

# Risanamento conservativo sulle sponde del lago





Una villa dell'800 è stata resa più efficiente e confortevole senza perdere il fascino storico. Un sistema di monitoraggio controllerà la sua salute nel tempo



▶ VALENTINA CARI, OSCAR STUFFER ed ELENA LUCCHI \*

**V**illa Castelli è un edificio ubicato sul Lago di Como, appartenuto alla medesima famiglia per circa 140

anni e sottoposto di recente a un radicale intervento di efficientamento energetico all'interno di un progetto di risanamento conservativo.

Il progetto nasce dalla volontà dei committenti di procedere a una ristrutturazione radicale del sistema involucro-impianti, con un intervento che conservi le pregevoli caratteristiche architettoniche e migliori le prestazioni energetiche. I progettisti si sono così trovati davanti a due vincoli fondamentali: realizzare un restauro conservativo ad alta efficienza energetica e controllare i costi di costruzione e di gestione.

### **Villa storica del primo '800**

L'edificio sorge sulla sponda orientale del Lago di Como, appena fuori il centro storico di Bellano. La sua presenza, nella forma attuale, è rilevabile a partire dalle mappe del catasto Lombardo-Veneto redatte durante il dominio austriaco tra il 1840 e il 1855. Nasce come villa gentilizia, accorpendo alla preesistente stalla un nuovo corpo di fabbrica, connesso tramite un porticato di cui sono state rilevate le tracce durante l'esecuzione dei lavori.

Dal primo nucleo, venne fatto un primo ampliamento nella zona al piano terreno, cui seguì un sopralzo con una nuova distribuzione dei piani. L'edificio ebbe un sostanziale rinnovamento nel 1925 quando, come da epigrafe riportata in facciata, acquisì una forma architettonica coerente, tuttora ben leggibile. L'ultimo importante ampliamento risale alla seconda guerra mondiale (1939), epoca in cui la famiglia Castelli, sfollata dalla città di Como, abitò per alcuni anni nell'edificio in maniera permanente, aggiungendo una zona di veranda nella quale fu ricavata un'ampia sala da pranzo. Alla stessa epoca risale il sistema di riscaldamento a radiatori, alimentati inizialmente da alcune stufe e in seguito da una caldaia a gasolio. Tutti gli interventi successivi riguardarono esclusivamente la sostituzione del generatore di calore e il rinnovo degli arredi.

### **Riorganizzazione degli spazi**

Il progetto architettonico di riuso ha volutamente seguito la strada di non stravolgere la destinazione d'uso degli ambienti esistenti per una forma di rispetto nei confronti della famiglia proprietaria, che ha posseduto ed utilizzato l'edificio per un lunghissimo tempo. Le modifiche hanno riguardato la creazione di spazi distributivi che migliorano l'accesso ai diversi locali per correggere i difetti dovuti al fatto che l'edificio non nasce come elemento architettonico organico e unitario. Si è proceduto quindi a spostare il soggiorno e l'affaccio di alcune camere da letto verso il giardino interno alla proprietà.

