

Smart Architecture in Digital Revolution

Fabio Conato Università degli Studi di Ferrara, Dipartimento di Architettura
fabio.conato@unife.it

Valentina Frighi Università degli Studi di Ferrara, Dipartimento di Architettura
valentina.frighi@unife.it

Le evoluzioni tecnologiche che hanno determinato l'estensione delle reti a oggetti e cose reali hanno avuto un impatto notevole anche in architettura. La crescente innovazione dei componenti di involucro unita allo sviluppo dell'*Internet of Things*, ha portato alla nascita di *smart buildings* capaci di adattarsi in maniera responsiva alle condizioni esterne e alle esigenze dei loro fruitori, a fronte di consumi ridotti e gestioni ottimizzate.

Un ambito in cui tali opportunità offrono potenziali linee di sviluppo è quello della serramentistica; le possibilità offerte dall'integrazione di componenti vetrati con sensori intelligenti rendono concretizzabile la messa a punto di *smart windows* capaci di una gestione autonoma ed efficiente.

Involucro edilizio, Componenti edilizi, Smart Windows, Internet of Things, Controllo prestazionale

The technological developments that determined the networks' extension to real objects and things, affected in a significant way architecture as well. The growing innovation of building components combined with the development of the Internet of Things, has led to the birth of smart buildings able to adapt themselves to the external conditions and to the needs of end-users, in view of reduced consumption and optimized management.

A field in which such opportunities offer potential new developments is that of fenestration; the possibilities offered by the integration of glazed components with intelligent sensors make realizable the development of smart windows capable of autonomous and efficient management.

Building Envelope, Building components, Smart Windows, Internet of Things, Performances' control

Il crescente sviluppo tecnologico di oggetti di uso quotidiano ha permesso, negli ultimi anni, la messa a punto di componenti capaci di modificare all'occorrenza il loro funzionamento.

Le opportunità produttive messe in campo dallo sviluppo di tali processi – raggruppabili sotto la definizione di *Industry 4.0* [fig. 01] – hanno portato alla nascita di nuove possibilità anche nel campo dell'architettura, soprattutto in relazione alle difficoltà di controllo del processo produttivo dovute alla molteplicità dei soggetti coinvolti, oltre che all'eterogeneità di materiali e componenti che concorrono alla definizione di un singolo elemento tecnico.

In aggiunta a ciò, la capacità delle nuove tecnologie di rete (il cosiddetto *Internet of Things*) di mettere a disposizione grandi quantità di dati, si traduce in un potenziale valore aggiunto per l'intera filiera, grazie alla possibilità di dialogo tra le varie fasi del processo produttivo durante l'intero ciclo di vita del componente.

In architettura, la ricerca di componenti e materiali non soltanto sostenibili e ad elevate prestazioni quant'anche "intelligenti", ha portato all'applicazione di sensori e tecnologie connesse in rete ai manufatti edilizi, generando i cosiddetti *smart building*, edifici dotati di tecnologie di *Building Automation* atte a ridurre i costi di costruzione, monitoraggio e gestione [1].

Assai troppo spesso però, il comportamento in opera di sistemi così sofisticati e complessi corrisponde solo parzialmente a quanto stabilito in fase progettuale; alcuni studi dimostrano infatti che circa il 75% degli edifici realizzati non soddisfa gli obiettivi energetici prefissati [2] e che, gran parte di essi, utilizza da 2 a 5 volte più energia di quanto stimato [3].

Le cause principali di ciò sono da ricercarsi, in primo luogo, nell'assenza di protocolli rigorosi tendenti a garantire la regola d'arte nella sua accezione più attuale e completa, e in secondo luogo nei modelli di gestione di tali sistemi nella più vasta attività di gestione degli edifici, spesso appannaggio di utenti disinformati al riguardo o privi degli strumenti adatti.

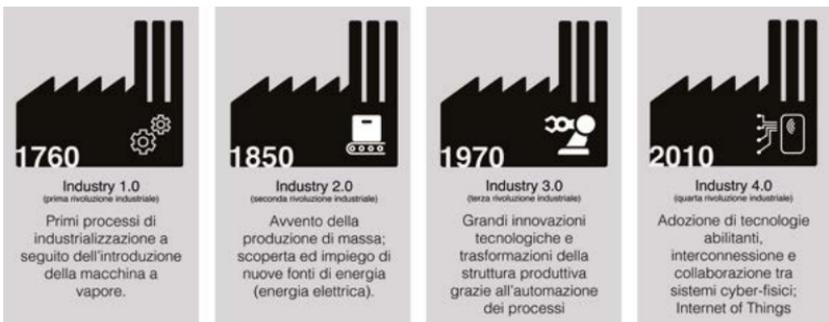
Componenti con prestazioni anche assai elevate infatti, non sempre consentono di ottenere interfaccia costruttive dotate degli stessi valori prestazionali; è il caso, ad esempio, del nodo parete-finestra, nel quale si addensano esigenze di controllo prestazionale spesso contrapposte e per il quale l'assenza di una normativa cogente che ne regoli la posa in opera demanda alla discrezionalità di installatori e produttori le operazioni da compiere.

