

## Una metodologia di indagine diagnostica per uno *screening* della qualità energetico-ambientale del patrimonio storico-architettonico messinese

### *A method of investigation for a diagnostic screening of energy and environmental quality of architectural heritage in Messina*

Nella ricostruzione post-sisma di Messina un compito che coinvolse immediatamente amministratori, professionisti e maestranze fu la ricerca di un "tipo edilizio antisismico". Meno stringenti si ritennero, alla luce di una cultura termotecnica in fieri, i problemi di benessere ambientale che concezioni strutturali a telaio, con murature "armate o animate" a chiudere le maglie, avrebbero potuto produrre. Riportando quelle esperienze alla contemporaneità, governata da una crisi eco-sistemica, si è avviato un confronto fra valori storico-testimoniali e qualità energetico-ambientale riferito a un esempio emblematico, attraverso la conoscenza della storia della sua costruzione, un monitoraggio strumentale dei parametri fisico tecnici e un accertamento della percezione soggettiva dei fruitori degli ambienti oggetto dell'indagine.

*In the post-earthquake reconstruction of Messina a task that involved immediately administrators, professionals and workers, was the search for a "type of building earthquake-proof." Less stringent were considered, in the light of a thermotechnical culture in fieri, the problems of environmental well-being that a frame structure, with "armed or animated" masonry to close the mesh, it could have produced. Bringing those experiences to contemporary, governed by a crisis eco-systemic, has started a comparison of historical values and environmental quality in relation to a typical example, through the knowledge of the history of its construction, an instrumental monitoring of physical parameters and the evaluation technical of the subjective perception of the users of the environment under investigation.*



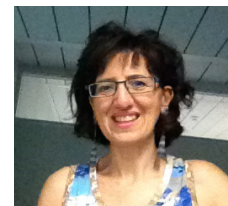
#### **Giuseppe Cannistraro**

Professore ordinario di Fisica Tecnica Ambientale e di Impianti presso la Facoltà di Ingegneria di Messina. Si è occupato del benessere dell'uomo all'interno dell'ambiente costruito, nei suoi aspetti: integrazione edificio-impianto, climatologia, trasmissione del calore, scambi radiativi, e comfort interno ed ha pubblicato oltre 100 lavori.



#### **Mauro Cannistraro**

Ingegnere Edile-Architettura, dottorando presso il Dipartimento di Chimica Industriale ed Ingegneria dei Materiali dell'Università di Messina. Autore di 4 pubblicazioni internazionali riguardanti il ruolo dei parametri ambientali e metodologie di monitoraggio del microclima indoor finalizzato alla conservazione dei beni artistici.



#### **Ornella Fiandaca**

Professore associato di Architettura tecnica presso la Facoltà di Ingegneria di Messina. Nella sua attività di ricerca si possono individuare le tematiche prevalenti: caratteristiche tipologiche degli edifici, deterioramento e conservazione dei materiali, innovazione tecnologica nel campo dei materiali, tecniche costruttive nell'edilizia storica.



#### **Roberta Restivo**

Architetto, dottoranda presso il D.I.C.I.E.A.M.A dell'Università di Messina e cultore della materia Fisica Tecnica Ambientale. Autrice di progetti di ricerca e pubblicazioni internazionali riguardanti il ruolo dei parametri ambientali e metodologie di monitoraggio del microclima indoor finalizzato alla conservazione dei beni artistici.

**Parole chiave:** Messina; Palazzo dei Leoni; analisi tecnico-costruttiva; qualità energetico-ambientale

**Keywords:** Messina; Palazzo dei Leoni; analysis technical-constructive; quality energy and environmental

## UN PERCORSO DI RICERCA PROMETTENTE TANTO QUANTO NECESSARIO

All'ombra di una crisi energetica planetaria, dei testi normativi comunitari, nazionali, regionali rivolti al contenimento delle risorse energetiche e materiali, delle statistiche che segnalano il dilagante ricorso a impianti di raffrescamento, giace il patrimonio immobiliare storico di Messina, apparentemente estraneo, inerme.

Eppure sarebbe lecita la curiosità di verificarne un moderno concetto di risposta termica, doveroso da parte delle amministrazioni interrogarsi se la ricostruzione della città, avvenuta dal 1909 al 1939, con tutte le sue modifiche e integrazioni, abbia prodotto edifici adeguati

all'attuale condizione climatica; se la progettazione antisismica, guidata dalla normativa coeva che ha informato le scelte, rivolte alla sicurezza statica più che al comfort ambientale, garantisca comunque a fronte delle prestazioni richieste dai nuovi dettami; se, ancora, un'innovazione tecnologica volta alla ricerca di soluzioni valide per il risanamento energetico potrà trovare un contesto professionale pronto ad accoglierla con consapevolezza a fronte dei valori storico-architettonici sedimentati.

In tale direzione ci si è posti quale finalità imprescindibile l'esame dell'edilizia residenziale post-sismica, con attenzione particolare a quella che mostra caratteri monumentali, per effettuare, dopo aver scelto un edificio emble-

matico, ravvisato nel Palazzo dei Leoni, una valutazione della risposta termo-igrometrica delle soluzioni tecnico costruttive dell'involucro, progettato per rispondere prevalentemente a una concezione strutturale antisismica, ma disomogeneo e discontinuo ai fini della conduzione del calore, nonché una valutazione, mediante analisi oggettive e soggettive, del benessere ambientale riscontrabile sotto il profilo energetico, illuminotecnico e acustico. Lo studio si è articolato in più fasi sinergicamente condotte che hanno richiesto il confronto di più specificità disciplinari. La conoscenza della realtà costruttiva è stata effettuata sulla base di una compagine documentaria assai ampia, composta dal progetto

originario, dalla relazione tecnica, appurata poi direttamente sull'edificio, indagando l'eventuale strategia climatica originariamente approntata e ipotizzando un comportamento energetico delle chiusure, orizzontali e verticali, sulla base di conducibilità, inerzia termica, presenza di ponti termici.

L'analisi strumentale, specificamente predisposta e testata sull'edificio, si è occupata della misurazione dei principali parametri di controllo del benessere termoigrometrico, illuminotecnico e acustico, in alcuni ambienti rappresentativi per un monitoraggio oggettivo, arricchito dal campionamento di valutazioni soggettive, acquisito mediante la somministrazione di questionari ai fruitori degli stessi

ambienti oggetto dell'indagine. Un rilevamento termografico dell'involucro ha, in aggiunta, consentito di correlare la risposta energetica dell'edificio al degrado delle tessiture murarie, alla presenza di ponti termici, a un eventuale cattivo funzionamento degli impianti e di registrare eventuali comportamenti dissipativi.

Quello che si intende riportare, insieme all'esito ottenuto, è il percorso metodologico riferito all'edificio assunto come rappresentativo di una classe tecnico costruttiva assai diffusa, anzi, forse la più diffusa a Messina, con l'intento di illustrare una possibile procedura che si ritiene debba essere estesa almeno a un campione significativo di casi, al fine di assicurare a fronte delle esigenze di risparmio energetico

e comunque per prefigurare, qualora necessario, soluzioni di risanamento energetico congruenti con il carattere storico architettonico del patrimonio edilizio esaminato.

### **LA REALTÀ COSTRUTTIVA DELL'EDILIZIA RESIDENZIALE MONUMENTALE MESSINESE**

Nella ricostruzione post-sisma di Messina un compito che coinvolse immediatamente, pur con finalità differenti, amministratori, professionisti e maestranze fu la ricerca di un *tipo edilizio antisismico*.

La scelta finì per accogliere, pur con diverse declinazioni, l'uso prevalente del cemento armato.

Riportando quelle esperienze alla contempo-

raneità, governata da una crisi ecosistemica, è apparso pertanto necessario individuare quale era, se c'era una *strategia climatica* alla base della progettazione, per verificare quanto le soluzioni tecniche originarie siano adeguate a far fronte alle richieste prestazionali imposte da norme cogenti e regolamenti di indirizzo a livello nazionale e comunitario.

La lettura dei dati che provengono da qualsiasi indagine strumentale richiede infatti alla base un'adeguata analisi tecnico-costruttiva dell'edificio monitorato.