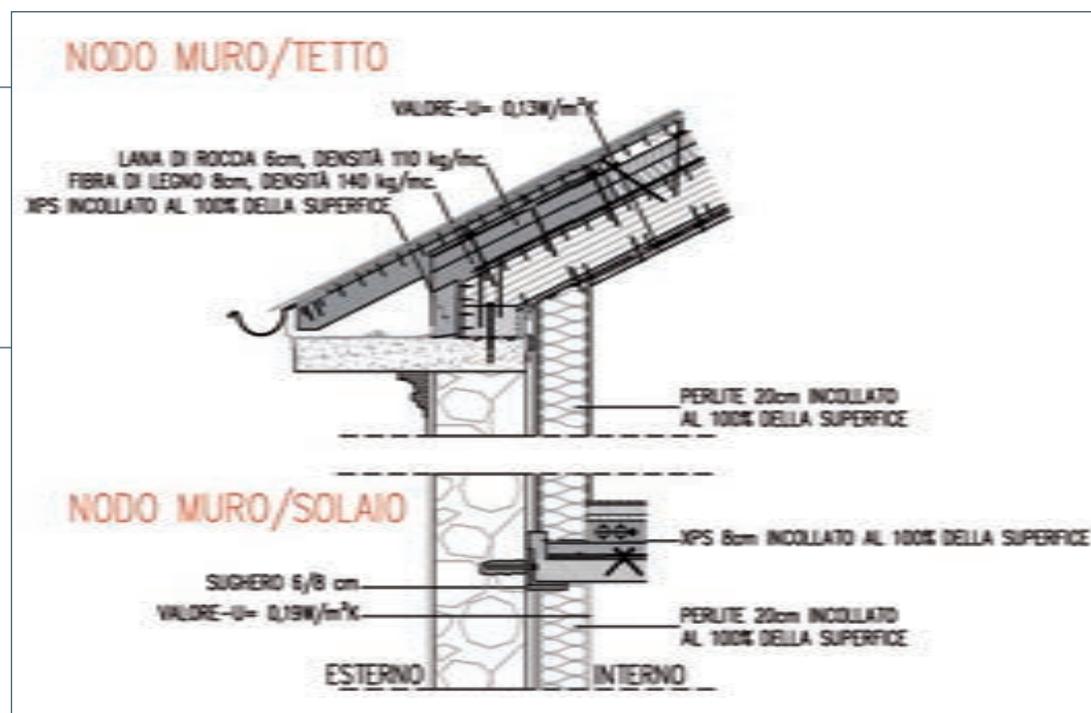
## **CANTIERE LABORATORIO PER MONITORAGGIO E CERTIFICAZIONE**

Nel corso di molteplici workshop, svolti sia in cantiere che in teleconferenza, ogni soluzione progettuale è stata vagliata più volte e migliorata con l'intervento corale di tutti i protagonisti. L'enorme mole di dati e dettagli esecutivi sono stati analizzati, nella fase finale della progettazione, dall'Istituto per le Energie Rinnovabili dell'Accademia Europea di Bolzano (EURAC). Dopo averli convalidati con calcoli tridimensionali a elementi finiti, EURAC ha posto le basi scientifiche per procedere

all'installazione di un sistema di monitoraggio "post operam" che permetterà di creare un database permanente per il controllo in tempo reale la temperatura e umidità relativa delle pareti. Si tratta di un utile strumento di validazione di calcoli, materiali e tecniche di posa utilizzati. Non solo: l'istituto di certificazione Casaclima ha selezionato Villa Castelli come edificio pilota per la validazione dei calcoli e delle procedure di certificazione riguardanti gli edifici in ristrutturazione Casaclima "R".

## Sezione della parete verticale dell'involucro edilizio

Elaborazione: Ing. Oscar Stuffer, studio di architettura e efficienza energetica Solarraum di Bolzano



## Struttura dell'involucro esistente

L'evoluzione storica delle varie parti dell'edificio è risultata ben evidente durante le prime opere di demolizione che hanno svelato, sotto ai controsoffitti incannucciati, strutture ed elementi costruttivi assai differenti tra loro. Le porzioni più antiche sono costituite da murature perimetrali ed interne portanti dello spessore variabile tra 42 e 62 cm in pietra locale squadrata. I primi ampliamenti e innalzamenti mostrano invece pareti in mattoni pieni e, i taluni casi, in mattoni forati. Anche i solai presentano caratteristiche architettoniche assai differenti tra loro: quelli risalenti alla fine del 1800 sono composti di travi lignee con interposto assito e pavimenti inseriti sopra un livellamento a secco, ma si trovano anche solai con struttura in acciaio e riempimento in laterizio (1910) e altri con struttura in acciaio e sovrapposta soletta gettata in calcestruzzo armato (1938).

