$

Dove:

C_t è la somma di tutti i costi rilevanti per l'anno t ;

t è l'anno considerato, a partire da $t=0$ sino a $t=N$;

N è il numero di anni del periodo di studio;

i è il tasso di sconto reale, ovvero la differenza tra il tasso base bancario e il tasso di inflazione.

In genere per il tempo di inizio del periodo di studio ($t=0$), C_t è uguale al costo iniziale di investimento, in ogni anno successivo C_t è uguale alla somma dei costi di esercizio, di manutenzione e di sostituzione sostenuti per quell'anno, alla fine del periodo di studio ($t=N$), C_t in genere tiene conto del valore residuo del bene (se esiste) che viene detratto dai costi.

5. Il caso di studio

Il Pro-Get-One

Il caso di studio che esaminiamo si inserisce nell'ambito del progetto di ricerca ProGETonE (Proactive synergy of inteGrated Efficient Technologies on buildings Envelopes) coordinato dal Dipartimen-



Fig. 2. a e b Collocazione topografica e stato attuale del fabbricato.

to di Architettura dell'Università degli Studi di Bologna (codice progetto GA 723747; programma Horizon 2020; call H2020-EE-2016-2017). Questo progetto di ricerca ha come obiettivo quello di promuovere la riqualificazione e adeguamento dei sistemi edilizi e di renderli energeticamente più sostenibili [10]. Nello specifico, il caso studio in esame è un progetto di ampliamento di un fabbricato risalente agli anni '80 adibito a studentato e situato nel quartiere Zografou di Atene (figura 2a e 2b). L'edificio, pur essendo collocato in un quartiere ad alta densità abitativa, è circondato da verde urbano attorno e si affianca a due strutture di analoga volumetria. La struttura originale è composta da un telaio strutturale in pilastri e travi di cemento armato mentre le parti esterne sono in mattoni cavi, sprovviste di isolamento termico e con infissi in alluminio e legno a vetro singolo, dunque con prestazioni energetiche scadenti. Il progetto prevede una struttura in acciaio accostata a quella preesistente e interviene in particolare sulla parte di struttura esposta a nord, creando uno strato cuscinetto entro cui sono disposti i collegamenti verticali sulla suddetta facciata, con due estensioni che avvolgono per un breve tratto i lati lunghi dell'edificio, ospitando gli ampliamenti delle camere.

In virtù della concezione innovativa del programma ProGETonE, il progetto integra un aspetto fondamentale che rende un edificio realmente sostenibile ed energeticamente efficiente: il suo ciclo di vita e di manutenzione.

Analisi BIM 7D con l'applicativo Autodesk Revit

Prima di parlare della relazione tra il ciclo di manutenzione del fabbricato e il modello parametrico, esponiamo alcune informazioni utili a comprendere meglio il processo di costruzione dei dati. Il caso di studio è stato modellato con il software BIM Autodesk Revit® e ciò, grazie alle sue proprietà di gestione informativa, permette di avere una visione chiara, integrata e strutturata degli elementi in cui si articola il progetto.

Sono stati creati 5 file .rvt che vanno a comporre il progetto complessivo:

- Site – Sito topografico;
- Main Str. – Progetto Strutturale preesistente;
- Main Arc – Progetto Architettonico preesistente;
- GET Str. – Progetto Strutturale ProGETonE;
- GET Arc. – Progetto architettonico ProGETonE;

