

Figura 14.3 Chiesa dei SS. Egidio e Omobono (CR). Parte alta immagine nel visibile, parte bassa immagine termografica con la fascia a toni più chiari corrispondente alle zone più calde

## *Termografia per i beni culturali*

- *Diagnostica per immagini.*
- *Rilevazioni a distanza, senza la necessità di ponteggi.*
- *Possibilità di rilevazione in tempi e condizioni diversi.*
- *Indagine non distruttiva e non invasiva*
- *Permette di rilevare strutture non in vista {impronta delle murature e immagini in IR}*



### *Termografia ed utilizzo: maggiori interessi per i beni culturali.*

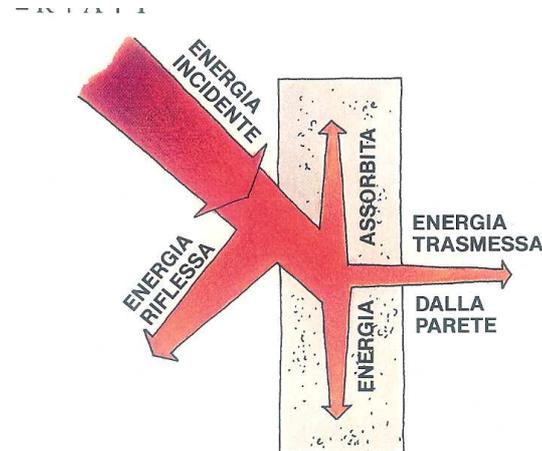
**UMIDITA'** individuazione di aree umide sottoposte ad evaporazione

**DISTACCHI** individuazione di aree distaccate su intonaci, affreschi, mosaici

**MURATURE** studio della composizione della muratura per problemi di statica o storici

# Termografia e termologia

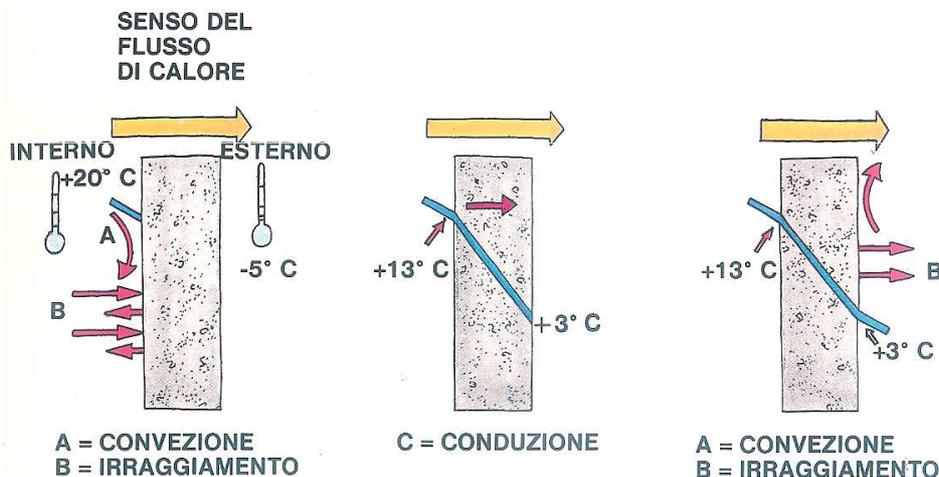
La termografia fornisce una foto "termica degli oggetti" la termologia ci permette di capire e decifrare tale foto.



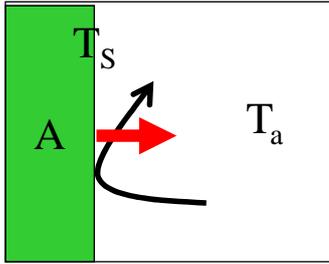
Per interpretare la termografia dobbiamo sapere come si trasmette l'energia (calore) e come si comporta quando interagisce con un corpo (principio di conservazione dell'energia).

## Descrizione generale

*Si è visto che si hanno tre modi di propagazione del calore, prendiamo un esempio semplice: una parete costituita da materiale solido. Si ha all'interno la coesistenza di convezione e irraggiamento, nel solido la conduzione, e all'esterno nuovamente convezione ed irraggiamento*



## Convezione su una parete



$$\dot{Q}_{conv} = h \cdot A \cdot (T_s - T_a)$$

dove per  $\dot{Q}_{conv}$  si intende  $Q/t$

$h$  coefficiente di scambio convettivo [ $W/m^2 K$ ]

$A$  superficie normale al flusso [ $m^2$ ]

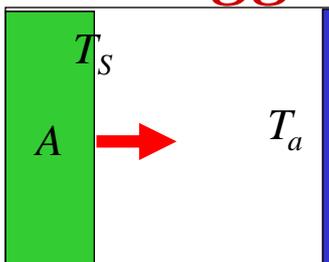
$T_s$  Temperatura della superficie [K]

$T_a$  Temperatura dell'aria [K]

$h$  dipende da

➤ tipo di moto, ➤ tipo di fluido ➤ geometria della parete.

## Irraggiamento da una parete

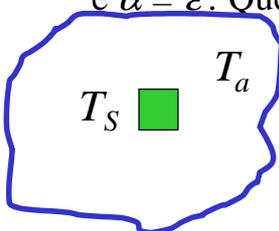


$$\begin{aligned} \dot{Q}_{irragg} &= \text{cost } A(T_s^4 - T_a^4) = \\ &= h_{irragg} A(T_s - T_a) \end{aligned} \quad (*)$$

$h_{irragg}$  coefficiente di scambio termico per irraggiamento [ $W/m^2 K$ ]

$\dot{Q}_{irragg} = h_{irragg} \cdot A \cdot (T_s - T_a)$   $h_{irragg}$  dipende dalle due temperature, dalle caratteristiche delle superfici radianti, ma può essere considerato costante.

L'equazione (\*) tiene conto dell'energia emessa dalla superficie  $S$  alla quale viene sottratta quella assorbita sempre da  $S$ . Dato che  $Q_{ass}/t = \alpha Q_{inc}/t$  e  $\alpha = \varepsilon$ . Questo se assumiamo che la parete a  $T_a$  sia un corpo nero.



Questa è anche una buona approssimazione, soprattutto quando il corpo a  $T_s$  è di area trascurabile rispetto alla superficie del corpo a Temperatura  $T_a$ , che lo avvolge completamente.

# Adduzione = convezione e irraggiamento

Il contributo di scambio termico per convezione ed irraggiamento, in genere in un ambiente esterno coesistono.

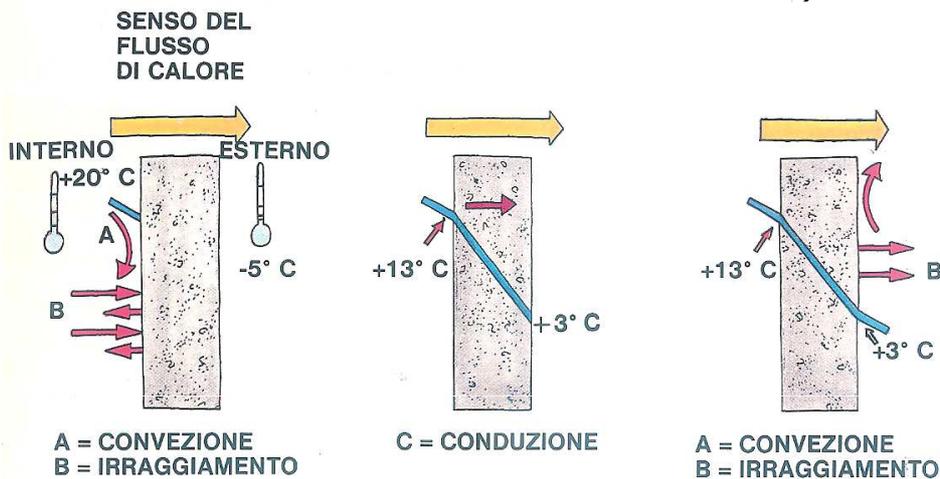
Se non si è interessati alla distinzione dei due tipi di propagazione, ma al comportamento globale si presenta la combinazione dei due effetti: **adduzione**

$$h_{add} = h_{conv} + h_{irr}$$

Possiamo porlo semplicemente  $\dot{Q} = h A(T_s - T_a)$   
 $h$  Coefficiente di scambio termico

In genere in presenza di fluidi l'effetto dominante è la convezione.