## Risanamento conservativo vincolato

L'edificio è posto sotto il vincolo ambientale dalla Soprintendenza ai Beni Architettonici e, pertanto, non può subire modifiche nelle sue porzioni esterne. Dal punto di vista urbanistico, inoltre, vi è un vincolo al mantenimento delle strutture interne di pregio. La bellezza delle facciate, ancora molto ben conservate, ha indotto a optare per

una coibentazione dell'involucro operata esclusivamente sulle facce interne delle murature perimetrali. In questo modo, pur consapevoli della difficoltà di eliminare i ponti termici, si è potuto procedere al risanamento conservativo richiesto dalla Soprintendenza. In particolare si è deciso di intervenire con una serie di consolidamenti statici che supportano le strutture esistenti senza demolirle. In alcuni casi, anzi, si è provveduto a creare delle strutture di soccorso che intervengono staticamente solo nel caso in cui si verificassero cedimenti dei solai.

### Lavori in corso **Restauro conservativo ed energetico all'interno della villa.**

**A destra, passaggio condotte VMC**





Lavori in corso  
**L'involucro edilizio**

## Risanamento e consolidamento delle strutture per combattere la risalita di umidità capillare e cedimenti

che l'umidità proveniente dal terreno trovi una via d'uscita preferenziale verso l'esterno, senza alterare la capacità degli intonaci a calce di operare una regolazione naturale dell'umidità. Ciò viene garantito anche dal fatto che il marciapiede, che corre tutto intorno all'edificio, ove è stata riposizionata la esistente pavimentazione in lastre di pietra locale, rimane staccato dal perimetro dell'edificio stesso di circa 25 cm. È inoltre costruito su una platea armata svincolata strutturalmente dall'abitazione e poggiante su di uno strato in ghiaia di diverse pezzature, che permette la traspirazione del terreno.

## Soluzioni per l'umidità di risalita

Un aspetto prioritario era la soluzione dei problemi legati all'ubicazione dell'edificio sulle sponde del lago, su un terreno scarsamente coerente, causa di alcuni significativi cedimenti e criticità relative all'umidità di risalita per capillarità. In particolare, al piano terreno si è effettuato un taglio con una barriera chimica iniettando ad alta pressione una microemulsione di siliconi concentrati; intervento eseguito un anno prima dell'inizio effettivo dei lavori. Abbassando la quota del terreno esistente all'interno dell'edificio si è potuto procedere alla creazione di un anello di consolidamento gettando una platea di base spinata nei muri perimetrali. Sopra di essa è stata stesa una guaina bituminosa che ha rivestito in continuità i muri perimetrali fino a connettersi con la quota delle iniezioni, e che garantisce una tenuta all'umidità di risalita per tutto il piano terreno. Il trattamento a calce della porzione di intonaco esterno, con la creazione di uno zoccolo perimetrale di circa 8 cm di spessore, ha permesso di ripristinare la parte bassa delle murature ed al contempo di garantire

## Interventi sui solai

L'unica demolizione di rilievo è stata quella del muro portante del soggiorno, che divideva due zone edificate in epoche differenti: con il livello dell'intradosso dei solai contigui aveva una differenza di quota di circa 35 cm. Si è provveduto quindi alla creazione di un portale di acciaio, posizionato su travi in cls armato poste alla base del muro, che è servito anche da struttura di servizio nel momento in cui si procedeva alla demolizione della muratura stessa, potendo fungere da appoggio dei solai esistenti. I solai, che avevano caratteristiche costruttive diverse tra loro (uno con struttura portante in



**Consolidamento dei solai tramite l'inserimento di pioli in acciaio uniti tra loro da travetti e reti elettrosaldate**

**Coibentazione attorno alle travi con particolare delle nastrature con bandella auto espandente di sigillatura**



**Lavori in corso Il tetto è stato completamente rifatto, con la posa di una nuova struttura in legno lamellare a scomparsa, termoisolata**



legno l'altro con struttura portante in acciaio) sono stati ripuliti dagli elementi estranei e di pavimento e consolidati tramite l'inserimento di pioli in acciaio uniti tra loro da travetti e reti elettrosaldate conglobate in un getto compensativo. Tutti i getti compensativi sono stati eseguiti effettuando una disconnessione termica tramite l'inserimento di una banda perimetrale in XPS ad alta densità. La porzione delle travi entrante nelle murature perimetrali è stata isolata con adeguate nastature e rivestimenti a tenuta all'aria. Il solaio dell'ultimo piano, gravemente ammalorato da infiltrazioni, è stato sostituito da un nuovo solaio in legno lamellare con getto compensativo in calcestruzzo dello spessore totale di 17 cm, ancorato alle pareti perimetrali con mensole in acciaio e studiato in modo tale da limitare il ponte termico lineare. Ciò ha permesso il riuso dello spazio di sottotetto, inizialmente utilizzato dalla servitù e in seguito trasformato in deposito. Il rifacimento completo del tetto con il getto dello sporto di