La conoscenza del patrimonio architettonico pertinente alla ricostruzione messinese, precedentemente rivolta a un campione rappresentativo di edifici governativi, edilizia re-

sidenziale monumentale, case per gli impiegati di Stato, ha già prodotto risultati sia con riferimento agli aspetti tecnico-costruttivi della concezione strutturale antisismica, sperimentata con caratteri assolutamente peculiari rispetto al territorio nazionale, sia con riferimento ai rapporti fra caratterizzazione materica ed espressione formale dei sistemi d'ornato<sup>1</sup>.

Nell'affrontare tuttavia detti temi di studio, con l'attenzione rivolta ad aspetti costruttivi ed estetici, sono emerse spie indiziarie di una inadeguatezza delle soluzioni tecniche adottate sotto il profilo dell'efficienza energetica, inaccettabile a fronte di una sempre più pressante richiesta di qualità energetico-ambien-

tale rivolta anche al patrimonio architettonico esistente.

E' stato quindi individuato un edificio rappresentativo per provare ad intrecciare la storia della costruzione, fino all'odierno stato di fatto, con le strategie climatiche messe in campo dal progetto originario e poi eventualmente modificate nel tempo per adeguare impianti elettrici, inserire impianti di climatizzazione, adottare sistemi di sicurezza.

Terminali impiantistici disposti diffusamente in facciata di edifici pubblici e privati, spesso a scardinare elementi decorativi, testimoniano, infatti, la presenza di installazioni originariamente non previste e intervenute in tempi più recenti a correggere parametri connessi

all'uso, alla sicurezza, al benessere, evidentemente ritenuti inadeguati dai fruitori. In questa occasione ci si è rivolti al Palazzo dei Leoni, a Messina identificato nel Piano Borzì come isolato 315, sede della Provincia Regionale, guardando la sua costruzione antisismica sotto il profilo della risposta energetica, adottando cioè una ulteriore ottica attraverso la quale rivisitare le analisi già affrontate, da approfondire e correlare a dati provenienti da altri territori disciplinari.

Il progetto redatto da Alessandro Giunta, ingegnere capo dell'ufficio tecnico provinciale, nel 1912, fu sottoposto a revisione e l'originaria accezione simmetrica e monumentale si ridimensionò forse sotto la scure delle prescri-

zioni normative antisismiche e dei problemi di finanziamento. La variante fu approvata nel marzo del 1914.

Dalla relazione tecnica<sup>2</sup> che accompagna la versione rielaborata abbiamo desunto le coordinate desiderate per rispondere alla prioritaria esigenza di sicurezza antisismica della concezione strutturale e verificato l'approccio al problema del benessere termoigrometrico. "Le fondazioni, per contrastare una condizione poco favorevole del sottosuolo, furono concepite come una platea generale in calcestruzzo e con zatteroni in cemento armato, cui fu concatenato un sistema di travature disposte nel senso verticale e orizzontale che dal piano terreno vanno al tetto formando un ingabbia-

mento di ferro e cemento da rendere rigida e indeformabile tutta la massa murale dell'edificio." Interpretando questa descrizione alla luce della classificazione dei tipi costruttivi antisismici in cemento armato e verificando in pianta la concezione strutturale, si tratta di una struttura a telai fitti, in cui la distanza fra i pilastri è assai ravvicinata e fa corpo unico con le murature che sono con essi collaboranti ai fini della risposta sismica.

Ad ulteriore conferma che si tratta più di un sistema murario che di una struttura a scheletro indipendente, si osserva l'assenza di maglie chiuse nell'accezione pretesa dalle strutture intelaiate in zona sismica, poiché è la muratura che crea collegamenti fra pilastrate

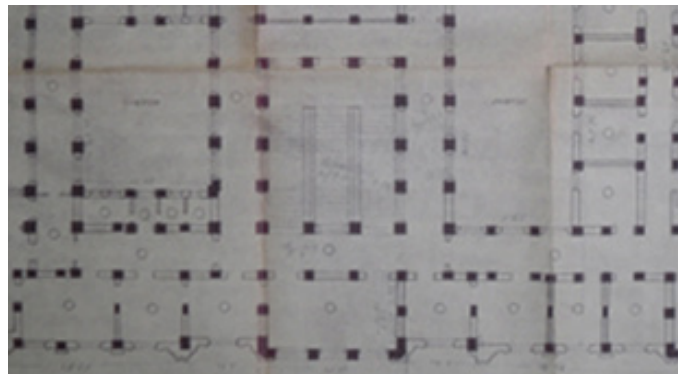


Fig. 1 - Pianta originaria nella quale è tracciata l'ossatura in cemento armato con campi murari collaboranti.

Fig. 2 - Dettaglio della struttura portante per evidenziare il non allineamento dei telai.

non allineate [Fig. 1, 2].

Nessuna considerazione viene rivolta al comportamento energetico di un involucro così concepito come alternanza, per la parte resistente, di travi e pilastri in cemento armato e murature in mattoni pieni al piano terreno e forati al piano superiore, rinforzati da correnti e cordoli, sempre in cemento armato, in corrispondenza dei grandi vani e prolungati fino ai telai.

Nella stratificazione delle pareti perimetrali verticali interviene poi un sistema d'ornato esterno e uno interno. Tutte le decorazioni esterne dovevano essere in *stucco alla palermitana*, cioè in Livigni, il basamento "in ce-

mento e graniglia martellinata ad imitazione pietra da taglio grezza"; mentre le colonne, con basi e capitelli, e le trabeazioni sporgenti, originariamente proposte "in pietra delle Puglie e lavorate a Trani" divennero "in cemento armato rivestite di stucco alla palermitana, ad imitazione pietre decorative". All'interno, per gli ambienti di rappresentanza, Sala del Consiglio, Salone di ricevimento e quello dei Consiglieri, scalone monumentale e androne si definirono decorazioni eseguite con impasti di calce grassa e sabbia silicea di torrente, trattati "a stucchi lucidi imitazione marmi di colori diversi, con ornamenti a rilievo e affreschi artistici". Tutte le stanze d'ufficio e gli ambienti di servizio si pensarono dipinti a fresco con ri-

quadrature a colore e zoccolo ad olio [Fig. 3]. Un accenno a problemi termotecnici viene invece rivolto alle chiusure orizzontali di copertura. Sempre dalla relazione se ne estrapola la descrizione: "in luogo del tetto, sull'intera superficie del fabbricato, ad eccezione di una piccola parte, è un vastissimo terrazzo formato da una soletta in cemento armato, le cui travature sono incamerate da una seconda soletta più sottile, pure in cemento armato, la quale giova per la formazione dei soffitti dei vani sottostanti e per avere camere d'aria coibenti onde diminuire il coefficiente di trasmissione termico attraverso lo strato cementizio esterno".

Un sistema a cassa vuota, con intercapedini

Fig. 3 - Prospetto originario su corso Cavour.



d'aria ferma e secca, era il rimedio che doveva garantire il benessere termo-igrometrico degli ambienti del primo piano. Nessuna indicazione si è trovata per le chiusure orizzontali inferiori. L'opera fu iniziata nel novembre 1914 dall'impresa Cav. Setti-Basilei, proseguita con difficoltà durante il periodo della prima guerra mondiale, venne inaugurata, se pure non ultimata, il 30 novembre 1918.

L'esecuzione dovette subire ulteriori varianti, certamente per quel che riguarda il sistema d'ornato che, secondo una prassi comune a molta edilizia messinese, vedeva la sostituzione di rivestimenti e decorazioni in pietra naturale con la pietra artificiale.

Ma la conoscenza della storia della costru-

zione non può arrestarsi alla fase realizzativa poiché è un dato acquisito che mutazioni derivate dalla fruizione, ricostruzioni conseguenti eventi traumatici e revisioni dovute a interventi di restauro, possono riconsegnare uno stato di fatto completamente diverso da quello previsto in progetto e attuato in esecuzione, modificando anche le strategie climatiche quando progettate insieme alle soluzioni tecniche originarie.

Si vuole dare soltanto un saggio metodologico di questo problema analizzando quanto accaduto al Palazzo dei Leoni nel secolo scorso. Bombardato durante la seconda guerra mondiale l'edificio è stato oggetto di quattro diversi interventi di riparazione, nel 1943, 1946, 1950<sup>3</sup>

Una perizia descrive sommariamente i danni subiti nel 1943.