## Riscaldamento di una parete



$$\dot{Q} = h_{int} A(T_{int} - T_{pi})$$

$$\dot{Q} = \frac{k}{s} A(T_{pi} - T_{pe})$$

$$\dot{Q} = h_{est} A(T_{pe} - T_e)$$

Il flusso di calore trova resistenza al passaggio:

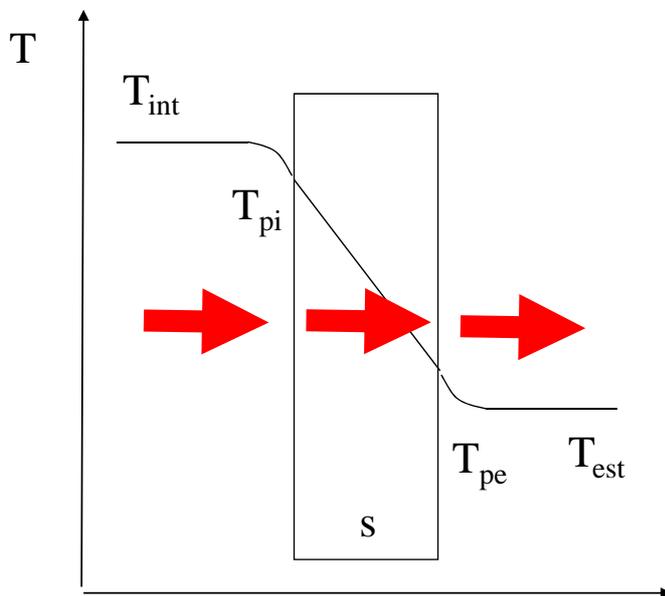
La superficie A è costante, risulta Pratico in questo caso per R

$$\dot{Q} = \frac{\Delta T}{R} \quad I = \frac{\Delta V}{R}$$

- Resistenze superficiali interne  $1/Ah_i$
- Resistenze termiche proprie della parete  $s/Ak$
- Resistenze superficiali esterne  $1/Ah_e$

In una parete edilizia dovremmo seguire un'analisi completa della trasmissione del calore per

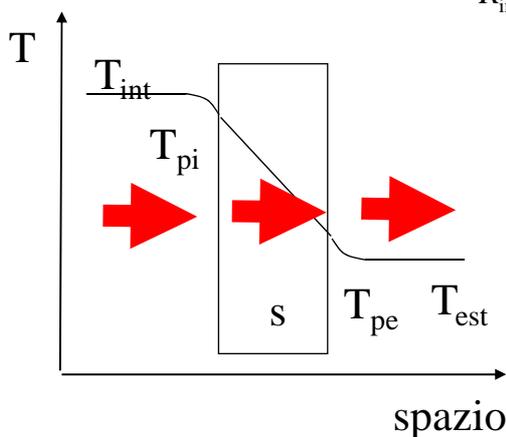
- adduzione tra l'aria interna e la superficie interna,
- conduzione attraverso la parete,
- adduzione tra la faccia esterna e l'aria esterna.



Per una parete di un solo strato  
Avremmo 3 resistenze termiche  
2 per adduzione  
1 per conduzione

$T_{int}$  = Temperatura interna.  
 $T_{pi}$  = Temperatura parete interna.  
 $T_{pe}$  = Temperatura parete esterna.  
 $T_{est}$  = Temperatura esterna.

**Una parete ideale può essere descritta con modello tipo circuiti elettrici.**



$R_{int} = \frac{1}{Ah_{int}}$  resistenza alla propagazione del calore all'interno (convezione o adduzione)

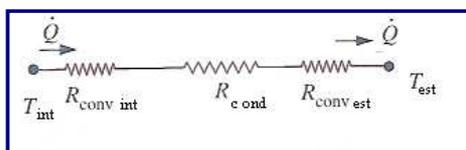
$R_{est} = \frac{1}{Ah_{est}}$  resistenza alla propagazione del calore all'esterno (convezione o adduzione)

Equivale a 3 strati con le rispettive resistenze termiche quindi:

$$R_{tot} = R_{int} + R_{cond} + R_{est}$$

$$R_{tot} = \frac{1}{Ah_{int}} + \frac{s}{Ak} + \frac{1}{Ah_{est}}$$

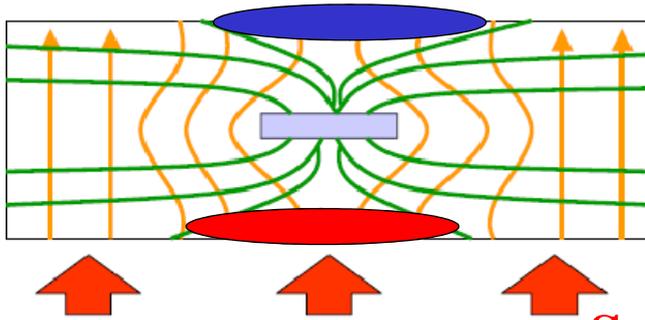
$$\dot{Q}_{tot} = \frac{Q_{tot}}{t} = \frac{1}{R_{tot}} \cdot (T_{int} - T_{est})$$



**Modellino di un circuito elettrico equivalente.**



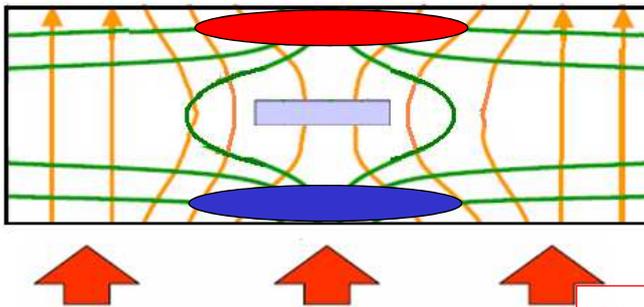
**In trasmissione è più freddo.**



*Difetto isolante,*  
materiale inserito,  
ad esempio aria,  
mattoni forati, **distacchi.**

**Osservato in riflessione è caldo.** **Sorgente di Calore**

**In trasmissione è caldo.**



*Difetto conduttore,*  
ad esempio metallo,  
**ponte Termico**

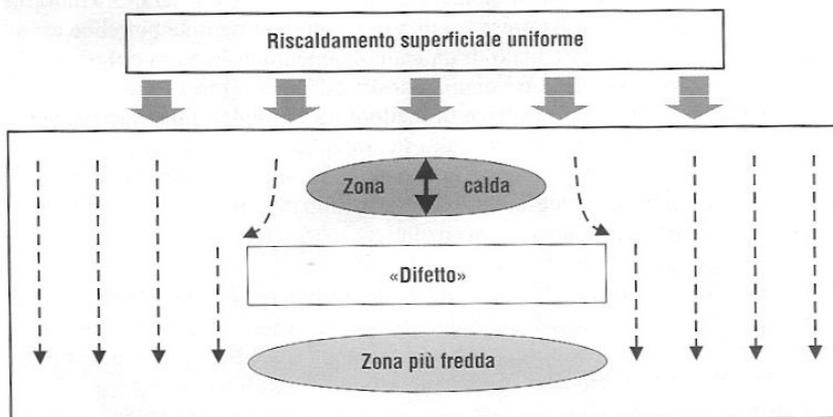
**In riflessione è più freddo.** **Sorgente di Calore**

## **Diagnostica dei distacchi**

*Diagnostica di aree distaccate di intonaci, mosaici e paramenti sottili in genere.*

**Termografia attiva (strati d'aria isolanti).**

**Figura 14.11** Schema della propagazione del calore in un mezzo contenente un difetto a bassa conduttività (aria, isolante). Il calore trova un ostacolo alla propagazione e sul lato esposto al riscaldamento si accumula; viceversa sul lato non esposto il difetto si manifesta come un'area più fredda per l'assenza del flusso di calore



*La zona sede del distacco  
aumenta di T maggiormente  
delle zone sane ( $Q=m c \Delta T$ ).  
A parità di energia per unità  
di superficie, essendo anche  
m minore si ha un aumento  
maggiore.*

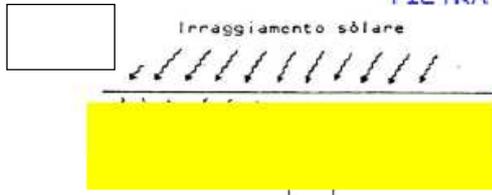
*Fonti di calore: sole, lampade per superfici interne, sorgenti convettive, Sufficiente differenza tra temperatura dell'aria diurna e murature che hanno un **inerzia termica** maggiore.*

*Risposta ad sollecitazione termica rispetto al tempo:  
dopo*

*l'attivazione della sorgente*

Intonaco

$$C_{\text{pietra}} < C_{\text{mattoni}}$$

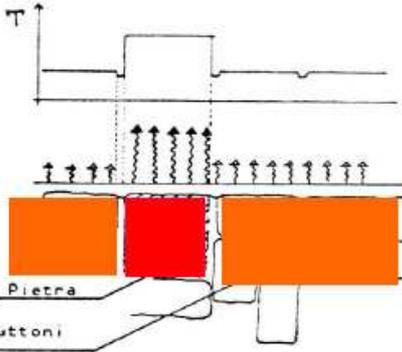


**Mattone di argilla refrattaria**

$$d=2645 \text{ kg/m}^3 \quad c= 960 \text{ J/(kg K)}$$

$$C/V=2540 \text{ kJ/m}^3 \text{ K}$$

In fase di riscaldamento



Laterizio ordinario

$$d=1920 \text{ kg/m}^3 \quad c= 835 \text{ J/(kg K)}$$

$$C/V= 1600 \text{ kJ/m}^3 \text{ K}$$

**Pietra arenaria**

$$d=2150 \text{ kg/m}^3 \quad c= 745 \text{ J/(kg K)}$$

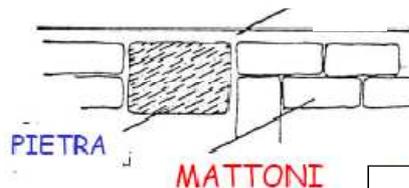
$$C/V= 1600 \text{ kJ/m}^3 \text{ K}$$

*Risposta ad sollecitazione termica rispetto al tempo:  
dopo*

*lo spegnimento.*

$$C_{\text{pietra}} < C_{\text{mattone}}$$

Intonaco



Questa vale nel caso di materiali con capacità termica differente

$$C_{\text{pietra}} < C_{\text{mattone}}$$

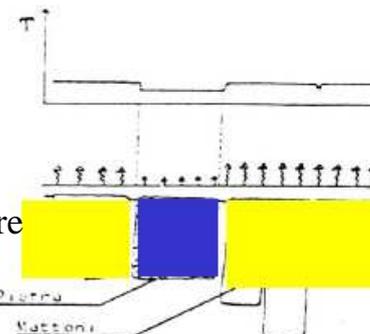
Si fa notare che dipende dal tipo di

Mattone o di pietra.