**Impianto fotovoltaico integrato nella copertura in lamiera, approvato dalla Soprintendenza per i Beni Architettonici che ha supervisionato i lavori**



gronda ancorato e spinato alla muratura esistente ha consentito di creare una correa che ha fatto da base per il tetto, aiutando una uniforme distribuzione dei carichi e chiudendo con un anello armato l'edificio anche nella sua porzione superiore e completando il consolidamento statico a tutti i livelli.

## Retrofit energetico

Il progetto di retrofit energetico è iniziato con l'analisi dello stato di fatto dell'edificio esistente e l'individuazione degli obiettivi della committenza. L'edificio ha una superficie lorda di circa 680 m<sup>2</sup> e un volume lordo riscaldabile di circa 2.600 m<sup>3</sup>. Il rapporto S/V, pari a 0,49 1/m, è da considerarsi medio per un edificio di tale volumetria. Per i calcoli energetici è stato utilizzato il software dell'Agenzia CasaClima di Bolzano (ProCasaClima). I risultati hanno indicato un fabbisogno per riscaldamento per lo stato esistente in sito di circa 230 kWh/m<sup>2</sup>a. Inoltre, è emerso che, con una potenza specifica di riscaldamento di oltre 110 W/m<sup>2</sup>a, le perdite per trasmissione ammontano a 126.000 kWh/a su un fabbisogno di riscaldamento annuale pari a 129.000 kWh. È quindi su questo fronte che si doveva intervenire per ridurre in modo sostanziale il fabbisogno di energia. Il secondo e ulteriore passo era ridurre le perdite per ventilazione (18.500 kWh/a), non essendo possibile modificare le facciate per ottimizzare gli apporti solari, che sono la fonte energetica più pulita e a costo "zero". I guadagni solari sono pari a 6.600 kWh/a, gli apporti interni a 8.700 kWh/a. Il rapporto tra guadagni energetici e perdite energetiche raggiunge un valore di soli 11%.

## Isolamento termico delle pareti

La coibentazione delle pareti interne ha seguito il criterio di uniformare gli spessori degli isolanti. In quasi tutte le pareti si è intervenuti con una coibentazione con lastre di perlite (spessore 20 cm) mentre nella zona della veranda, per non snaturarne la forma architettonica molto esile, i pilastri in calcestruzzo armato sono stati rivestiti con aerogel (spessore 8 cm). Il pacchetto del pavimento è stato studiato in modo da ottenere, oltre all'isolamento all'umidità, anche un elevato grado di isolamento termico: sulla platea armata sono state poste lastre in XPS (spessore di 20 cm), sopra alle quali corrono gli impianti in uno strato alleggerito in vermiculite (spessore di 20 cm). Il pacchetto di riscaldamento a pavimento sovrastante occupa gli ultimi 8 cm.

## PONTI TERMICI: ELIMINARLI TUTTI ERA IMPOSSIBILE

Non tutti i ponti termici sono stati risolti. I motivi sono in parte strutturali, in parte architettonici e in parte geometrici, nel senso che non vi era lo spazio materiale per poter applicare un isolamento con spessore idoneo, pur avendo previsto, dove sensato, al posto della perlite da 20 cm l'applicazione di aerogel da 8 cm. Per questo sarà monitorato il comportamento dell'edificio. Per gran parte dei dettagli costruttivi sono stati eseguiti calcoli agli elementi finiti per determinare le temperature superficiali e il valore "PSI" (W/ml), che definisce il dispendio energetico derivante dal ponte termico.

