

# HISTORICAL PRISONS

Studi e proposte per il riuso del patrimonio carcerario dismesso della Sardegna



a cura di Giovanni Battista Cocco  
e Caterina Giannattasio

ArchistoR  
EXTRA

## Redevelopment and Sustainability. Scenarios for the Reuse and Conservation of Historical Prisons

Andrea Frattolillo, C. Costantino Mastino, Roberto Ricciu (Università degli Studi di Cagliari), Chiara Salaris (Ulster University, Belfast School of Architecture)

*Among the actions to achieve the objectives set by the European Union in the "Fit for 55 Package" which sets a target of reducing net emissions of climate-altering gases by 55% by 2030, includes the EPBD Directive, with the aim of identifying and redevelop buildings with inadequate energy performance. The architectural assets subject to protection restrictions and the "complexes of immovable things that make up a characteristic aspect having an aesthetic and traditional value" remain outside the scope of application. In Italy, most of the historic buildings fall under this definition and among these the now abandoned prison structures, characterized by very high historical and architectural value but often left unused, spread practically throughout the national territory. Several local authorities introduced rules and prescriptions for the energy efficiency of the envelope into their regulations, but these remain applications limited to the local context, unable to give a universally valid procedure for the vast cultural heritage. The sporadic initiatives carried out up to now constitute a valid testimony on the possibility of overcoming the problems connected to the change in the use of the existing building. Starting from these successful cases, and not only at a national level, this research aims to provide a methodology for analyzing the existing and the today available "bacs", to support the design process for the reuse of these historic buildings. The proposed approach is based on environmental sustainability and tries to highlight those design choice parameters capable of solving the problems of integration with historical construction materials and ancient techniques constructive, overcoming the gap between the needs of the historical buildings and the available solutions.*

## HISTORICAL PRISONS

Studies and Proposals for the Reuse of Disposal Prison Heritage in Sardinia

[www.archistor.unirc.it](http://www.archistor.unirc.it)

ArchistoR EXTRA 11 (2023)

ISSN 2384-8898

Supplemento di ArchistoR 17/2022

ISBN 978-88-85479-18-0

DOI: 10.14633/AHR378



# Riqualificazione e sostenibilità. Scenari per il riuso e la conservazione degli edifici carcerari storici

Andrea Frattolillo, C. Costantino Mastino, Roberto Ricciu, Chiara Salaris

In Italia, praticamente su tutto il territorio nazionale, è possibile individuare strutture carcerarie ormai dismesse, caratterizzate da altissimo pregio storico e architettonico, ma rimaste spesso inutilizzate. Il loro restauro e soprattutto, il loro “riuso” è un obiettivo strategico per il suo essere “testimonianza materiale avente valore di civiltà”, memoria storica collettiva, segno d’identità e stimolo educativo per l’intera comunità che ne potrà nuovamente godere. Un contributo importante alla possibile rivitalizzazione di beni e strutture di alto valore storico è stato il Decreto Legislativo 85/2010, primo provvedimento di attuazione della Legge 42/2009 “Delega al Governo in materia di federalismo demaniale”. Esso prevede l’attribuzione e il trasferimento, a titolo non oneroso di beni statali agli Enti interessati che ne abbiano fatto richiesta. Gli Enti beneficiari sono tenuti, per contro, a garantire la massima valorizzazione funzionale del bene, a vantaggio diretto o indiretto della collettività territoriale, presentando, a tal fine, idonea capacità finanziaria per la sua tutela e gestione diretta, o la sua alienazione mediante conferimento in fondi immobiliari, o concessione a terzi, ma sempre nell’ottica superiore della valorizzazione dello stesso bene. Ulteriori passi per il potenziamento dello strumento di “federalismo culturale” e lo snellimento delle procedure di conferimento, inizialmente previste dal D.Lgs. 85/2010 sono stati fatti con la Legge 214/2011 e le successive 98/2013 e 164/2014<sup>1</sup>.

1. Vedi COLAVITTI, USAI 2013.

Tra i progetti di recupero presentati fino a oggi, meritano sicuramente menzione: la riqualificazione a “Museo della civiltà cavalleresca e della memoria carceraria” del carcere La Castiglia di Saluzzo (museo inaugurato nel 2014) e la partnership pubblico-privato che ha consentito il trasferimento al comune di San Gimignano (e la successiva concessione in project financing a privati nel 2020) dell’articolato complesso architettonico dell’ex convento e ex carcere di San Domenico, che potrà essere valorizzato mediante progetto di riconversione a un mix funzionale di destinazioni turistico-ricettive, culturali e enogastronomiche (figg. 1a-b).