Si registrò "crollo dei muri, rottura dei solai in cemento armato e danni rilevanti agli infissi, agli intonaci ed ai soffitti, dovuti anche allo spostamento d'aria generato dallo scoppio delle bombe".

Nell'ottobre dello stesso anno il Colonnello Stery, Comandante delle Allied Military Government of Occupied Territories, autorizza l'esecuzione dei primi lavori di riparazione urgenti affidandoli all'Impresa Giuseppe Arena che consistettero in: "ricostruzione dei muri crollati; riparazione di un solaio in cemento armato; disfacimento degli intonaci, pulitura e regolarizzazione delle superfici; disfacimento,

pulitura e scalcinatura della pavimentazione in mattonelle e pietrine di cemento; smonto, registrazione e ricollocazione di infissi e opere in legno; opere di ferramenta.”

I lavori, svolti in più riprese vengono completati nel maggio del 1946 e già nel luglio il Provveditorato alle OO. PP. di Palermo e l'Ufficio del Genio Civile di Messina affidarono all'Impresa Giuseppe Rigano nuovi interventi che, più che conseguenti ai danneggiamenti bellici, sembrano dettati da volontà di trasformazioni e ristrutturazioni. Consistettero in: demolizione e taglio di murature; scavi a sezione obbligatoria; esecuzione di muratura laterocementizia in fondazione e in elevazione; disfacimento e rifacimento degli intonaci danneggiati; rifacimento della pavimentazione; opere di ferramenta; carpenteria e riparazione di opere in legno. A dicembre fu presentato lo stato finale, indicando la chiusura di questo ulteriore cantiere.

Infine nel luglio 1950 l'Impresa Domenico Maiolino si aggiudica ulteriori lavori di riparazione, fra i quali si annoverano ancora “ripristino d'intonaco esterno compresa l'esecuzione di qualsiasi elemento decorativo” con impasto di cemento, polvere di marmo e colore, “ripristino d'intonaco interno formato di modanature varie e fondi a stucco” e revisioni delle chiusure orizzontali di coperture.

Contestualmente alla ditta Giuseppe Francini viene affidato il restauro del Salone di Rappresentanza.

Alcune delle riparazioni documentate hanno mutato la composizione materiale originaria dell'involucro e con essa probabilmente il suo comportamento energetico: dalla ricostruzione di solai e murature danneggiati al disfacimento e rifacimento di intonaci interni ed esterni.

Nel 1990 il Palazzo dei Leoni, in condizioni di avanzato degrado, è stato sottoposto a un intervento di restauro dell'apparato decorativo delle tre facciate prospicienti le vie pubbliche e ad una revisione del sistema di smaltimento delle acque, su progetto redatto nel 1887 dall'architetto Massimo Lo Curzio, ancora una volta interagendo in qualche misura sulla resistenza termica dell'involucro.

L'intero sistema d'ornato è stato assoggettato a più operazioni, dalla riconfigurazioni di parti con malte fluide espansive alla ricostruzione di decori con modellazione a stampo, in relazione all'entità del degrado. Un trattamento di omogeneizzazione cromatica, con la stessa malta fluida colorata con terre naturali adottata per il ripristino delle singole parti, ha poi riguardato interamente i prospetti restaurati. Una pittura a base di grassello di calce e silicati ha costituito l'ultimo strato di finitura.

Una sostituzione totale ha riguardato poi gli infissi che sono stati concepiti con le stesse caratteristiche tecnologiche e morfologiche degli originari. Anche questi in legno *pino pece*, ad ante multiple e sopra luce a lunetta, ferramenta in ferro forgiato. La lavorazione a

triplo battente, l'aggiunta di scuri interni e la scelta di un vetro camera voleva migliorarne le prestazioni termiche [Fig. 4, 5].

## LA VULNERABILITÀ ENERGETICA DELL'INVOLUCRO

Una causa importante e potenzialmente significativa di dispersione termica in un edificio è certamente da individuare nella vulnerabilità energetica del suo involucro, in quanto filtro di flussi luminosi e termici, e responsabile dell'equilibrio che si stabilisce fra microclima interno ed esterno. Il risparmio energetico è allora strettamente connesso con una corretta progettazione di questo sistema che, attivo, passivo o dinamico, deve minimizzare le perdite onerose e massimizzare gli apporti gratuiti. Nel caso in esame, riflettendo sulla natura dell'involucro analizzato, sulla sua costituzione materiale e sulla stratificazione, così come ci è pervenuta, si sono avanzate alcune considerazioni relative al suo comportamento energetico. Più che certezze, quel che è stato proposto è un elenco di incongruenze, responsabile di anomalie termotecniche, da porre quale preliminare supporto o successiva verifica per l'analisi termografica.

L'obiettivo che ci si è proposto ha riguardato due aspetti concorrenti e complementari:

- l'individuazione delle strategie climatiche originarie se presenti;
- la ricerca delle anomalie che avrebbero determinato una risposta energetica inef-



ficace, soprattutto se rapportate alle più recenti richieste di prestazioni termo-igrometriche.

Con riferimento alla prima indagine, non è possibile fare alcuna previsione per le pareti perimetrali verticali, se non che, in assenza di isolamento termico, la volontà era forse quella di affidarsi alla compattezza della tessitura muraria e all'ispessimento dovuto al sistema decorativo interno ed esterno per conferire all'involucro una elevata inerzia termica e quindi una risposta termica dinamica, inficiata tuttavia dalla presenza di grandi aperture vetrate dal ritmo assai fitto; per le chiusure orizzontali, solo in quella di copertura è stato posto, se pure probabilmente non adeguatamente risolto, il problema dell'isolamento termico ai fini del benessere ambientale, risolto con l'impiego di un solaio in cemento armato con camera d'aria. Nessuna considerazione è stata avanzata per il rapporto contro terra, se pure non è prevedibile un contatto diretto con il terreno in quanto la fondazione è costituita da uno zatterone in cemento armato su palificata. Altro elemento originario di dispersione, che certamente privilegiava una percezione spaziale che si voleva di grande efficacia emotiva, è l'androne con lo scalone monumentale, non soltanto perché a doppia altezza e con una volumetria eccessiva, ma soprattutto perché coperto, in origine da un sistema di nervature in cemento armato riccamente decorate, tessute nelle due direzioni ortogonali e poste

ad incorniciare vetrate colorate. Una copertura di grande dispersione termica se analizzata sotto il profilo energetico. Analoga valutazione poteva essere fatta per la Sala del Consiglio, ma negli anni '50 un controsoffitto ligneo ha occultato la copertura vetrata originaria.

Con riferimento alla seconda indagine sono stati censiti tutti i fattori che potrebbero produrre l'insorgenza di dispersioni del calore.

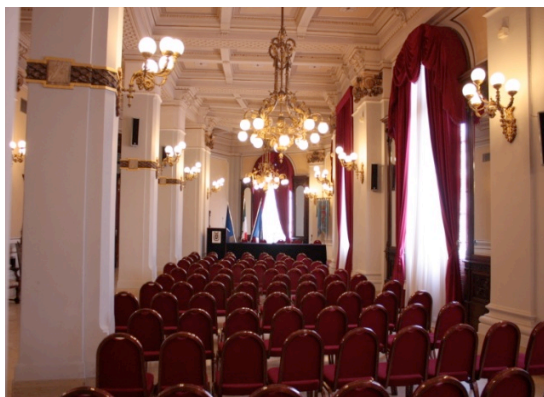
La disomogeneità dei materiali, che costituiscono non soltanto la parte resistente dell'involucro ma anche gli strati di completamento, potrebbe essere all'origine di diverse trasmissioni, con conseguente formazione di ponti termici di natura costruttiva: innesti di pilastri e travi; presenza di stipiti, cordoli, architravi, nervature in cemento armato nei campi murari; variazione degli stessi nei due piani, rispettivamente mattoni pieni e mattoni forati; sistemi di correlazioni dei serramenti di dimensioni rilevanti, sono alcuni casi evidenziati. A determinare irregolarità nella trasmissione del calore attraverso l'involucro contribuiscono ulteriormente gli spessori non uniformi creati da un sistema d'ornato, interno ed esterno, concepito con indifferenza rispetto al benessere termoigrometrico, ma non per questo necessariamente nocivo. Una mappatura, solo avviata nel corso di questo studio, dovrebbe riguardare la stratificazione dei materiali di finitura diversi adottanti nel tempo, da quelli originari fino a quelli del più recente restauro, per comprendere se, la variata composizione

degli strati di completamento, ha introdotto ulteriori anomalie alle resistenze termiche.