Se si ha un differenza si nota l'impronta termica sull'intonaco di quanto è al di sotto.

Si è introdotta la capacità di accumulo di calore per unità di volume ed unità di temperatura  $C/V$ , dedotta dalla densità del materiale ( $d$  o  $\rho$ ) e dal calore specifico ( $c$  che indica la capacità di accumulo di calore per unità di massa e di unità di temperatura).

In fase di raffreddamento



*La capacità termica ( $C=m c$ ) funziona da “volano” ( $Q = mc \Delta T$ ).*

*Nelle costruzioni antiche i materiali pieni, densi, presentano una grande capacità di accumulo di energia in quanto  $C$  è elevata.*

*I muri si riscaldano lentamente quando si accende un sistema di riscaldamento ed una volta spento si raffreddano lentamente.*

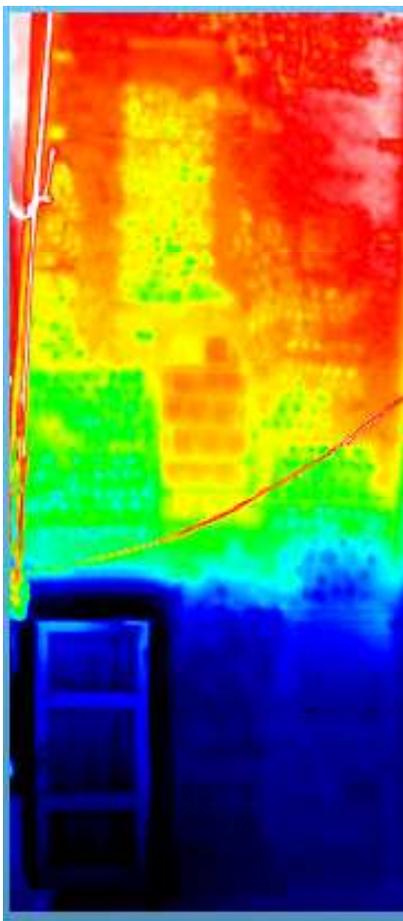
*La risposta termica diversa permette di ottenere una lettura di tessiture murarie*

*Si sono però possibili errori nell'interpretazione per:*

*Disomogeneità superficiali* { *ottiche (variazione di colore)*  
*termiche (distacchi fessurazione)*

*Alterazione nella trasmissione del calore*

*Interpretazione con modelli matematici che includano:* { *proprietà dei materiali*  
*risposta a sollecitazioni termiche.*



*“impronta” termica  
non una lettura diretta,  
ma la risposta ad uno stimolo termico*

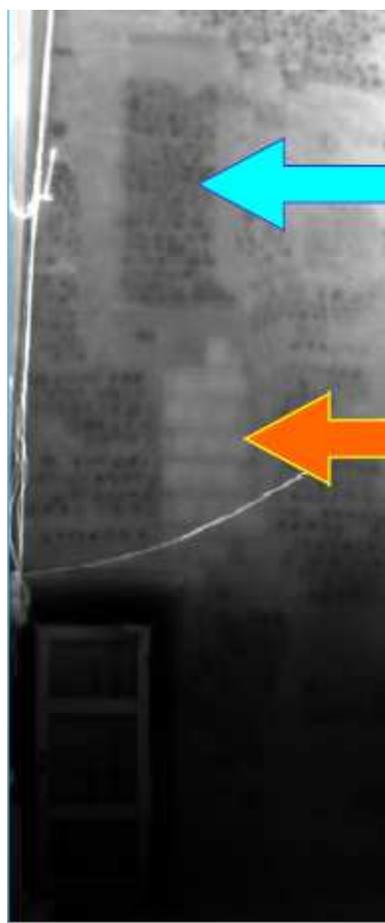
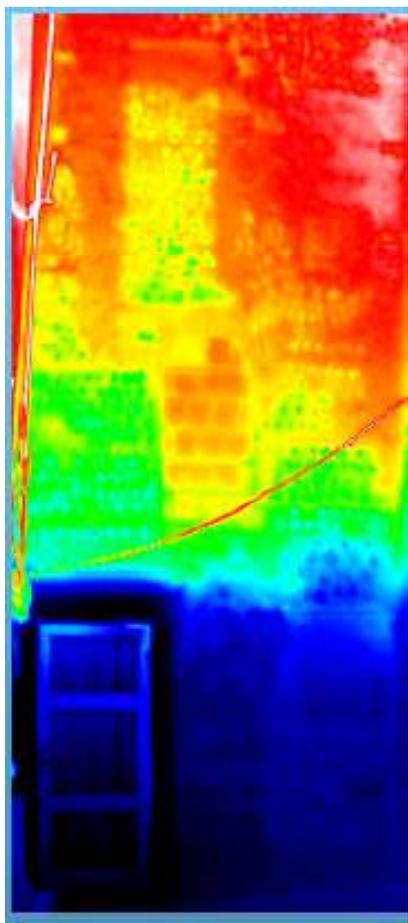
*■ Grandezza rilevata:  
temperatura sulla superficie*

*$T$  superficiale è dipendente anche  
dalla propagazione  
del calore all'interno  
della muratura*



*Permette la rilevazione di  
elementi nascosti o  
tessitura della muratura, rifacimenti.  
Con opportune analisi e calibrazioni  
anche i tipi di materiale.*

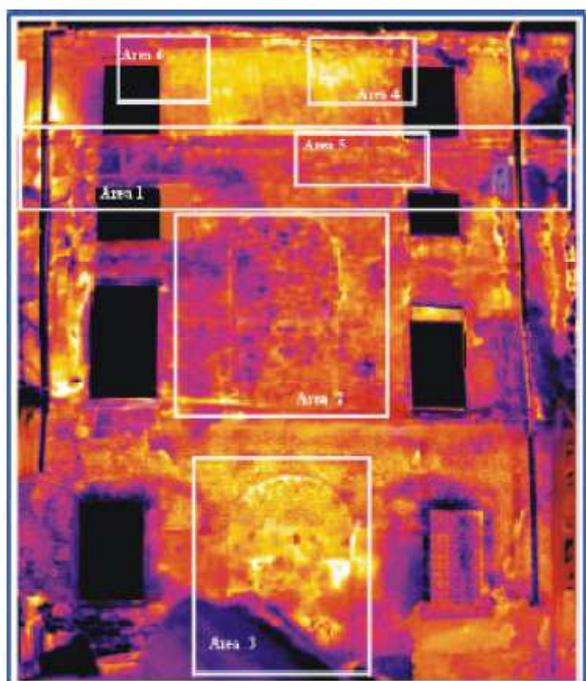
S. Maria Incoronata, Martinengo (BG), **riscaldamento convettivo.**



Tessitura in ciottoli.

Tessitura in laterizi,  
maggiore isolamento  
recente tamponamento.

S. Maria Incoronata, Martinengo (BG), **riscaldamento convettivo**.



*Permette la rilevazione di  
Elementi nascosti o  
tessitura della muratura.*



*Lettura di geometrie, materiali,  
Fessurazioni.*

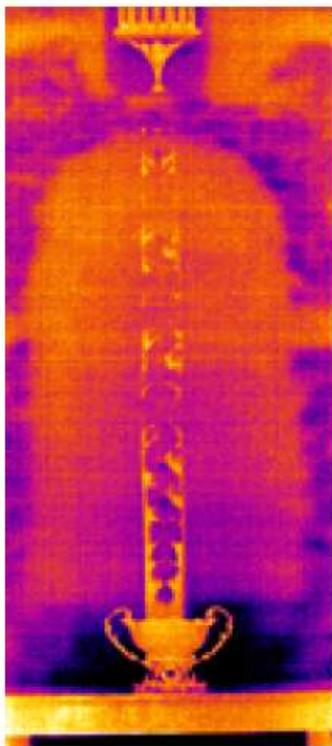


*Conoscenza statica.  
Conoscenza storica.*

*Solo rilevabili sotto l'intonaco  
archi di scarico,  
porte tamponate,  
fessurazioni.*

