UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MODENA E REGGIO EMILIA

Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari"

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile e Ambientale (D.M. 270/04)

DESCRIZIONE RIASSUNTIVA:

ANALISI TERMICA DINAMICA E BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM) APPLICATI A UN EDIFICIO A USO FORTEMENTE INTERMITTENTE

Candidato

Roberto Pattarozzi

Anno Accademico 2023/2024

Building Information Modelling: nuova leva per la gestione del territorio

La gestione del territorio, intesa come pianificazione, valorizzazione e manutenzione del patrimonio costruito, è una delle sfide più complesse per le città del XXI secolo. In un contesto caratterizzato da crescita urbana, necessità di riqualificazione del costruito, vincoli ambientali e obiettivi di decarbonizzazione, le amministrazioni pubbliche e i progettisti hanno bisogno di strumenti in grado di raccogliere, organizzare e interpretare grandi quantità di dati.

In questo scenario, il **Building Information Modelling (BIM)** si propone come una delle tecnologie più promettenti per supportare le politiche di gestione territoriale. Il BIM non è un semplice strumento di disegno tridimensionale, ma un vero e proprio processo collaborativo di gestione delle informazioni, che permette di creare un "gemello digitale" dell'opera edilizia, arricchito di tutte le informazioni utili alla progettazione, costruzione, esercizio e dismissione.

Dal punto di vista della gestione del territorio, il BIM offre tre vantaggi principali:

1. **Digitalizzazione e tracciabilità del patrimonio costruito**
   Ogni edificio può essere rappresentato attraverso un modello parametrico che contiene dati su geometrie, materiali, prestazioni energetiche, stato di manutenzione e vita utile delle componenti. Questa digitalizzazione permette di avere una "mappa intelligente" del costruito, utile per censimenti, catasti energetici e pianificazione di interventi di riqualificazione urbana.

2. **Interoperabilità e integrazione con piattaforme urbane**
   Grazie all'utilizzo di formati aperti come l'IFC (Industry Foundation Classes), i modelli BIM possono essere integrati con sistemi GIS e piattaforme di digital twin urbani. Ciò consente di analizzare scenari di trasformazione territoriale, valutare impatti ambientali, monitorare consumi energetici e pianificare in maniera coordinata le infrastrutture e i servizi.

3. **Supporto alle decisioni e ottimizzazione delle risorse**
   Il BIM fornisce un database centralizzato e aggiornabile, che può essere interrogato per ottenere indicatori utili alla pianificazione strategica: costi di manutenzione, tempi di intervento, priorità di efficientamento energetico. Questo approccio riduce sprechi di risorse pubbliche, migliora la trasparenza dei processi e facilita il monitoraggio degli obiettivi di sostenibilità.

Questa capacità predittiva è cruciale per la gestione del territorio perché consente di passare da una manutenzione reattiva a una manutenzione preventiva, programmando interventi al momento ottimale e riducendo i costi complessivi lungo il ciclo di vita delle opere. Allo stesso tempo, permette di costruire scenari di sviluppo urbano coerenti con gli obiettivi di riduzione dell'impronta ecologica e di adattamento ai cambiamenti climatici, in linea con le direttive europee (EPBD, Green Deal) e con gli obiettivi di neutralità climatica.

In sintesi, il BIM diventa uno strumento di governance del territorio, che consente di trasformare l'enorme mole di dati generata dal settore delle costruzioni in conoscenza utile per pianificare città più sostenibili, resilienti e a misura di cittadino. La sua adozione sistematica, soprattutto nel settore pubblico, può favorire un salto di qualità nella gestione del patrimonio edilizio esistente e nella progettazione delle future trasformazioni urbane.

Descrizione Riassuntiva Tesi

Introduzione e Obiettivi

La presente tesi nasce con l'obiettivo di integrare due tecnologie chiave: Building Information Modelling (BIM) e analisi termica dinamica con metodo orario, applicandole a un caso reale – un teatro a uso fortemente intermittente – per dimostrare come sia possibile migliorare la gestione del patrimonio costruito, ridurre i consumi energetici e ottimizzare le strategie di manutenzione e riqualificazione.

L'uso combinato di BIM e calcolo dinamico fornisce infatti non solo una rappresentazione tridimensionale dell'edificio, ma anche un database informativo e un modello predittivo capace di simulare il comportamento termico in condizioni d'uso reali. Questo permette di trasformare l'edificio in un nodo informativo territoriale, inseribile in sistemi di gestione urbana integrata (GIS, piattaforme digital twin), a supporto di decisioni su larga scala.

Metodo Dinamico Orario

Il primo capitolo dell'elaborato approfondisce il metodo dinamico orario previsto dalla norma UNI EN ISO 52016. Tradizionalmente, le analisi energetiche si basano su metodi stazionari medi mensili (UNI/TS 11300), che eseguono 12 bilanci energetici annuali e utilizzano condizioni medie. Questa semplificazione è però inadeguata per edifici con utilizzo discontinuo, poiché non tiene conto dei periodi di inattività né delle rapide variazioni climatiche e di occupazione.

Il metodo dinamico orario effettua invece 8.760 bilanci energetici su base annuale, con passo di un'ora, modellando l'interazione edificio–impianto e includendo:

- profili orari di temperatura, ventilazione e occupazione,
- calcolo dei carichi di picco,
- verifica del comfort termo-igrometrico,
- dimensionamento accurato degli impianti.