Anche variazioni di forma, differenze dimensionali fra superfici disperdenti interne e corrispondenti superfici esterne, possono costituire ponti termici, ma di natura geometrica che generano riduzioni della temperatura superficiale interna e conseguente sottrazione di calore all'ambiente, con riduzione del benessere ambientale e ulteriore dispersione termica, condensazione superficiale e formazione di muffe. Diversi sono i luoghi geometrici dove questo può accadere nel caso di studio, principalmente per la presenza di un apparato esornativo assai esteso ed esposto ai gradienti termici a fronte di superfici interne corrispondenti assai inferiori.

L'individuazione quindi dei punti di discontinuità, ponti termici geometrici e costruttivi, che si configurano come vie privilegiate per le dispersioni termiche è stato l'esito, sia pure non ancora definitivo, di questa analisi termotecnica della storia della costruzione, da porre quale base di partenza per la programmazione delle indagini termografiche e, a valle, quale banco di prova delle letture effettuate, uno scenario di confronto quindi per avanzare sinergicamente interpretazioni degli esiti.

L'analisi tecnico-costruttiva, estesa fino allo stato di fatto, ha mostrato che non si può parlare di una strategia climatica complessiva prefigurata in fase di progetto originario, e che è ipotizzabile che le soluzioni tecniche



G. Cannistraro | M. Cannistraro | O. Fiandaca | R. Restivo

Fig. 4 - Ambienti di rappresentanza: scalone centrale, Sala di Presidenza, Salone degli Specchi, Sala del Consiglio.

approntate, con le modifiche e le integrazioni accumulate nel tempo, siano inadeguate a far fronte alle richieste prestazionali imposte da norme cogenti e regolamenti di indirizzo a livello nazionale e comunitario. Il monitoraggio pertanto è stato concordato per dare sostegno alle ipotesi avanzate, per valutare il peso di ciascuna anomalia costruttiva individuata e per *graficizzare* queste e ulteriori situazioni di degrado tecnico-energetico riscontrabili nell'edificio.

### LA METODOLOGIA DI INDAGINE DIAGNOSTICA PER LO *SCREENING* DELLA QUALITÀ ENERGETICO-AMBIENTALE

Traffico e mobilità congestionata, inquinamento

Fig. 5 - Aggressione impiantistica:  
cortile interno, chiostрина, prospetto  
posteriore, terrazza di copertura.



mento atmosferico e acustico, rendita immobiliare fuori controllo, aumento del costo delle abitazioni, disagio sociale sono tra i principali problemi che tante città condividono.

L'assunzione del principio di sostenibilità e la sua attuazione pratica consentono di superare la dicotomia tra tutela e trasformazione, entrambe orientate a produrre maggiore qualità urbana, sociale e ambientale.

Ormai le polarità che legano abitazione e città, casa e territorio, non hanno il carattere di relazioni lineari: la casa, pur formando il corpo principale della scena e del tessuto urbano, subisce mutazioni lente, non sempre e non più rapportabili in modo diretto alle trasformazioni urbane. La sfida della ricerca sulla corret-

ta fruizione di uno spazio, non è più legata a quella del singolo intervento, ma della somma di edifici e spazi aperti.

La ristrutturazione industriale ha, infatti, lasciato ampie aree disponibili spesso contaminate, il cui risanamento e recupero possono diventare un'occasione per migliorare la qualità dell'ecosistema urbano e sostenere l'economia delle città spesso vessata da una estrema vulnerabilità energetica dei manufatti.

Questi ultimi, soprattutto afferenti all'edilizia storica o particolarmente vetusta, pur se evidenziano caratteristiche tipologiche-morfologiche o architettonico-decorative di pregio, non rispondono positivamente agli standard di qualità ambientale degli spazi abitativi e al ne-

cessario contenimento dei consumi energetici. Non a caso uno dei settori più energivori è proprio, e paradossalmente, rappresentato dall'edilizia residenziale.

Alla crescente necessità di perseguire una riduzione dei consumi energetici, il contenimento degli sprechi, l'abbattimento delle emissioni in atmosfera, si affianca l'ottimizzazione del livello di vivibilità dell'ambiente costruito e degli ambiti ad esso asserviti.

La necessaria interscambiabilità della dimensione interno/esterno fornisce complessivamente una nuova visione dello spazio. Il moderno lessico della parola *abitare*, infatti, trova compimento non soltanto nell'alloggio ma anche nel giardino, nel verde disegnato,

nelle infrastrutture, nella memoria di case trasformate in luoghi collettivi pensati come sperimentazioni urbane e, finalmente, nelle proposte della bioedilizia.

In questa prospettiva di complesse relazioni fra l'edificio, il contesto naturale e antropico e i suoi fruitori si colloca l'approccio ad una nuova sostenibilità. Per come viene concepita, non esaurisce il suo ruolo nella corretta progettazione degli involucri o dell'*asset* impiantistico ma coinvolge il benessere psicofisico di chi giornalmente vive gli ambienti e stabilisce con essi un rapporto più o meno empatico che affonda le proprie radici nell'aspetto più squisitamente percettivo. Secondo tale orientamento la sostenibilità raggiunge il

suo compimento nel raggiungimento di elevati *standard* di risparmio energetico in sinergia al comfort degli abitanti.

La finalità da raggiungere deve passare oltre che da una conoscenza assai profonda della realtà tecnico-costruttiva del patrimonio edilizio esistente, da un rilevamento oggettivo e soggettivo delle condizioni di benessere garantite. Con questo spirito si è messa a punto una metodologia di *screening*<sup>4</sup> ambientale complessa e che tiene conto sia della risposta del sistema tecnologico sia della percezione di chi fruisce del sistema ambientale confinato. Ogni operazione di *retrofit energetico* deve essere infatti supportata da una serie di analisi, che comprendano non soltanto le manifesta-

zioni evidenti del degrado, ma anche le cause che innescano le patologie. Se lo *screening* analitico risulta utile per inquadrare in prima battuta le criticità degli involucri e degli impianti, il successivo studio del microclima si configura come tappa fondamentale per analizzare le interazioni bene-ambiente. Interazioni che si manifestano con scambi di energia spesso accompagnati da scambi di materia. Il microclima deve essere analizzato e controllato per limitare il deterioramento non solo dei materiali costituenti la struttura edilizia e gli oggetti contenuti nell'organismo architettonico ma anche, come accennato, per garantire il benessere degli occupanti.

Le grandezze che regolano il microclima, in-

terno ed esterno, sotto particolari condizioni, vengono ritenute responsabili dei processi di degrado degli edifici: le alte temperature favoriscono i processi degenerativi di carattere chimico e le variazioni termiche comportano dilatazioni differenziali nei materiali; parallelamente, variazioni del contenuto di umidità relativa conducono all'espansione o contrazione dei materiali igroscopici e possono innescare fenomeni di ossidazione nel ferro, nel piombo o nel rame; alti tassi di umidità relativa, inoltre, permettono l'attecchimento di microrganismi dannosi non solo per i materiali organici, ma anche per quelli inorganici; infine, l'eccessiva esposizione alle radiazioni elettromagnetiche inducono reazioni fotochi-

miche di degrado.

Gli stessi parametri, però, non giocano un ruolo fondamentale solo nell'innescare alterazioni nei materiali, con conseguenze talvolta patologiche, ma influiscono anche sul benessere dei fruitori di un determinato ambiente. I fattori microclimatici producono nell'uomo una serie di risposte al disagio (*discomfort termico*), a un vero e proprio impegno termoregolatorio (sudorazione), a sindromi patologiche (stress da calore). L'uomo infatti altro non è che una macchina termica a basso rendimento<sup>5</sup> che scambia calore con l'ambiente per irraggiamento, convezione o evaporazione. Questi fenomeni, e di conseguenza la variazione della temperatura corporea, devono essere contenuti entro certi limiti, per non influire sulla capacità lavorativa e per non sfociare in situazioni di stress fisico.

