

Evaluation of sustainability and energy optimization of existing buildings: the development of new technologies for Zero Energy buildings

Maria Chiara Cimmino^{a*}

^aDepartment of Civil Engineering, University of Salerno, Fisciano (SA) 84084, Italia

Highlights

The main research topic is to exploit the structural paradigm *tensegrity* in order to design a tensegrity plate composed of tensegrity prisms combined with photovoltaic cells and/or airfoil panels.

The innovative dynamic tensegrity façade can reduce solar gain, creating a more comfortable internal environment for occupants and producing a distinctive external aesthetic.

Abstract

The aim of this research is to exploit the structural paradigm “tensegrity” at the level of secondary structures, in order to respond to the natural environment by changing their mechanical and HVAC properties. According to standards of European and Italian Laws, rating systems LEED and operating principles of tensegrity, technological, functional and prestational parameters are defined in order to design innovative Smart Façade System. A tensegrity plate – designed for a particular study case - will be developed, assembled and tested by different dynamic simulation programs to evaluate potentially the effects of applying this envelope technology.

Keywords

Energy optimization, Existing Buildings, HVAC Properties, Smart Envelope, Tensegrity

1. INTRODUZIONE

L’impatto ambientale della progettazione, costruzione ed esercizio degli edifici è enorme: in Europa gli edifici sono responsabili, direttamente o indirettamente, di circa il 40% del consumo di energia primaria complessiva. Un progetto realizzato con criteri di sostenibilità ambientale può minimizzare o eliminare del tutto gli impatti ambientali negativi e consente di ridurre i costi operativi, aumentare il valore dell’immobile nel mercato e la produttività degli utenti finali, riducendo nel contempo le potenziali responsabilità conseguenti ai problemi relativi alla scarsa qualità dell’aria interna agli edifici [1]. Il contesto italiano è, però, connotato da una grande quantità di edifici esistenti caratterizzati da una scarsa efficienza energetica, infatti le città italiane sono, storicamente, il risultato di una stratificazione architettonica, di stili, tecnologie e modi di costruire differenti. L’espansione centrifuga del secondo dopoguerra ha significato la creazione della periferia con tecnologie non prestazionali, rendendo oggi necessario il fenomeno contrario, centripeto, di ridensificazione, fatta di recupero per gli edifici correnti e di recupero/restauro per quelli in cui il valore storico lo richiama [2]. Dall’analisi della complessa realtà urbana emerge, dunque, la necessità di riqualificare

* Corresponding author. Tel.: +39-089-964208; fax: +39-089-229232; e-mail: mcimmino@unisa.it

dal punto di vista energetico gli edifici esistenti con strategie d'intervento mirate all'efficientamento energetico dell'involucro edilizio [3] [4].

La ricerca si propone di affrontare i temi delle Tecnologie costruttive e dell'Innovazione di prodotto focalizzando l'attenzione sulle tematiche legate al settore tecnologico Ambiente-Energia e Costruzione. I settori scientifico-disciplinari interessati dalla ricerca sono:

ICAR/8	-	Scienza delle Costruzioni
ICAR/10	-	Architettura Tecnica
ICAR/11	-	Produzione Edilizia
ICAR/12	-	Tecnologia dell'architettura
ING-IND/11	-	Fisica Tecnica Ambientale

La ricerca propone una metodologia di indagine che permetta di sviluppare l'iter scientifico da una fase teorica ad una fase applicativa, attraverso la progettazione e realizzazione di un nuovo componente tecnologico Tensegrity di facciata capace di contenere il consumo energetico degli edifici, nuovi ed esistenti, e di limitare, conseguentemente, l'impatto ambientale degli stessi durante tutto il loro ciclo di vita, rispondendo in tal senso anche a quanto prescritto dalle normative vigenti italiane ed europee in materia. La messa a punto di un prototipo altamente innovativo permetterà di valutare gli aspetti legati al design, alle problematiche di carattere tecnologico ed alle prestazioni raggiungibili in termini energetici dai componenti di facciata complessi realizzati con il sistema strutturale Tensegrity [5] [6].

2. STATO DELL'ARTE

Nel seguito si presenta una breve rassegna dello stato dell'arte dei diversi ambiti di interesse della ricerca.

