

# azzero

20

RMI Innovation Center: passivo, positivo, replicabile  
Resilienza e resistenza in contesto urbano  
Soluzioni prefabbricate per gli involucri dei condomini

Trimestrale - anno 6 - n° 20  
settembre 2016  
Registrazione Trib. Gorizia  
n. 03/2011 del 29.7.2011  
Poste Italiane S.p.A.  
Spedizione in a.p.  
D.L. 353/2003 (conv. in  
L. 27/02/2004 n. 46) art. 1,  
comma 1, lettera c)  
Euro 15,00



16



34



56



88



4 **preview**

**argomenti**

- 10 Una seria riqualificazione energetica conviene  
intervista a Cara Carmichael, Rocky Mountain Institute

**progetti**

- 16 Un laboratorio vivente  
Rocky Mountain Institute Innovation Center, Basalt (USA)  
ZGF Architects LLP
- 34 Resilienza e resistenza in contesto urbano  
R-95I Residence, New York (USA)  
Paul A. Castrucci Architect

**focus**

- 46 Abitare in Europa: la valutazione LCA del patrimonio residenziale europeo  
Monica Lavagna, Anna Dalla Valle
- 56 Soluzioni prefabbricate per la riqualificazione energetica dell'involucro  
Graziano Salvalai

**case history**

- 70 Più involucro meno impianti  
Casa unifamiliare, provincia di Treviso

**approfondimenti**

- 80 Isolanti naturali per il benessere acustico

**innovazione**

- 88 Facciate bio-fotovoltaiche: energia dal muschio

96 **back page**

Michele De Beni

**azero**  
EdicomEdizioni  
20

**azero**  
rivista trimestrale - anno VI  
n. 20, settembre 2016  
Registrazione Tribunale Gorizia n. 03/2011 del 29.7.2011  
Numero di iscrizione al ROC: 8147  
ISSN 2239-9445

**Direttore responsabile**  
Ferdinando Gottard

**Redazione**  
Lara Bassi, Lara Gariup, Gaia Bollini

**Editore**  
EdicomEdizioni - Monfalcone (GO)

**Redazione e amministrazione**  
via 1° Maggio 117 - 34074 Monfalcone (GO)  
tel. 0481.484488 - fax 0481.485721  
redazione@edicomedizioni.com  
www.azeroweb.com

**Stampa**  
Grafiche Manzanese - Manzano (UD)  
Stampato su carta con alto contenuto di fibre riciclate selezionate

**Prezzo di copertina**  
15,00 euro

**Abbonamento**  
Italia (4 numeri): 50,00 euro  
Estero (4 numeri): 100,00 euro  
Gli abbonamenti possono iniziare, salvo diversa indicazione, dal primo numero raggiungibile in qualsiasi periodo dell'anno

**Distribuzione in libreria**  
Joo Distribuzione  
via F. Argelati 35 - Milano

È vietata la riproduzione, anche parziale, di articoli, disegni e foto se non espressamente autorizzata dall'editore

**Copertina**  
Rocky Mountain Institute Innovation Center, foto: Tim Griffith





# Soluzioni prefabbricate per la riqualificazione energetica dell'involucro

Graziano Salvalai

L'energia finale assorbita dal settore residenziale per riscaldare gli ambienti e per produrre l'acqua calda per gli usi sanitari rappresenta circa il 30% dei consumi energetici nazionali ed è causa di circa il 25% delle emissioni totali di anidride carbonica, una delle cause principali dell'effetto serra e del conseguente innalza-

mento della temperatura del globo terrestre. Al 2013 gli edifici a destinazione d'uso residenziale risultano pari a 11,7 milioni<sup>1</sup>, di questi circa il 49% sono localizzati in zona climatica E ed F caratterizzate, come noto, da climi prevalentemente invernali. Oltre il 60% di tale parco edilizio ha più di 45 anni, e risulta perciò an-



Incentrato sul recupero efficiente di facciate di edifici esistenti multi piano e pluriproprietà, con l'obiettivo di ridurre la domanda di energia, l'impatto sugli occupanti e di preservare l'aspetto originale della facciata, il progetto europeo EASEE ha portato alla definizione di un processo progettuale integrato, unendo strategie evolute di analisi e rilievo dell'esistente con lo sviluppo di strategie innovative e materiali isolanti avanzati.

La sperimentazione su un edificio di edilizia residenziale pubblica in Lombardia.

tedecente al 1976, anno in cui è stata emanata la prima legge sul risparmio energetico in edilizia<sup>2</sup>, ed oltre il 25% registra consumi annuali compresi tra 160 kWh/m<sup>2</sup>anno e oltre 200 kWh/m<sup>2</sup>anno. La principale fonte energetica utilizzata è rappresentata dal gas naturale con il 46% del totale, seguita dalla biomassa legnosa con il 22% e dall'energia elettrica 19,2%. I dati raccolti all'interno del catasto energetico regionale della Lombardia (CEER)<sup>3</sup> supportano quanto riportato, evidenziando un fabbisogno di energia primaria medio degli edifici lombardi per la climatizzazione invernale pari a 201 kWh/m<sup>2</sup>anno, con emissioni pari a 43,75 kg CO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup>anno. Sempre da dati regionali, la trasmittanza media delle strutture d'involucro risulta pari a 1,09 W/m<sup>2</sup>K, circa quattro volte superiore al valore limite delle strutture opache verticali previste per legge a decorrere dal 2021<sup>4</sup>. Nelle nuove costruzioni, architetti e progettisti impiegano gli standard e i ma-

teriali più avanzati per ridurre le perdite di calore, ma migliorare l'efficienza energetica degli edifici meno recenti pone problemi considerevoli e spesso richiede la sostituzione dei materiali di isolamento sia interni sia esterni, senza contare che molte costruzioni sono soggette a vincoli di tutela che impediscono di apportare modifiche importanti.

## Il progetto EASEE: scopo e target raggiunti

In tale scenario il progetto EASEE<sup>5</sup> (*Envelope Approach to improve Sustainability and Energy efficiency in Existing multi-storey multi-owner residential buildings*, a cui il Politecnico di Milano ha partecipato come partner) ha cercato di risolvere queste problematiche sviluppando diversi tipi di materiali e componenti



Immagine del fronte nord-est dello stato di fatto del caso studio e altre due viste del fabbricato prima dell'intervento



avanzati per l'isolamento per le tre parti principali dell'involucro di una costruzione: la facciata esterna, le intercapedini e gli interni, e ha realizzato un nuovo strumento software di consulenza per il settore edile chiamato Retrofitting Planner.

Il progetto, di durata quadriennale e finanziato dall'Unione Europea nell'ambito del Settimo programma quadro di Ricerca e Sviluppo, è terminato a marzo 2016 e ha visto la partecipazione di un consorzio numeroso tra aziende di settore, università e centri di ricerca<sup>6</sup>.

In occasione dell'"Impact Workshop for the Energy-efficient Buildings Public-Private Partnership projects", tenutosi presso la Commissione Europea a Bruxelles lo scorso aprile 2016, sull'impatto dei risultati raggiunti dai progetti di ricerca europei conclusi nel triennio 2014-2016 nell'ambito dell'efficienza energetica per gli edifici, EASEE è stato riconosciuto come uno tra i progetti più meritevoli in merito all'elevata maturità delle soluzioni definite e testate dal progetto stesso per il loro ingresso sul mercato.

