



## Diagnostica N. D. per L'Edilizia e il Restauro

Arch. SAVERIO BEVILACQUA

### LA DIAGNOSI DELL'UMIDITA' PRESENTE NELLE MURATURE

#### *Considerazioni introduttive*

L'acqua presente nelle murature per effetto dei sali in essa contenuta o da essa trasportata spesso induce a fenomeni di degrado fisico-chimico, che interessano le finiture, gli intonaci ed i paramenti murari.

La conoscenza del contenuto d'acqua e dei sali, la loro concentrazione, distribuzione e tipologia, costituiscono i parametri più significativi e fondamentali per comprendere i movimenti ed i meccanismi innescati dai fluidi (capillarità, condensa, evaporazione ecc.).

Nel caso specifico lo scopo dell'analisi dell'umidità è quello di individuare la distribuzione, l'intensità, e l'estensione e determinare le cause che l'hanno determinata.

Ciò è possibile con monitoraggi, ricognizioni e rilievi diretti in campo; con misurazioni qualitative e quantitative, con l'applicazione di metodologie non invasive o parzialmente invasive e con analisi chimico-fisiche dei sali solubili presenti o veicolati all'interno delle murature.

Attualmente, le moderne tecniche di diagnosi consentono di eseguire verifiche con elevato grado di affidabilità e attendibilità, dalle quali è possibile ottenere preziose informazioni sullo stato fisico degli edifici (o di parti o componenti di essi) e sul degrado a cui sono soggetti nel tempo. Grazie anche all'evoluzione tecnologica della nuova generazione di termocamere, particolare interesse suscita di recente la tecnica termografica anche in merito della diagnosi del fenomeno dell'umidità nelle murature e del degrado.

Data la sua versatilità di applicazione e le caratteristiche totalmente non invasive, la **Termografia** è divenuta la tecnica più applicata prevalente nel campo delle indagini diagnostiche di tipo N.D.

Senza dubbio, una buona analisi che abbia la capacità di fornire dati utili per un buon progetto o programma d'intervento di risanamento, potrà fare affidamento all'applicazione integrata delle due tecniche (*Termografia è metodo ponderale termogravimetrico*). Per maggior chiarezza le due metodologie saranno illustrate distintamente come di seguito.

#### IL METODO DELL'ANALISI PONDERALE TERMOGRAVIMETRICO

Dopo aver eseguito una scansione termografica della superficie da indagare e analizzare, si procede a piccole perforazioni in punti ben individuati e definiti della superficie mediante un trapano a velocità regolabile (\*) e si prelevano piccole quantità di materiale in polvere a profondità e altezze diverse, stabilite caso per caso (Nornal 8/83 e UNI 11085/2003).

I campioni prelevati immessi in contenitori stagni e trasportati in tempi brevi in laboratorio, saranno sottoposti all'analisi ponderale (o termogravimetrico) con essiccazione e pesate in laboratorio con bilance di precisione.

---

(\*) L'operazione di perforazione e prelievo richiede molta cura e attenzione; deve essere eseguita a bassa velocità (non deve superare i 150 giri/m. per evitare il surriscaldamento della punta perforante con conseguente generazione di calore e parziale evaporazione del contenuto d'acqua.

Durante la fase di essiccazione si effettua la registrazione continua della variazione di massa del campione esaminato in atmosfera controllata in funzione della temperatura e del tempo.

Il risultato dell'analisi può essere rappresentato con un diagramma che riporta in ascissa la temperatura o il tempo e sull'ordinata la variazione percentuale della massa; tale curva viene definita *Curva di decomposizione termica*.

Diversamente il valore potrà essere ottenuto direttamente per pesata umido/secco che esprimerà la percentuale ponderale riferita al peso umido o secco (procedura normalmente più usata).

Lo strumento utilizzato per questo tipo di analisi è la *Termobilancia*.

Il forno di essiccazione della Termobilancia opera solitamente nel range compreso tra la temperatura ambiente e 1500 C° (che potrà superare anche il punto di fusione dei materiali), con una velocità di riscaldamento che potrà essere variata da poco più di 0 C° fino a 200 C° al minuto.

Una considerazione importante di cui bisogna tener conto, si basa su concetti teorici e sperimentali i quali hanno dimostrato che parte dell'acqua non è libera ma è legata all'idratazione di cristallidrati dei sali presenti al momento in cui si effettua il prelievo.

Questa situazione è ritenuta momentanea e instabile, in costante rapporto di equilibrio idrico, ossia di scambio evaporazione/assorbimento di vapore acqueo dell'umidità contenuta nel volume d'aria in cui è inserita la muratura.

Risultano perciò particolarmente rilevanti le condizioni microclimatiche al contorno: Temperatura, Umidità relativa interna ed esterna, ventilazione che, hanno la capacità di influenzare l'equilibrio termo-igrometrico della muratura.

Per questi motivi si può affermare che le analisi ponderali hanno validità temporale perché descrivono con buona approssimazione lo stato igrometrico del manufatto in quel preciso momento ma, mutabile nel tempo.

È perciò consigliato il monitoraggio dei parametri di temperatura, umidità relativa e ventilazione dell'ambiente durante il periodo temporale di analisi.

Altro fattore determinante che può influenzare il risultato dell'analisi è la corretta determinazione dei punti di prelievo dei campioni che devono essere il più possibile rappresentativi.