2.1 Involucro

Dal concetto di involucro come elemento energeticamente passivo, di separazione tra ambiente interno ed esterno, si passa al concetto di involucro come elemento dinamico e interattivo del complesso sistema energetico che regola il funzionamento dell'edificio e ne caratterizza l'immagine [7]. Le soluzioni tecnologiche e la scelta dei materiali si orientano verso quei sistemi tecnologici che riescono a governare tali scambi termici e luminosi, garantendo al contempo i requisiti estetici dettati dai nuovi linguaggi architettonici. L'involucro si svincola dalla struttura portante dell'edificio e diviene elemento di chiusura chiamato a regolare prevalentemente i flussi energetici legati al passaggio di calore, alla trasmissione della luce per un'adeguata illuminazione degli ambienti interni ed alla protezione della radiazione solare nei mesi con le temperature più elevate [8].

2.2 Tensegrity

I sistemi Tensegrity sono stati per lungo tempo limitati ad applicazioni specifiche nei campi della scultura e della curiosità matematica [9] [10]. Nonostante la semplicità dei componenti, elementi compressi in un continuum teso, le Tensegrity possono essere assemblate in diverse configurazioni di stabilità. Infatti, variando la tensione nel cavo, con l'installazione di martinetti idraulici (attuatori), è possibile modificare

facilmente la forma dell'elemento di base e quindi variare l'intera struttura rendendola *intelligente*, cioè in grado di reagire ai cambiamenti del contesto [11] [12]. I punti di forza di queste strutture sono la leggerezza, la possibilità di ottenere forme architettoniche complesse che prefigurano nuovi scenari architettonici [13].

2.3 Celle solari

Celle solari flessibili, semitrasparenti, colorate. Questa è l'evoluzione dei materiali per la fabbricazione di celle Dssc ("dye sensitized solar cell", sensibilizzate a colorante): a catturare la radiazione solare è una tintura organica o metallorganica. Le pareti degli edifici e i vetri possono diventare pannelli solari grazie all'integrazione con le celle Dssc: (*dye sensitized solar cell*, sensibilizzate a colorante), grazie alle quali catturare la radiazione solare è una tintura organica o metallorganica. sono semitrasparenti e adattabili alle esigenze di design. Inoltre, rispetto ai moduli in silicio, funzionano anche con il cielo nuvoloso (in condizione di luce diffusa) e su pareti verticali (mentre gli impianti fotovoltaici in commercio hanno bisogno di un preciso angolo di inclinazione) [14].

2.4 Parametri prestazionali di progettazione

Per l'elaborazione dei parametri prestazionali di progettazione si è proceduto ad un'analisi degli standard normativi stabiliti dalla normativa italiana ed europea e di quelli suggeriti dal protocollo di certificazione LEED [15] [16]. Acronimo di Leadership in Energy and Environmental Design, LEED® è un metodo per la certificazione di sostenibilità del costruito. Gli standard LEED, elaborati da USGBC e presenti anche in Italia grazie al lavoro di GBC Italia che ne ha creato una versione locale, indicano i requisiti per costruire edifici sostenibili, sia dal punto di vista energetico che dal punto di vista del consumo di tutte le risorse ambientali coinvolte nel processo di realizzazione [17].

3. METODOLOGIA

La ricerca si svilupperà adottando un modello metodologico di tipo deduttivo, sistemico e scalare che permetterà di strutturare il lavoro d'indagine per momenti consequenziali di approfondimento: passando dalla definizione del macrotema, definito dalle tematiche legate all'involucro edilizio dinamico ed energeticamente efficiente, a quelle relative all'individuazione delle caratteristiche dei sistemi di *facciata intelligente*, per giungere infine allo sviluppo del concept di facciata di un componente innovativo, rispetto al quale saranno condotte le analisi energetiche.