## Serramenti artigianali

Porte e finestre esistenti sono stati rimpiazzati da serramenti ad alta efficienza, con triplo vetro, realizzati artigianalmente, che riprendono stilisticamente le linee preesistenti. Sono stati riposizionati tutti gli elementi decorativi interni (porte, cornici delle finestre, camini...) riportando l'edificio allo splendore dei decenni immediatamente successivi alla seconda guerra mondiale.

## Nuova copertura con fotovoltaico

Il tetto originale, più volte rimaneggiato, presentava una struttura con orditura primaria e secondaria in legno e coppi direttamente appoggiati. Questa è stata rimpiazzata da una nuova struttura in legno lamellare a scomparsa, con un pacchetto di coibentazione di 42 cm, composto da una stratigrafia con di fibra di cellulosa (20 cm), di fibra di legno ad alta densità (10 cm) e di lana di roccia (7 cm). Con un sistema di travetti falsi in gronda si è potuto contenere l'impatto estetico dello spessore del tetto che dall'esterno non risulta differente dalla situazione precedente pur avendo uno spessore complessivo di 51 cm.

Vista la presenza di alberature monumentali nel parco che circonda l'edificio, una delle preoccupazioni della committenza era modificare la copertura adottandone una più liscia che agevolasse lo scivolamento degli aghi del grosso Cedro Deodara che svetta accanto all'ingresso di servizio. Dopo una lunga trattativa con la Soprintendenza per i Beni Architettonici si è arrivati all'idea di cambiare completamente la tipologia della copertura, adottando un sistema in lamiera doppia aggirata, non infrequente in edifici coevi. Per operare un distacco evidente tra la porzione restaurata e la nuova

### Il terrazzino prima e dopo i lavori di ripristino



## RESTAURO DELLE FACCIATE

Una parte consistente dei lavori ha riguardato il restauro delle facciate, preceduto da una attenta analisi dello stato di conservazione e da una ampia discussione con la Soprintendenza circa le tecniche da adottare, materiali e colori. Si è proceduto con una pulizia generale della facciata con tamponature a spugna con acqua e bicarbonato e con la spazzolatura leggera dei corpi in graniglia. Tutte le crepe strutturali sono state sigillate con apposite malte a base di calce. Le micro cavillature invece sono state sigillate con l'introduzione di silicati tramite l'uso di siringhe. L'intonaco superficiale è stato consolidato con tamponamenti di materiali silicei. L'intervento, condotto da una squadra specializzata di restauratori, è durato oltre due mesi ed è stato interrotto per via dell'abbassamento delle temperature. Riprenderà con il rifacimento dello zoccolo al piano terreno e la ricoloritura dell'intonaco nella zona della veranda.



copertura, reinterpretata in chiave moderna, si è proceduto a inserire una gronda gettata in cls, che assolve due funzioni: distribuisce il carico del tetto come una correa e consolida con un ultimo anello di chiusura le murature perimetrali. Il nuovo tetto è funzionale e ha permesso, dopo una lunga serie di studi condotti sempre in stretta relazione con la Soprintendenza, di inserire un impianto fotovoltaico monocristallino perfettamente integrato, che copre quasi interamente il fabbisogno energetico dell'edificio.

## Taglio al fabbisogno energetico

Dall'analisi energetica è emerso che l'intervento comporta un fabbisogno per riscaldamento in sito di 15 kWh/m<sup>2</sup>a, ovvero il 93% in meno di quello originale. Inoltre, la potenza specifica di riscaldamento è di soli 18 W/m<sup>2</sup>a, consentendo l'utilizzo di sistemi radianti a bassa temperatura, posti nel pavimento.