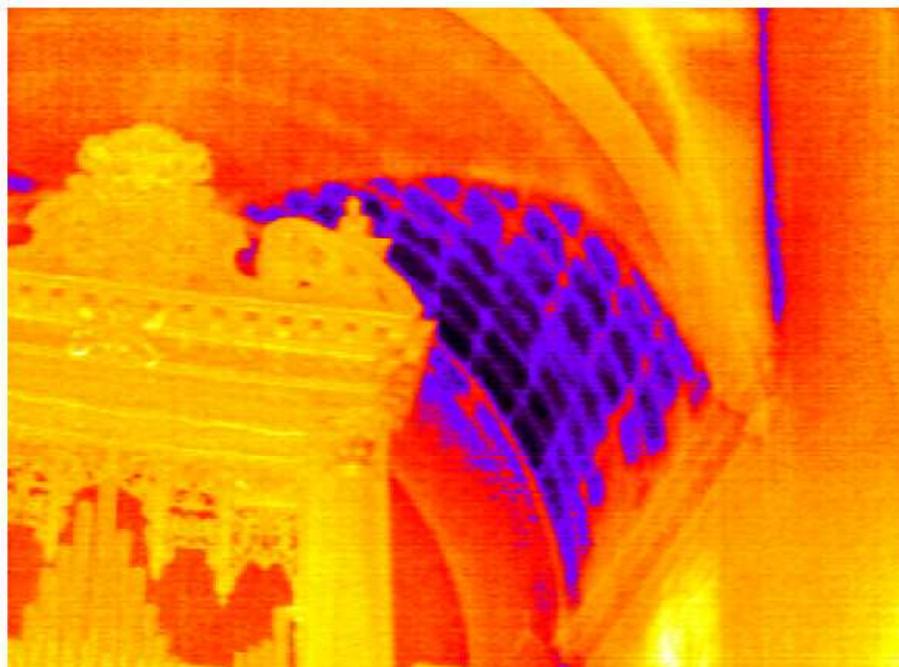
*È possibile rilevare strutture di ammassamento, la tecnica costruttiva ed eventuali elementi metallici di consolidamento.*

## Palazzo Pitti, sala delle nicchie

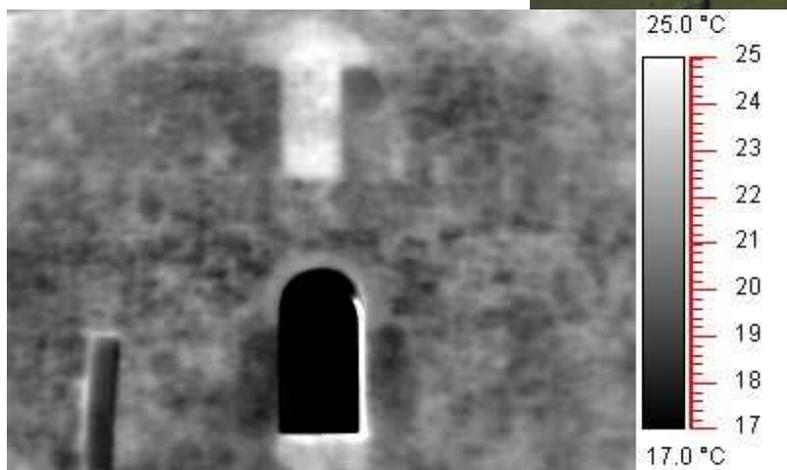


La termografia ha permesso di rilevare una nicchia tamponata come indicato nelle piante del '700.

**Nella volta di San Giorgio a Ferrara, l'uso della termocamera ha permesso di individuare il tessuto murario della costruzione, distinguendolo dalla struttura lignea e mantenendo costante l'elevato livello di qualità dell'immagine.**



Tessitura muraria  
e tamponamenti

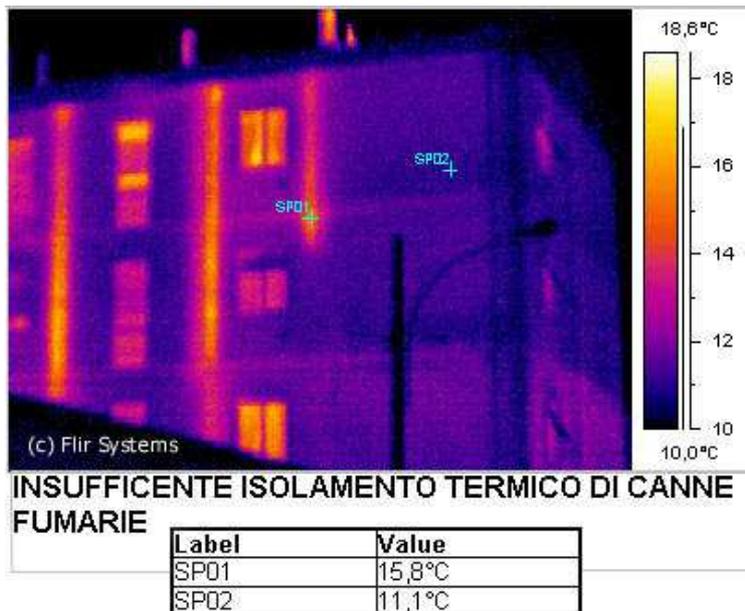


*Isolamento Termico e dispersione, ponti termici*



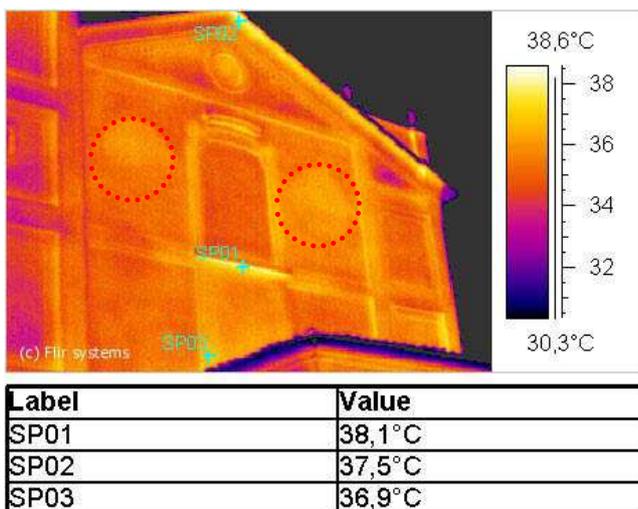
Varese, Villa comunale, ripresa notturna.

*Osservazione in trasmissione, la villa è riscaldata e si osserva la dispersione sotto le finestre.*



Cedimento dei materiali refrattari utilizzati per rivestire e coibentare le canne fumarie

## *Strutture nascoste*



Termografica di una facciata di una chiesa.

Evidenza di modifiche successive. In fase di restauro è utile valutare con anticipo ogni variazione apportata alla struttura originaria così da concentrarsi maggiormente su queste per verificarne la stabilità e l'integrità.

*Sono ben evidenti sotto la copertura esterna  
due prese di luce circolari  
richiuse in un secondo momento*

## **Campi vari di applicazione della termografia**

**Storico:** ricostruzione storica, elementi celati e incorporati in fasi successive, elementi in pietra (archi, capitelli, portali ..), tamponature (finestre, porte), tessiture murali, ammorsamenti tra edifici.

**Statico:** tipo di muratura e materiali costituenti, elementi strutturali (pilastri architrave, archi di scarico ...), strutture lignee (Solai, travi ...), fratture interne, elementi metallici (staffe, chiavi, grappe, chiodi).

**Impianti:** tubazioni idriche o termiche non a vista, canne fumarie, impianti civili.

**Termo-idrici:** anomalie termiche correlate a cicli idrodinamici, ponti termici, condensazione/evaporazione, risalita capillare, infiltrazioni di acqua.

**Coperture:** intonaci parietali, affreschi, mosaici, individuazione dei distacchi, controllo di adesione dopo restauro.

**Degrado:** controllo in tempi diversi dello stato di degrado correlato con tutte le informazioni disponibili alla tecnica.

## **Possibile studio dei materiali**

**Termografia:** tecnica di indagine superficiale

**$T$  dipende dal flusso di calore verso:**  $\left\{ \begin{array}{l} \text{strati interni} \\ \text{ambiente esterno.} \end{array} \right.$

Si utilizza il principio di conservazione dell'energia e i modi di trasmissione del calore.

$h$  coefficiente di scambio convettivo può essere determinato con buona approssimazione mediante formule semi-empiriche, che tengono conto di  $T$  (ambiente e muro),  $k$  dell'aria e viscosità, dimensioni ed orientazione della superficie, ed in caso di convezione forzata della velocità del vento.

**Note le proprietà del materiale, l'intensità dello stimolo si può stimare la  $T$  all'interno della muratura.**

Noti  $T_i$  ( $T$  iniziale alla superficie),  $\alpha$  (diffusività)  $k$  (conduttività termica) e  $h$  (coefficiente di scambio convettivo), si può risalire al materiale dall'andamento temporale della  $T$  superficiale.

## Indagini di strutture architettoniche

Strutture murarie:

$T$  in superficie dipende da  $\left\{ \begin{array}{l} \text{propagazione del calore al suo interno} \\ \text{condizioni ambientali} \end{array} \right.$

Condizioni stazionarie  
( $T$  e  $Q/t$  costanti):

conducibilità termica ( $k$ )  
Capacità termica.

Minore è la conducibilità termica migliore è l'isolamento a parità di spessore.

Condizioni dinamiche  
 $T$  e  $Q/t$  variabili nel tempo :

diffusività termica ( $\alpha$ ).

$\alpha = \frac{k}{\rho \cdot c}$  rapporto tra conducibilità ( $k$ ) e capacità termica ( $m \cdot c$ )  
proprietà isolanti e di accumulo termico.

Il calore procede più rapidamente nei materiali con maggiore diffusività: **ponte termico**.

Un **ponte termico** è visualizzato come parete più fredda (più calda se osservato in trasmissione).

## Capacità termica e diffusività termica

Capacità termica: l'attitudine di un corpo ad accumulare calore.