Pur se sporadiche e spesso di limitata ottica strategica del riuso (trattasi quasi sempre di autocelebrazioni del bene con fini a carattere museale), tali iniziative costituiscono una valida testimonianza sulla possibilità di superare i problemi connessi al cambiamento nell’uso dell’edificio esistente che, per contro, trovano scarso riscontro nella letteratura scientifica. Certamente un ruolo importante gioca l’aspetto connesso al principio di sostenibilità ambientale che difficilmente riesce a prevaricare il semplice e marginale aspetto di supporto (propagandistico) alla progettazione e al riuso di questi edifici storici. Il denominatore comune tra sostenibilità e conservazione (degli edifici e dell’ambiente) è in fondo la convinzione che la risorsa (intesa nella sua accezione più ampia e quindi comprendente anche il patrimonio edilizio esistente) è un bene deperibile, limitato e non rinnovabile da salvaguardare e consegnare alle generazioni future nel migliore dei modi possibili in quanto detentore di valori testimoniali non più replicabili.

Più recentemente, il concetto di intervento sostenibile si è ampliato, introducendo i criteri di efficienza energetica e di comfort ambientale. Questa nuova visione ha reso particolarmente complesso l’intervento sul patrimonio antico, dove si richiede il rispetto e la valorizzazione delle qualità estetiche, materiche e spaziali, oltre che la compatibilità e la reversibilità degli interventi.

### *La legislazione comunitaria e nazionale per l’analisi e la tutela del patrimonio culturale*

La conoscenza delle caratteristiche dell’immobile storico è la premessa indispensabile per un corretto intervento di riqualificazione e riuso. Il comportamento energetico e ambientale dell’edificio antico, infatti, è molto diverso da quello moderno, proprio perché il suo involucro era progettato per sfruttare l’inerzia termica delle murature (con materiali in grado di trattenere un’alta percentuale di umidità) e la ventilazione naturale per i ricambi d’aria o il raffrescamento estivo. Per massimizzare le risorse a propria disposizione gli antichi progettisti dovevano conoscere attentamente l’ambiente di contorno climatico (temperatura media, soleggiamento, regime dei venti, precipitazioni), topografico



Figura 1. a) ex carcere La Castiglia di Saluzzo oggi Museo della memoria carceraria; b) ex carcere di San Gimignano di recente affidamento in concessione a privati per progetto di riconversione.

(altezza, orientazione e struttura del suolo del luogo, direzione dei venti prevalenti) e biologico (caratteristiche della flora e della fauna locali). Con l'avvento dell'epoca industriale, l'utilizzo a quei tempi ipotizzato inesauribile dei combustibili fossili ha spostato il paradigma da una difesa passiva dagli agenti climatici di contorno a una progettazione di involucri leggeri ma sostenuti da generazione attiva attraverso impianti a alta resa energetica ma anche a alto impatto ambientale. Questa è la ragione, ormai universalmente riconosciuta, per cui gli interventi di efficientamento adatti per un edificio di recente progettazione rischiano di essere inadeguati o addirittura deleteri per un edificio storico.

Il fabbisogno energetico degli edifici ricopre a livello globale circa il 35% dell'energia primaria utilizzata, secondo quanto riportato dall'OECD (*Organisation for Economic Co-operation and Development*). Esso è legato al mantenimento di condizioni microclimatiche interne a loro volta funzione del comfort termo-igrometrico desiderato negli ambienti, di eventuali esigenze di processo e, ovviamente, delle diverse condizioni climatiche esterne<sup>2</sup>. In Europa è vigente la EPBD (*Energy Performance Building Directive*), giunta alla sua terza versione (Direttiva Europea 2002/91/CE, 2010/31/C unitamente alla 2012/27/UE e 2018/844/CE), recepita in Italia con il D.Lgs. 192/2005, integrato prima con il D.Lgs. 311/2006, modificato poi con il D.Lgs. 63/2013 e convertito in Legge 90/2013. Il Decreto, stabilisce criteri, condizioni e modalità per il miglioramento energetico degli

2. <https://www.iea.org/reports/tracking-buildings/building-envelopes#abstract> (ultimo accesso 15 maggio 2023).

edifici, allineandosi con le Direttive comunitarie, escludendo le categorie di edifici ricadenti nell'ambito della disciplina della parte seconda e dell'art. 136 comma 1 lettera b) e c) del Codice dei beni culturali e del paesaggio, D.Lgs. 42/2004. Restano fuori dall'ambito applicativo, dunque, i beni architettonici sottoposti a vincolo di tutela e i "complessi di cose immobili che compongono un caratteristico aspetto avente valore estetico e tradizionale", per estensione quindi, i centri storici urbani e quelli cosiddetti minori.

In Italia gran parte degli edifici storici rientrano in questa definizione e restano esclusi dall'applicazione dell'EPBD. Diversi enti locali a seguito della partecipazione a progetti di ricerca nazionali o internazionali sul tema del recupero e dell'efficientamento energetico dei borghi storici e degli edifici storici, con il coinvolgimento della soprintendenza dei beni architettonici e dell'ufficio tutela del paesaggio, hanno introdotto nei propri regolamenti locali norme e prescrizioni per l'efficienza energetica dell'involucro<sup>3</sup>. Restano però applicazioni limitate al contesto locale, incapaci di dare una procedura universalmente valida per il vasto patrimonio culturale esistente in Italia.