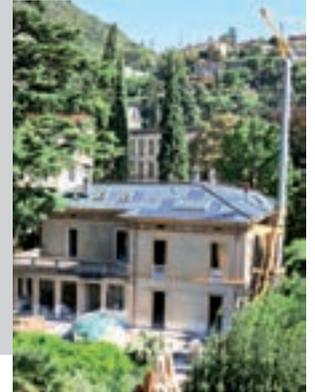
## GEOTERMIA, EOLICO E FOTOVOLTAICO

Il sistema impiantistico è stato studiato in modo da poter operare un sezionamento, utile anche nel caso in cui si volesse procedere ad un uso parziale dell'edificio. È costituito da una pompa di calore geotermica con alimentazione elettrica da 14 kW. Nella cucina è prevista l'installazione di una termocucina da 8 kW che coadiuverà l'impianto termico producendo acqua calda per gli usi sanitari e di riscaldamento. La ventilazione è assicurata da un impianto VMC costituito da tre macchine, una per piano, con scambiatore di calore. Per permettere l'alloggiamento degli impianti sono stati utilizzati rilasamenti dei soffitti nei corridoi. Un campo fotovoltaico integrato nel tetto e un impianto microeolico copriranno gran parte del fabbisogno di energia elettrica dell'edificio.



## ANAMNESI TECNICA DELL'EDIFICIO

In un immobile storico, il monitoraggio integrato energetico e ambientale costituisce una pratica preventiva di "anamnesi tecnica", che illustra il rapporto tra edificio, microclima e consumo energetico, secondo un'ottica di compatibilità ambientale e di "minimo intervento". In questo modo si attiva un processo di audit sistematico e documentato, finalizzato a individuare i possibili interventi di miglioramento tecnologico e gestionale e ad analizzare le correlazioni tra fabbisogno energetico e qualità dell'ambiente interno.



Le perdite per trasmissione si riducono a 19.000 kWh/a e quelle per ventilazione a 5.000 kWh/a (grazie all'ottimo rendimento del recuperatore di calore). Avendo scelto di utilizzare serramenti con triplo vetro anche per garantire un eccellente comfort abitativo, il fattore solare si abbassa rispetto ai serramenti esistenti e, quindi, anche gli apporti solari si riducono a 6.700 kWh/a. Il fabbisogno di riscaldamento annuale scende così a 8.500 kWh/a e il rapporto tra guadagni energetici e perdite energetiche raggiunge un valore del 65%, ottimo se consideriamo i bassissimi apporti

# Cambia la grafica, ma non l'informazione www.casaeclima.COM

The screenshot shows the homepage of CASA@LIMA.com. At the top, there's a navigation bar with the site name and a search icon. Below that, there are several news articles with images and headlines. One article is titled "Gare di progettazione, il Tar Lazio sui criteri di valutazione dei progetti". Another one says "Gestione resilienza infrastrutture critiche, da UNI la prassi di riferimento". There's also a section for "DAILY NEWSLETTER" with a sign-up button. The layout is clean and professional, with a focus on providing relevant information to the target audience.

## DAILY NEWSLETTER

*Tutte le informazioni  
importanti per il tuo lavoro.  
Tutte le sere*

**Perché  
l'aggiornamento  
professionale è un  
vantaggio competitivo**



# CASA@LIMA

Editore: Quine srl - Via Santa Tecla, 4 - 20122 Milano - Italia - Tel. +39 02 864105 - Fax. +39 02 72016740

## MONITORAGGIO MICROCLIMATICO E TERMOIGROMETRICO

Il monitoraggio microclimatico prevede il rilievo di temperatura, umidità relativa, livello di illuminamento e concentrazione di anidride carbonica. Questi dati costituiscono il “corredo diagnostico” essenziale per un corretto retrofit energetico di edifici storici, poiché influenzano direttamente la conservazione materica e le condizioni di benessere dell’utenza. Il sistema di monitoraggio in continuo è composto da due punti posizionati in ambiente esterno (su diversi orientamenti) e otto in interno (su diversi piani e orientamenti), al fine di ottenere una griglia di punti uniformemente distribuita sulla superficie totale (550 m<sup>2</sup>) che

restituisce correttamente l’andamento dei diversi parametri ambientali. Il monitoraggio termoigrometrico analizzerà l’andamento della temperatura e dell’umidità relativa nei diversi strati di parete per verificare il comportamento dell’involucro edilizio post-intervento. Sono stati individuati otto nodi costruttivi dove, dopo avere verificato l’assenza di condensa con il software Delphin, si è ritenuto opportuno valutare l’effettivo comportamento in opera dell’isolamento termico rispetto alla parete esistente. In ciascuno nodo saranno integrati stabilmente sette sensori interni alla parete, per un totale di 56 sonde di temperatura e umidità relativa.

solari. Tale valore garantisce, durante il periodo estivo, elevato comfort negli ambienti interni, anche grazie agli ombreggianti esterni (persiane) e alla funzione in freecooling dell’impianto geotermico.