Rispetto all'unità di massa,  
calore specifico:

Rispetto all'unità di volume  
capacità termica:

$$c = \frac{1}{m} \cdot \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

$$\rho c = \frac{m}{V} \frac{1}{m} \cdot \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{1}{V} \cdot \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

In caso di conduzione termica transitoria si ha la diffusività termica:

$$\alpha = \frac{k}{\rho c} \quad \text{dove } \rho = \text{densità } m/V, c = \text{calore specifico}$$

$k$  rappresenta l'attitudine a condurre calore,  
 $\rho \cdot c$  rappresenta la quantità di energia che un materiale è in grado di accumulare per unità di volume,

$\alpha$  rappresenta il rapporto tra calore trasmesso per conduzione/calore accumulato:  
 $\alpha$  elevato = più veloce propagazione,  $\alpha$  basso = prevale l'accumulazione.

*Equazione che descrive l'evoluzione del temperatura nel tempo.*

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t}$$

**Tabella 54: diffusività termica di laterizi e calcestruzzi**

Materiale	Foratura (%)	Massa volumica $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Conducibilità $\lambda_m^{(1)}$ (W/m · K)	Calore specifico C (J/K · kg)	Diffusività termica $\alpha$ (m <sup>2</sup> /s · 10 <sup>7</sup> )
Elementi pieni di laterizio	10	1600	0,5	840	3,7
Elementi semipieni di laterizio	45	1000	0,24	840	2,8
Elementi forati di laterizio	65	600	0,13	840	2,6
Cls con aggregati naturali	–	2400	1,66	880	7,8
Cls di argilla espansa	–	600	0,16	880	3,0

(1)  $\lambda_m$  = conducibilità termica equivalente del solo laterizio (senza giunti di malta) o del calcestruzzo e senza maggiorazioni per umidità del materiale.

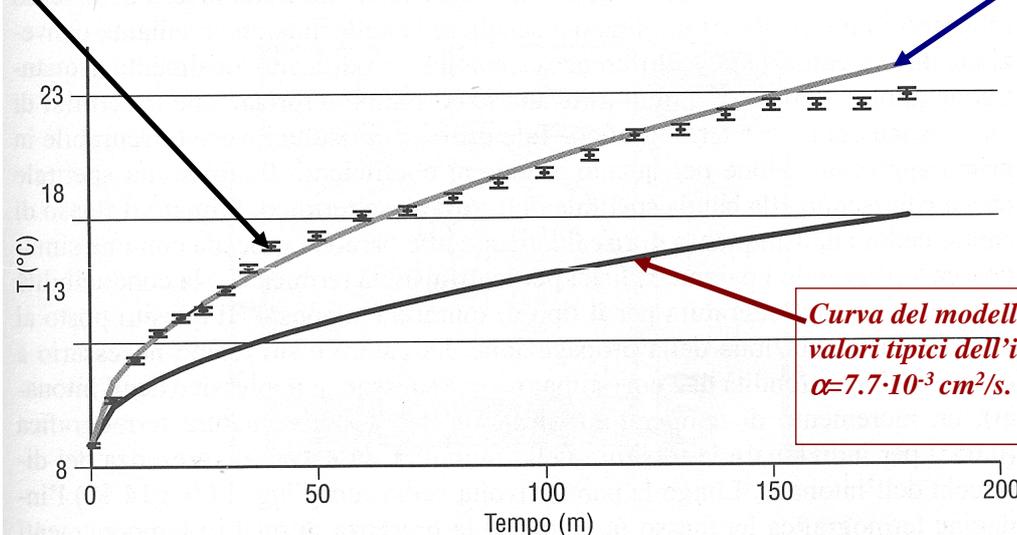
*La differenza di materiali quali legno, mattoni, pietra ecc. è visibile dall'impronta termica, a condizioni che l'intonaco sia uniforme nel ricevere il riscaldamento e aderisca omogeneamente.*

*Modelli di trasferimento di calore tra due pareti piane con flusso e temperatura superficiale costante permettono di stimare con discreta precisione i tempi e la potenza di riscaldamento.*

$$\alpha = \text{diffusività termica} = k/dc$$

*Misurazioni di T nel tempo.*

**Figura 14.8** Evoluzione della temperatura sulla superficie di una muratura sottoposta a riscaldamento

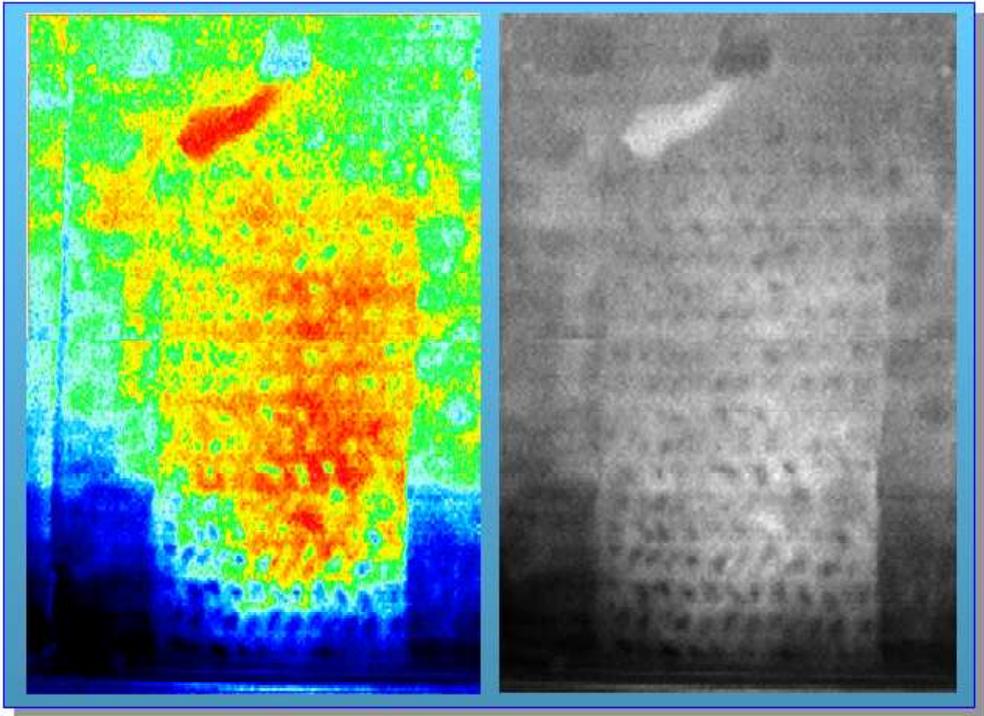
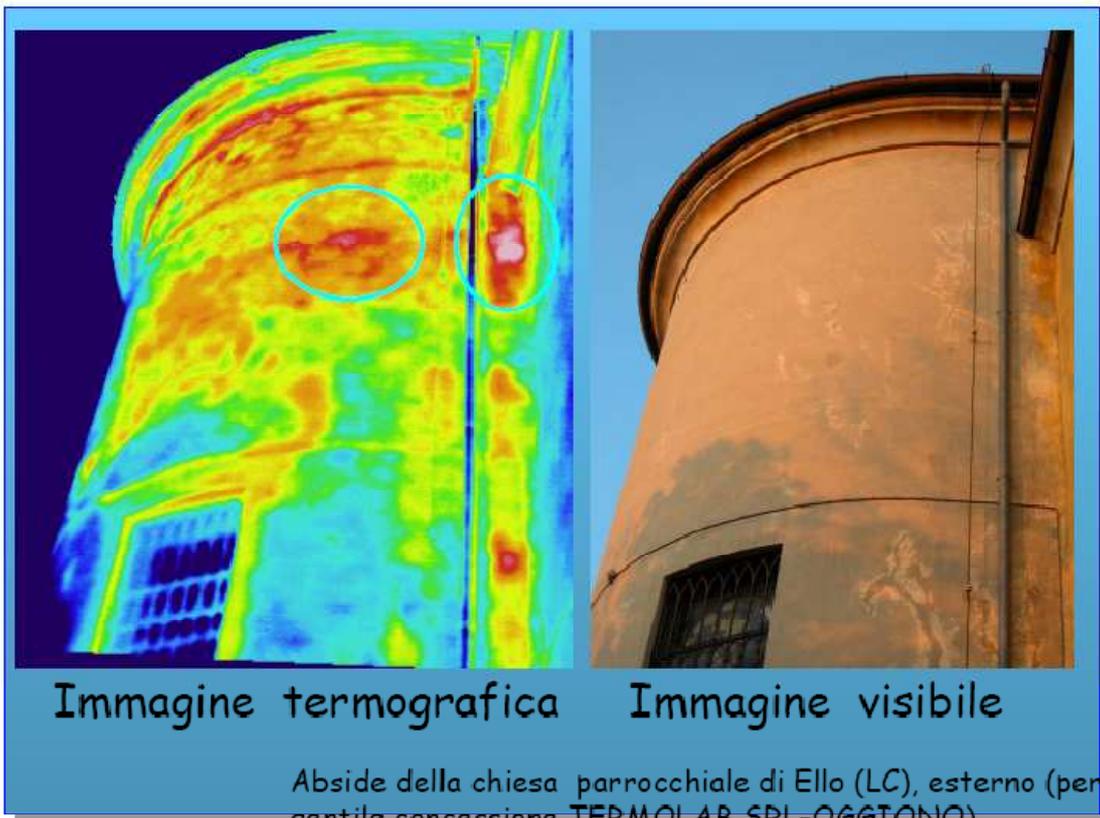


*Miglior correlazione con  $\alpha=0.37 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$  e per  $k=0.5 \text{ W/m K}$ , ovvero valori tipici dei mattoni.*

*Curva del modello per i valori tipici dell'intonaco:  $\alpha=7.7 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ .*

se il calore specifico ( $c$ ) esprime la capacità di accumulo di calore per unità di massa, il prodotto  $d$  (densità) ·  $c$  la esprime per unità di volume.