Una delle principali innovazioni raggiunte, infatti, ha riguardato l'integrazione, all'interno del processo progettuale, di strategie evolute di analisi e rilievo dell'esistente, con lo sviluppo di strategie innovative di intervento basate sull'utilizzo di elementi modulari

prefabbricati, materiali isolanti avanzati e nuovi approcci di installazione privi di ponteggi, con l'obiettivo di ridurre la domanda di energia, l'impatto sugli occupanti e di preservare l'aspetto originale della facciata. In particolare, il progetto si è rivolto alla tipologia di edifici residenziali realizzati con muratura a cassa vuota degli anni '70 che, per la maggior parte, necessitano di interventi di riqualificazione dell'involucro non soltanto per il miglioramento delle prestazioni energetiche, ma anche per porre rimedio al generale stato di obsolescenza, conservando al tempo stesso l'aspetto originale dell'edificio (1).

L'attività di ricerca e sviluppo è stata accompagnata da attività di sperimentazione sia su prototipi in laboratorio che su edifici dimostratori reali, aspetto fondamentale per testare e produrre soluzioni appetibili per il mercato dal punto di vista della fattibilità sia economica che realizzativa.

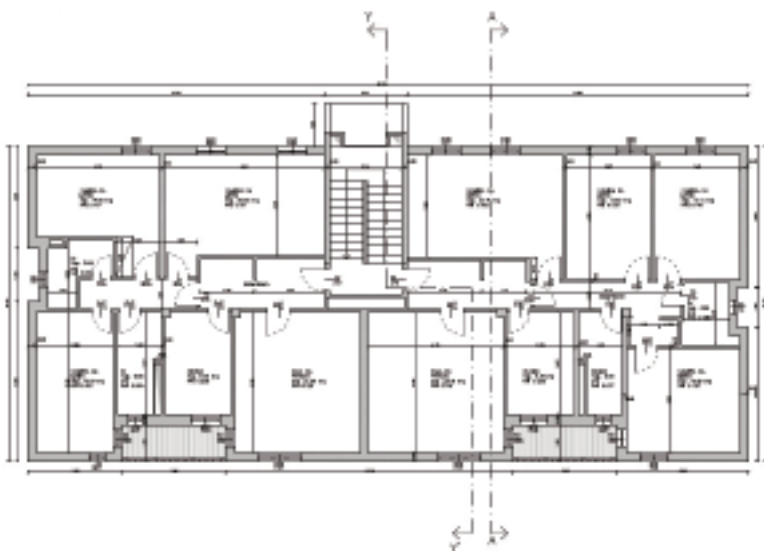
Il presente articolo presenta tutte le fasi del lavoro: dalla progettazione all'applicazione su un caso studio reale della soluzione di facciata esterna per la quale i ricercatori hanno sviluppato pannelli di isolamento prefabbricati composti da malta fibro-rinforzata (TRM) con un nucleo di schiuma di polistirolo che vengono applicati all'esterno della struttura tramite



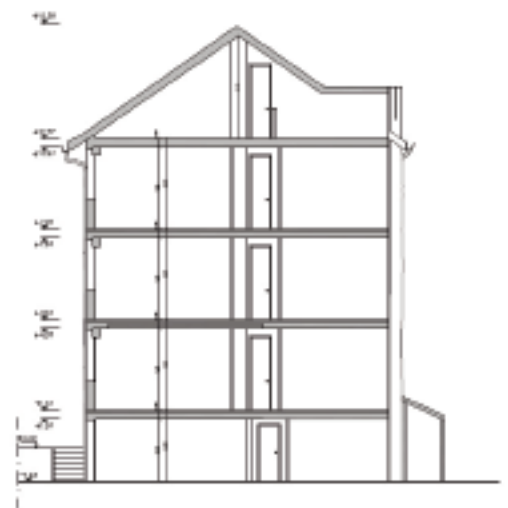
dispositivi speciali in cemento fibro-rinforzato ad altissime prestazioni (UHPRFC) e ancorati mediante fissaggi meccanici puntuali alla struttura esistente. Nello specifico, l'attività dimostrativa ha riguardato la riqualificazione energetica dell'involucro esterno di un edificio residenziale a Cinisello Balsamo con la soluzione a pannelli che possono essere prodotti in dimensioni, spessori e forme diverse per adattarsi alla ristrutturazione di una varietà di edifici e non richiedono l'uso di impalcature.

## Il caso studio

Con il supporto di Regione Lombardia, è stato scelto un edificio residenziale multipiano edificato nel 1971 a Cinisello Balsamo, con caratteristiche tecnologiche rappresentative dell'epoca, come dimostratore della soluzione di recupero efficiente di facciata dall'esterno. L'immobile di proprietà ALER (Azienda Lombarda Edilizia Residenziale) si sviluppa su quattro livelli, di cui quello al piano terra adibito a box e spazi



pianta piano tipo



sezione AA

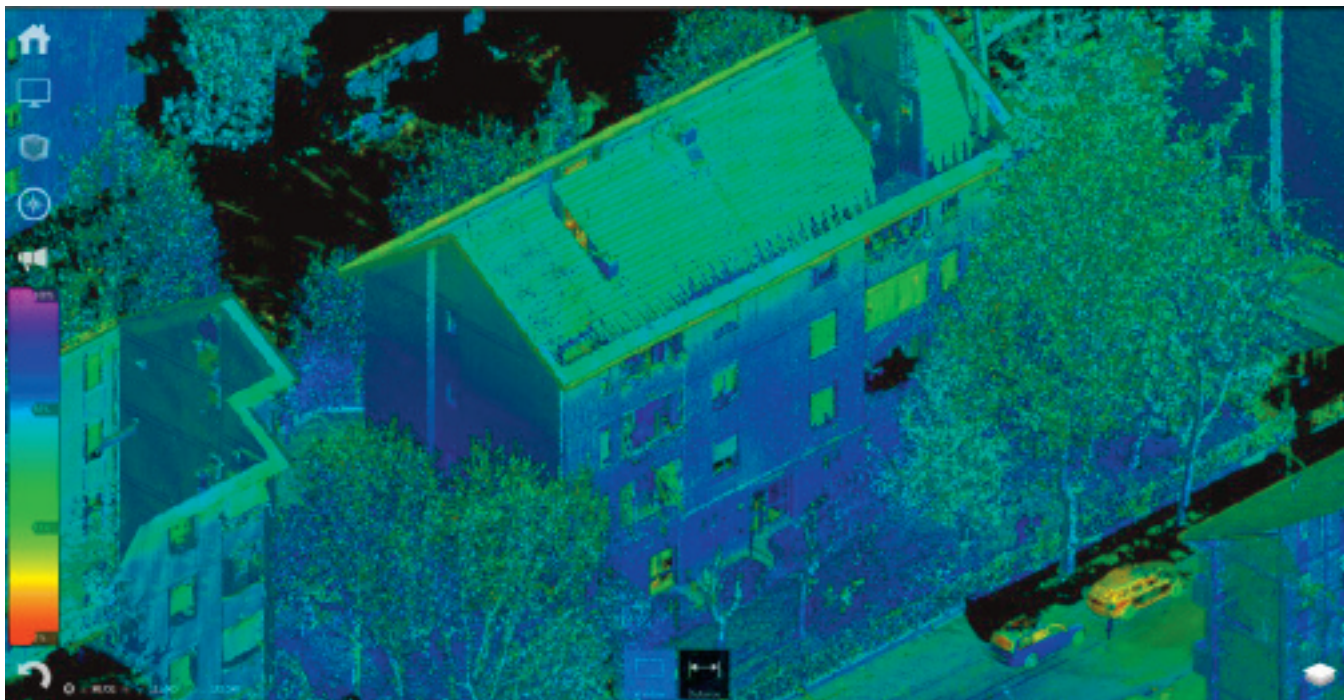


accessori (2).