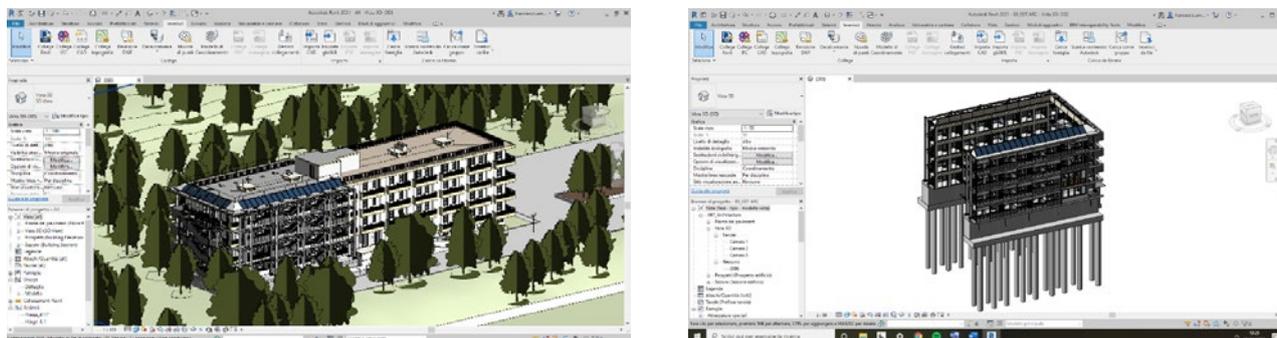


Fig. 3. a e b Screenshot del modello del caso studio in Revit Autodesk e del ProGETonE

<i>famiglie</i>	<i>famiglie</i>	<i>famiglie</i>
Attrezzature Speciali	Muri	Rampe inclinate
Collegamenti Strutturali	Pannelli della Facciata Continua	Ringhiere
Condotti	Passerelle	Scale
Controsoffitti	Pavimenti	Sistema di tubazioni
Elementi di dettaglio	Pilastri Strutturali	Sistemi di facciata continua
Finestre	Porte	Sistema di travi strutturali
Fondazioni Strutturali	Profili	Tetti
Modelli generici	Raccordi	Tubi protettivi

Tab. 1. Famiglie del modello parametrico dello studentato.

Tramite il comando “Collega Revit” posto nella sezione “Inserisci” della barra multifunzione di Revit Autodesk, è possibile importare in unico modello tutti i file in modo da avere un quadro complessivo del progetto e della struttura preesistente, in quanto un piano di manutenzione efficace dovrebbe ovviamente agire su entrambi.

È importante notare come in fase di modellazione, per fare in modo che non ci siano errori di inserimento, sia necessario che questi file siano posizionati allo stesso modo all’interno del software e che gli elementi contengano una quantità di informazioni adeguata a poterli riconoscere anche al di fuori dell’ambiente Revit (fig. 3a e 3b).

Il software Revit ci permette di avere un modello le cui parti ed entità sono suddivise in categorie dette “families”, e in eventuali sottocategorie, e questa caratteristica risulta estremamente utile nel momento in cui, in fase di stesura di un piano di manutenzione, si rende necessario avere delle informazioni dettagliate sulle diverse tipologie di elementi costruttivi e di unità tecnologiche. Per maggiore chiarezza andiamo ad indicare nella tabella 1 le famiglie principali che articolano il modello parametrico dello studentato. Ognuna di queste famiglie si snoda in ulteriori sottocategorie, a cui poi afferiscono gli elementi singoli: ad esempio in “Fondazioni Strutturali” troviamo i sottoinsiemi “Cordolo”, “Massetto”, “Flangia a T”, “Flangia ad H”, “Pilastro in calcestruzzo”, “Platea”, mentre la famiglia “Porte” si suddivide in “Porta interna doppia”, “Porta interna singola”, “Porta finestra”, “Porta Scorrevole”, “Porta ad una anta” (tab.1).

Si sottolinea come l'organizzazione del modello parametrico fatta in Revit è per certi versi simile, in linea di principio, alla scomposizione del progetto che si può fare con la PBS (Product Breakdown Structure) tramite cui si distribuiscono gli elementi singoli in classi di elementi e in macro unità tecnologiche.

Se ci spostiamo quindi nel campo del Facility Management, e in particolare sull'aspetto della manutenzione, dal punto di vista del Maintenance Manager questo risulta avere un grande vantaggio dei software BIM poiché mettono nelle mani del progettista degli strumenti che gli rendono più agevole ed efficace il processo del Quantity Take Off (QTO) ovvero dell'estrapolazione dei dati e delle informazioni che descrivono tutti gli elementi e le parti del progetto.