$\alpha$  dato dal rapporto tra  $k$  e  $dc$  possiamo vederla come il rapporto tra calore trasmesso rispetto al calore accumulato per unità di volume

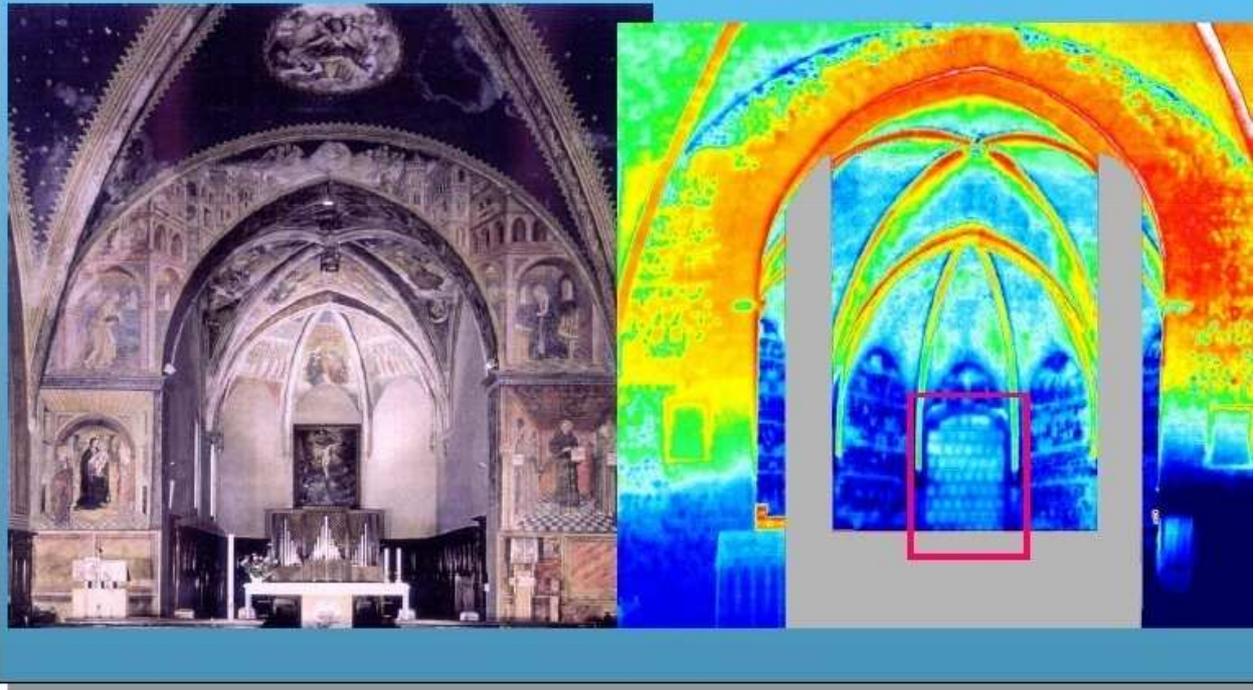


La termografia in falsi colori evidenzia le anomalie termiche  
=> distacchi

La termografia in livelli di grigio evidenzia le differenze di materiali  
=> tessitura

## *Diagnostica sull'influenza del riscaldamento*

ESEMPIO DI RISCALDAMENTO PER CONVEZIONE  
l'aria calda si sposta verso l'alto.



Palazzo Te, sala di Psiche.

*È ben evidente la  
non omogeneità del riscaldamento.*

*Il calore si accumula nella volta  
in materiale ligneo causando*

*dilatazioni differenti tra le tavole.*

*Pertanto questa zona è a  
rischio per effetti termici e  
depositi superficiali.*



## Diagnostica dell'umidità

In caso di evaporazione da un liquido si ha il conseguente raffreddamento dello stesso.

TEMPERATURA



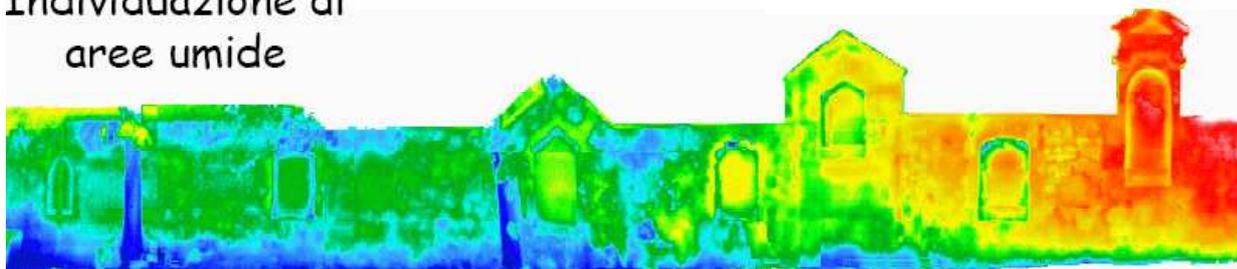
FLUSSO EVAPORATIVO



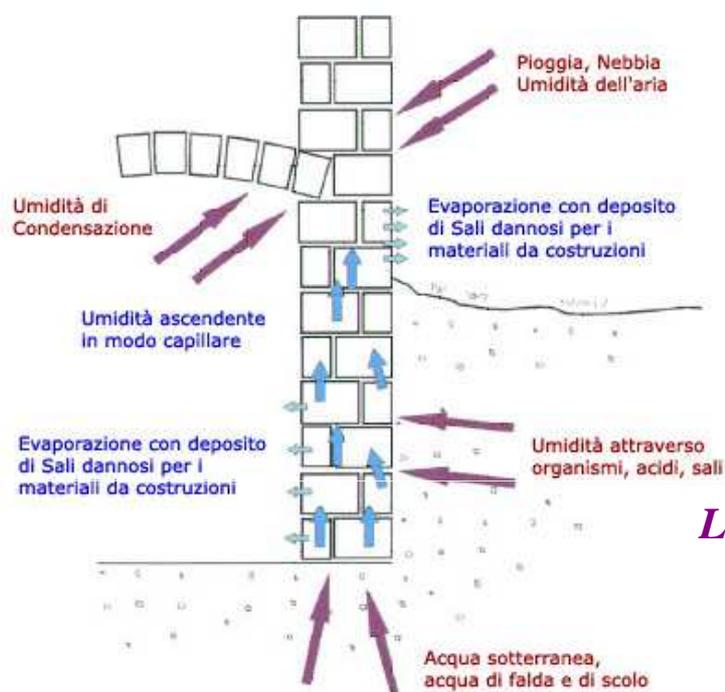
DEGRADO

È il flusso evaporativo che ha il ruolo dominante nel degrado, piuttosto che la quantità di acqua presente nella muratura.

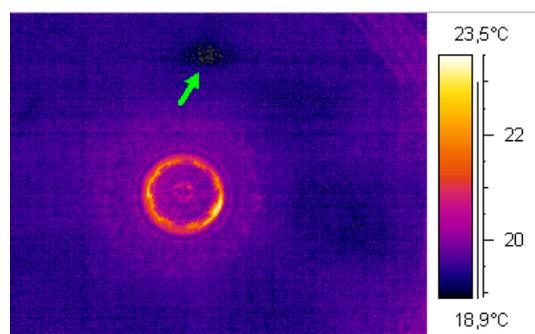
Individuazione di aree umide



Cimitero di S. Martino Darfo-Boario Terme (BS)

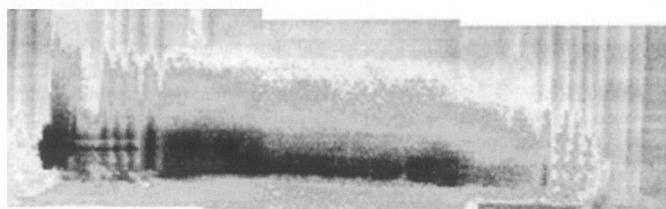


## Fonti di umidità



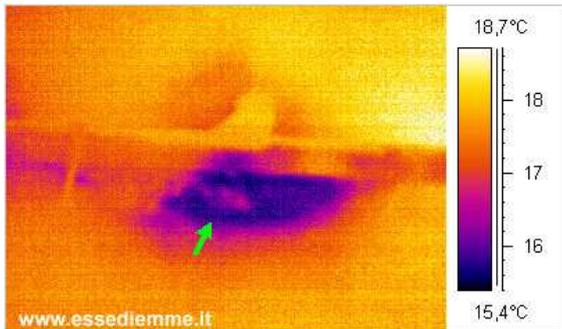
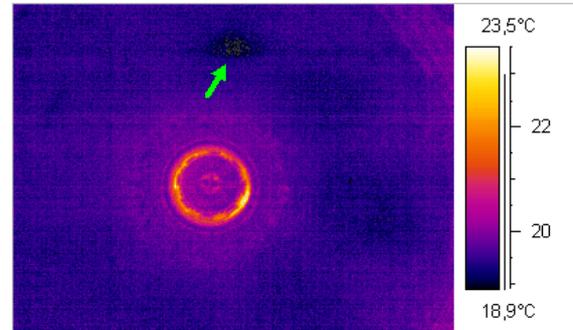
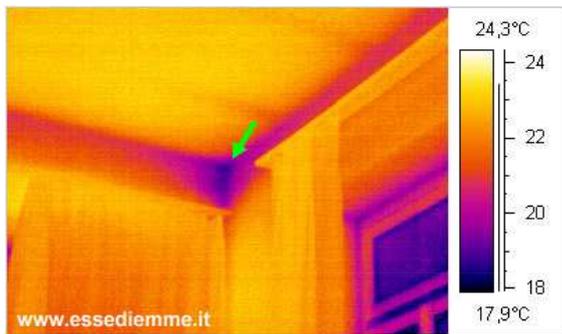
*Le zone fredde sono attribuibili a presenza di umidità.*

e della Chiesa Rossa a Milano: la parte scura (più fredda) evidenzia la risalita capillare di acqua dal sottosuolo