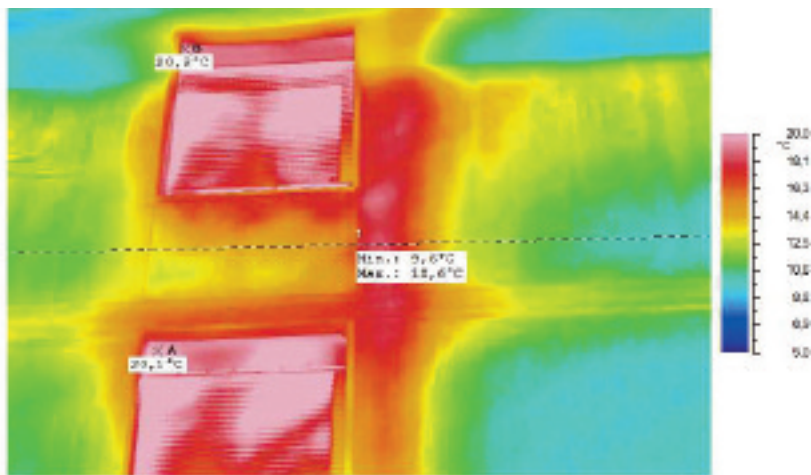
Lo sviluppo lordo della superficie di piano è di circa 281 m<sup>2</sup> con un'altezza interna media di 3 m; la superficie di sviluppo dei prospetti è di circa 900 m<sup>2</sup>.

Dal punto di vista tecnologico, l'involucro si caratterizza per la presenza di una doppia pelle con uno strato esterno costituito da 20 cm di calcestruzzo ar-

mato gettato in opera, un'intercapedine di 5,5 cm di cui circa 3 riempiti con polistirolo espanso, e una fodera interna in laterizio forato dello spessore di 8 cm con 10 mm di intonaco. L'involucro trasparente è costituito da elementi monoblocco con telaio in ferro e vetro singolo la cui trasmittanza termica è stimata in 6,0 W/m<sup>2</sup>K.

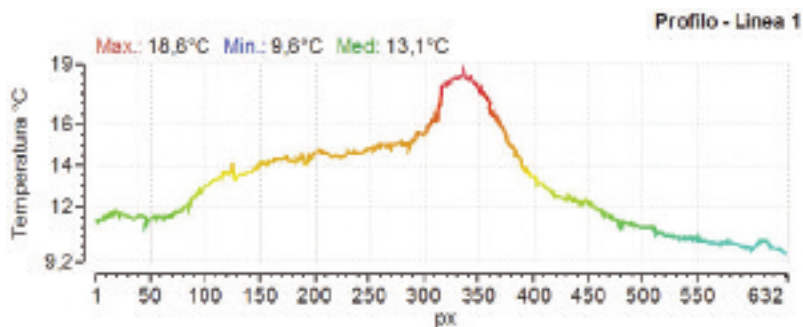


Il modello 3D, rilievo (fonte: Laboratorio Gicarus – Politecnico di Milano).



Sopra, termogramma della parete opaca e del serramento sul lato sud.

A lato, analisi del profilo di temperatura della termografia sovrastante.

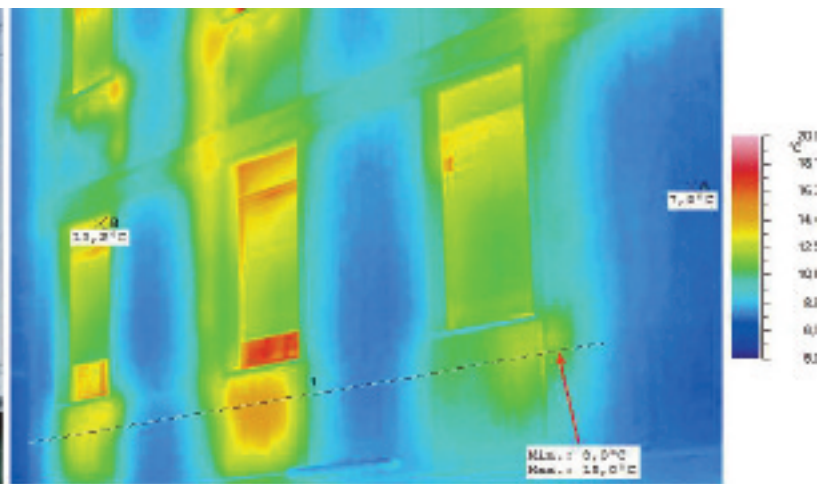


## L'indagine conoscitiva

La prima e fondamentale fase del processo integrato è stata la realizzazione dell'indagine conoscitiva dello stato di fatto dell'edificio con l'obiettivo di creare un BIM in grado di riprodurre il più fedelmente possibile un rilievo geometrico-morfologico della facciata e individuare le irregolarità geometriche della struttura, da usare come base per la corretta e precisa progettazione dell'intervento di riqualificazione dell'involucro. La campagna di rilievo, grazie all'utilizzo di tecnologie innovative, si è conclusa in un'unica giornata seguendo diversi passaggi. Il primo passo del rilievo geometrico è stato la materializzazione fisica e la misurazione della rete geodetica tramite l'uso dello scanner tridimensionale Focus 3D caratterizzato da un'elevata velocità di scansione e da una risoluzione fino a 70 megapixel a colori in grado di fornire una rete finale e precisa. Inoltre, con la regolazione dei minimi quadrati è stato possibile avere una precisione millimetrica per le stazioni e i punti con molteplici intersezioni, considerando che i punti laser hanno una precisione media di circa  $\pm 1,5$  mm. Per procedere con la creazione della rete geodetica sono stati posizionati in fase di rilievo, dei checkerboard di dimensioni 20x20 cm colorati a scacchiere bianco e nero, la mas-