Interoperabilità ed Esportazione dei dati

La tendenza del mondo di digitale è quella di avere degli standard di comunicazione efficaci tra software diversi, in modo che dagli stessi possano trarne vantaggio i tecnici e progettisti: infatti la conseguente interoperabilità che si viene a creare permette uno scambio di informazioni più immediato tra professionisti con competenze diverse. Questo processo di cambiamento è lento ma in costante miglioramento infatti possiamo citare due standard nell'ambito dei modelli parametrici che risultano estremamente importanti nella produzione di un piano di manutenzione: COBie e IFC [1].

- IFC (Industry Foundation Classes) è un formato di file aperto, non controllato da un singolo produttore, che permette l'interscambio delle informazioni relative all'intero ciclo di vita dell'edificio, dalla sua analisi alla realizzazione e manutenzione, senza distorsione o perdita di dati; come vedremo viene condiviso a livello internazionale ed è eseguito da centinaia di software diversi.
- COBie (Construction Operation Building information exchange) è un open standard per lo scambio di informazioni sugli asset gestibili, nella forma di foglio di calcolo, che consente l'integrazione di dati eterogenei provenienti da fonti diverse, estremamente utile per la condivisione e sistematizzazione di informazioni relative alle facilities e ai costi.

Si sottolinea che IFC e COBie non siano dei formati digitali intercambiabili, al contrario intervengono entrambi nell'informatizzazione dei processi edilizi e della pianificazione della manutenzione, il primo è relativo principalmente alla conversione di file, il secondo ad una descrizione strutturata delle informazioni.

La crescente integrazione delle attività gestionali con quelle tecniche data dai software BIM permette di rendere più flessibili, efficienti, e quindi economici, i processi tipici del Facility Management: questo oltre ad andare a vantaggio delle aziende e dei progettisti, che potranno avvalersi di un supporto ai processi decisionali ed operativi, andrà anche a vantaggio dei clienti e dei proprietari immobiliari che godranno di servizi migliorati.

Per quanto riguarda il caso studio, tralasciamo lo standard COBie poiché ci è sufficiente l'esportazione del modello parametrico in IFC, che successivamente inseriremo in un software di terze parti per la redazione del piano di manutenzione: questa operazione è fattibile direttamente in Revit tramite l'apposito strumento di salvataggio.

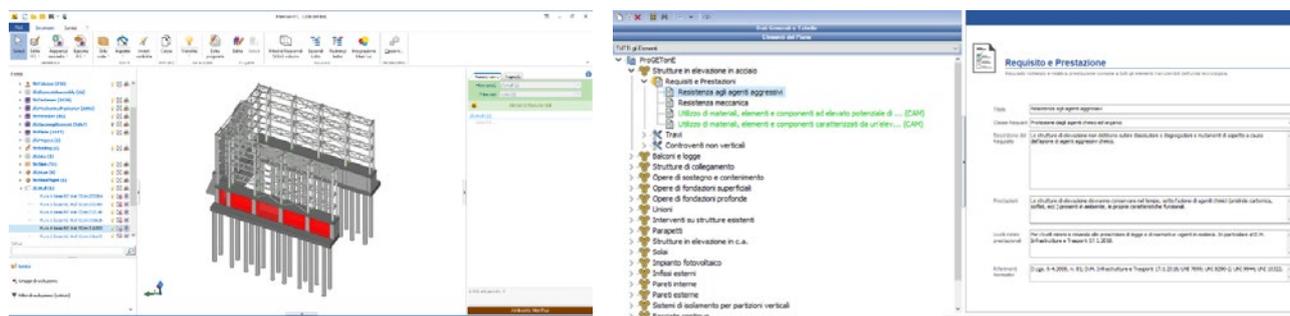


Fig. 4. a, b e c Screenshots del modello del ProGETonE nel software Mantis-P e di una schermata dell'archivio.

