

10. L'umidità di risalita capillare a Venezia: problematiche e criticità delle tecniche d'intervento tradizionali e casi applicativi del sistema elettrofisico a neutralizzazione di carica per la deumidificazione muraria

Dott.ssa Arch. Tiziana Favaro, già Funzionaria Soprintendenza per i Beni Architettonici e Paesaggistici di Venezia e Laguna

Abstract

Molteplici sono le tecniche d'intervento che, nel tempo, sono state impiegate a Venezia per contrastare lo storico problema dell'umidità di risalita nelle murature.

La chiesa di S. Antonin a Venezia, oggetto di un importante e complessivo intervento di restauro, ha rappresentato l'occasione per avviare, nel luglio 2011, la sperimentazione dell'innovativa tecnologia elettrofisica "a neutralizzazione di carica" per la deumidificazione delle murature. I rilevamenti eseguiti nella chiesa a distanza di circa un anno dall'attivazione dell'impianto di deumidificazione muraria indicano risultati positivi sia in termini di interruzione dei pregressi fenomeni di risalita capillare, sia in termini di riduzione dell'iniziale, anomalo contenuto d'acqua della muratura, risultati che comunque saranno compiutamente valutati a ciclo sperimentale concluso.

La sperimentazione in corso a S. Antonin non fa che confermare gli incoraggianti risultati sull'efficacia di questa tecnologia derivanti da un precedente intervento, ora concluso, su iniziativa di un privato in un edificio del centro storico veneziano.

Relazione

Sono ben noti i problemi di degrado delle strutture murarie a Venezia, legati alla particolare conformazione della città e alle specifiche condizioni ambientali.

Tutti gli edifici e i manufatti di Venezia, a destinazione residenziale o commerciale o pubblica, chiese, campanili, fondamenta o ponti: tutti hanno struttura muraria in mattoni pieni di laterizio, poggiano su terreni relativamente permeabili, sono esposti ad un ambiente ricco di aerosol salini e spesso lambiti da acque salmastre. A questo si aggiunge

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

assorestauro

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano
Italian Association for Architectural, Artistic, Urban Restoration



In collaborazione con:





Fig. 1 - Tipico esempio di degrado murario degli immobili veneziani.

l'aggressione provocata da sostanze inquinanti, che, veicolate dall'acqua di risalita capillare, penetrano profondamente all'interno del materiale poroso.

L'ambiente fisico e climatico della città si configura quindi come la causa principale di degrado delle strutture murarie, interessate da fenomeni di umidità di risalita e da processi di condensazione con i relativi depositi di acqua e sali, e soggette quindi ad una continua aggressione dovuta ai cicli di cristallizzazione dei sali,

con espulsione e perdita progressiva di materiale. L'assorbimento per risalita capillare dell'acqua, che trasporta con sé sali in soluzione e che attiva quelli già presenti all'interno della muratura, costituisce il fattore determinante dei processi chimici e fisici di degrado delle strutture murarie e delle alterazioni visibili sui paramenti a faccia vista, dove si riscontrano efflorescenze o essudazioni saline provocate dalle migrazioni di acqua carica di sali dall'interno del setto murario verso la superficie esterna, laddove l'acqua evapora e il sale si deposita e cristallizza.

Oltre ai danni estetici (degrado degli intonaci, presenza di macchie più o meno estese sulla superficie muraria), il fenomeno comporta la perdita di isolamento termico, problemi di natura igienica connessi al proliferare di muffe e colonie micotiche nonché danni di natura meccanica dovuti all'azione dirompente dei sali idrosolubili, che, cristallizzando in superficie, provocano una azione disgregante per la struttura porosa del laterizio e il conseguente sgretolamento.

I valori normalmente rilevati dalle indagini eseguite negli ultimi decenni negli edifici veneziani indicano un notevole contenuto di acqua alle altezze minori (con valori intorno al 25%), dove più marcato è l'effetto della risalita capillare; una diminuzione, con l'aumentare dell'altezza, della percentuale di umidità, che tuttavia si mantiene abbastanza elevata fino a circa m.1,50 (valori intorno al 15%); solo oltre i 2 metri di altezza si registrano tenori sensibilmente più ridotti.

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa



Comune di Ragusa
UN. Centri Storici

Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

assorestauRO

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano
Italian Association for architecture, art and urban restoration



In collaborazione con:



LEONARDO
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO
E LA RIMEDIAZIONE MURARIA



Fig. 2 - Particolare di degrado materico.

Parallelamente alla diminuzione percentuale di umidità con l'aumentare dell'altezza aumenta la velocità di evaporazione, che diventa predominante laddove la risalita esaurisce gran parte della sua capacità assorbente. I sali solubili totali presenti all'interno della muratura, la cui concentrazione aumenta con l'aumentare dell'altezza, raggiungono i valori massimi laddove maggiore è la variazione dell'umidità. Inoltre, poiché all'aumentare dell'evaporazione le soluzioni saline che circolano all'interno delle murature passano attraverso i vari stadi di saturazione e cristallizzazione, si osserva normalmente che il tenore di sali solubili è maggiore sulla superficie esterna e cala con l'aumentare della profondità.

Se si può affermare che il fenomeno è storicamente presente in città, come dimostrano le raffigurazioni dei vedutisti del '700, risultando limitate agli edifici di maggior pregio le precauzioni costruttive basate sull'inserimento di barriere impermeabili costituite da

corsi passanti in pietra d'Istria o trachite alla base dello spiccato murario, il problema risulta accentuato negli ultimi decenni a causa dell'aumentato livello di marea e della maggiore frequenza di maree medio-alte nel corso dell'anno.

Rivestimenti con lastre marmoree, zoccolature in cemento o, all'interno degli edifici, applicazioni di pannelli in legno, cartoni bitumati o cartongesso: i vari sistemi adottati per nascondere il degrado comportano un aggravio della situazione bloccando la naturale capacità di traspirazione del materiale laterizio e innalzando di conseguenza il livello dell'umidità di risalita, dovendo comunque le murature ristabilire le superfici di evaporazione sottratte dai rivestimenti impermeabilizzanti.

L'uso sulle superfici murarie di sostanze imbibenti che "fissano" i sali, gli impasti di resine, i cementi speciali, i fogli catramati, gli aggrappanti ed ogni altro materiale in funzione di sbarramento verticale solo otticamente quindi, e per breve periodo, danno l'impressione di un falso risanamento, mentre invece aggravano, con l'innalzamento del livello di risalita della umidità, il degrado della muratura.

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa



Comune di Ragusa
UN. Centri Storici

Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

assorestauro

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano
Italian Association for architecture, art and urban restoration



In collaborazione con:



LEONARDO
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO
E LA REUMERIFICAZIONE MURARIA



Fig. 3 - Veduta settecentesca di un canale veneziano che testimonia la storica esistenza del problema della risalita capillare.



Fig. 4 - Un tentativo di tamponamento della parte bassa del muro con il conseguente innalzamento del fronte di umidità ben oltre il tamponamento stesso.

Una delle tecniche più diffuse per contrastare i danni provocati dall'umidità consiste nella scalpellatura dei paramenti murari e nella sostituzione delle fodere esterne degradate. Tali interventi, che offrono anch'essi benefici modesti e molto limitati nel tempo, comportano d'altra parte danni considerevoli di natura statico-strutturale in quanto producono un pericoloso indebolimento dei setti laterizi (la rifodera viene applicata senza o con scarse ammorsature alla muratura originaria), già di per sé molto snelli nelle costruzioni veneziane per evitare eccessivi carichi al suolo paludoso.

La "soluzione" di lasciare la muratura a vista, in particolare sui prospetti esterni, oltre a privare la struttura muraria di un importante elemento di protezione quale è l'intonaco, presenta problemi estetici perché intacca l'unitarietà del prospetto, in particolare in edifici di modeste dimensioni, e può quindi essere giustificata solo da contingenze provvisorie o da situazioni particolari.

Va anche considerato, per gli edifici di pregio architettonico, ma anche per l'edilizia minore storica, che la conservazione degli intonaci e il loro eventuale rifacimento con i materiali e le tecniche tradizionali si impongono per il "contributo che danno la

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Comune di Ragusa
UN. Centri Storici

Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

assorestauRO

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano
Italian Association for architecture, art and urban restoration



In collaborazione con:





Fig. 5 - Esempio di utilizzo di intonaci che dopo poco tempo subiscono un forte degrado.

grana, l'impasto, il colore delle facciate al sistema degli spazi su cui si affacciano ... per la necessità di mantenere colori e toni nell'equilibrio della composizione di facciata e in quello dell'intero ambiente" (Egle Trincanato). Inoltre, soprattutto negli edifici storici, spesso la funzione dell'intonaco è anche quella di simulare altri materiali in un armonioso gioco decorativo che diventa parte integrante dell'architettura.