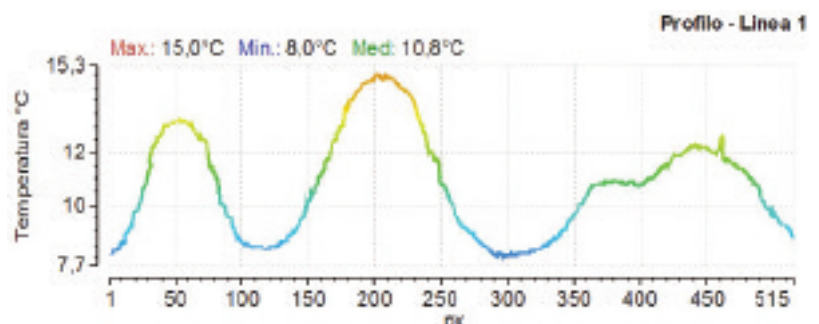
sima distanza di posizionamento di questi punti dalla stazione laser può arrivare a 15/18 m. Oltre all'utilizzo dei checkerboard, sono state posizionate delle sfere di diametro 14,5 cm di materiale plastico con un bordo magnetico in grado di riflettere il laser in qualsiasi direzione, esse possono essere posizionate a una distanza di circa 10/12 m dalla stazione laser. Una volta raccolti tutti i punti, tramite l'utilizzo di un software CAD, sono state derivate le tavole bidimensionali relative a piante, prospetti e a tutte le sezioni sia verticali che orizzontali necessarie. Successivamente, tramite il software Revit, è stato creato un modello tridimensionale geo-referenziato usato come base per la progettazione del nuovo involucro modulare, al fine di ottimizzare numero e dimensione degli elementi di facciata e, infine, per definire la posizione esatta degli ancoraggi.

Unitamente al rilievo laser, è stata condotta una campagna termografica che ha permesso di eseguire indagini non distruttive sull'edificio, visualizzando in tempo reale la mappa del calore e misurando la temperatura superficiale di facciata senza contatto. Le indagini hanno messo in luce le zone termicamente deboli dell'edificio: non solo ponti termici strutturali, ma anche ponti termici localizzati nelle aperture trasparenti (nodo infisso/parete).

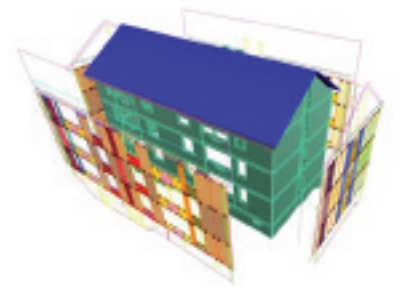
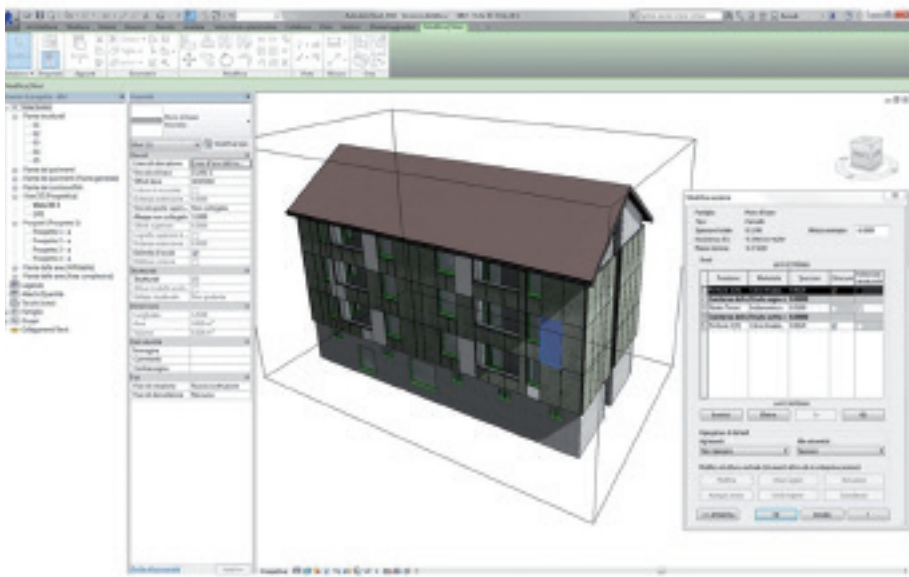
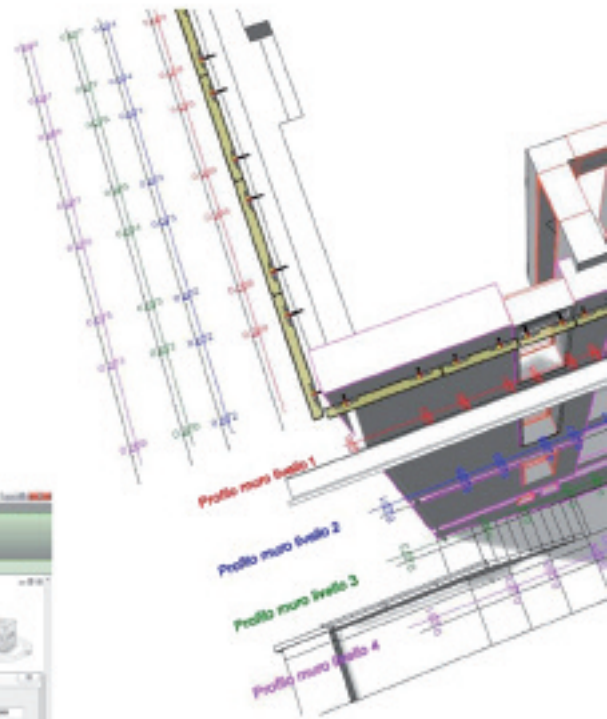
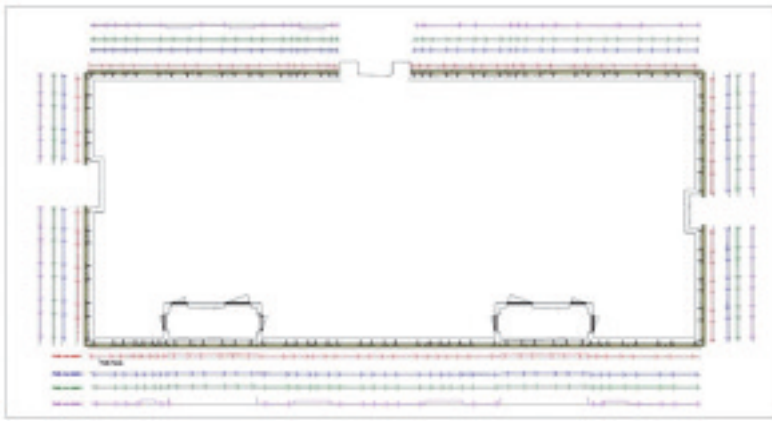


Sopra, termogramma della parete opaca e del serramento sul lato sud.