### Monitoraggio ambientale

Il monitoraggio integrato delle prestazioni energetiche e ambientali è uno strumento fondamentale per conoscere il comportamento dell’immobile, al fine di valutare il comfort degli utenti, il consumo energetico, il potenziale degrado materico e la correttezza delle prassi gestionali. EURAC ha definito il concept di monitoraggio, pensando alle specificità dell’edificio storico, con l’intento di valutare il comportamento dell’immobile, la conservazione della materia storica, il comfort dell’utente e le modalità di gestione e di manutenzione. Il sistema si compone di due parti relative rispettivamente al monitoraggio ambientale ed energetico. Nel primo caso, verrà installato un sistema wireless, per individuare preventivamente le condizioni microclimatiche interne, il comportamento dell’involucro edilizio risanato, i “sintomi” di possibili degradi o malfunzionamenti e l’appropriatezza delle modalità di gestione. Due gli ambiti di intervento: monitoraggio microclimatico e termoigrometrico della stratigrafia delle pareti. Il primo prevede il rilievo di temperatura, umidità relativa, livello di illuminamento e concentrazione

di anidride carbonica. Il secondo prevede il rilievo dell’andamento della temperatura e dell’umidità relativa nei diversi strati di parete per verificare il comportamento termoigrometrico di alcuni nodi costruttivi particolarmente critici. Dopo avere verificato l’assenza di problemi di condensa con la simulazione termoigrometrica, si è ritenuto opportuno valutare l’effettivo comportamento in opera dell’isolamento termico rispetto alla parete esistente.

### Consumi sotto controllo

Parallelamente, sarà effettuato un monitoraggio energetico per analizzare i benefici degli interventi di retrofit in termini di riduzione dei consumi di energia termica ed elettrica. Sarà installata una contabilizzazione diretta dell’energia termica erogata dal generatore di calore, attraverso la misura della portata e delle temperature di mandata e ritorno del fluido termovettore, e dell’energia elettrica assorbita dalle pompe. Si sta anche valutando la possibilità di monitorare la produzione dell’impianto fotovoltaico inserito sulla copertura. Il monitoraggio sarà effettuato in continuo per un periodo di almeno tre anni, al fine di avere una quantità di dati sufficiente per conoscere il comportamento ambientale ed energetico dell’edificio dopo l’intervento di restauro conservativo e di retrofit energetico. ◀

\* *Valentina Cari* (progettista),  
*Oscar Stuffer* – Solarrum (concept energetico) ed  
*Elena Lucchi* – Istituto Energie Rinnovabili (efficienza energetica e monitoraggio ambientale)

## UN TEAM INTERDISCIPLINARE

Il progetto architettonico è stato eseguito dall’architetto **Valentina Cari di Bellano (LC)**, che ha curato anche il coordinamento del team, la direzione dei lavori e tutte le fasi relative alle collaborazioni con le ditte esecutrici, oltre a svolgere una consulenza sui temi del restauro e della definizione degli ambienti interni. La parte strutturale è stata curata dallo studio di ingegneria tecnica **STI dell’ingegner Vincenzo Buizza di Lecco (LC)**, che si è occupato del consolidamento statico delle strutture esistenti con interventi importanti ma discreti volti a mantenere i caratteri architettonici peculiari dell’edificio. Il concept energetico è stato curato dallo studio **Solarrum di Bolzano** che ha curato l’efficientamento energetico dell’involucro edilizio, la progettazione degli impianti e ha effettuato tutti i calcoli energetici.