Anche con il D.Lgs. 199/2011<sup>4</sup>, recepimento della Direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, l'obbligo di installazione di impianti per su nuove costruzioni o ristrutturazioni importanti decade per gli immobili ricadenti nel campo di applicazione del codice dei beni culturali e del paesaggio, di cui al D.Lgs. 42/2004 e successive modificazioni.

Un'alternativa in realtà sembra venire offerta al comma 2 dell'articolo 26, prevedendo la non applicabilità delle disposizioni legislative per gli edifici ricadenti sotto l'art. 136 del D.Lgs. 42/2004 "qualora il progettista evidenzi che il rispetto delle prescrizioni implica un'alterazione incompatibile con il loro carattere o aspetto, con particolare riferimento ai caratteri storici e artistici", ponendo in capo al progettista una pesante responsabilità, senza fornire alcuna indicazione in merito ai possibili criteri di valutazione o di giudizio della sopraggiunta "incompatibile alterazione", con il rischio che ogni soluzione possa essere successivamente contestata e ritenuta irrealizzabile. Da quanto detto è evidente come a livello nazionale le tematiche dell'efficienza energetica e della tutela del patrimonio culturale siano ancora scollegate rendendo necessaria un'integrazione dei rispettivi regolamenti attuativi, in considerazione del vasto parco di edifici storici esistente in Italia, il cui contributo al fabbisogno energetico nazionale può essere rilevante.

3. Progetto Case Mediterranee, MARITTIMO - IT-FR MARITIME - Toscana-Liguria-Sardegna-Corse, 2012.

4. Decreto Legislativo 8 novembre 2021, n. 199, Attuazione della direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2018, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili.

### *Il tentativo di proceduralizzare la sostenibilità degli interventi*

A parziale giustificazione dello scollamento tra queste due importanti tematiche è sicuramente da registrare la forte contestualizzazione dell'intervento su di un bene tutelato al sito di appartenenza. Solo attraverso lo studio accurato della struttura e del contesto urbano e climatico in cui esso è collocato è possibile operare secondo un approccio di intervento sostenibile. E' proprio in quest'ottica che si pongono le linee di indirizzo realizzate negli ultimi anni con l'obiettivo imperioso di guidare il progettista nella presentazione di interventi rispettosi non solo delle normative vigenti, quanto piuttosto del fine ultimo della sostenibilità ambientale degli stessi.

Il documento redatto nel 2010 dalla Direzione regionale del Veneto dei Beni Culturali e della Bioedilizia "A.T.T.E.S.S. - Azioni di trasferimento tecnologico per il miglioramento delle prestazioni energetico ambientali dell'edilizia storica secondo i criteri dell'edilizia sostenibile"<sup>5</sup>, apre alla riflessione sul connubio tra il mantenimento della memoria storica e il perseguimento della qualità dell'ambiente vissuto. Il principale merito del rapporto è quello di porre a base delle scelte di indirizzo negli interventi sull'edilizia storica gli elementi caratterizzanti l'edilizia sostenibile, proponendo delle metodologie di intervento mirate al duplice obiettivo del miglioramento delle prestazioni energetiche e di quelle ambientali. È un documento che nasce nella consapevolezza del successivo perfezionamento in fase di redazione a opera del Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo (MiBACT) ma resta un lavoro di ampio respiro in grado di allargare i confini dell'attenzione dai tradizionali indicatori di qualità (arte, storia, fruibilità, etc.) ai nuovi parametri di sostenibilità ambientale. Nel 2015 vengono quindi pubblicate dal MiBACT le "Linee Guida per l'uso efficiente dell'energia nel patrimonio culturale"<sup>6</sup>. L'obiettivo è fornire al progettista uno strumento di analisi finalizzato alla redazione di un progetto di intervento che tenga conto delle peculiarità intrinseche dell'edificio, e agli organi preposti alla sua tutela i criteri e i metodi per una valutazione critica efficace dei relativi progetti di intervento. La novità del documento è il tentativo di far rientrare la riqualificazione di un bene storico in un contesto procedurale di diagnosi che tenga conto, su differenti livelli (leggera, standard o dettagliata), di tutti i parametri possibili di intervento in grado di migliorare la prestazione energetica dell'edificio senza comprometterne il relativo profilo storico, artistico e paesaggistico. Altro documento che merita menzione è sicuramente il GBC Historic