Un edificio capace di raggiungere elevate prestazioni lo è soltanto se, da un lato, viene progettato e realizzato a

regola d'arte e, dall'altro, se i vari sistemi e componenti eterogenei che lo conformano vengono gestiti in maniera integrata. Non in ultimo, la scarsità di dati di monitoraggio sul rapporto tra corretto funzionamento dei sistemi e conseguenti costi di gestione degli edifici, rende più complessa la definizione di modelli gestionali efficaci. Poiché la responsabilità maggiore riguardo al contenimento dei consumi è affidata all'involucro edilizio – in particolare ai sistemi infissistici, responsabili di circa il 60% del consumo energetico totale di un edificio [4] – la possibilità di integrare tali componenti con dispositivi basati sulla trasmissione wireless dei dati permette di ipotizzare concretamente la creazione di una nuova generazione di prodotti capaci di generare dati sul loro funzionamento, utili nel processo di sviluppo di nuove e migliorate versioni degli stessi. La sede del New York Times [fig. 02] è un esempio di quanto sopra espresso, nel quale vengono combinate tecnologie *smart* per la riduzione dei consumi energetici del fabbricato. Tale edificio presenta dispositivi di controllo dell'illuminazione basati su tecnologie ICT [5], oltre a sensori termometrici e altri dispositivi capaci di rilevare e processare informazioni in tempo reale, permettendo una riduzione dei consumi di circa il 30% rispetto a un normale grattacielo per uffici.

A ciò hanno fatto seguito, negli anni, un numero sempre crescente di esperienze analoghe che vanno da quello che viene definito uno degli edifici più intelligenti al mondo per livello di automazione raggiunta, l'Environmental System Inc. Headquarter, nel Wisconsin, capace di ridurre di circa il 33%, rispetto alla sede precedente, i costi di gestione; passando per la torre Al Al-Bahr ad Abu Dhabi, dotata di un sistema di schermatura completamente automatizzato in grado di attivarsi al variare delle condizioni climatiche esterne; fino ad arrivare a Paredes, cittadina portoghese in costruzione destinata a divenire comple-

01
L'evoluzione del concetto di *Industry*: dalla prima rivoluzione industriale all'industria 4.0. (rielaborazione degli autori a partire da Cline, 2017) [Ottobre 2017]





02

tamente gestita in maniera informatizzata attraverso un milione circa di sensori hi-tech, capaci di monitorare in tempo reale parametri che vanno dai dati sul traffico ai consumi energetici degli edifici.

L'ambito in cui le suddette opportunità trovano il terreno più fertile è senz'altro quello della serramentistica che permette ancora potenziali linee di sviluppo e ricerca per consentire a tali elementi di raggiungere livelli prestazionali confrontabili con quelli ormai elevatissimi dei componenti di involucro opachi.

In meno di dieci anni infatti, i componenti che formano tale nodo si sono evoluti in funzione di normative sempre più esigenti; agli elementi di base si sono aggiunti accessori sempre più complessi e integrate tecnologie provenienti da settori scientifici e industriali paralleli (definibili "host-technologies"). Per offrire risposta concreta alle varie istanze, l'industria dei serramenti ha iniziato a proporre soluzioni che, pur derivando da tecnologie consolidate, offrono nuove prestazioni; ne sono un esempio i sistemi per ottimizzare i diversi componenti eterogenei che intervengono nell'interfaccia, come i monoblocchi che integrano sistemi di oscuramento e VMC.