I molteplici tentativi di difesa dai fenomeni dell'umidità di risalita hanno messo in evidenza la difficoltà di pro-

porre misure radicali che possano risolvere definitivamente il problema, per le particolari condizioni connesse con la presenza dei sali, che vanificano l'efficacia di molti trattamenti.

Uno degli interventi più intrusivi e radicali per contrastare infiltrazioni e spinte dal basso dell'acqua di marea consiste nella creazione di vasche stagne in calcestruzzo armato, ancorate a pali o micropali, come sperimentato nella Chiesa dei Santi Maria e Donato a Murano e nella Scuola Vecchia della Misericordia a Cannaregio.

La Soprintendenza di Venezia, fin dagli anni '60, con l'intervento nel chiostro romanico di Sant'Apollonia, ha sperimentato e affinato sistemi di vasche impermeabili volti ad impedire l'ingresso delle acque nei perimetri degli organismi architettonici, costituite essenzialmente da strutture orizzontali (piastre in cemento armato sottopavimentali) che impediscono le infiltrazioni provenienti dai terreni, e da strutture verticali (i piedritti murari con risvolto interno in c.a., di solito in corrispondenza del "tredici" interno delle murature perimetrali, associati a paratie metalliche mobili collocate sulle porte per contrastare il diretto ingresso delle acque alte). Un numero adeguato di micropali è collegato alle piastre sotto pavimentali per sostenere il peso in fase di marea normale e per opporsi al galleggiamento in fase di marea eccezionale. In alcuni casi, quando i valori di spinta sono modesti, il contrasto alla spinta idrostatica è affidato al solo peso delle piastre op-

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

assorestaur

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano
Italian Association for Architecture, Art and Urban Restoration



In collaborazione con:



portunamente aumentate di spessore.

Per evitare tensioni legate all'inserimento di elementi rigidi all'interno delle murature, un affinamento del sistema protettivo è costituito dalla vasca a giunti, nella quale non vengono eseguiti i risvolti in c.a. interni alle murature e le piastre sono collegate alle strutture murarie con giunti elastici che evitano interazioni tra le nuove opere e il corpo di fabbrica, permettendo la completa conservazione dell'assetto statico dell'edificio. Uno dei primi interventi di questo tipo è stato eseguito dalla Soprintendenza di Venezia nella sala di lettura dell'Archivio di Stato all'interno dell'originario convento dei Frari.



Fig. 6 - Chiesa di Sant'Antonin - veduta dall'alto degli scavi della pavimentazione, spesso invasa dall'acqua di marea.

Un intervento particolare per isolare piano di calpestio e murature dalle acque di marea è stato di recente condotto nella seicentesca chiesa di Sant'Antonin, dove, considerata la presenza di importanti strutture sottopavimentali relative ai precedenti impianti di IX e XIII secolo e di una trama fitta di strutture tombali, l'esecuzione della vasca in calcestruzzo armato risultava improponibile. L'isolamento dalle acque di risalita della marea risultava tuttavia assolutamente fondamentale per il risanamento dell'ambiente interno della chiesa, che si trova ad una quota molto bassa (circa un metro sul livello medio mare di riferimento per la laguna veneziana, costituito dal mareografo di Punta della Dogana), con la pavimentazione della navata, arricchita da numerose

lastre tombali di interesse storico-artistico, di frequente invasa dalle acque di marea. E' stato quindi realizzato un impianto drenante attivo con tubazioni forate di polietilene che intercettano le acque di risalita delle maree e le convogliano in pozzetti di raccolta muniti di valvole a galleggiante attivanti, ad un certo livello di marea, apposite motopompe. Per conseguire l'obiettivo di creare un relativo isolamento dei vani interni individuando eventuali zone di infiltrazione delle acque, è stata innanzitutto curata una revisione generale delle murature perimetrali di fondazione eseguendo, ove necessario, interventi

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

assorestaur
associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano
Italian Association for Architecture, Art and Urban Restoration



In collaborazione con:





Fig.7 - Chiesa di S.Antonin: particolare del sistema di drenaggio.

di ricuciture murarie e microiniezioni a bassa pressione di miscela a base di calce per suturare eventuali punti di filtrazione. Sulla superficie della navata è stato quindi realizzato l'impianto drenante costituito da lastra termoformata impermeabile in polietilene preaccoppiata ad un geotessuto a filo continuo in polipropilene quale strato separatore tra il terreno e il soprastante riempimento con inerti, su cui sono state posate le tubazioni drenanti per il convogliamento delle acque ai pozzetti di

raccolta e il successivo smaltimento a mezzo di pompe autoadescanti. Per il completo isolamento del vano della chiesa sono state infine collocate paratie in acciaio inox a tenuta stagna in corrispondenza dei fori-porta. (Si veda: La chiesa di S. Antonin. Storia e restauro a cura di Tiziana Favaro. Venezia 2010).

A prescindere da interventi così invasivi e impegnativi anche economicamente, che vengono realizzati solo in casi eccezionali, il sistema più usato per intercettare l'umidità di risalita resta la creazione all'interno della muratura di una barriera orizzontale di piombo, acciaio o resine, che impedisce ulteriori apporti di umidità senza tuttavia eliminare i sali accumulati in precedenza.

Quando la tessitura muraria non presenta elementi di pregio storico-architettonico (es. altinelle, intonaci di pregio, mattoni gotici..) si interviene quindi frequentemente con sostituzioni murarie a cuci-scuci, ricostituendo l'integrità della sezione con mattoni formati a mano, simili per colore, consistenza e dimensioni agli originari, operando per cantieri non contigui in modo da consentire l'assestamento murario e garantendo con l'inserimento di cunei l'efficienza del collegamento tra le parti di nuova e precedente costruzione. Contemporaneamente viene realizzata l'impermeabilizzazione del piano d'imposta inserendo, sull'intera sezione muraria, un doppio strato di barriera impermeabile orizzontale con lastre di piombo, a facce bitumate per impedire la corrosione del metallo a contatto con la calce, il primo taglio a circa 30 cm. dal piano di calpestio e il secondo taglio, a circa un metro dal medio mare, con funzione di sicurezza per maree

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa



Comune di Ragusa
UNI. Centri Storici

Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

assorestauro

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano
Italian Association for architecture, art and urban restoration



In collaborazione con:



eccezionali.

Quando le murature sono di materiale disomogeneo o molto corrosivo, il loro rifacimento a scuci-cuci consente la sostituzione di parti degradate e il ripristino dell'integrità della tessitura muraria ma non mancano anche in questo caso i lati negativi, tra cui la perdita comunque di materia storica e i costi elevati.

La formazione di barriere impermeabilizzanti può anche essere realizzata mediante impregnazione di resine mediante carotature continue o immesse nella muratura con canule innestate in fori trapanati o con inserimento, per mezzo di vibrazione, di lamiere ondulate in acciaio inox.

Una sperimentazione condotta negli anni '80-90 del secolo scorso dalla Soprintendenza di Venezia e dall'Università di Cà Foscari (proff. Guido Biscontin e Guido Driussi) ha interessato sistemi di deumidificazione che non sono basati sull'intercettazione dell'acqua ascendente ma sull'aumento della velocità di evaporazione dell'umidità attraverso l'aumento della superficie specifica a contatto con l'aria circostante. Si tratta dei cosiddetti intonaci "risananti" o "deumidificanti", malte di produzione industriale a base cementizia, additivate da un particolare porogeno (perlite) che permette la formazione di un intonaco cellulare macro-poroso, con interposizione, tra questo e la muratura, di uno sprizzo micro-poroso relativamente idrorepellente. Il trattamento si basa sul principio di aumentare la velocità di evaporazione attraverso la realizzazione di una estesa superficie esposta all'aria atmosferica sulla superficie geometrica limitata della muratura.

La muratura da trattare viene completamente disintonacata e sottoposta ad un accurato lavaggio eseguito con idropulitrice, lavaggio che ha il duplice scopo di allontanare eventuali parti decoesionate e di eliminare i sali solubili superficiali, preparando così la cortina muraria alla successiva operazione di intonacatura. La posa in opera di intonaco traspirante prevede la sovrapposizione di due stesure diverse sia come composizione che come funzione e spessore. Lo strato più interno di arriccio (sprizzo a base silicea e con silicati- Primer) ha la funzione di rendere compatibile lo strato di finitura (Finish) con il supporto e quindi deve presentare, oltre alle ovvie capacità di adesione, anche caratteristiche chimico-fisiche che facilitino il trasporto di materia fra i due strati: tale prima stesura viene usualmente applicata con spessori ridotti (circa 0,5 cm.). Lo strato più esterno, che è quello traspirante e che permette la rapida evaporazione grazie alla presenza di pori di notevoli dimensioni, viene invece messo in opera con spessori più elevati (2-3 cm.). La finitura a colore utilizza di solito prodotti ai silicati.