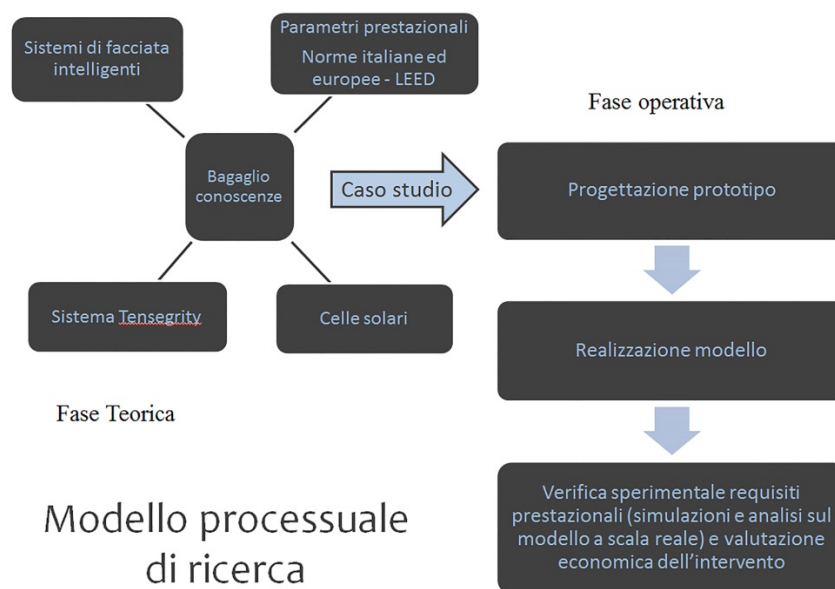


Figura 1. Workflow del processo di ricerca.

Il lavoro di indagine scientifica si strutturerà come segue:

1. Analisi del quadro di riferimento normativo sull'efficienza energetica degli edifici.
2. Analisi del quadro di riferimento relativo allo stato dell'arte nell'ambito dei sistemi di involucro dinamici ed intelligenti.
3. Analisi del quadro di riferimento relativo allo stato dell'arte nell'ambito dei sistemi Tensegrity.
4. Individuazione di un caso studio e valutazione prestazioni energetiche.
5. Sviluppo del concept di un componente di facciata innovativo.
6. Analisi delle prestazioni del componente di facciata innovativo e valutazione della sua efficienza.

4. RISULTATI

Nel primo anno di dottorato è stato definito l'ambito di ricerca ed è stata elaborata la metodologia secondo cui si svilupperà il percorso di studi. In questa prima fase teorica ci si è preoccupati di approfondire le materie necessarie all'ampliamento del bagaglio delle conoscenze, indispensabile per la successiva fase operativa. In particolare si è approfondito lo studio di:

- Involucri intelligenti ed evoluzione tecnologia delle celle solari
- Sistemi Tensegrity
- Parametri prestazionali dai protocolli per la certificazione della sostenibilità LEED

Inoltre si è individuato all'interno del campus di Fisciano dell'Università degli Studi di Salerno un edificio, l'invariante 9c di Ingegneria, come caso studio per l'applicazione del prototipo e la verifica delle migliori prestazioni attese.