L'integrazione di sensori evoluti, capaci di trasmettere

02
RPBW, *The New York Times Building* (<http://www.shildan.com/project/the-new-york-times-building/>) [Luglio 2017]

	VMC	Apparecchi illuminanti	Sistemi di ombreggiamento	Qualità dell'aria	Sistemi di accensione/spegnimento	Sicurezza
Rilevatori di temperatura e calore	✓		✓			✓
Rilevatori del livello di illuminazione		✓	✓		✓	
Sensori di occupazione e movimento	✓	✓		✓	✓	✓
Rilevatori di fumo ed emissioni di sostanze nocive	✓			✓		✓
Sensori di funzionamento	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sensori di rottura del vetro / effrazione						✓

03

ed elaborare dati e di interagire con il componente per modificarne l'assetto, è a sua volta penetrata nella prassi costruttiva del settore. Si pensi alle sonde impiantistiche capaci di regolare il funzionamento dei sistemi tecnologici sulla base di scenari prestabiliti o ai sensori per il rilevamento della qualità dell'aria collegati a impianti di condizionamento per gestirne l'attivazione [fig. 03].

Tali possibilità consentiranno presto la messa in rete dei componenti vetrati di involucro in un sistema capace di ottimizzarne le prestazioni, rendendoli adattivi nei confronti della variabilità delle condizioni al contorno e permettendo la raccolta di dati e informazioni rilevanti per il raggiungimento di determinate prestazioni oltre che per l'evoluzione tecnologica della filiera; l'ottenimento di feedback e informazioni in tempo reale, infatti, porterà all'assunzione di decisioni più consapevoli in fase progettuale e alla definizione di strategie di gestione più efficaci, capaci di riflettersi in una reale implementazione dei sistemi così ottenuti e dei componenti in essi integrati [fig. 04]. La serramentistica attualmente disponibile in commercio presenta ancora diversi limiti, essendo basata generalmente sull'integrazione di componenti provenienti da cicli produttivi separati, uniti da un progetto comune ma in grado di offrire una risposta prestazionale prevalentemente statica.

Tuttavia, grazie alle possibilità offerte dai dispositivi sovraccitati, in accostamento a componenti di base dotati di prestazioni statiche elevate, è possibile ottenere componenti "adattivi". Ne sono un esempio le tipologie di sistemi vetrati che integrano alla lastra risorse tecnologiche o nano-tecnologiche per ottenere componenti dalle straordinarie capacità isolanti (come i vetri sottovuoto proposti da Pilkington [6] o i vetri che integrano PCM o TIM [7, 8]), dotati di capacità auto-pulenti [9] o capaci di operare un controllo su luce e calore attraverso trattamenti basso-emissivi, riflettenti, selettivi o mediante la variazione delle proprie caratteristiche di trasmissione luminosa sulla base di impulsi esterni o generare energia elettrica per contribuire al bilancio del fabbricato.

03
Tecnologie di automazione per *Smart Buildings* (rielaborazione e traduzione degli autori sulla base di OECD, 2009) [Luglio 2017]

Non in ultimo, la presenza di pellicole applicabili a sistemi esistenti, come quelle dicroiche, traslucide o a controllo solare (come, per esempio, quelle prodotte da 3M [10]) o ancora gli elementi per la risoluzione dell'interfaccia, quali spallette pre-coibentate o i monoblocchi sopra richiamati [11], rendono una possibilità concreta la messa a punto di vere e proprie *smart windows* componibili "a menù".

I sistemi esistenti di questo tipo, realizzano solo parzialmente tale obiettivo, presentando costi notevoli e complessità intrinseche legate alla loro applicazione in situazioni correnti. Una tecnologia promettente, anche se ancora poco diffusa, è quella rappresentata dai vetri elettro-cromici, che, se elettrificati, modificano il loro assetto cromatico e luminoso. Dopo diversi anni di sperimentazione, la View. Inc. [12] azienda che per prima ha introdotto il controllo di *smart windows* attraverso una *app*, ha installato il prodotto nel loro quartier generale, dando vita così alla più grande installazione di vetri elettro-cromici esistente [fig. 05]. Da dati di ritorno ottenuti da una compagnia di monitoraggio di consumi e prestazioni è stato stimato che tale applicazione ha consentito un risparmio del 20% circa sui consumi energetici dell'edificio.

Altra tecnologia interessante è quella sfruttata nelle vetrature radianti, in grado di ridurre le perdite per trasmissione attraverso l'involucro a seguito dell'elettrofizzazione di un rivestimento metallico applicato al vetro, capace di irradiare calore verso gli ambienti interni riducendo al contempo il rischio di condensa sulla superficie ve-

