

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI
FEDERICO II**



FACOLTÀ DI INGEGNERIA

**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL
TERRITORIO**

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

TESI DI LAUREA

**INTERVENTI DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO
DEGLI EDIFICI:IL CASO DI UNO STUDENTATO A
BUCAREST.**

RELATORE

CH.MO PROF. ING. FRANCESCO CALISE

CORRELATORE

ING. FRANCESCO L. CAPPIELLO
ING. MARIA VICIDOMINI

CANDIDATO

MARTINA TORTORA
M67/447

ANNO ACCADEMICO 2017/2018

La drammatica situazione sui cambiamenti climatici che sta investendo oggi il nostro pianeta, è conseguenza di un progressivo riscaldamento globale dovuto all'aumento delle emissioni di CO₂ in atmosfera. In virtù di queste urgenti problematiche, l'Unione Europea ha posto come obiettivo prioritario la riduzione di emissioni dei gas serra. L'obiettivo di riduzione dell'Unione Europea successivo al 2020 e inviato all'UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change), come contributo dell'Unione all'Accordo di Parigi prevede la riduzione dei gas serra di almeno il 40% a livello europeo rispetto all'anno 1990, e l'azzeramento delle emissioni per il 2050. Stando ai dati forniti dalla Commissione Europea, il settore edilizio rappresenta attualmente il 40 % del consumo energetico ed è responsabile del 36 % delle emissioni di CO₂ nell'UE. Attualmente, circa il 35 % degli edifici nell'UE ha oltre 50 anni: migliorando l'efficienza energetica degli edifici, il consumo totale di energia nell'UE potrebbe ridursi del 5-6 % e si potrebbe conseguire un taglio delle emissioni di CO₂ del 5 %. I Paesi europei dovranno elaborare nei prossimi anni una strategia a lungo termine per sostenere la ristrutturazione degli edifici residenziali e non residenziali, sia pubblici che privati, al fine di ottenere un parco immobiliare decarbonizzato e ad alta efficienza energetica entro il 2050, e dovranno facilitare la trasformazione degli edifici esistenti in edifici a energia quasi zero (nZEB). Lo prevede la direttiva 2018/844/UE, pubblicata sulla Gazzetta europea, che aggiorna la direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia e la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica.

In questo lavoro di tesi è stato caratterizzato e analizzato dal punto di vista energetico un edificio ad uso residenziale; tramite l'utilizzo di un software di simulazione dinamica è stato possibile ottenere dei risultati giornalieri, mensili ed annuali, inizialmente dell'edificio al suo stato attuale. In seguito sono state effettuate delle simulazioni cambiando sia l'involucro termico dell'edificio delle superfici opache che le superfici vetrate secondo i requisiti minimi di trasmittanza stabiliti dalla normativa di due Stati europei: la Romania e l'Italia. L'edificio preso in considerazione è un dormitorio universitario situato all'interno del Campus Regie dell'Università politecnica di Bucarest, in Romania. Esso si presenta con dimensioni piuttosto ampie, è costituito da 6 piani, ogni piano ha dieci appartamenti

e ciascun appartamento ospita due studenti. Essendo stato costruito negli anni tra il 1975 e il 1990, è stato possibile reperire i dati riguardanti l'involucro delle pareti e la tipologia di finestre presenti, di cui le trasmittanze avendo tutti valori vicini all'unità sono ben lontani dai valori minimi previsti dalla normativa sia rumena che italiana. È stato realizzato il modello 3D dell'edificio con l'utilizzo del programma grafico Sketchup, mentre il modello dinamico edificio-impianto è stato realizzato con il software di simulazione TRNSYS, il quale è formato da due interfacce *TRNBUILD* e *SIMULATION STUDIO*. Per definire il carico termico dell'edificio sono stati inseriti, prima di tutto, le caratteristiche dell'edificio come la stratigrafia delle mura, la ventilazione e i carichi interni. Queste caratteristiche però, consentono di calcolare solo uno dei guadagni di calore, cioè quello trasmesso dalla radiazione solare, che è la principale fonte di calore. Un'altra sorgente di calore è quella dovuta agli occupanti degli edifici e all'utilizzo degli elettrodomestici. Al fine di realizzare un modello dell'edificio quanto più fedele possibile alla realtà, sono stati realizzati più profili di utilizzo degli apparecchi elettronici e diversi profili di occupazione per gli studenti. Per ottenere una valutazione più completa dell'efficacia dell'intervento e per testare la versatilità del modello di simulazione, sono state effettuate ulteriori simulazioni considerando lo stesso edificio situato nella città di Torino (IT).

Alla luce dei risultati ottenuti in questo lavoro, si può dire che entrambe le direttive, rumene e italiane, che definiscono i requisiti minimi di trasmittanze da garantire all'involucro termico dell'edificio, comportano considerevoli riduzioni di consumo di energia termica, di energia primaria e di emissioni di CO₂. Considerando per primo il caso dell'edificio situato nella città di Bucarest, in Romania, modificando i valori di trasmittanza U secondo la direttiva rumena, si è ottenuta una riduzione di energia termica per il riscaldamento, rispetto al Sistema di Riferimento, del 65,26%; mentre per il consumo di energia termica per il raffrescamento è risultata una diminuzione del 32% a cui consegue un abbassamento del consumo di energia elettrica dovuta alle pompe di calore aria/aria del 12,2%. Analizzando invece i risultati ottenuti dall'intervento in base ai requisiti minimi imposti dall'Italia, è uscito fuori una riduzione del consumo termico per il riscaldamento del 67,2%, mentre per il raffrescamento il 37,4% in meno rispetto al sistema di riferimento,