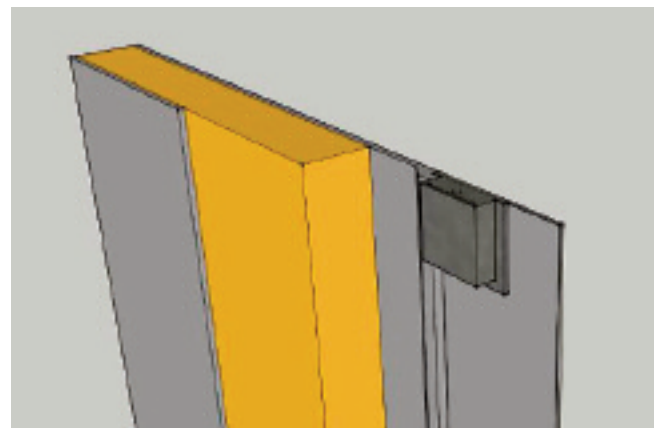
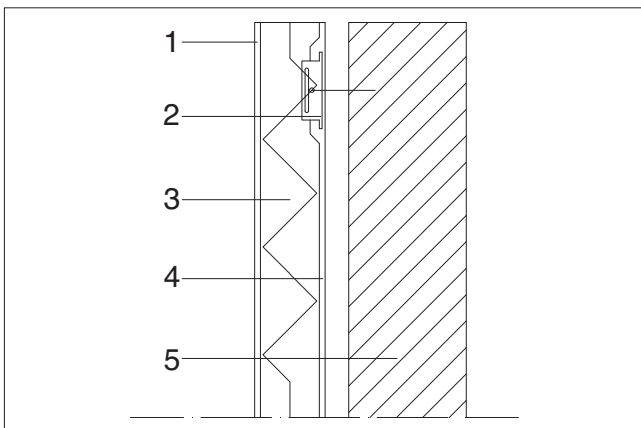
A lato, analisi del profilo di temperatura della termografia sovrastante.







Principali schermate del processo BIM e del retrofitting planner del progetto EASEE (fonte: Laboratorio Gicarus – Politecnico di Milano).



- 1 Textile reinforced concrete - TRC (12,5 mm)
- 2 ancoraggio
- 3 EPS (100 mm)
- 4 Textile reinforced concrete - TRC (12,5 mm)

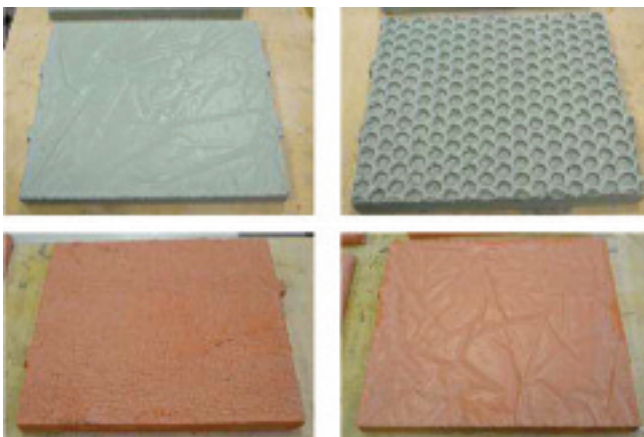
Schema della soluzione tecnologica di facciata (fonte: Laboratorio Materiali e Strutture in Calcestruzzo – Politecnico di Milano).



Dal punto di vista qualitativo, le immagini radiometriche delle pagine precedenti evidenziano la localizzazione dei principali punti critici dell'involucro: si nota chiaramente la posizione della struttura portante e dei radiatori nelle zone sottofinestra. Inoltre, è possibile osservare la disomogeneità puntuale della temperatura superficiale con valori che oscillano tra gli 8-9 °C nella porzione di muratura di tamponamento e tra 15-19 °C nella zona sottofinestra. A supporto dei dati tabellari, la qualità dell'involucro è stata stimata sia attraverso programmi di modellazione agli elementi finiti che attraverso indagini di misura sperimentali condotte con sonde termoflussimetriche e di temperatura superficiale. I risultati delle prove hanno evidenziato dati concordanti in linea con il valore misurato, tipico della tecnologia, e pari a 0,960 W/m<sup>2</sup>k.



Sopra, pannelli stoccati in azienda e pronti per l'installazione.



Prototipi con pigmentazione rossa e diverse finiture superficiali (fonte: Laboratorio Materiali e Strutture in Calcestruzzo – Politecnico di Milano); a sinistra, esempio di colorazione e texture di finitura.

## Il progetto di recupero della facciata

Come già accennato nel paragrafo precedente, l'impiego del BIM è stato fondamentale per la fase di progettazione dell'intervento di recupero della facciata; in particolare, ha permesso di verificare la congruenza materica e le eventuali irregolarità di facciata, definire esattamente la posizione dei sistemi di ancoraggio e indicare gli eventuali aggiustamenti necessari in riferimento alla messa in opera dei pannelli e del loro monitoraggio.

La soluzione innovativa per la riqualificazione dell'involucro dall'esterno, scelta tra le diverse opzioni studiate, prevede la realizzazione di pannelli prefabbricati con prestazioni elevate sia dal punto di vista strutturale che energetico. Il pannello tipo si compone di un'anima in EPS dello spessore di 100 mm accoppiato a due strati esterni di calcestruzzo fibrorinforzato con fibre polimeriche (Textile Reinforced Concrete TRC) dello spessore di 12,5 mm. Il sistema così composto si caratterizza per un'ottima resistenza a compressione e un'alta resistenza a trazione (vedi disegni pagina a fianco).

La produzione del pannello è avvenuta mediante getto in pressione del calcestruzzo in verticale in uno specifico cassero con sponde a posizione variabile. Le fotografie a sinistra mostrano due esempi di pannelli di formato 300x150 cm in fase di maturazione. Attraverso l'uso di pigmenti mescolati nel getto di TRC è stato possibile ottenere diverse colorazioni.





Assonometria finale con individuazione dei pannelli sul caso studio (fonte: Laboratorio Gicarus – Politecnico di Milano – Polo Territoriale di Lecco).



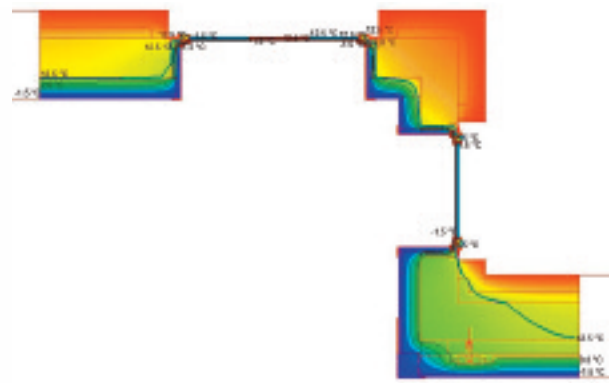
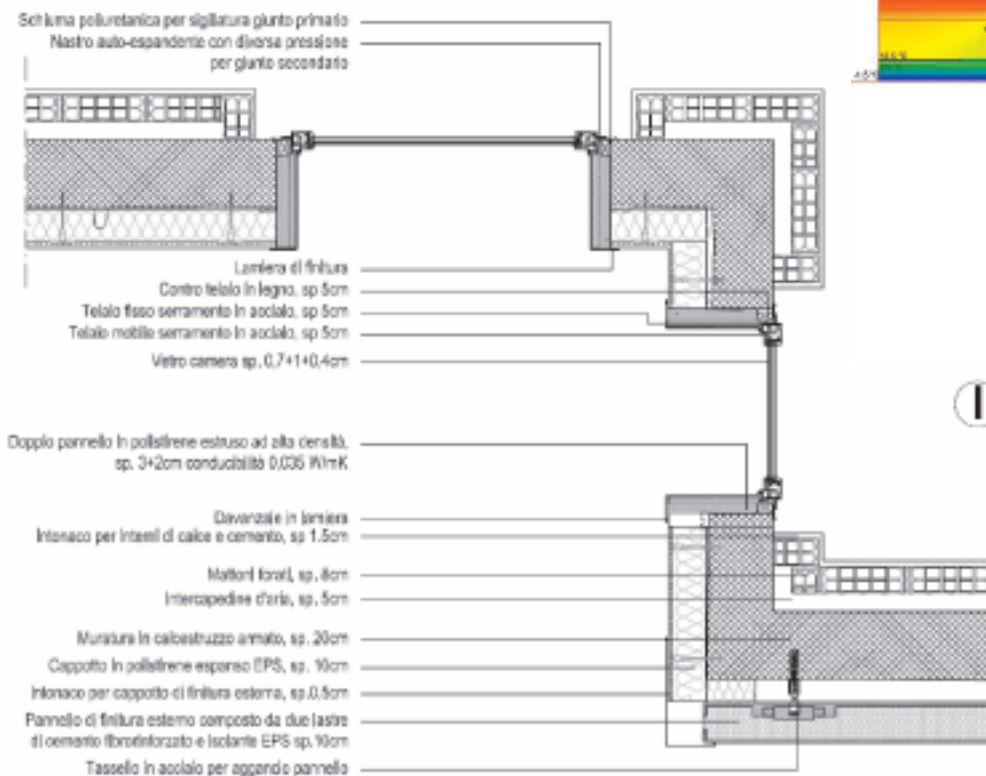
Inoltre, applicando in fase di getto apposite matrici siliconiche, è stato possibile imprimere sulle facce a vista dei pannelli diversi rilievi e forme. I campioni riportati nelle foto in basso a pagina 63, sono stati prodotti in fase di studio del sistema di facciata. Per l'edificio dimostrativo sono state prodotte tre diverse colorazioni (bianco, naturale e antracite) ed è stata utilizzata come test una matrice con rilievi da 50 mm a righe verticali.