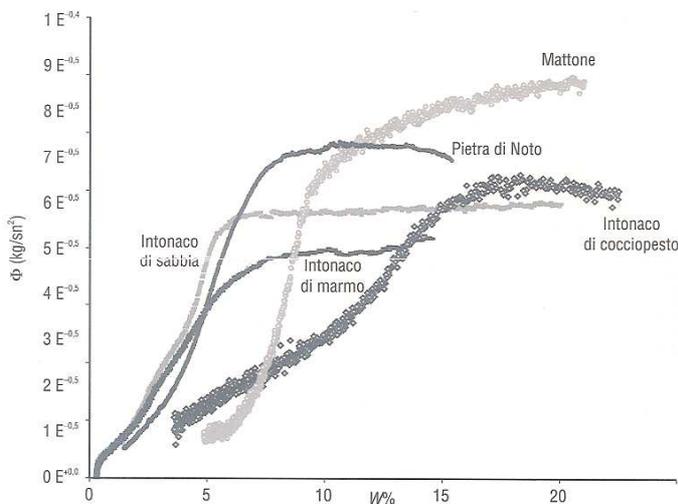
*Il raffreddamento evaporativo è evidente come punto freddo, in quanto fornisce una radianza minore.*

Il conseguente raffreddamento per evaporazione viene rilevato come un punto più freddo .



## Massa ponderale e flussi evaporativi

Figura 14.5 Flussi evaporativi per unità di superficie per diversi materiali utilizzati in edilizia storica, rappresentati rispetto al valore di contenuto di acqua ponderale ( $W_c$ ) riferito al valore di saturazione



**Difficoltà nel descrivere una relazione semplice tra massa ponderale e flussi evaporativi.**

**Transizione tra trasporto dell'acqua per capillarità e diffusione di vapore.**

**Queste variazioni brusche non permettono di risalire facilmente dai flussi evaporativi alla massa ponderale di acqua.**

**In ogni caso l'evidenza di flussi evaporativi è di un'importanza capitale nel rilevare zone dove il degrado, se non già presente, non tarderà a manifestarsi.**

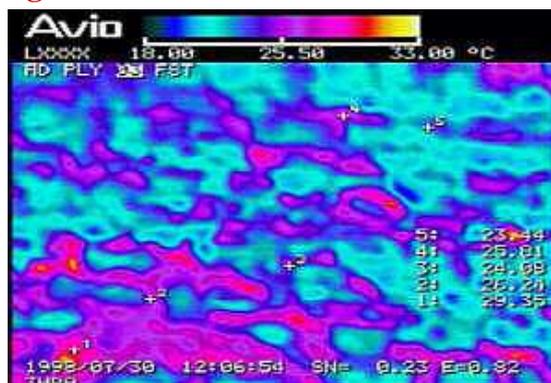
## *Flussi evaporativi e fenomeni di trasporto* Continua

Lo studio dei flussi evaporativi vanno correlati ai fenomeni di trasporto dell'acqua.

La termografia permette uno studio in tempo reale delle caratteristiche vapore-condensa-capillarità nei materiali porosi, sempre nell'ambiente in cui "vivono" e respirano le murature.

In genere materiali ad elevata percentuale di assorbimento di acqua presentano riduzioni maggiori in temperatura. Una calibrazione in laboratorio di materiali noti, permette anche la mappatura dei vari interventi successivi.

Lo studio sulle fortificazioni Venete a Heraklion, hanno permesso di distinguere malte composte con cemento (parti più calde) da quelle tradizionali composte in calce e/o pietra. Per il diverso comportamento dei materiali rispetto all'impregnazione e ai fenomeni di evaporazione si può avere un controllo sull'adeguatezza del restauro alla situazione originaria.



### *Un esempio la chiesa di SS. Egidio e Omobono di Cremona*

*Ripresa termografica attiva, illuminazione naturale (sole).*

#### **Immagine nel visibile**

*Nella foto in luce visibile si vede un'alterazione cromatica dovuta ad ormai esaurita risalita capillare.*

*Fascia scura dovuta a risalita capillare, poi risolta.*



#### **Immagine in infrarosso**

*Le zone più scure risultano più calde.  $\Delta T$  1.39 °C.*

*Le statue e la lapide circolare nel timpano sono nettamente più calde in quanto di pietra rispetto al cotto della facciata.*

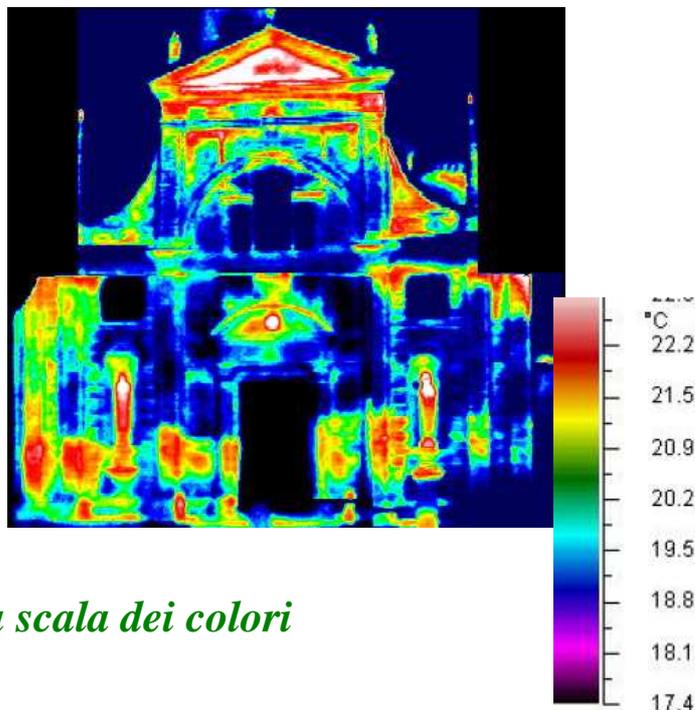
*Ma la parte in basso dove c'era risalita capillare?*



*Sulla scala dei grigi,  
maggiore luminosità  
indica maggiore radianza.*

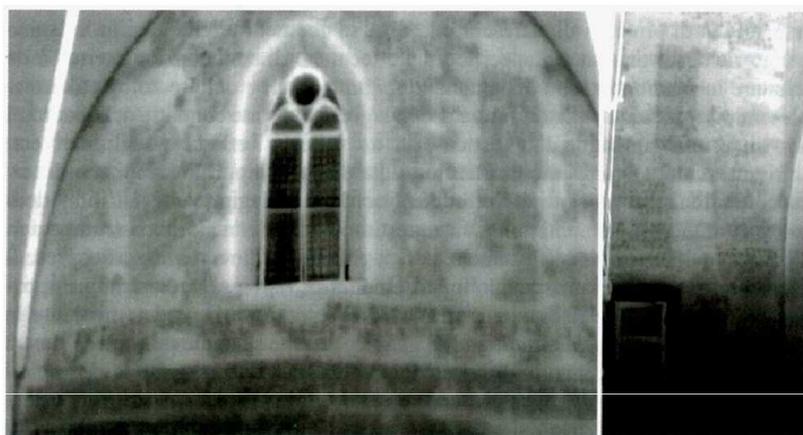


*Scala dei colori: ad ogni colore  
viene associata una temperatura.*



*A volte viene presentata la scala dei colori*

## *La chiesa di S. M. Incoronata*



*Sorgente di calore  
termoconvettiva.*

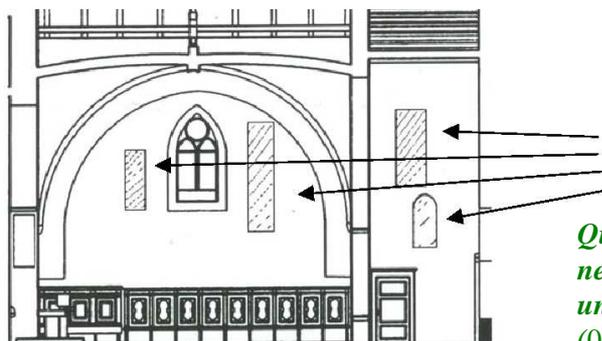
*Immagine mediante  
termocamera short wave.*

*Risoluzione termica 1/20 °C.*

*Risoluzione Spaziale 2 cm a 10 m.*

*La presenza di affreschi avrebbe  
altrimenti inficiato la mappatura.*

chiesa di S.Maria Incoronata a Martinengo (Bergamo) - facciata sud *Per l'infrarosso termico tale differenza,  
nell'emissività è trascurabile.*

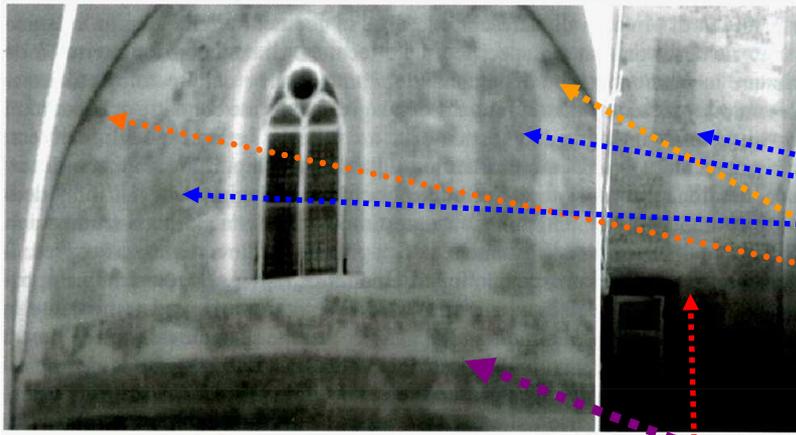


*Stimato il flusso di calore dal gradiente termico  
aria parete, utilizzando i parametri  $\alpha$ ,  $k$ , noti.*

tamponamenti

*Questi parametri danno come risposta il tempo  
necessario per ottenere alla profondità di 2 cm,  
un incremento di  $T$  rilevabile dalla termocamera  
(0.05 °C).*

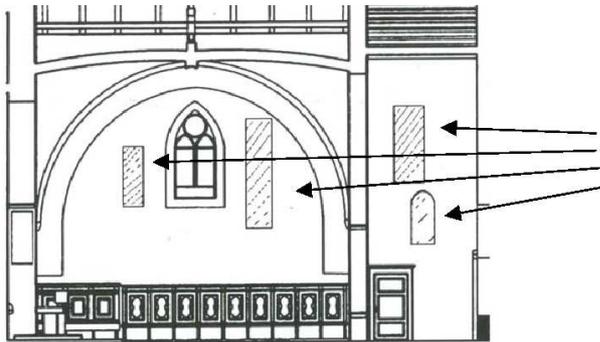
## La chiesa di S. M. Incoronata



*Evidenti distacchi dell'intonaco, superfici più chiare, più fitti in prossimità dei tamponamenti, dovuti a fessurazioni o decoesioni per condensa.*

*Sbavature scure, umidità dal tetto.*

chiesa di S.Maria Incoronata a Martinengo (Bergamo) - facciata sud



tamponamenti

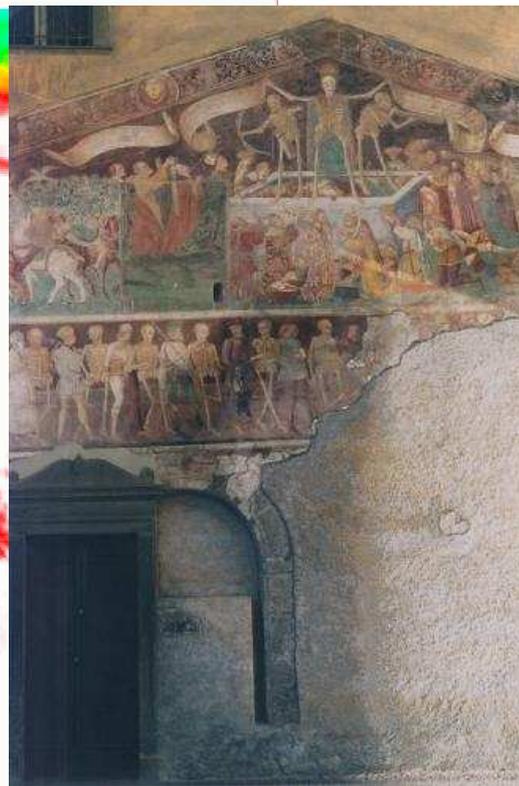
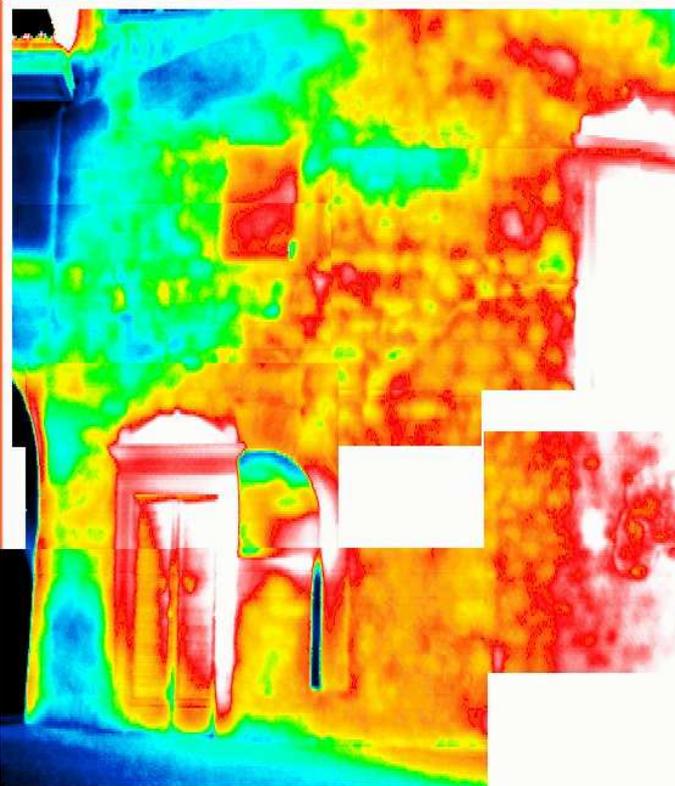
*Muratura a ciottoli e fasce orizzontali.*

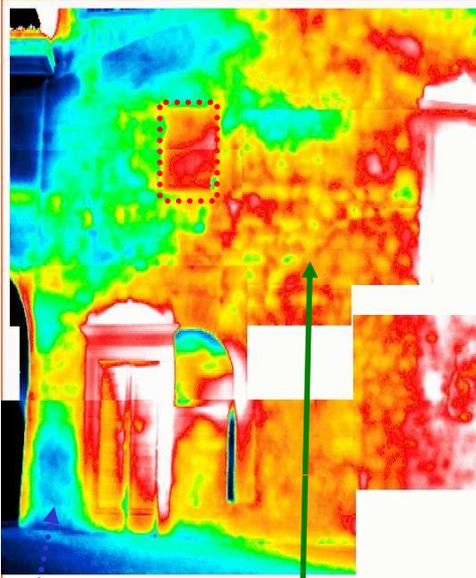
*Tamponamenti di due finestre a destra una calda ed una fredda...*

*Calda utilizzo di mattoni forati, tamponamento più recente.*

*Fredda utilizzo di materiale omogeneo al restante.*

## Clusone (BG) Danza Macabra



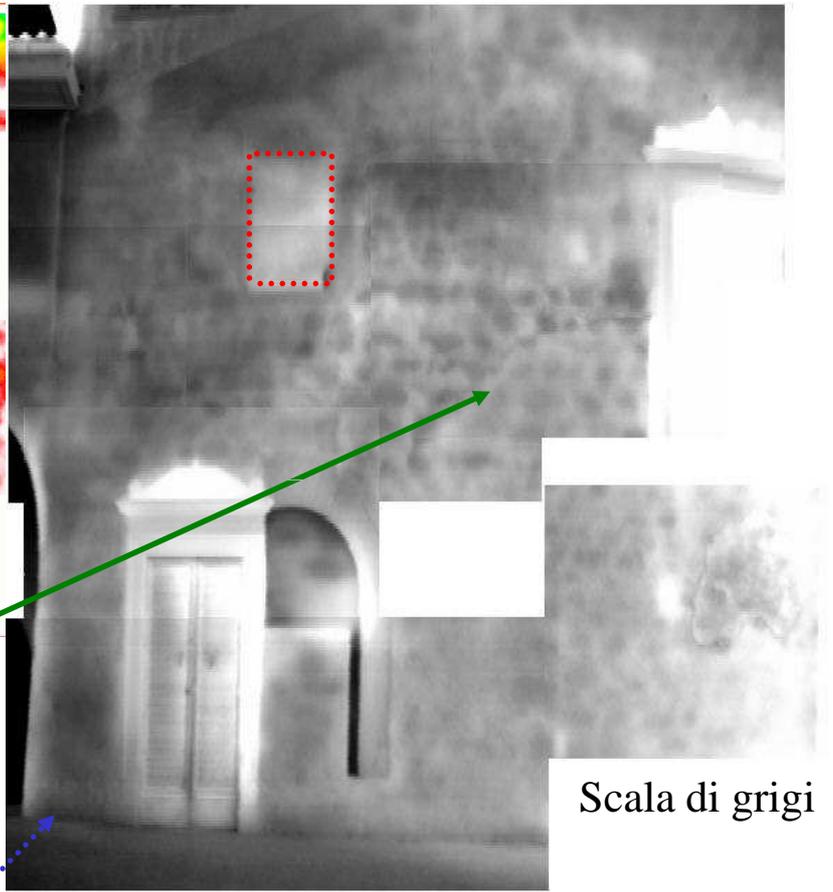


Falsi Colori

*Muratura in conci tondeggianti*

*Tamponamento finestra*

*Risalita di umidità*



Scala di grigi