Il passaggio successivo è quindi quello di importare questo file IFC in un software in grado di aiutarci nella redazione del piano di manutenzione: molte aziende produttrici di software integrano nel loro catalogo questo tipo di soluzioni per la gestione di asset e l'organizzazione delle attività manutentive. Similarmente a quello che avviene per i software dedicati ai computi metrici o ai calcoli energetici, il grande vantaggio di questo metodo è che avremo a disposizione un archivio aggiornato degli elementi tecnologici e costruttivi, con la possibilità di fare integrazioni e aggiunte, per cui il processo di progetto della manutenzione sarà conseguentemente più snello: basta assegnare a ciascun elemento il giusto riferimento in archivio, compilando successivamente le sezioni relative ai requisiti, ai guasti e ai cicli di manutenzione previsti.

Si riportano di seguito, a titolo del tutto esemplificativo, degli screenshot del software ManTus-P® di Acca, sottolineando come in ogni caso il funzionamento sia analogo per altri applicativi (fig. 4 a, 4 b e fig. 4 c).

Analisi LCC della struttura GET

L'analisi LCC ha consentito di valutare tre diverse alternative di manutenzione del sistema GET e del cappotto dell'involucro, applicato sia all'esistente che alle "extra room" del sistema GET. Il Quantity Take - Off ha permesso di estrarre le quantità dal computo metrico, e di eseguire una stima economica dell'importo della struttura GET applicata, che per semplicità è stato relativo solo alla struttura di acciaio GET fuori terra e al cappotto esterno delle pareti dell'extra room e applicato alle pareti esistenti. La vita utile del cappotto è stata stimata in 40 anni e quella della struttura d'acciaio in 40-60 anni in funzione dello stato manutentivo. Le tre alternative manutentive previste per la simulazione LCC sono riepilogati in tabella 2.

Chiaramente una maggiore attività manutentiva, realizzata tramite verniciatura della struttura di acciaio ne aumenta la vita utile ma anche i costi di manutenzione. La simulazione LCC è stata svolta per tre periodi di studio, rispettivamente per 10, 20 e 30 anni. Il tasso di sconto reale stimato nel 1,5% su base annua. Sono state stimate tre alternative manutentive, la prima "standard di mercato", comporta una verniciatura della struttura di acciaio ogni 20 anni, la seconda "manutenzione programmata base" una verniciatura del 33% della struttura ogni 10 anni, la terza "manutenzione programmata avanzata" comporta una verniciatura completa ogni 10 anni. Per ogni soluzione è sempre prevista una manutenzione annuale delle pareti esterne e della struttura in ac-

<i>Alternativa Manutentiva</i>	<i>Manutenzione programmata</i>	<i>Ispezioni e piccole riparazioni</i>
1 Standard di mercato	verniciatura 100% struttura acciaio ogni 20 anni	annuale: struttura acciaio e pareti esterne
2 Programmata base	verniciatura 33% struttura acciaio ogni 10 anni	annuale: struttura acciaio e pareti esterne
3 Programmata avanzata	verniciatura 100% struttura acciaio ogni 10 anni	annuale: struttura acciaio e pareti esterne

Tab. 2. Alternative manutentive per la simulazione LCC.

<i>Alternativa manutentiva</i>	<i>LCC 10 anni</i>	<i>LCC 20 anni</i>	<i>LCC 30 anni</i>
1 Standard di mercato	€ 73.175,94	€ 141.695,00	€ 185.760,68
2 Programmata base	€ 72.282,14	€ 129.337,43	€ 173.995,43
3 Programmata avanzata	€ 75.895,43	€ 136.792,97	€ 185.389,67

Tab. 3. Simulazione Life Cycle Cost delle tre alternative di manutenzione per la struttura d'acciaio e parete esterna Pro-GET-One.

ciaio comprendente controlli ispettivi e piccole riparazioni. Considerando un tasso di sconto reale del 1,5%, i dati desunti dall'analisi Life Cycle Cost sono espressi nella tabella 3 e nella figura 5.