Il comfort termico viene definito dalla ASHRAE come "una condizione di benessere psicofisico dell'individuo rispetto all'ambiente in cui vive e opera", e dalla norma UNI 7730 "come quello stato psico-fisico in cui il soggetto esprime soddisfazione nei riguardi del microclima"<sup>6</sup>. Secondo tale definizione, pertanto, si auspica il mantenimento della condizione di omeotermia raggiunta con un modesto intervento esterno dei sistemi di termoregolazione. Stimare il benessere vuol dire dunque individuare indici che tengano conto sia dei parametri ambientali che del dispendio energetico connesso all'attività lavorativa e all'abbiglia-

mento utilizzato durante il lavoro.

L'indice che con maggiore precisione rispecchia l'influenza delle variabili fisiche e fisiologiche sopracitate sul comfort termico è il PMV. Esso è ottenuto da una equazione matematica che tiene conto di variabili ambientali, quali temperatura, umidità relativa e velocità dell'aria, e di parametri comportamentali, quali attività metabolica, *Met*, e tipo di abbigliamento indossato, *Clo*. Il risultato ottenuto è rapportato a una scala di benessere psicofisico, che esprime il parere medio (voto medio previsto) sulle sensazioni termiche *S* espresse da un campione di soggetti occupanti l'ambiente in esame [Tab. 1]. Da questa metodologia è ricavata la scala ASHRAE per la stima del benessere, che è stata utilizzata nei calcoli.

Dal PMV - che rappresenta la media dei voti di sensazione termica, *S*, espressi da numerose persone che si trovano tutte nelle medesime condizioni ambientali - è derivato un secondo indice denominato PPD che quantifica percentualmente i soggetti comunque insoddisfatti. La UNI ISO 7730, con riferimento al PPD, ha classificato gli edifici nelle tre categorie A, B e C, per le quali ha stabilito i valori ottimali di temperatura e velocità dell'aria [Tab. 2]. La percentuale prevista di insoddisfatti PPD in funzione del PMV viene tradizionalmente espressa nel noto Diagramma di Fanger. Per garantire condizioni ottimali di PPD < 10% che corrisponde a valori  $-0,5 \leq PMV \leq +0,5$ ,

secondo la Norma UNI 7730, la temperatura dovrà essere  $T_o=20-24^\circ\text{C}$  in inverno e  $T_o=23-26^\circ\text{C}$  in estate.

Nelle valutazioni del benessere psicofisico dei fruitori si è fatto riferimento a tali valori di soglia.

Stabilite le condizioni da perseguire si è definita la strategia per condurre il monitoraggio ambientale, operando in due direzioni diverse e complementari, valutando cioè due aspetti del medesimo problema, quello oggettivo - la misura di grandezze fisico-tecniche - e quello oggettivo - la percezione individuale delle condizioni di benessere.

Il *primo aspetto* ha richiesto la valutazione delle grandezze ambientali, quali umidità  $f$ , velocità  $V_a$  e temperatura  $T_a$  dell'aria e temperatura media radiante,  $T_{mr}$ , livello equivalente di rumore,  $L_{eq}$ , illuminamento sul piano di lavoro  $E_m$ . Le misurazioni sono state effettuate mediante il multiacquisitore BABUC compreso di sonde di rilevamento ambientale e luxometrica, un fonometro analizzatore A-SVAN modello 957 e, per la ricerca del comportamento energetico dell'involucro, per evidenziare la presenza di ponti termici e di eventuali altre cause di dispersione, la *Termocamera Flyr E320*.

Il *secondo aspetto* si è rivolto agli occupanti, intesi non come organismi passivi ma come soggetti attivi, che interagiscono con l'ambiente, ai quali è stato somministrato un questionario, elaborato in ottemperanza alle

Tab. 1 - Scala ASHRAE per il calcolo del PMV.

Tab. 2 - Scala ASHRAE Condizioni termoisometriche ottimali e PPD.

+3	Molto caldo	$S > 0$ (sudorazione)
+2	Caldo	
+1	Leggermente caldo	
0	Neutro	$S = 0$
-1	Leggermente freddo	$S \leq 0$ (vasocostrizione)
-2	Freddo	
-3	Molto freddo	

CATEGORIA	INVERNO		ESTATE	
	$T_{a,ind}$ (°C)	PPD	$T_{a,est}$ (°C)	PPD
A_ condizioni termo igrometriche stringenti ( $-0,2 \leq PPD \leq +0,2$ )	$22 \text{ C}^\circ \pm 1$	0.10	$24.5 \text{ C}^\circ \pm 1$	0.12
B_ condizioni termo igrometriche intermedie ( $-0,5 \leq PPD \leq +0,5$ )	$22 \text{ C}^\circ \pm 2$	0.16	$24.5 \text{ C}^\circ \pm 1.5$	0.19
C ( $-0,5 \leq PPD \leq +0,5$ )	$22 \text{ C}^\circ \pm 3$	0.21	$24.5 \text{ C}^\circ \pm 3$	0.24

prescrizioni contenute nella Norma UNI ISO/DP 10551 abbinato ad un modello elaborato da Salvatore Barbaro<sup>7</sup>, per indagare il livello percepito di benessere termoisometrico, benessere visivo e benessere acustico.

Ogni individuo, infatti, reagisce in modo diverso agli stimoli esterni e la sua reazione sarà influenzata dal comportamento, conscio e inconscio, dalle esigenze fisiologiche ma anche dalla stessa psicologia del soggetto.

In tal modo si potranno mettere in evidenza dinamiche che non emergono dal monitoraggio strumentale, soprattutto per le problematiche inerenti il comfort visivo e acustico.

### LE RISULTANZE DEL MONITORAGGIO AMBIENTALE E DELL'ANALISI TERMOISOMETRICA

La metodologia di indagine applicata al Palazzo dei Leoni è stata orientata, nella scelta dei principali aspetti da focalizzare, dai dubbi che durante sopralluoghi, approfondimenti tecnico-costruttivi e prime risposte dei fruitori sono emersi e che necessitavano di un riscontro, una risposta, e comunque di un approfondimento.

Gli ambienti esaminati per il monitoraggio ambientale, indicati in rosso [Fig. 6], sono stati quindi campionati in quanto rappresentativi per morfologia e funzione. Si tratta di locali rappresentativi, quali la Sala del Consiglio, la

Biblioteca al piano terra e il Salone degli Specchi al primo; inoltre sono stati individuati altri locali in entrambi i piani e con diverse esposizioni, occupati prevalentemente da uffici. Questo per avere una panoramica completa che consentisse di confrontare i rilevamenti strumentali con le valutazioni soggettive dei fruitori.

Questa fase di analisi è stata condotta nel periodo maggio-giugno 2012.

La tabella 3 riporta per ciascun ambiente i dati sperimentali dei parametri termoisometrici rilevati al loro interno,  $t_{aria}$ ,  $f$ ,  $t_{mr}$ ,  $V_a$ , i parametri di benessere individuale, attività metabolica degli occupanti,  $Met$ , e resistenza termica del loro vestiario,  $Clo$ , e gli indici rappresentativi

del comfort termico, voto medio previsto, PMV, e percentuale di insoddisfatti, PPD [Tab. 3]. La somministrazione dei questionari, parallelamente al monitoraggio strumentale, ha fornito le risposte riguardanti il benessere termoigrometrico, acustico, visivo, alla qualità dell'aria e quindi al benessere globale. Nella [Tab. 4] sono riportati i risultati per tutto l'edificio; in verde si sono segnati i valori ammissibili, in giallo i valori critici, in rosso i valori non ammissibili, rispetto alle prescrizioni della Norma UNI 7730.

Il grafico di sintesi che si è elaborato [Fig. 7] esprime i valori di tollerabilità termica, visiva e acustica desunti dalle risposte sul comfort direttamente fornite dai fruitori. Si può apprezzare, distinto per ogni ambiente oggetto di indagine, lo scostamento dei dati rilevati rispetto al *range* di valori ammissibili individuati dalla Norma UNI 7730.

Come si vede, la metodologia approntata offre una esaustiva e rapida analisi delle criticità specifiche di ciascun ambiente scelto perché rappresentativo, concorrendo alla definizione delle basi per una corretta programmazione temporale di eventuali strategie di intervento successive.