Per verificare l'efficacia del sistema intonaco deumidificante-muratura sono state eseguite indagini, localizzate sui setti murari basamentali di Palazzo Reale, con campiona-

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa



Comune di Ragusa
UN. Centri Storici

Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

assorestauRO

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano
Italian Association for Architecture, Art and Urban Restoration



In collaborazione con:



LEONARDO
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO
E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA

menti realizzati in situazioni differenziate sia ambientalmente (murature di confine tra cortile e magazzino, corridoi di passaggio tra cortili, murature di confine tra porticato e vano-scale, ambienti interni) che strutturalmente (murature a vista, con intonaco civile, con intonaco traspirante). Le analisi sono state realizzate ad intervalli di tempo opportunamente cadenzato con campioni prelevati mediante perforazioni a bassa velocità, a tre altezze (circa 60, 120 e 180 cm.) e a tre o quattro diverse profondità, a seconda dello spessore della muratura. Per ogni area sottoposta ad indagine sono stati rilevati il contenuto di umidità, determinato per pesata, con valori riferiti al campione secco, e il contenuto di sali solubili totali, determinato per via conduttometria, secondo raccomandazioni Normal.

I valori rilevati nella prima serie di misurazioni corrispondevano ai valori riscontrati normalmente negli edifici veneziani: notevole contenuto d'acqua nella fascia inferiore (circa 28% a 70 cm. di altezza), diminuzione con l'aumentare dell'altezza, pur restando abbastanza elevato fino a circa m.1,5 (18% per h.140 cm.); solo oltre i due metri la percentuale di umidità presente si riduce in modo apprezzabile (3% per h.280 cm.). Per quanto riguarda i sali solubili totali presenti all'interno della muratura, come avviene usualmente, la loro concentrazione aumenta con l'altezza, raggiungendo i valori massimi dove maggiore è la variazione dell'umidità.

In generale dalle indagini effettuate dopo la posa dell'intonaco è stato rilevato un andamento che indica una diminuzione del contenuto medio di acqua nelle murature soprattutto nella zona fino a 140 cm., mentre risulta un leggero innalzamento del livello di risalita con aumenti della percentuale di acqua presente nella fascia tra i metri 2 e 2.80. Per quanto riguarda la distribuzione dei sali solubili, il confronto tra i valori rilevati prima dell'intonacatura e due anni dopo ha indicato un aumento dei contenuti di sali per tutte le altezze considerate, con andamenti diversi tra la parte bassa e la parte alta, dove la crescita è maggiore. Inoltre in alcune zone il contenuto di umidità non risultava aver subito sensibili ridimensionamenti.

(Su questa sperimentazione si veda: G. Biscontin, G. Driussi: Indagini sull'umidità di risalita a Venezia – Indagini preliminari sull'azione di intonaci traspiranti su murature umide a Venezia in: *Recuperare* n. 33 gennaio-febbraio 1988. Si veda inoltre: Renata Codello: *L'intonaco da risanamento a Venezia: sperimentazione sulle murature antiche* – 2003).

Se tra i vantaggi offerti dall'uso degli intonaci "deumidificanti" possiamo quindi segnalare la opportunità di non creare discontinuità nella struttura muraria, come avviene con l'inserimento di barriere impermeabilizzanti, e la relativa facilità, intesa anche come costi

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

assorestauRO

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano



In collaborazione con:





Fig. 8 - Intonaci deumidificanti: la loro efficacia nel permettere la traspirazione del muro è limitata nel tempo.

ridotti, dell'intera operazione, non mancano gli aspetti negativi evidenziati dagli accertamenti effettuati (innalzamento del livello di risalita e della concentrazione dei sali), oltre al fatto che, seppur con tempi un po' meno rapidi degli intonaci tradizionali, anche questi prodotti sono soggetti, dopo alcuni mesi, a processi di deterioramento e degrado soprattutto in corrispondenza degli strati di finitura. Da ultimo, ma non meno importanti, i fattori estetici legati ai consistenti spessori richiesti per la loro applicazione (a fronte di spessori spesso molto sottili degli intonaci storici), che anche per grana e colore si differenziano fortemente dagli intonaci tradizionali risultando quindi difficilmente raccordabili con la presenza di intonaci e strutture o elementi decorativi di in-

teresse storico. Va tra l'altro rilevato che nel centro storico veneziano la stesura di intonaci con materiali e tecniche tradizionali risulterebbe imposta dalla normativa di Legge Speciale del 1973, recepita anche dal Regolamento Edilizio.

Al fine di mettere a punto una tecnica non distruttiva per il risanamento delle murature sono stati condotti, negli anni '80 del secolo scorso, dalla Soprintendenza di Venezia, interventi sperimentali di desalinizzazione dapprima su una ridotta porzione di muratura veneto-bizantina di una schiera edilizia in corte Venier a S. Lio e quindi su un più ampio tratto murario del transetto destro della chiesa di Santa Maria Mater Domini a S. Polo. La sperimentazione è stata accompagnata da puntuali analisi chimico-fisiche e da prove non distruttive con martinetto piatto al fine di controllare eventuali alterazioni delle caratteristiche meccaniche e delle capacità portanti delle strutture murarie conseguenti al trattamento. Il processo di desalinizzazione si basa sul principio di creare, con una semplice differenza di temperatura, le condizioni per la formazione di un flusso unidirezionale dell'acqua dall'esterno verso l'interno della muratura, in modo da favorire la cristallizzazione dei sali sulla superficie del setto, da dove possono con facilità essere rimossi. Operativamente si procede con bagnature intermittenti, per un breve periodo di tempo giornaliero, della superficie esterna del muro instaurando contemporaneamente

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

assorestauro

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano



In collaborazione con:





Fig. 9 - Desalinizzazione dei muri
– particolare dei tubi utilizzati.

te un gradiente termico di 12-14 gradi centigradi, ottenuto con stufette elettriche e isolando con fogli di plastica la zona trattata. Questo processo innesca un consistente trasporto di sali sulla superficie interna della muratura, su cui viene applicato uno strato di argilla assorbente (attapulgate) impastata con acqua, quale superficie di sacrificio per la cristallizzazione dei sali che altrimenti andrebbero a formarsi sul paramento murario, accentuandone il degrado. Per un soddisfacente livello di desalinizzazione vanno previsti vari cicli di intervento, rinnovando settimanalmente, anche per dieci-quindici volte, l'argilla. Pur avendo dato risultati incoraggianti sono evidenti la complessità e il peso economico dell'intervento, che pertanto può essere proposto solo in casi molto particolari.

La desalinizzazione muraria può anche essere realizzata mediante percolamento di acqua dall'alto con cannule inserite nella muratura, in fori a circa 2,50-3 metri dal piano di fondazione, altezza corrispondente a quella massima per l'umidità di risalita. Le cannule vengono sigillate nei punti di introduzione e collegate alla rete idrica. L'acqua percolando diluisce e trasporta i sali e viene poi raccolta mediante canali provvisori collegati alle reti di scarico. L'intervento, praticato per la prima volta su un intero edificio nel recupero della casa in calle delle Beccarie, ha focalizzato gli aspetti positivi e negativi di questa metodologia: la piena compatibilità con la conservazione della materia storica dell'immobile da una parte, dall'altra i lunghi tempi di applicazione (parecchi mesi) e la, seppur contenuta e non significativa per la stabilità della fabbrica, riduzione della resistenza meccanica delle strutture murarie. (Si veda il testo di Mario Piana in: *Un restauro per Venezia. Recupero della casa in calle delle Beccarie 792*. Milano 2006). Come prassi negli interventi di restauro condotti dalla Soprintendenza, il cantiere di restauro è anche l'occasione per approfondire le conoscenze storiche, tecnico-costruttive e sui materiali della fabbrica, presupposto fondamentale per l'azione di tutela volta alla conservazione degli elementi originari e di tutte le stratificazioni con valenza storica e per un corretto approccio alle scelte metodologiche da operare.