5. MINISTERO DEI BENI E DELLE ATTIVITÀ CULTURALI E DEL TURISMO 2010.

6. MINISTERO DEI BENI E DELLE ATTIVITÀ CULTURALI E DEL TURISMO 2015.

Building<sup>®7</sup>. Esso è in realtà un protocollo di certificazione volontario finalizzato alla valutazione delle prestazioni degli edifici da un punto di vista complessivo durante il loro intero ciclo di vita. Il sistema di valutazione è organizzato in sei categorie ambientali: Valenza Storica, Sostenibilità del Sito, Gestione delle Acque, Energia e Atmosfera, Materiali e Risorse, Qualità ambientale Interna. Il punteggio ottenuto è una misura dell'impatto che l'intervento progettuale ha sull'ambiente e sulla salute umana. La peculiarità del protocollo resta probabilmente il suggerimento di pratiche che vanno oltre l'intervento stesso, aiutando i proprietari o i gestori dell'edificio, gli operatori impegnati nella manutenzione a assicurare che l'edificio continui a avere prestazioni coerenti con i criteri di sostenibilità con cui è stato riqualificato e/o realizzato. Per ultimo, non possiamo non nominare la norma UNI EN 16883:2017<sup>8</sup> il cui obiettivo principale è ridurre la richiesta di energia e l'emissione di gas serra negli edifici storici senza alterazioni significative del valore del patrimonio costruito esistente e dell'ambiente. Essa propone una procedura iterativa al fine di trovare un bilancio sostenibile tra l'uso dell'edificio nel lungo termine, la sua prestazione energetica e la sua conservazione, invitando all'ottimizzazione dei sistemi tecnici esistenti (prima di essere sostituiti) per sfruttare al meglio lo stato di fatto prima di valutare qualsivoglia intervento. Viene infine puntualizzata la necessità di un approccio multidisciplinare, ovvero l'esigenza di riunire tutte le figure direttamente coinvolte (proprietari, utenti, autorità competenti nel caso di edifici sotto tutela), nonché un team di esperti dei vari settori (progettazione, conservazione e gestione dell'energia) per i quali vengono chiariti requisiti e competenze al fine di condurre i lavori nel migliore dei modi.

### *Modalità di diagnosi per un edificio vincolato*

La maggior parte dei progetti finanziati in ambito europeo sul tema (*Energy Heritage, 3ENCULT - Efficient Energy for EU Cultural Heritage, etc.*) ha visto come conclusione la stesura di linee guida capaci di orientare i professionisti verso interventi efficaci ma rispettosi del patrimonio edificato. Il rischio, in questo caso, è quello di disporre di linee di intervento generali che, pur rappresentando delle buone pratiche in relazione alla riqualificazione di recenti preesistenze potranno costituire solo delle linee di indirizzo non potendo tener conto della specificità del bene con le sue proprie caratteristiche e peculiarità in virtù del suo valore storico-culturale. Nella riqualificazione energetica del costruito

7. GBC HISTORIC BUILDING<sup>®</sup> 2016.

8. UNI EN 16883:2017.

storico è invece fondamentale partire da una solida conoscenza della fabbrica e delle sue prestazioni; solo allora si potrà procedere alla progettazione di interventi mirati e non standardizzati, con una classificazione degli stessi in funzione del miglioramento prestazionale che ciascuno è in grado di realizzare. A rafforzamento di questo concetto è la forte corrispondenza, negli edifici storici, tra particolari caratteristiche architettoniche e la zona climatica in cui sorgono. La storia ci ha insegnato che “quelle” particolari caratteristiche sono proprie di “quel” luogo e derivano, oltre che da logiche sociali, politiche e religiose, dalle relazioni con il clima. Tali considerazioni, non devono servire solo da esempio nella progettazione del nuovo, ma ancor più mostrano la possibilità di migliorare le prestazioni energetiche degli edifici storici valorizzando, ove possibile, tali caratteristiche per diminuire l’invasività dell’intervento.

Nonostante l’urgenza ambientale, le normative energetiche attuali, a ogni livello, tralasciano gli edifici storici. La base per definire l’intervento su un edificio storico è costituita da un’approfondita diagnosi delle caratteristiche storiche, materiche, artistiche e energetiche. Una corretta prassi operativa prevede l’integrazione tra le tecniche di restauro conservativo, diagnosi energetica, valutazione prestazionale e analisi del comfort, al fine di restituire una visione complessiva dello stato di conservazione dell’immobile anche per quanto concerne gli aspetti legati al degrado, alle prestazioni in essere e alle possibilità di intervento. Si tratta di una “procedura sistematica” che consente di conoscere le caratteristiche e i problemi dell’edificio, nell’ottica di definire gli interventi di riqualificazione energetica, ambientale, spaziale più opportuni. In linea di massima si compone di quattro fasi che riguardano:

- raccolta delle informazioni relative agli aspetti edilizi, impiantistici e gestionali;
- realizzazione del modello fisico dell’edificio, con particolare attenzione alla modellazione energetica;
- individuazione degli interventi migliorativi più opportuni per risolvere i problemi spaziali, funzionali, energetici e gestionali;
- valutazione tecnica e economica della fattibilità degli interventi proposti.

