Indagini termografiche in continuo: applicazioni su edifici di interesse storico-artistico

La fase di conoscenza negli edifici di interesse storico-artistico (così come definiti dal D.Lgs. 42/2004), rappresenta oggi un fattore imprescindibile che si inserisce inevitabilmente tanto nei processi di progettazione di interventi di restauro quanto in quelli di pianificazione delle manutenzioni. Le necessità di salvaguardia dei beni monumentali, che spesso si accompagnano alla presenza di apparati decorativi, porta a dover prediligere l'utilizzo di tecniche di indagine non invasive.
La TERMOGRAFIA IR è una tecnica diagnostica assolutamente non distruttiva che, misurando la radiazione infrarossa emessa da un corpo senza alcun contatto con esso, è in grado di determinare la temperatura superficiale attraverso un processo di calcolo che va a considerare sia parametri derivanti dalle specifiche tecniche dell'apparecchiatura termografica (sensore e ottica) sia specifici parametri ambientali propri dell'ambiente in cui si svolge la misura.

Laboratorio	CICCREI
Area di specializzazione	Edilizia e Costruzioni, Energia e Sostenibilità
Referenti	Eva Coisson
Keyword	Termografia, Indagini Non Distruttive, Diagnostica, Beni Culturali

"Dall'ambito industriale a quello della tutela dei beni architettonici vincolati"

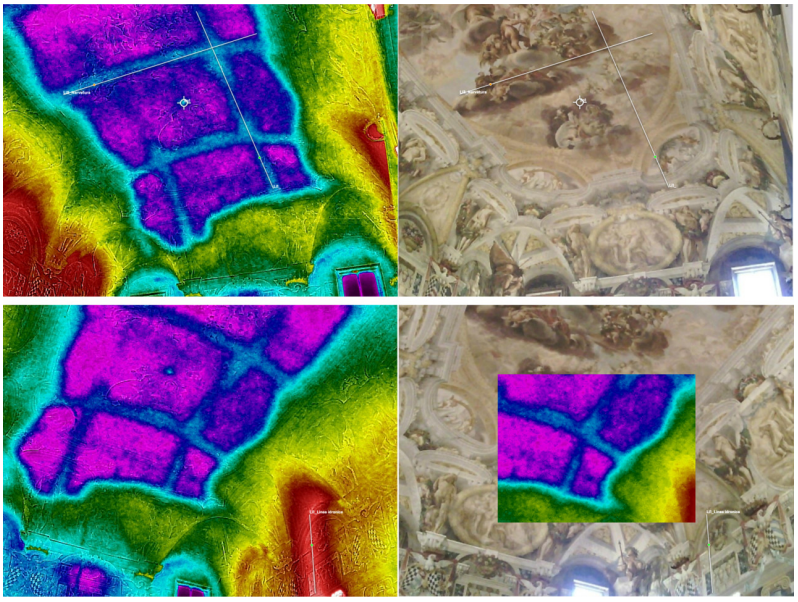


Fig. 1: Palazzo Pepoli Campogrande (BO), indagine termografica sulle volte in muratura del Salone, individuazione nervature estradossali

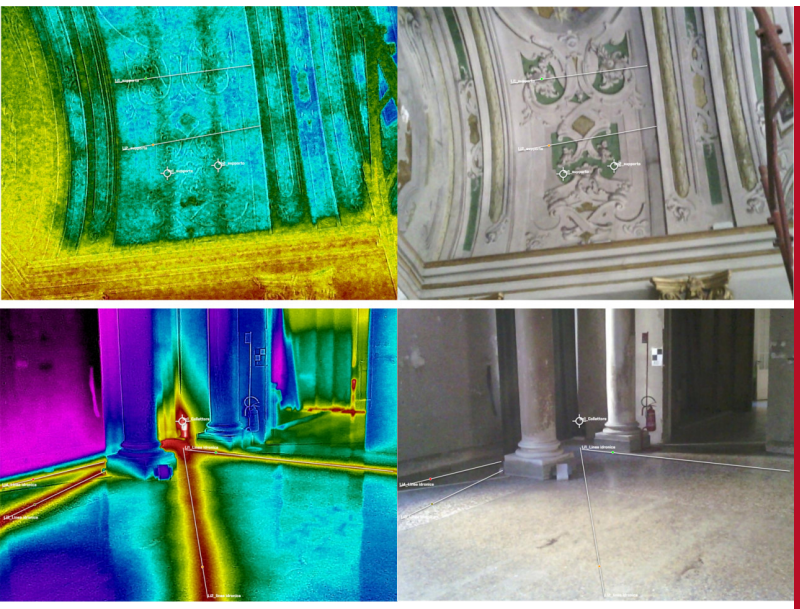


Fig. 2: Integrazione di termogrammi (acquisizione ad intervalli regolari) per indagini su volte (alto) e impianti (basso)