Nella chiesa di S. Antonin a Venezia, oggetto di un importante e complessivo interven-

Con il Patrocinio di:



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



In collaborazione con:





Fig. 10 - Desalinizzazione dei muri – esempio di struttura durante il trattamento.

to di restauro, più sopra citato per le opere di drenaggio contro la risalita delle acque di marea, e di recente concluso, sono ad esempio stati eseguiti in fase preliminare indagini geotecniche e geognostiche e rilevamenti sulla permeabilità di terreni e strutture; le indagini sulla presenza di umidità di risalita sulle murature interne della cappella di San Saba e su altre pareti della chiesa sono state condotte con prelievi a tre altezze e profondità diverse e determinazione,

per ogni campione, sia del contenuto di acqua (per via gravimetrica) sia del dosaggio dei sali solubili totali (per via conduttimetrica) seguendo le indicazioni e le prescrizioni delle relative Raccomandazioni NorMal. Nel corso del restauro era stato sperimentato un sistema deumidificante a radiofrequenze (sistema elettrofisico di origine tedesca) con monitoraggi relativi alla determinazione ponderale del contenuto dell'umidità e di specie ioniche solubili all'interno di murature particolarmente impregnate, con prelievi ad altezze e profondità diverse, che non ha dato risultati significativi. Sono state inoltre applicate, su murature con particolari problemi di degrado, prove sperimentali su malte risananti, con monitoraggio degli andamenti nel tempo delle percentuali di umidità e sali. In questo quadro si inserisce la sperimentazione in corso con installazione di **tecnologia elettrofisica a neutralizzazione di carica per la deumidificazione delle murature**, avviata nel mese di luglio 2011 e localizzata in corrispondenza della parete nord della chiesa dove, per particolari problemi di conservazione di strutture ed elementi decorativi di interesse storico, nel corso del restauro non era stato possibile intervenire con risanamenti murari troppo invasivi.

L'ispezione termografica eseguita prima dell'installazione ha documentato la presenza di discontinuità termiche lungo lo sviluppo verticale delle pareti evidenziando le zone umide per la presenza di umidità di risalita, con valori intorno al 15-17 % ad una altezza di 20 cm. dal piano di calpestio interno e del 10,5% ad una altezza di circa 90 cm., riferiti ad una profondità di prelievo di cm.5-10.

Per quanto riguarda i sali solubili presenti all'interno delle murature, le analisi hanno evi-

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa



Comune di Ragusa
UN. Centri Storici

Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

assorestauro

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano
Italian Association for architecture, art and urban restoration



In collaborazione con:



denziato un grado di contaminazione da medio ad elevato. La specie ionica prevalente risulta costituita dai Cloruri, con valori prossimi al 1,0%, mentre le altre specie ioniche (Nitrati e Solfati) risultano presenti in percentuali inferiori.

Il rilevamento termografico eseguito in loco ha dato risultati convincenti, avendo evidenziato le diverse scale cromatiche tra le murature che erano state, nel corso del restauro, oggetto di interventi di risanamento e quelle che, per particolari esigenze di conservazione, si trovano allo stato originario.

I rilevamenti eseguiti a distanza di circa un anno dall'attivazione del nuovo impianto a neutralizzazione di carica nella chiesa indicano risultati positivi sia in termini di interruzione dei pregressi fenomeni di risalita capillare sia in termini di riduzione dell'iniziale, anomalo contenuto d'acqua della muratura, che comunque saranno compiutamente valutati a ciclo sperimentale concluso, quindi dopo due anni dall'attivazione.

La sperimentazione di S. Antonin è stata anche avviata per consentire una conferma degli incoraggianti risultati sull'efficacia di questa tecnologia derivanti da un precedente intervento, ora concluso, su iniziativa di un privato in un edificio del centro storico veneziano.

A titolo esemplificativo, si riportano di seguito alcune schede delle indagini (termografie all'infrarosso e prove ponderali) svolte nei suddetti siti d'intervento, al fine di individuare la distribuzione e concentrazione dell'umidità muraria nello stato di fatto iniziale e le variazioni indotte a seguito dell'installazione dell'impianto di deumidificazione a neutralizzazione di carica.

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

assorestauro

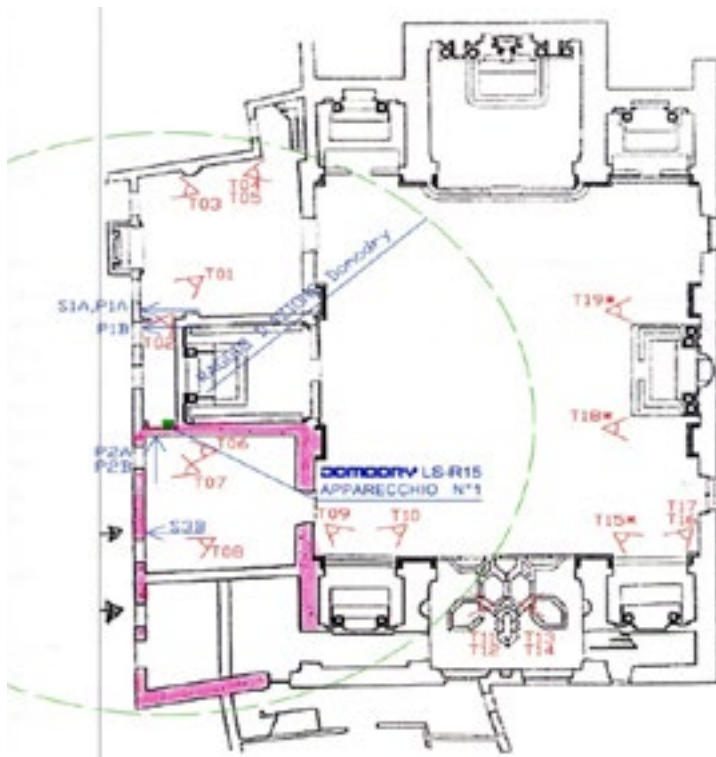
associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano
Italian association for architecture, art and urban restoration



In collaborazione con:



Chiesa di S. Antonin: intervento sperimentale di deumidificazione muraria con tecnologia elettrofisica a “neutralizzazione di carica”



Planimetria con schema dell'impianto di deumidificazione e ubicazione delle prove effettuate (termografie e prelievi con metodo ponderale).

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Comune di Ragusa
Unit. Centri Storici

Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

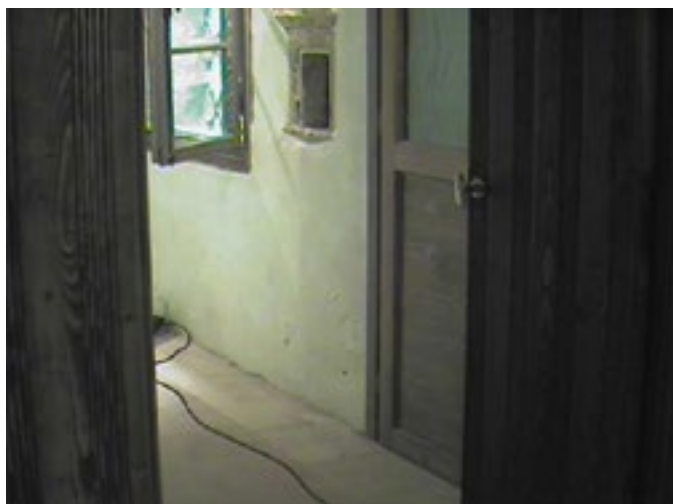
assorestauro

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano
Italian Association for architecture, art and urban restoration



In collaborazione con:





Dati immagine T02

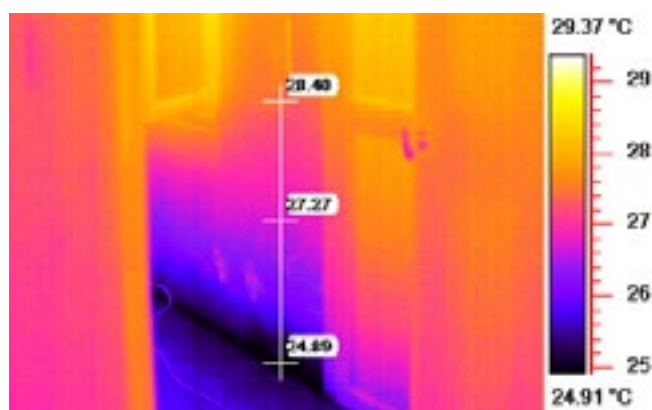
Data: 14-06-12

Lavoro: Chiesa di S. Antonin - Sestiere di
Castello - Campo Sant'Antonin - Venezia

Committente: Chiesa di Sant'Antonin

Note: Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione e 1° Verifica: si riscontra una evidente riduzione delle anomalie termiche - ovvero dell'umidità - lungo lo sviluppo verticale della parete.