Il rilievo geometrico è essenziale nelle operazioni diagnostiche, in quanto fornisce i dettagli strutturali e identifica gli elementi sui quali concentrare le indagini più approfondite. Questa fase deve essere accompagnata da un’analisi documentaria dell’evoluzione storica della struttura, atta a giustificare la presenza di determinate tecnologie, materiali, modalità di posa in opera, disomogeneità e danneggiamenti. I dati relativi alla gestione, allo stato di conservazione, al funzionamento impiantistico e alla presenza di eventuali degradi possono essere ottenute mediante un esame visivo.

Per la misura delle proprietà termiche dell’involucro si tiene sempre conto della necessità di preservare il bene oggetto di studio, preferendo metodologie non distruttive quali la termografia



a raggi infrarossi, e l'analisi termoflussimetrica<sup>9</sup>. Con la termografia, in particolare è possibile anche evidenziare l'esistenza di problematiche strutturali, energetiche, conservative e impiantistiche nell'edificio, legati alla stratigrafia della parete, alle caratteristiche fisiche dei materiali, allo stato di conservazione e/o alle tecniche di posa. Metodologie poco invasive sono invece metodi geoelettrici, radar oppure sonici che permettono una ricostruzione tridimensionale dei materiali e la loro disposizione nel componente opaco. In alternativa e, solo nel caso risultasse non invasiva, si può intervenire attraverso carotaggio e ricostruzione della stratigrafia e delle proprietà termofisiche dei materiali anche attraverso analisi di laboratorio. Per quanto riguarda i componenti trasparenti, il rilievo grafico con l'associazione del materiale da cui poter ricavare le sue proprietà termofisiche è la metodologia maggiormente diffusa. La caratterizzazione termica associata alle dispersioni per ventilazione (non controllata) degli ambienti viene rilevata attraverso il *Blower Door test*. Oltre alla stima delle infiltrazioni indesiderate e dei volumi di aria non contabilizzata che condizionano i consumi energetici dell'edificio, il test consente anche il calcolo del ricambio orario normalizzato per garantire determinati livelli di qualità indoor.

Le tecniche di simulazione per modellare il comportamento energetico dell'edificio sono basate su due modalità distinte di calcolo:

- regime quasi stazionario, effettuato su valori medi mensili o addirittura stagionali, con evidenti semplificazioni in merito alle informazioni relative alle prestazioni dell'involucro;
- regime dinamico effettuato su base oraria e pertanto in grado di tener conto della reale risposta dell'edificio in funzione sia delle sue caratteristiche prestazionali (capacità termica) sia della sua gestione (occupanti).

I metodi operanti in regime stazionario si basano su procedure e su banche dati definite dalla normativa nazionale (UNI TS 11300 da 1 a 6) e, per questa ragione, sono ampiamente utilizzati per certificare il comportamento e per attestare la classe energetica degli edifici. Per il patrimonio storico sono poco attendibili, specialmente per quel che concerne l'involucro edilizio.

I modelli di simulazione dinamica permettono invece di stimare in modo verosimile il fabbisogno energetico dell'edificio, consentendo di avere una previsione più accurata circa il comfort termico e l'illuminazione ma anche valutare il corretto dimensionamento del sistema impiantistico alla luce delle modalità di utilizzo degli occupanti attuali e futuri. È proprio il confronto tra due scenari progettuali, l'esistente e quello di un suo riuso a beneficio della comunità, il vero punto di forza di una modellazione

9. Vedi RICCIU *et. al.* 2019.

dinamica per un edificio storico, consentendo di correlare i benefici legati a ogni soluzione proposta al fabbisogno energetico complessivo dell'immobile. La pecca risiede a tutt'oggi nella carenza di banche dati specifiche per il patrimonio storico e di modelli in grado di simulare l'inerzia termica delle pareti e la ventilazione tipica di un immobile storico. A peggiorare la situazione si evidenzia come le banche dati esistenti si riferiscono a pochi elementi costruttivi, troppo generici e poco rappresentativi delle strutture storiche, oltre che a materiali in perfetto stato di conservazione e tecniche costruttive moderne (in realtà gli immobili storici hanno spesso problemi di degrado, umidità interstiziale e superficiale, materiali misti e realizzazioni di diverse epoche storiche). I dati relativi alle caratteristiche e alle prestazioni termofisiche del sistema edificio-impianto andranno pertanto misurati, di volta in volta, attraverso indagini diagnostiche da effettuare direttamente sul bene, a fronte però di tempi e costi abbastanza rilevanti.