Il disegno complessivo delle facciate è stato ottimizzato valutando contemporaneamente la qualità compositiva, le dimensioni e il numero di pannelli da produrre. La configurazione finale del progetto esecutivo ha previsto un totale di 186 pannelli suddivisi in 28 tipologie diverse per dimensione, colore e texture di finitura (vedi immagine in alto).

Durante la progettazione del pannello è stato fondamentale, inoltre, lo studio dei punti critici di facciata: in particolar modo la definizione dei giunti tra i pannelli e le interfacce con finestre e balconi. Quest'attività ha messo in luce i seguenti requisiti da soddisfare: prevedere la possibilità di sostituire i pannelli danneggiati o altri elementi di facciata; garantire la tenuta all'aria dell'involucro in connessione con la facciata esistente e, inoltre, garantire le tolleranze ne-

cessarie per l'assemblaggio e il movimento correlato dei vari elementi che costituiscono la facciata. La criticità dei giunti è stata risolta combinando due prodotti: un cordone di tamponamento in polietilene accoppiato a un sigillante siliconico acrilico a basso modulo elastico. Nello specifico, è stato impiegato un sigillante siliconico a reticolazione neutra e bassissimo modulo elastico, con ottimi valori di resistenza all'invecchiamento, con un range di temperatura di servizio da -50 a +150 °C e con un allungamento a rottura compreso tra il 220 e il 290%. A verifica della soluzione scelta sono state eseguite specifiche analisi agli elementi finiti con il software Dartwin Mold Simulator<sup>7</sup>. Dal punto di vista tecnologico, i pannelli sono stati progettati per essere fissati esternamente alla parete esistente attraverso quattro connessioni puntuali. Nel caso di studio dimostrativo sono stati utilizzati in totale 492 ancoraggi in acciaio inossidabile di diversa dimensione e tipologia, regolabili nelle tre direzioni spaziali. L'intercapedine tra pannello e muratura esistente, dalla geometria variabile in funzione del fuori piombo della parete esistente, è stata trattata per funzionare come camera d'aria non ventilata e quindi come un ulteriore strato resistivo. A tale scopo, essa è stata sigillata sul perimetro attraverso





Dettaglio tecnologico e, sopra, analisi agli elementi finiti con individuazione delle temperature.

schiume poliuretaniche autoespandenti combinate con nastri di tenuta all'aria. La soluzione esecutiva è stata analizzata prima della messa in opera attraverso disegni di dettaglio e verifiche puntuali agli elementi finiti al fine di prevederne il comportamento in opera (vedi disegno in alto).

## La messa in opera della soluzione EASEE

Il processo di riqualificazione dell'involucro edilizio è stato progettato al fine di interferire il meno possibile con le normali attività degli inquilini. A tale scopo è stata adottata una tecnica di installazione rapida, in assenza di tradizionali ponteggi e per singole lavorazioni in sequenza. La prima fase ha permesso di individuare, a partire dal progetto esecutivo e dal modello 3D, la posizione esatta di ogni ancoraggio meccanico. Nella seconda, sono stati posizionati, suddivisi per tipologia e in funzione del peso del pannello e della distanza rispetto al filo di facciata, gli ancoraggi meccanici. Nella fase successiva, un apposito braccio meccanico installato su un'autogru ha consentito di avvicinare i pannelli in prossimità degli ancoraggi.







A sinistra, fase di montaggio dei pannelli prefabbricati. A destra, fase di finitura del giunto tra pannelli.

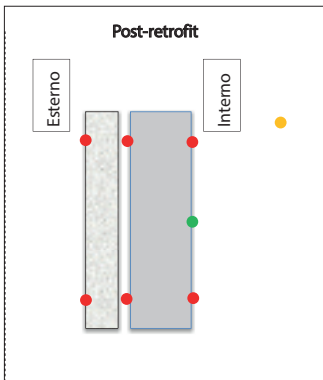
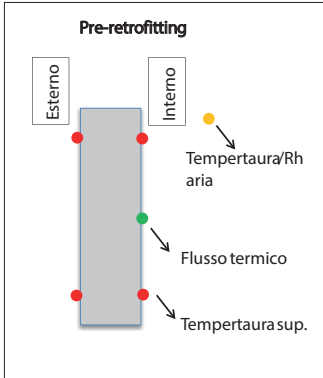
Un operatore, collocato su una piattaforma aerea mobile, ha guidato la movimentazione fino al posizionamento definitivo (vedi foto pagina precedente). Successivamente, per ogni striscia orizzontale di elementi posati, è stata eseguita la sigillatura dell'intercapedine tra muro e pannello attraverso spugne polimeriche a celle chiuse e nastri di tenuta, in modo da ridurre al minimo i movimenti convettivi d'aria. La fase finale di chiusura dei giunti e di posa della latorneria è stata condotta sempre attraverso piattaforma mobile. L'intero progetto di riqualificazione è avvenuto nell'arco di solo 10 settimane.