Descrizione

La TERMOGRAFIA IR, con acquisizione in continuo di termogrammi, è una tecnologia che trova largo impiego per il controllo dei processi industriali; a differenza delle ispezioni puntuali, il monitoraggio continuo permette di rilevare anomalie termiche istantanee, garantendo la sicurezza, la qualità del processo e la manutenzione preventiva e programmata. La trasposizione di queste metodologie nell'ambito dei processi di conoscenza degli edifici storici, eseguita da personale qualificato (secondo ISO 9712 di Livello II), associato ad un processo di analisi ed integrazione dei dati acquisiti permette di individuare fenomeni anche di breve durata e di limitata entità.

Aspetti innovativi

Le condizioni ambientali spesso presenti all'interno dei beni architettonici si caratterizzano per una omogeneità di temperature e per la presenza di piccole differenze fra locali limitrofi.
Per queste specifiche condizioni, in cui un singolo termogramma spesso non è rappresentativo del fenomeno indagato, risulta maggiormente efficace l'esecuzione di acquisizioni termografiche su lunghi periodi (in relazione alle condizioni ambientali) con successivo post processing dei singoli termogrammi (acquisiti ad intervalli predeterminati in relazione allo scopo dell'indagine) al fine di cogliere l'insorgenza di variazioni termiche della superficie, anche di piccola durata.
Con le stesse modalità operative, per la ricerca di fenomeni aventi caratteristiche di sviluppo rapido, le analisi possono essere condotte in Real Time mediante analisi in continuo del flusso dati proveniente dal sensore termografico; in questo modo è possibile avere riscontro immediato dell'insorgenza del fenomeno nonché del suo andamento temporale, con possibilità di acquisizione e registrazione del flusso video (termogrammi).

Applicazioni

La possibilità di indagare superfici ed elementi in continuo, unita al monitoraggio costante dei parametri ambientali (che vanno ad influenzare l'indagine) permette di individuare fenomeni transitori di breve durata, individuare fenomeni evolutivi e ottenere in conclusione risultati più significativi rispetto alle indagini spot, per le quali non è possibile sapere a priori quale momento avrà il maggiore gradiente termico, consentendo quindi letture maggiormente rappresentative.

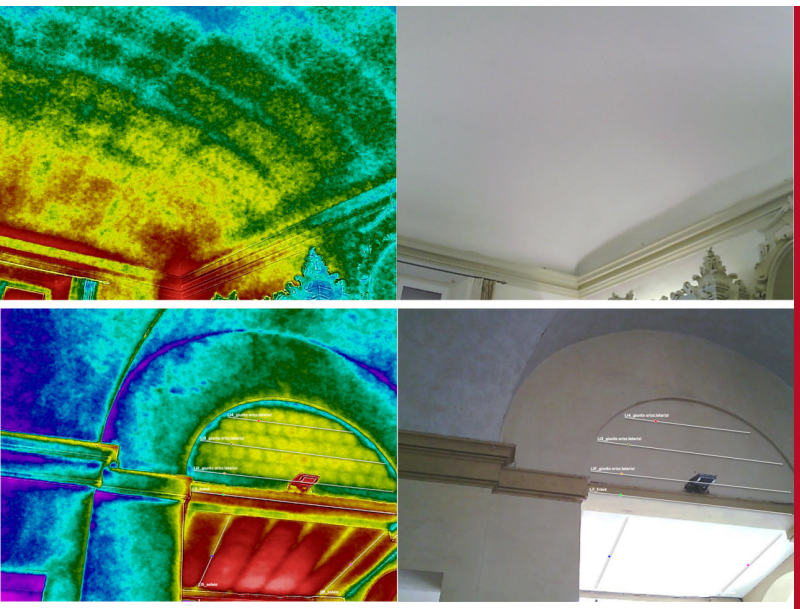


Fig. 3: Palazzo Pepoli Campogrande (BO), indagine termografica sulle volte in canniccio (alto), su murature e solai piani (basso)

Esempio di applicazione

Nell'ambito di un più esteso percorso finalizzato alla conoscenza di Palazzo Pepoli Campogrande (BO), edificio costruito a partire dalla seconda metà del XVII secolo di interesse storico-artistico (ai sensi degli artt.10, comma 1, e 12 del D.Lgs 22 gennaio 2004, n.42), le procedure di indagine termografica sono state applicate diffusamente per l'identificazione delle tecnologie realizzative dei componenti edilizi (impalcati di solaio, murature) ed impiantistici.