Si noti come il costo minimo, e quindi ottimale, si ottiene con la soluzione 2, manutenzione programmata base, che minimizza i costi totali in tutti e tre i periodi di studio. Si consideri comunque che i risultati ottenuti nella simulazione derivano dal trade-off tra i costi manutentivi e l'incremento di valore residuo dato dall'aumentare della vita utile causato dalle manutenzioni stesse. Infatti mentre la vita utile considerata per il cappotto esterno è considerata costante di 30 anni, per la struttura di acciaio la vita utile base considerata di 40 anni aumenta sino a 60 anni in funzione della manutenzione [11] [12] [13].

6. Discussione dei risultati e conclusioni

La progettazione della gestione di un O.E. e la definizione delle strategie manutentive sono attività fondamentali del processo edilizio, in quanto garantiscono lo svolgimento delle funzioni e dei servizi forniti dall'edificio durante il ciclo di vita. Il processo BIM 7D può consentire un utile apporto nella pianificazione delle attività manutentive e nella redazione dei piani di manutenzione. Tuttavia la qualità dell'O.E. manutentiva è influenzata in modo significativo anche dagli aspetti economico – finanziari. Il progetto gestionale ed in particolare il piano di manutenzione devono essere il risultato sinergico delle tre funzioni fondamentali: la funzione tecnica, quella economica e quella finanziaria; ossia le scelte sulle strategie manutentive da adottare devono tenere conto delle ricadute economico-finanziarie che si hanno sulla gestione complessiva. Il filo conduttore che governa il processo è la qualità che si vuole mantenere nel tempo. Il budget allocato e la stima dei costi di manutenzione deve essere svolta con attenzione, in quanto una sottostima o sovrasti-