## Analisi e misura delle performance

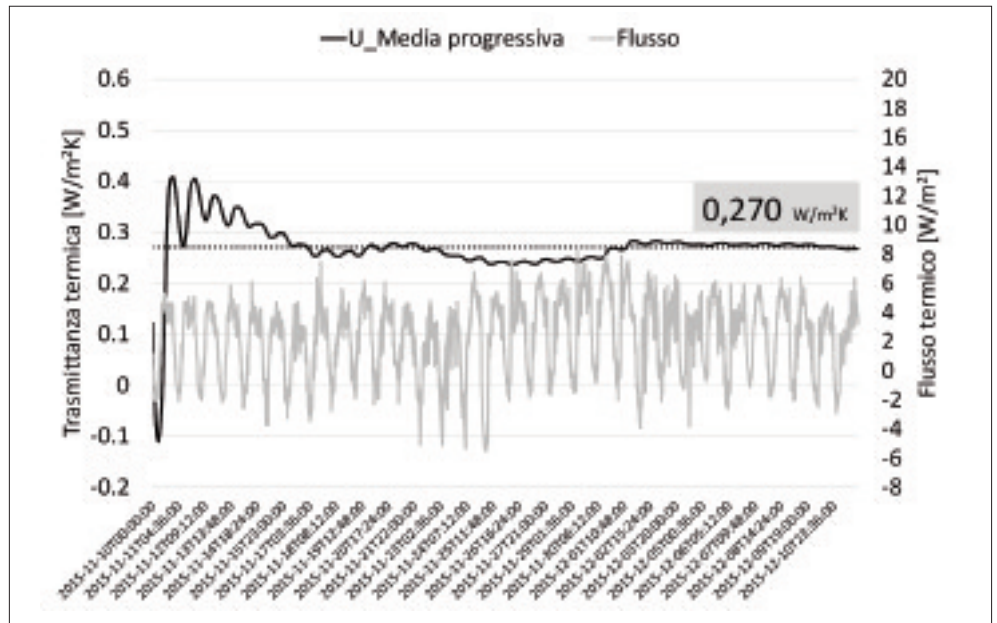
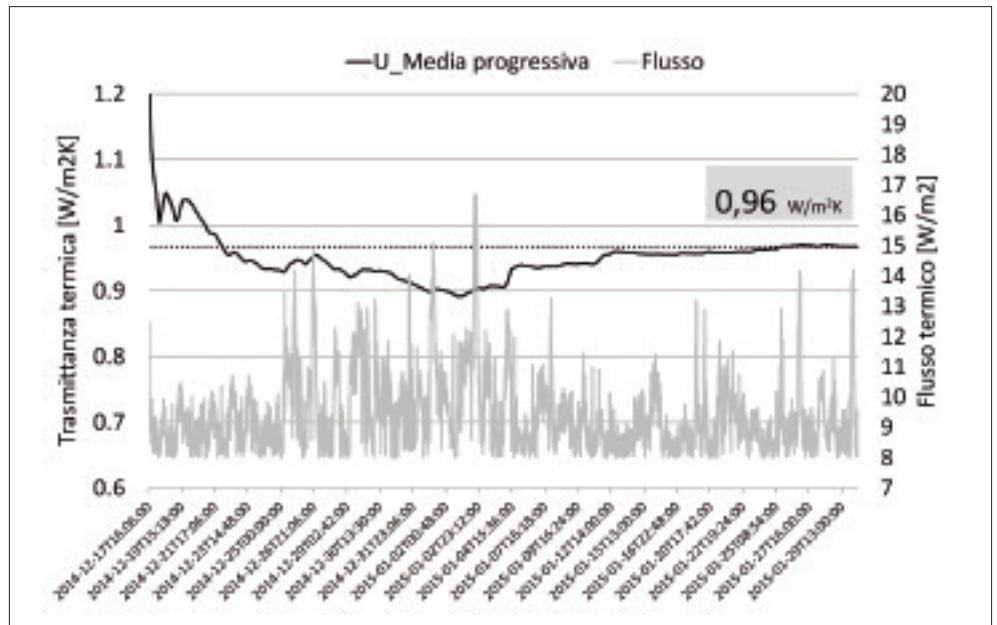
A riqualificazione terminata, una serie di misurazioni in situ hanno permesso di verificare il comportamento in opera del sistema, sia in termini di tempera-

ture superficiali che di trasmittanza termica. Gli strumenti di misura sono stati collocati su una porzione di parete rappresentativa dell'involucro, rivolta a nord-est, in modo da non risentire degli effetti della radiazione solare diretta. Sul lato interno della parete sono stati posizionati un termoflussimetro per la misura del flusso termico, con campo di misura compreso tra  $-2000/+2000$  W/m<sup>2</sup> e incertezza del 5% su 12h, un sensore di temperatura a contatto (Pt100), con una copertura possibile di  $-50/+70$  °C e risoluzione di 0,1 °C, per la misura della temperatura superficiale dell'elemento tecnico. Sullo strato esterno della muratura esistente è stata posizionata un'ulteriore sonda di temperatura al fine di monitorare il comportamento dell'intercapedine d'aria tra pannello isolante e muratura. Verso l'esterno, un'altra sonda ha permesso la rilevazione della temperatura superficiale esterna del pannello composito. Un termoigrometro, attraverso pt100 e sensore capacitivo con incertezza  $\pm 1,5\%$ , ha permesso di rilevare il livello di temperatura e umi-

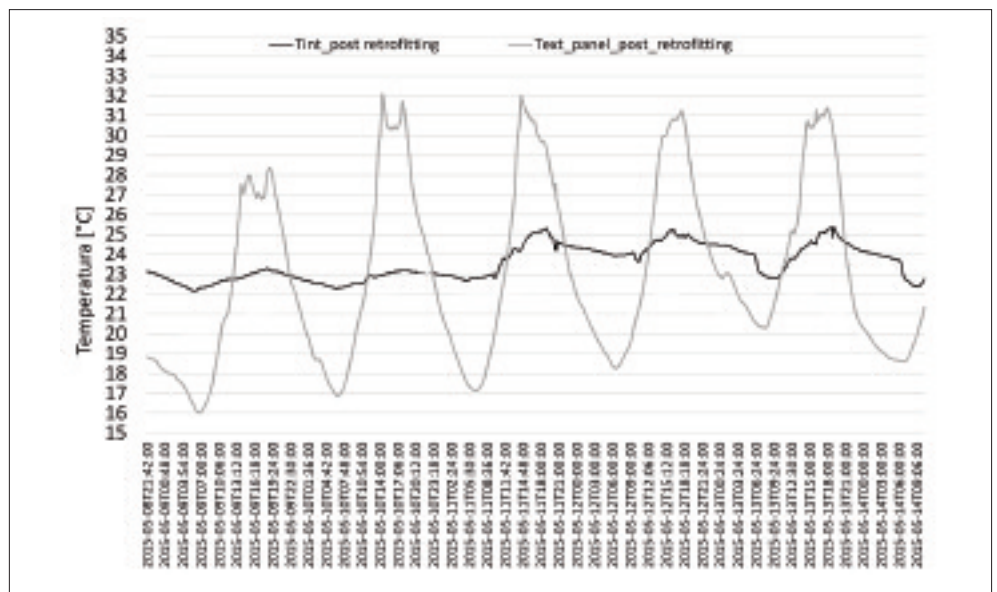




Sopra, schema del sistema di monitoraggio pre e post riqualificazione.