con una diminuzione dell'energia elettrica per la pompa di calore aria/aria del 27%. Dai risultati ottenuti, invece, considerando l'edificio spostato nella città di Torino, in Italia, considerando i valori di trasmittanza della normativa rumena e di quella italiana si sono ottenute delle riduzioni di consumo di energia termica per il riscaldamento del 71,36% e del 72,6%, rispettivamente; per i valori di consumo di energia termica per il raffrescamento si sono ottenute delle riduzioni del 30%, con la normativa rumena, e del 37% con la normativa italiana, da cui ne consegue una riduzione di energia elettrica del 21% e del 37%, rispettivamente. Per quanto riguarda il risparmio di energia primaria si è ottenuto nel primo caso, ovvero considerando l'edificio nella città di Bucarest, un PES del 39% e del 41%, rispettivamente per l'intervento con la normativa rumena e con la normativa italiana. Considerando invece l'edificio collocato nella città di Torino, è risultato che il PES raggiunto con la normativa rumena è del 41%, con la normativa italiana è del 42%. Misurando poi l'abbassamento di emissioni di CO₂, per l'edificio nella città di Bucarest, si sono raggiunti valori di riduzione del 41% e del 43% rispetto al sistema di riferimento, mentre per l'edificio nella città di Torino, del 47% e del 48%. Da questi risultati termici ed ambientali si evince che l'intervento sull'involucro edilizio considerando entrambe le normative, sia che l'edificio si trovi nella città di Bucarest che nella città di Torino, è un intervento efficiente da cui è possibile ottenere risparmi sia in termini di energia primaria che di emissioni di CO₂ considerevoli, senza trascurare gli alti valori di riduzione del consumo termico sia in inverno che in estate. Si evince inoltre che per la città di Torino si ottengono delle riduzioni di energia termica per il riscaldamento leggermente più alti e questo è dovuto alla differenza di temperatura delle due città, che sebbene entrambe presentano climi molto freddi hanno circa 1000 GG di differenza. E' importante sottolineare che gli interventi sull'involucro non solo comportano una riduzione dell'energia termica richiesta, ma anche una riduzione della potenza impegnata. Per cui un ulteriore risparmio energetico potrebbe essere ottenuto attraverso l'impiego di un impianto con una potenza nominale più bassa e che quindi lavori un minor numero di ore a carico parzializzato. Da un punto di vista economico è risultato che gli investimenti iniziali per tutti i casi analizzati risultano essere abbastanza alti. I SPB ottenuti dall'analisi economica effettuata,

considerando una vita utile di 50 anni, si aggirano tutti intorno a valori che vanno dai 15 ai 17 anni; generalmente questi costituiscono tempi di ritorno troppo lunghi ma considerando la tipologia di intervento, e che la vita utile di un materiale isolante è molto lunga (dai 30 agli 80 anni in base al tipo di isolante utilizzato), sono valori di ritorno piuttosto comprensibili ed accettabili.

Sebbene i risultati ottenuti mostrino performance energetiche ed ambientali promettenti, questa tipologia di intervento costituisce, solo il primo obiettivo da realizzare per la costruzione di un edificio ad altissima efficienza energetica. Per agire in conformità delle nuove normative europee vigenti nell'ambito dell'efficienza energetica degli edifici è necessario programmare ulteriori interventi innovativi principalmente sugli impianti del manufatto edilizio. Nel caso specifico dell'edificio analizzato in questo lavoro di tesi, i futuri interventi da attuare possono essere sicuramente cambiare l'attuale caldaia con una caldaia a condensazione, le quali riescono a sfruttare l'energia termica dei fumi in quanto realizzate con materiali resistenti all'acidità della condensa (pH 4-5). Questo significa che per ottenere la corretta temperatura dell'acqua di riscaldamento la caldaia a condensazione utilizza meno combustibile, dando luogo sia ad un risparmio immediato che ad un minore inquinamento in termini di emissioni; oppure si potrebbe optare di sostituire la stessa caldaia con una pompa di calore per il riscaldamento che comporterebbe un grande vantaggio di risparmio sia in termini energetici che economici. Nel caso specifico occorrono strategie innovative come le pompe di calore geotermiche, il cui principale vantaggio è nello scambio con il terreno che, a differenza dell'aria, è uno scambiatore di calore la cui inerzia termica è enorme. Questo significa che non varia, se non limitatamente, la sua temperatura al variare della temperatura ambiente; questo si traduce in un grande vantaggio per le pompe di calore che possono sfruttare una sorgente termica a una temperatura praticamente costante tutto l'anno assicurando COP eccellenti in regime continuativo. Un altro intervento innovativo è l'introduzione di impianti di energia da fonti rinnovabili, come ad esempio l'installazione di pannelli fotovoltaici, sul tetto dell'edificio, o collettori solari. La scelta della tipologia di collettori da utilizzare sarà frutto di un'analisi specifica in funzione principalmente della domanda termica e dei dati climatici.

In conclusione si può aggiungere che il modello realizzato per la simulazione dinamica dell'edificio può essere utilizzato anche per altri edifici che presentano caratteristiche in comune con quello analizzato, potendo effettuare facilmente verifiche e confronti con altri contesti climatici.