I dati acquisiti dal monitoraggio dei parametri termoigrometrici, convogliati negli indicatori PMV e PPD unitamente a quelli relativi alla percezione di benessere individuale derivati dai questionari sono sinteticamente rappresentati tramite il Diagramma di Fanger [Fig.

8]. Dall'esame compiuto diversi locali monitorati risultano essere, con diversa gradualità, non adeguati; per essi infatti i valori di PPD e PMV si discostano dai valori ottimali indicati dalla Normativa. Nella Sala del Consiglio il PPD è del 39% mentre nell'ambiente 11B si arriva addirittura al 42%. I valori ambientali rilevati sono troppo elevati per poter essere tollerati per intervalli di tempo prolungati.

Per quanto concerne le sensazioni di benessere percepite dagli occupanti si può affermare che la qualità dell'aria appare nel complesso scadente, soprattutto nei locali n. 6 e 8B. Il benessere visivo è garantito per tutti i locali, eccezione fatta per la Biblioteca. Il coefficiente globale d'illuminamento degli ambienti risulta appena sufficiente: la morfologia dei locali, l'affaccio esterno ostacolato dalla presenza nel cortile della sala commissioni o l'insufficienza degli apparecchi illuminanti, possono costituire le cause.

Per continuare a indagare sulle probabili cause del disagio percepito si è avviato un ulteriore approfondimento sul comportamento energetico dell'involucro [Fig. 9], alla ricerca di una potenziale presenza di ponti termici, costruttivi e geometrici, attribuibili a soluzioni di continuità delle strutture edilizie o di una lacunosità di subcomponenti tecnologici (infissi e impianti), attraverso un'indagine termografica.

La termocamera converte l'energia emessa da ogni corpo sotto forma di radiazioni elet-

tromagnetiche nelle frequenze dell'infrarosso, non visibili dall'occhio umano, in un segnale digitale, permettendo la misurazione e la rappresentazione della energia emessa. Il termogramma che si ottiene non è altro che un'immagine, ottenuta abbinando una scala di temperature a una palette di colori, che evidenzia la mappatura termica superficiale del corpo *ripreso*.

Le immagini riportate [Fig. 10, 11] riguardano i prospetti principali del fabbricato sottoposti a indagine ad ottobre 2012. La mappatura termica evidenzia una distribuzione pressoché omogenea delle temperature nei campi murari con dei picchi di 6-7 gradi relativi alle grandi finestrate e alle zone d'ombra del portico circolare. Sono inoltre presenti, ben distinguibili, tutti gli elementi d'ornato, ordini architettonici e trabeazioni, fregi e balaustri, che mostrano in diversi punti una differenza termica di 2-3 gradi.

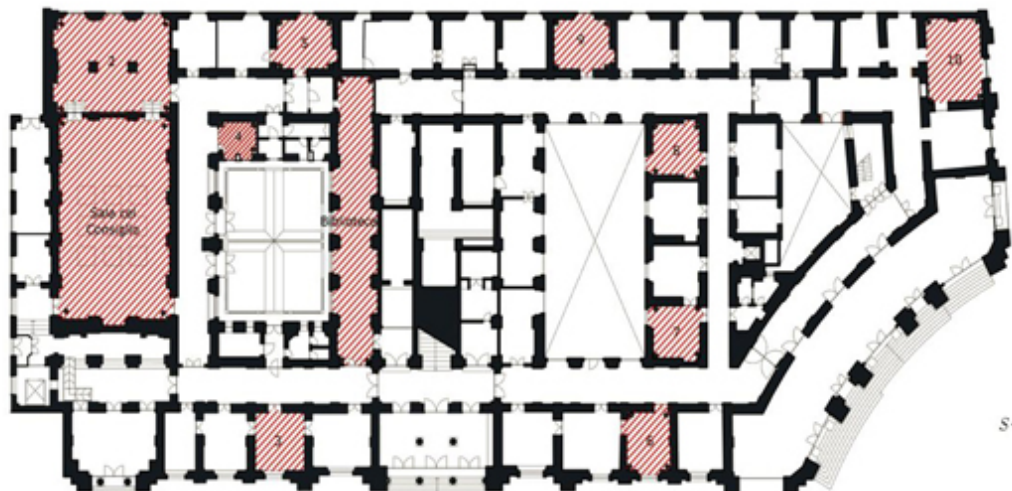
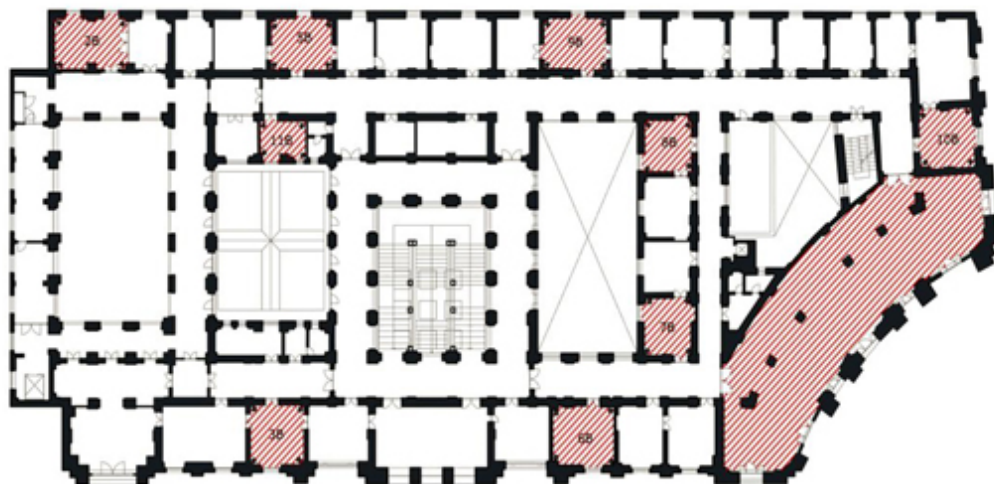
La lettura di questi dati è stata incrociata sia con l'analisi tecnico-costruttiva, sia con il monitoraggio ambientale, sia con la percezione del benessere termoigrometrico espresso dai fruitori per avviare una serie di riflessioni relative all'involucro del Palazzo dei Leoni e al suo degrado energetico.

## CONSIDERAZIONI SUL COMPORTAMENTO ENERGETICO DELL'INVOLUCRO

L'indagine termografica ha dato alcune parziali risposte ai dubbi che si erano avan-



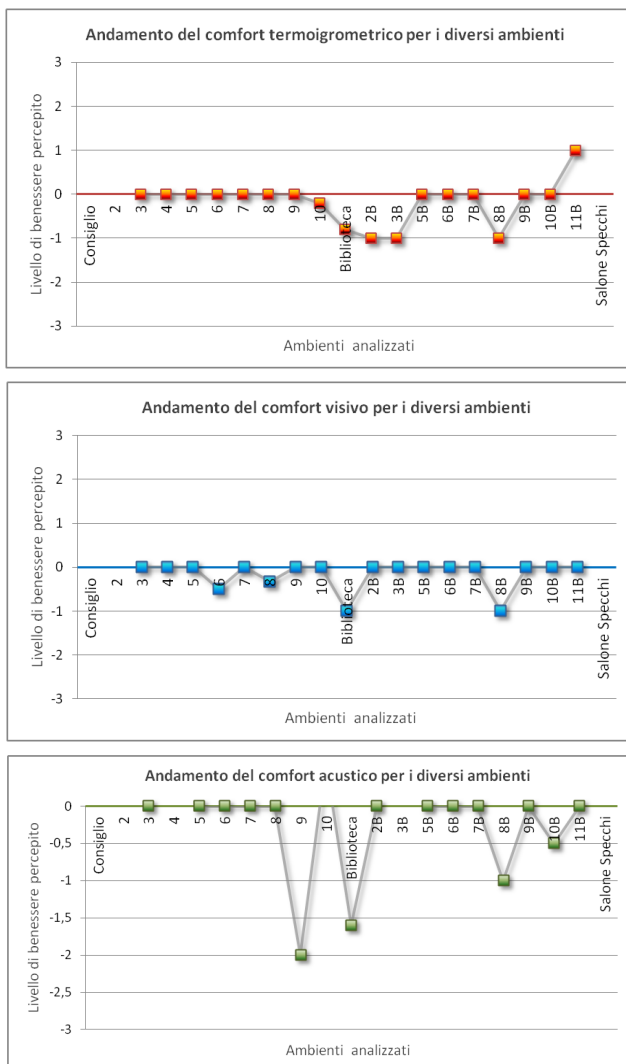
Fig. 6 - Individuazione degli ambienti sottoposti a monitoraggio ambientale.



zati al margine dell'analisi tecnico-costruttiva e ha suggerito possibili cause circa le condizioni di disagio termico avvertite dai fruitori in alcuni ambienti e ha ulteriormente confortato i valori dei parametri termo-igrometrici rilevati. Si deve sottolineare che, se pure con sei mesi di distanza, le condizioni climatiche registrate nei due periodi di rilevamento sono da ritenersi sostanzialmente uguali.