Le procedure di rilievo, articolate su lunghi periodi di acquisizione dei dati per ogni singolo ambiente, hanno permesso di identificare piccole anomalie termiche, anche di breve durata o tra locali aventi condizioni termoigrometriche similari; a questo vanno aggiunte le caratteristiche intrinseche del sensore termografico utilizzato con valori del "Campo di vista istantaneo (istantaneous field of view – IFOV)" molto bassi.
Le successive elaborazioni software, con integrazione dei fotogrammi e applicazioni di filtri su specifici intervalli di temperatura, hanno permesso di osservare, oltre agli elementi a maggior gradiente termico (impianti, canne fumarie, ecc) :

- Nervature estradossali nelle volte in muratura (sfruttando la differente resistenza in relazione allo spessore da cui deriva un differente tempo di penetrazione dell'onda termica)
- Sottostrutture portanti lignee a sostegno delle volte in canniccio (sfruttando le differente resistenza termica in corrispondenza dell'elemento ligneo rispetto al solo spessore del canniccio intonacato)
- Tessiture nella muratura in laterizio (sfruttando le diverse caratteristiche termiche fra giunto di malta ed elemento in laterizio, visibile anche attraverso uno strato superficiale di intonaco)

Partner coinvolti
SMILE-DIH (Smart Manufacturing Innovation Lean Excellence centre – Digital Innovation Hub)
Website: https://www.smile-dih.eu

Tempi di realizzazione
Subito applicabile (condizioni UNI EN 16714-1)

Livello di maturità tecnologica
TRL 9 - sistema reale testato in ambiente operativo

Valorizzazione applicazione
La procedura ad oggi è stata utilizzata, nell'ambito di indagini su edifici vincolati, all'interno di 2 servizi erogati da CICCREI (Palazzo Pallavicino - PR, Palazzo Pepoli Campogrnade - BO); è in corso di applicazione (anche per addivenire ad un miglioramento delle procedure) su ulteriori 2 edifici a carattere monumentale (Duomo di Parma, Oratorio Santa Maria del Rosario - Tizzano val Parma).

CICCREI

Centro Interdipartimentale per la Costruzione, Conservazione e Rigenerazione dell'Edilizia e delle Infrastrutture

Sito web	https://www.centritecnopolo.unipr.it/ciccrei/
Direttore	Eva Coisson
Data pubblicazione	05/08/2026

Il Centro CICCREI (Centro Interdipartimentale per la Costruzione, Conservazione e Rigenerazione dell'Edilizia e delle Infrastrutture) è un organismo di Ricerca di natura pubblica istituito per mettere in sinergia le molteplici competenze afferenti a diversi dipartimenti dell'Università degli Studi di Parma in materia di edilizia e infrastrutture. Oltre alle discipline più strettamente architettoniche e ingegneristiche, sono infatti presenti ricercatori che si occupano di aspetti economici, giuridici, geologici, di chimica e fisica dei materiali, in modo da poter rispondere in maniera completa e integrata alle diversificate necessità di ricerca applicata del territorio su queste tematiche.
La Mission del Centro è infatti quella di sviluppare attività di ricerca industriale, sviluppo sperimentale e di trasferimento tecnologico (incluse attività di aggiornamento e formazione professionale) relative a:

- conservazione e valorizzazione del patrimonio costruito con valenza storica, artistica o urbanistico/ambientale;
- riduzione delle vulnerabilità del costruito esistente, incluse le opere civili presenti nelle infrastrutture idrauliche, di trasporto, per la protezione del territorio e di produzione dell'energia;
- efficienza energetica degli edifici per la sostenibilità ambientale ed economica;
- rigenerazione del territorio urbanizzato e dell'edificato, miglioramento del comfort e della qualità urbana ed edilizia in un'ottica di smart city.