T02 del 13-07-11

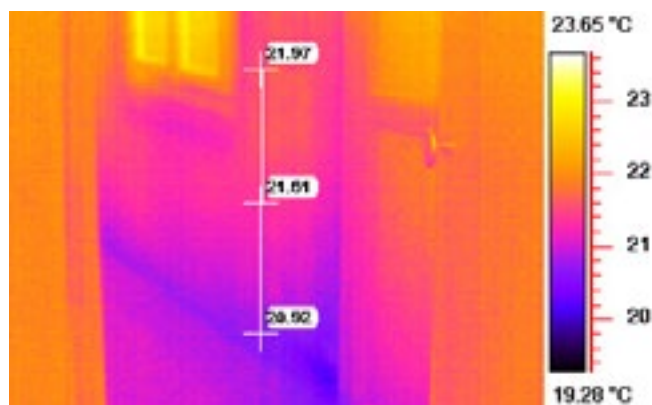


$\Delta T = 2,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$

PROFILO TERMICO del 13-07-11

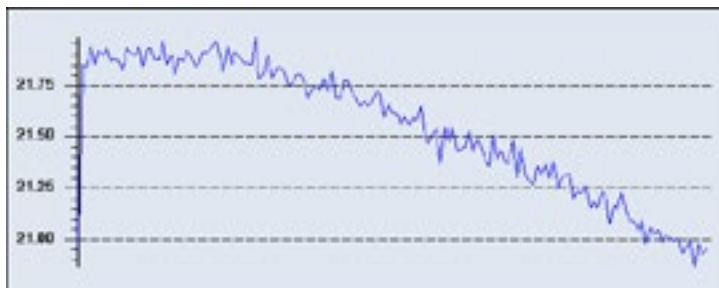


T02-1 del 14-06-12



$\Delta T = 1,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$

PROFILO TERMICO del 14-06-12



Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa



Comune di Ragusa
UN. Centri Storici

Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

assorestauro

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano
Italian association for architecture, art and urban restoration



In collaborazione con:





Dati immagine T07

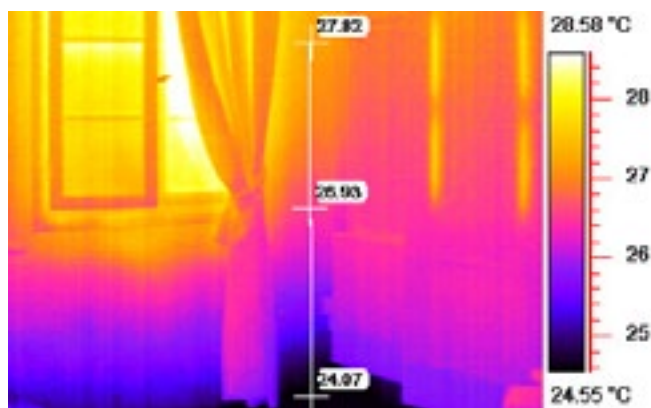
Data: 14-06-12

Lavoro: Chiesa di S. Antonin - Sestiere di Castello - Campo Sant'Antonin - Venezia

Committente: Chiesa di Sant'Antonin

Note: Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione e 1° Verifica: si riscontra una evidente riduzione delle anomalie termiche - ovvero dell'umidità - lungo lo sviluppo verticale della parete.

T07 del 13-07-11

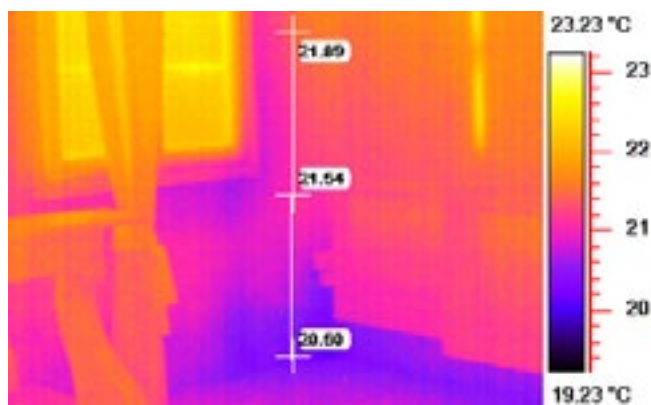


$\Delta T = 3,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$

PROFILO TERMICO del 13-07-11

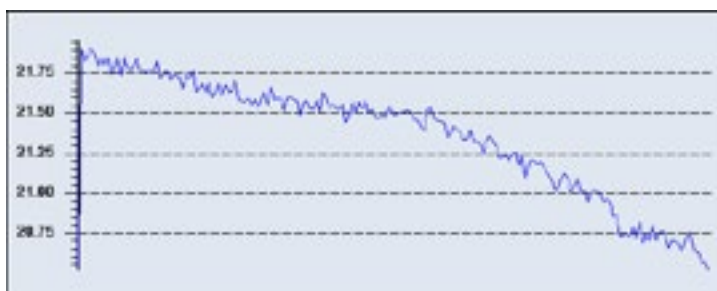


T07-1 del 14-06-12



$\Delta T = 1,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$

PROFILO TERMICO del 14-06-12



Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



In collaborazione con:





Dati immagine T09

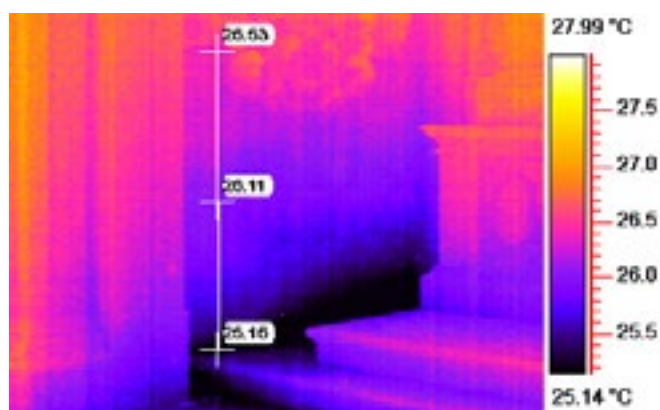
Data: 14-06-12

Lavoro: Chiesa di S. Antonin - Sestiere di Castello - Campo Sant'Antonin - Venezia

Committente: Chiesa di Sant'Antonin

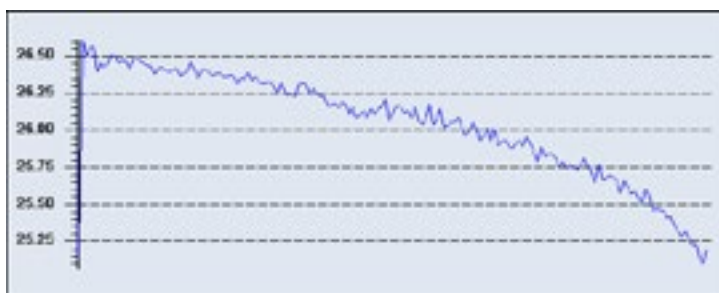
Note: Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione e 1° Verifica: si riscontra una evidente riduzione delle anomalie termiche - ovvero dell'umidità - lungo lo sviluppo verticale della parete.

T09 del 13-07-11

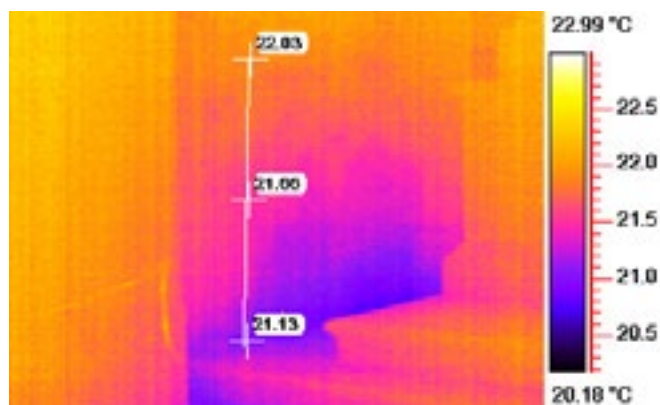


$\Delta T = 1,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$

PROFILO TERMICO del 13-07-11



T09-1 del 14-06-12



$\Delta T = 0,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$

PROFILO TERMICO del 14-06-12



Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



In collaborazione con:





Dati immagine T10

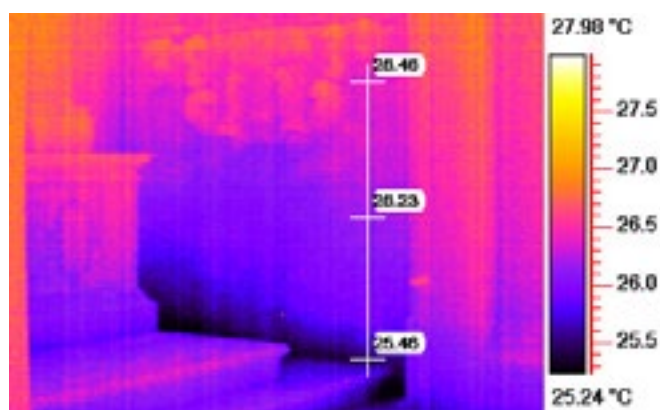
Data: 14-06-12

Lavoro: Chiesa di S. Antonin - Sestiere di Castello - Campo Sant'Antonin - Venezia