Questa metodologia consente di simulare la risposta termica dell'involucro e di quantificare in modo più realistico il fabbisogno di energia, evitando sovrastime o sottostime che influenzerebbero negativamente le scelte progettuali e gestionali. Dal punto di vista della gestione del territorio, ciò significa poter programmare interventi di efficientamento più mirati, riducendo i costi pubblici e l'impatto ambientale.

Building Information Modelling

Il secondo capitolo è dedicato al BIM, descritto come metodologia di lavoro collaborativa che raccoglie, struttura e aggiorna informazioni durante l'intero ciclo di vita dell'opera. Non si tratta solo di modellazione geometrica, ma di una piattaforma informativa in cui confluiscono dati su materiali, stratigrafie, impianti, costi, cronoprogrammi e prestazioni energetiche.

Vengono richiamate le normative di riferimento (UNI 11337 e UNI EN ISO 19650) e i concetti di Level of Development (LOD) e Elaborato Informativo, che consentono di definire il livello di dettaglio richiesto in ogni fase (progettazione, costruzione, gestione).

Dal punto di vista della gestione del territorio, il BIM rappresenta una vera infrastruttura digitale per la governance urbana:

- permette di ottimizzare tempi e risorse,
- di controllare le interferenze progettuali riducendo varianti e costi di cantiere,
- di integrare il modello in sistemi GIS per analisi a scala urbana,
- di pianificare manutenzioni predittive e interventi di riqualificazione sulla base di dati oggettivi.

Caso Studio: Teatro a Uso Intermittente

La terza parte della tesi applica le conoscenze teoriche a un **teatro esistente**, edificio con elevata complessità geometrica e impiantistica e utilizzo discontinuo (eventi serali, periodi di inattività).

1- **Creazione del Modello BIM**

- Sopralluoghi e rilievi per definire geometrie e stratigrafie.
- Inserimento di materiali, serramenti e impianti.
- Zonizzazione termica in tre aree principali: ingresso, camerini, sala teatro.

2- **Generazione del Modello Energetico (BEM)**

Il modello BIM è stato esportato in formato IFC (standard aperto) e importato in EDILCLIMA per la creazione del Building Energy Model. Sono stati definiti i profili orari di occupazione, accensione impianti, carichi interni e condizioni climatiche locali.

3- **Simulazione Dinamica**

È stata eseguita un'analisi su un anno intero con passo orario, ottenendo:

- Temperature operative interne per ogni zona.
- Fabbisogni di riscaldamento e raffrescamento con elevata precisione.
- Curve di carico e picchi di potenza utili al dimensionamento impianti.

Risultati e Implicazioni per la Gestione del Territorio

I risultati hanno evidenziato:

- rapido decadimento della temperatura interna durante i periodi di inattività;
- necessità di avviare gli impianti con anticipo per garantire comfort al momento dell'occupazione;
- possibili ottimizzazioni tramite sistemi di controllo evoluti, strategie di pre-riscaldamento e miglioramento della massa termica.

Dal punto di vista strategico, questi dati possono alimentare piani di gestione a livello urbano:

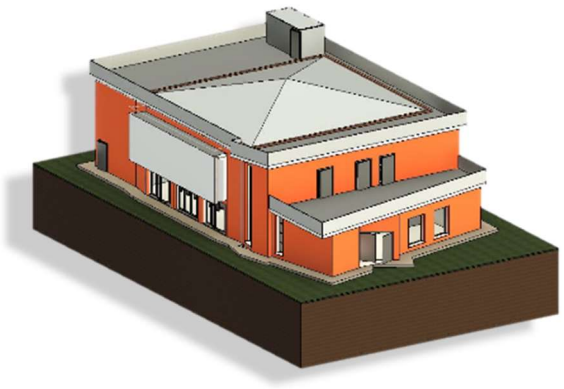
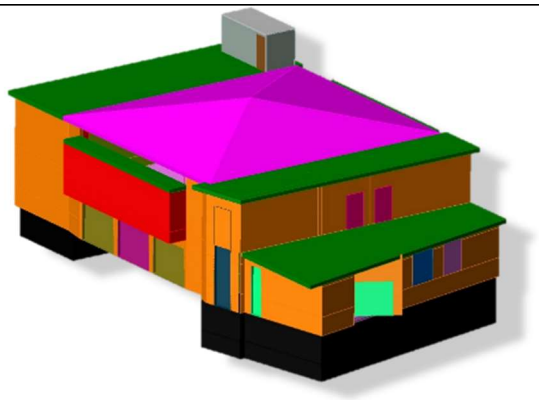
- programmazione dei consumi su base stagionale,
- valutazione dell'impatto energetico di interi comparti edilizi,
- supporto a politiche di rigenerazione urbana e riduzione del consumo di suolo,
- creazione di digital twin cittadini per simulare scenari di sviluppo.

Conclusioni

La tesi dimostra che l'integrazione di BIM e analisi dinamica oraria:

- **ottimizza il ciclo di vita dell'edificio**, riducendo costi operativi;
- **fornisce basi oggettive per decisioni politiche** in materia di riqualificazione e gestione del patrimonio pubblico;
- **favorisce la sostenibilità territoriale**, riducendo consumi energetici e emissioni climalteranti.

Questo approccio è replicabile ad altre tipologie edilizie (scuole, palestre, edifici pubblici) e può diventare uno standard per le amministrazioni locali impegnate nella transizione ecologica e nella costruzione di città più intelligenti, resilienti e a misura di cittadino.

	
Building Information Modeling (BIM)	**Building Energy Modeling (BEM)**