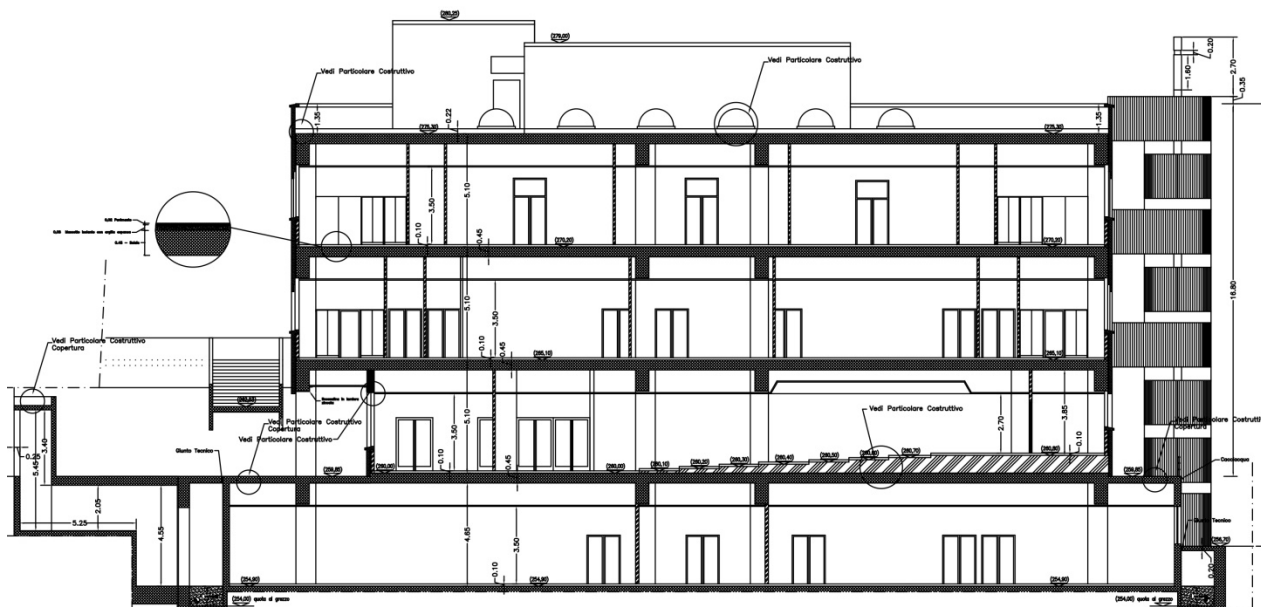


Figura 2. Sezione dell'edificio Invariante 9c di Ingegneria, Campus di Fisciano dell'Università degli studi di Salerno.

5. CONCLUSIONI

La prossima fase della ricerca prevede di elaborare un modello di analisi definito per valutare le prestazioni energetiche globali dell'edificio oggetto di studio e il comportamento in regime termico statico del sistema di facciata. In questo modo sarà possibile avere i parametri di riscontro per le verifiche delle migliori prestazioni attese. Si procederà quindi al progetto del prototipo di facciata in scala reale, descrivendone le caratteristiche esecutive di dettaglio, in relazione alla necessità di renderlo realizzabile. Saranno elaborate informazioni riguardanti struttura, connessioni e tecniche di montaggio, requisiti e prestazioni particolari, stabilità, permeabilità all'aria, tenuta all'acqua, isolamento termico, isolamento acustico, resistenza agli urti, mantenimento delle prestazioni al variare delle condizioni climatiche e con il passare del tempo

6. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Aa Vv, , Edifici ed energia, Arketipo, n. 24 (2008)
- [2] Aa Vv, , Lezioni di architettura, (2012), CUES Edizioni, Salerno, pp.105-152
- [3] Aa Vv., , ilProgettoSostenibile, n. 30 (2011)
- [4] Baldinelli, G., Double skin façades for warm climate regions: Analysis of a solution with an integrated movable shading system, Building and Environment, (2009), pp. 1107-1118
- [5] Aa Vv, , Nuovi involucri, «Arketipo», n. 21(2008)
- [6] Archetti G., (2009), Involucri evoluti e comportamento dinamico: tecnologie e modelli applicativi nel contesto geografico, normativo e imprenditoriale della Regione Emilia Romagna, Università degli Studi di Ferrara
- [7] Archetti G., Involucri evoluti e comportamento dinamico: tecnologie e modelli applicativi nel contesto geografico, normativo e imprenditoriale della Regione Emilia Romagna, tesi di dottorato (2009),Università degli Studi di Ferrara
- [8] Mainini A.G., Poli T., Zinzi M., Speroni A., Spectral light transmission measure of metal screens for glass façades and assessment of their shading potential, SHC 2013, International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry September (2013), Freiburg, Germany
- [9] Skelton R.E., de Oliveira M.C., Tensegrity Systems, (2009)Springer Science+Business Media, New York.
- [10] Motro R., Tensegrity Systems: State of Art, International Journal of Space Structures (Special Issue on Tensegrity Systems), (1992), Guest Editor, Vol. 7, n. 2
- [11] Motro R., Tensegrity, Structural Systems for the Future, (2003), Kogan Page Science, London.

- [12] Romano R., Smart Skin Envelope, integrazione architettonica di tecnologie dinamiche e innovative per il risparmio energetico, tesi di dottorato, (2011), University Press, Firenze
- [13] Zimbelli, P., L'involucro architettonico tra forma e tecnologia, tesi di dottorato di ricerca in Tecnologia dell'Architettura e dell'Ambiente, (1994), Politecnico di Milano
- [14] Aste, N., Il fotovoltaico in architettura, (2005), Esselibri Simone, Napoli. Baldo
- [15] Alfano G., V. Betta, F.R. D'Ambrosio, Riccio G., Lezioni di Fisica Tecnica, (2008), Liguori Editore, Napoli
- [16] Aa Vv, Manuale d'ausilio alla progettazione termotecnica, (2009), AICARR Edizioni, Milano
- [17] Green Building Council Italia, U.S. Green Building Council, (2010), Green Building Nuove Costruzioni & Ristrutturazioni - (ristampa 2011), Green Building Council Italia, Rovereto