È buona norma implementare l'analisi ponderale con l'analisi termografica che ha il grande vantaggio di rappresentare (anche se in forma qualitativa) la distribuzione dell'umidità presente nella muratura (nel momento in cui viene eseguita purché sia in atto una evaporazione), e di orientare con maggiore precisione il campionamento nei punti di prelievo.

Altro metodo ritenuto però meno attendibile per l'analisi dell'umidità in profondità nelle murature è il *metodo con carburo di calcio* anche se, richiede maggiori attenzioni e precauzioni rispetto al metodo ponderale termogravimetrico.

Meno diffuso e di assoluta minor precisione è il metodo di rilievo eseguito con strumenti a contatto sulla superficie con tecnologia a microonde o a resistenza elettrica per i quali è palesemente nota l'incertezza di misura per la taratura di tipo "universale" applicata a materiali diversi in condizioni diverse.

## IL METODO DELL'ANALISI TERMOGRAFICA

### *Il fenomeno dell'umidità e l'analisi termografica.*

La Termografia applicata in campo edile e del restauro consente di eseguire diagnosi qualitative per individuare e comprendere determinate patologie e/o fenomeni di degrado, come nel caso specifico la distribuzione dell'umidità nelle murature.

Tale fenomeno, seppur complesso, non sempre è riconoscibile a vista e si manifesta come un fenomeno nascosto con concentrazioni e modalità diverse.

La variazione e l'intensità è particolarmente caratterizzata dalle condizioni microclimatiche e ambientali e, in particolar modo dallo scambio termo-igrometrico dell'organismo edilizio con l'ambiente circostante.

Pertanto, è di fondamentale importanza la conoscenza delle condizioni al contorno (come già accennato in precedenza) e dei materiali costituenti la muratura e le finiture, in quanto il processo di evaporizzazione è condizionato dalla differenza di concentrazione d'acqua fra muro e aria, cioè dal gradiente di umidità relativa dell'aria a contatto con la superficie.

Sulla base di tale principio, si desume la conferma per la quale la velocità di evaporizzazione è fortemente influenzata dalle condizioni microclimatiche dell'ambiente che provoca l'evaporizzazione stessa.

Il flusso evaporativo determina un raffreddamento della superficie in modo variabile per un processo endotermico (per effetto della sottrazione di calore), in funzione del contenuto d'acqua, della permeabilità e la porosità dei materiali.

Chiariti tali aspetti legati al fenomeno dell'umidità, si può affermare che la Termografia essendo uno strumento di diagnosi per immagini infrarosse, consente di valutare il flusso evaporativo in atto su una superficie, con la possibilità di mappare la distribuzione e la concentrazione su di essa, individuando le aree a maggior flusso evaporativo.

Data la presenza di acqua nelle murature, le anomalie termiche che potranno essere rilevate (in condizioni di regime termico passivo) appariranno come aree più fredde e quindi più scure.

Per contro, se s'inverte il regime termico da passivo ad attivo mediante una sollecitazione termica, le anomalie riscontrate si presenteranno più calde.

Sulla base di tali considerazioni teoriche oltre che sperimentali sul fenomeno dell'umidità legata ai flussi evaporativi, è bene far notare che è inutile eseguire la Termografia in condizioni di saturazione dell'umidità dell'aria ambiente e/o a basse temperature.

Nel merito, la sperimentazione scientifica ha consentito di stabilire che le condizioni ambientali più idonee per valutare la distribuzione dell'umidità nelle murature, attraverso l'analisi termografica, dovranno essere:

- **U.R. non superiore al 70 ÷ 80 %**
- **T. ambiente non inferiore a 6 °C**
- **Assenza di riscaldamento diretto**

Tali condizioni critiche comportano il blocco del flusso evaporativo e pertanto l'analisi termografica non potrà restituire il risultato atteso.

È consigliabile, tra l'altro, di *NON eseguire* la Termografia subito dopo la precipitazione di piogge.

Per questo motivo è necessario eseguire un monitoraggio, ripetere l'indagine in diverse stagionalità o ad intervalli di tempo, per verificare se il fenomeno è continuo, periodico o addirittura episodico.

*Dovrà essere comunque ben chiaro che ogni indagine eseguita avrà validità temporale, in quanto documenta lo stato termo-igrometrico al momento in cui viene svolta.*

Generalmente la mappatura dell'umidità con l'analisi termografica costituisce una prima analisi qualitativa. Essa potrà orientare correttamente ulteriori verifiche puntuali di tipo quantitativo implementate appunto dal metodo ponderale termogravimetrico che consentirà di determinare l'effettiva concentrazione dell'umidità fino in profondità della muratura.

Anche nel caso della mappatura del degrado, dovuto alla presenza di sali per effetto dell'umidità contenuta nelle murature, l'analisi termografica se eseguita correttamente, consente di valutare con sufficiente precisione e in tempi rapidi la distribuzione e la diversa concentrazione della stessa. Ma, altrettanto importante è anche l'**analisi dei sali** per determinare la loro tipologia e concentrazione in quanto, costituiscono il vero problema dell'innescò dei fenomeni di degrado delle superfici. Pertanto, a complemento di tale tipologia d'indagine è sempre consigliato di eseguire un campionamento e l'analisi dei sali mediante la **Cromatografia Ionica**.

Anche se ciò potrà richiedere ulteriori analisi quantitative minimamente invasive (dovuta al prelievo di campioni) è sempre bene eseguire in forma estesa e totalmente non invasiva una prima valutazione sul contenuto di umidità e la sua distribuzione sulle superfici mediante la tecnica Termografica.