### *Quali interventi nell'ottica della sostenibilità per la riqualificazione dell'edificio storico*

Se si prende a riferimento il concetto di sostenibilità energetica da un punto di vista più ampio, includendo quindi anche la qualità della fruizione o la compatibilità con il contesto ambientale di appartenenza, ne risulta ovviamente sminuita l'importanza della valutazione di indici di dispersione del consumo di energia primaria rispetto a edifici di riferimento. Piuttosto diviene rilevante la capacità di elaborare progetti impiantistici che sappiano risolvere le problematiche di integrazione con i materiali costruttivi storici e con le antiche tecniche costruttive, superando il gap esistente tra fabbisogni del costruito storico e soluzioni disponibili. Il progettista non può essere lasciato solo nella proposta di soluzioni innovative, soprattutto in termini di materiali, di prodotti, di tecnologie in cui è evidente la ancora forte carenza di riferimenti scientifici di contesto. Gli studi preliminari dovranno, dunque, essere il frutto di una progettazione multidisciplinare e specifica rispetto all'edificio oggetto di opere, nella quale i progettisti architettonici, i progettisti tecnologici, i responsabili della tutela e i gestori delle attività, devono mettere a disposizione le rispettive conoscenze al fine di realizzare, in piena sicurezza, tutte le funzioni necessarie alla libera fruizione di questi edifici e delle opere in essi contenute. La logica di intervento deve partire dalla minimizzazione delle perdite per trasmissione attraverso le superfici opache (coperture, pareti, solette e basamenti) e dal miglioramento delle prestazioni dei serramenti in termini di dispersione per trasmissione e per ventilazione, per poi agire sugli impianti termici e elettrici e sull'inserimento delle fonti rinnovabili. In tutte queste fasi, giocano un ruolo centrale le tecniche di gestione (sistemi di controllo, procedure di maintenance e di gestione) che permettono di conseguire significativi risparmi di energia.

### *L'isolamento dell'involucro opaco*

L'isolamento dell'involucro opaco è generalmente la soluzione a maggiore incisività sulla riduzione delle dispersioni termiche verso l'esterno, ma è anche quella che a fronte di un costo di investimento elevato presenta problematiche di installazione non trascurabili. Per gli edifici storici, in particolare, le facciate da conservare, la mancanza di spazio verso edifici vicini, le sporgenze dei serramenti e del tetto spesso insufficienti, ecc, rendono preferibile l'isolamento dall'interno, sempre che le finiture interne lo consentano. Anche in questa ultima ipotesi l'applicazione di un isolamento interno richiede sempre una attenta verifica termoigrometrica, onde evitare il problema della condensa interstiziale. Accanto a sistemi tradizionali (polietilene) o innovativi (nylon) utilizzati come schermi freno/barriere al vapore o membrane traspiranti ( $S_d < 0,3$ ), passi avanti sono stati fatti anche nella scelta dei materiali per la realizzazione dei pannelli isolanti (sistemi attivi capillari). Tra questi, senza peccare di eshaustività, meritano menzione i sistemi a ridotta conducibilità termica  $\lambda$  (possibilità di applicare spessori ridotti) e elevato fattore di resistenza al vapore  $\mu$  (Tab.1).

### *Il miglioramento delle prestazioni dell'involucro trasparente*

Una seconda forma di efficientamento energetico riguarda il miglioramento delle prestazioni termofisiche, della permeabilità all'aria e della schermatura solare dei serramenti esistenti. Nell'ambito specifico delle strutture carcerarie, per ovvie questioni progettuali legate alla sicurezza, gli aggetti esistenti per rientranza dell'infisso o per volontario oscuramento dell'ambiente rendono praticamente inutile interventi per la riduzione dei carichi estivi. Per contro la dispersione delle dispersioni invernali per trasmissione possono essere ridotte nel giusto compromesso della tutela del bene storico, potendo prevedere la sostituzione del solo vetro, l'aggiunta di un contro-vetro o di una doppia finestra, la sostituzione del serramento degradato, l'inserimento di tende pesanti o di scuri, la riparazione o il rifacimento di guarnizioni e sigillature. Le esperienze condotte nell'ambito del progetto *English Heritage - A guide to improving energy efficiency in traditional and historic homes* hanno evidenziato come l'utilizzo di una combinazione di scuri e doppi vetri costituisca la soluzione energeticamente più soddisfacente, riuscendo a garantire miglioramenti prestazionali anche superiori al 70%. È da sconsigliare, invece, la sostituzione dei serramenti tradizionali con telai in materiali contemporanei (alluminio o PVC) che, oltre a stravolgere l'immagine estetica della facciata, genera emissioni ambientali durante il ciclo di produzione superiori rispetto ai benefici energetico conseguenti.