04



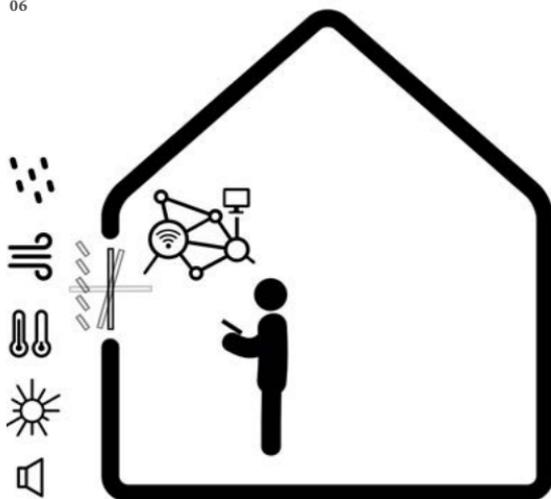
04
Possibilità offerte dall'integrazione di dispositivi di terza generazione in componenti di involucro trasparenti

trata. Particolarmente efficace è il componente prodotto da Vitrius Technologies [13] che grazie alla presenza di sensori che tengono sotto controllo la temperatura interna, esterna e superficiale del vetro, permette la massima efficienza del sistema, riprogrammandosi anche in tempo reale sulla base delle esigenze degli occupanti. Seppur dotate di limiti e criticità dovute alla complessità delle tecnologie impiegate, i prodotti disponibili riconducibili al concetto di *smart window* si presentano dotati di un grande potenziale se messi in relazione con dispositivi capaci di ottimizzarne il funzionamento in un'ottica di sistema. Ricorrendo infatti a sensori intelligenti, capaci di rilevare dati in tempo reale relativamente a parametri ambientali, consumi, comportamento degli utenti e funzionamento degli impianti, o a centraline capaci di attuare regolazioni sia in maniera precisa, sulla base di scenari ricorrenti programmati a priori, sia in maniera personalizzata, attraverso semplici interfacce utente governabili tramite *smartphone*, appare possibile mettere



05

05
View, Inc. Headquarter, Milpitas
(CA) ([https://viewglass.com/blog/
view-announces-new-financing-and-
welcomes-nz-superfund/](https://viewglass.com/blog/view-announces-new-financing-and-welcomes-nz-superfund/))
Luglio 2017]



a punto componenti vetrati capaci di una gestione autonoma ed efficiente e soprattutto variabile in funzione delle specifiche esigenze. Come si può dedurre dai primi risultati di alcune attività di ricerca in corso, i dati raccolti attraverso l'impiego di sensori per la rilevazione di temperature superficiali, parametri termo-igrometrici e abitudini degli occupanti, producono informazioni rivolte a una successiva implementazione, utili sia al progettista – per orientare la progettazione delle superfici vetrate in termini di dimensione, orientamento e caratteristiche prestazionali del vetro impiegato – sia in fase produttiva, avendo a disposizione dati sul comportamento in opera di tali sistemi, sulla loro durabilità e sull'ottimizzazione dei vari componenti presenti all'interno dell'interfaccia [fig. 06]. Il continuo flusso di informazioni tra produttore e fruitore, permetterà al primo di razionalizzare i processi produttivi, orientando la ricerca e lo sviluppo su componenti e sistemi maggiormente performanti in base a scenari forniti direttamente dai secondi.

La definizione di prototipi capaci di adattarsi a configurazioni differenti offrirebbe, quindi, un'opportunità concreta per intervenire criticamente su questioni ancora irrisolte, ottenendo indicazioni operative per il coordinamento modulare del nodo parete-finestra mediante il coinvolgendo di operatori diversi, secondo logiche e obiettivi differenti e complementari, previa messa a punto di protocolli condivisi tra produttori di elementi eterogenei, per conferire ai componenti così ottenuti un'integrabilità trasversale.

NOTE

[1] Talon e Strother (2017) stimano che l'adozione di *Building Automation Technologies* consentirebbe di ottenere entro il 2028 il risparmio di più di 150 ml. di tonnellate equivalenti di petrolio per anno; tale quota corrisponderebbe a circa il 22% dei consumi dell'intero settore edilizio e a circa il 9% del consumo totale di energia dell'intera EU.

[2] *Closing the gap. Lesson learned on realising the potential of low carbon building design*, July 2011, Queen's Printer and Controller of HMSO, UK <https://www.carbonrust.com/media/81361/ctg047-closing-the-gap-low-carbon-building-design.pdf> [Ottobre 2017]

[3] Anna Carolina Menezes et al., "Predicted vs. actual energy performance of non-domestic buildings: using post-occupancy evaluation data to reduce the performance gap", *Applied Energy*, n. 97, 2012, pp. 355-364.

[4] Bjørn Petter et al., "Fenestration of Today and Tomorrow: State-of-the-Art Review and Future Opportunities". *Sol Energy Mat Sol C*, n.96, 2012, pp. 1-28.