Disomogeneità materiche, discontinuità morfologiche e sistemi d'ornato ridondanti dei prospetti *ripresi* attraverso un'analisi termografica sembrano non costituire nel corpo della parete punti di discontinuità termica in cui ravvisare ponti termici. Come ipotizzato, una compattezza della tessitura muraria

Fig. 7. - Andamento dei singoli livelli di comfort percepito rispetto ai vari ambienti.



che copre campi assai ridotti fra gli elementi strutturali dell'ossatura in cemento armato, così come la sovrapposizione interna ed esterna di spessori rilevanti di intonaco in cui ricavare decorazioni, e, ancora, gli ordini architettonici giustapposti, pare che conferiscano alle pareti perimetrali opache una considerevole inerzia termica capace di indurre un comportamento energetico dinamico con sfalsamento delle onde termiche (da valutare in termini di ore) e di un loro smorzamento. Tuttavia a fronte di questa discreta omogeneità nell'isolamento, si evince un paleso incremento della trasmittanza termica in corrispondenza delle grandi finestrate. Queste, dotate di serramenti verosimilmente vetusti e comunque mediocri sotto il profilo prestazionale, costituiscono una via preferenziale per una dispersione termica rilevante sia durante la stagione invernale che estiva. Non soltanto attraverso il vetro, infatti, si verifica una trasmissione di calore per irraggiamento, conduzione e convezione dell'aria calda/fredda che si muove a contatto con la sua superficie, ma si può produrre un riscaldamento degli ambienti per effetto serra, e un disagio per i fruitori degli ambienti per una temperatura superficiale assai più bassa o più alta, nei diversi periodi, rispetto alla temperatura media ambientale. Inoltre si possono determinare ponti termici costruttivi sia nelle superfici di contatto fra serramento e parete dovuti a differenti coefficienti di conducibilità, sia de-

rivanti da possibile cattiva correlazione fra le parti, che produce difetti di tenuta dell'aria e consente spifferi, caldi e freddi, e dispersione del calore/raffrescamento eventualmente prodotto dagli impianti. La differenza media di 6-7 gradi registrata fra superfici vetrate e altre opache può ben giustificare infine una elevata dispersione/apporto di calore. Negli ambienti monitorati che prospettano su questo fronte si raggiungono valori critici su questo fronte al piano superiore. Inoltre a conferma dell'apporto negativo costituito dalle finestrate si deve registrare che anche nell'ambiente 2B, dotato di due finestre si raggiunge un valore critico. Un'analisi termografica sarà condotta, nel proseguo, per trovare ulteriori conferme di tale ipotesi.

Certamente l'indagine termografica dovrà proseguire guardando alla facciata posteriore del Palazzo dei Leoni ma ancor più alle tre corti interne che potrebbero costituire ulteriore causa di dispersione, sia per la rimaneggiata natura dell'involucro che le delimita sia perché certamente presentano condizioni microclimatiche assai diverse al contorno. Nella stessa misura in cui verosimilmente costituiscono attualmente un elemento di disturbo termogrametrico, potrebbero, adeguatamente riprogettati, divenire sistemi passivi di riequilibrio dei fattori ambientali interni per gli ambienti che vi prospettano, 7B, 8B, i locali della biblioteca, che si sono mostrati dal monitoraggio inadeguati sia per quel che riguar-

Tab. 3 - Indicatori termogrametrici e parametri di benessere individuale distinti per ciascun ambiente oggetto di indagine.

Tab. 4 - Risposta del campione dei soggetti intervistati.

Indicaz. Ambiente	t <sub>aria</sub> (°C)	f (%)	t <sub>mc</sub> (°C)	V <sub>a</sub> (m/s)	Clo	Met	PMV	PPD
Sala Consiglio	26,2	54	27,8	0,04	1	1,2	1,3	39
2	24,9	57	24,5	0,04	1	1,2	0,8	19
3	25,4	49	25,5	0,03	1	1,2	0,9	22
4	25,7	54	25,0	0,03	1	1,2	0,9	24
5	24,8	58	24,2	0,04	1	1,2	0,8	18
6	25,2	54	24,6	0,03	1	1,2	0,8	20
7	25,6	59	25,0	0,04	1	1,2	1,0	24
8	26,0	56	25,0	0,03	1	1,2	1,0	26
9	25,6	57	25,0	0,03	1	1,2	1,0	24
10	25,1	57	24,9	0,02	1	1,2	0,9	21
Biblioteca	24,0	51	24,9	0,02	1	1,2	0,7	15
2B	24,7	55	25,3	0,03	1	1,2	0,6	12
3B	24,9	53	26,0	0,02	1	1,2	0,9	24
5B	25,4	48	26,4	0,02	1	1,2	1,0	26
6B	25,8	55	27,1	0,02	1	1,2	1,2	34
7B	26,2	51	26,1	0,03	1	1,2	1,1	30
8B	26,3	48	26,1	0,02	1	1,2	1,1	30
9B	25,3	46	26,2	0,02	1	1,2	1,0	24
10B	25,4	55	25,6	0,06	1	1,2	1,0	25
11B	27,2	49	27,5	0,02	1	1,2	1,3	42
Sala degli specchi	25,8	54	25,5	0,04	1	1,2	1,0	26

DISTRIBUZIONE DELLE RISPOSTE DEL CAMPIONE DI SOGGETTI INTERVISTATI

STANZA	Termogrametrico				Acustico				Visivo			
	Sensazione	Comfort	Preferenza	Tollerabilità	Sensazione	Comfort	Preferenza	Tollerabilità	Sensazione	Comfort	Preferenza	Tollerabilità
Consiglio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0	-1	0	0	-2	-1	-1	0	0	-1	0	0
3	0	-1	-1	0	0	0	0	0	2	0	-1	0
4	2	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0
5	0	-1	0	0	-1	0	0	0	0	-1	1	0
6	2	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	0	0	0	-0,5
7	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	1	0
8	0,66	-0,33	-0,33	0	-0,6	-0,6	-0,6	-0,33	0	0,33	0,33	-0,33
9	1	-1	0	0	-3	-2	-1	0	-2	-1	2	0
10	0,4	-0,4	-0,4	-0,2	-1,8	-1,4	-1,8	-1	0,6	-0,4	-0,8	0
biblioteca	1	-1,4	-0,8	-0,8	-0,4	-0,4	-0,4	0	-1,6	-1,2	1,4	-1
2B	0	0	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-1	0	1	0
3B	2	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	2	0	0	0
5B	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	0	0
6B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7B	1	-1	-1	0	0	0	0	0	2	0	0	0
8B	2	-2	0	-1	-2	-2	-3	-1	3	-1	0	-1
9B	1	-1	-1	0	0	0	0	0	2	0	0	0
10B	0	0	0	0	-1	-1	-1	-0,5	0	0	0	0
11B	1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Specchi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