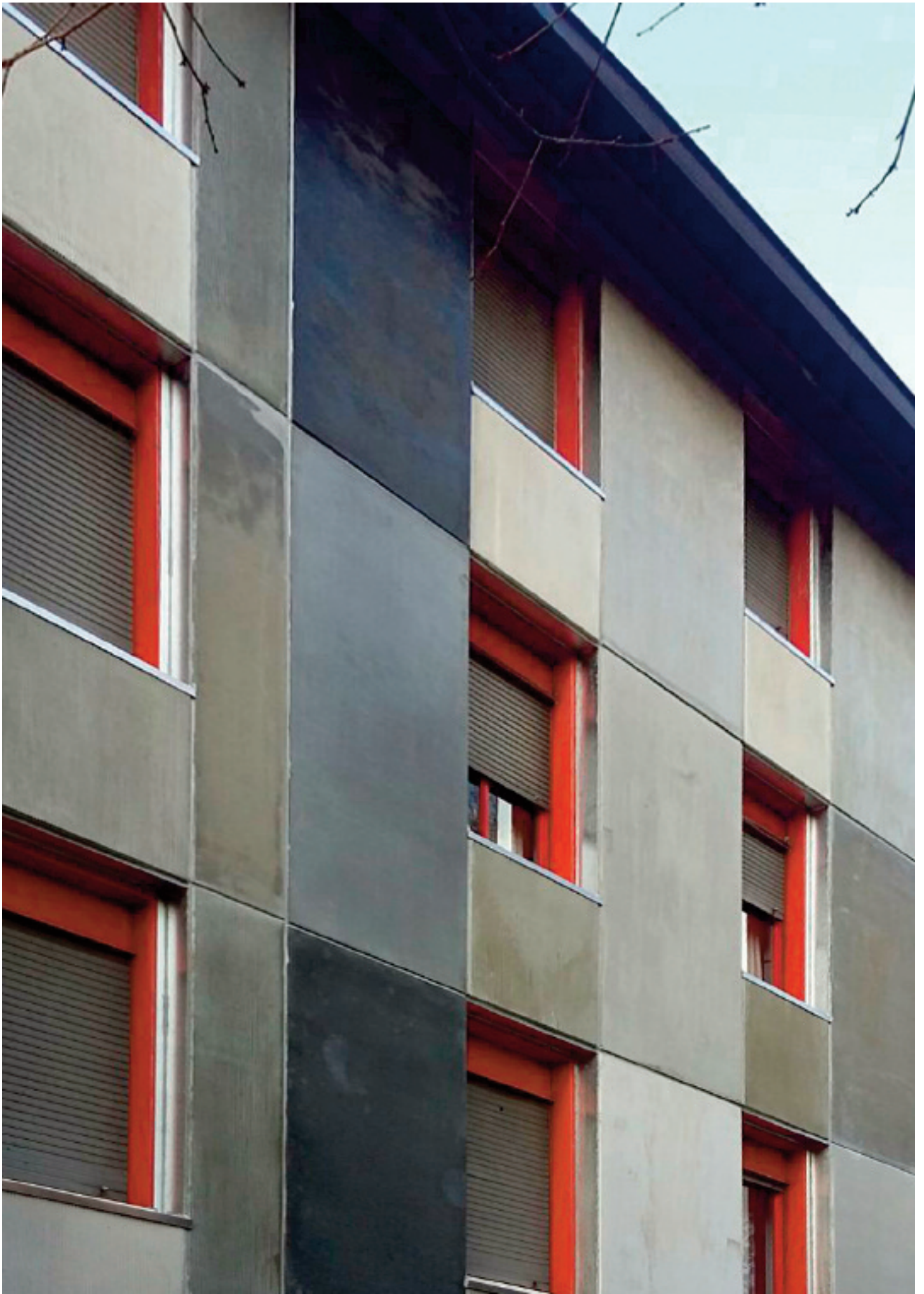


Misure in opera della trasmittanza termica della muratura verticale. Sopra: stato di fatto. Sotto stato di progetto.



Andamento delle temperatura superficiale esterna del pannello e della temperatura della cavità.







dità dell'aria esterna.

Tutti i sensori sono stati collegati a un datalogger impostato per l'invio dei dati a un server ogni 6 minuti. Prima del posizionamento dei sensori, il rilievo termografico ha consentito di verificare l'omogeneità della parete in termini di temperature superficiali e l'assenza di componenti impiantistiche. Le misurazioni sono state eseguite sia durante la stagione estiva che durante quella invernale. I grafici a pagina 67 riportano i valori misurati e il computo della trasmittanza termica, calcolata con il metodo delle medie progressive in accordo con gli standard normativi vigenti<sup>8</sup>, per il periodo compreso tra il 19 ed il 23 dicembre 2015. Come mostrato, la trasmittanza termica rilevata è pari a  $0,270 \text{ W/m}^2\text{K}$ , ridotta di circa 4 volte il valore iniziale della muratura e pari a  $0,960 \text{ W/m}^2\text{K}$ . La presenza di diversi layer, resistivi e capacitivi, all'interno del nuovo sistema tecnologico di facciata determinano livelli di temperatura favorevoli sia in inverno che in estate. Nel primo caso, le temperature all'interno dell'intercapedine sono in media  $6^\circ \text{C}$  più elevate rispetto alla temperatura ambiente mentre in estate il sistema permette un'attenuazione dell'onda termica di circa  $8\text{-}10^\circ \text{C}$ .

La riqualificazione dell'involucro edilizio del caso di studio attraverso la messa in opera dell'innovativo sistema di facciata ha permesso una riduzione del fabbisogno di energia per il riscaldamento nel periodo dicembre-aprile pari a circa il 36% rispetto allo stesso periodo della stagione termica precedente. L'imma-

gine sottostante mostra dal punto di vista qualitativo, attraverso l'individuazione delle temperature superficiali il miglioramento delle performance dell'involucro.

## Note

- 1 Legge 373/1976, Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici.
- 2 ISTAT (2011), 15° Censimento generale della popolazione e delle abitazioni 2011.
- 3 CEER: Catasto Energetico Edifici Regionale. Available at: <http://www.cened.it>.
- 4 Decreto dirigente unità organizzativa 30 Luglio 2015, n. 6480 - Disposizioni in merito alla disciplina per l'efficienza energetica degli edifici.
- 5 EASEE project: Envelope Approach to improve Sustainability and Energy Efficiency in existing multi-storey multi-owner residential buildings. [www.easee-project.eu](http://www.easee-project.eu).
- 6 D'Appolonia S.p.A. come coordinatore del progetto (Italia), Politecnico di Milano (Italia), Magnetti Building (Italia), Halfen (Italia), ECAP (Italia), STAM (Italia), National Technical University of Athens (Grecia), CIM-mes Projekt (Grecia), BPIE (Belgio), EMPA (Svizzera), SCHWENK (Germania), RIDAN (Polonia), FASADA (Polonia), Ancodarq SL (Spagna), Integrated Environmental Solutions Inc. (Scozia).
- 7 Dartwin, Mold Simulator, [www.dartwin.it](http://www.dartwin.it).
- 8 UNI EN 1934:2000 - Prestazione termica degli edifici - Determinazione della resistenza termica per mezzo del metodo della camera calda con termoflussimetro. ISO 9869:1994 - Thermal insulation - Building elements - In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance.

## Graziano Salvalai

Architetto, esperto in architettura naturale, edifici nZEB e protocolli di sostenibilità in edilizia. Lavora in Italia e all'estero.

Confronto tra le temperature superficiali della muratura attuale e dopo la riqualificazione.