[5] Letteralmente, tecnologie dell'informazione e comunicazione. Comprendono tutti quei dispositivi che consentono la realizzazione dei sistemi di trasmissione, ricezione ed elaborazione di informazioni, comprese le tecnologie digitali. In esse rientrano i sistemi di *Building Automation*.

[6] PilkingtonSpacia, Pilkington, <http://www.pilkington.com/en-GB/uk> [Settembre 2017]

[7] PCM Glasses GlassX Crystal, www.glassx.ch [Giugno 2017]

[8] TIM Glasses OKALUX+ Light Diffusing Insulating Glass, www.okalux.com [Giugno 2017]

[9] Pilkington Activ Clear, Global Glass Handbook 2012. Architectural Products, Pilkington, www.pilkington.com [Maggio 2017]

[10] http://solutions.3mitalia.it/wps/portal/3M/it_IT/Window-Films/home/ [Ottobre 2017]

[11] <http://www.alpac.it/it> [Ottobre 2017]

[12] <https://viewglass.com> [Ottobre 2017]

[13] <http://www.vitriustech.com/products/r-series/> [Ottobre 2017]

REFERENCES

Altomonte Sergio, *L'involucro architettonico come interfaccia dinamica. Strumenti e criteri per una architettura sostenibile*, Firenze, Alinea Editrice, **2004**, pp. 390.

OECD, *Smart Sensor Networks: Technologies and Applications for Green Growth*, **2009**, DSTI/ICCP/IE(2009)4/FINAL, [Luglio 2017]

Moreno M. Victoria, Ubeda Benito, Skarmeta Antonio F. and Zamora Miguel A., "How can We Tackle Energy Efficiency in IoT Based Smart Buildings?", *Sensors*, n. 14 (6), **2014**, pp. 9582-9614.

"Smart windows: cinque vetrate 3.0", *Rinnovabili.it*, **2015**, <http://www.rinnovabili.it/greenbuilding/smart-windows-cinque-vetrate-3-0-888/>. [Maggio 2017]

Young Jim et al., "Making Buildings SMART. Building in the age of big data, connected systems, and sustainability", Vol. 1, **2015**, <https://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/white-papers/making-buildings-smart-ebook-vol-1.pdf> [Ottobre 2017]

Leuschner Paige and Strother Neil, *Research Report. Market Data: Home Energy Management. Home Energy Reports, Digital Tools, Standalone HEM and Networked HEM* (free excerpt), Boulder (CO), Usa, Navigant Research, 4Q, **2016**.

Bellini Mauro, "Cresce del 23% l'Internet of Things per la Smart Home in Italia", *Internet4Things*, **2017**, <http://www.internet4things.it/smart-building/smart-home/cresce-del-23-linternet-of-things-per-la-smarthome-in-italia/>. [Maggio 2017]

Cline Greg, "Industry 4.0 and Industrial IoT in Manufacturing: A Sneak Peek", *OpsPro Essentials*, **2017**, <http://www.aberdeenessentials.com/opspro-essentials/industry-4-0-industrial-iot-manufacturing-sneak-peek/> [Ottobre 2017]

Lilis Georgios, Conus Gilbert, Asadi Nastaran, Kayal Maher, "Towards the next generation of intelligent building: An assessment study of current automation and future IoT based systems with a proposal for transitional design", *Sustainable Cities and Society*, n. 28, **2017**, pp. 473-481.

Mandel James, McClurg Chris, "3 ways building controls must evolve", *GreenBiz*, **2017**, <https://www.greenbiz.com/article/3-ways-building-controls-must-evolve> [Ottobre 2017]

Marini Daniele, "La logica multidimensionale e multidisciplinare necessaria per la rivoluzione industry 4.0", *Agenda Digitale*, **2017**, <https://www.agendadigitale.eu/industry-4-0/la-logica-multidimensionale-e-multidisciplinare-necessaria-per-la-rivoluzione-industry-40/>. [Maggio 2017]

Jung S. Christina, Talo Casey, *Research Report. IoT for Intelligent Buildings. Hardware, Software, and Services for IoT in Commercial Buildings: Global Market Analysis and Forecasts* (free excerpt), Boulder (CO), Usa, Navigant Research, 2Q, **2017**.

Talon Casey, Strother Neil, *White Paper. 10 Trends for Intelligent Buildings in 2017 and Beyond. Digital Transformation and Market Evolution*, Boulder (CO), Usa, Navigant Research, 1Q, **2017**.

Autori di Wikipedia, "Industria 4.0", *Wikipedia, L'enciclopedia libera*, https://it.wikipedia.org/wiki/Industria_4.0. [Giugno 2017]