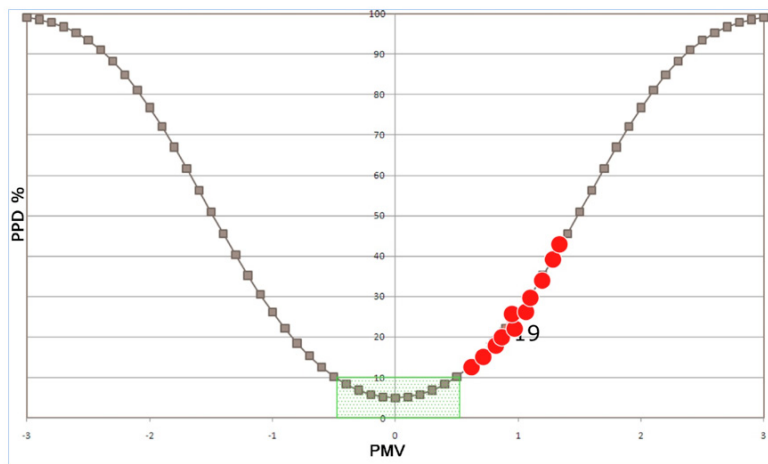


Fig. 8 - Risultati del monitoraggio ambientale espressi tramite il Diagramma di Fanger.

da il benessere luminoso che termico. In relazione alle risultanze ottenute, per minimizzare le dispersioni termiche ai fini di un risparmio energetico globale, si potrebbe intervenire sull'isolamento termico degli attuali serramenti. La scelta della soluzione tecnica dipende dal livello di invasività che ci si prefigge in relazione al riconoscimento del valore storico architettonico o tecnico costruttivo che si riconosce a questo componente. Certamente appartiene all'immagine architettonica l'esigua dimensione dei telai, a fronte delle ampie superfici vetrate. Con gradualità, le scelte potrebbero muoversi dalla semplice sostituzione dei vetri con altri capaci di risposte ottiche ed

energetiche superiori, fino alla sostituzione dell'intero serramento con altro dotato di taglio termico. Uno studio particolare dovrà comunque riguardare, nel caso si decidesse per un intervento radicale di sostituzione, quella zona di confine che nel sistema di montaggio, determina ponti termici, geometrici e costruttivi, e dispersioni energetiche. Un intervento puntuale finalizzato al miglioramento del benessere luminoso degli ambienti prospicienti il cortile interno, che non è estraneo a una più globale sostenibilità ambientale, potrebbe riguardare l'installazione di apparecchi illuminanti di tipo *o-led* [Organic Light Emitting Diode]. Essi vantano una maggiore efficienza energetica, lunga durata

e migliore sostenibilità, bassa e omogenea emissione termica, originale aspetto e struttura ultrapiatta. La luce *o-led* è cinque volte più efficiente di una luce a incandescenza riducendo il consumo elettrico a fronte di una migliore qualità di illuminazione ed il carico termico prodotto in relazione alla loro bassa emissione termica. Una valutazione avviata con riferimento alla componente impiantistica ha infine restituito un giudizio di inadeguatezza dovuta a vetustà, parzialità delle soluzioni, assenza di una gestione consapevole, opportunamente parzializzata per evitare di disperdere energia in ambienti occupati non continuamente. Il degrado dovuto all'adeguamento impiantisti-



Fig. 9 - Prospetto del Palazzo dei Leoni su piazza Antonello.

co, sintomo di un malessere estivo manifestato dai fruitori, è denunciato sul prospetto posteriore da un numero esagerato di mobiletti che oltre a deturpare il prospetto, già degradato sotto il profilo materiale, non risolvono evidentemente il problema, viste le risultanze del monitoraggio ambientale, costituendo invece un carico di in-sostenibilità che va ben oltre l'edificio.

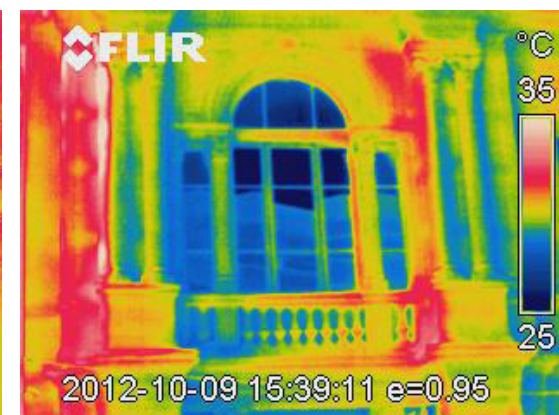


Fig. 10 - (in alto). Termogrammi prospetto del Palazzo dei Leoni su corso Cavour.

Fig. 11 - (in basso). Termogrammi prospetto del Palazzo dei Leoni su piazza Antonello.

## NOTE

[1] Fiandaca, Ornella (2010), *La ricostruzione antisismica di Messina: i tipi strutturali fra credenze culturali e inadempienze costruttive*, in Falsone, Giovanni, *IL SISMA dalla conoscenza all'intervento. L'esperienza di Messina*, Patron Editore, Bologna, pp. 35 – 60.

[2] Tutte le informazioni relative a materiali e tecniche costruttive originarie sono tratte dalle relazioni tecniche redatte da Alessandro Giunta e pubblicate in *La Rassegna Tecnica*, fasc. 3, marzo 1912 e fasc. 7, luglio 1912, e in *L'architettura Italiana*, anno XV, n. 3, 1920.

[3] Le informazioni relative ai danni bellici e agli interventi

effettuati sono stati ricavati da documenti d'archivio. Archivio di Stato di Messina, Fondo Genio Civile, Sezione Danni Bellici, Busta 20 fasc. 47 / Lavori 1945-48; Busta 14 fasc. 36 / Lavori 1946-48; Busta 8 fasc. 20 / Lavori 1949-50; Busta 8 fasc. 19 / Lavori 1950-52.

[4] Cannistraro, Giuseppe, De Santoli, Livio, Romagnolo, Antonella (2010), *Screening diagnostico di base per la compatibilità ambientale nei beni architettonici museali*, in Atti del 10° Congresso Nazionale CIRIAF, pag. 47-54, Morlacchi Editore, Perugia.

[5] Massacci, Giorgio (2007), *Microclima e benessere termico negli ambienti di lavoro*,

in Dispense "Sicurezza del lavoro e difesa ambientale", Università degli Studi di Cagliari, Cagliari.

[6] Norma UNI EN ISO 7730:2006, Ergonomia degli ambienti termici. Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale.

[7] Barbaro, Salvatore (2006), *Studio del comfort globale negli ambienti indoor*, Dipartimento di Ricerche Energetiche e Ambientali, Università degli Studi di Palermo, Palermo.

## BIBLIOGRAFIA

AA.VV. (1992), *Il Palazzo dei Leoni. Storia e Architettura dell'Istituzione Provinciale di Messina*, EDAS, Messina.

AA.VV. (2011), *Studio, sviluppo e definizione di schede tecniche di intervento per l'efficienza energetica negli edifici di pregio*, Rapporto ENEA, Roma.

Bozza (non ancora in vigore) della Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio sull'efficienza energetica degli edifici storici n. 172 del 22.06.2011.

Cannaviello, Monica (2007), *La certificazione energetica degli edifici esistenti: leggi e norme di riferimento, metodologie, strumenti e modelli*

*di calcolo, casi esemplificativi*, Franco Angeli, Milano.

Cannistraro, Giuseppe, De Santoli, Livio, Romagnolo, Antonella (2010), *Screening diagnostico di base per la compatibilità ambientale nei beni architettonici museali*, in Atti del 10° Congresso Nazionale CIRIAF, pag. 47-54, Morlacchi Editore, Perugia.

Carbonara, Giovanni (2001), *Restauro architettonico e impianti*, UTET, Torino.

Davoli, Pietromaria (2010), *Il recupero energetico degli edifici*, Maggioli Editore, Rimini.

Giunta, Alessandro (1912), *Il nuovo Palazzo della Provincia e della Scuola Normale Femminile di Messina*, in *La*

*Rassegna Tecnica*, Giornale d'ingegneria, architettura, agronomia ed arti industriali, fasc.3, p. 8.

Giunta, Alessandro (1912), *Nuovo Palazzo della Provincia – Relazione*, in *La Rassegna Tecnica*, Giornale d'ingegneria, architettura, agronomia ed arti industriali, fasc. 7, pp. 54-63.

Fiandaca, Ornella (2010), *La ricostruzione antisismica di Messina: i tipi strutturali fra credenze culturali e inadempienze costruttive*, in Falsone, Giovanni, *IL SISMA dalla conoscenza all'intervento. L'esperienza di Messina*, Patron Editore, Bologna, pp. 35 – 60.