Committente: Chiesa di Sant'Antonin

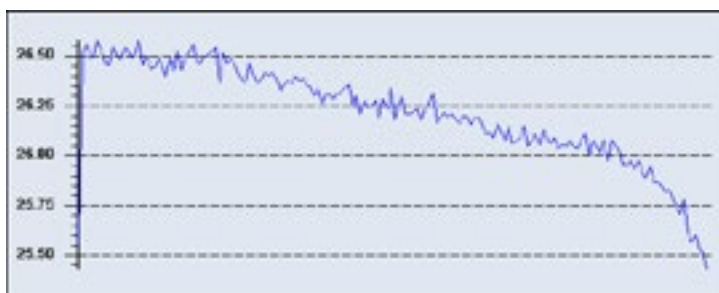
Note: Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione e 1° Verifica: si riscontra una evidente riduzione delle anomalie termiche - ovvero dell'umidità - lungo lo sviluppo verticale della parete.

T10 del 13-07-11

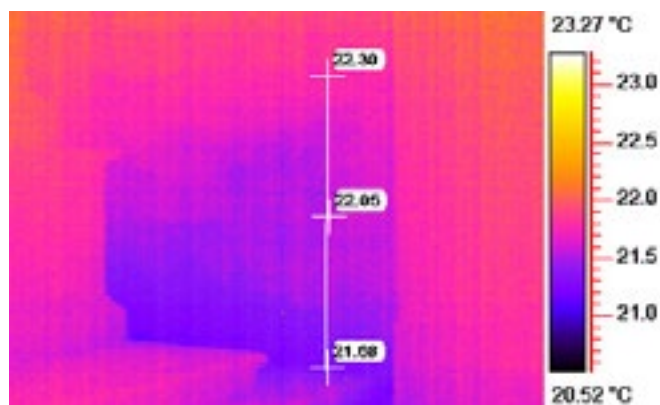


$\Delta T = 1,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$

PROFILO TERMICO del 13-07-11



T10-1 del 14-06-12



$\Delta T = 0,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$

PROFILO TERMICO del 14-06-12



Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Comune di Ragusa
UN. Centri Storici

Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

assorestauro

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano
Italian Association for architecture, art and urban restoration

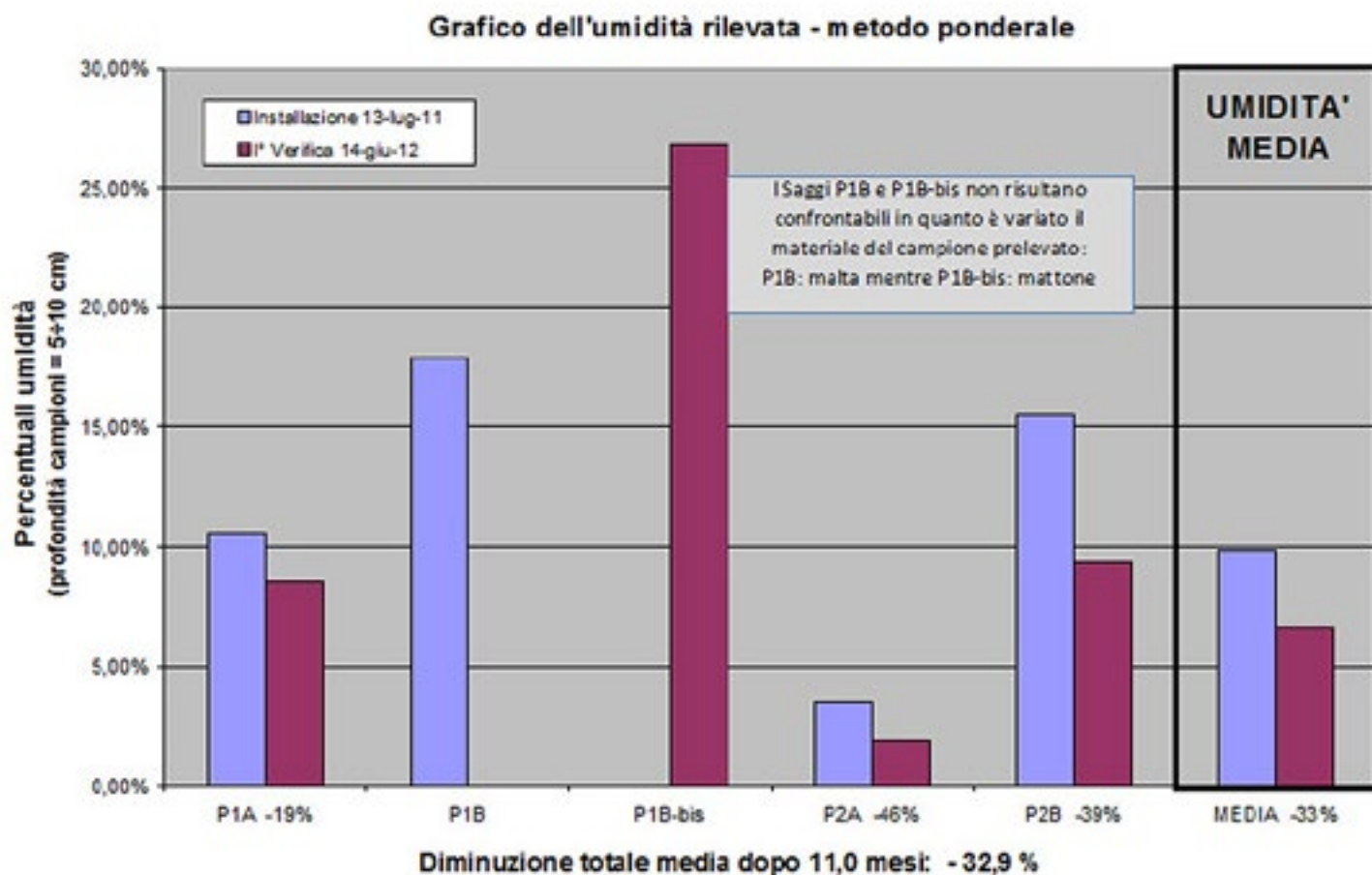


In collaborazione con:



S. Antonin - Scheda delle prove ponderali

Prelievo su n°4 punti campione a profondità tra 5 e 10 cm mediante trapano a bassa velocità di rotazione con punta in vidia ϕ 10 mm.



Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

assorestauro

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano
Italian Association for architecture, art and urban restoration



In collaborazione con:



PRELIEVO (per la posizione dei punti di prelievo vedere planimetria allegata)		% UMIDITA' ALLA DATA DI INSTALLAZIONE 13/07/2011		% UMIDITA' ALLA DATA DELLA PRIMA VERIFICA 14/06/2012		% UMIDITA' ALLA DATA DELLA SECONDA VERIFICA _/_/_		% UMIDITA' ALLA DATA DELLA TERZA VERIFICA _/_/_	
P1A	H= 90cm prof=5÷10	matt. rosso p.u.= 25,774	10,5%	matt. rosso p.u.= 23,450	8,5%				
P1B	H= 20cm prof=5÷10	malta p.u.= 25,760	17,9%						
P1Bbis	H= 20cm prof=5÷10			matt. rosso p.u.= 21,511	26,8%				
P2A	H= 90cm prof=5÷10	matt.chiaro p.u.= 26,293	3,5%	matt. rosso p.u.= 23,149	1,9%				
P2B	H= 20cm prof=5÷10	matt.chiaro p.u.= 28,461	15,5%	matt. rosso p.u.= 23,810	9,4%				
APPARECCHIO n°1		TIMER (h.) = 0 h		TIMER (h.) = 7.219 h		TIMER (h.) =		TIMER (h.) =	
APPARECCHIO n°2		TIMER (h.) = --		TIMER (h.) =		TIMER (h.) =		TIMER (h.) =	

LEGENDA:

H = altezza in cm da pavimento

prof. = profondità rispetto alla superficie della parete

p.u. = peso umido in grammi (compresa tara provetta)