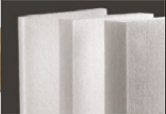

a	 <p>Schiuma minerale</p>	 <p>Perlite espansa</p>	 <p>Silicato di calcio</p>	 <p>Sughero</p>	 <p>Fibra di legno</p>	 <p>Fibra di mais</p>	 <p>Aerogel</p>
b	$\lambda = 0,042/5 \text{ W/mK}$ $\mu=5$ $\rho=115 \text{ kg/m}^3$	$\lambda = 0,05/7 \text{ W/mK}$ $\mu=5$ $\rho=150 \text{ kg/m}^3$	$\lambda = 0,045/70 \text{ W/mK}$ $\mu=3-5$ $\rho=100/115 \text{ kg/m}^3$	$\lambda = 0,04/6 \text{ W/mK}$ $\mu=3-18$ $\rho=100/160 \text{ kg/m}^3$	$\lambda = 0,037/55 \text{ W/mK}$ $\mu=3-5$ $\rho=50/260 \text{ kg/m}^3$	$\lambda = 0,0365/4 \text{ W/mK}$ $\mu=3-11$ $\rho=20/40 \text{ kg/m}^3$	$\lambda = 0,015 \text{ W/mK}$ $\mu=5$ $\rho=150 \text{ kg/m}^3$
c	<p>Idrofobizzati perché tendono ad assorbire acqua durante il montaggio. Ecologici, riutilizzabili</p>	<p>Sfusa in intercapedini perimetrali, coperture non praticabili oppure impastata con acqua e calce idraulica per realizzare sottofondi e massetti in solai interpiano</p>	<p>Particolarmente indicato per l'isolamento interno perché evita la formazione di muffa</p>	<p>Sfuso in intercapedini e sottotetti non praticabili. I pannelli su pareti perimetrali, coperture, , sottotetti e solai. Insensibile a insetti e funghi.</p>	<p>Idrofobizzati. Buone caratteristiche di isolamento termoacustico ed una buona capacità di accumulo del calore (sfasamento estivo).</p>	<p>Biodegradabili al 100%, non tossici in fase di posa in opera e in fase di utilizzo.</p>	<p>Bassissima <math>\lambda</math>. Ampio intervallo di temperatura d'impiego, (-200. +200 °C), Idrofobico, traspirabile e resistente ai raggi UV. Buon isolante acustico</p>

Tabella 1. Principali soluzioni di isolamento per pareti opache.

### *L'adeguamento impiantistico*

L'inserimento di nuovi sistemi impiantistici negli edifici esistenti è da sempre oggetto di studio e di stimolo per il miglioramento tecnologico. La tematica vede correlati diversi fattori legati alle prestazioni, alla sicurezza e all'impatto estetico che tali impianti hanno o possono avere sugli edifici soprattutto per quelli sottoposti a tutela storica e/o artistica. Tra le tecnologie impiantistiche con le maggiori potenzialità prestazionali e di minima invasività per gli edifici storici vi sono sicuramente quelle basate sull'utilizzo di generatori a pompa di calore. Il problema principale da affrontare è l'ubicazione della centrale di produzione dell'energia termica/frigorifera, dovendo l'ambiente cui essa è destinata soddisfare sia norme di sicurezza che aspetti legati alla tutela del bene e del paesaggio. A riguardo, i generatori classici (caldaie) necessitano oltremodo di canne fumarie e spazi per lo stoccaggio del combustibile (gasolio, biomassa); le unità di trattamento dell'aria richiedono una distanza non eccessiva dai locali da climatizzare affinché non si debba ricorrere a un sovradimensionamento e/o a una eccessiva lunghezza dei canali di distribuzione dell'aria (è quasi sempre possibile creare controsoffitti nei vani di servizio o nei locali limitrofi ai servizi igienici); le pompe di calore aria/acqua, invece, hanno il solo problema di dover scambiare energia con l'ambiente esterno: aria o terreno. Nel primo caso, quando possibile, esse vengono ubicate all'esterno optando per installazioni in copertura (non direttamente visibile) o in aree retrostanti, all'interno di box progettati in accordo con gli enti preposti alla tutela del bene. Altra soluzione, possono essere le pompe di calore acqua/acqua. Queste scambiano energia attraverso il terreno (geotermiche) o l'acqua (ad acqua di falda o attraverso un circuito a anello costituito da tubature che corrono attorno al perimetro dell'immobile, con il vantaggio di poter installare il sistema di generazione dell'energia termica e/o frigorifera in posti non fattibili per le altre tecnologie, quali scantinati o locali non aerati. E' oggi possibile ricorrere a sistemi con motocondensante a scomparsa o monoblocco per la climatizzazione di singoli locale da installare a parete o a basamento senza unità esterna, in cui il collegamento con l'ambiente esterno è garantito da due (in alcune applicazioni uno solo) semplici fori sulla parete, con griglie in ABS verniciabili e, in alcune applicazioni, richiudibili (a motore spento) garantendone la quasi totale invisibilità (figg. 2a-b). Per installazioni in climi mediterranei o comunque con temperature esterne mai inferiori a 0°C la tecnologia permette di evitare anche il tubo di scarico condensa esterno, consentendo lo smaltimento dell'acqua mediante nebulizzazione.

Una soluzione utilizzata spesso per il sistema di distribuzione, almeno dove le condizioni architettoniche lo consentano, è lo sfruttamento delle intercapedini preesistenti nelle murature, nonché dei cavedi delle canne fumarie degli antichi camini; non è raro, infatti, che in molti edifici storici le intercapedini e i cavedi ricoprano gran parte delle superfici verticali e orizzontali offrendo



Figure 2a-b. Esempi di installazione motocondensanti a scomparsa: a) installazione in cavedi; b) griglie mobili in EPS.

così la possibilità di nascondere nei solai le canalizzazioni, realizzando bocchette di ventilazione (sia a parete, nelle immediate vicinanze dell'intradosso dei solai, sia a terra). Nel caso in cui nell'edificio sia già esistente un impianto di riscaldamento, sarà quasi sempre possibile sfruttare la presenza dei condotti installati nei solai e sostituire il generatore o i soli terminali, procedendo con l'eventuale risanamento dei condotti di evacuazione dei fumi.

Un altro sistema particolarmente indicato per gli immobili storici è il *temperierung* (figure 3a-b), che consiste nell'installazione di tubi per la circolazione di acqua calda (13-18°C contro i 40-60°C di quelli tradizionali) a una o più quote diverse sotto la superficie della parete. Le basse temperature di mandata garantiscono una elevata efficienza garantendo un consumo pari a circa l'80% di sistemi con radiatori tradizionali, portando in alcuni casi anche alla riduzione del contenuto d'acqua della muratura (in mattoni e malta) e alla riduzione di specifici ponti termici<sup>10</sup>. Per ultimo, l'eventuale integrazione dei sistemi di generazione tradizionali con sistemi alimentati da fonte rinnovabile si scontra con i requisiti del codice dei beni culturali e del paesaggio, facendo decadere l'obbligo di installazione di impianti per su nuove costruzioni o ristrutturazioni importanti imposte dal D.Lgs. 199/2011. In questo caso l'utilizzo di collettori solari per la produzione di acs e di pannelli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica diviene una scelta subordinata non all'abbattimento dei gas serra o del consumo di fonti primarie quanto

10. Vedi LUCCHI, PRACCHI 2013.



Figure 3a-b. Alf Lechner Museum, Ingolstadt, Sistema di temperierung installato a pavimento e su serramento esterno.

piuttosto alla valutazione critica del progettista in merito alla possibile alterazione incompatibile con i caratteri storici e artistici dell'edificio in esame. Il problema si pone in maniera ancor più stringente per la ristrutturazione di edifici, quali quelli un tempo destinati a strutture carcerarie, che nascono con un'idea progettuale finalizzata alla sicurezza e alla visibilità di ogni ramo del costruito, quindi con superfici di copertura generalmente piane su cui diviene difficile celare il sistema di generazione. Il problema per il progettista non è dunque garantire la giusta producibilità cercando la superficie di posa e la giusta inclinazione, ma qualora la soluzione sia fattibile tecnicamente (sostituendo elementi architettonici – tegole – o ponendo i generatori su terrazzamenti senza alterare il prospetto dell'edificio), la domanda è quale sia la massima producibilità garantita dall'impianto e l'eventuale fattibilità economica (rientro dell'investimento) e ambientale rispetto al semplice ripristino e adeguamento dell'impianto esistente.

Fermo restando lo scollamento tra la normativa tecnica di settore e le direttive di conservazione e restauro del patrimonio storico, resta allora solo la corretta formazione dei progettisti affinché la valorizzazione conservativa del bene immobile possa essere trasposta anche agli impianti esistenti, garantendo la memoria storica dell'idea progettuale ma adeguando la stessa alle tecnologie in grado di poter garantire la massima efficienza possibile integrandosi con le soluzioni passive in fondo già storicamente esistenti nell'involucro edilizio.

## Bibliografia

COLAVITTI, USAI 2013 - A.M. COLAVITTI, A. USAI, *La valorizzazione dei beni immobili pubblici del demanio culturale tra rischi e opportunità. La proposta di un modello di gestione*, in «Planum. The Journal of Urbanism», II (2013), 27, pp. 1-11.

LUCCHI, PRACCHI 2013 - E. LUCCHI, V. PRACCHI, *La sfida del miglioramento delle prestazioni nell'edilizia storica*, Maggioli Editore, 2013.

MINISTERO DEI BENI E DELLE ATTIVITÀ CULTURALI E DEL TURISMO 2010 - MINISTERO DEI BENI E DELLE ATTIVITÀ CULTURALI E DEL TURISMO, *Linee guida A.T.T.E.S.S.: miglioramento delle prestazioni energetico-ambientali dell'edilizia storica secondo i criteri della sostenibilità*, 2010.

MINISTERO DEI BENI E DELLE ATTIVITÀ CULTURALI E DEL TURISMO 2015 - MINISTERO DEI BENI E DELLE ATTIVITÀ CULTURALI E DEL TURISMO, *Linee di indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica nel patrimonio culturale. Architettura, centri e nuclei storici ed urbani*, 2015.

RICCIU *et al.* 2015 - R. RICCIU, A. GALATIOTO, L.A. BESALDUCH, S. GANA, A. FRATTOLILLO, *Thermal properties of building walls: Indirect estimation using the inverse method with a harmonic approach*, in «Energy and Buildings», 2019, 187, pp. 257-268.

UNI EN 16883:2017 - UNI EN 16883:2017, *Conservazione dei beni culturali. Linee guida per migliorare la prestazione energetica degli edifici storici*.