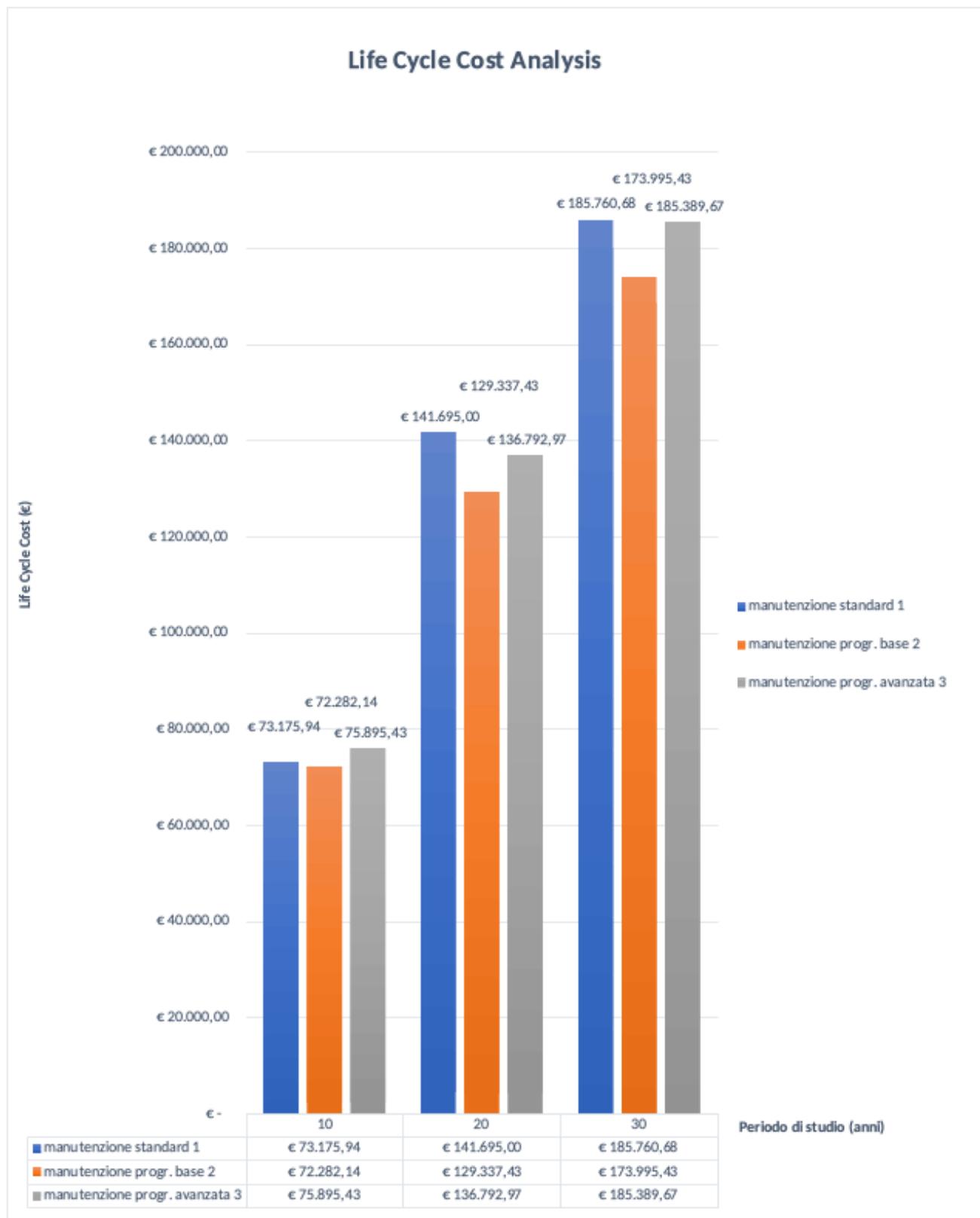


Fig. 5. Analisi LCC delle alternative manutentive.

ma può creare problemi sia nell'esercizio dell'immobile che nella gestione delle attività manutentive stesse. Per l'ottimizzazione dei costi di manutenzione il metodo del LCC può consentire una accurata analisi del costo delle attività manutentive nel periodo di studio considerato, e la sua implementazione basata sul database BIM 7D risulta facilitata quanto più il progetto è complesso. Resta comunque la difficile valutazione del valore residuo a fine periodo come elemento di futuro approfondimento.

Riferimenti bibliografici

- [1] Paparella R., Zanchetta C. BIM & Digitalizzazione del Patrimonio Immobiliare. Ed. Esculapio Italia, 2020.
- [2] Mirghani MA. Application and implementation issues of a framework for costing planned maintenance. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 9(4), 2003.
- [3] Bragadin MA, D'Alesio M, Ferrante A. Demolire o riqualificare? Life Cycle Cost Analysis e piano di Manutenzione per il caso di studio Pro-Get-One/Demolition or renovation? Life Cycle Cost Analysis and Building Maintenance Planning for the Pro-Get-One case study. *Colloqui.AT.e 2020 Proceedings*, 2020.
- [4] EU Report. Housing statistics in the European Union. 2010.
- [5] Chanter B, Swallow P. *Building Maintenance Management*. Blackwell UK, 2007.
- [6] ISO 15686- 5 Buildings and constructed assets – Service life planning: Part 5, Life-cycle costing.
- [7] Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS). *Life Cycle Costing*. 1st edition RICS, UK, 2016.
- [8] ASTM E 917 Standard Practice for measuring Life Cycle Cost of Buildings and Building Systems.
- [9] Bragadin MA, Boiardi L, Santoni L. Global Cost Analysis for energy refurbishment of Social Housing. *ISTEA 2014 Proceedings*, Maggioli, Rimini, 2014.
- [10] Semprini G, Gulli R, Ferrante A. Deep regeneration vs shallow renovation to achieve nearly Zero Energy in existing buildings. Energy saving and economic impact of design solution in the housing stock of Bologna. *Energy and Buildings* 156: 327-342, 2017.
- [11] Nicoletta M. Relazione fra durata e costi di realizzazione di un edificio. *Costruire in Laterizio* 46 luglio-agosto 1995.
- [12] Flager FL. *The design of Building Structures for improved Life-Cycle Performance*. Massachusetts Institute of Technology, 2003.
- [13] Manfron V, Siviero E (a cura di). *Manutenzione delle costruzioni*. Utet, 1998.