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa



Comune di Ragusa
Un. Centri Storici

Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

assorestauro

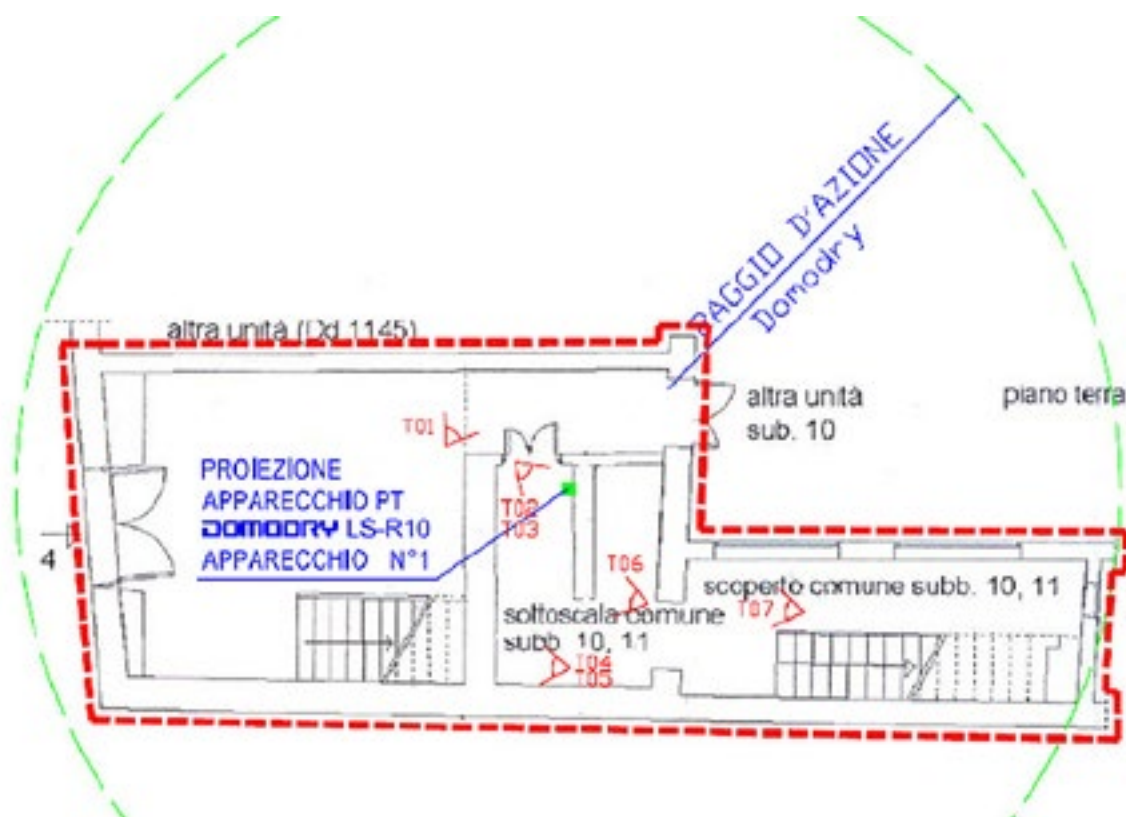
associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano
Italian Association for architecture, art and urban restoration



In collaborazione con:



Venezia Dorsoduro n.1144: intervento di deumidificazione muraria con tecnologia elettrofisica a “neutralizzazione di carica”



Parametri ambientali:	<u>Rilievo iniziale 28/05/10</u>		<u>2° Verifica 14/06/12</u>		
	<u>Interno</u>	<u>Esterno</u>	<u>Interno</u>	<u>Esterno</u>	
ore	14:30	14:45	ore	12:30	12:45
UR:	63,0 %	51,5 %	UR:	59,5 %	53,8 %
T air.	22,2 °C	23,4 °C	T air.	21,8 °C	22,9 °C
T dew:	14,8 °C	12,7 °C	T dew:	13,6 °C	13,0 °C
U sp.:	10,58 g/kg	9,28 g/kg	U sp.:	9,80 g/kg	9,47 g/kg
Val.comp.	0,96		Val.comp.	0,98	

Planimetria con schema dell'impianto di deumidificazione e prove effettuate (termografie IR e rilevamento parametri ambientali).

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Comune di Ragusa
Unit. Centri Storici

Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

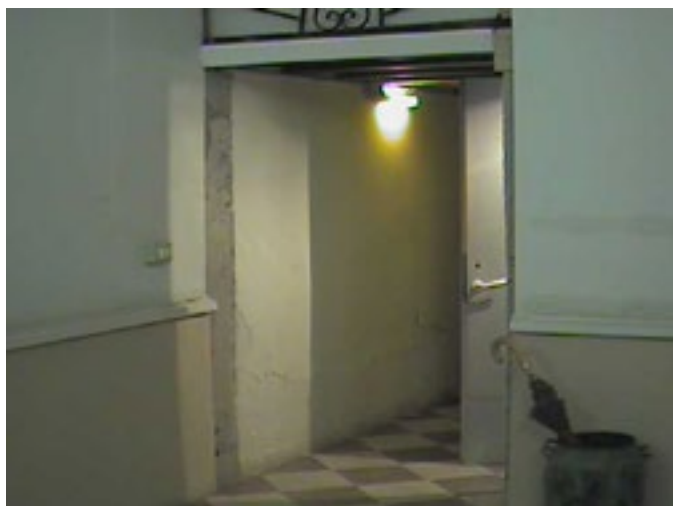
assorestaur

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano
Italian Association for architecture, art and urban restoration



In collaborazione con:





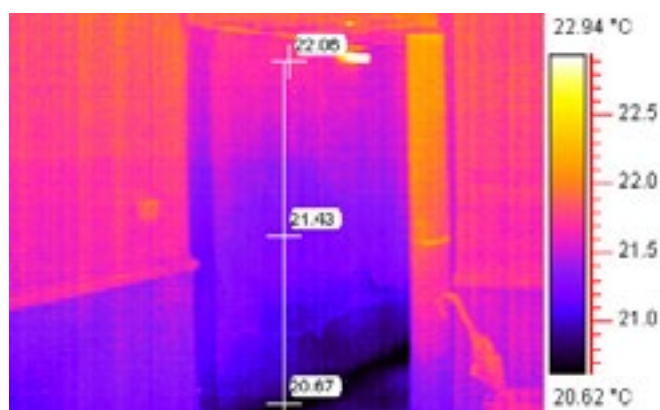
Dati immagine T01

Data: 14-06-12

Lavoro: Vs. sede uffici – Sestiere Dorsoduro 1144 - Venezia

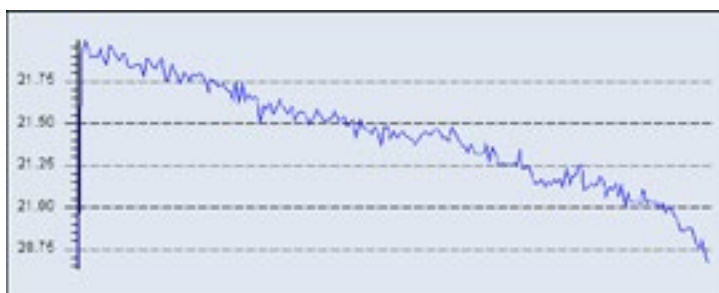
Committente: Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione e 2° Verifica: si evidenzia la scomparsa delle anomalie termiche - ovvero dell'umidità - lungo lo sviluppo verticale delle pareti.

T01 del 28-05-10

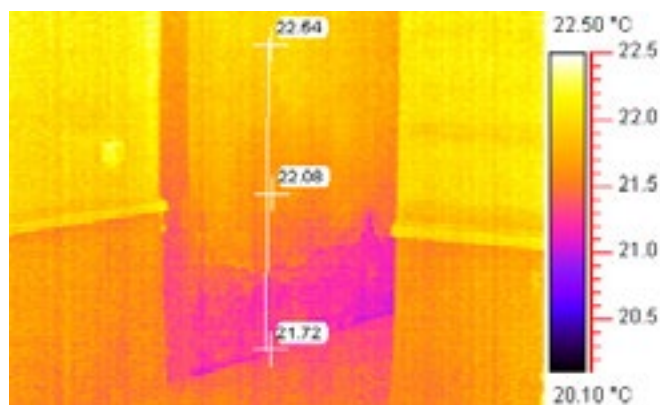


$\Delta T = 1,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$

PROFILO TERMICO del 28-05-10

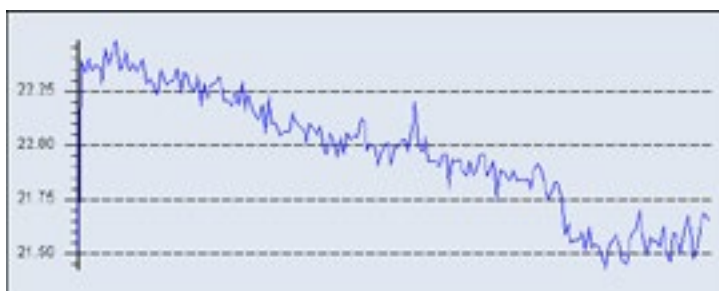


T01-2 del 14-06-12



$\Delta T = 0,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$

PROFILO TERMICO del 14-06-12



Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Comune di Ragusa
UN. Centri Storici

Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

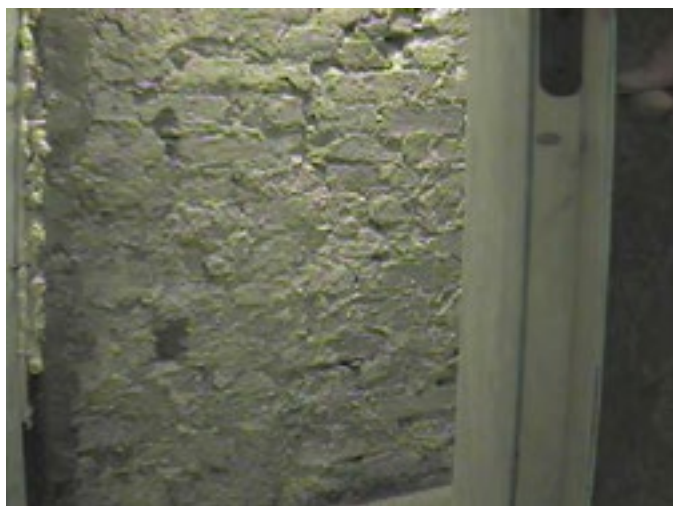
assorestaur

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano
Italian Association for architecture, art and urban restoration



In collaborazione con:





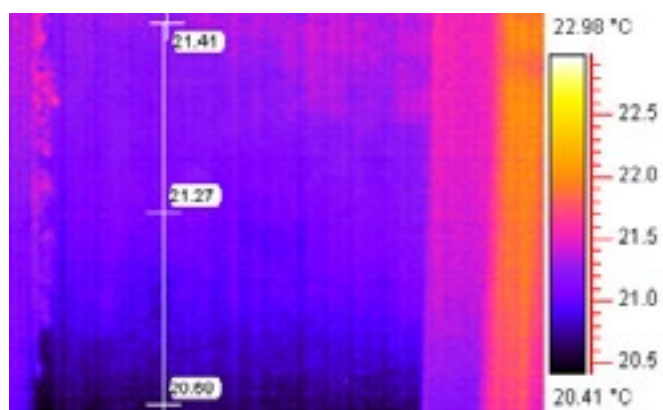
Dati immagine T02

Data: 14-06-12

Lavoro: Vs. sede uffici – Sestiere Dorsoduro 1144 - Venezia

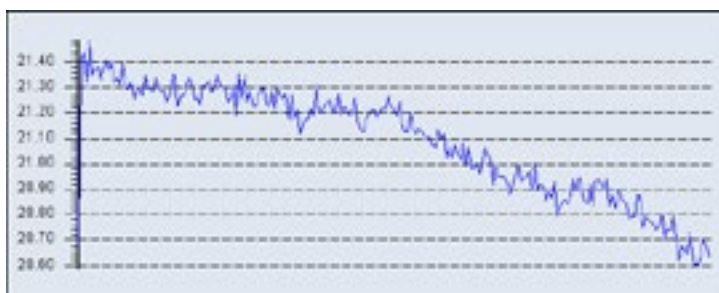
Committente: Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione e 2° Verifica: si evidenzia la scomparsa delle anomalie termiche - ovvero dell'umidità - lungo lo sviluppo verticale delle pareti.

T02 del 28-05-10

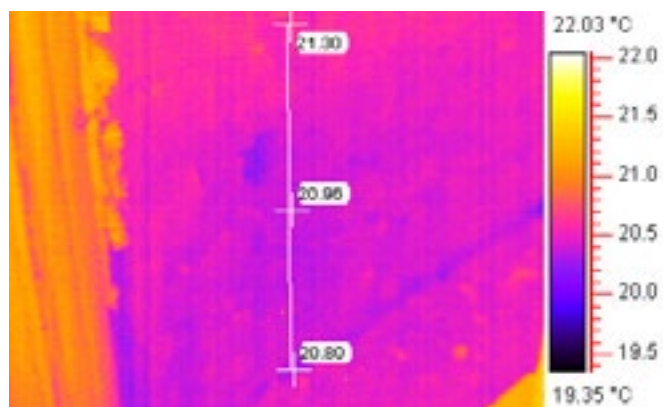


$\Delta T = 0,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$

PROFILO TERMICO del 28-05-10

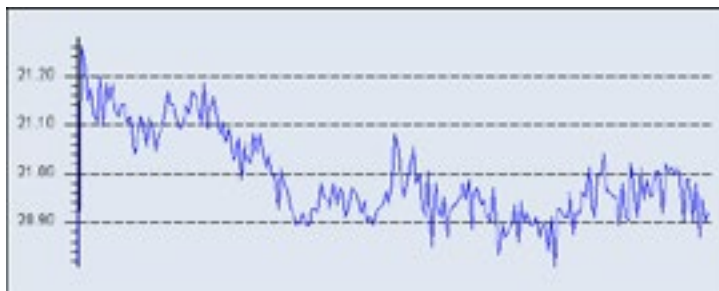


T02-2 del 14-06-12



$\Delta T = 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$

PROFILO TERMICO del 14-06-12



Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

assorestauro

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano
Italian Association for architectural, art and urban restoration



In collaborazione con:





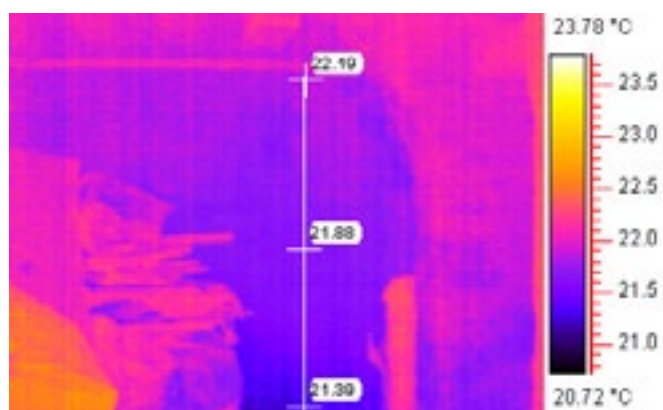
Dati immagine T05

Data: 14-06-12

Lavoro: Vs. sede uffici – Sestiere Dorsoduro 1144 - Venezia

Committente: Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione e 2° Verifica: si evidenzia la scomparsa delle anomalie termiche - ovvero dell'umidità - lungo lo sviluppo verticale delle pareti.

T03 del 28-05-10

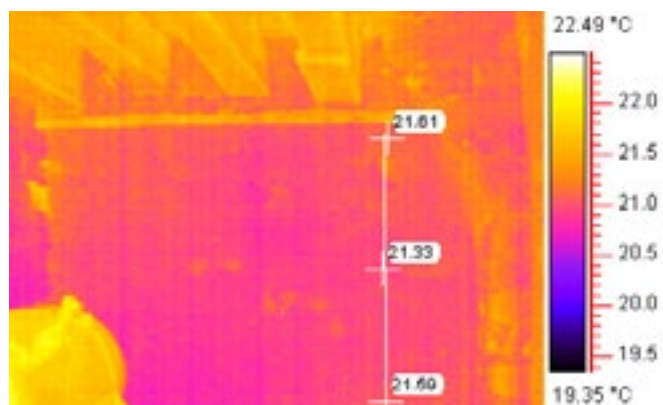


$\Delta T = 0,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$

PROFILO TERMICO del 28-05-10

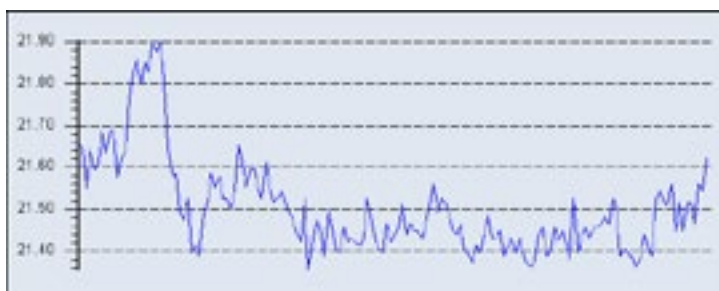


T03-2 del 14-06-12



$\Delta T = 0,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$

PROFILO TERMICO del 14-06-12



Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

assorestaur
associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano
Italian Association for architecture, art and urban restoration



In collaborazione con:

