

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale  
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



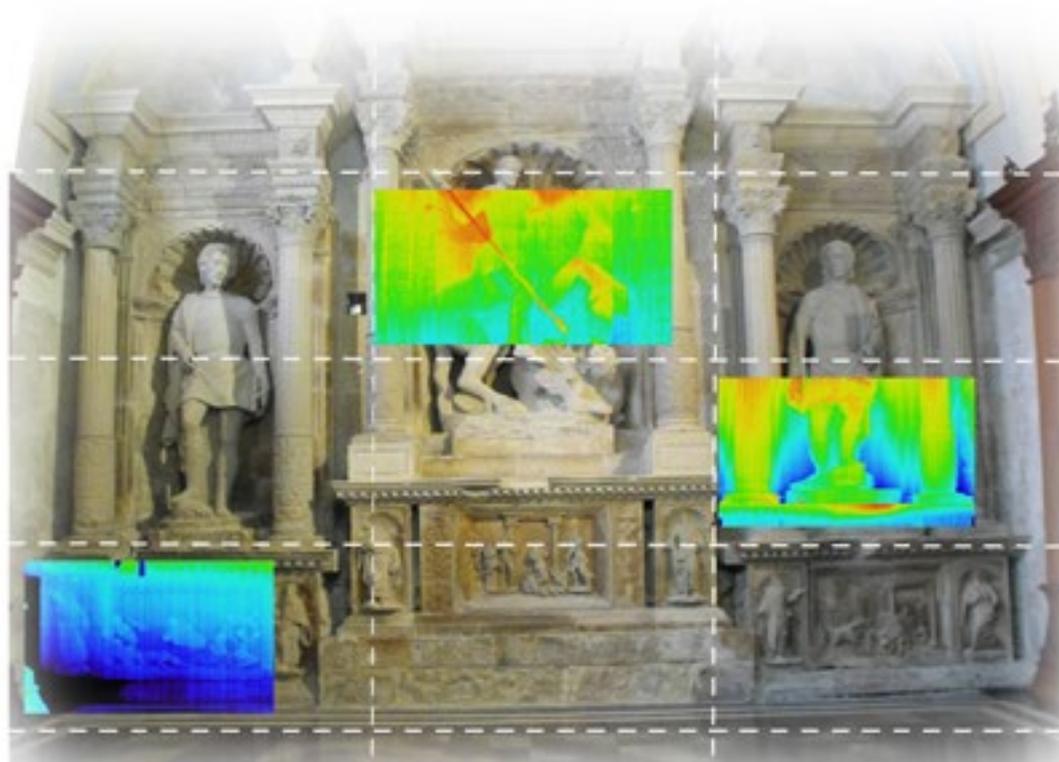
Regione Siciliana



Provincia di Ragusa

## METODO SCIENTIFICO ED INNOVAZIONE TECNOLOGICA PER LA SALVAGUARDIA E RECUPERO DEL PATRIMONIO STORICO

Casi applicativi ed esempi di successo nella diagnosi, prevenzione e risoluzione delle  
patologie da umidità capillare in siti Unesco a Ragusa e in altri prestigiosi siti in Italia.



Cappella di San Giorgio - Duomo di San Giorgio, Ragusa Ibla

Ente Organizzatore:



Comune di Ragusa - Uff. Centri Storici

Ragusa, 5-6 Ottobre 2012

# Atti del convegno

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO

assorestaurò

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



In collaborazione con:



LEONARDO  
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO  
E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA

CONVEGNO TECNICO

## Con il Patrocinio di:



Organizzazione  
delle Nazioni Unite  
per l'Educazione,  
la Scienza e la Cultura



Commissione Nazionale  
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa

## Ente organizzatore:



Comune di Ragusa  
Off. Centri Storici

## 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

# Indice

<b>Enti patrocinanti</b>	6
<b>Prefazione</b>	7
On. Giorgio Chessari, Presidente del Centro Studi Feliciano Rossitto	
<b>Apertura e saluti delle Autorità locali, Moderatore dei lavori</b>	8
<b>Galleria immagini</b>	9

## RELAZIONI

<b>1. L'importanza degli interventi di prevenzione nella salvaguardia, recupero e valorizzazione del patrimonio storico, secondo le istanze della Conservazione Preventiva e Programmata</b>	15
Dott. Raymond Bondin, Ambasciatore e Delegato Permanente di Malta per l'Unesco	
<b>2. Ragusa Ibla Città Patrimonio dell'Umanità: una riflessione a 10 anni dal riconoscimento Unesco, prospettive e progetti di valorizzazione e sviluppo</b>	19
Arch. Bruno Cosentini, Consulente del Comune di Ragusa per le relazioni tra la Città di Ragusa e l'Unesco	
<b>3. Il sistema informativo territoriale della carta del rischio</b>	33
Dott. Carlo Cacace, Direttore Sistemi Informativi, Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro	
<b>4. Tutela del Patrimonio Storico: priorità degli interventi di deumidificazione. L'esempio del restauro della chiesa di San Matteo in Lecce</b>	41
Biancaneve Codacci Pisanelli, Architetto-PHD in Storia delle Tecniche costruttive - Direzione Generale Ministero per i Beni e le Attività Culturali - Presidente Accademia di Belle Arti di Lecce	

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:

**5. Tipologie e ruoli delle innovazioni tecnologiche e relativo metodo di applicazione a servizio della salvaguardia del patrimonio: l'esempio del Restauro della Chiesa di Maria SS. del Divino Amore a Villa Ada Savoia in Roma** 55

Arch. Virginia Rossini, Consigliere delegato ai BB.CC. dell'Ordine degli Architetti P.P.C. di Roma e provincia - Presidente della Consulta dei BB.CC. dell'O.A.P.P.C. di Roma e provincia

**6. Metodi di indagine e diagnosi delle patologie da umidità negli edifici storici mediante analisi IRT (termografia a infrarossi)** 73

Dott. Arch. Guido Roche, Libera Università di Bolzano, Facoltà di Scienze e Tecnologie

**7. Umidità di risalita capillare negli edifici storici: la tecnologia elettrofisica a neutralizzazione di carica quale indispensabile strumento "a impatto zero" per la prevenzione e la definitiva risoluzione del problema** 107

Dott. Ing. Michele Rossetto, Gruppo Leonardo Solutions & Domodry, Direttore Tecnico

**8. Efficacia del sistema a tecnologia elettrofisica "a neutralizzazione di carica" contro l'acqua da risalita capillare nelle murature della Basilica di San Simpliciano in Milano** 127

Ing. Massimo Valentini, laboratorio di Fisica Tecnica Ambientale per i Beni Culturali (Fi.T.Be.C.) – Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano

**9. La Cona del Gagini presso il Duomo di San Giorgio a Ragusa: contestualizzazione storica e iter di restauro, dai primi interventi di conservazione alla definitiva risoluzione delle originarie patologie da umidità muraria e ambientale** 151

Dott.ssa Arch. Adriana Vindigni, Progettista e Direttore Lavori degli Interventi di Restauro della Cona

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:

- 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** 163  
Dott.ssa Arch. Tiziana Favaro, già Funzionaria Soprintendenza per i Beni Architettonici e Paesaggistici di Venezia e Laguna
- 11. L'umidità di risalita capillare negli edifici in pietra leccese: fenomeni di degrado fisico-chimico indotti sulle murature e casi applicativi del sistema elettrofisico a neutralizzazione di carica in edifici storici a Lecce** 187  
Prof. Ing. Giorgio Zavarise, Dott. Ing. Paolo Congedo, Dott.ssa Delia D'Agostino  
- Università del Salento, Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione
- 12. Applicazioni della tecnologia elettrofisica a neutralizzazione di carica in edifici religiosi del levante ligure afflitti da differenti problematiche conservative** 199  
Dott.ssa Angela Acordon, Soprintendenza per i Beni Storici, Artistici ed Etnoantropologici della Liguria
- 13. Interazione tra murature e ambienti confinati in edifici storici soggetti a patologie da umidità: strumenti e metodiche per il monitoraggio microclimatico ed il controllo di interventi di risanamento delle murature** 237  
Dott. Paolo Mandrioli, ISAC CNR Bologna – Istituto di Scienze dell'atmosfera e del Clima

Copyright © - I testi e le immagini originali contenute nella presente pubblicazione sono di proprietà esclusiva dei rispettivi autori e sono pertanto tutelati dalle vigenti norme sulla protezione del diritto d'autore. Ai sensi dell'art. 5 della legge 22 aprile 1941 n. 633, i testi degli atti ufficiali dello Stato e delle amministrazioni pubbliche, italiane o straniere, non sono coperti da diritti d'autore.

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  
OGGI ASSOCIAMO LE ATTIVITÀ, PER UN NUOVO RESTAURO



In collaborazione con:

### Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale  
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa

### Ente organizzatore:



Comune di Ragusa  
Uff. Centri Storici

### 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:



### 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  
Uff. 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:

## Prefazione

*On. Giorgio Chessari, Presidente del Centro Studi Feliciano Rossitto*

Il convegno che il 5 e il 6 ottobre del 2012 si è svolto nell'auditorium della Chiesa di San Vincenzo Ferreri, nel cuore di Ragusa antica, è stato un avvenimento straordinario. Scienziati, ricercatori, tecnici, architetti, uomini di cultura provenienti da ogni parte d'Italia – per due giorni – hanno discusso su “metodo scientifico ed innovazione tecnologica per la salvaguardia e recupero del patrimonio storico” in un contesto monumentale, salvato dalla distruzione, che costituisce l'emblema stesso della rinascita della città antica. Infatti, ancora all'inizio degli anni Ottanta, tale chiesa era in completa balia del degrado, senza tetto, con parti delle murature dirute, infestata da arbusti e sterpaglie. Il simposio, tenutosi nella ricorrenza del decimo anniversario dell'iscrizione del sito “Le città tardo barocche del Val di Noto” nella lista del patrimonio mondiale dei beni culturali, ha compiuto un primo bilancio del lavoro che è stato svolto nel nostro Paese per l'applicazione dei metodi scientifici nella diagnosi per la prevenzione e la cura delle patologie da umidità capillare.

Le esperienze positive presentate sono state numerose. Particolare rilevanza ha l'intervento portato a termine sulla “Cona del Gagini”, il grande complesso scultoreo della seconda metà del 1500, custodito nel Duomo di San Giorgio, proveniente dalla chiesa intitolata allo stesso Santo, distrutta dal terremoto del gennaio 1693.

Significative sono state le indicazioni che gli illustri convegnisti hanno fornito a quanti sono impegnati nell'opera di salvaguardia della integrità dei valori storici, urbanistici, monumentali che la norma costituzionale e la convenzione dell'Unesco fanno obbligo di trasmettere alle generazioni future.

Sono certo che le indicazioni che sono state fornite dal convegno costituiranno un sicuro orientamento per quanti si accingono ad affrontare gli ardui problemi che derivano – per quanto riguarda Ragusa – dall'attuazione del Piano Particolareggiato del centro storico, recentemente approvato dalla Regione, che costituisce lo strumento principale per la tutela e la salvaguardia del patrimonio storico e culturale di una Città.

Ragusa, 18 marzo 2013

*On. Giorgio Chessari*

*Presidente del Centro Studi Feliciano Rossitto*

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale  
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa

Ente organizzatore:



Comune di Ragusa  
Ente Centri Storici

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO

assorestauRO

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
OGNI ANNO PER IL RESTAURO, IL 15 OTTOBRE



LEONARDO  
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO  
E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA

## Apertura e saluti delle Autorità locali

*Giovanni Cosentini, Assessore ai Centri Storici del Comune di Ragusa*

*Arch. Alessandro Ferrara, Soprintendente - Soprintendenza BB.CC.AA. di Ragusa*

*On. Giorgio Chessari, Presidente del Centro Studi Feliciano Rossitto*

*Sua Eccellenza Reverendissima Mons. Paolo Urso, Vescovo di Ragusa*

## Moderatore dei Lavori

*Prof. Fernando G. Alberti, Direttore Centro di Ricerca CERMEC - Università Carlo Cattaneo LIUC Castellanza*

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:

## Galleria immagini



Fig. 1 - L'auditorium Vincenzo Ferreri, sede del Convegno.



Fig. 2 - Il tavolo dei Relatori.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:





Fig. 3 - I partecipanti al convegno.



Fig. 4 - Foto di gruppo dei Relatori.

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale Italiana per l'UNESCO



MINISTERO PER I BENI E LE ATTIVITÀ CULTURALI



Provincia di Siracusa



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 QUALIFICAZIONE MANIFATTURA



Fig. 5 - Intervista dei media locali all'Ing. Rossetto, ideatore della tecnologia a neutralizzazione di carica Domodry.



Fig. 6 - Il Giardino Ibleo, presso l'Auditorium sede del convegno.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:





*Fig. 7 - Visita guidata al Centro storico, con una Guida d'eccezione (Arch. Adriana Vindigni).*



*Fig. 8 - Visita al Circolo di Conversazione, stabile in stile neoclassico edificato nel 1850 dall'aristocrazia cittadina.*

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:





Fig. 9 - Il grande Portale quattrocentesco di San Giorgio.



Fig. 10 - Piazza Duomo, con vista sul Duomo di San Giorgio.

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale Italiana per l'UNESCO



MINISTERO PER I BENI E LE ATTIVITÀ CULTURALI



Provincia Siracusa



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 Architectural, Artistic, Urban Restoration



In collaborazione con:



LEONARDO SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO E LA REABILITAZIONE URBANA



Fig. 11 - Ragusa Ibla di giorno...



Fig. 12 - ...e al calar della sera!

Con il Patrocinio di:



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



# 1. L'importanza degli interventi di prevenzione nella salvaguardia, recupero e valorizzazione del patrimonio storico, secondo le istanze della conservazione preventiva e programmata

*Dott. Raymond Bondin, Ambasciatore e Delegato Permanente di Malta per l'Unesco*



*Fig. 1 - Ragusa, vero Paesaggio storico urbano.*

## Si conserva perché, per chi

Attualmente, anche se in Italia non del tutto, si è superata l'idea che il monumento storico debba essere conservato di per sé, per il suo valore intrinseco. Oggi si guarda al monumento o ai gruppi di monumenti inseriti nel loro contesto storico, paesaggistico, quindi in una prospettiva più allargata. Da tempo infatti si discute di "historic urban landscape" idea che ha superato il concetto di "centro storico" o di "città storica". Ma in pratica questo cambiamento cosa significa?

Significa che la ricerca, la documentazione e i progetti stessi di conservazione sono divenuti più complessi perché l'intervento su un monumento deve essere considerato nel contesto molto più ampio dello spazio architettonico e paesaggistico in cui si colloca. Significa anche che oggi è decisamente superata l'idea di conservare solo i materiali, la parte tangibile della storia. Si tende ora a voler conservare la memoria della città, del patrimonio culturale e storico. La tutela deve quindi essere più rigida e i cambiamenti nelle città devono essere molto controllati.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:

## L'importanza della ricerca

E' aumentata la consapevolezza dell'importanza della ricerca per migliorare la conservazione. Non è più accettabile, per esempio, che si utilizzino prodotti in un paese perchè sperimentati in altre regioni e città ma che non c'entrano con il patrimonio e la storia locale. Le università devono assicurare una ricerca molto più attenta sia ai materiali per la conservazione sia ai prodotti utilizzati per la conservazione, anche perchè oggi i cambiamenti climatici e atmosferici creano danni decisamente più drastici e molto più velocemente che in passato.

Ma allora perchè l'Unione Europea riduce i fondi a disposizione della ricerca universitaria? E' possibile, come chiede l'Unione Europea, che la ricerca sia finanziata totalmente dal settore privato? E' eticamente corretto? Da buoni risultati? Sono tutte domande a cui dobbiamo ancora in parte rispondere. Certo le Università devono trovare il modo di essere più vicine e in linea con la parte commerciale dei prodotti e dei sistemi, ma questo è etico o solamente conveniente?

## I progetti non finiscono alla fine

Non c'è dubbio che uno dei problemi più scottanti riguarda il fatto che i fondi vengono attualmente stanziati per i progetti di ristrutturazione, ma non si pensa minimamente al problema della manutenzione e del monitoraggio nel tempo. Nel mondo anglosassone tanti degli appalti di conservazione hanno una durata decennale, proprio perchè il progetto prevede che l'azienda che ristruttura debba anche occuparsi della manutenzione e del monitoraggio nel tempo, facendo ricerca sugli effetti degli interventi per un periodo molto più lungo. In questo modo non è necessario cercare fondi per la manutenzione perchè sono già parte del finanziamento iniziale stanziato per il risanamento. Inoltre più l'azienda appaltatrice sarà responsabile dell'intervento e monitoraggio nel tempo più i risultati saranno duraturi.

Con il Patrocinio di:



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  
OGGI ASSOCIATI DI RESTAURAZIONE, ANNI AGGIUNTI PER IL FUTURO



In collaborazione con:



Fig. 2 - Donnafugata, Ragusa Ibla

## La mancanza di gestione

Questi ed altri problemi possono essere risolti se si crea un vero progetto di gestione. Non si fa un Piano di Gestione solamente perchè UNESCO chiede un piano. Si fa se si crede che sia necessario.

Quale valore hanno questi Piani se non si mettono in pratica? Cioè come è possibile che si faccia un Piano con costi considerevoli ma poi lo si lasci nel cassetto della Sovrintendenza?

I Piani devono essere piani pratici e non solo accademici. Devono essere aggiornati

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO



In collaborazione con:





Fig. 3 - Raymond Bondin, cittadino onorario di Ragusa

ogni due anni. Devono cambiare con il cambiamento delle necessità contingenti delle città. Ma la città deve anche credere nei Piani di Gestione.

Il riconoscimento UNESCO a Ragusa ha migliorato la città? Il riconoscimento ha portato più aiuto economico e sociale ai cittadini? Ci chiediamo questo perché la tutela e la valorizzazione di una città storica, o per usare i termini moderni il paesaggio urbano storico, si fa non per assicurare che i materiali si conservino più a lungo ma si fa per conservare la memoria della città. E i cittadini, i loro bisogni economici e sociali, devono sentirsi parte di questo cambiamento.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



## 2. Ragusa Ibla Città Patrimonio dell'Umanità: una riflessione a 10 anni dal riconoscimento Unesco, prospettive e progetti di valorizzazione e sviluppo

*Arch. Bruno Cosentini, Consulente del Comune di Ragusa per le relazioni tra la Città di Ragusa e l'Unesco*

Porgo un cordiale saluto a tutti gli intervenuti ed un ringraziamento particolare al Comune di Ragusa per l'opportunità che viene data alla nostra città di accogliere un così importante avvenimento.

Il mio non sarà un intervento specificamente tecnico ma propositivamente critico, cercando di trasmettervi, in maniera sintetica, i risultati della breve esperienza fatta occupandomi di questo settore.

Se siamo qui oggi, è perché istituzioni, aziende, dipartimenti universitari, professionisti vedono in questa realtà un'opportunità di ricerca, di economia, di lavoro, di aggiornamento, sicuri che tutto risulti estremamente serio e garantito dalla presenza del marchio UNESCO.

E' vero, diventare centro di studio e di ricerca era uno degli obiettivi principali di quella splendida avventura iniziata nel 2002, e fortunatamente ancora viva, quando il Comitato World Heritage UNESCO, nella 26° seduta svoltasi a Budapest dal 24 al 29 Giugno, aveva iscritto le Città Tardo Barocche del Val di Noto (Sud-Est della Sicilia) nella Lista dei Siti Patrimonio Mondiale della Cultura.

Caltagirone, Catania, Militello Val di Catania, Modica, Noto, Palazzolo Acreide, Ragusa e Scicli venivano accomunate per il loro passato, presente e futuro.

A Ragusa venivano riconosciuti 18 monumenti (vedi foto seguenti), in parte Palazzi ed in parte Edifici Religiosi, localizzati nei Centri Storici di Ragusa Ibla e Ragusa Superiore, oltre le vallate e i Centri Storici. In totale 47 ettari, di cui 17,5 relativi al perimetro monumentale e 29,5 ettari riguardanti la zona di protezione.

Dopo 10 anni Ragusa, per due giorni, diventa luogo di studio e ricerca, ma dopo 10 anni è opportuno fare anche una riflessione sullo stato dei monumenti e sullo stato di attuazione dei principi UNESCO.

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  
Ibl. Centri Storici

Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO

assorestauRO

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
OGGI ASSOCIATI DI RESTAURO, SEI GIORNI FA NASCITA



LEONARDO  
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO  
E LA REABILITAZIONE URBANA



*Fig. 1 - PALAZZO VESCOVILE sede attiva della Curia e della Diocesi ragusana, in ottimo stato di conservazione.*



*Fig. 2 - CATTEDRALE DI SAN GIOVANNI BATTISTA, in ottimo stato di conservazione.*

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale Italiana per l'UNESCO



MINISTERO PER I BENI E LE ATTIVITÀ CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa

Ente organizzatore:



Comune di Ragusa  
Uff. Centri Storici

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:



LEONARDO SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO E LA BENEFICAZIONE UMANA



Fig. 3 - PALAZZO ZACCO, recentemente restaurato e sede Del “Museo del Tempo Contadino” e della “Raccolta Civica Carmelo Cappello”.



Fig. 4 - PALAZZO BERTINI, in attesa di interventi risolutivi per gli elementi lapidei della facciata.

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale Italiana per l'UNESCO



MINISTERO PER I BENI E LE ATTIVITÀ CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa

Ente organizzatore:



Comune di Ragusa  
Un. Centri Storici

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 QUALIFICAZIONE URBANA



*Fig. 5 - CHIESA DI SANTA MARIA DELLE SCALE, recentemente restaurata.*



*Fig. 6 - CHIESA DELLE SS. ANIME DEL PURGATORIO, recentemente restaurata.*

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:





Fig. 7 - PALAZZO DELLA CANCELLERIA VECCHIA, recentemente restaurato.

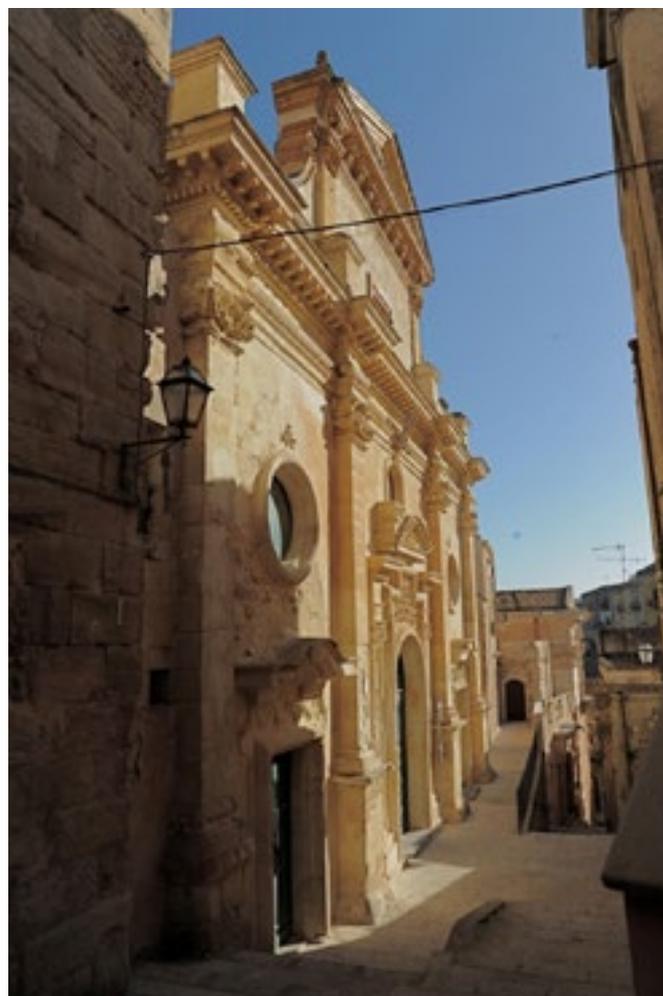


Fig. 8 - CHIESA DI SANTA MARIA DELL'IDRIA, recentemente restaurata.

Con il Patrocinio di:



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa



Comune di Ragusa  
Un. Centri Storici

Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:





Fig. 9 - PALAZZO COSENTINI, recentemente restaurato.



Fig. 10 - CHIESA DI SAN FILIPPO NERI, recentemente restaurata ma non aperta al pubblico.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:





Fig. 11 - DUOMO DI SAN GIORGIO, recentemente restaurato.



Fig. 12 - PALAZZO SORTINO-TRONO, recentemente restaurato.

Con il Patrocinio di:



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. 13 - PALAZZO LA ROCCA, necessita di restauri ai mascheroni lapidei.*



*Fig. 14 - PALAZZO BATTAGLIA, in buono stato di conservazione.*

Con il Patrocinio di:



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:





*Fig. 15 - CHIESA DI SAN FRANCESCO ALL'IMMACOLATA, recentemente restaurata.*



*Fig. 16 - CHIESA DI SAN GIUSEPPE, recentemente restaurata.*

Con il Patrocinio di:



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:





*Fig. 17 - CONVENTO E CHIESA DI SANTA MARIA DEL GESU', lavori di consolidamento in corso.*



*Fig. 18 - CHIESA DI SANTA MARIA DEI MIRACOLI, in cattivo stato di conservazione.*

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  
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:



Interventi realizzati nella quasi totalità con i fondi della Legge Speciale 61/81 sul recupero dei Centri Storici di Ragusa. Nessun intervento economico attuato attingendo a fondi derivanti dal nostro essere sito UNESCO.

Eppure non era questo che ci si aspettava quando il Venerdì 28 Giugno 2002, sospesi i lavori del Consiglio Comunale, il Sindaco dava lettura del telegramma con cui veniva ufficialmente comunicato l'inserimento della città di Ragusa tra le Città Tardo Barocche del Val di Noto (Sud-Est della Sicilia) iscritte nella Lista del Patrimonio mondiale dell'Umanità. La motivazione era che "esse rappresentano una considerevole impresa collettiva, portata con successo ad alti livelli artistici e architettonici", riferendosi alla ricostruzione post-terremoto 1693.

Presenti in aula: l'arch. Ray Bondin, Commissario Unesco e la Prof. Tatiana Kirova, del Politecnico di Torino, che aveva lavorato alla redazione del Piano di Gestione per gli Otto Comuni.

In accompagnamento a tale riconoscimento venivano espresse anche alcune opportunità come quella che 'gli Enti locali che si giovano di tale riconoscimento hanno il diritto e il dovere di rivendicare dalla Regione, dallo Stato, dall'Unione Europea, misure legislative e risorse finanziarie che consentano loro di potere corrispondere alle aspettative dell'Unesco', o come 'l'appartenenza comporta l'obbligo di garantire l'identità, la protezione, la conservazione, la valorizzazione e la trasmissione alle generazioni future di questo patrimonio'.

Per tutta la collettività iblea un grande onore ma anche una responsabilità enorme, considerati i principi dell'UNESCO.

Basti dare uno sguardo agli altri siti italiani per capire con quali grandi opere stiamo condividendo questa enorme responsabilità di salvaguardia di un patrimonio culturale che supera oramai i confini nazionali.

Essere titolari di un così alto numero di monumenti è sì meritorio, ma comporta una serie di iniziative non indifferenti per mantenere in vita e valorizzare al massimo questo patrimonio.

A dire il vero Ragusa si trovava in grande vantaggio rispetto a tutti gli altri sette Comuni, grazie alla allora già ventennale applicazione della Legge Speciale su Ibla. Molti dei principi UNESCO e delle direttive contenute nel successivo Piano di Gestione, erano state in parte già applicate e in quei vent'anni si erano sperimentate tecniche e metodi che, per successive approssimazioni, avevano portato a risultati apprezzabili.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:

Quindi nell'arco di vent'anni Ragusa viene investita da due grandi riconoscimenti: la Legge per Ibla e l'iscrizione nella World Heritage List.

Ma mentre per la Legge 61 la gestione veniva affidata al Comune di Ragusa, che la applicava talmente bene da far diventare Ibla un fenomeno di carattere Europeo, ponendola all'avanguardia nel settore del recupero dei Centri storici, per quanto riguarda l'appartenenza all'Unesco, Ragusa entra a fare parte di una complessa macchina che dovrebbe funzionare sincronicamente agli altri siti Val di Noto, secondo un altrettanto complesso Piano di Gestione che ha nella sinergia il suo metodo attuativo. Il principio cardine su cui si fondano la strategia generale e la struttura del Piano di Gestione Operativo per il sito UNESCO "Le Città Tardo Barocche del Val di Noto" è quello "dell'integrazione di sistema".

Del resto il contenuto fondamentale sta proprio nell'enunciato della nomina che descrive la ricostruzione come "considerevole impresa collettiva" e, quindi, con la stessa logica, rimette insieme dopo circa 300 anni quelle città.

Quindi Ragusa non è un sito UNESCO completamente autonomo, ma fa parte di un "sistema", è parte integrante di un sistema. Per gli interventi finanziari, per gli interventi di immagine, per l'attuazione di strategie a breve, medio e lungo termine, deve fare i conti con tutti gli altri. Se uno solo degli otto ingranaggi si inceppa, si inceppa tutto il meccanismo.

E questo è ciò che è di fatto successo: il meccanismo si è inceppato. Il Piano di Gestione è lettera morta, ma, cosa ancor più grave, gli otto siti non dialogano tra di loro.

Nessuna iniziativa per accedere a finanziamenti europei, nazionali e regionali, nessuna ricerca di legislazione italiana ed europea sulla disponibilità di fondi da ottenere in maniera diretta e indiretta, nessuna precedenza, nessuna partnership con altri siti sparsi per il mondo, nessuna organizzazione unitaria del decennale... e non perché Ragusa dorme, ma perché non c'è coordinamento tra i vari Siti.

L'unione, invece di creare una forza, ha creato una debolezza.

L'Arch. Ray Bondin il 17 Dicembre 2003, durante un sopralluogo a Ibla, affermava: "Il vostro è un territorio che non ha ancora sfruttato il riconoscimento. Alla consapevolezza della unitarietà degli otto comuni iscritti nella Lista Unesco manca ancora la traduzione in "sistema". Attenzione, il riconoscimento UNESCO non è un dato acquisito una volta per tutte". Il riconoscimento, così come è stato dato, può essere tolto.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:

Il 25 Gennaio 2004 è stato sottoscritto il protocollo d'intesa denominato "Distretto Culturale del Sud-Est" da parte degli 8 comuni del Val di Noto inseriti nella Lista UNESCO. Il "Consorzio", è scritto, "avrà il compito di valorizzare i beni culturali patrimonio dell'Umanità e promuovere le realtà territoriali ricadenti nel Val di Noto nell'ambito di un progetto di azione comune più ampio e integrato", così come del resto indicato dall'UNESCO stesso che vede nel riconoscimento un mezzo per rivalutare anche l'ambiente, l'intorno che ha dato origine all'opera.

Per fortuna abbiamo la Legge Speciale per Ibla, e dobbiamo essere grati a chi allora ebbe questa grande intuizione e si battè per farla approvare e successivamente attuare. Finora abbiamo affidato a questa Legge tutte le aspettative finanziarie per il recupero e la salvaguardia dei Centri Storici Ragusani in generale, e quindi anche dei 18 monumenti inseriti nel patrimonio UNESCO, ma sappiamo tutti a quali sabotaggi la Legge è sottoposta ogni anno al momento del rifinanziamento.

Ma allora, dobbiamo solo avere l'onere della salvaguardia e del mantenimento in vita, a nostre esclusive spese, di questi monumenti o ci sono delle iniziative alle quali poter aderire, proprio perché Sito UNESCO?

La collettività ragusana ha accolto con entusiasmo questo riconoscimento, però, dopo quasi 10 anni, questo entusiasmo si è sopito. L'essere sito Unesco è diventato normale, un marchio buono da utilizzare sulla carta intestata o nella cartellonistica stradale, un logo che passa oramai inosservato. La gente si chiede: ma, stringi stringi, qual è il vantaggio?

Può essere che tutto 'finisca' dal momento della iscrizione nella World Heritage List?

Ma, allora, perché tanti altri paesi tentano con grande determinazione di avere questo ambito riconoscimento?

Penso che invece tutto debba avere 'inizio' dal momento della iscrizione.

Penso sia arrivato il momento di chiedersi come sfruttare tutte le opportunità dell'essere sito Unesco, da soli o in "sistema".

Avevo anticipato che il mio non sarebbe stato un intervento tecnico, ma vi posso assicurare che se prima non si risolvono i problemi di attuazione che ho anzi esposto non ci sarà per noi la possibilità di sperimentare tecnicamente un bel nulla.

Il fallimento del coordinamento tra i Comuni e la mancata attuazione del Piano di Gestione non sono soltanto un'occasione turistico-economica perduta, sono un danno per la ricerca.

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale  
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa

Ente organizzatore:



Consorzio di Ragusa  
Un. Centri Storici

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO

assorestauRO

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano



In collaborazione con:



LEONARDO  
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO  
E LA DEMONSTRAZIONE INFORMATICA

La ricerca ha bisogno di applicazione per avere dati, l'applicazione ha bisogno di investimenti, pubblici e/o privati che siano, per potersi attuare. I risultati di queste ricerche hanno bisogno di investimenti per essere diffusi.

La mancanza di finanziamenti non è un danno solo per la salvaguardia e conservazione dei monumenti, ma è un danno per lo sviluppo di tecniche di intervento, per le aziende come la Domodry, per i tecnici come noi che siamo nel settore, perché non possiamo studiare, sperimentare e applicare nuovi metodi, soprattutto come quelli proposti oggi che si richiamano ad un principio di reversibilità e non sono invasivi. La qualità dei nostri interventi dipende dallo studio che c'è a monte.

La cultura scientifica, l'innovazione pagano in termini di sviluppo del Paese.

Ma paga anche la cultura umanistica, cruciale in un Paese dove si concentra la maggior parte dei siti "Patrimonio dell'Umanità".

Spero che quando il quadro politico generale si sarà stabilizzato, si potrà tornare a riflettere su un settore in crisi, come il restauro e la conservazione monumentale, che ha sempre visto l'Italia all'avanguardia nel mondo.

Spero che gli otto Comuni del Val di Noto tornino a dialogare tra loro e che venga reso più snello possibile il Piano di Gestione. Spero che, se questo non accadrà, Ragusa abbia la forza e il coraggio di autodeterminarsi per sopravvivere come sito UNESCO, autonomamente, perché mantiene intatti ancora oggi tutti i titoli che le hanno consentito di ottenere questo ambito riconoscimento.

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  
OGGI ASSOCIAZIONI DI ARCHITETTI, ARTISTI, URBANISTI



In collaborazione con:



LEONARDO  
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO  
E LA REABILITAZIONE MURARIA

### 3. Il Sistema Informativo Territoriale della Carta del Rischio nella conservazione programmata

*Dott. Carlo Cacace, Direttore Sistemi Informativi, Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro*

#### Abstract

Il Sistema Informativo Territoriale (SIT) realizzato dall'Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro (già ICR) è un sistema di sperimentazione sul territorio per la conoscenza sul rischio di danno dei beni. La metodologia del SIT Carta del Rischio si propone di fornire ai responsabili della tutela del Patrimonio uno strumento tecnologico di supporto alle attività scientifiche ed amministrative.

Il progetto nasce dal concetto di restauro preventivo elaborato da Cesare Brandi e costituisce lo strumento operativo per il processo di manutenzione preventiva e conservazione programmata avviata da Giovanni Urbani (anni '70-'80).

La Carta del Rischio non vuole essere una misura della probabilità che si verifichino eventi dannosi, ma rappresenta un approfondimento sullo stato di conservazione dipendente dalle fenomenologie che possono essere dannose al bene.

Va infine precisata la valenza sperimentale del sistema, che ha bisogno di verifiche e approfondimenti sul campo da esercitarsi di concerto con le professionalità operative delle strutture territoriali e degli enti preposti per normativa alla gestione e tutela e valorizzazione del patrimonio culturale.

#### Introduzione

Il SIT Carta del Rischio, messo a punto dall'Istituto Superiore per la Conservazione (già ICR) è un sistema di sperimentazione sul territorio, per la conoscenza sul rischio di danno dei beni, inserito in un sistema integrato che vede l'interoperabilità con il SIGEC dell'Istituto Centrale per la Catalogazione e la Documentazione e Beni Tutelati della Direzione Generale per il Paesaggio, le Belle Arti, l'architettura e l'Arte Contemporanea. Il SIT è un sistema di banche dati, alfanumeriche e cartografiche, in grado di esplorare,

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:



sovrapporre ed elaborare informazioni intorno ai potenziali fattori di rischio che investono il patrimonio culturale. Per la costruzione del modello di rischio è stato adottato un approccio statistico, sulla cui base i singoli beni sono valutati come “unità” di una “popolazione statistica” di cui si mira a valutare il livello di rischio. I Fattori di Rischio sono stati suddivisi in: Vulnerabilità Individuale (V), ossia una funzione che indica il livello di esposizione di un dato bene all’aggressione dei fattori territoriali ambientali; Pericolosità Territoriale (P), ossia una funzione che indica il livello di potenziale aggressività di una data area territoriale, indipendentemente dalla presenza o meno dei beni. Al fine di costruire il Modello di Rischio, sono stati individuati tre differenti domini, validi sia per la Vulnerabilità che per la Pericolosità. I domini individuati per la Vulnerabilità (V) sono: il dominio Ambientale-Aria (definito dall’aspetto della superficie), il dominio Statico-Strutturale (definito dalle caratteristiche costruttive e statico-strutturali), il dominio Antropico (definito dall’uso e dalla sicurezza). Analogamente, i domini individuati per la Pericolosità (P) sono: il dominio Ambientale-Aria (caratterizzato dai fattori climatici, microclimatici e gli inquinanti dell’aria), il dominio Statico-Strutturale (definito dalle caratteristiche geomorfologiche del suolo e del sottosuolo), il dominio Antropico (caratterizzato dalle dinamiche demografiche e socioeconomiche). Il modello sopra descritto permette di esprimere il Rischio (R) come una funzione generale delle componenti di Vulnerabilità (V), relative ad ogni unità della popolazione, e di Pericolosità (P), relative ad ogni area territoriale sulla quale il bene si colloca.

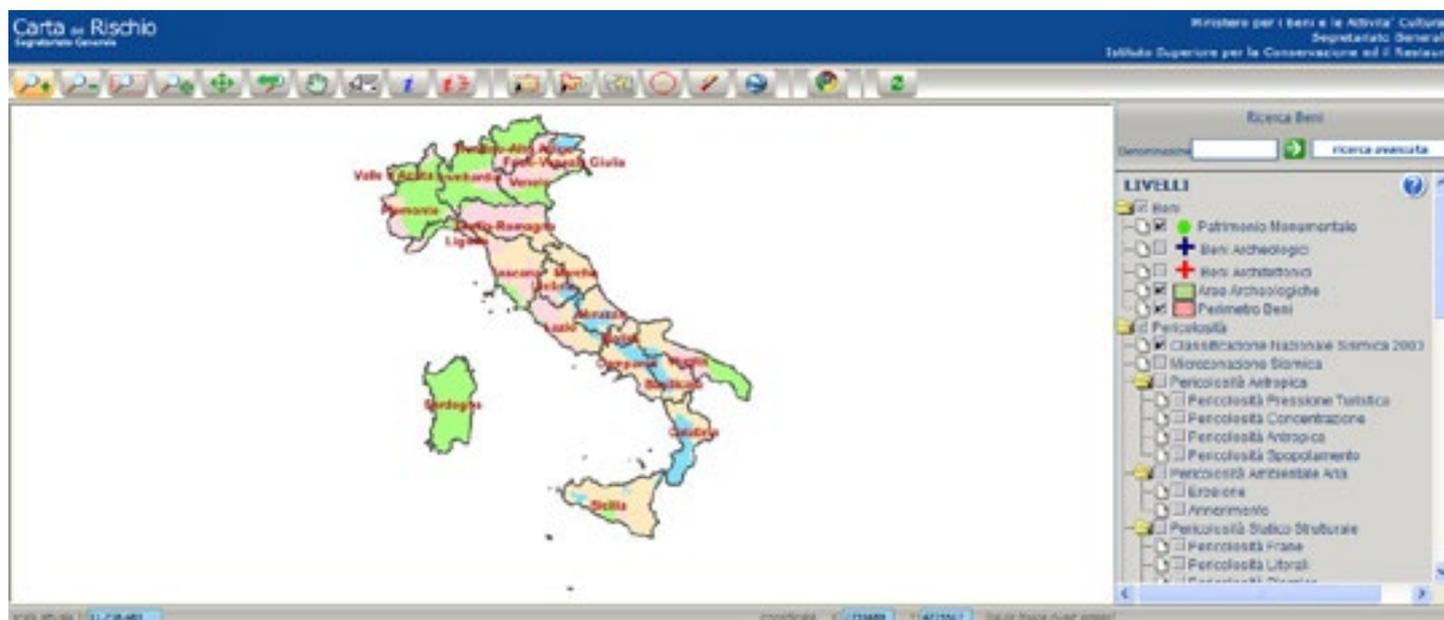


Fig. 1 - Rappresentazione della pericolosità sismica.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



## Vulnerabilità stato di conservazione

La scheda conservativa è strutturata in due sezioni:

la prima anagrafico-identificativa, dove il bene viene identificato con lo standard definito dall'Istituto Centrale del Catalogo e della Documentazione (ICCD) per la normale attività di catalogazione. La seconda descrittiva, finalizzata al rilevamento dello stato di conservazione e al calcolo della vulnerabilità, attraverso valutazioni metriche degli elementi

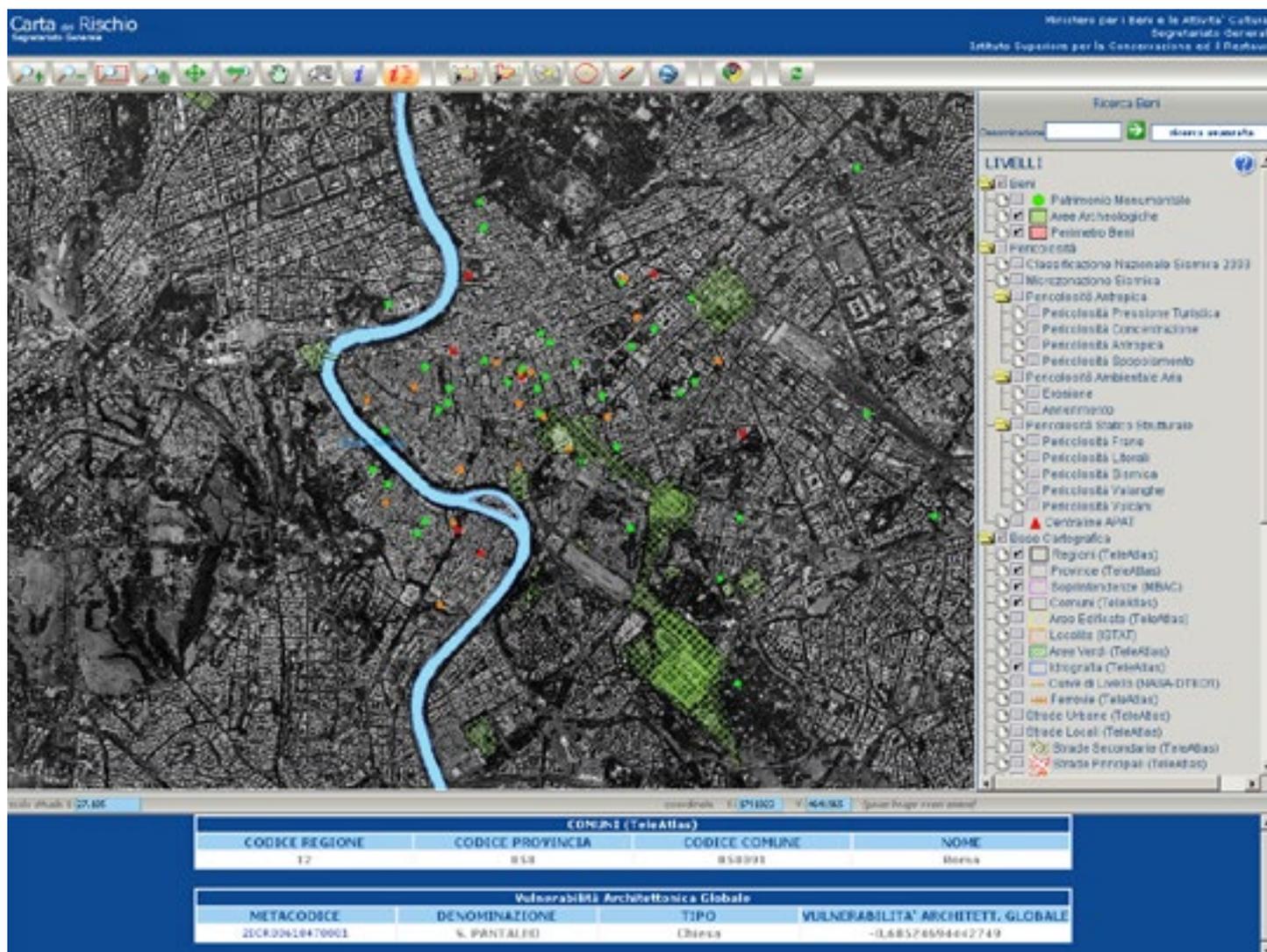


Fig. 2 - Distribuzione dei beni secondo il livello di vulnerabilità (alto, medio-alto, medio, basso).

Con il Patrocinio di:



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



costitutivi e dell'estensione e gravità delle diverse forme del degrado presenti sul manufatto. La scheda prevede, inoltre, un corredo di allegati fotografici ed elaborati grafici e cartografici. La Vulnerabilità viene valutata attraverso i numerosi dati raccolti durante lo studio del manufatto, relativi ai tre domini di superfici e strutture, oltre a quello delle modalità di uso del bene. Le variabili utilizzate per quantificare lo stato di conservazione della superficie sono organizzate in base al grado di urgenza, gravità ed estensione che più tipologie di danno possono assumere in relazione agli elementi che caratterizzano l'aspetto "superficiale" del bene, agli elementi costruttivi fondamentali e la sicurezza del bene. In figura 2 la distribuzione secondo il livello di vulnerabilità (alto, medio-alto, medio, basso) nel comune di Roma dei beni schedati.

## Vulnerabilità sismica

Allo scopo di determinare modelli di calcolo del rischio sismico, sono stati messi in relazione gli indicatori di pericolosità sismica, aggiornati rispetto alle nuove normative vigenti, con i dati di vulnerabilità ed esposizione desunti da un nuovo tracciato di scheda sismica messo a punto per l'occasione. La nuova scheda è stata differenziata per 3 diverse tipologie di beni (1-palazzi, 2-torri/campanili, 3-chiese/teatri/sistemi edilizi complessi). La ragione della scelta delle 3 tipologie citate risiede nei modelli di approccio della vulnerabilità (fattibili solo per tali tipologie).

Le finalità principali sono state quelle di effettuare un primo censimento su un campione esemplificativo di monumenti in Sicilia e Calabria che ha interessato un numero complessivo di circa 3150 beni, sui quali sono stati approfonditi anche ulteriori aspetti relativi all'anamnesi sismica-costruttiva e al rilevamento della risposta di microtremità al rumore ambientale.

Il censimento e la scheda relativa sono conformi alle "Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni", ora divenute "Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri" in data 12/10/2007. L'operazione è da intendersi come un primo passo verso l'approfondimento ed il dettaglio indicato dalla Direttiva citata. In figura 3 la distribuzione dei beni nel comune di Ragusa secondo il livello di vulnerabilità sismica (alto, medio-alto, medio, basso).

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



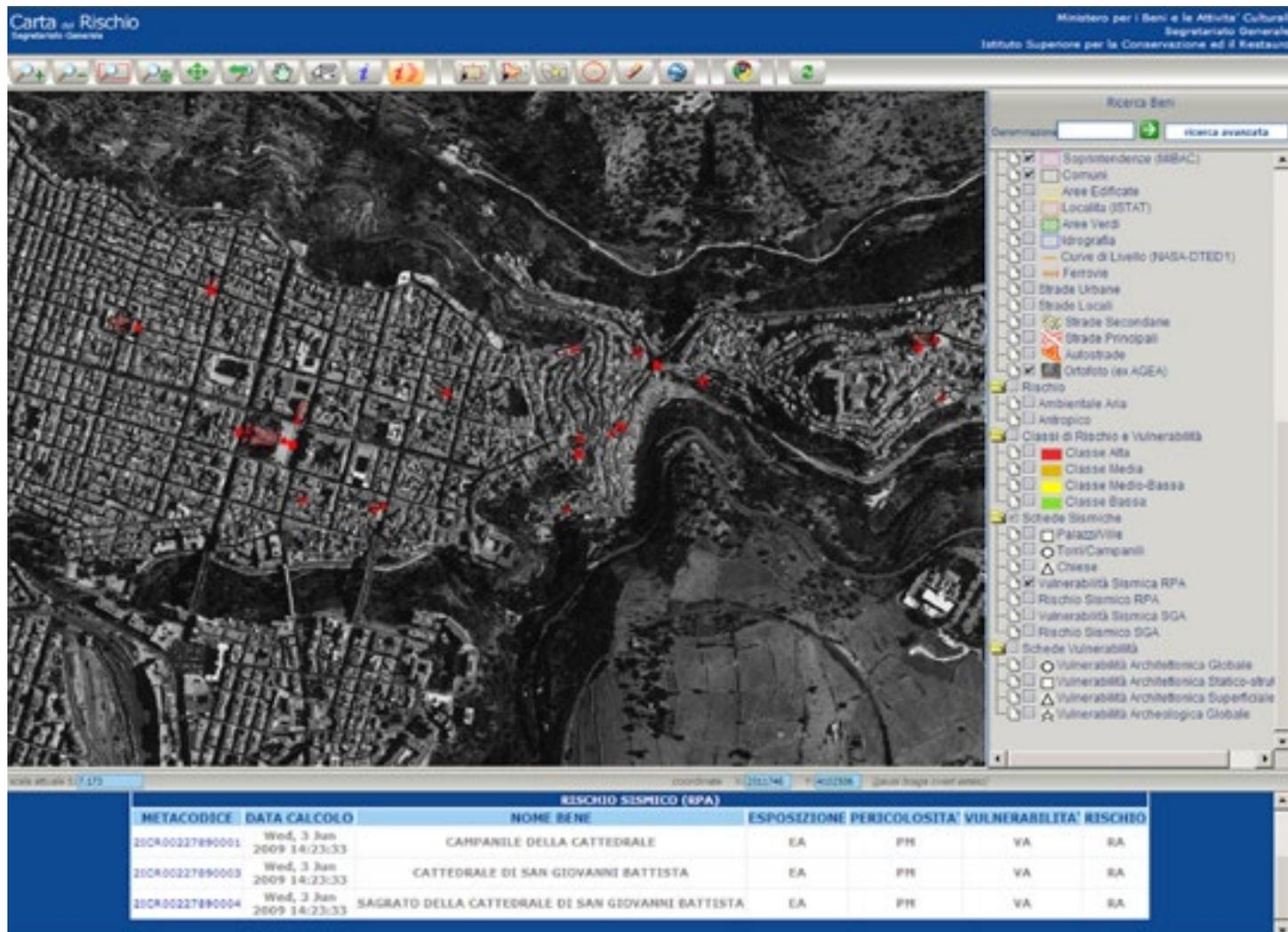


Fig. 3 - Distribuzione dei beni nel comune di Ragusa secondo il livello di vulnerabilità sismico.

Con il Patrocinio di:



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



## Conclusioni

Nel progetto della Carta del Rischio realizzato dall'I.S.C.R. è stato studiato quindi un modello di verifica in cui sono stati applicati i concetti di:

- livelli cartografici di riferimento;
- modalità di raccolta selezione ed organizzazione dei dati di pericolosità;
- modalità di localizzazione cartografica dei beni;
- elaborazione dei dati di pericolosità, vulnerabilità e rischio.

Questo permette quindi la individuazione puntuale del bene e del suo stato di conservazione e del suo stato di vulnerabilità e conseguentemente del suo stato di rischio. La possibilità di avere a disposizione l'intera banca dati direttamente collegata alla procedura cartografica permette attraverso delle consultazioni, che possono essere attivate direttamente dalla posizione geografica rilevata dalla cartografia territoriale, l'estrazione di tutte le informazioni sulla vulnerabilità e sulla pericolosità. Inoltre tutte le carte possono essere ridisegnate on line tutte le volte che verrà aggiornato il data base della pericolosità o della vulnerabilità attraverso le campagne di schedatura territoriale. L'utilizzo della carta del rischio permette il reperimento di tutte quelle informazioni ambientali, strutturali e territoriali che possono essere una idonea base di conoscenza come riferimento e vincolo per l'impostazione metodologica della progettazione di un intervento di restauro o delle attività di manutenzione e in genere della programmazione degli interventi necessari al riduzione del danno sui beni culturali. Dalla banca dati possiamo ottenere tutti i dati sulla pericolosità territoriale del comune del sito di interesse (sisma, frane, esondazioni, direzione e venti prevalenti, ed altro), sulla vulnerabilità del sito (stato di conservazione, utilizzo dello scavo, sicurezza, gestione ed altro) ed avere, quindi, l'insieme di tutte queste informazioni utilizzabili come base per l'impostazione del progetto. Il Sistema Informativo Territoriale realizzato dall'Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro si propone di fornire ai responsabili della tutela del Patrimonio uno strumento tecnologico di supporto alle attività scientifiche ed amministrative. E' bene ricordare in questa sede che il progetto nasce dal concetto di Restauro Preventivo elaborato da Cesare Brandi e costituisce lo strumento operativo per il processo di manutenzione pre-

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



ventiva e conservazione programmata avviata da Giovanni Urbani (anni '70-'80). Occorre precisare che la carta del rischio non vuole essere una misura della probabilità che si verifichino eventi dannosi, questo comporterebbe l'individuazione precisa di causa - effetto nell'ambito di tutti i fenomeni studiati ma rappresenta un approfondimento sullo stato di conservazione dipendente dalle fenomenologie che possono essere dannose al bene. Infine è bene precisare la valenza sperimentale del sistema che ha bisogno di verifiche e approfondimenti sul campo e queste attività non possono che esercitarsi di concerto con le professionalità operative delle strutture territoriali e degli enti preposti per normativa alla gestione e tutela e valorizzazione del patrimonio culturale.

## Biibliografia

Accardo G., Cacace C., Rinaldi R. (2005), "Il Sistema Informativo Territoriale della carta del Rischio" in ARKOS – Scienza e Restauro dell'Architettura Nardini Editore Anno VI – Nuova Serie- Aprile/giugno.

Bianchi A., Cacace C. (2008), "La Carta del Rischio del Patrimonio Culturale" in S.I.T. Il Sistema informativo territoriale e gli studi tematici. Carta del rischio del patrimonio culturale ed ambientale della regione siciliana. Palermo , pp 19-22

Cacace C. (2005), "La Carta del Rischio" in "L'impatto dell'inquinamento atmosferico sui beni di interesse storico – artistico esposti all'aperto" in APAT Agenzia per la Protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici. Stampa I.G.E.R, pp 63-72.

Carlo Cacace (2006), "GIS: uno strumento per la rappresentazione organizzata delle informazioni sui processi di restauro e conservazione" MIBAC – Bollettino ICR 2006 Istituto Centrale per il Restauro, Nardini Editore Nuova Serie n° 13 Luglio/Dicembre.

Cercelli A., Ioannilli M., Cacace C. (2008), "Progettazione e sperimentazione di un modello di analisi multi-hazard per la valutazione del rischio locale dei beni culturali" in Atti

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



della 12 Conferenza Nazionale ASITA, presso la Guardia di Finanza, scuola Ispettori e Sovrintendenti, Aquila 21-24 ottobre, pp 839 – 846.

Urbani G. (1975), Piano pilota per la conservazione programmata dei beni culturali in Umbria, progetto esecutivo, ICR-Tecneco, Roma.

Coppi R. (1997), Metodologia per la costruzione di modelli di rischio del patrimonio culturale, in La Carta del Rischio del Patrimonio Culturale (a cura di G. Castelli), ICR – Bonifica.

Il SIT carta del rischio è consultabile all'indirizzo  
[www.cartadelrischio.it](http://www.cartadelrischio.it)

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 REABILITAZIONE URBANA

## 4. Tutela del Patrimonio Storico: priorità degli interventi di deumidificazione. L'esempio del restauro della chiesa di San Matteo in Lecce

*Biancaneve Codacci Pisanelli, Architetto-PHD in Storia delle Tecniche costruttive - Direzione Generale Ministero per i Beni e le Attività Culturali - Presidente Accademia di Belle Arti di Lecce*

### Abstract

Nella stesura e/o valutazione di un progetto di restauro, una volta individuati i principali fattori di degrado, particolare importanza riveste la definizione degli interventi da considerarsi prioritari, in quanto propedeutici alla soluzione di altri fattori di degrado del monumento.

Per quanto riguarda in particolare il problema dell'umidità di origine capillare, si evidenzia come l'applicazione di una tecnica innovativa e non invasiva quale la tecnologia a neutralizzazione di carica, possa consentire, rispetto alle tecniche più "tradizionali", di raggiungere l'obiettivo della deumidificazione della muratura in via definitiva, evitando interventi che innescano comunque alterazioni permanenti della testimonianza storica. Sotto questo aspetto, la tecnologia a neutralizzazione di carica, applicazione derivata dal settore delle nano-tecnologie, a cui il MiBAC è molto vicino, rappresenta dal punto di vista tecnico e scientifico una grande innovazione, proprio per la possibilità di inserimento "a impatto zero" nell'ambito di interventi di restauro anche di grande complessità e delicatezza.

### Introduzione

Con la presente relazione si vuole sottolineare l'importanza della collaborazione tra Ente pubblico da un lato e Professionisti e Committenti dall'altro. Con il continuo avanzamento tecnologico, peraltro, diviene sempre più importante il ruolo del MiBAC nella regia e nella legittimazione all'utilizzo delle innovazioni tecnologiche nel campo dei Beni culturali.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



Altrettanto importante è focalizzare l'attenzione sulla necessità di definire correttamente la priorità degli interventi all'interno di un progetto di restauro. In particolare, negli edifici affetti da umidità capillare - come nel caso-studio che andremo tra breve ad illustrare - risulta sempre prioritario un intervento di deumidificazione delle murature, in quanto da ritenersi propedeutico alla soluzione di altri fattori di degrado del monumento.

Nella realizzazione dei progetti di restauro dei monumenti, l'attuale tendenza è quella di conservare il più possibile i materiali originali, evitando l'uso di elementi chimicamente estranei al supporto di applicazione. Fino a pochi anni fa l'attenzione era focalizzata su problemi globali di intervento, senza approfondire in modo adeguato le caratteristiche fisiche dei diversi materiali che compongono e caratterizzano il Bene. Gli interventi di risanamento con tecniche e materiali non reversibili hanno determinato una serie di situazioni in cui è stato tralasciato il concetto di conservazione dell'opera in tutte le sue declinazioni.

Prendendo spunto dal caso del restauro della chiesa di San Matteo nel centro storico di Lecce, andremo a ripercorrere le diverse scelte realizzate nell'esecuzione di interventi di recupero di monumenti, con particolare riferimento alle alterazioni dei materiali lapidei determinate dalla presenza di umidità. Potremo quindi rileggere gli interventi realizzati con tecniche poco invasive e maggiormente compatibili con i criteri della conservazione e della durabilità.

Per quanto riguarda in particolare il problema dell'umidità, vedremo come l'applicazione di una tecnica innovativa e non invasiva come la tecnologia a neutralizzazione di carica, possa consentire di raggiungere l'obiettivo della deumidificazione della muratura in via definitiva, evitando interventi che innescano comunque alterazioni permanenti della testimonianza storica.

## Caso-studio: la chiesa di S. Matteo (Lecce)

Veniamo dunque al caso della chiesa di S. Matteo nel centro storico di Lecce. Come si può vedere (Fig.1), si tratta di una chiesa del 1600 caratterizzata dallo stile del barocco classico, arricchita da ben nove altari laterali (di cui 4 sul lato destro e 5 sul sinistro) oltre all'altare maggiore.

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale  
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa

Ente organizzatore:



Comune di Ragusa  
UN. Centri Storici

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO

assorestauRO

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
OGGI ASSOCIATI DI RESTAURO, SI SONO RINNOVATI



In collaborazione con:



LEONARDO  
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO  
E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA



Fig.1 - Pianta, foto del prospetto e foto dell'aula absidale della chiesa di San Matteo (Lecce).

Il materiale utilizzato per la costruzione è la pietra leccese, pietra locale calcarenitica di ottima lavorabilità ma scarsa resistenza meccanica e, soprattutto, scarsa resistenza all'azione dell'acqua e degli agenti atmosferici. Infatti questo tipo di pietra, in presenza di risalita capillare (acqua + sali), si degrada molto rapidamente e in modo irreversibile. Come funzionario della Soprintendenza ai Beni architettonici e paesaggistici di Lecce, nel 2009 era stato affidato alla scrivente il progetto di restauro di S. Matteo, per il quale tra l'altro era stata stanziata una somma piuttosto esigua (circa 80.000 euro) che, come si può comprendere, non poteva consentire di metter mano in modo organico ad un restauro complessivo.

Nel contempo, essendo le murature gravemente colpite da umidità ascendente, era stata individuata come prioritaria la necessità di un intervento di deumidificazione, per il quale erano state fatte diverse proposte con le solite tecniche tradizionali, alcune delle quali (sifoni di Knapen) peraltro già utilizzate in passato a S. Matteo, ma senza apprezzabili risultati.

Pertanto, in quella fase si era deciso di destinare l'esigua somma (insufficiente per il restauro della chiesa) per uno scopo mirato (restauro dell'organo seicentesco), rinviando il restauro della chiesa ad un momento più opportuno.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



Successivamente, si è presentata nel 2011 l'occasione per sperimentare, per la deumidificazione delle murature, l'applicazione di una tecnica innovativa e non invasiva quale la tecnologia a neutralizzazione di carica.

## Risultati

Attraverso le illustrazioni fotografiche, che documentano la situazione di degrado di alcuni elementi decorativi e strutturali, è possibile valutare l'efficacia degli interventi che non hanno prodotto cambiamenti irreversibili, ma che sono riconducibili a semplici operazioni di manutenzione.

In Fig.2 vediamo l'altare principale, che si presenta in buone condizioni in quanto è stato restaurato nel 2009.



Fig.2 - L'altare principale, restaurato nel 2009.

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale Italiana per l'UNESCO



MINISTERO PER I BENI E LE ATTIVITÀ CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa

Ente organizzatore:



Comune di Ragusa  
Un. Centri Storici

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ DEL SALENTO

assorestauRO

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano



In collaborazione con:



LEONARDO SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA

In Fig.3 vediamo invece una delle cappelle laterali, che è solo apparentemente in buone condizioni, mentre in realtà l'umidità è mascherata da un piccolo intervento di manutenzione (imbiancatura a calce) fatto di recente dalla parrocchia.

In Fig.4 vediamo la cappella che guarda l'altare sulla destra: alla base si notano chiaramente dei problemi di umidità, specie sul lato sinistro. Alle spalle di questa cappella si sviluppa il muro perimetrale, alla cui base sull'esterno erano stati inseriti, in passato, i sifoni di Knapen nel tentativo – assolutamente inefficace – di risolvere il problema.



*Fig.3 - Cappella laterale, umidità mascherata da intervento di manutenzione.*

*Fig.4 - Cappella laterale, umidità visibile lateralmente alla base 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

assorestauo

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



In collaborazione con:



Nelle foto successive (Fig. 5) si osserva la diffusa situazione di ammaloramento, anche aggravata dal tipo di intonaci non traspiranti utilizzati in precedenti interventi.



Fig.5 - Diffusi ammaloramenti delle superfici murarie causati dall'umidità capillare.

Date le condizioni, risulta dunque evidente come non si potesse pensare di eseguire un restauro senza che questo venisse in breve tempo inficiato dall'aggressione dell'umidità.

A fronte di quanto sopra, nel novembre del 2011 è stato quindi installato un impianto di deumidificazione a neutralizzazione di carica costituito da 4 apparecchi Domodry, come illustrato in Fig.6.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



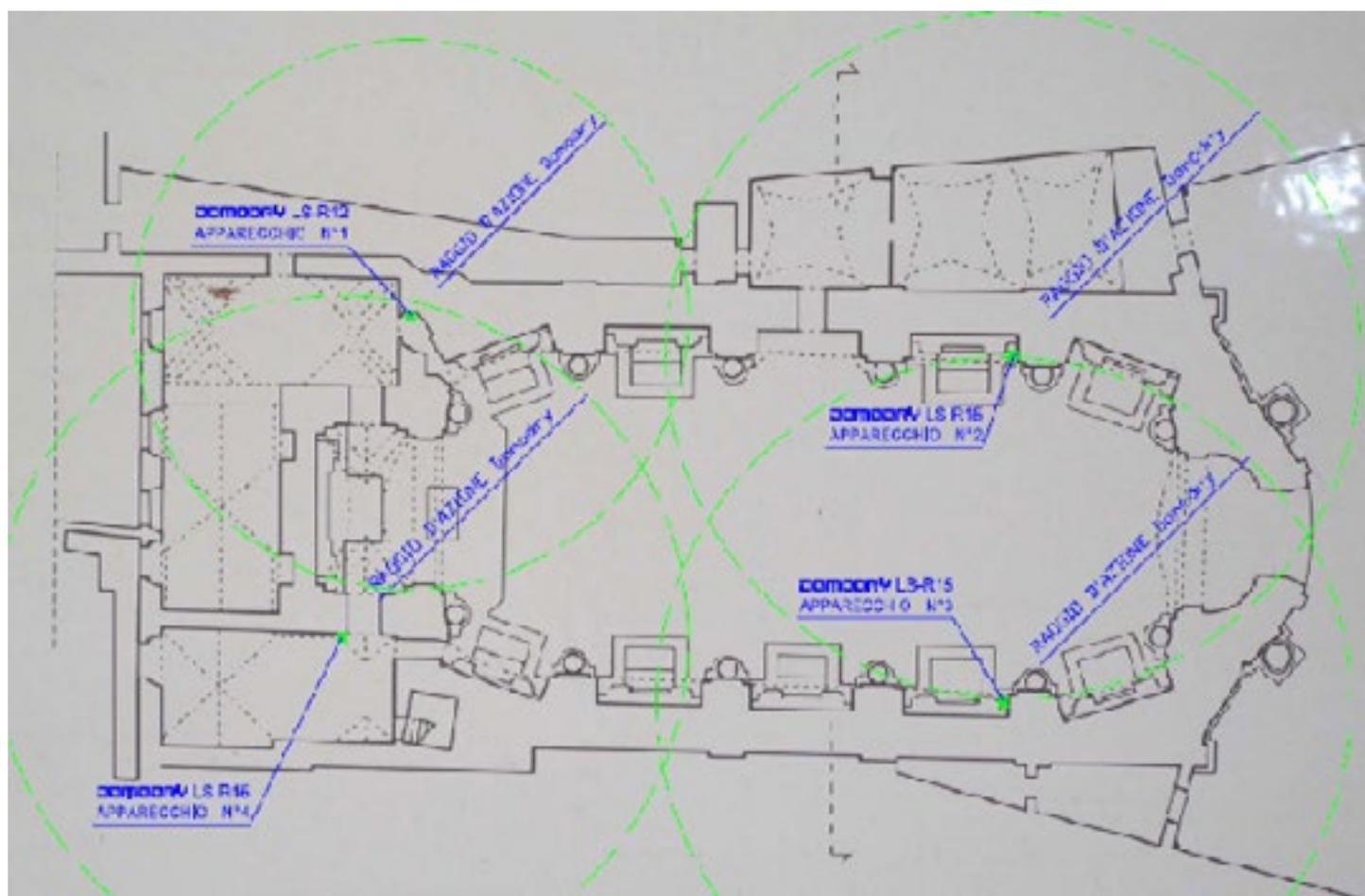


Fig.6 - Schema di installazione impianto Domodry.

La Fig.7 mostra uno degli apparecchi installati: come si vede, gli ingombri sono molto contenuti e anche dal punto di vista estetico l'invasività è minima.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



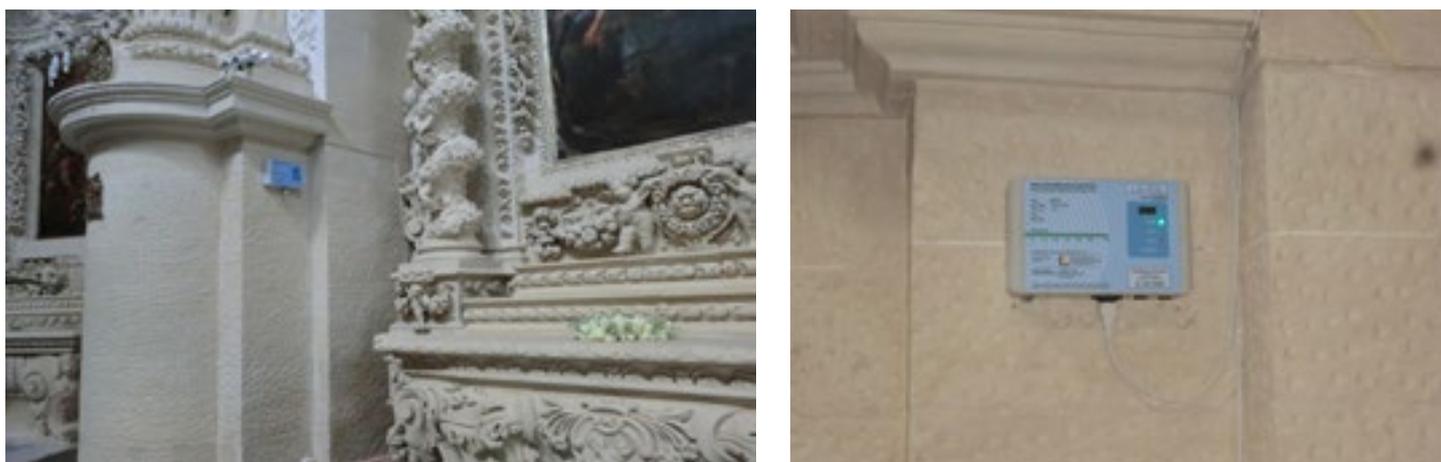


Fig.7 - Installazione dell'apparecchio a neutralizzazione di carica Domodry.

Nelle Figg. 8 e 9 si può osservare il confronto tra luglio 2010 (stato di fatto pre-intervento) e settembre 2012 (post intervento), da cui si nota sulle superfici murarie la lenta evoluzione della fase di asciugatura (ancora in corso).



Fig.8 - Confronto tra luglio 2010 (foto a sinistra) e settembre 2012 (foto a destra).

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



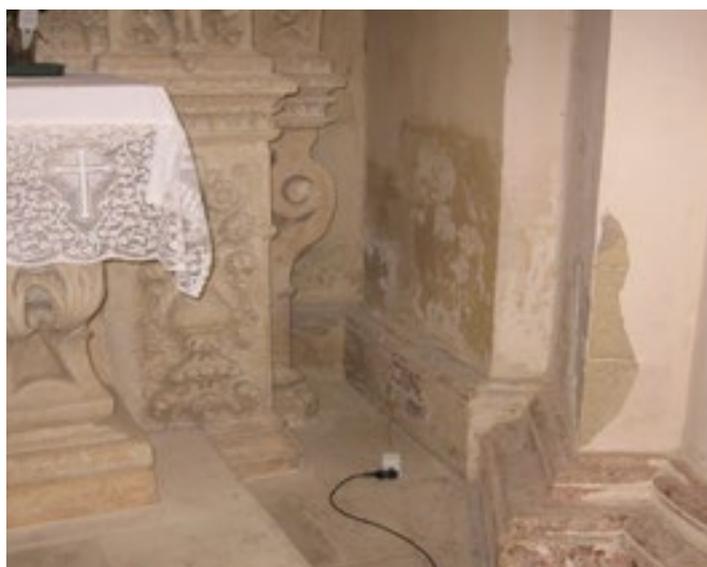


Fig.9 - Confronto tra luglio 2010 (foto a sinistra) e settembre 2012 (foto a destra).

L'asciugatura è testimoniata anche dall'effetto di "polverizzazione" dello strato di finitura superficiale che, come evidenziato nella Fig.10, si raccoglie alla base delle murature.



Fig.10 - Confronto tra luglio 2010 (foto a sinistra) e settembre 2012 (foto a destra).

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



Attraverso la tecnica della termografia all'infrarosso è invece possibile monitorare il decorso della fase di deumidificazione della muratura a seguito dell'installazione dell'impianto di deumidificazione a neutralizzazione di carica.

Nelle schede seguenti si possono osservare alcune termografie che evidenziano chiaramente la regressione dell'umidità tra due successive verifiche, confermando quanto in effetti riscontrabile già a livello percettivo.

N.B.: nella presente relazione si riportano le termografie più aggiornate, relative alla verifica effettuata il 20 dicembre 2012 successivamente alla data del Convegno.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:





## Dati immagine T10

### Note:

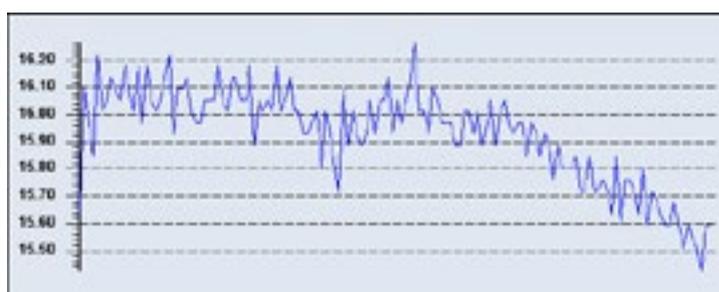
Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione e 2° Verifica.

T10 del 24-04-12



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

PROFILO TERMICO del 24-04-12



T10 del 20-12-12



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

PROFILO TERMICO del 20-12-12



Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



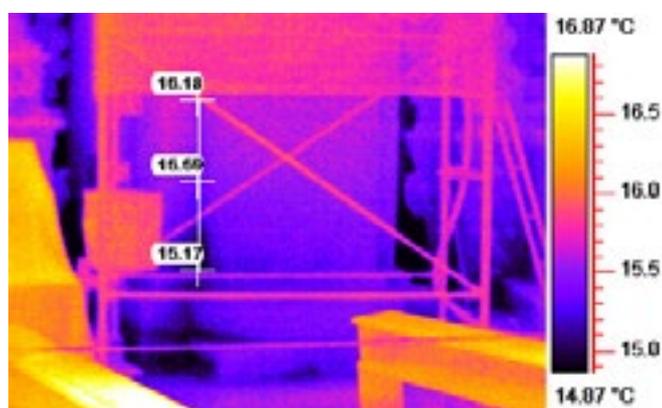


## Dati immagine T12

### Note:

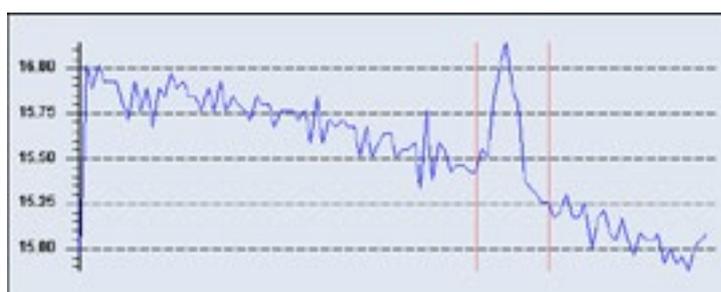
Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione e 2° Verifica.

T12 del 24-04-12

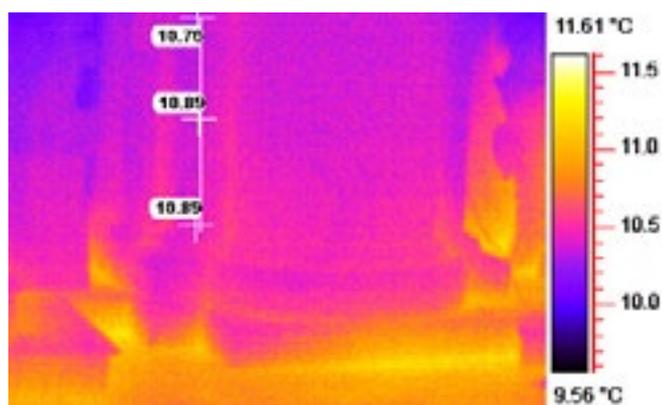


$\Delta T = 1,0 \text{ }^\circ\text{C}$

PROFILO TERMICO del 24-04-12

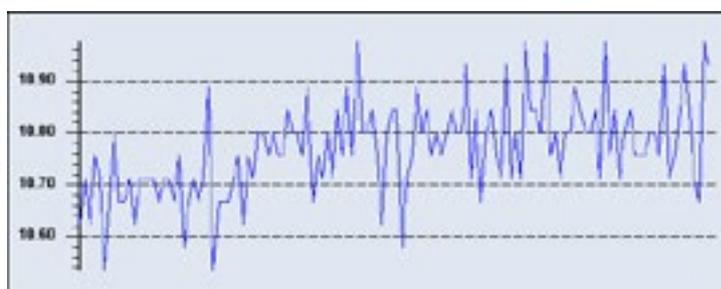


T12 del 20-12-12



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

PROFILO TERMICO del 20-12-12



Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:





## Dati immagine T14

### Note:

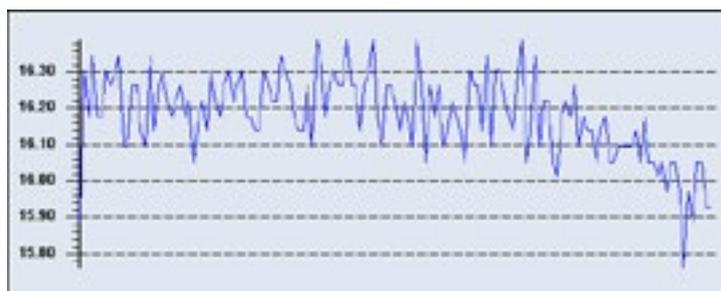
Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione e 2° Verifica.

T14 del 24-04-12

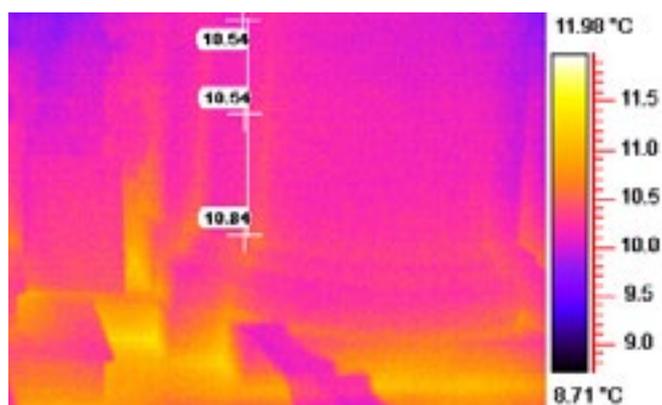


$\Delta T = 0,6 \text{ }^\circ\text{C}$

PROFILO TERMICO del 24-04-12



T14 del 20-12-12



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

PROFILO TERMICO del 20-12-12



Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO



In collaborazione con:

## Conclusioni

Rimane da valutare la durabilità degli interventi eseguiti, valutando inoltre l'intervento anche in funzione del suo costo (in realtà inferiore rispetto ai costi delle tecniche più tradizionali), rapportandolo anche all'entità del beneficio. Sarà fondamentale considerare l'avvenuta conservazione dell'integrità dell'opera nella sua tipologia e nel suo aspetto. Dai dati sinora raccolti, emerge in ogni caso che gli interventi di deumidificazione realizzati con la tecnologia a neutralizzazione di carica comportano una notevole semplificazione nell'impostazione di cantieri che prevedono interventi di recupero di monumenti interessati da complessi problemi di restauro, in particolare in presenza di meccanismi murari che determinano alterazione statica delle strutture.

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

## 5. Tipologie e ruoli delle innovazioni tecnologiche e relativo metodo di applicazione a servizio della salvaguardia del patrimonio: l'esempio del Restauro della Chiesa di Maria SS. del Divino Amore a Villa Ada Savoia in Roma

*Arch. Virginia Rossini, Consigliere delegato ai BB.CC. dell'Ordine degli Architetti P.P.C. di Roma e provincia - Presidente della Consulta dei BB.CC. dell'O.A.P.P.C. di Roma e provincia*

### Abstract

In un progetto di restauro nell'ambito dei beni culturali, l'applicazione di strumenti di diagnostica e di nuove soluzioni di conservazione dovrebbe essere imprescindibile da un'ampia storia di sperimentazione delle stesse, sui materiali e sulle tecniche costruttive dei beni, nonchè essere soggetta a certificazione e/o riconoscimenti da parte delle autorità preposte alla tutela del patrimonio storico, a garanzia del risultato.

Tale importante criterio viene qui esemplificato attraverso la lettura dell'iter metodologico del progetto di Restauro e Consolidamento della Chiesa di Maria SS. del Divino Amore, a Villa Ada Savoia a Roma, in cui il rilievo e l'analisi critica del manufatto hanno portato a confermare l'utilità ed efficacia delle indagini conoscitive, in quanto coadiuvanti al completamento della conoscenza di tutti quei parametri essenziali alla rimozione delle cause del degrado del manufatto, oltre a giovare all'approfondimento della ricerca sulle sue fasi storiche.

Al termine dei vari tipi di analisi, formulato il bilancio conoscitivo, si è proceduto all'ipotesi di intervento. Determinante è stata la scelta di una soluzione innovativa (tecnologia a neutralizzazione di carica) per la rimozione del problema dell'umidità di risalita, in considerazione della complessità delle cause in atto.

### Premessa

L'attuale periodo storico è caratterizzato dall'attenzione verso la ricerca nell'ambito dei beni culturali, e dalla tendenza ad affrontare ed interpretare, in un'unica visione, tutti

Con il Patrocinio di:



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



i temi e le problematiche dello sviluppo urbano, quali la tutela del patrimonio storico, l'innovazione tecnologica, e la valorizzazione del territorio.

In tale contesto culturale, è importante che l'analisi e l'interpretazione dei beni storici sappia coniugare la metodologia rigorosa acquisita all'Università, con i nuovi orientamenti, proponendo nuove chiavi di lettura e di intervento.

Il patrimonio storico identifica la soggettività di un territorio e di una popolazione, per cui ogni azione a suo riguardo implica una grande responsabilità da parte di chi la conduce. La conoscenza dei beni, come base per la loro stessa salvaguardia, rende essenziale la ricerca nell'ambito delle indagini conoscitive, al fine di potere redigere un progetto di restauro sempre più sostenibile, in termini di rispetto, efficacia, sicurezza e durabilità dei risultati.

Parimenti, risulterebbe determinante coniugare la tradizione con l'innovazione, riguardo l'esigenza di adeguare il patrimonio, secondo l'uso attuale, nel naturale processo di rigenerazione delle città.

In particolare, emerge la necessità di offrire nuove soluzioni, finalizzate a dare risposta alle esigenze di salubrità, sicurezza e benessere del patrimonio costruito ed ambientale attuale, caratterizzato da un degrado diffuso.

Pertanto, la ricerca nell'ambito delle nuove soluzioni di conservazione risulterebbe determinante, a condizione che sapesse interrelare le componenti storiche con quelle attuali. Nel tempo, svariate esperienze di restauro sono risultate inefficaci ai fini del recupero del bene, se non, addirittura, dannose per la conservazione delle strutture murarie e/o delle superfici, a causa dell'uso incontrollato e/o improprio di tecniche costruttive incompatibili con quelle originarie e di componenti chimici non sufficientemente sperimentati. Di conseguenza, l'applicazione dei nuovi metodi di conservazione dovrebbe essere inscindibile da un'ampia storia di sperimentazione degli stessi, sui materiali e sulle tecniche costruttive dei beni, nonché essere soggetta a certificazione e/o riconoscimenti da parte delle autorità preposte alla tutela del patrimonio storico, a garanzia del risultato.

## Introduzione

Ad esemplificazione della premessa, al fine di evidenziare le tipologie ed il ruolo di tutte quelle innovazioni tecnologiche, propedeutiche e concorrenti al restauro di un manufatto, si ritiene opportuno illustrare sinteticamente l'iter progettuale del Restauro della Chiesa

Con il Patrocinio di:



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



di Maria SS. del Divino Amore a Villa Ada Savoia in Roma, dando maggiore attenzione alla metodologia ed all'analisi diagnostica, che ha portato alle scelte progettuali.

Infatti, in esso, l'applicazione di nuove tecniche e tecnologie hanno avuto una notevole rilevanza ai fini di elaborare scelte progettuali atte a soddisfare l'esigenza di conservare e salvaguardare il manufatto in oggetto, oltre a quella di tutelarlo e renderlo fruibile al pubblico.

Inoltre, il restauro, in questo caso, non ha offerto solamente una risposta alla conservazione del bene, ma ha anche arricchito la conoscenza dell'edificio stesso, delle sue relative fasi storiche, e del territorio circostante.

Importante è anche evidenziare l'opportunità del coinvolgimento delle istituzioni, quali l'Università per l'approfondimento della ricerca, le Sovrintendenze Archeologica di Roma ed Architettura e del Paesaggio per il comune di Roma, e la Pontificia Commissione di Archeologia Sacra, fortemente sollecitate dalla scrivente, per la convinzione che, oltre ad avere un ruolo autorizzativo agli interventi proposti, come da normativa<sup>[1]</sup>, tali istituzioni possano contribuire fattivamente alla ricerca storica del manufatto e dell'area circostante, oltre a fornire informazioni e pareri utili sulle novità tecnologiche nel campo del restauro e sulle loro applicazioni.

Il metodo usato per la redazione del progetto di restauro della chiesa in oggetto si è basato principalmente sulla lettura iniziale dell'edificio con una prima analisi visiva, per individuare le principali problematiche presenti.

Parallelamente, si è proceduto alla ricerca storica, che ha, in parte, evidenziato le fasi evolutive dell'edificio, ulteriormente arricchita dalla lettura tipologica e delle strutture murarie del manufatto.

Attraverso l'interpretazione dei risultati delle indagini citate, si è individuata la scelta degli atti investigativi più idonei ad approfondire l'analisi diagnostica, finalizzata alla ricerca delle cause del degrado del manufatto.

Si è, così, proceduto alla ricerca delle migliori innovazioni nel campo della diagnostica, attraverso indagine presso Università, Sovrintendenze, Ordini professionali.

Al termine dei vari tipi di analisi, formulato il bilancio conoscitivo, si è proceduto all'ipotesi di intervento, contemplando la necessità di identificare una soluzione innovativa per la rimozione del problema dell'umidità di risalita, in considerazione della complessità del caso.

Con il Patrocinio di:



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



## Il restauro e consolidamento della chiesa di Maria SS. del Divino Amore a Villa Ada Savoia

Il manufatto è stato inserito nella programmazione triennale delle opere pubbliche di Roma Capitale, in quanto fortemente degradato, mancante di manutenzione ordinaria e straordinaria da innumerevoli anni, pertanto, la U.O. Tecnica di Progettazione della Sovrintendenza Capitolina<sup>[2]</sup> ha affidato l'incarico della redazione del progetto di restauro alla scrivente.

### Metodologia

Per redigere il restauro di tipo conservativo del manufatto, si è proceduto ad un iter progettuale, che ha avuto come prima fase una attenta analisi visiva, per individuare le principali problematiche ed indirizzare il percorso successivo, senza sprechi di tempo, energie, e costi.

Successivamente, si è redatto il rilievo grafico e fotografico della Chiesa e dell'area circostante, per leggere ed interpretare correttamente il manufatto, le sue componenti, ed il suo relativo degrado.

A seguire, si è proceduto alla ricerca storica, per evidenziare le fasi costruttive della Chiesa in esame, confrontandola con i risultati delle successive indagini conoscitive, verificando le eventuali incoerenze strutturali, ammorsature di murature di epoche diverse, restauri impropri, ecc.

Tale base conoscitiva ha permesso di effettuare la scelta degli atti investigativi più idonei a scoprire le cause del degrado rilevato e poterne individuare le soluzioni più opportune. A seguire, si è proceduto al bilancio conoscitivo dei risultati delle indagini effettuate ed alla redazione dell'ipotesi di intervento e la relativa programmazione delle fasi costruttive e di collaudo.

Durante tutto l'iter suddetto, si è particolarmente curato il rapporto con quelle istituzioni preposte alle autorizzazioni degli interventi, sia per condividere le scelte progettuali, sia per confrontarsi ed aggiornarsi sulla conoscenza del territorio in esame, approfondita-

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale  
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa

Ente organizzatore:



Comune di Ragusa  
UN. Centri Storici

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO

assorestauro

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
OGGI ASSOCIATI DI ARCHITETTI, ARTISTI, URBANISTI



In collaborazione con:



LEONARDO  
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO  
E LA REABILITAZIONE URBANA

mente per le specifiche materie riguardanti le problematiche della Chiesa. In particolare, si è collaborato con la Soprintendenza Archeologica, quella Architettonica e per il Paesaggio per il comune di Roma, la Commissione Pontificia di Archeologia Sacra, oltre che con la Direzione Regionale del Ministero delle Attività e dei Beni Culturali ed il Servizio Giardini del Dipartimento Ambiente di Roma Capitale.

## Prima analisi visiva



Foto 1 - Prospetto principale sulla via Salaria.

Il primo approccio visivo ha confermato il grave stato di abbandono della Chiesa e dell'area limitrofa, prive di manutenzione ordinaria e straordinaria da molti anni (foto 1).

Gli elementi maggiormente evidenti sono risultati il dissesto statico, il crollo della copertura, il dissesto del pavimento interno, il fenomeno di umidità sia di risalita che di discesa sia all'interno dell'edificio che all'esterno, il diffuso deterioramento delle superfici interne ed esterne.

Pertanto, sono state avanzate le prime ipotesi circa le cause della sofferenza statica, presumibilmente legate a situazioni problematiche riguardanti le fondazioni; dell'umidità di risalita, probabilmente determinate da infiltrazioni d'acqua; dell'umidità di discesa ed il danneggiamento delle superfici, presumibilmente dovute alla mancanza della copertura.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:

## Generalità

La Chiesa di Maria SS. del Divino Amore è sita a ridosso del muro di cinta di Villa Ada Savoia, in Roma, sede privata del Re Vittorio Emanuele III, con ingresso principale sulla via Salaria, e secondario nel lato sud ovest, interno alla Villa stessa.

Pertanto, essendo prospiciente all'importante arteria, collegante Roma con i territori del nord est d'Italia, anche in epoca antica, l'edificio insiste su un territorio ricco di emergenze archeologiche e caratterizzato dalla presenza di una serie di catacombe paleocristiane.

Il sottosuolo della Villa e dell'area circostante è contraddistinto anche da una serie di cavità, di natura antropica, identificabili principalmente con cave di tufo e pozzolana,



Foto 2 - La navata unica e la cantoria.

materiale con cui venivano edificati gli edifici soprastanti.

La Chiesetta è composta da due corpi di fabbrica:

- il primo, prospiciente la via Salaria, è composto da una navata unica, a doppia altezza, con una quota di calpestio inferiore al livello stradale, presenta un piccolo solaio ligneo, fungente da cantoria, sovrastante l'ingresso (foto 2);
- il secondo affianca lateralmente la navata principale, con la quale comunica con un vano privo di infisso e con una grata (foto 3), è composto da una scala e da un locale di servizio al piano terreno, con affaccio ed apertura verso la parte interna della Villa.

Con il Patrocinio di:



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:





Foto 3 – Particolare del corpo laterale.

La copertura del manufatto, comprendente i due corpi di fabbrica sopra descritti, è costituita da tetto a falde, rivestito a tegole e coppi, ed il controsoffitto, ricoprente la navata unica, è a botte; entrambi sono quasi interamente crollati.

In generale, dall'analisi delle parti prive di intonaco delle pareti, si può sintetizzare che i tipi di muratura esterne sono miste di tufo, laterizi e pietre calcaree, con malta di calce e pozzolana di granulometria media, di tufo e filari di laterizi con malta di cemento a sabbia di granulometria fine, nell'attacco tra la Chiesa ed il muro di cinta della Villa, ed in laterizi nelle pareti interne a base della copertura.

Una datazione certa della chiesa è identificabile con quella riportata sulle due iscrizioni in marmo, 18 aprile 1817, affisse da Papa Pio

VII sulla facciata principale <sup>[3]</sup>, e compare per la prima volta nella planimetria delle proprietà Capocaccia, risalente alla metà del XVIII secolo <sup>[4]</sup>.

Considerando che, nel 1817, è nominato supervisore dei restauri della città di Roma il Valadier, analizzando stilisticamente la facciata della chiesa si potrebbe presumere un intervento diretto del noto architetto nella costruzione del prospetto principale <sup>[5]</sup>.

Inoltre, dallo studio tipologico del manufatto, a confronto con i tipi di murature, si potrebbe presumere sinteticamente, che i due corpi di fabbrica affiancati siano di epoche diverse, di non precisa datazione, che potrebbe ipoteticamente ricondursi alla realizzazione della facciata principale.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO



In collaborazione con:

## Analisi del degrado

Lo stato di degrado della chiesa risulta di notevole rilevanza, sia riguardo l'area esterna, che il manufatto.

Riguardo la stabilità dell'edificio, si rileva che, in generale, pur essendo presenti interventi di restauro precedenti, come si rileva dalla presenza di catene, la struttura muraria del manufatto compare in un notevole grado di sofferenza statica.

Tutto il corpo nord, posteriore all'ingresso sulla via Salaria, riferito al corpo di fabbrica laterale alla navata, risulta soggetto a cedimento statico (foto 4).



Fig. 4 - La parte soggetta a cedimento.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



Da lesioni passanti in asse trasversale della navata in prossimità dell'abside, si potrebbero presumere le diverse fasi costruttive dell'impianto planimetrico.

Sulla parte del manufatto, prospiciente la Via Salaria, si rileva, all'esterno, il rialzamento della sede stradale, causato dalle stratificazioni delle asfaltature, realizzate in diverse fasi temporali, e l'abbassamento di una parte della pavimentazione della navata, nella parte centrale, all'interno, per il dissesto del terreno sottostante (foto 5).



Foto 5 – Particolare della pavimentazione sconnessa.

Lo squilibrio di quote di calpestio, dell'interno della Chiesa rispetto a quella esterna di accesso, in totale assenza di sistema di smaltimento delle acque, produce, in caso di pioggia, l'allagamento della navata.

Si presume, pertanto che le acque, oltre all'evaporazione, possano essere assorbite dalla pavimentazione ed infiltrandosi nel terreno sottostante, tramite interstizi e lacune del piano di calpestio stesso, possano indebolire l'apparato fondale.

In generale, dopo una prima lettura sintetica degli episodi sopra esposti, si potrebbe addurre le cause principali della sofferenza statica della Chiesa alle differenti fasi costruttive storiche del manufatto, presumibilmente eseguite con tipo di murature non correttamente ammorsate, ad un cattivo stato delle fondazioni del manufatto, per cattiva esecuzione originaria, aggravata dall'attuale allagamento da acque meteoriche, sopra descritto, nella parte interna del manufatto, alla errata pendenza del terreno di riporto dell'area esterna, sul lato nord ovest, che costituisce occasione di ristagno delle acque meteoriche e, probabilmente, anche alla incombenza aggressiva delle radici di un pino secolare limitrofo.

Inoltre, lo stato delle superfici esterne ed interne del manufatto risulta essere di notevole e diffuso degrado, con parti mancanti sia della tinteggiatura che dell'intonaco, non solo

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



per il fenomeno dell'umidità di risalita, ma anche per l'umidità di discesa, essendo totalmente mancante la copertura dell'edificio, ad eccezione della struttura a capriate lignee, enormemente deteriorate.

## Scelta degli atti investigativi ed analisi diagnostica

Per analizzare la sofferenza statica della struttura, maggiore problematica del manufatto, sono stati individuati i principali obiettivi da perseguire per arrivare a definire gli interventi da attuare per la sua risoluzione:

- scoprire le cause dei dissesti statici
- verificare la natura del terreno
- verificare la portanza delle fondazioni
- verificare l'eventuale esistenza di cavità e loro natura
- individuare la sismicità del terreno

A tale scopo, sono state selezionate le indagini più opportune, scelte dopo avere svolto un aggiornamento sulle ultime metodiche, tramite un'indagine presso il Ministero per i Beni e le Attività Culturali, la Facoltà di Architettura dell'Università degli Studi di Roma La Sapienza e confrontando i risultati delle diagnosi strutturali riguardo altre esperienze di cantiere, già eseguite per la Sovrintendenza Capitolina.

In particolare, le indagini scelte per analizzare la chiesa sono state quelle geognostiche, quali:

- carotaggi con stratigrafie
- masw
- indagini penetrometriche
- videoispezioni

Inoltre, è stato verificato tramite il Servizio Giardini del Dipartimento Ambiente di Roma Capitale lo stato delle radici delle essenze arboree limitrofe all'edificio, in particolare quelle di un pino secolare, per verificare la loro eventuale invasività rispetto all'apparato fondale della chiesa.

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

assorestaurato

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
OGGI ASSOCIAMO LE ATTIVITÀ DI UN VERO RESTAURATORE



In collaborazione con:

Riguardo le indagini geognostiche esterne ed interne effettuate, si precisa che per verificare lo stato delle fondazioni e la presenza eventuale di cavità sotterranee, grazie al confronto con la Soprintendenza Archeologica di Roma [6], e con la Pontificia Commissione di Archeologia Sacra [7], sono state individuate due quote fondamentali, dove indirizzare maggiormente l'attenzione. In particolare:

- A quota - 1m. circa

grazie alla collaborazione con il Dipartimento di Fisica dell'Università Roma 3, sono state effettuate le indagini con il Georadar (foto 6), per verificare, per l'intera superficie della navata, il terreno sottostante per verificare la presenza di basoli della antica via Salaria e/o altri eventuali preesistenze archeologiche, per potere ottenere l'autorizzazione da parte della Soprintendenza Archeologica a procedere ai lavori;

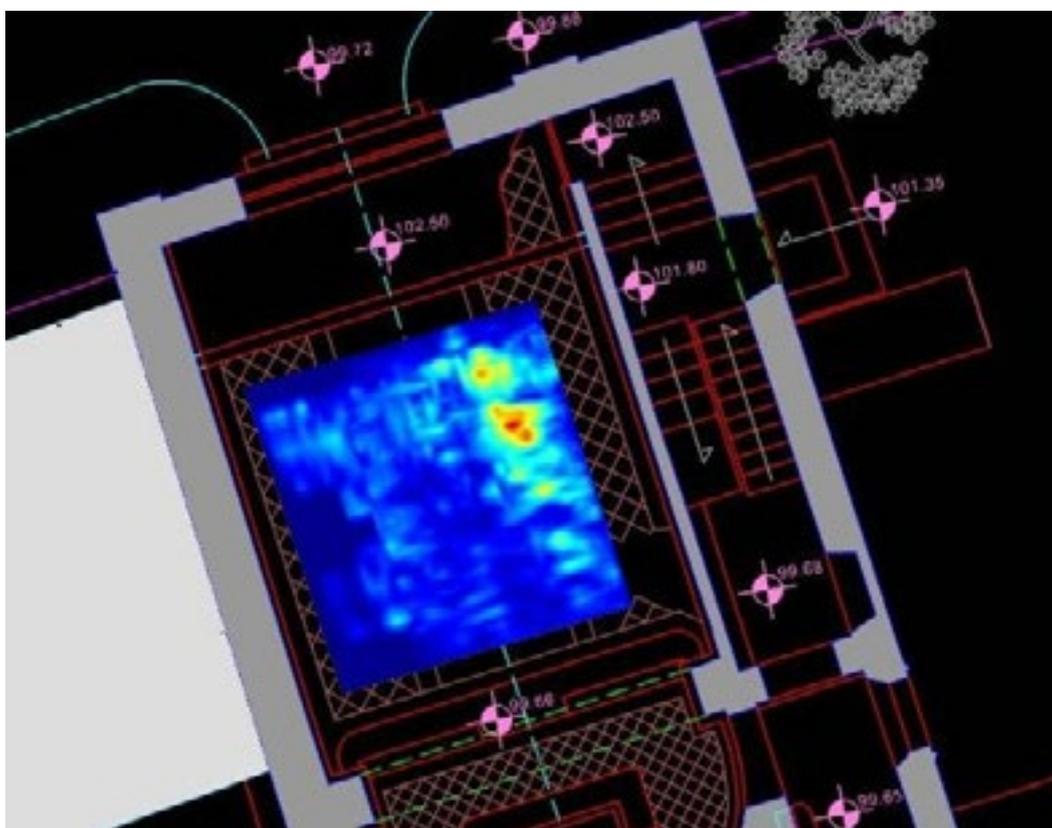


Foto 6 – Indagine georadar in pianta.

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



In collaborazione con:



- A quota - 11m. circa

grazie ad una importante ditta altamente specializzata <sup>[8]</sup>, sono stati effettuati sondaggi geognostici verticali ed inclinati interni a carotaggio continuo e videoispezioni (foto 7), per verificare la presenza di eventuali catacombe, per potere ottenere l'autorizzazione da parte della della Pontificia Commissione di Archeologia Sacra a procedere ai lavori.



Foto 7 – Sondaggi con videoispezioni.

Per analizzare lo stato di estremo degrado delle superfici sono stati individuati i principali obiettivi da perseguire:

- Analizzare lo stato di degrado delle murature e dei diversi tipi di materiali: travertino, marmo, intonaco, stucco, pitture, legno, ferro, vetro

grazie alla collaborazione con il Dipartimento di Fisica dell'Università Roma 3, è stata effettuata un'indagine con il georadar per analizzare tratti di muratura (foto 8), ed è prevista una campagna di saggi e stratigrafie durante il cantiere in atto.

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:



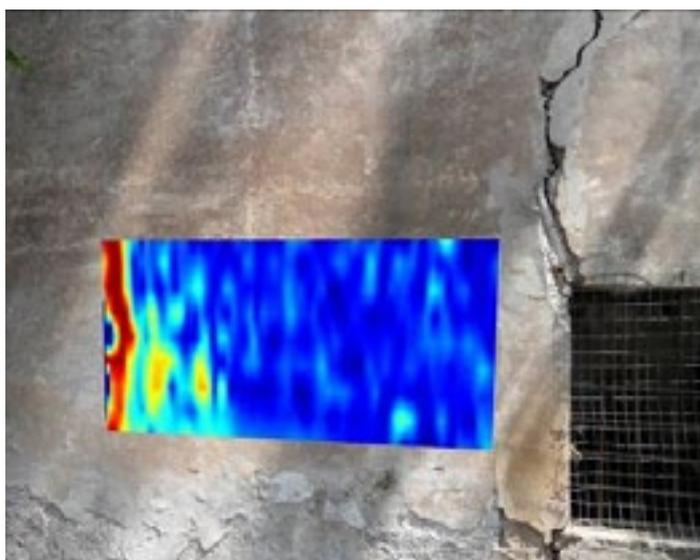


Foto 8 - Indagine georadar sulle murature esterne.

Particolare attenzione è stata posta alla tematica dell'umidità, causa prima del deterioramento delle fondazioni e delle superfici della chiesa.

Per definire gli interventi da attuare, sono stati individuati i principali obiettivi da perseguire:

- Analizzare le cause di umidità di discesa e di risalita
- Verificare l'efficacia dei rimedi tradizionali già applicati
- Verificare l'eventuale esistenza di metodi scientifici alternativi e relativa validità

Riguardo il fenomeno dell'umidità di discesa la causa è attribuibile facilmente all'assenza della copertura, mentre per analizzare le cause dell'umidità di risalita capillare si è scelto di effettuare un'indagine sulle pareti con il georadar e, soprattutto, con la termocamera a infrarossi (foto 9).

Successivamente, si è analizzata la possibilità di risolvere il problema con metodiche tradizionali, riscontrando notevoli ostacoli di natura pratica, nella relativa applicazione, quali, ad esempio, l'eccessiva invasività sulle murature antiche, determinata dalle necessarie perforazioni, come anche, la presenza di un terrapieno, coincidente con una parete del corpo di fabbrica laterale, che renderebbe necessaria la realizzazione di un'intercapedine, con il relativo sbancamento dell'area limitrofa.

Pertanto, si è rilevato che i rimedi tradizionali per il risanamento dell'umidità di risalita capillare sono stati già utilizzati in precedenti interventi di restauro effettuati nella chiesa, senza avere ottenuto un esito favorevole alla risoluzione del problema.

Pertanto, si è svolta un'indagine sui nuovi sistemi di deumidificazione<sup>[9]</sup>, seguita da un confronto con il Ministero per i Beni e le Attività Culturali, per la verifica della validità degli stessi.

Con il Patrocinio di:



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  
OGGI ASSOCIATI DI RESTAURO, SEI GIORNI FA NASCITA



In collaborazione con:

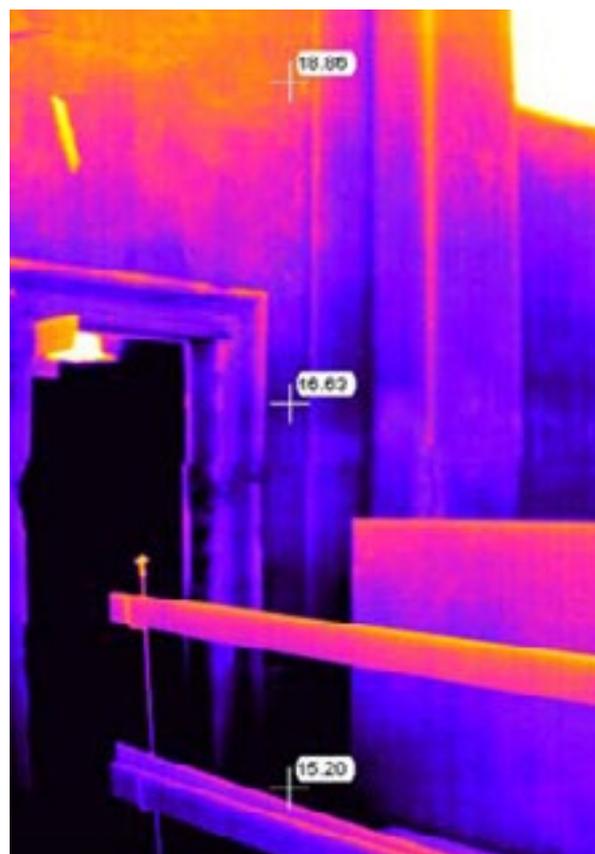
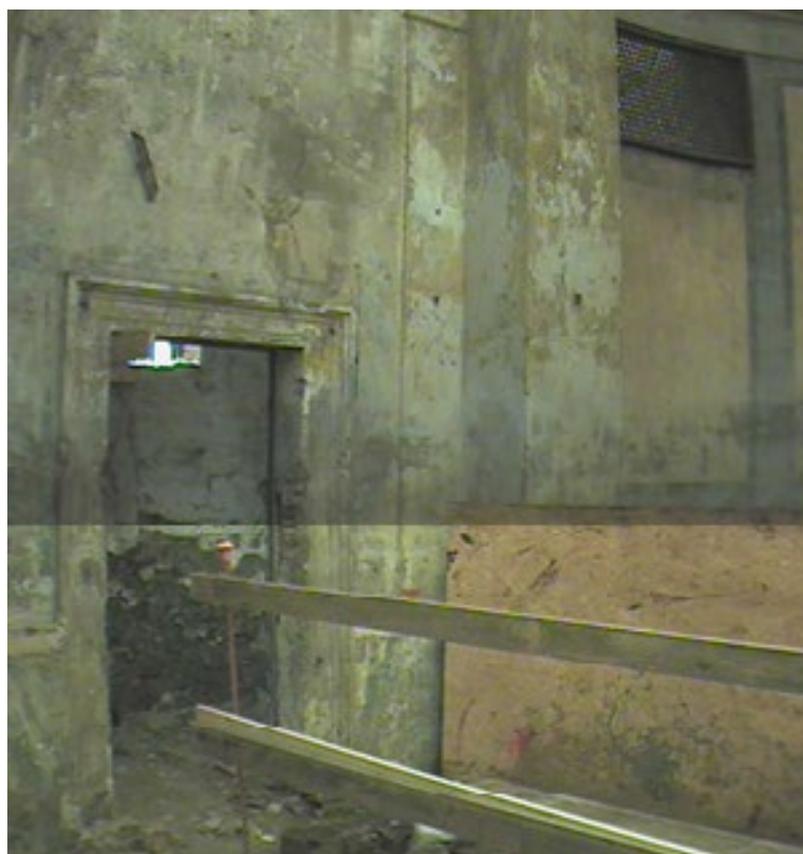


Foto 9 - Indagine termografica sulle murature interne.

## Bilancio conoscitivo

Al termine delle indagini conoscitive, incrociando e sintetizzando la lettura critica dei risultati, si è definito il quadro completo delle cause del degrado generale della Chiesa, individuando successivamente gli interventi opportuni alle loro rimozione, e, quindi, al restauro del manufatto.

In particolare, i carotaggi con stratigrafie, effettuati fino a 35 m., per maggiori conferme della stabilità del terreno su cui fondare l'eventuale intervento di consolidamento, hanno rilevato che nel sottosuolo della chiesa sono presenti ben 16 cavità sotterranee, di natura antropica, non identificabili come catacombe, presumibilmente cave.

Tali bucaure rappresentano un ricettacolo di acque piovane, che imbibiscono il terreno sottostante e le fondazioni della chiesa, già originariamente edificate con materiali sca-

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  
OGGI ASSOCIATI DI RESTAURATORI, ARTISTI, URBANISTI



In collaborazione con:

denti.

Il risultato è l'attuale inesistenza dell'apparato fondale della chiesa, causa del dissesto statico della struttura, identificato nel quadro fessurativo, nel parziale cedimento di una parte del manufatto, e nella instabilità del piano pavimentale della navata.

Inoltre, l'accumulo di acque piovane nelle suddette cavità produce quell'umidità di risalita capillare, causa del grave degrado della struttura muraria e delle superfici.

## Intervento di restauro

Si rimanda ad altra pubblicazione la descrizione del progetto di restauro della chiesa in esame, identificando per ora sinteticamente le principali categorie di intervento, quali:

- Isolamento della struttura muraria dalle cavità sotterranee
- Consolidamento delle fondazioni e dell'elevato del manufatto
- Restauro della copertura e rifacimento del rivestimento
- Realizzazione del sistema di smaltimento delle acque
- Rimozione umidità
- Restauro delle superfici

Tuttavia, si ritiene opportuno, in questa sede, esporre la scelta di adottare un nuovo metodo per rimuovere il problema dell'umidità, dettata dalla necessità di intervenire in un ambito particolarmente complesso, di difficile risoluzione, e, soprattutto, di usare sistemi meno invasivi e maggiormente efficaci rispetto ai sistemi tradizionali.

Pertanto, è stato scelto di adottare il metodo scientifico del Risanamento con la tecnologia a neutralizzazione di carica <sup>[10]</sup>, dopo avere contemplato gli esiti positivi delle sue varie applicazioni in edifici vincolati di alto pregio, quali, ad esempio, il Palazzo Te a Mantova.

La peculiarità di detto metodo (foto e figura 10), determinante per il restauro specifico della chiesa, è l'aver una larga sfera di azione, atta a risanare una superficie estesa al disotto dell'edificio, ha un'invasività ridotta al minimo, in quanto non necessita di intervenire sulle murature, e richiede una manutenzione di minima entità.

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale  
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa

Ente organizzatore:



Comune di Ragusa  
Un. Centri Storici

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO

assorestauro

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
OGGI ASSOCIATI DI RESTAURATORI, ARTISTI, URBANISTI



In collaborazione con:



LEONARDO  
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO  
E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA

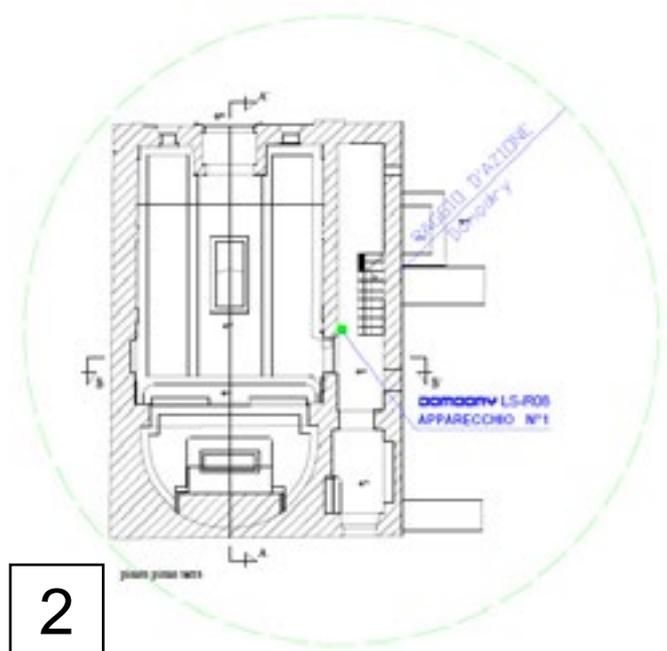


Foto 10 - Tecnologia a neutralizzazione di carica: apparecchio (1), schema planimetrico (2) e punto di installazione (3).

## Il ruolo delle istituzioni

Questa esperienza vuole rimarcare l'importanza del ruolo delle istituzioni e della normativa, spesso percepito come un ostacolo allo svolgimento fluente dell'iter progettuale di un restauro, ma che dovrebbe essere considerato una garanzia della tutela del Patrimo-

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



nio.

Infatti, l'autorizzazione delle indagini e del progetto, da parte degli organi competenti, è necessaria ad evitare danni a volte irreversibili.

La collaborazione con le istituzioni preposte alla tutela del territorio è anche eventuale fonte di aggiornamento ed approfondimento sulle singole tematiche presenti in un progetto di restauro.

Inoltre, la sperimentazione dei nuovi metodi scientifici, da parte delle autorità preposte alla tutela ed alle certificazioni, è garanzia di interventi efficaci, sicuri e duraturi.

## Note

[1] Dlgs. 42/2004

[2] Il progetto di restauro è a cura di Roma Capitale – Sovrintendenza ai BB.CC.: Sovrintendente Prof. UMBERTO BROCCOLI - Direzione Tecnica Territoriale: Direttore Arch. MAURIZIO ANASTASI - U.O. Tecnica di Progettazione - Progettazione e Direzione Lavori: Arch. VIRGINIA ROSSINI

[3] La relazione storica è a cura della U.O. Ville e Parchi Storici della Sovrintendenza Capitolina: Dott. SANDRO SANTOLINI

[4] “Pianta della Vigna Capocaccia fuori Porta Salaria”, disegno, acquerelli policromi (Archivio Pallavicini, b.A7/44,f.7), tratta da “Villa Ada Savoia” di EMMA MARCONCINI, Roma 2010, p.9

[5] Da esame dello studente R. SALVI del Laboratorio di Restauro del prof. G. PALMERIO – Facoltà di Architettura – Università degli Studi La Sapienza – a.a. 2003/04

[6] Collaborazione della dott.ssa MARINA PIRANOMONTE

[7] Collaborazione della dott.ssa RAFFAELLA GIULIANI

[8] Impresa Geoter srl

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



[9] Presso il Salone del Restauro di Ferrara 2011

[10] Brevetto della Leonardo Solutions srl – Domodry

Con il Patrocinio di:



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO

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



In collaborazione con:



## 6. Metodi di indagine e diagnosi delle patologie da umidità negli edifici storici mediante analisi IRT (termografia a infrarossi)

*Dott. Arch. Guido Roche, Libera Università di Bolzano, Facoltà di Scienze e Tecnologie*

### A. L'acqua nelle murature

#### A.1. L'Umidità e le grandezze fisiche che la definiscono

L'acqua, componente essenziale per la vita dell'uomo, così anche per la fauna e la flora presenti sul nostro pianeta, è presente anche in piccola percentuale (da meno di 1% a 6% del volume) nell'atmosfera, non in forma liquida ma in forma gassosa.

“La capacità dell'aria di contenere vapore acqueo è limitata e dipende fortemente dalla temperatura: a 0°C un mc d'aria può contenere al massimo 4.8 grammi di vapore e a 20°C tale quantità sale a 17,3 grammi (condizione di saturazione)”.<sup>[1]</sup>

Il passaggio di stato da liquido a gassoso avviene fornendo calore alla massa liquida: sul nostro pianeta ciò avviene per mezzo dell'irraggiamento del sole e, una volta passata di stato, l'acqua è presente nell'atmosfera sotto forma di vapore acqueo: la misura di tale quantità è definita umidità.

Il vapore acqueo contenuto nell'atmosfera ha una data pressione  $p_v$  pari a quella che avrebbe se occupasse da solo il volume della massa d'aria nella quale è contenuto. “In condizioni di saturazione tale pressione viene denominata pressione di vapore saturo  $p_s$  dipendente dalla temperatura ( a 0°C il  $p_s = 610$  Pa, a 20°C é 2338 Pa)”.<sup>[2]</sup> Tale pressione, sommata alla pressione dell'aria, costituisce la pressione atmosferica.

Con queste grandezze possiamo definire i termini di umidità assoluta, umidità relativa, permeabilità dei materiali, gradiente di temperatura e pressione di una parete, produzione di vapore all'interno di un edificio, condizioni di accettabilità.

L'umidità relativa dipende dalla temperatura e, all'esterno degli edifici, anche dalle condizioni meteorologiche. All'interno degli edifici l'umidità relativa è condizionata dalla

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



presenza di persone sia per le attività fisiologiche che per le attività domestiche. Ogni persona introduce nell'ambiente, in condizioni normali, attraverso sudorazione e respirazione  $14 \cdot 10^{-6}$  Kg/s (a riposo) e  $55 \cdot 10^{-6}$  Kg/s (in lavoro leggero) di vapore acqueo. Un fornello può produrre  $55 \cdot 10^{-6}$  Kg/s di vapore, la cottura dei cibi  $111 \cdot 10^{-6}$  Kg/s, la doccia calda  $555 \cdot 10^{-6}$  Kg/s, 5 Kg di panni stesi ad asciugare  $83 \cdot 10^{-6}$  Kg/s.<sup>[3]</sup>

La permeabilità  $\pi$  dei materiali esprime la loro attitudine a trasmettere per diffusione il vapore d'acqua contenuto nell'aria atmosferica.

Parametri utili per capire il fenomeno del passaggio del vapore attraverso la muratura e la resistenza al passaggio del calore sono la Permeanza unitaria (che è l'inverso della resistenza al passaggio del vapore in una muratura) e la Trasmittanza unitaria (che è la quantità di calore che si trasmette attraverso la parete).

### Cause di produzione di vapore

La presenza di occupanti all'interno dell'edificio è causa continua di produzione di vapore; l'aggiunta di umidità a quella interna di equilibrio provoca un aumento dell'umidità relativa e quindi della pressione parziale. La differenza tra le pressioni parziali interna ed esterna è causa del flusso di vapore che per diffusione attraversa la parete.

“L'umidità relativa è quindi una conseguenza dell'equilibrio di diversi scambi:

- in ingresso: l'umidità assoluta dell'aria esterna di rinnovo più la produzione interna di vapore;
- in uscita: l'umidità assoluta dell'aria interna di espulsione più la diffusione attraverso le pareti” (verifica termoigrometrica).

### Condizioni di accettabilità

Le condizioni di accettabilità consistono nel verificare l'effettiva abitabilità di una struttura; la si considera accettabile quando: non pregiudica la stabilità chimico-fisica e la durata del materiale, la massa di condensa accumulabile nel periodo di condensazione non supera il 2% della massa secca dello strato interessato, non si forma condensa a

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



temperatura inferiore a 0°C e il periodo di asciugatura estiva assicura la completa evaporazione della condensa.

### A.1.1. L'umidità nelle murature

L'umidità nelle murature può provocare danni di diverso tipo ed entità: deterioramento strutturale, aumento di dispersione termica, perdita di decorazioni superficiali, sviluppo di microrganismi a volte dannosi per la salute dell'uomo. Considerato il fatto che alterazioni biologiche si manifestano con valori dell'umidità relativa variabili tra il 75 e 85%, si può affermare di trovarsi di fronte ad una superficie umida se il suo contenuto di umidità risulta equivalente a quello in equilibrio con un valore di umidità relativa superiore al 75%.

L'acqua nelle murature può essere presente sotto forma di:

- acqua legata, costituita dall'acqua usata durante la costruzione e legata chimicamente al materiale; non essendo questa mobile, non causa problemi di umidità;
- acqua assorbita in fase vapore direttamente dall'atmosfera o in fase liquida al manifestarsi di fenomeni di condensazione;
- acqua di capillarità che penetra all'interno delle pareti a causa della suzione esercitata dai materiali porosi.

Diverse sono le cause della penetrazione dell'umidità allo stato liquido nelle murature: penetrazione diretta degli agenti atmosferici, che può essere facilitata dalla presenza di fessure, sfaldamenti e da una inadeguata protezione delle coperture; rottura o mancanza di collegamento ad un opportuno sistema di raccolta dei canali di scolo; rottura delle tubazioni che possono generare notevoli danni interni alla struttura muraria di difficile localizzazione; risalita per capillarità causata dalle forze intermolecolari generata dal rapporto intercorrente tra le forze di coesione molecolare dell'acqua e la superficie interna dei capillari.

L'aria è satura quando l'aria umida raggiunge il massimo contenuto di vapore permesso ad una data temperatura: ad una temperatura maggiore corrisponde una maggiore quantità di vapore contenibile. Nelle zone generalmente più basse, dove la temperatura

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



In collaborazione con:



della parete é minore, si manifesta il fenomeno della condensazione superficiale con incremento del contenuto di umidità della parete. Tale fenomeno é causato dal raggiungimento della temperatura di saturazione. Se la temperatura di condensazione risulta in alcuni punti più alta di quella normale della parete, in quei punti si avrà condensazione interstiziale, cioè quel tipo di condensazione che si verifica all'interno delle murature.

Nelle murature possiamo avere anche acqua allo stato solido sotto forma di ghiaccio. Tale fenomeno avviene quando il clima è molto rigido, con un forte abbassamento della temperatura sotto gli 0°C. Cambiando di stato l'acqua aumenta il suo volume (unico liquido che si comporta in questo modo) causando lesioni molto gravi all'interno delle murature. Il passaggio dalla condizione solida a quella liquida è definito come ciclo di gelo e disgelo. I materiali dai pori piccoli sono più soggetti a tali fenomeni, si dice pertanto che sono più gelivi.

## A.1.2. Classificazione delle cause dell'umidità nelle murature

### A.1.2.1. Umidità capillare

La capillarità é un fenomeno che interessa i liquidi entro tubi relativamente sottili detti capillari; essi raggiungono nel tubo un livello superiore o inferiore a quello del liquido esterno al capillare, a seconda che bagnino le pareti del tubo (tenda cioè ad aderirvi) oppure no, non rispettando la legge di gravità.

I fenomeni di capillarità sono connessi con le forze di tensione superficiale. In un capillare di raggio  $r$ , il menisco del liquido che ne bagna le pareti diventa in un primo tempo concavo e poi, per raggiungere l'equilibrio stabile, si contrae sollevando così nel tubo il liquido fino all'altezza  $h$ . In tale situazione la forza dovuta alla tensione superficiale e quella dovuta alla gravità, che agisce sul liquido salito nel capillare, si equilibrano. Esse sono uguali rispettivamente a  $2\pi r\tau$  e  $\pi r^2 h \rho g$ , dove  $\tau$  é la tensione superficiale,  $\rho$  la densità del liquido e  $g$  l'accelerazione di gravità.

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

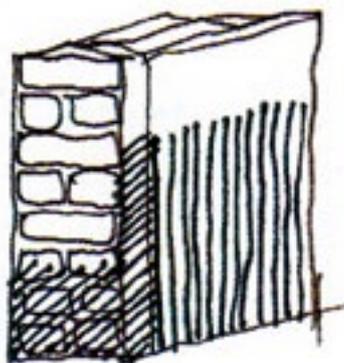
assorestauRO

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
OGGI ASSOCIATI DI RESTAURAZIONE, ANCHE I NOSTRI RESTAURATORI

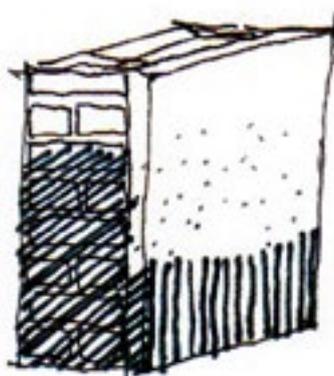


In collaborazione con:

MATERIALI A DIFFERENTE POROSITA'



INTONACO PIU' POROSO DEL MURO



INTONACO MENO POROSO DEL MURO

L'altezza  $h$  raggiunta dal liquido si ottiene perciò uguagliando le due forze citate, e viene espressa dalla legge di Jurin  $h = 2\tau/\rho gr$ ; essa risulta inversamente proporzionale al raggio del capillare e sarà tanto maggiore quanto più sottile é il tubo.

### Cause

Possiamo distinguere due tipi di manifestazioni dell'umidità di risalita all'interno di un edificio: 1) l'umidità diffusa alla base di tutte le murature, causata da una fonte costante: falda freatica, una perdita rilevante di acqua nel sottosuolo oppure acque di scorrimento sotterranee, dovute a precipitazioni atmosferiche. Queste ultime non rappresentano una causa costante nel tempo in quanto dipenderanno dal regime pluviometrico. L'acqua di falda freatica invece é continua e varia di livello di stagione in stagione o a causa dell'intervento dell'uomo nel sottosuolo; 2) l'umidità localizzata, causata da una fonte traumatica locale: la perdita di fognature sotterranee e di cisterne, rotture di manufatti che impregnano il terreno circostante la fondazione in modo diretto (dal sottosuolo) o indiretto (dal tetto).

Fig. 1 - Nello schema si evidenzia la differente porosità dei materiali.

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

assorestaurato

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano



In collaborazione con:



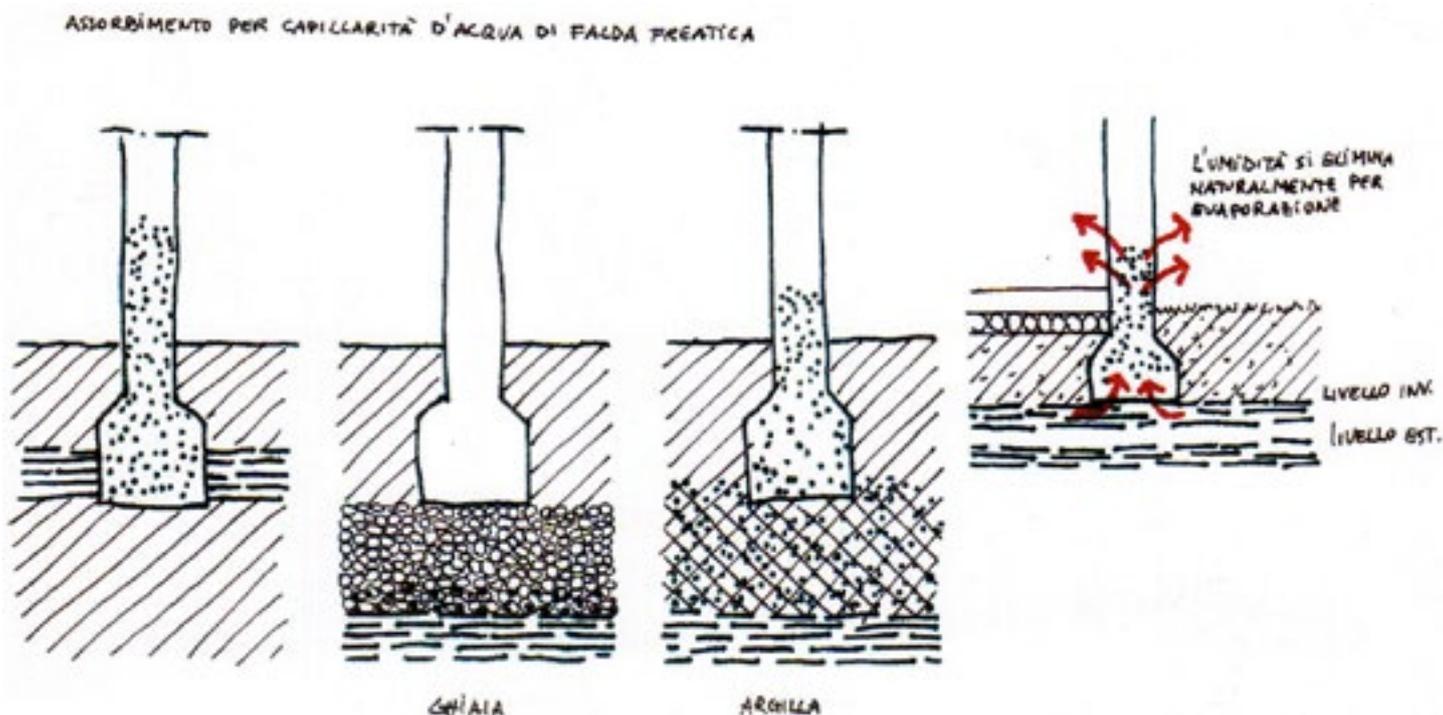


Fig. 2 - Lo schema mostra i diversi gradi di assorbimento dell'acqua di falda freatica.

## Fattori di influenza

La capillarità viene influenzata da vari fattori:

- La dimensione del capillare (dovuta alla porosità del materiale): con un diametro di 0.2 mm il livello dell'acqua sale di 154 mm; con un diametro di 1mm invece il livello sale di 31mm, mentre già con un diametro di 5mm non si verifica più nessun fenomeno di capillarità. [4]
- La temperatura: con il diminuire di questa aumenta la costante di capillarità dell'acqua causando una risalita maggiore.
- L'esposizione a nord e nord-est é caratterizzata da una ridotta evaporazione superficiale per mancanza di insolazione con conseguente aumento della risalita capillare.
- All'interno di una muratura l'umidità di risalita é a tutto spessore e risale maggiormente al centro, in quanto le superfici sono soggette a ventilazione ed evaporazione.

Con il Patrocinio di:



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:

La presenza di sali in soluzione nell'acqua di risalita causa un aumento considerevole del fenomeno capillare.

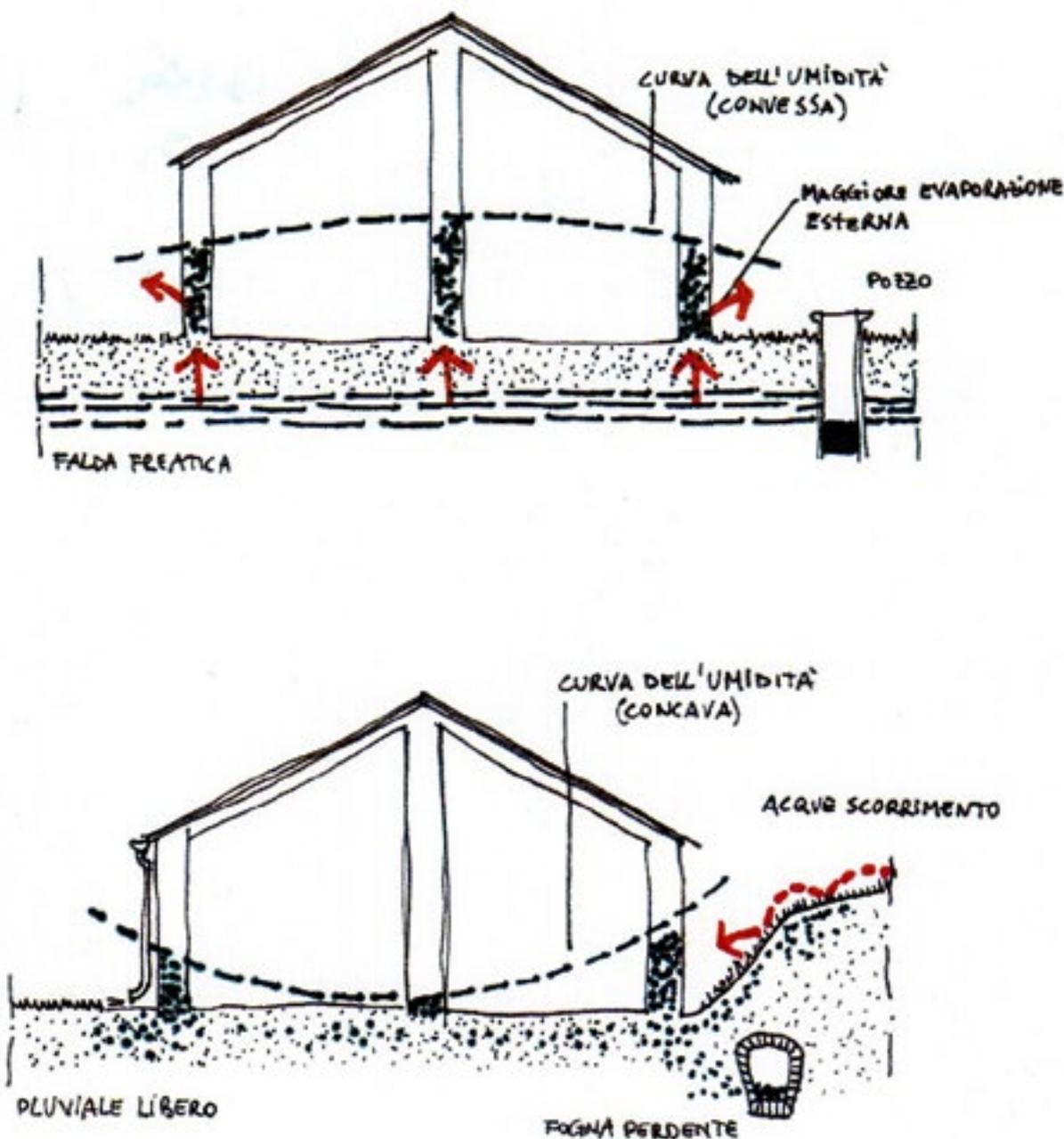


Fig. 3 - Configurazioni di umidità ascendente nelle murature.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



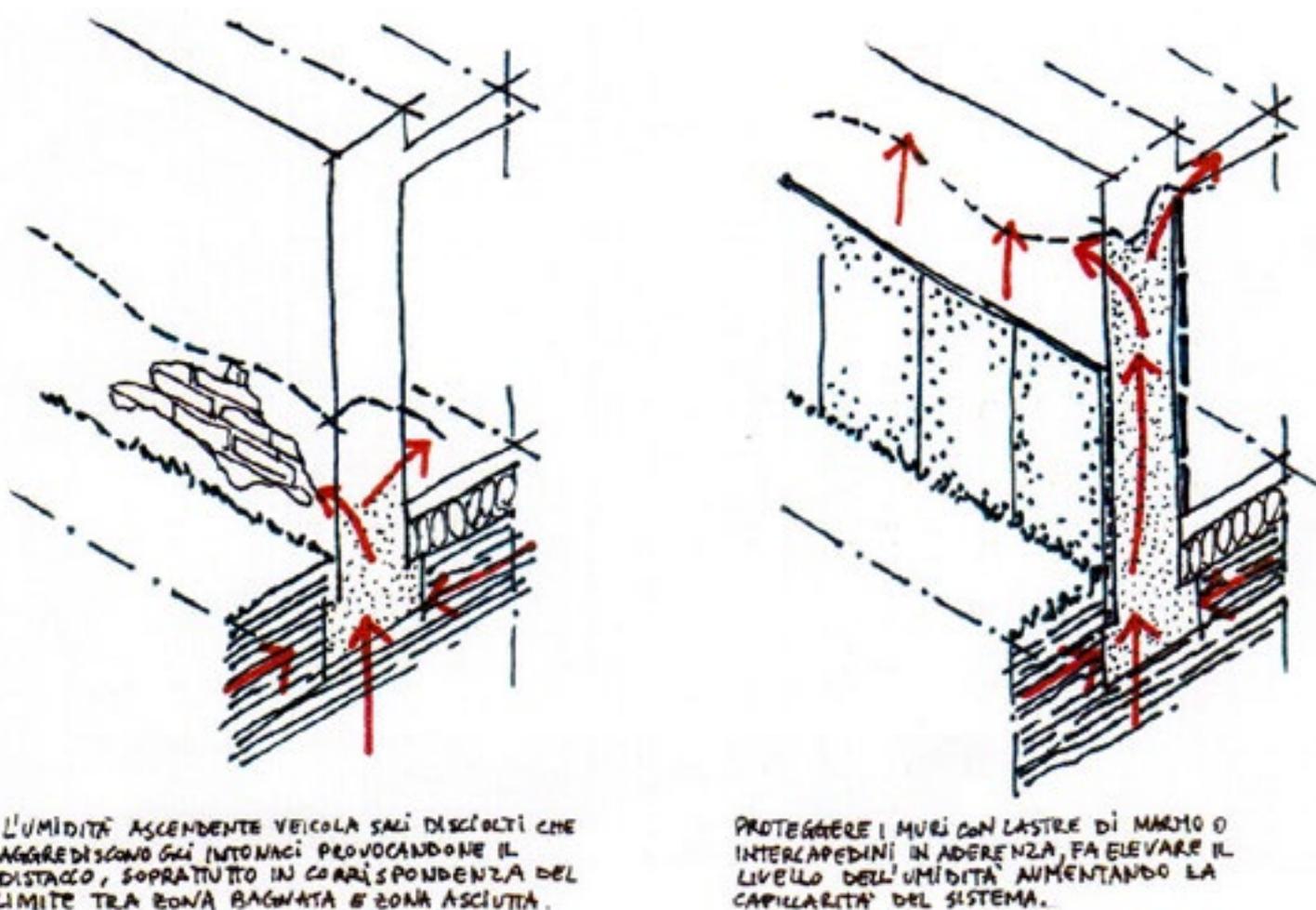


Fig. 4 - Analisi e possibile risoluzione del problema dell'umidità ascendente.

### A.1.2.2. Umidità da condensazione

E' dovuta ai fenomeni di condensazione superficiale ed interstiziale nelle pareti. Il fenomeno di condensazione superficiale, per cui una sostanza dallo stato gassoso passa allo stato liquido, si verifica in corrispondenza di superfici "fredde" caratterizzate da temperature superficiali inferiori alla temperatura di rugiada. Questo tipo di umidità si manifesta con facilità in locali con forte produzione di vapore, come le cucine, i bagni, le camere da letto e si presenta sotto forma di goccioline in corrispondenza di superfici impermeabili all'acqua e sotto forma di macchie scure in corrispondenza di rivestimenti

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  
OGGI ASSOCIATI DI ARCHITETTI, DI TUTTI GLI UFFICI REGIONALI



In collaborazione con:



porosi. Si manifesta, inoltre, nelle zone con scarso isolamento termico, soprattutto a causa di ponti termici (spigoli, serramenti, travi...).

Questo fenomeno si presenta in modo discontinuo nel tempo (condensazione invernale o estiva); si manifesta irregolarmente e non si limita solamente ai piani bassi. Può manifestarsi anche sui pavimenti al piano terra su cantine fredde.<sup>[5]</sup>

## Caratteristiche

- Schematicamente l'umidità da condensazione é caratterizzata da:
- sintomi localizzati o diffusi ma irregolari;
- si presenta solo sulla superficie interna;
- é variabile nel tempo (stagionale);
- può verificarsi a tutta altezza;
- l'origine dell'acqua non é altro che il vapore acqueo contenuto nell'aria interna;
- é corresponsabile di croste nere;
- si elimina rapidamente, ma si riforma;
- "può essere causata da raffreddamento (insufficiente protezione termica), aumento dell'umidità assoluta (respirazione persone, combustione gas, cottura cibi...) e inerzia termica (la massa dell'oggetto si adegua lentamente alla variazione di temperatura".<sup>[6]</sup>

## La condensazione del vapore all'interno degli edifici

La presenza di elevati livelli di umidità all'interno degli edifici può causare numerosi fenomeni di degrado delle strutture edilizie, i più comuni sono:

- crescita di colonie fungine sulla superficie interna dell'involucro edilizio;
- presenza di acqua condensata sulla superficie ed all'interno delle pareti;
- imputridimento delle strutture lignee;
- degrado degli intonaci;
- variazione dimensionale e danneggiamento dei manufatti;
- migrazione di sali, formazione di efflorescenze.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO



In collaborazione con:

Questi problemi, che si verificano soprattutto nella stagione invernale, sono essenzialmente dovuti a due distinte cause principali: al raggiungimento di elevati valori di umidità relativa o anche, addirittura, condensazione del vapore sul lato interno dell'involucro edilizio (fenomeni di superficie) e alla condensazione interstiziale del vapore all'interno delle strutture perimetrali (fenomeni interstiziali).

La germinazione e lo sviluppo delle spore fungine a parità di tutti gli altri fattori risulta tanto più rapida quanto più elevata è l'U.R. dell'aria a contatto della superficie di supporto.

Nelle situazioni reali le condizioni igrometriche interne ed esterne non sono costanti nel tempo anche a causa di ulteriori fattori: riscaldamento intermittente, attenuazione notturna, cambiamenti climatici che determinano continue variazioni temporali della temperatura interna in relazione anche all'inerzia termica dell'edificio.

In prima approssimazione l'esperienza dimostra che per controllare questo fenomeno è sufficiente non superare, in corrispondenza di ogni punto dell'involucro edilizio, un valore mensile medio di umidità relativa dell'aria pari a  $j = 0.80$  e quindi che sia verificata in corrispondenza delle superfici la condizione:

$$P_{vi} < 0.8 P'_{si}$$

ove con  $P'_{si}$  si è indicata la pressione di saturazione del vapore in corrispondenza della temperatura superficiale  $t_{pi}$  media mensile di ogni punto dell'involucro.

In genere è sufficiente verificare questa condizione mese per mese sui punti più "critici" dell'involucro edilizio e cioè sui ponti termici, ove si raggiungono anche le più basse temperature medie mensili dell'involucro edilizio. Se la condizione non è verificata si può intervenire aumentando il numero di ricambi d'aria  $n$  che caratterizza gli ambienti o incrementando il fattore di temperatura dell'involucro edilizio.

### A.1.2.3. Umidità accidentale

Con umidità accidentale si intendono tutte quelle manifestazioni di umidità causate

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  
OGGI ASSOCIATI DI RESTAURO, SEI GIORNI FA NASCITA



In collaborazione con:



LEONARDO  
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO  
E LA DEUMIDIFICAZIONE UMRARIA

da perdite d'acqua, dipendenti da difetti costruttivi o di funzionamento di un impianto, o da danni successivi alla costruzione, o per una manutenzione insufficiente. Questo fenomeno è frequente in quelle parti dell'edificio direttamente a contatto con fonti d'acqua, per esempio nelle coperture a causa di cattiva manutenzione, deterioramento dell'impermeabilizzazione, ecc.

L'umidità accidentale è causata, inoltre, da perdite dovute al deterioramento delle canalizzazioni o da perdite accidentali dalla rete fognaria, idrica, o di impianti idrico sanitari e di riscaldamento. Questo tipo di umidità dipende dalle precipitazioni se la causa è riscontrabile in un sistema di raccolta dell'acqua piovana; ha un carattere meno intermittente e a volte permanente se ha origine dalla rottura di un impianto ad acqua corrente. La causa di questo fenomeno non è facilmente individuabile perché può essere di diverse origini oltre che compresente con altri tipi di umidità.

#### A.1.2.4. Umidità meteorica

Questo tipo di umidità può essere causata dall'azione diretta dell'acqua piovana oppure da cause indirette della stessa. Risulta più grave negli edifici antichi, soprattutto se in disuso, a causa della mancata manutenzione eseguita di norma dai proprietari dell'edificio stesso. Si può manifestare in zone limitate o estese, sulle superfici esterne delle muraure. Vi sono zone più facilmente attaccabili come il giunto tra infisso e muratura perimetrale, le fessurazioni dell'intonaco, il distacco tra materiali di caratteristiche differenti, il degrado della malta e i difetti degli intonaci.

Analizzando nello specifico le singole cause di infiltrazione diretta:

- i difetti di connessione tra infissi e murature riguardano la tenuta all'acqua dell'infisso in rapporto alla muratura ;
- le fessurazioni dell'intonaco possono essere state causate dagli assestamenti subiti dagli edifici nel tempo e sono divisibili in fessure inerti (nate all'epoca della costruzione) e in fessure più recenti (causate da vibrazioni, cedimenti o altro);
- il distacco dei materiali dalle caratteristiche differenti, riscontrato tra la struttura portante ed i tamponamenti, è dovuto ai differenti coefficienti di dilatazione termica o alla mancata adesione tra differenti materiali;

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale  
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa

Ente organizzatore:



Comune di Ragusa  
Un. Centri Storici

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO

assorestauRO

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
OGGI ASSOCIATI DI RESTAURO, ANNI 5000 FUGGIANI



In collaborazione con:



- il degrado delle malte si verifica a causa di una porosità eccessiva data da un'errata composizione o dal distacco della malta stessa e per un'errata posa in opera;
- i difetti degli intonaci sono causati anch'essi da un errore di composizione e da difetti di coesione tra intonaco e supporto. "La composizione di un intonaco gioca un ruolo fondamentale sulla difesa della muratura dall'acqua: va ricordato infatti che in questo senso la funzione di un intonaco è quella di permettere l'evaporazione dell'acqua, un intonaco impermeabile, quindi, può presentare gravi inconvenienti".

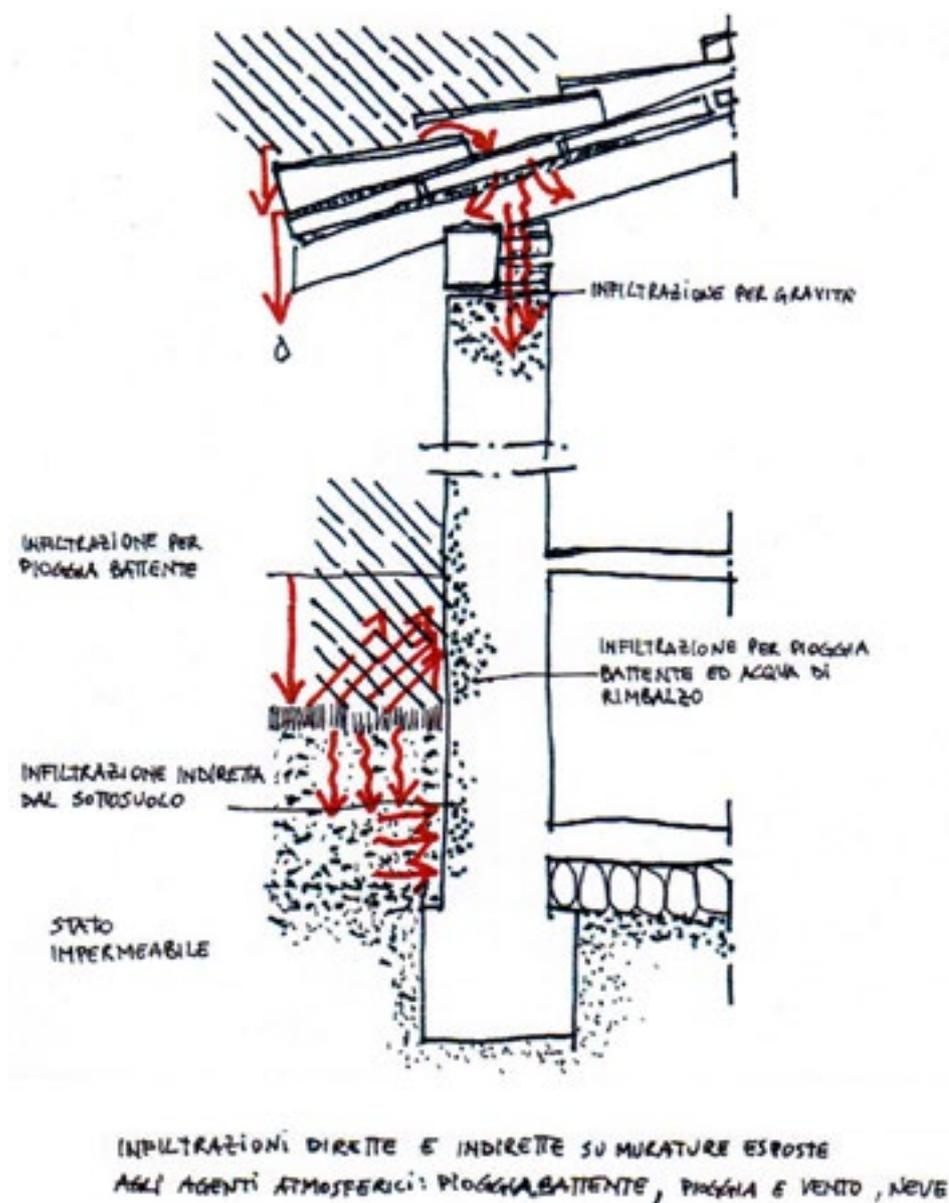


Fig. 5 - Infiltrazioni dovute agli agenti atmosferici.

Con il Patrocinio di:



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



PATOLOGIE RICORRENTI SULLE MURATURE ESTERNE IN RELAZIONE AL COMPORTAMENTO DELL'INTONACO

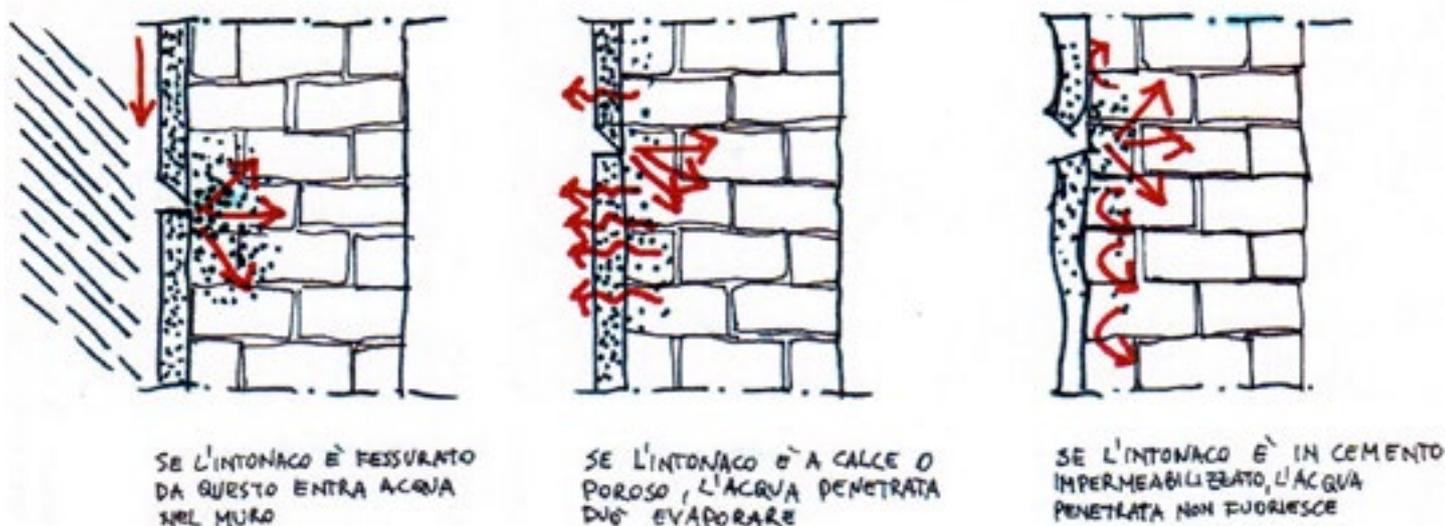


Fig. 6 - Murature esterne: differenti patologie a seconda del tipo di intonaco.

### A.1.2.5. Umidità di costruzione

Si tratta dell'umidità contenuta nella muratura che ha origine nella struttura all'atto della costruzione e immediatamente dopo. È dovuta alla presenza di acqua nella fase di preparazione ad umido di materiali edili quali cemento, calcestruzzo, intonaco, oppure alla fase di messa in opera di una muratura in laterizio per la quale è necessario procedere bagnando i mattoni per un tempo di 2 minuti per una ottimale adesione tra la malta e i singoli laterizi, o ancora all'evaporazione dell'acqua durante le successive fasi di consolidamento del materiale. L'umidità da costruzione è più considerevole nel caso in cui si sia in presenza di murature di recente costruzione o nel caso di edifici antichi con murature molto spesse in quanto i tempi della fase di asciugatura sono molto lunghi. L'umidità da costruzione può rimanere imprigionata nella muratura per diversi secoli. Il prosciugamento della muratura dipende da: la temperatura dell'ambiente, lo spessore della muratura, l'esposizione al sole e all'aria (e da quanto quest'aria sia più o meno secca e mossa dal vento) e dalla porosità dei materiali della muratura.

Con il Patrocinio di:



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  
OGGI ASSOCIATI DI RESTAURATORI, ARTISTI E UFFICIALI



In collaborazione con:



## A.2. Degrado

Le patologie più comuni, in caso di umidità nelle murature, possono essere di origine fisica o chimica.

### A.2.1. Degrado fisico

I principali fenomeni fisici che contribuiscono a danneggiare le murature sono: gli sbalzi termici che provocano la dilatazione e il successivo ritiro delle masse; il vento che, trasportando polvere, produce fenomeni di “sabbatura” delle superfici esposte usurandone lentamente la superficie esterna per effetto della continua erosione; il gelo che produce disgregazione delle superfici imbevute d’acqua per l’aumento di volume allo stato solido. Questo tipo di azione diventa patologica quando la sua quantità all’interno dei pori supera una certa percentuale critica; i materiali con pori piccoli sono più suscettibili al fenomeno rispetto ad altri. A seconda della loro porosità, i materiali sono definiti più o meno gelivi.

### A.2.2. Degrado chimico

È dovuto alla crescita di efflorescenze saline e alla corrosione dei metalli.

I sali sono composti che possono essere formati dalla reazione di acido e base, sale e acido, base e sale. Una delle principali caratteristiche dei sali in base alla quale si può operare una loro suddivisione è l’igroscopicità: i sali non igroscopici assorbono l’acqua, quelli igroscopici, oltre all’acqua, assorbono anche il vapore atmosferico. La presenza di sali igroscopici può rendere inutile il sistema di isolamento data la capacità di questi di assorbire vapore atmosferico e trasformarlo in acqua.

I Solfati sono sali derivanti dall’acido solforico e spesso si ritrovano in tutti i materiali di base per le costruzioni. La pericolosità di questi sali è dovuta alla loro capacità di provocare efflorescenze, di cristallizzare con diverse quantità di acqua provocando un cambiamento di volume ed una variazione di pressione all’interno del muro o dell’intonaco.

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  
OGGI ASSOCIATI DI RESTAURO, ANNI AGGIUNTI



In collaborazione con:



La presenza di solfati é identificabile mediante sgretolamenti superficiali del materiale ridotto in forma di sabbia, sollevamento dello strato pittorico, distacco dell'intonaco e corrosione superficiale.

I Cloruri sono sali che derivano dall'acido cloridrico (HCl) presente particolarmente nelle vicinanze del mare sotto forma di cloruro di sodio (NaCl). In natura non sono igroscopici ma lo diventano dopo la combinazione con altri Sali (soprattutto con i solfati). Diventano dannosi se si trovano nell'acqua di impasto delle malte; se nella preparazione di queste, l'idrato di calcio  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  viene in contatto con il cloruro di magnesio si ottiene il cloruro di calcio che é igroscopico e deliquescente.

I cloruri igroscopici hanno capacità di assorbimento di acqua e vapore; hanno invece bisogno di UR% molto bassa per cristallizzare. L'aumento di volume è modesto e perciò provoca minori danni rispetto ai solfati.

I Carbonati sono sali che derivano dall'acido carbonico  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . Le sostanze organiche perdendo idrogeno e ossigeno e arricchendosi di carbonio danno origine al fenomeno della carbonatazione. Un esempio tipico di carbonatazione é la presa della malta. I danni maggiori provocati dall'alterazione dei carbonati in edilizia sono le manifestazioni di tipo carsico in seguito al dilavamento del bicarbonato di calcio.

I Nitrati e i Nitriti sono un gruppo di sali derivati dall'acido nitrico  $\text{HNO}_3$  e dall'acido nitroso  $\text{HNO}_2$ . Sono igroscopici (tranne il nitrato di potassio) e molto solubili in acqua. La loro origine é legata alla decomposizione di materiale organico e la loro quantità é proporzionale alla presenza di acido nitrico come fertilizzante (tipica delle zone rurali). Il nitrato più dannoso è quello di calcio che allo stato solubile cristallizza alla temperatura di  $25^\circ\text{C}$  con UR del 50%.

La corrosione si manifesta quando, per effetto dell'acido carbonico, il nitrato di calcio si trasforma in carbonato di calcio e di conseguenza in bicarbonato di calcio.

### A.2.2.1. Efflorescenze saline e subflorescenze

Le efflorescenze sono manifestazioni di degrado che inducono gravi alterazioni alle

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



In collaborazione con:



superfici murarie. Possono facilmente corrodere la superficie dei laterizi, impoverire i giunti di malta, staccare parti di intonaco provocando una riduzione delle caratteristiche meccaniche dei materiali; possono addirittura contribuire a compromettere l'efficienza statica degli elementi interessati.

La genesi del fenomeno avviene solitamente all'inizio della stagione primaverile, con l'abbassamento dell'umidità relativa dell'aria e le efflorescenze si manifestano negli intonaci porosi o nei paramenti a vista sotto forma di sfarinamento superficiale del materiale e di ammassi pulverolenti dovuti ad una fioritura cristallina lungo la fascia di separazione fra muro umido e asciutto o a macchie isolate.

L'acqua carica di sali disciolti migra dall'interno verso l'esterno della muratura dove evapora provocando la saturazione della soluzione salina e la conseguente cristallizzazione dei sali sulla superficie dell'intonaco o appena sotto. Il fenomeno avviene quando la tensione di vapore dell'acqua di idratazione del sale considerato è superiore alla tensione di vapore dell'acqua contenuta nell'aria ambiente.

I parametri che influenzano il fenomeno sono: l'umidità relativa in percentuale contenuta nella muratura, la porosità dei materiali da costruzione, il contenuto e la composizione di sali presenti disciolti provenienti dall'atmosfera, dall'interno delle murature e dal terreno, la durata di stagnazione dell'acqua e cicli alternati di essiccazione e umidificazione.

L'acqua contenuta nelle murature, nelle sue dinamiche, funge da solvente ed attivatore oltre che da veicolo di trasporto dei sali solubili, quindi il fenomeno delle efflorescenze dipende anche dalla durata di stagnazione dell'acqua stessa nel materiale che continuerà a solubilizzare e trasportare i sali.

### A.3. Metodi di misura dell'umidità e strumenti

Il progetto di diagnostica ha lo scopo di individuare le aree maggiormente colpite dal fenomeno dell'umidità e quindi di trovare delle possibili soluzioni da applicare per risolvere il problema; esso è formato essenzialmente da tre differenti fasi:

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



- sopralluogo e verifica delle condizioni del manufatto storico con particolare attenzione a:
  - sistema idrico della zona
  - condizioni climatiche stagionali
  - condizioni climatiche nei periodi precedenti la fase di rilievo
  - stato di ventilazione del locale\i da analizzare
  - esposizione e soleggiamento
  - accessibilità e condizioni di misura
  - stato di conservazione delle superfici
  - morfologia e caratteristiche geologiche del terreno
- fase di rilievo in cantiere con acquisizione dei dati tenendo in considerazione:
  - condizioni climatiche al momento dell'analisi
  - orario
  - condizioni barometriche
  - soleggiamento
  - errori sistematici e accidentali
  - operatore addetto alla misura
- fase di rielaborazione dei dati in laboratorio e stesura della relazione finale indicante i risultati ottenuti.

Il progetto ha inoltre lo scopo di fornire anche indicazioni metodologiche da seguire durante le tre fasi elencate, facendo in modo di sfruttare al meglio le risorse sia di uomini che di mezzi destinati alla diagnostica, evitando perdite di tempo che causano, oltre ad un aumento dei costi, una scarsa attendibilità delle prove eseguite.

### A.3.1. Metodi diagnostici

Effettuare una diagnosi delle condizioni umide equivale a operare quegli accertamenti e misurazioni che permettono di individuare le cause e la natura del fenomeno, sia per decidere il procedimento tecnico necessario a risolvere il problema, sia per valutare l'effettiva efficacia degli interventi eseguiti.

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  
Ente Centri Storici

Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO

assorestauRO

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
OGGI ASSOCIATI DI RESTAURAZIONE, PER IL NUOVO RESTAURAZIONE



In collaborazione con:



LEONARDO  
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO  
E LA DEUMIDIFICAZIONE HUMIDITÀ

Vi sono due metodologie per il rilievo dell'umidità:

- Il metodo di tipo distruttivo: il più usato è quello della misura diretta (cioè il prelievo di un campione del materiale con l'ausilio di un trapano e la misura del peso dello stesso prima e dopo l'intervento di disidratazione). Questo metodo non è sempre applicabile.
- I metodi non distruttivi, tra i quali troviamo: quello conduttimetrico, che è il più usato e sfrutta la proprietà dell'acqua di scindersi in ioni, ossia in particelle elettricamente cariche (maggiore è il contenuto di umidità, maggiori saranno gli ioni disciolti e quindi sarà più elevata la corrente di passaggio tra i due elettrodi dello strumento messi a contatto con il materiale) che però non denota la presenza di acqua legata e comporterà quindi un notevole errore dovuto all'impossibilità di discernere l'effetto dei sali presenti nel materiale; e quello capacitivo, che utilizza la proprietà della molecola d'acqua che essendo polarizzabile e dunque in grado di incrementare la capacità elettrica che si forma fra due elettrodi posti a contatto del materiale umido da analizzare. Questa metodologia è in grado di rilevare la presenza di umidità solamente in strati molto sottili.

#### A.4. La misura del contenuto d'acqua nelle murature

La misura del contenuto d'acqua nelle murature può essere effettuata secondo due metodologie differenti: il metodo indiretto e il metodo ponderale.

Per metodo indiretto intendiamo l'utilizzo di strumenti in grado di fornire, in maniera quasi istantanea, il contenuto di UR% nelle murature senza prelevare campioni nella muratura, non applicando metodi distruttivi.

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  
OGGI associamo le attività, UTILE ogni intervento



In collaborazione con:



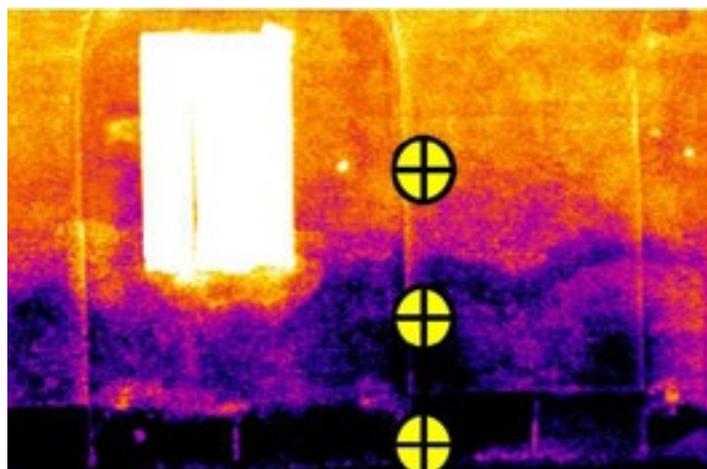


Fig. 7 - Ripresa termografica con individuazione delle aree di prelievo per le prove gravimetriche.



Fig. 8 - Immagine al visibile con evidente degrado sulla porzione bassa della muratura.

## B. Le applicazioni architettoniche

Per analizzare il mondo della termografia per le applicazioni architettoniche è necessario precisare che le applicazioni termografiche si distinguono in termografia passiva e termografia attiva. L'operatore, in ogni fase diagnostica, deve assolutamente avere chiari quali sono gli obiettivi dell'indagine e, in relazione proprio agli obiettivi prefissati, dovrà definire quale tipologia di indagine meglio si sposa con le specifiche esigenze. Per la termografia è necessario definire gli obiettivi di indagine per poter scegliere se effettuare una termografia passiva od una termografia attiva. Per *termografia passiva* si intende una tecnica di indagine finalizzata alla verifica termoigrometrica della muratura, ossia la verifica della presenza di acqua all'interno della muratura stessa (la quale può essere data per infiltrazioni, per risalita capillare, per condensazione o per perdita accidentale). Un'altra applicazione della termografia passiva è la verifica delle dispersioni energetiche dell'involucro edilizio e l'eventuale presenza di ponti termici sulla muratura. La *termografia attiva*, invece, viene utilizzata per l'individuazione e la verifica dello stato di aderenza del rivestimento esterno al supporto (come ad esempio la verifica di distacchi di intonaco o di rivestimenti ceramici dai prospetti esterni degli edifici) o viene utilizzata per l'individuazione di strutture non a vista, poste sotto lo strato superficiale dell'intonaco. Tale tipologia di applicazione viene utilizzata per la lettura della tessitura muraria o per verificare la presenza di strutture non a vista poste sotto l'intonaco stesso.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:

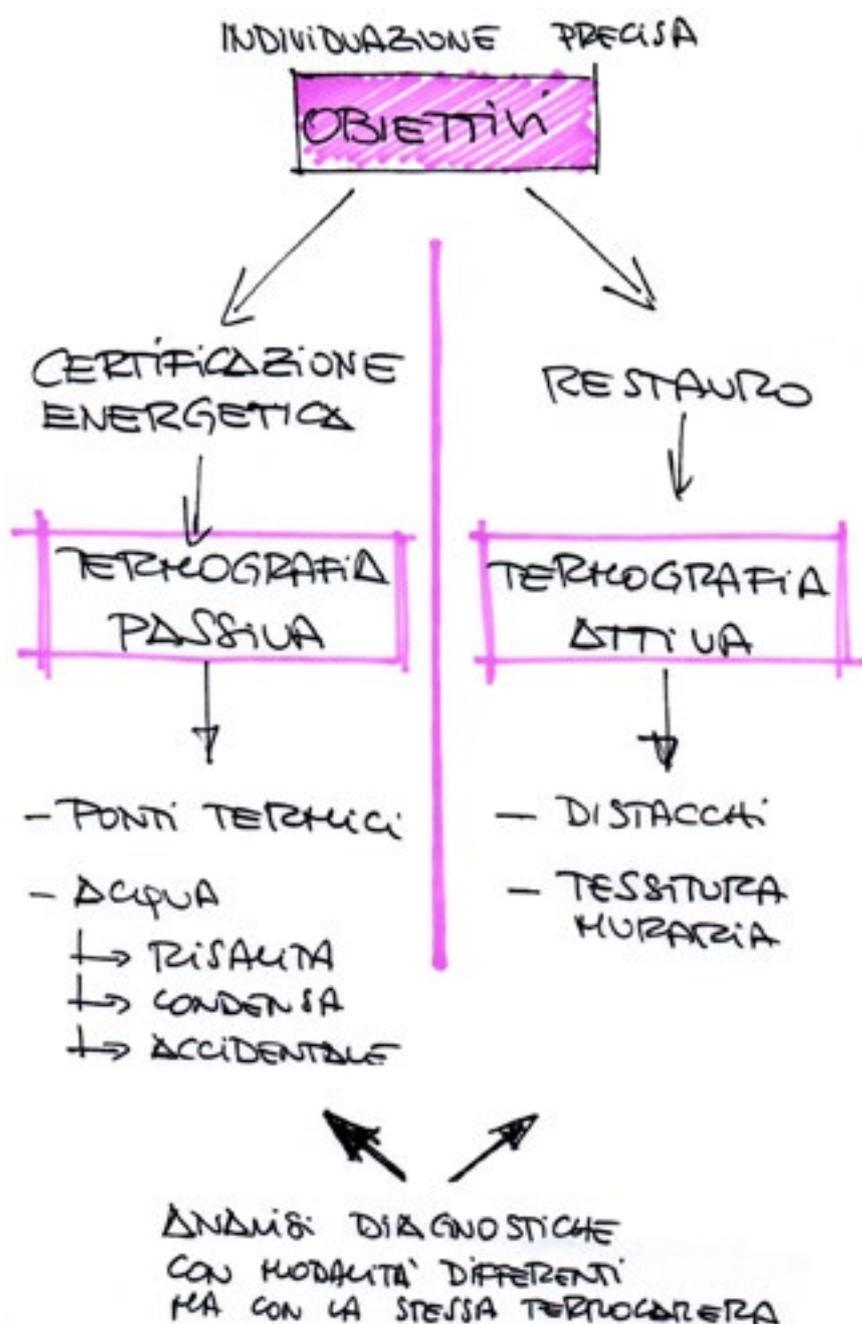


UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO



In collaborazione con:





È importante sottolineare che la scelta di effettuare un'indagine termografica passiva o un'indagine termografica attiva è dettata solamente dagli obiettivi dell'indagine stessa. Sono due metodologie di indagine assolutamente differenti da compiersi in momenti differenti e con tecniche di indagine differenti. L'unica analogia è, ovviamente, l'utilizzo di una termocamera all'infrarosso.

Fig. 8 - Procedura di scelta per effettuare una indagine termografica di tipo attivo o di tipo passivo.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



## B.1. Termografia passiva

Termografia passiva viene definita la tecnica che permette di rilevare l'energia emessa da una muratura non fornendo a quest'ultima alcuna sollecitazione termica; l'energia emessa viene rilevata nelle condizioni stazionarie di esercizio della muratura stessa. Le condizioni stazionarie di esercizio di una muratura sono le condizioni che caratterizzano la muratura quando è in equilibrio termico. Se consideriamo una parete di un involucro di un'unità abitativa nel periodo invernale, abbiamo una condizione di equilibrio dettata dalla presenza di un sistema di riscaldamento interno funzionante per un periodo di circa 10 ore al giorno ed una temperatura esterna sicuramente inferiore. Tale condizione è, per la muratura indagata, una condizione di equilibrio termico.

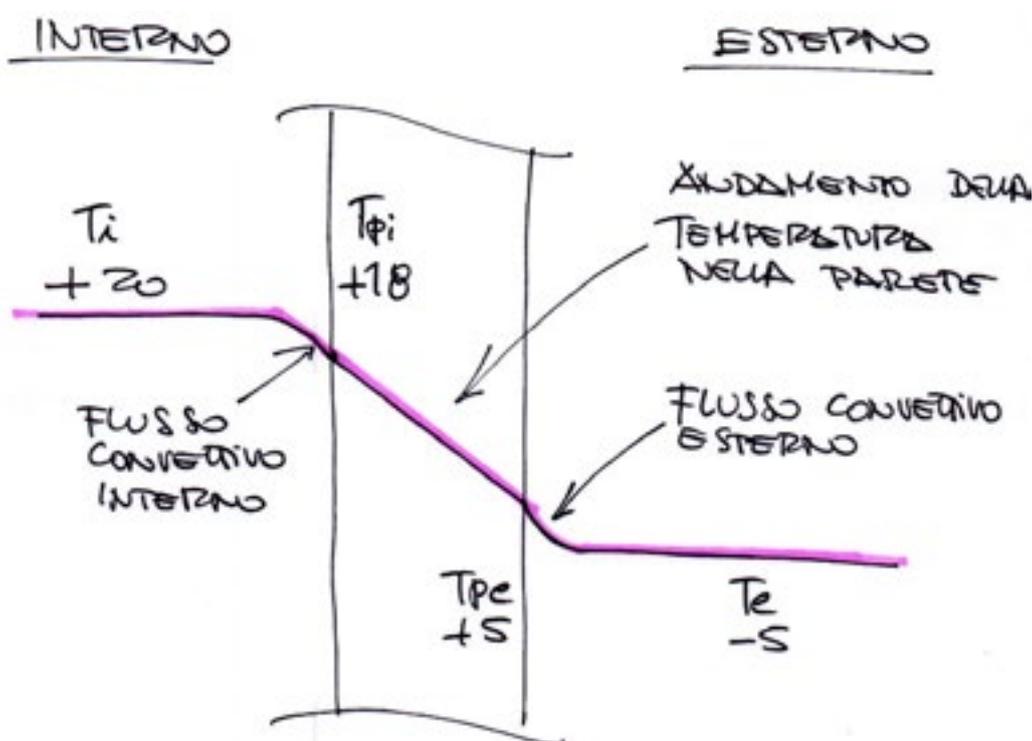


Fig. 9 - Condizioni di equilibrio termico per una parete con riscaldamento interno acceso e temperatura esterna invernale.

Come già evidenziato precedentemente, la termografia passiva viene utilizzata per la verifica del regime termico ermetico delle murature e per la verifica della presenza di ponti termici sulle murature stesse.

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  
OGGI associamo le attività, ANNI sono restauRO



In collaborazione con:



LEONARDO SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA

La presenza di acqua nelle murature è una patologia estremamente frequente all'interno del mondo delle costruzioni. L'acqua può presentarsi sotto diverse forme: risalita capillare, condensazione, perdite localizzate e infiltrazioni.

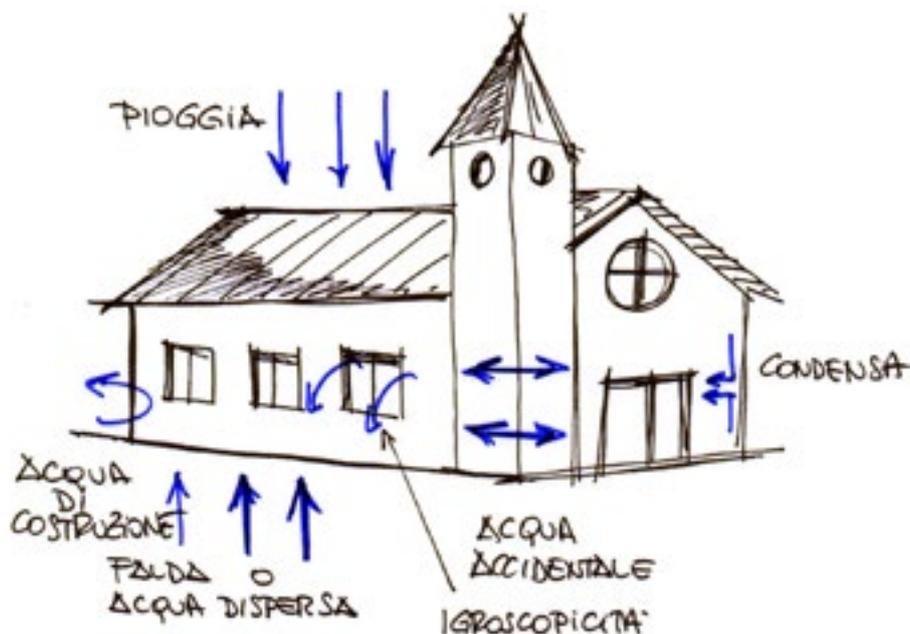


Fig. 10 - Indicazione di tutte le possibili cause di provenienza d'acqua

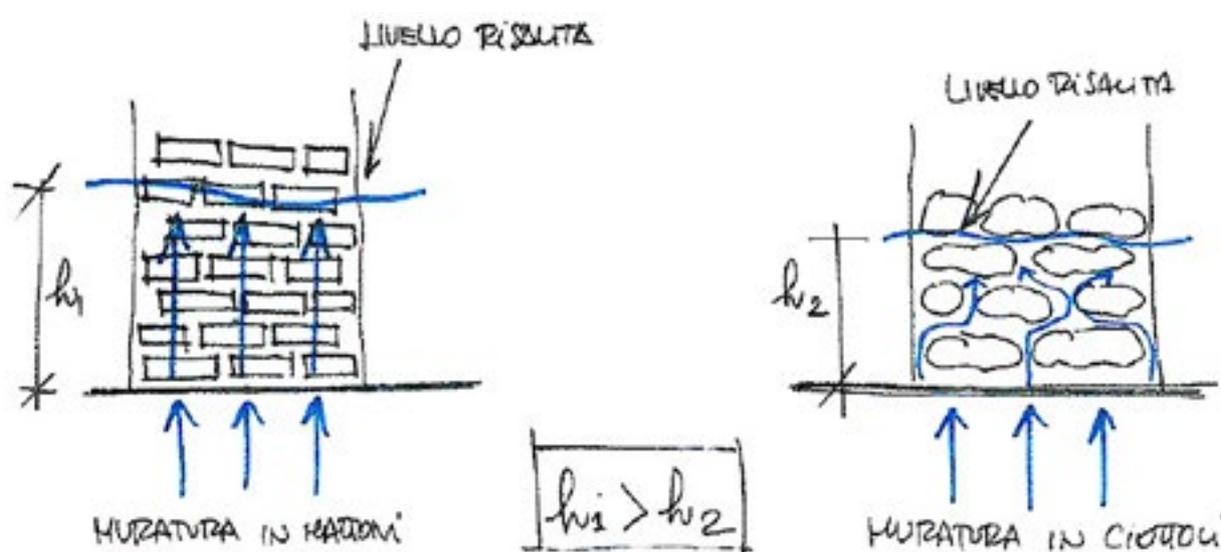


Fig. 11 - Andamento dell'acqua in relazione ai materiali costitutivi della muratura. Nella muratura di sinistra, in mattoni, si osservi come la risalita raggiunge una quota superiore rispetto alla quota raggiunta nella muratura di destra, realizzata in pietra.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



Come già sottolineato, la termografia passiva rileva la muratura alle sue condizioni stazionarie d'esercizio, senza fornire alcuna sollecitazione termica. Durante la battuta termografica è fondamentale tenere strettamente controllate le condizioni ambientali e microclimatiche. L'operatore deve tenere sotto controllo i parametri ambientali durante tutto il periodo di prova.

Com'è possibile, mediante la termografia, individuare la presenza di acqua nella muratura? Come sottolineato, la termografia rileva solamente la temperatura della superficie dell'oggetto che sta analizzando. Mediante la termocamera è possibile individuare la presenza di acqua perché se l'acqua è presente nella muratura, in superficie effettua un passaggio di stato, evapora; tale passaggio di stato da liquido a gassoso causa una sottrazione di temperatura e, attraverso l'indagine termografica, posso rilevare zone con differenti temperature: zone soggette ad evaporazione.

In altre parole con l'indagine termografica si osservano anomalie termiche sulla muratura identificate come zone più fredde. Il raffreddamento della superficie è determinato dall'elevato calore latente causato dall'evaporazione in atto, o meglio dalla forte dissipazione di energia termica conseguente al passaggio di stato da liquido a gassoso dell'acqua contenuta sulla superficie. Il processo elaborativo è governato principalmente dall'umidità relativa dell'aria che lambisce la superficie, dalla sua temperatura oltre che dalla concentrazione d'acqua contenuta, dalle caratteristiche chimico fisiche e dalla concentrazione di sali presenti.

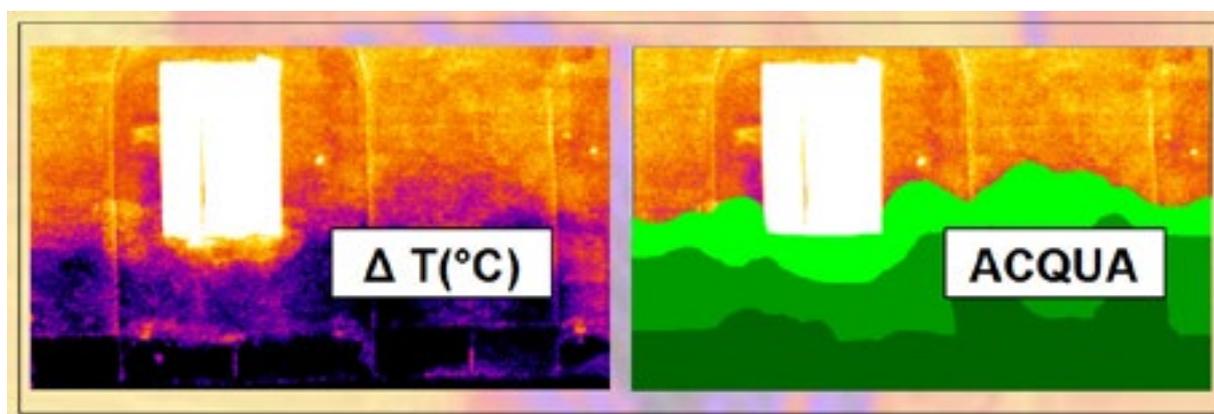


Fig. 12 - Immagine all'infrarosso termico, nell'immagine di sinistra è evidente un delta termico, mentre nell'immagine di destra è stata rappresentata graficamente la differente concentrazione di acqua nella muratura.

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

assorestauero

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano



In collaborazione con:



LEONARDO SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA

Dall'esperienza sul campo e dalle prove di laboratorio<sup>[7]</sup> sono state individuate le migliori condizioni climatiche e i valori limite dei parametri delle condizioni ambientali per raggiungere un'alta affidabilità dei risultati termografici nello studio della presenza di umidità nelle murature. Le condizioni ottimali sono dettate dalla presenza di un rilevante flusso traspirativo della superficie muraria, causato principalmente da un basso valore di UR ambientale, che a sua volta dipende dalla temperatura dell'aria e dal vento. Senza di questo non si evidenzia la reale distribuzione superficiale dell'umidità.<sup>[8]</sup>

Quindi le condizioni climatiche definite buone per una ripresa termografica sono:

- un contenuto di UR ambientale dell'aria a contatto con la superficie muraria inferiore al 78%,
- un valore di temperatura dell'aria superiore ai 6°C,
- assenza di irraggiamento diretto sulla superficie indagata per almeno 12 ore,
- presenza di un movimento delle masse d'aria che lambiscono la superficie,
- un gradiente termico di almeno qualche grado.

Le condizioni climatiche che rendono inattendibile uno studio termografico con individuazione delle zone più umide sono:  $UR > 80\%$  e  $T < 3.5^\circ\text{C}$ .

Nel Nord Italia queste "cattive" condizioni si verificano tra i 60 e gli 180 giorni in un anno.<sup>[9]</sup>

La verifica e quindi la misura delle condizioni microclimatiche al momento della battuta devono essere fatte in maniera molto attenta e precisa dall'operatore, riportando su apposite schede i valori di temperatura e di umidità relativa sia durante la battuta che nelle ore precedenti.

Si sottolinea che all'interno delle condizioni ottimali per eseguire una battuta termografica passiva per la verifica della presenza di acqua nella muratura viene riportato anche il fatto che la muratura non deve essere irraggiata: il sole infatti contribuisce ad accelerare l'evaporazione della superficie della muratura causando, quindi, un'asciugatura della superficie stessa non consentendo così di rilevare la presenza di acqua.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:

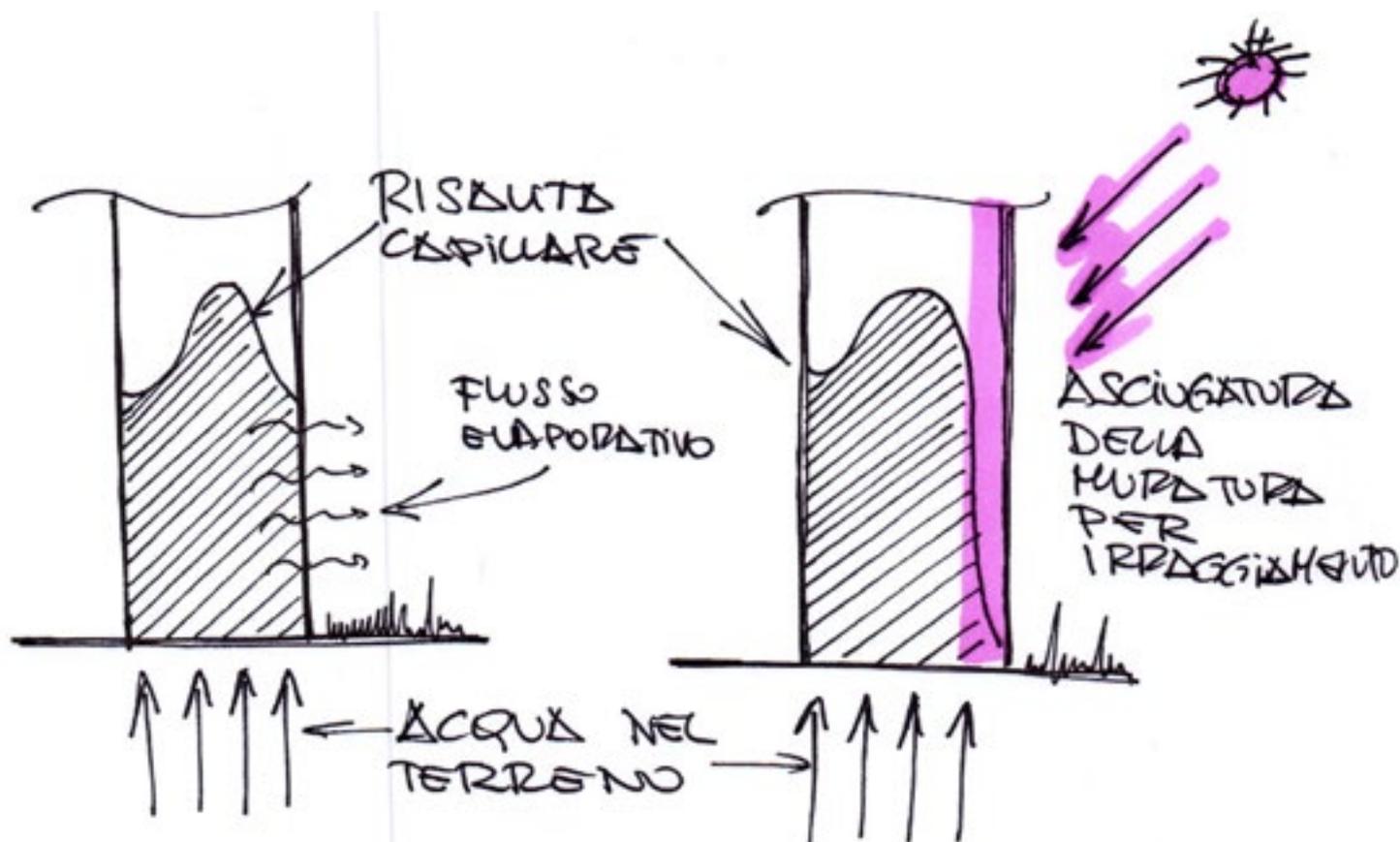


Fig. 13 - Processo di evaporazione ed asciugatura della superficie della muratura per effetto dell'irraggiamento solare.

L'assenza di irraggiamento sulla muratura deve avvenire contestualmente alla battuta e nelle 12 ore precedenti l'indagine. Si stima, infatti, che in 12 ore la muratura possa ritornare alle sue condizioni originarie senza subire una perturbazione dovuta proprio alla presenza dell'irraggiamento sulla parete; in 12 ore, quindi, la muratura è in grado di riassorbire per capillarità l'acqua dall'interno verso la superficie consentendo, durante la battuta, di poterne constatare la presenza mediante l'utilizzo di una termocamera.

La verifica della presenza di acqua mediante l'utilizzo di apparecchiatura termografica è un metodo estremamente vantaggioso perché permette, senza alcun prelievo di materiale, di determinare la distribuzione superficiale dell'umidità nella muratura e consente di ripetere le misure nel tempo potendo in questo modo controllare il fenomeno e

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO



In collaborazione con:



verificare, grazie alla non distruttività della prova, i mutamenti del degrado al cambiare delle condizioni meteorologiche: ripetere le prove nel tempo, dopo un periodo di siccità e dopo un periodo di pioggia, consente di individuare oltre che la patologia anche la possibile causa del degrado. Il metodo è estremamente vantaggioso perché avviene in tempo reale, in maniera molto rapida e, soprattutto, su vaste aree. Qualora si decidesse di effettuare altre tipologie di indagini come, ad esempio, le prove gravimetriche, la battuta termografica consente di ridurre notevolmente il numero di prelievi senza inficiare la validità della prova ponderale.

Dal punto di vista termografico, quindi, la presenza di acqua nella muratura viene evidenziata come una zona più fredda, generalmente collocata alla base della muratura stessa.



*Fig. 14 - Noto (SR), Chiesa di San Lorenzo.  
Dall'immagine termica si evidenzia il gradiente termico  
dalla parte bassa della muratura fino a sfumare.*

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  
OGGI associamo le attività, UTI gli spazi restaurati



In collaborazione con:



LEONARDO  
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO  
E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA

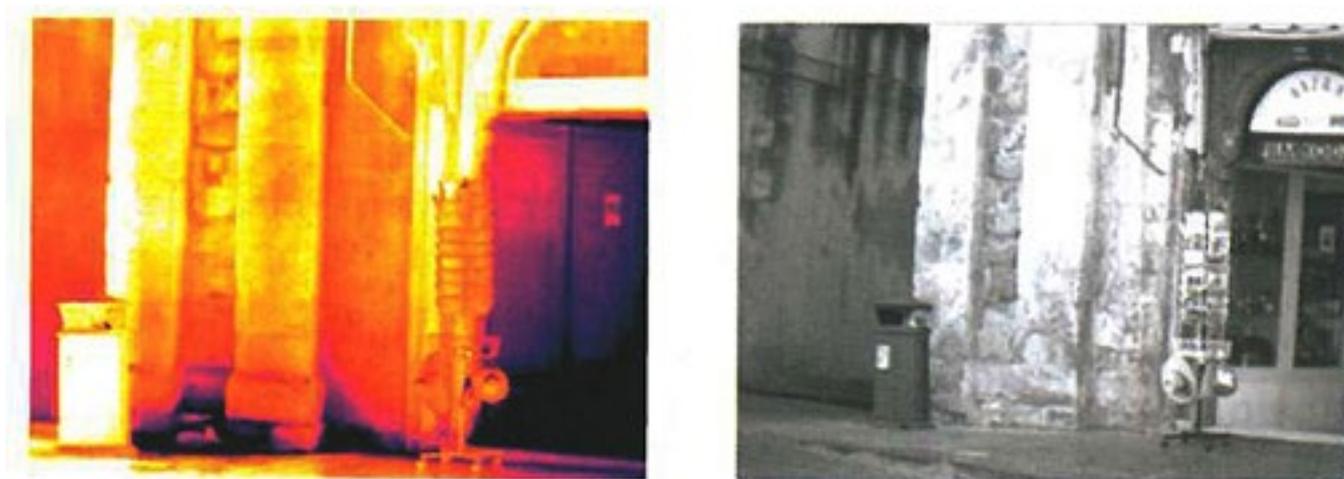


Fig. 15 - Noto (SR), Chiesa di San Lorenzo. Dall'immagine termica e nel visibile è possibile evidenziare il gradiente termico dalla parte bassa della muratura.

È bene sottolineare che l'indagine termografica fornisce informazioni sulla distribuzione della temperatura superficiale e non è in grado, purtroppo, di fornire informazioni sulla quantità d'acqua realmente presente sulla superficie della muratura, né tantomeno fornisce informazioni sulla quantità contenuta all'interno della muratura stessa. Possiamo quindi affermare che l'indagine termografica è una tecnica qualitativa e non quantitativa.

In fase diagnostica risulta fondamentale individuare con certezza la presenza e la quantità d'acqua nella muratura. Proprio per questo motivo viene utilizzata la prova gravimetrica o ponderale in sinergia con l'indagine termografica in modalità passiva: le prove gravimetriche consentono di fornire informazioni solamente quantitative in relazione alla presenza d'acqua in superficie e all'interno della muratura. L'unione fra un'indagine esclusivamente qualitativa come la termografia e un'indagine solo quantitativa come le prove gravimetriche, consente di raggiungere gli obiettivi diagnostici dell'operatore. La sinergia avviene effettuando, in prima battuta, la lettura termografica della superficie e individuando in maniera qualitativa la presenza di acqua nella muratura; grazie a questo l'operatore è in grado di scegliere dei punti di prelievo in relazione a differenti concentrazioni presunte d'acqua nella muratura.

Un'altra tipologia di prova per la misura della quantità d'acqua contenuta nella muratura è la misura mediante igrometro a carburo di calcio.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



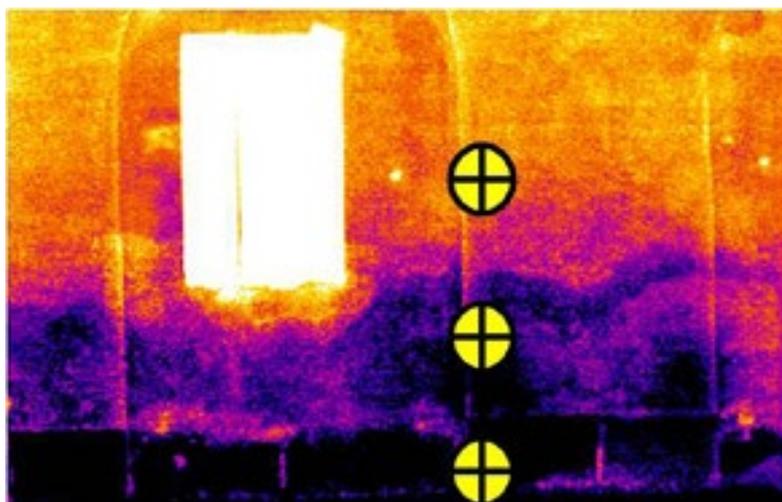


Fig. 16 - Immagine termografica di una parete soggetta a umidità di risalita dove sono stati individuati i punti di prelievo per le prove gravimetriche.

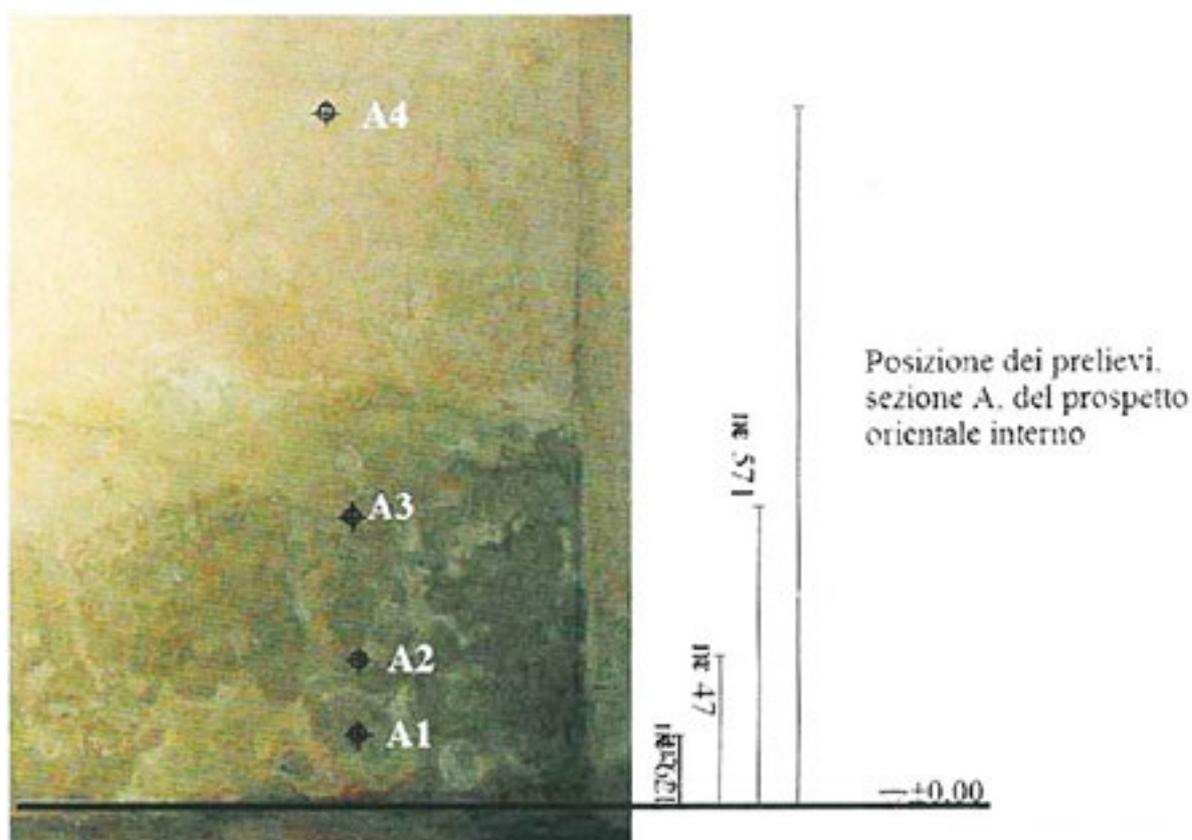


Fig. 17 - Immagine nel visibile di una parete soggetta a umidità di risalita dove sono stati individuati i punti di prelievo per le prove gravimetriche.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

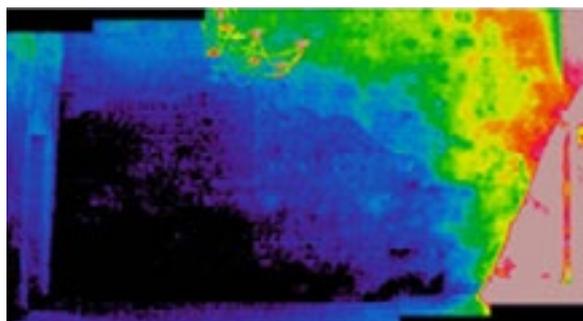
Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



## I casi applicativi – Termografia Passiva



Modalità di indagine	Termografia Passiva
Localizzazione	Castello di Malpaga, Comune di Cavernago (Bg), edificato XIV secolo
Materiale di Facciata	Affresco decorato, malta di calce
Orientamento facciata	Sud Est
Soleggiamento sulla facciata	Assente da almeno 12 ore
Temperatura ambiente	16°C
Umidità relativa ambiente	38%
Nuvolosità	assente
Orario di ripresa	16.00
Durata Ripresa	2 ore
Altre analisi a contorno	Prove gravimetriche per la verifica in profondità della quantità d'acqua rilevata mediante la termocamera
Commento:	Nell'immagine termica si rivela nitidamente la presenza di risalita capillare sulla muratura. L'immagine corrisponde al fianco destro del portico rappresentato nell'immagine precedente. Anche in questa immagine termica si osserva l'incremento della risalita in corrispondenza dell'angolo della muratura. Si noti un incremento significativo per effetto dell'aumento dello spessore murario dovuto alla muratura della torre difensiva del castello. Le porzioni di destra, invece, sono a temperatura anomala per effetti del riscaldamento della muratura a causa dell'irraggiamento solare.

Con il Patrocinio di:

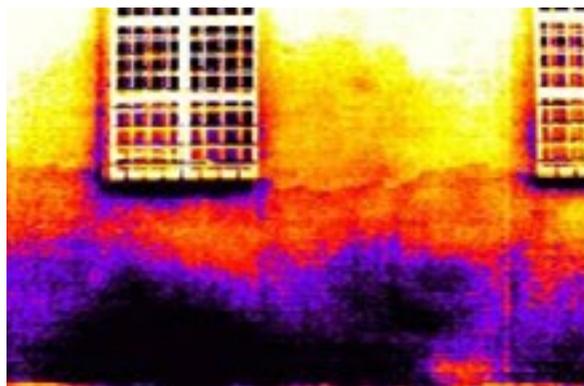


Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



Modalità di indagine	Termografia Passiva
Localizzazione	Villa Montalvo, Comune di Campi Bisenzio (Fi), edificata XV secolo
Materiale di Facciata	Intonaco di malta di calce
Orientamento facciata	Ovest
Soleggiamento sulla facciata	Assente da almeno 12 ore
Temperatura ambiente	18°C
Umidità relativa ambiente	65%
Nuvolosità	assente
Orario di ripresa	13.00
Durata Ripresa	3 ore
Altre analisi a contorno	Prove gravimetriche per la verifica in profondità della quantità d'acqua rilevata mediante la termocamera.
Commento:	<p>Nell'immagine termica si rivela la presenza di una anomalia termica in corrispondenza della base della muratura. Tale anomalia, assolutamente non riconoscibile nell'immagine nel visibile corrisponde ad una zona con risalita capillare. La muratura è stata, recentemente, intonacata ma non è stato previsto alcun sistema di deumidificazione. La termografia, come indagine preventiva, evidenzia la presenza di risalita capillare senza che se ne possa percepire il degrado.</p> <p>Nell'immagine termica si osserva il dettaglio in corrispondenza di una finestra. Nel visibile non è assolutamente possibile osservare la presenza di alcun segno di degrado.</p>

Con il Patrocinio di:



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:

## B.2. Il rilievo psicrometrico

### B.2.1. Finalità del rilievo psicrometrico

Lo psicrometro è uno strumento che consente di valutare l'umidità relativa (UR), l'umidità specifica (US) e la temperatura (T) ambientale all'interno di un edificio, con tempi di acquisizione molto rapidi. Lo scopo prefissato è quello di avere una mappatura del microclima interno di uno o più locali consentendo di verificare le condizioni ideali per la conservazione del manufatto e verificare le zone con possibile formazione di fenomeni di condensazione.

Lo strumento, grazie alla sua grande velocità di acquisizione dei dati (nell'ordine del secondo), consente di elaborare i dati e verificare le condizioni termoigrometriche di tutto un edificio in tempi e momenti confrontabili, in condizioni di equilibrio, durante tutta la battuta di acquisizione dei dati; esso è inoltre in grado, date le sue caratteristiche, di monitorare le condizioni microclimatiche interne al corpo di fabbrica in esame, mappando in maniera esaustiva la concentrazione di vapore acqueo contenuta nell'aria ambientale. Non fornisce però indicazioni relative al contenuto d'acqua nella muratura.

Lo scopo delle analisi effettuate è di individuare le aree in cui le anomalie nella distribuzione di UR, US e T sono considerabili costanti nonostante i cambiamenti climatici annuali; è deducibile come in tali aree siano residenti fenomeni indipendenti dalle precipitazioni meteoriche o dalle modificazioni climatiche.

Si vogliono, quindi, identificare le concentrazioni anomale di UR% e le discontinuità di T°C per individuare le possibili cause microclimatiche generanti le condizioni di degrado.

### B.2.2. Strumenti utilizzati e modalità di rilievo

Per il rilievo si utilizza uno psicrometro a resistenza elettrica. I dati rilevati sono poi opportunamente elaborati e riportati ad una temperatura unica di riferimento di 20°C.

La velocità con cui lo strumento entra in equilibrio con l'aria è tale da consentire il rilievo di un elevato numero di punti di stazione in un tempo relativamente breve. La registrazione dei parametri necessari avviene senza considerevoli mutazioni delle condizioni

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  
Uff. Centri Storici

Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ DEL SALENTO

assorestauRO

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
OGGI ASSOCIAZIONI DI ARCHITETTI, ARTISTI, UFFICIALI



In collaborazione con:



LEONARDO SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA

esterne/interne. Le misure avvengono, generalmente, a contatto con le pareti. L'uso di una griglia regolare come guida per la registrazione dei valori relativi di temperatura e umidità consente di trasformare i dati numerici ottenuti in una mappa costituita da isolinee rappresentative dei valori registrati. Tale mappa, a sua volta sovrapposta alla planimetria dell'ala esaminata, permette di localizzare le zone ove si manifestano maggiormente le anomalie termoigrometriche. Le indicazioni così desunte assumono notevole importanza quando si affiancano all'analisi delle possibili concause generanti il fenomeno.

Le battute di rilievo dovranno essere molteplici e ripetute nei vari mesi dell'anno consentendo di apprezzare anche le minime variazioni dovute a microsquilibri interni; quelle risultate più significative saranno quelle effettuate in gennaio, in aprile, in giugno, in settembre e in novembre.

### B.2.3. Principio fisico

Il principio fisico di funzionamento è derivato dallo studio della climatizzazione e refrigerazione industriale e si basa sulla sottrazione di calore per effetto del passaggio di stato da liquido a vapore durante l'evaporazione: questa infatti a temperatura costante dell'unità di massa del liquido richiede una determinata quantità di calore definita calore latente di vaporizzazione.

Il calore latente è definito come la quantità di calore necessaria per vaporizzare una quantità determinata di liquido, si utilizza generalmente il peso o le grammo-molecole.

Se l'evaporazione avviene in un ambiente chiuso a temperatura costante e la quantità di liquido è sufficiente, il vapore invade tutto l'ambiente fino a raggiungere la pressione di vapore saturo, in corrispondenza della quale l'evaporazione cessa; nel caso che il fenomeno avvenga all'aria aperta, il fenomeno prosegue fino all'esaurimento del liquido.

L'evaporazione è tanto più rapida quanto più aumenta la temperatura del liquido e avviene sempre a partire dalla superficie del liquido stesso. Se la temperatura sale fino a fare in modo che la pressione di vapore saturo raggiunga ed eguagli la pressione ambientale, allora l'evaporazione si trasforma in ebollizione.

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:



Il meccanismo del fenomeno dell'evaporazione non è semplice a causa dei molteplici fattori che lo influenzano, come temperatura e pressione d'esercizio, geometria e natura delle superfici riscaldanti, proprietà fisiche del liquido in evaporazione, fluidodinamica del sistema e molti altri fattori, il calcolo del fenomeno è molto complesso e si basa generalmente su dati acquisiti sperimentalmente.

Il processo evaporativo, come ogni passaggio di stato, coinvolge quantità di calore definite come calore latente che, nel caso dell'evaporazione, a passaggio di stato avvenuto viene sottratto al sistema termodinamico e quindi si assiste ad una refrigerazione.

L'evaporazione è un fenomeno ciclico e continuo, fino a che non si giunge ad un equilibrio igrometrico e ad una saturazione dell'ambiente o del sistema termodinamico in esame. Il fenomeno è spiegabile, come precedentemente detto, nel raggiungimento della pressione di vapore saturo e quindi in una saturazione dell'ambiente.

Esiste una proporzionalità diretta tra durata del flusso evaporativo, o quantità di calore sottratto, e concentrazione di vapore acqueo nell'ambiente. Tale proporzionalità consente, se correttamente formulata, di determinare la concentrazione di vapore acqueo nel sistema.

## Note

[1] G. Solaini, "Capillarità e condensazione nei materiali porosi", Recuperare, n.30, 1987.

[2] G. Solaini, "Capillarità e condensazione nei materiali porosi", Recuperare, n.30, 1987.

[3] G. Solaini, "Capillarità e condensazione nei materiali porosi", Recuperare, n.30, 1987.

[4] I. e G. Massari, "Il risanamento igienico dei locali umidi", Roma, 1985.

[5] V. Di Battista, "Diagnostica", Recuperare, n.30, 1987.

[6] AA.VV. , " Recupero edilizio " n.6, 1987.

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  
OGGI ASSOCIATI DI RESTAURO, ANNI AGGIUNTI



In collaborazione con:



LEONARDO  
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO  
E LA DEUMIDIFICAZIONE HUMIDITÀ

[7] In camera climatica, provvista di termocamera, sono stati ripresi 10 campioni di intonaco di calce portati a saturazione. Oltre l'80% di UR e sotto i 3.5°C non è rilevabile alcun processo traspirativo.

[8] E.Rosina, N.Ludwig, L.Rosi, "Optimal Environmental Conditions To Detect Moisture In Ancient Buildings. Case Studies In Northern Italy", pp. Thermosense XX, pp 188/199, Orlando USA, Aprile 1998.

[9] E.Dagheti, D.Ferrieri, M.C.Fumerio, "Studio sperimentale sulle prestazioni di superfici murarie e sui loro trattamenti per la loro conservazione: ambiente e degrado", Relatore Prof. Binda, in "Edilizia", Bollettino ASS.I.R.C.CO., Novembre 1993.

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 Architectural, Artistic, Urban Restoration



In collaborazione con:



LEONARDO  
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO  
E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA

## 7. Umidità di risalita capillare negli edifici storici: la tecnologia elettrofisica a neutralizzazione di carica quale indispensabile strumento “a impatto zero” per la prevenzione e la definitiva risoluzione del problema <sup>[1]</sup>

*Dott. Ing. Michele Rossetto, Direttore Tecnico Gruppo Leonardo Solutions - Domodry*

### Abstract

L'umidità da risalita capillare costituisce uno dei problemi che si presentano più frequentemente negli interventi di restauro su immobili e strutture di qualsiasi epoca. I danni provocati alle murature, gli effetti negativi sulla fruibilità degli ambienti e sulla salubrità degli stessi hanno da sempre rappresentato un problema per la cui soluzione, in passato, si è ricorsi all'impiego di sistemi volti a contrastare e/o ridurre temporaneamente gli effetti della risalita, sistemi che tuttavia si sono rivelati il più delle volte inefficaci e, in ogni caso, non idonei a risolvere il problema in modo definitivo.

Ma proprio la mancanza di efficacia delle cosiddette “soluzioni tradizionali” ha, per converso, fornito lo stimolo per la sperimentazione e lo sviluppo di una soluzione completamente originale e innovativa e finalmente efficace, quale appunto la tecnologia elettrofisica “a neutralizzazione di carica” (T.n.c.). La tecnologia per la deumidificazione muraria qui descritta si basa su un originale ed esclusivo principio di funzionamento – detto appunto della “neutralizzazione di carica” – che la contraddistingue in modo univoco rispetto ai sistemi elettrofisici generici e ai sistemi a funzionamento elettrico basati su principi diversi.

Dopo quasi un decennio di applicazioni e risultati validati dalle sperimentazioni condotte sul campo da Enti super partes, oggi la T.n.c. rappresenta finalmente, nelle mani degli operatori del settore “conservazione e restauro”, un indispensabile strumento “a impatto zero” per la prevenzione e la definitiva risoluzione al 100% di un problema – quello della risalita capillare – prima non risolvibile.

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale  
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO

assorestauro

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
OGGI ASSOCIATO DI ARCHITETTURA, ARTI E UFFICI RESTAURATORI



In collaborazione con:



LEONARDO  
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO  
E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA

## Introduzione

Il problema dell'umidità da risalita capillare è sicuramente ben conosciuto tra gli addetti ai lavori, soprattutto per ciò che concerne le conseguenze e gli effetti di tipo patologico provocati sulle murature, intendendo con ciò tutte le forme di degrado che potenzialmente l'umidità è in grado di indurre sulla superficie e/o all'interno dell'opera muraria. Secondo una classificazione generale, possiamo distinguere tra le seguenti tipologie di degrado:

- degrado di tipo chimico: corrosione, idrolisi, idratazione e ossidazione, ecc.;
- degrado di tipo fisico: tensionamento meccanico esterno, dilatazione termica, gelo, cristallizzazione dei sali, ecc.;
- bio-deterioramento: formazione e sviluppo di organismi vegetali, muffe, ecc.;
- degrado di tipo termo-igrometrico: peggioramento delle condizioni termoigrometriche degli ambienti interni, con conseguente decadimento del livello di benessere e insorgenza di rischi sia per la salute che per la conservazione di eventuali opere d'arte ivi custodite.



Fig.1 - Umidità da risalita sul prospetto esterno di un'abitazione a Venezia.

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale  
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa

Ente organizzatore:



Comune di Ragusa  
Un. Centri Storici

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO

assorestauRO

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
OGGI associato al patrimonio, ANNI 5000 restaurato



In collaborazione con:



LEONARDO  
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO  
E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA

Per tale motivo, l'umidità da risalita capillare può essere a pieno titolo considerata una **PATOLOGIA CRONICA** tipica degli edifici storici (ma presente anche in quelli moderni o contemporanei), una sorta di "malattia" a decorso lento ma inesorabile che peraltro, a livello statistico di diffusione, rappresenta la causa principale del degrado materico dell'opera muraria.

A fronte della gravità che viene universalmente riconosciuta a questo tipo di patologia, e pur con tutti i metodi e le tecniche che nel corso degli anni sono state sperimentate e applicate nel tentativo di risolvere il problema, ancor oggi la risalita capillare viene considerata, dagli addetti ai lavori, una "MALATTIA" pressoché "INGUARIBILE" e "INCURABILE".



*Fig.2 - Esiti postumi (ricomparsa dell'umidità) su una muratura precedentemente trattata con barriera chimica.*

Per quale motivo? Le risposte possono essere diverse, ma sicuramente, se passiamo in rassegna tutte le tecniche d'intervento sino ad oggi impiegate per contrastare il problema e ne analizziamo, dal punto di vista statistico, gli esiti e i risultati conseguiti in termini di "capacità di deumidificazione" della muratura e di "durata degli effetti" nel tempo, ci accorgiamo che...

nessuna delle suddette tecniche si è dimostrata in grado di risolvere il problema in modo generalizzato e tantomeno di garantire il

mantenimento dei risultati nel tempo, al contrario, i risultati sono stati il più delle volte parziali (e non totali), aleatori (e non certi), temporanei (e non definitivi) e sicuramente **NON SUFFICIENTI** al raggiungimento di una condizione, se non di totale deumidificazione, quantomeno compatibile con il mantenimento di condizioni d'uso accettabili per le murature e per gli ambienti da queste circoscritti.

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



In collaborazione con:



LEONARDO SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA

Ci sovviene quindi una domanda: come è possibile che, in un'era come quella attuale, dominata dalla tecnologia, ancora “sopravviva” irrisolto un problema tanto diffuso e tanto grave quale quello qui discusso? Non sono forse state messe in campo, nel corso almeno degli ultimi decenni, enormi risorse intellettuali, economiche e di mezzi, da parte tanto del settore della ricerca, quanto dei professionisti e delle imprese, nel tentativo – ahimé vano – di trovare una soluzione definitiva al problema?

Certo, a fronte dell'attuale stato dell'arte, questa potrebbe apparire come una domanda retorica, ma se non iniziamo col dare una risposta a questa domanda, difficilmente saremo in grado di superare i limiti raggiunti dalle attuali soluzioni.

La risposta – che già possiamo intuire - è dunque la seguente:

se tutti i sistemi e le tecniche sino ad oggi impiegati “non hanno funzionato” (ovvero: non hanno dato dimostrazione di poter raggiungere il risultato atteso, in termini di deumidificazione della muratura, in modo definitivo e duraturo), allora è probabile che l'interpretazione o “modellazione” del fenomeno fisico “risalita capillare nella muratura” che è stata assunta come riferimento per la messa a punto e l'applicazione delle varie tecniche non fosse quella giusta, o quantomeno che fosse parziale e/o incompleta rispetto al reale fenomeno fisico.

In effetti, se guardiamo alle tecniche di tipo “tradizionale” o “a sbarramento” – quali il taglio meccanico, la barriera chimica, ecc. – ci accorgiamo che la visione e l'approccio al problema sono stati, in questo caso, esclusivamente di livello “macroscopico”, del tipo: “nota la direzione di provenienza dell'acqua (dal basso verso l'alto), cerchiamo di frapporre alla base della muratura un mezzo meccanico o chimico che ne interrompa il flusso”.

E' venuta poi la volta, come noto, delle tecniche ad elettro-osmosi o di tipo elettrofisico ad “inversione di polarità” (della muratura), tecniche che, cambiando il tipo di approccio, hanno incominciato a guardare al problema non più dal punto di vista “macroscopico”, quanto piuttosto da quello “microscopico” (come meglio vedremo nel prosieguo della relazione). Tuttavia, anche qui c'è qualcosa che è sfuggito (in questo caso, più nell'applicazione tecnologica che nel modello fisico di riferimento, come spiegheremo tra breve).

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:

Nel caso della tecnologia a neutralizzazione di carica (T.n.c.) si è invece partiti dal presupposto di ribaltare l'approccio al problema rispetto alle tecniche precedenti, e questo è proprio ciò che ha consentito alla T.n.c. di arrivare là dove tutte le precedenti tecniche avevano fallito, ovvero ad un risultato caratterizzato da una percentuale di successo totale e definitiva per qualsiasi tipo di materiale, struttura, età o sedime dell'edificio, e per qualsivoglia valore iniziale del contenuto d'acqua e/o di sali della muratura!

## Il fenomeno fisico dell'umidità ascendente nelle murature

Vediamo dunque di comprendere come funziona la "T.n.c.", partendo innanzitutto dalla comprensione del fenomeno fisico "umidità di risalita capillare".

Come noto, il fenomeno della capillarità trae origine dalla complessa interazione chimica e fisica che si esplica tra le molecole d'acqua presenti nel terreno sottostante e/o adiacente alle murature e i materiali porosi costituenti le murature stesse.

Per comprendere appieno la dinamica del fenomeno, occorre richiamare le leggi fisiche che, a livello microscopico, governano i vari fattori in gioco.

Secondo il classico modello del tubo capillare, il fenomeno dello spostamento  $h$  (innalzamento o abbassamento) di una colonna di fluido (nel nostro caso acqua) all'interno di un tubo capillare di piccole dimensioni (raggio  $r$ ) è dato dalla ben nota "Legge di Jurin" [2]:

$$h = \frac{2 \cdot \gamma \cdot \cos \phi}{\rho \cdot g \cdot r}$$

in cui  $\gamma$  è la tensione superficiale dell'acqua agente al contatto con la superficie interna del capillare,  $\phi$  è l'angolo di contatto (ovvero di inclinazione) della tensione  $\gamma$  rispetto alla parete verticale del capillare [3],  $\rho$  la densità dell'acqua e  $g$  l'accelerazione di gravità (Fig. 3).

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  
OGGI ASSOCIATO DI RICERCA, AI 100 ANNI



In collaborazione con:



LEONARDO  
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO  
E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA

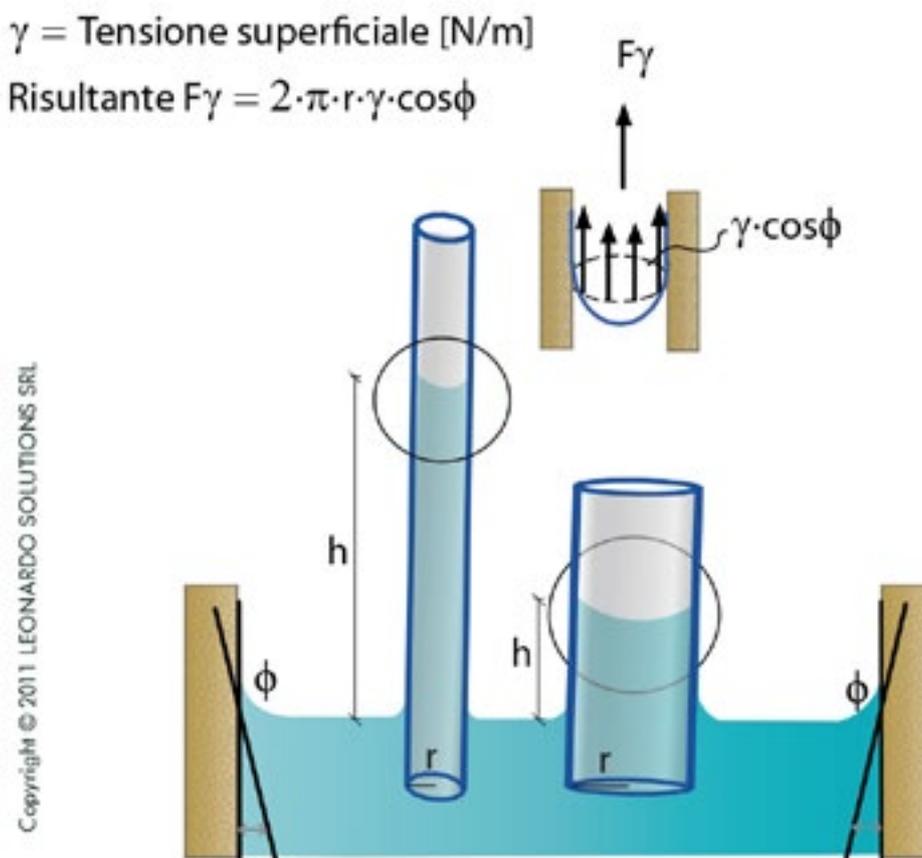


Fig.3 - Spostamento del menisco all'interno del capillare per effetto della tensione superficiale.

Si rileva subito come l'altezza  $h$  risulti inversamente proporzionale al raggio  $r$  del capillare: teoricamente, per capillari di raggio pari a 10 micron (normalmente presenti in una muratura portante), in base alla suddetta formula la colonnina d'acqua potrebbe raggiungere l'altezza di 15 m prima di essere bilanciata dalla forza di gravità!

Tuttavia, nei casi concreti tale altezza non è mai riscontrabile, nemmeno nei casi limite rappresentati da murature con fondazioni direttamente immerse in acqua (come ad es. edifici in laguna veneta o simili), in quanto il modello di tipo "statico" sopra descritto non è sufficiente da solo a descrivere il fenomeno reale.

Come ben noto, infatti, all'interno dei capillari della muratura l'acqua non rimane immobile come nel modello di Jurin, ma al contrario è soggetta ad un movimento ciclico

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



dal basso verso l'alto, la cui velocità, altezza e intensità risulta variabile in funzione del tasso di evaporazione dell'acqua attraverso la muratura, a sua volta dipendente dalle più generali condizioni al contorno (tipo di materiale e spessore del muro, tipo di terreno e quantità d'acqua in fondazione, condizioni termo-igrometriche interne ed esterne, ecc...).

Tale movimento (vero e proprio flusso) dell'acqua nei condotti capillari della muratura è fortemente influenzato, oltre che dalla tensione superficiale, anche da un ulteriore importante fattore, rappresentato dal "doppio strato di Helmholtz" associato al potenziale elettrostatico negativo che si instaura, per via naturale, sulle pareti interne dei capillari (fig. 4).

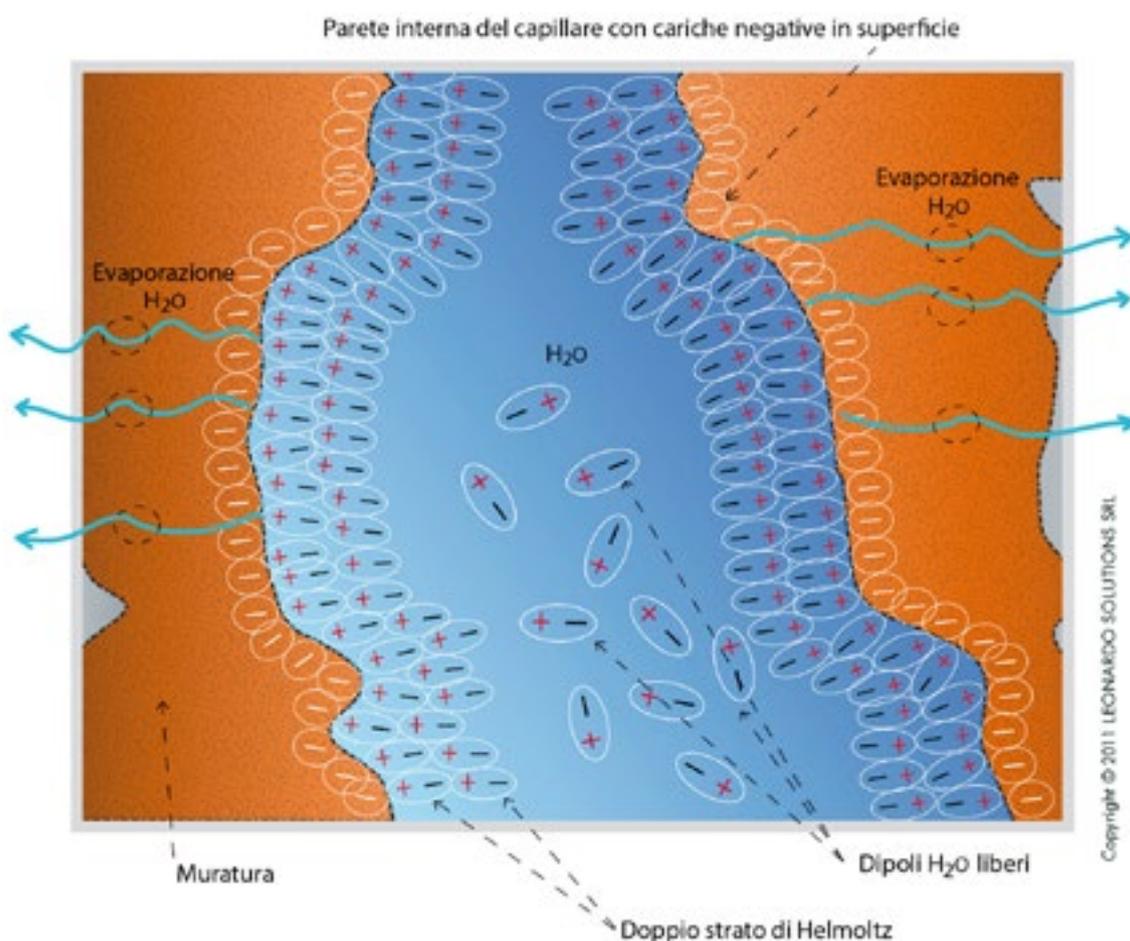


Fig.4 - Rappresentazione schematica del "doppio strato di Helmholtz".

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



A scala microscopica, infatti, la superficie di un materiale silicico (componente base della maggior parte dei materiali da costruzione) è carica di un potenziale elettrostatico negativo. Pertanto, le pareti interne dei capillari, cariche negativamente, tenderanno ad attrarre le molecole (dipoli) d'acqua, che risulteranno quindi orientate con il polo positivo verso la parete interna - negativa - del capillare: il "doppio strato" di dipoli che ne deriva è detto di Helmholtz [4].

Quando esiste un flusso di risalita capillare alimentato da una evaporazione in atto dalla parete di un muro, questo movimentata lo strato di Helmholtz e, di conseguenza, genera un debole potenziale elettrico differenziale (inferiore ad 1 V) misurabile tra la terra ed il muro.

L'entità del potenziale, in millivolt [mV], è proporzionale all'intensità del flusso di risalita, a sua volta correlato al tasso di evaporazione. I valori misurabili variano dai 10÷20 mV (risalita debole o assente) fino a 300÷500 mV (risalita molto forte).

Tutto ciò dimostra che il fenomeno "umidità capillare" nelle murature è governato – seppur con dinamiche variabili caso per caso in funzione delle specifiche condizioni al contorno – tanto dalla **tensione superficiale dell'acqua** agente al contatto con le pareti interne dei capillari (Jurin) quanto, soprattutto, dal **potenziale elettrico differenziale** dovuto al doppio strato di dipoli d'acqua (Helmholtz).

I suddetti fattori concorrono quindi ad innescare e alimentare il flusso di risalita capillare entro la muratura stessa senza soluzione di continuità, fatte salve eventuali variazioni indotte da modifiche – permanenti o stagionali – delle condizioni al contorno (regime termo-igrometrico interno e/o esterno, oscillazioni della falda freatica, interventi di intonacatura/stonacatura eseguiti sulla muratura, ecc...).

Posto dunque che il fenomeno della risalita capillare è determinato dall'azione di forze infinitesimali di natura elettrica, facilmente si può intuire che, per superare i limiti a tutt'oggi palesati dalle soluzioni di tipo tradizionale (ovvero quelle "a sbarramento" agenti sugli effetti della risalita e non sulle cause), ben più efficace e meno invasivo possa risultare un sistema che sia in grado di neutralizzare direttamente sul nascere le forze all'origine della risalita stessa.

Con il Patrocinio di:



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



Oltretutto, un sistema così concepito, dovendo contrastare solo forze infinitesimali, potrà verosimilmente essere anche assai meno dispendioso, in termini energetici, rispetto a qualunque altro sistema tradizionale che, come noto, risulta di per sé assai più “energivoro”.

## Il principio di funzionamento della T.n.c.

La T.n.c. rappresenta un’applicazione derivata da studi sperimentali condotti, nel campo delle nano-tecnologie, da Università ed Enti di ricerca internazionali a partire dalla fine degli anni ’90.

Il principio scientifico utilizzato per contrastare il fenomeno della risalita capillare si basa sull’applicazione di particolari fenomeni fisici denominati dagli addetti ai lavori con i termini “elettro-capillarità” ed “electrowetting” [4].

In base ai suddetti studi sperimentali risulta possibile, mediante l’applicazione di un potenziale elettrico esterno, indurre variazioni nella distribuzione delle cariche elettriche all’interfaccia tra un liquido conduttore (ad es. una soluzione acquosa salina) e una superficie solida (ad es. una parete interna di un micro-capillare), effetto che dal punto di vista fisico si traduce nella variazione della tensione superficiale – ovvero dell’angolo di contatto - all’interfaccia tra il liquido e la parete solida del capillare.

Sfruttando tali principi è stato dunque concepito un dispositivo che, in sostanza, risulta essere un generatore di deboli onde elettromagnetiche impulsive, opportunamente modulate in un definito range di frequenze, totalmente innocue per l’organismo umano, il cui effetto risultante all’interno dei capillari della muratura è quello di **neutralizzare il potenziale elettrico differenziale del flusso capillare**, così da interrompere alla radice – ovvero al contatto stesso tra acqua e muratura – la risalita dell’umidità (Fig.5).

Semplificando molto il concetto, si può dire che la T.n.c. neutralizza, al contatto acqua-muratura, la capacità delle molecole d’acqua di caricarsi elettricamente, facendo in modo che rimangano neutre e, conseguentemente, non possano più essere attratte per differenza di carica da parte dei capillari della muratura [5].

Con il Patrocinio di:



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:





Copyright © 2011 DOMODRY Srl

Fig.5 – Principio di funzionamento della T.n.c. Domodry®.

Ciò costituisce, in estrema sintesi, il peculiare ed esclusivo “principio attivo” che caratterizza la tecnologia sviluppata dal Gruppo Leonardo Solutions - Domodry che pertanto, nel panorama dei sistemi a funzionamento elettrico presenti sul mercato, si contraddistingue in assoluto come primo e unico **“sistema elettrofisico a neutralizzazione di carica”**.

Dal punto di vista applicativo, il dispositivo Domodry® agisce tramite un apparecchio (Fig.6) di piccole dimensioni (28 x 17 x 6 cm) che viene collocato all’interno dell’edificio e collegato ad una presa elettrica. Una volta in funzione, esso inibisce alla radice il fenomeno della capillarità, interrompendo così la risalita di nuova acqua attraverso i capillari del muro. L’umidità in eccesso viene quindi espulsa gradualmente tramite evaporazione spontanea, più o meno velocemente a seconda delle caratteristiche costruttive del

muro, della quantità d’acqua inizialmente presente nel muro stesso, nonché delle condizioni climatiche del luogo.

Completata la deumidificazione, sarà sufficiente mantenere in funzione l’impianto così da garantire, tramite l’azione di prevenzione anti-risalita esplicita dall’impianto stesso, il mantenimento in via permanente dello stato di equilibrio (umidità igroscopica naturale) raggiunto dalla muratura.

L’apparecchio è disponibile in cinque diversi modelli con un differente raggio d’azione sferico da un minimo di 6 ad un massimo di 15 metri, risultando efficace su tutte le strutture ricadenti all’interno di tale campo d’azione, a prescindere dalla presenza di muri interni

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO



In collaborazione con:





Fig.6 – L'apparecchio Domodry®

che non costituiscono una barriera al sistema. Gli impulsi generati dall'apparecchio, di gran lunga inferiori a quelli di un normale elettrodomestico, sono totalmente innocui sia per le persone che per gli animali (l'apparecchio è certificato come bio-edile).

In base alle dimensioni dell'edificio, gli apparecchi possono essere installati singolarmente (impianto singolo) o in modo combinato tra loro (impianto multiplo): ciò consente la massima flessibilità e possibilità di adattamento dell'impianto a manufatti edilizi di qualsiasi tipologia e dimensione, dalla più piccola abitazione al più complesso fabbricato o edificio monumentale.

Risulta superfluo sottolineare come un altro dei pregi di questa tecnologia sia la assoluta mancanza di invasività, tanto da renderla il miglior tipo di intervento in assoluto utilizzabile nell'ambito della conservazione preventiva e programmata del patrimonio storico artistico.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



## Effetti sul microclima ambientale

La T.n.c. agisce in modo mirato e specifico esclusivamente sulla componente dell'umidità muraria dovuta alla capillarità, pertanto non ha alcun effetto diretto su altre eventuali concause di umidità di tipo diverso (come ad es. infiltrazioni, perdite da condotte idrauliche, umidità di condensa, ecc.).

È tuttavia dimostrato che l'eliminazione definitiva dell'umidità capillare può indurre, di riflesso, effetti benefici anche sull'aria all'interno dell'immobile, in virtù della minor quantità di vapor d'acqua che dal muro si riversa nell'ambiente. Nella stragrande maggioranza dei casi, infatti, con il progredire della deumidificazione muraria innescata dall'impianto Domodry®, si riscontra anche una graduale regressione dei fenomeni di condensa. Ulteriore - ma non meno importante - effetto indiretto della deumidificazione muraria è la diminuzione del grado di dispersione termica dei muri perimetrali, con conseguente recupero dell'efficienza energetica (riduzione dei consumi per il riscaldamento) dell'intero immobile.

Come effetti indiretti conseguenti all'eliminazione della risalita capillare e alla progressiva deumidificazione della muratura possiamo annoverare:

- eliminazione dell'eccesso di Ur % negli ambienti interni;
- regressione dei fenomeni di condensa superficiale (e muffe);
- diminuzione del grado di dispersione termica dei muri perimetrali;
- recupero dell'efficienza energetica dell'immobile.

## Differenze tra la T.N.C. ed altri sistemi “similari”

È importante sottolineare le differenze sostanziali che contraddistinguono la T.n.c. da altri sistemi solo apparentemente simili (sistemi a funzionamento elettrico o magnetico basati su principi diversi). Infatti, la T.n.c. è stata ideata a partire dai primi anni 2000 per superare e migliorare l'efficacia dei vari sistemi elettro-osmotici ed elettrofisici già in uso a quei tempi e, per quanto ormai obsoleti, ancor oggi presenti sul mercato.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



Di fatto, nell'arco di oltre trent'anni di applicazioni i suddetti sistemi hanno palesato, nei confronti dell'umidità muraria di origine capillare, risultati solo parziali e incompleti, quasi sempre dipendenti dalla tipologia costruttiva dell'immobile e/o dalle specifiche condizioni di intervento. In sostanza, detti sistemi si sono rivelati essere privi di sufficienti garanzie di efficacia nei riguardi sia del grado di deumidificazione raggiungibile, sia del mantenimento nel tempo del risultato (comunque insufficiente) raggiunto.

Dal 2003 è stata quindi avviata, in collaborazione con alcuni importanti Centri universitari, una campagna di sperimentazione e ricerca <sup>[6]</sup> per il miglioramento dei preesistenti sistemi elettrofisici, che ha portato, nel 2008-09, allo sviluppo di una tecnologia più avanzata e di concezione totalmente innovativa, quale appunto la T.n.c..

Per i suddetti motivi, la T.n.c. rappresenta oggi l'unico sistema in grado di garantire la totale eliminazione dell'umidità muraria di origine capillare nel 100% dei casi e in modo illimitato nel tempo! <sup>[7]</sup>

## Un caso applicativo della T.n.c.: Palazzo Te (Mantova)



Fig.7 – Palazzo Te (Mantova).

Palazzo Te, tra i più illustri esempi di Architettura del Manierismo, è l'opera più celebre dell'architetto italiano Giulio Romano. Il complesso, costruito tra il 1524 e il 1534 su commissione di Federico II Gonzaga, è oggi sede del museo civico e, dal 1990, del Centro Internazionale d'Arte e di Cultura di Palazzo Te, che organizza mostre d'arte antica e moderna e d'architettura.

A fronte di una grave problematica quale quella dell'umidità ascen-

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



dente che da epoca storica affliggeva l'edificio, nel corso di vari anni erano stati sperimentati a Palazzo Te diversi sistemi alternativi (impianto ad elettroosmosi in una zona, apparecchio elettrofisico di vecchia generazione in un'altra zona, ecc.) che non avevano dato risultati apprezzabili o, comunque, definitivi.

L'Amministrazione di Palazzo Te aveva dunque richiesto di valutare la fattibilità di un intervento di sostituzione dei precedenti sistemi mediante applicazione della tecnologia Domodry®, da installare inizialmente a livello sperimentale in due zone (Camera dei Giganti e Zona ingresso).

Le indagini diagnostiche propedeutiche all'intervento, svolte nel 2009 nell'edificio, avevano in effetti evidenziato, anche nelle zone già interessate dai precedenti sistemi di deumidificazione, la presenza di una forte aggressione da parte dell'acqua di risalita capillare sull'opera muraria (muratura tradizionale di mattoni e malta di calce). Il fenomeno interessava sia le pareti perimetrali che quelle divisorie, con un avanzato stato di degrado delle superfici a vista, testimoniato da diffuse esfoliazioni delle pitture ed efflorescenze saline, per un'altezza da pavimento variabile da 1,0 a 1,5 m circa a seconda delle zone.

L'origine dei fenomeni di risalita capillare sopra descritti era riconducibile alla natura dei terreni (antica zona paludosa e lacustre) su cui insiste l'edificio, in relazione alle caratteristiche costruttive e all'età dell'edificio stesso: l'abbondante presenza d'acqua nel sottosuolo, a breve profondità dal piano di campagna, favorisce un richiamo e un ristagno d'acqua nella zona su cui insistono le fondazioni, da cui appunto si innescava la risalita capillare secondo un ciclo continuo e ininterrotto.

A fronte del quadro diagnostico sopra descritto, nel gennaio 2010 è stato installato e attivato l'apposito impianto Domodry® per la deumidificazione delle murature, composto da n°2 apparecchi mod. LS-R15 a copertura rispettivamente della Camera dei Giganti e della Zona ingresso, come illustrato nello schema di Fig.8.

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale  
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO

assorestauro

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
OGGI ASSOCIATO DI RESTAURAZIONE, ANCI, ICOM ITALIA



LEONARDO  
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO  
E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA



Camera dei Giganti:  
installazione nel locale  
tecnico al piano superiore.



Apparecchio Domodry  
LS-R15 e Ricevitore FM con  
modem gsm per il controllo  
remoto dei parametri  
microclimatici

Zona ingresso: installazione  
nel locale al piano superiore



Apparecchio Domodry LS-R15

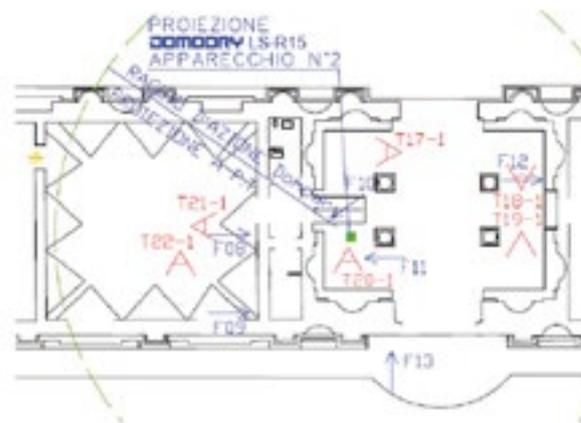


Fig.8 - Palazzo Te, Mantova - Schema planimetrico con ubicazione prove (termografie IR e foto del degrado superficiale) e foto installazione apparecchi Domodry®.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



A seguito dell'installazione dell'impianto T.n.c., è stata quindi istituita un'attività di monitoraggio consistente nella mappatura iniziale e nella successiva verifica del decorso del processo di deumidificazione muraria, attraverso:

1. Controllo dell'umidità muraria mediante termografie di confronto (ante e post intervento) con termocamera IR tipo Longwave;
2. Verifica dello stato di degrado superficiale delle murature mediante confronto fotografico (ante e post intervento);
3. Verifica delle variazioni dei parametri microclimatici durante il processo di deumidificazione, mediante analisi dei dati acquisiti tramite un apposito sistema di monitoraggio ambientale.

Nelle successive Figg. 9 e 10 si illustra infine un esempio <sup>[8]</sup> del monitoraggio dell'umidità muraria effettuato mediante termografia IR. L'esempio si riferisce al confronto tra il rilevamento iniziale del gennaio 2010 e la verifica conclusiva effettuata nel gennaio 2012 a due anni esatti di distanza dall'installazione dell'impianto T.n.c..

La termografia IR evidenzia con il colore scuro la presenza iniziale di umidità muraria. La stessa immagine, ripresa alla fine del processo di deumidificazione, dimostra la scomparsa dell'umidità. Parimenti, il confronto tra il profilo termico "prima" e "dopo" la deumidificazione evidenzia la drastica diminuzione del gradiente termico lungo una sezione verticale della parete termografata.

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  
Ente Centri Storici

Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO

assorestauRO

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
OGGI ASSOCIATI DI ARCHITETTI, ARTISTI, URBANISTI



LEONARDO  
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO  
E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA

In collaborazione con:

Gennaio 2010 - Pre intervento

Gennaio 2012 - Post intervento

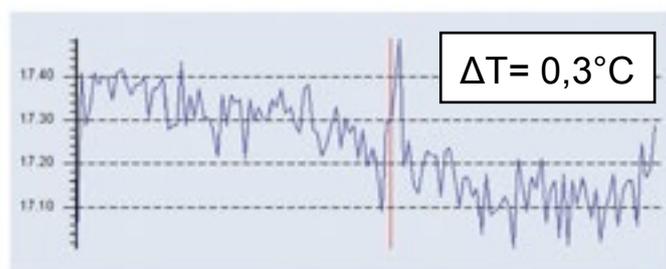
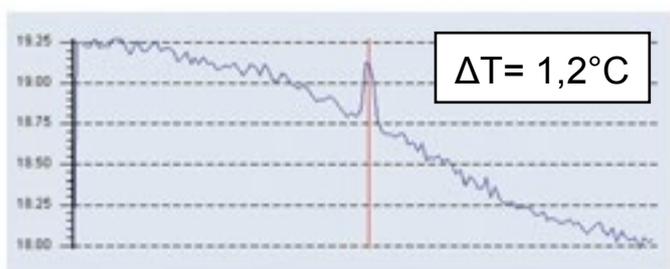
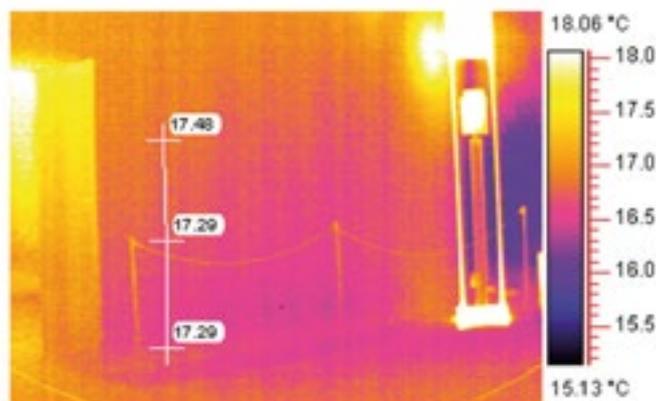
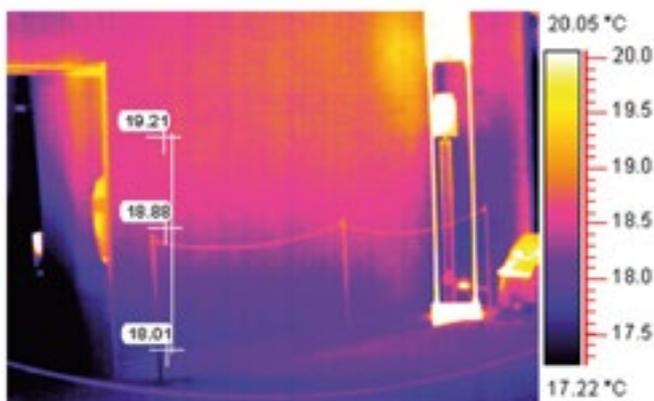


Fig.9 – Palazzo Te ( Mantova) – Esempio di confronto termografico pre e post intervento con impianto T.n.c. Domodry®.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



### Gennaio 2010 - Pre intervento

### Gennaio 2012 - Post intervento

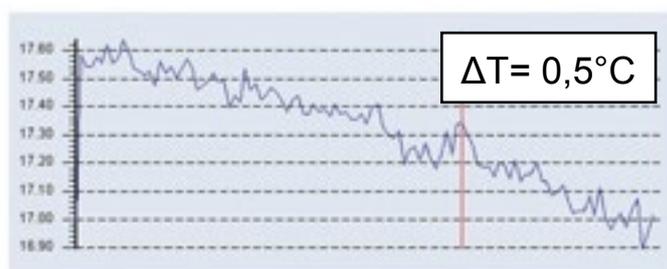
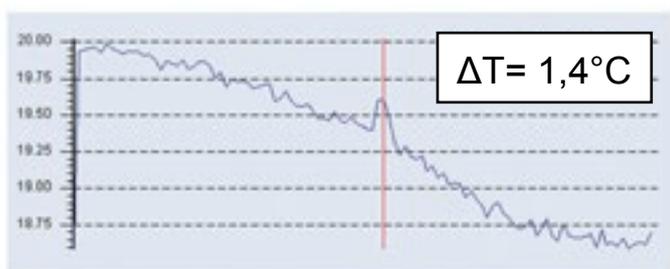
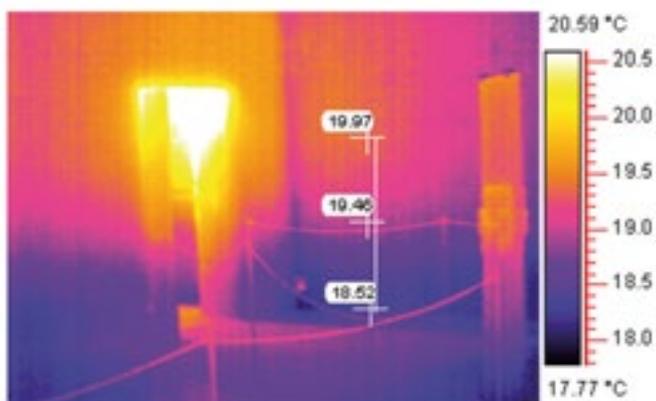


Fig.10 – Palazzo Te ( Mantova) – Esempio di confronto termografico pre e post intervento con impianto T.n.c. Domodry®.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



## Note

[1] la presente relazione è tratta dalla pubblicazione tecnica dal titolo “Il Sistema elettrofisico a neutralizzazione di carica Domodry® per la deumidificazione e il controllo dell’umidità nelle murature. Principio di funzionamento e casi applicativi”, opera edita da Leonardo Solutions Srl e Domodry Srl (autore ing. Michele Rossetto). Tutti i contenuti sono tutelati dalle norme sulla protezione del diritto d’autore ai sensi dell’art. 5 della legge 22 aprile 1941 n. 633, nonché dalle norme in materia di concorrenza sleale ai sensi dell’art. 2598 c.c..

[2] Per ulteriori approfondimenti circa la spiegazione scientifica del fenomeno fisico “umidità da risalita capillare nelle murature”, si rimanda all’apposita pubblicazione tecnica, che può essere richiesta gratuitamente a Leonardo Solutions srl.

[3] L’angolo di contatto  $\phi$  è a sua volta dipendente dal bilancio delle forze molecolari agenti all’interfaccia liquido solido, ovvero dalla mutua interazione tra la forza di coesione liquido-liquido e quella di adesione liquido-solido.

[4] Per approfondimenti e/o riferimenti bibliografici sui suddetti fenomeni fisici, si rimanda all’apposita pubblicazione tecnica, che può essere richiesta gratuitamente a Leonardo Solutions srl.

[5] Definizione semplificata del principio di funzionamento della tecnologia Domodry®. Per la spiegazione scientifica più completa e rigorosa, si rimanda all’apposita pubblicazione tecnica, che può essere richiesta gratuitamente a Leonardo Solutions srl.

[6] I risultati delle sperimentazioni condotte dal Politecnico di Milano sono stati pubblicati tra il 2007 e il 2009. La relativa documentazione scientifica può essere richiesta gratuitamente a Leonardo Solutions Srl.

[7] La T.n.c. assicura il mantenimento del risultato illimitatamente nel tempo, a condizione che l’impianto venga mantenuto permanentemente in funzione. Nel caso ci sia un guasto (identificabile tramite le spie di controllo poste sull’apparecchio), l’utente è tenuto a segnalarlo per consentire il ripristino del corretto esercizio dell’impianto.

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  
OGGI ASSOCIATI DI RESTAURAZIONE, ANNI AGGIUNTI PER IL FUTURO



LEONARDO  
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO  
E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA

In collaborazione con:

[8] Per la documentazione completa dell'attività di monitoraggio svolta a Palazzo Te, si rimanda all'apposita pubblicazione tecnica, che può essere richiesta gratuitamente a Leonardo Solutions srl.

Con il Patrocinio di:



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



## 8. Efficacia del sistema a tecnologia elettrofisica “a neutralizzazione di carica” contro l’acqua da risalita capillare nelle murature della Basilica di San Simpliciano in Milano

*Ing. Massimo Valentini, laboratorio di Fisica Tecnica Ambientale per i Beni Culturali (Fi.T.Be.C.) – Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano*

### Abstract

La relazione presenta i risultati di una ricerca condotta presso la basilica di San Simpliciano in Milano al fine di verificare i risultati ottenuti a seguito dell’installazione di un sistema elettrofisico per il risanamento delle murature di recente innovazione, basato sul principio attivo della “neutralizzazione di carica”. La ricerca, che si è svolta lungo un arco temporale di tre anni, ha evidenziato in maniera oggettiva l’azione positiva di deumidificazione delle murature esplicata dal sistema. L’elevato grado di dettaglio delle indagini svolte, unitamente alla qualità e quantità dei dati raccolti, appare giustificare l’attendibilità dei risultati conseguiti.

### Introduzione

Il laboratorio di Fisica Tecnica Ambientale per i Beni Culturali ha una lunga tradizione nella verifica delle tecnologie di intervento sulle murature umide, avendo seguito con ricerche di laboratorio e sul campo le diverse metodologie che si sono succedute nel tempo (“CATTANEO M., ZECCA S. (a.a. 1995/1996) - TINININI L. (a.a. 1997-1998) - , MANCINELLI E. (a.a. 1999-2000) - CAVALLARO S. (a.a. 2000-2001) - DE NICOLA E. (aa. 2006-2007)”), nella convinzione che un laboratorio universitario debba porsi a servizio della comunità scientifica e degli operatori del settore per approfondire la conoscenza e fornire indicazioni utili sui limiti e sulla reale efficacia di un qualsiasi intervento effettuato sui Beni culturali soprattutto nell’ottica della loro salvaguardia e conservazione nel tempo.

La relazione presenta i risultati di una ricerca condotta presso la basilica di San Simpliciano in Milano al fine di verificare i risultati ottenuti a seguito dell’installazione di un sistema elettrofisico per il risanamento delle murature di recente innovazione, basato sul principio attivo della “neutralizzazione di carica”. La ricerca, che si è svolta lungo un arco temporale di tre anni, ha evidenziato in maniera oggettiva l’azione positiva di deumidificazione delle murature esplicata dal sistema. L’elevato grado di dettaglio delle indagini svolte, unitamente alla qualità e quantità dei dati raccolti, appare giustificare l’attendibilità dei risultati conseguiti.

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale  
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO

assorestauRO

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
OGGI ASSOCIATI DI ARCHITETTI, DI INGEGNERI, DI STORICI



LEONARDO  
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO  
E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA

ciano in Milano al fine di verificare, in linea con gli obiettivi ricordati più sopra, i risultati ottenuti a seguito dell'installazione di un sistema elettrofisico per il risanamento delle murature di recente innovazione, basato sul principio attivo della "neutralizzazione di carica".

Alla sessione iniziale di misura dei contenuti di acqua delle murature effettuata prima dell'installazione del sistema elettrofisico "a neutralizzazione di carica" (misure che hanno confermato essere la risalita capillare la via preferenziale di apporto dell'acqua alle murature) ne sono seguite altre due a distanza, rispettivamente, di un anno e di tre anni, tempo che si ritiene sufficiente ad esprimere un giudizio sui risultati ottenuti in quanto appare confrontabile con i lenti processi di asciugatura di murature molto ricche di acqua e di grosso spessore quali quelle qui presenti.

La misura del contenuto di acqua è avvenuta col metodo ponderale; mentre la maggior parte dei Punti di misura è stata scelta in zone dell'edificio coperte dagli effetti del sistema di risanamento, due di questi sono invece posti in aree non influenzate dal sistema stesso in modo che i valori misurati in essi possano essere assunti come riferimento delle murature "tal quali".

Contemporaneamente, è stata effettuata una verifica con i risultati di prelievi vicini, ma caratterizzati con il metodo a carburo di calcio.

Alcuni dei campioni prelevati dalle murature e altri campionati da efflorescenze sono stati inoltre caratterizzati con cromatografia ionica per valutarne il contenuto in sali solubili. Tutte le tre sessioni di misura susseguitesesi nel tempo sono state precedute da una mappatura delle superfici con apparecchiatura termografica al fine di avere un ulteriore supporto strumentale, con una metodica non invasiva seppur di tipo qualitativo, per valutare la efficacia dell'intervento in esame.

I risultati mostrano una generale e chiara riduzione dei contenuti di acqua nelle murature con il passare del tempo, riduzione più marcata nei campioni prelevati negli strati più profondi della muratura, ovvero in quelli meno sensibili alle variazioni microclimatiche ambientali e agli effetti igroscopici dei sali superficiali.

Le implicazioni pratiche della campagna di misure, peraltro già individuate più sopra, trovano riscontro nel fatto che la conoscenza dei meccanismi di intervento e della efficacia di un sistema di risanamento di un Bene Culturale, soprattutto se verificati sul campo (tenuto conto della estrema singolarità di ciascun Bene e della conseguente difficoltà di studiarne il comportamento con modelli di laboratorio e/o numerici) vanno a vantaggio, siano essi positivi che negativi, degli operatori del settore e dei conservatori in quanto

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:

forniscono loro un supporto sperimentale nelle loro scelte di intervento. Più in generale, il vantaggio è della comunità in quanto il monitoraggio di un intervento proseguito anche molto più avanti nel tempo rispetto all'intervento stesso, garantisce sull'impegno a "ben" conservare il Bene culturale e a ritardare l'azione di degrado dell'ambiente il più possibile avanti nel tempo.



Fig.1 – Complesso di San Simpliciano.



Fig.2 – Alcuni esempi del degrado delle superfici.

## L'edificio in esame

L'imponente complesso di San Simpliciano (Figura 1) fu eretto tra la fine del IV secolo e gli inizi del V: dalla originaria pianta a croce latina i vari rimaneggiamenti subiti nel corso dei secoli, in particolare la trasformazione romanica, hanno portato alla struttura attuale in laterizio con la maestosa facciata ed il pregevole portale di ingresso, l'interno dipartito in tre navate di differente ampiezza con grandi pilastrature sormontate da archi cordoli e vele, il tiburio ottagonale, l'attuale abside che ne sostituì una più ampia di cui rimangono tracce all'esterno, il campanile a pianta quadrata che poggia su pietre tombali.

Dopo la seconda guerra mondiale si intervenne con un restauro a carattere esclusivamente conservativo, durato fino verso la fine degli anni Ottanta, che ha interessato l'intero complesso.

Al momento dell'intervento qui descritto l'edificio mostrava evidenti segni di degrado imputabile alla presenza di acqua e sali nelle murature: efflorescenze, macchie, perdite dello strato superficiale nelle parti intonacate e addirittura lacune nei mattoni a vista (Figura 2).

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



La situazione ha suggerito l'installazione di un sistema elettrofisico per il risanamento delle murature basato sul principio attivo della "neutralizzazione di carica".

## Metodologia delle indagini

La valutazione della efficacia dell'impianto di risanamento installato nella chiesa di San Simpliciano, scopo delle indagini qui descritte, è stato raggiunto analizzando le variazioni dei contenuti di acqua delle murature nel tempo e nelle diverse aree della chiesa soggette o meno all'azione dell'impianto, mediante:

- la misura del contenuto di acqua nelle murature effettuato con il metodo ponderale e a carburo di calcio;
- la mappatura termografica delle superfici interne ed esterne della chiesa.

## La misura dei contenuti di acqua nelle murature

### Il metodo ponderale

La tecnica di misura ponderale consiste nella misura diretta del contenuto di acqua di un campione prelevato dalla muratura ("NORMA UNI 11055:2003"). Il prelievo viene effettuato con una punta con riporti in Widia di diametro pari a 10 mm, montata su un trapano elettrico mantenuto a bassa velocità di rotazione e sul quale si evita di esercitare una forte pressione allo scopo di evitare surriscaldamenti della punta che possono introdurre errori nella misura ("MAGGI V. (a.a. 1997-1998)").

Le polveri, raccolte in una provetta di vetro pirex, sono pesate in loco con una bilancia di elevata sensibilità per determinare il peso umido (PU). Le stesse polveri vengono quindi essiccate in stufa di laboratorio a 105 °C e, al raggiungimento di massa costante, nuovamente pesate per determinare il peso secco (PS).

Il contenuto di acqua è calcolato in termini percentuali riferiti al peso secco del campione:

$$CA = 100 \times (PU - PS)/PS \quad [1]$$

Il metodo è preciso e affidabile, non richiede calibrazioni preventive e permette la misu-

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



ra dei contenuti di acqua a qualsiasi profondità e su qualsiasi tipo di struttura muraria. Per contro è invasivo sia perché prevede l'effettuazione di un foro nella muratura e di un prelievo di materiale (anche se il materiale prelevato è inferiore a 1 g) sia perché la ripetizione nel tempo della misura richiede di effettuare un nuovo foro non potendo prelevare nuovo materiale in quello precedente ("CASELLATO U., VALENTINI M., SOROLDONI L. (2011)"). Il metodo è anche "puntuale", il che significa che la valutazione del contenuto di acqua di una parete o di un intero edificio richiede l'effettuazione di una discreta quantità di prelievi.

Nel caso di San Simpliciano, sono state scelte 7 Aree di misura (zone delle pareti nelle quali vengono effettuati i prelievi) distribuite nel Transetto di sinistra e nella Navata di destra, in zone dell'edificio soggette all'azione di uno dei tre apparecchi per la deumidificazione installati nella chiesa. Due altre Aree di misura sono invece poste in due zone non soggette all'impianto di risanamento (Navata sinistra e Transetto destro) e sono quindi state considerate come i riferimenti della muratura "tal quale".

Nella maggior parte delle Aree di misura sono stati scelti due Punti di misura posti l'uno alla quota di circa 30 cm dal piano di calpestio e uno a 160 cm, quota scelta per verificare che l'azione della risalita capillare fosse effettivamente esaurita così come lasciavano intendere le tracce del fronte di risalita visibili sulle pareti che si fermavano, appunto, ad un'altezza di poco inferiore.

In tutti i Punti di misura sono stati prelevati due campioni, uno in superficie (tra 0,5 e 2 cm dalla superficie) e uno in profondità (tra 6 e 8 cm dalla superficie).

Alla prima sessione di misure, eseguita nel maggio 2009 immediatamente prima dell'avvio dell'impianto di risanamento, ne sono seguite altre due nel settembre 2010 e nell'aprile 2012, rispettivamente dopo 16 mesi e dopo 3 anni di funzionamento dell'impianto.

Vicino ai Punti di misura alla quota di circa 30 cm posti nel Transetto di destra e nella Navata di sinistra (cioè quelli in zone soggette all'azione dell'impianto di risanamento) e con la stessa frequenza temporale appena indicata per le misure col metodo ponderale, sono stati prelevati degli altri campioni di muratura sottoposti alla misura dei contenuti di acqua con il metodo del carburo di calcio.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



## Il metodo a carburo di calcio

Il metodo, anch'esso descritto in una norma UNI preparata dalla Commissione Beni culturali ("NORMA UNI 11055:2004"), misura la pressione dell'acetilene sviluppata dalla reazione tra l'acqua contenuta nel campione prelevato dalla muratura ed una data quantità di carburo di calcio. Con un'apposita calibratura si può quindi risalire dalla pressione del gas prodotto alla quantità di acqua presente nel campione, nota ovviamente la quantità di carburo di calcio presente. La sensibilità della reazione e le quantità di materiale utilizzate richiedono campioni di massa maggiore rispetto al metodo ponderale (dai 5 ai 10 g) e ciò comporta la necessità di effettuare il campionamento con una punta a tazza che dà luogo pertanto a fori di diametro maggiore. Anche per questa ragione, la ripetizione della misura nel tempo è stata effettuata proseguendo in profondità nello stesso foro proprio per evitare di farne un altro nelle vicinanze; tra le due misure successive il foro è stato tappato.

In genere le curve di calibratura forniscono il contenuto di acqua in percentuale rispetto al peso umido (CAu), che può essere facilmente convertito rispetto al peso secco (CAs) con la relazione

$$CAs = CAu / (1 - CAu / 100) \quad [2]$$

## L'analisi dei sali solubili

Anche se non direttamente necessaria alla valutazione dell'efficacia del sistema di risanamento, ma consuetudine del laboratorio per valutare lo stato di degrado della muratura, su alcuni dei campioni prelevati nella prima sessione di misure sono state effettuate le analisi dei contenuti in sali solubili mediante analisi con cromatografia ionica.

## I campioni prelevati

Le Aree di misura scelte nella chiesa sono indicate nella seguente Figura 3

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  
Ente Centri Storici

Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ DEL SALENTO

assorestauRO

Associazione Italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
Ente associativo di riferimento: ANI - ANI Restaurazione



In collaborazione con:



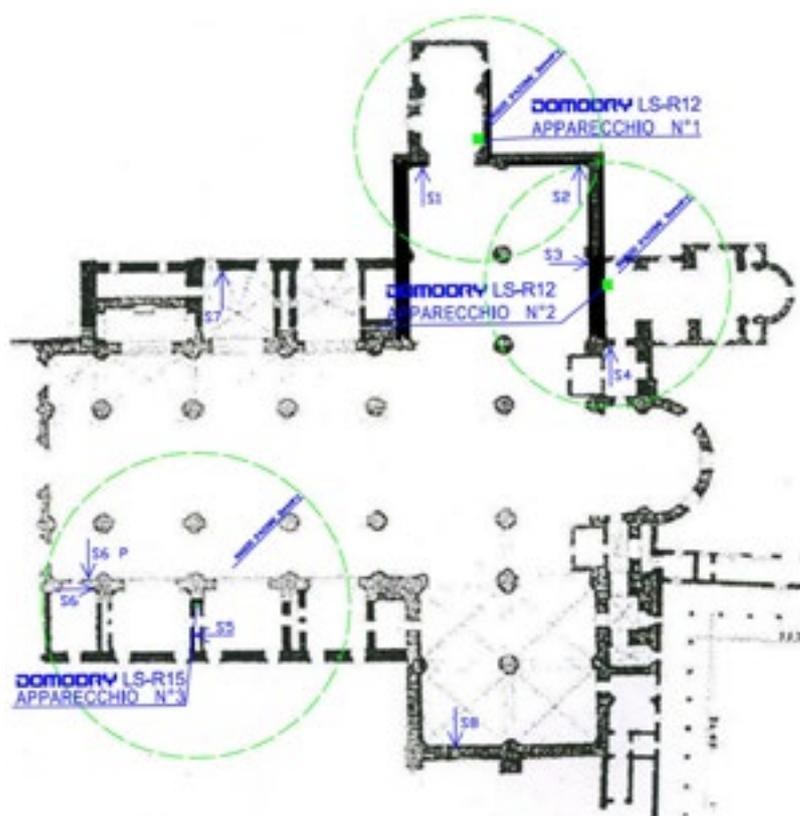


Fig. 3 - Posizione delle Aree di misura e indicazione delle aree di azione del sistema elettrostatico "a neutralizzazione di carica".

L'elenco dei Punti di misura, la loro altezza e profondità e le misure eseguite su di essi sono invece presentati nella Tabella 1 (pagina successiva).

## La termografia

La termografia è una tecnica di indagine non invasiva che restituisce la distribuzione di temperature su una superficie espressa generalmente in forma grafica attribuendo alle diverse temperature un colore in modo da fornire immediatamente la mappatura termica (Figura 4a); nei termogrammi è poi possibile associare ad ogni punto il corrispondente valore di temperatura o addirittura visualizzare l'andamento delle

temperature di una verticale (Figura 4b).

Dato che la presenza di acqua sulla superficie (la termografia "vede" solo pochi centimetri in profondità) è associata alla sua evaporazione in ambiente, evaporazione che è possibile solo prelevando calore dalla muratura stessa, la superficie bagnata ha una temperatura inferiore a quella asciutta ed è quindi visibile con un colore diverso (generalmente più scuro) rispetto alle parti asciutte.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



PUNTO	MATERIALE	ALTEZZA [cm]	PROF. [cm]	PONDERALE	CARBURO	SALI
S1-S-30	MATTONE	26	2	SI	SI	
S1-P-30	MATTONE	26	8	SI	NO	
S1-C	MATTONE	26?	da 4 a 4.8	NO	SI	NO
S1-S-160	MATTONE	160	2	SI		
S1-P-160	MATTONE	160	8	SI		
S2-S-30	INT-MAT	30	2	SI		
S2-P-30	MATTONE	30	8	SI		
S2-C	MATTONE	30	da 2 a 3,5	NO	SI	NO
S2-S-160	MATTONE	160	2	SI		
S2-P-160	MATTONE	160	8	SI		
S3-S-30	MATTONE	26	2	SI		
S3-P-30	MATTONE	26	8	SI		
S3-C	MATTONE	22	da 2.2 a 3,3	NO	SI	NO
S3-S-160	MATTONE	160	2	SI		
S3-P-160	MATTONE	160	8	SI		
S4-S-30	MATTONE	27	2	SI		
S4-P-30	MATTONE	27	8	SI		
S4-C	MATTONE	26	da 3 a 4.8	NO	SI	NO
S4-S-160	MATTONE	160	2	SI		
S4-P-160	MATTONE	160	8	SI		
S5-S-30	INTONACO	30	2	SI		
S5-P-30	MATTONE	30	8	SI		
S5-C	MATTONE	30	da 6 a 7,5	NO	SI	NO
S5-S-160	INTONACO	160	2	SI		
S5-P-160	MALTA	160	8	SI		
S6-S-30	INTONACO	30	2	SI		
S6-P-30	MATTONE	30	8	SI		
S6-C	MATTONE	32	da 5 a 6,5	NO	SI	NO
S6P-S-30	MATTONE	30	2	SI		
S6P-P-30	MATTONE	30	8	SI		
S7-S-30	INTONACO	10	2	SI		
S7-S-30	MATTONE	10	8	SI		
S8-S-30	INTONACO	30	2	SI		
S8-P-30	MATTONE	10	8	SI		

Tab. 1 - Elenco, riferimenti e tipologia di misure effettuate nei diversi Punti di misura.

Con il Patrocinio di:



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



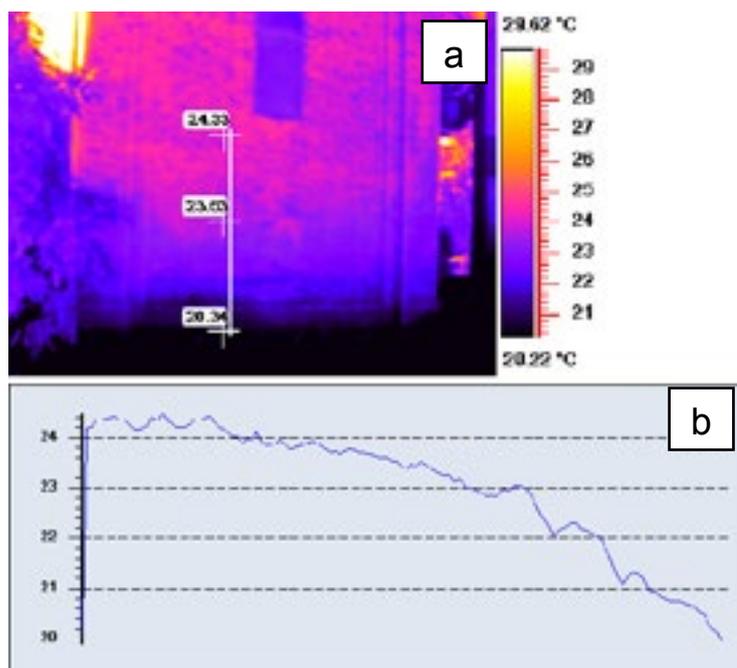


Fig. 4 - Un esempio di termogramma (a) e di andamento delle temperature lungo la verticale indicata nel termogramma (b).

Il sistema è molto utilizzato per la sua non invasività anche se è da considerarsi un metodo qualitativo che fornisce cioè solo un “suggerimento” sullo stato igrometrico delle murature sia perché riporta solo la situazione dello strato superficiale della muratura, sia perché i termogrammi sono fortemente influenzati dalle condizioni ambientali microclimatiche al contorno.

Tuttavia, mettendo in correlazione l’immagine termografica con il dato fornito, nel medesimo tratto di muratura, dalla misurazione puntuale del contenuto d’acqua, risulta possibile con buona approssimazione estrapolare i dati forniti dalle immagini termografiche anche alle zone non direttamente indagate tramite prelievi puntuali, con ovvi vantaggi in termini di estensione, quantità e ripetibilità dei dati acquisibili senza necessità di ulteriori prelievi invasivi.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



## Risultati

I risultati ottenuti con il metodo ponderale sono riportati nella Tabella 2.

PUNTO	MATERIALE	ALTEZZA [cm]	PROF [cm]	CONTENUTI DI ACQUA [%]		
				MAGGIO 2009	SETTEMBRE 2010	APRILE 2012
S1-S-30	MATTONE	26	2	1,8	1,4	1,6
S1-P-30	MATTONE	26	8	8,0	5,4	2,3
S1-S-160	MATTONE	160	2	0,7	0,9	1,4
S1-P-160	MATTONE	160	8	0,4	0,3	0,4
S2-S-30	INT-MAT	30	2	21,8	15,6	16,5
S2-P-30	MATTONE	30	8	16,8	7,2	4,1
S2-S-160	MATTONE	160	2	0,7	0,5	0,4
S2-P-160	MATTONE	160	8	0,4	0,3	0,4
S3-S-30	MATTONE	26	2	7,8	6,8	4,3
S3-P-30	MATTONE	26	8	7,7	6,4	2,5
S3-S-160	MATTONE	160	2	4,1	2,7	3,4
S3-P-160	MATTONE	160	8	0,3	0,3	0,5
S4-S-30	MATTONE	27	2	1,7	1,5	1,2
S4-P-30	MATTONE	27	8	1,7	1,7	1,0
S4-S-160	MATTONE	160	2	0,4	0,3	0,5
S4-P-160	MATTONE	160	8	0,4	0,3	0,5
S5-S-30	INTONACO	30	2	3,5	2,7	3,8
S5-P-30	MATTONE	30	8	4,5	4,1	1,8
S5-S-160	INTONACO	160	2	1,6	1,4	1,2
S5-P-160	MALTA	160	8	1,4	1,4	1,6
S6-S-30	INTONACO	30	2	6,1	4,4	6,1
S6-P-30	MATTONE	30	8	8,3	6,5	6,5
S6P-S-30	MATTONE	30	2	6,6	6,6	6,2
S6P-P-30	MATTONE	30	8	4,8	5,0	3,8
S7-S-30	INTONACO	10	2	3,3	3,4	3,3
S7-P-30	MATTONE	10	8	3,1	2,9	2,7
S8-S-30	INTONACO	30	2	5,5	5,8	4,6
S8-P-30	MATTONE	30	8	3,2	1,5	0,8

Tab. 2 - Valori di contenuto di acqua misurati con il metodo ponderale nelle 3 sessioni di misura.

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  
Ente Centri Storici

Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO

assorestauRO

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
Ente associativo di riferimento: ANI - ANI Restaurazione



In collaborazione con:



LEONARDO  
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO  
E LA DEUMIDIFICAZIONE HUMIDITÀ

I risultati ottenuti con il metodo a carburo di calcio sono riportati in Tabella 3.

CONTENUTI DI ACQUA [%]						
PUNTO	MATERIALE	ALTEZZA [cm]	PROF [cm]	MAGGIO 2009	SETTEMBRE 2010	APRILE 2012
S1-C	MATTONE	26	da 4 a 4,8	3,09	1,21	1,21
S2-C	MATTONE	30	da 2 a 3,5	24,38	17,10	3,73
S3-C	MATTONE	22	da 2,2 a 3,3	19,05	13,90	3,09
S4-C	MATTONE	26	da 3 a 4,8	5,71	2,46	0,20
S5-C	MATTONE	30	da 6 a 7,5	7,76	4,17	1,11
S6-C	MATTONE	32	da 5 a 6,5	1,63	1,01	0,20

Tab. 3 - Valori di contenuto di acqua misurati con il metodo a carburo di calcio nelle 3 sessioni di misura.

I contenuti percentuali in sali solubili dei campioni analizzati sono riportati nelle Tabelle 4 (anioni) e 5 (cationi).

POSIZIONE	MATERIALE	FLUORURI [%]	CLORURI [%]	NITRITI [%]	NITRATI [%]	FOSFATI [%]	SOLFATI [%]	OSSALATI [%]
S2-S-30	INTONACO	0,00	0,03	0,00	0,13	0,00	0,37	0,00
S2-P-30	MATTONE	0,00	0,02	0,00	0,08	0,00	0,08	0,00
S2-S-160	MATTONE	0,00	0,04	0,00	0,33	0,00	0,03	0,03
S2-P-160	MATTONE	0,00	0,02	0,00	0,14	0,00	0,01	0,00
S3-S-30	MATTONE	0,00	0,01	0,00	0,04	0,55	0,68	0,00
S3-P-30	MATTONE	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00	1,24	0,28
S3-S-160	MATTONE	0,00	0,35	0,00	1,93	0,00	0,62	0,00
S3-P-160	MATTONE	0,00	0,01	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00
S5-S-30	INTONACO	0,00	0,29	0,00	1,85	0,00	0,11	0,00
S5-P-30	MATTONE	0,00	0,37	0,00	2,05	0,01	0,17	0,00
S5-S-160	INTONACO	0,00	0,01	0,01	0,09	0,00	0,12	0,03
S5-P-160	MALTA	0,00	0,01	0,00	0,05	0,02	0,06	0,05
S6P-S-30	MATTONE	0,00	0,00	0,00	1,75	0,00	9,76	0,00
S6P-P-30	MATTONE	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00	1,75	0,37
S7-S-30	INTONACO	0,00	0,05	0,00	0,37	0,00	0,68	0,35
S7-P-30	MATTONE	0,00	0,02	0,00	0,14	0,09	0,42	0,00

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



In collaborazione con:



S1	EFFLORESCENZA	0,00	0,04	0,00	3,16	0,00	57,49	0,00
S2	EFFLORESCENZA	0,00	0,03	0,00	14,70	0,00	77,43	0,00
S3	EFFLORESCENZA	0,00	0,24	0,00	2,95	0,00	49,63	0,00
S3	EFFLORESCENZA	0,00	0,02	0,00	0,17	0,00	58,22	0,00
S5	INTONACO	0,00	0,21	0,00	13,89	0,13	0,73	0,00
S6-P	EFFLORESCENZA	0,00	0,07	0,00	2,11	0,00	63,19	0,01
S7	EFFLORESCENZA	0,00	0,03	0,00	0,64	0,00	55,61	0,00

Tab. 4 - Contenuto in sali solubili (anioni).

POSIZIONE	MATERIALE	POTASSIO [%]	AMMONIO [%]	SODIO [%]	MAGNESIO [%]	CALCIO [%]
S2-S-30	INTONACO	0,53	0,04	0,04	0,10	0,81
S2-P-30	MATTONE	0,46	0,06	0,05	0,13	0,77
S2-S-160	MATTONE	0,61	0,03	0,06	0,07	0,51
S2-P-160	MATTONE	0,47	0,02	0,04	0,03	0,00
S3-S-30	MATTONE	0,55	0,08	0,08	0,24	0,37
S3-P-30	MATTONE	0,64	0,02	0,03	0,62	0,52
S3-S-160	MATTONE	1,42	0,05	1,24	0,49	1,16
S3-P-160	MATTONE	0,46	0,08	0,09	0,06	0,00
S5-S-30	INTONACO	0,80	0,04	1,13	2,13	0,72
S5-P-30	MATTONE	0,83	0,00	1,15	0,53	1,31
S5-S-160	INTONACO	0,41	0,04	0,06	3,29	0,52
S5-P-160	MALTA	0,45	0,05	0,07	0,42	1,23
S6P-S-30	MATTONE	0,69	0,03	0,40	0,43	5,04
S6P-P-30	MATTONE	0,70	0,15	0,17	0,25	1,16
S7-S-30	INTONACO	0,74	0,03	0,54	3,27	0,45
S7-P-30	MATTONE	0,69	0,02	0,43	0,27	0,60
S1	EFFLORESCENZA	4,06	0,00	0,89	24,04	2,37
S2	EFFLORESCENZA	10,77	0,00	3,89	0,00	0,74
S3	EFFLORESCENZA	2,54	0,00	6,94	20,23	2,14
S3	EFFLORESCENZA	0,71	0,02	0,31	24,41	2,65
S5	INTONACO	0,97	0,00	14,16	1,45	0,71
S6-P	EFFLORESCENZA	0,70	0,02	0,40	22,54	7,71
S7	EFFLORESCENZA	0,70	0,00	0,85	22,58	4,25

Tab. 5 - Contenuto in sali solubili (cationi).

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  
edilizia associata per il restauro, gli edifici storici, i monumenti



In collaborazione con:

Nel seguito saranno riportate solo alcune delle diverse immagini termografiche rilevate nelle varie sessioni di misura.

## Analisi dei risultati

### La situazione prima dell'intervento

Le misure effettuate nel maggio 2009 permettono di analizzare la situazione igrometrica delle murature "tal quali" prima dell'avvio del sistema elettrofisico "a neutralizzazione di carica". Calcolando, per ciascun Punto di misura, il valore medio di contenuto di acqua tra quello misurato nel campione prelevato in superficie e quello in profondità, si può avere una prima valutazione complessiva dello stato igrometrico dell'edificio (Figura 5): i contenuti di acqua sono generalmente elevati in tutta la chiesa, con valori maggiori alla quota di 30 cm rispetto a quella di 160 cm (la media aritmetica di tutte le misure registrate nei Punti da S1 ad S5, nei quali sono state effettuate le misure alle due quote, indica un valore del 7,5% per la quota di 30 cm e 1,0 % alla quota di 160 cm.

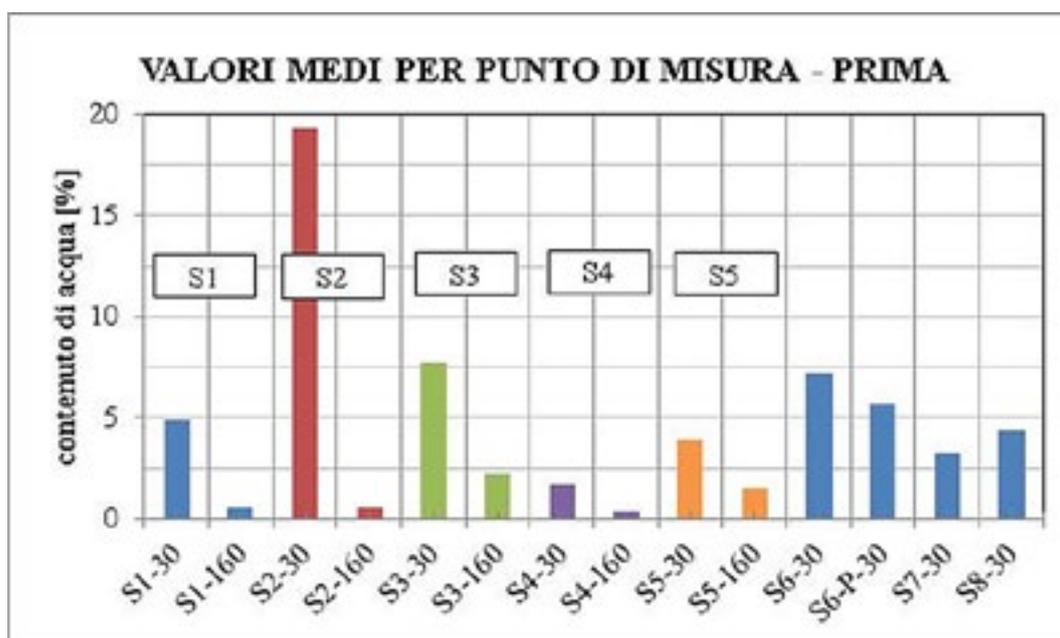


Fig. 5 - Medie dei valori di contenuto di acqua superficiali e profondi di ciascun Punto di misura rilevati nel maggio 2009.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



I risultati delle singole misure, suddivisi tra le due quote per comodità di lettura, sono mostrati nei grafici delle Figure 6 e 7.

I valori elevati registrati nelle misure alle due profondità dei Punti alla quota inferiore indicano che la presenza di acqua è notevole ed è diffusa nell'intera struttura muraria (calcolando ancora una media aritmetica di tutti i valori riportati in Figura 6 si ottiene un contenuto di acqua medio del 6,5 % in superficie e del 6,4 % in profondità) ad ulteriore riprova che è la risalita capillare dal terreno ad essere la principale via di apporto di acqua alla muratura.

Alla quota superiore (Figura 7), i valori rientrano al disotto del 2% con contenuti in profondità inferiori a quelli superficiali, indicando con ciò l'esaurimento della risalita capillare e la presenza nelle murature di acqua imputabile unicamente ai "fisiologici" fenomeni igroscopici legati alla struttura porosa dei materiali. Fa eccezione il Punto S2, il cui elevato tenore di acqua in superficie è probabilmente dovuto alla forte azione igroscopica esercitata dai sali (principalmente nitrati, solfati e cloruri) che qui, più che altrove, sono presenti sulla superficie (si vedano le Tabelle 4 e 5).

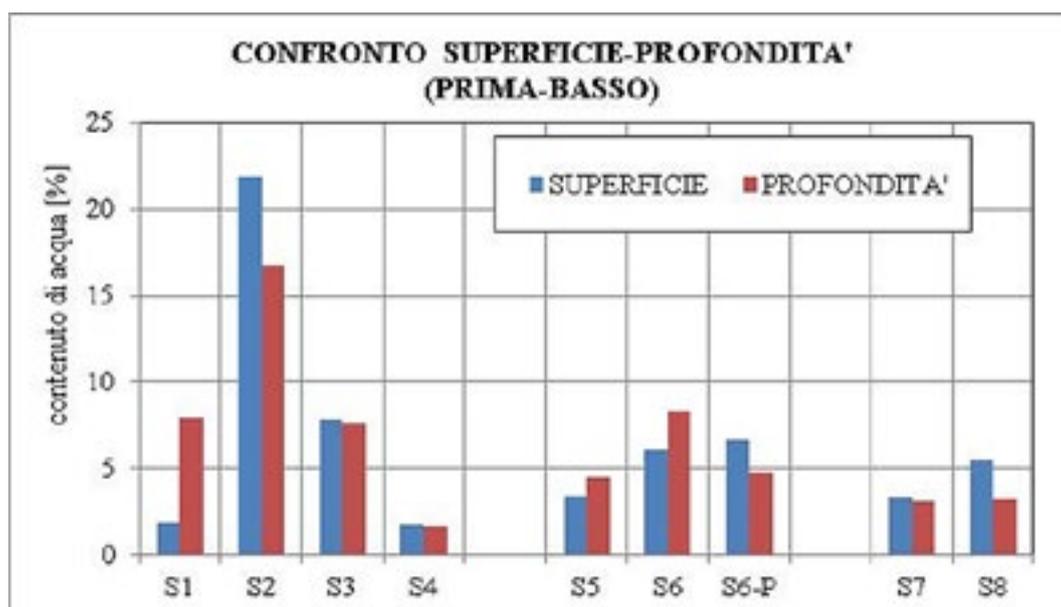


Fig. 6 - Valori di contenuto di acqua misurati alle due profondità (superficie e profondo) in ciascun Punto di misura posto alla quota di 30 cm dal piano di calpestio interno (misure del maggio 2009).

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



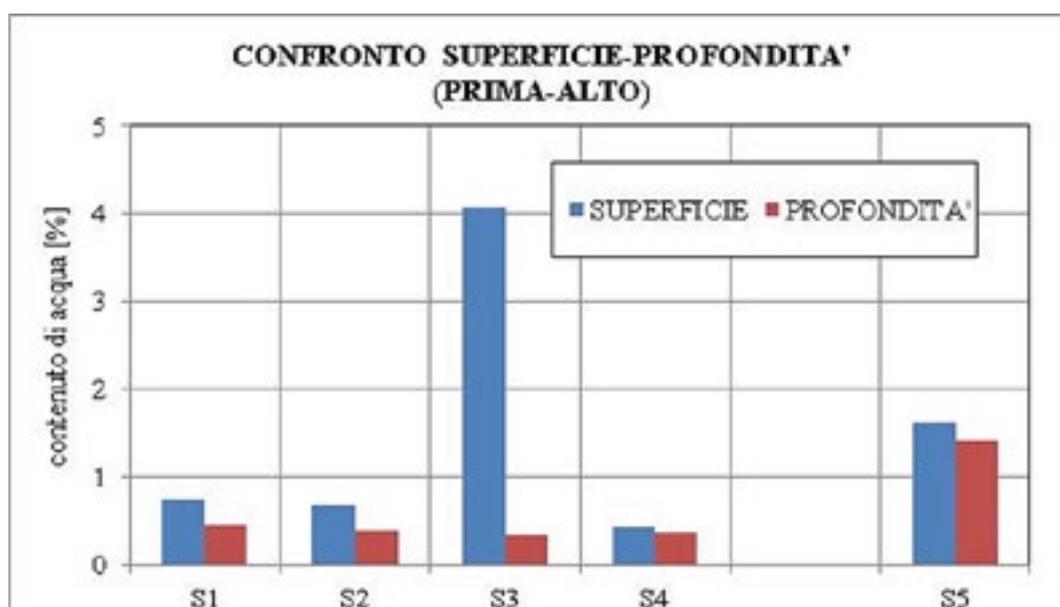


Fig. 7 - Valori di contenuto di acqua misurati alle due profondità (superficie e profondo) in ciascun Punto di misura posto alla quota di 160 cm dal piano di calpestio interno (misure del maggio 2009).

## Analisi del comportamento dell'impianto di risanamento

Tenuto conto che le caratteristiche "puntuali" del metodo ponderale rendono necessaria la misura di contenuto di acqua in diversi "punti" per riuscire a risalire allo stato igrometrico di un edificio, il comportamento igrometrico globale della chiesa di San Simpliciano può essere analizzato, in prima battuta, usando le medie aritmetiche dei valori di contenuto di acqua di tutti i Punti di misura. Per quanto visto in precedenza ci si limita ai valori misurati alla quota di 30 cm (dove i tenori di acqua sono più elevati e maggiore è il numero di Punti di misura). Data la posizione dei tre impianti di risanamento, sono stati accorpate tra loro i Punti di misura posti nel Transetto (S1 – S2 – S3 – S4) e quelli della Navata (S5 – S6 – S6P) confrontandoli con quelli della muratura "tal quale" (S7 – S8).

Le due zone della chiesa (Transetto e Navata) soggette all'azione dell'impianto di risanamento mostrano una riduzione costante nel tempo dei valori di contenuto di acqua (Figura 8).

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



In collaborazione con:



LEONARDO SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO E LA DEUMIDIFICAZIONE HUMIDITÀ

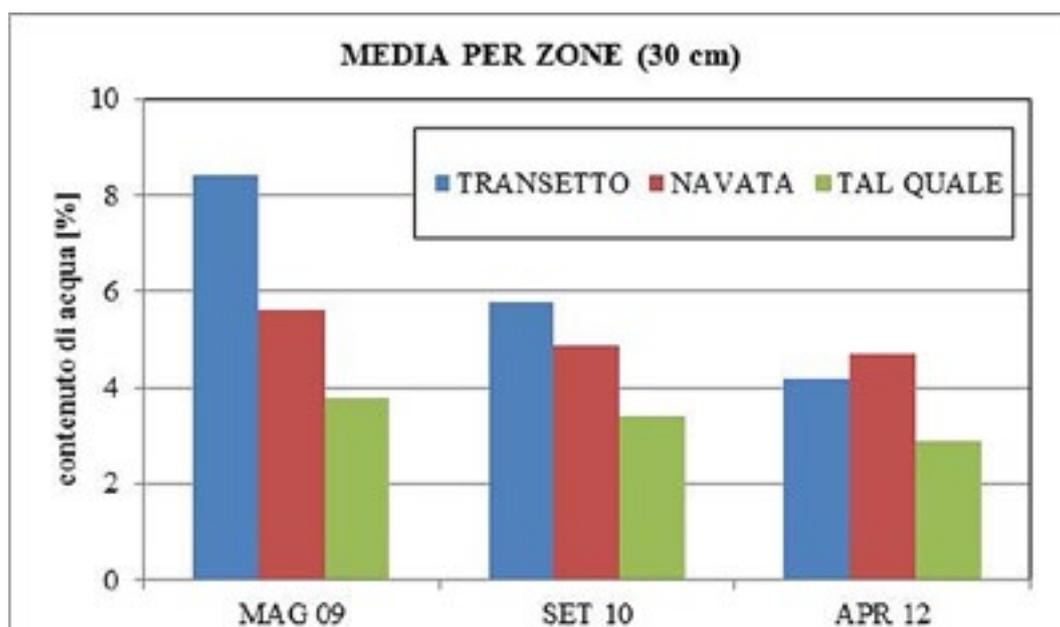


Fig. 8 - Andamenti nel tempo delle medie dei valori rilevati in tutti i Punti di misura del Transetto e della Navata, confrontati con quelle rilevate nella muratura “tal quale”.

A parte l'aumento del settembre 2010, anche la muratura “tal quale” presenta una riduzione nel tempo dei contenuti di acqua che fa supporre che l'intero edificio nel periodo triennale considerato abbia subito una generale “asciugatura” imputabile alle variazioni, non controllabili, delle condizioni al contorno. Ciò, seppur positivo per la salvaguardia della struttura, rende più difficile il compito di verificare l'efficacia dell'impianto elettrofisico che sembra comunque aver aggiunto un incremento positivo alla tendenza alla riduzione dei contenuti di acqua imputabile al “contorno”, incremento che appare dal confronto tra le differenze percentuali tra i valori misurati all'inizio e alla fine dell'intero ciclo di misure (maggio 2009 - aprile 2012), mostrato in Tabella 6.

Nella Tabella sono riportate, in percentuale rispetto al maggio 2009, le differenze tra i valori di contenuto di acqua misurati nell'aprile 2012 e quelli iniziali del maggio 2009 per i singoli Punti di misura della quota 30 cm e distinguendo tra superficie e profondità. Vengono anche riportate le variazioni globale nella zona del Transetto (Punti di misura S1 – S2 –S3 –S4) e della Navata (Punti di misura S5 – S6 –S6P).

Con il Patrocinio di:



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



PUNTO DI MISURA	SUPERFICIE [%]	PROFONDITA' [%]	TOTALE PUNTO DI MISURA [%]
S1	-13	-71	-60
S2	-25	-75	-47
S3	-45	-67	-56
S4	-31	-40	-35
S5	9	-60	-30
S6	1	-22	-12
S6-P	-7	-21	-13
S7	0	-11	-5
S8	-15	-74	-37
TRANSETTO (S1-S2-S3-S4)	X	X	-50
NAVATA (S5-S6-S6P)	X	X	-18

Tab. 6 - Riduzioni dei contenuti di acqua delle murature nel tempo (maggio 2009–aprile 2012). Nell'ultima colonna di destra sono riportati i valori misurati alle due profondità di ciascun Punto di misura.

La riduzione percentuale maggiore si è avuta nel Transetto (- 50%), mentre la Navata ha fatto registrare un - 18% che appaiono superiori alle riduzioni registrate nei due Punti di misura della muratura “tal quale”: rispettivamente, - 37 % (totale) di S8 (Transetto) e - 5% di S7 (Navata).

L'analisi dei valori di contenuto di acqua dei singoli Punti di misura e le loro variazioni nel tempo sono utili per individuare il comportamento delle murature sotto l'azione del sistema elettrofisico “a neutralizzazione di carica”.

La Figura 9 mostra il confronto tra i valori misurati a tre anni di distanza (maggio 2009 – aprile 2012) alla quota di 30 cm nei singoli Punti di misura alle due profondità (con esclusione, per comodità di lettura del grafico dei Punti della muratura “tal quale”).

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



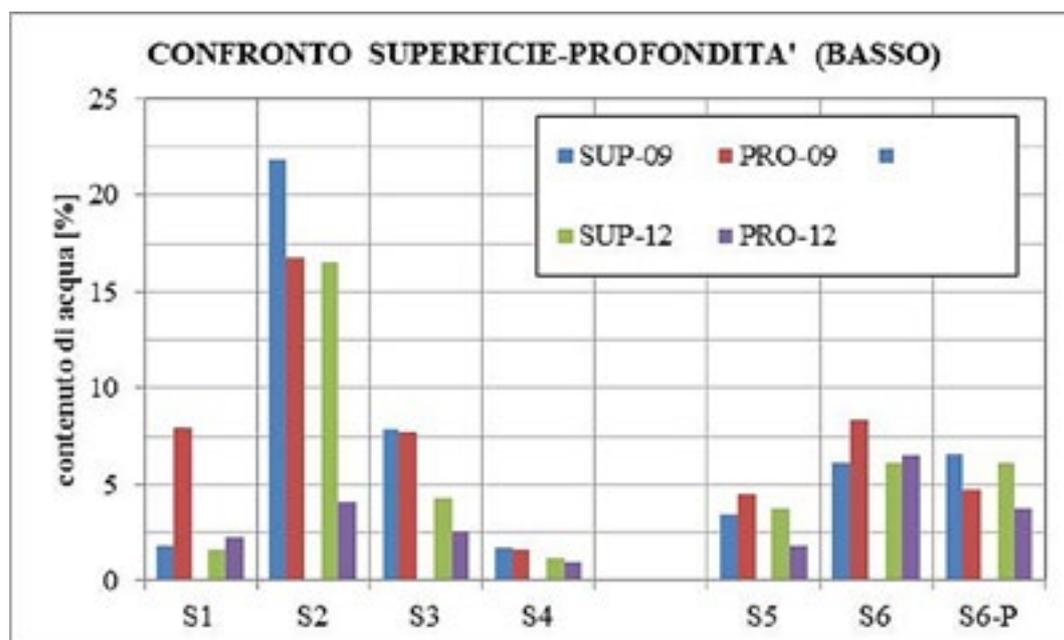


Fig. 9 - Valori di contenuto di acqua misurati in superficie (SUP) e profondità (PRO) in ciascun Punto di misura posto alla quota di 30 cm dal piano di calpestio interno (confronto tra le misure del maggio 2009 e quelle dell'aprile 2012).

Si possono apprezzare la diminuzione dei contenuti di acqua di tutte le misure in profondità, la diminuzione in superficie nei Punti di misura del Transetto, la pressoché costanza dei valori superficiali nei Punti della Navata. Mentre nel maggio 2009 il valore medio globale calcolato su tutte le misure indicava un contenuto di acqua praticamente uguale nell'intera struttura muraria e pari al 6,5% in superficie e al 6,4 % in profondità (così come già indicato al Punto 5.1) a tre anni di funzionamento dell'impianto si è passati al 5,3 % della superficie e al 2,8 % in profondità.

I valori in profondità sono quindi diminuiti molto più che quelli in superficie che hanno probabilmente risentito di un effetto "secondario" dell'impianto: se questo, come appare dall'analisi precedente, interviene sulla risalita capillare interrompendone il flusso, l'acqua comunque presente nella muratura tende nel tempo a spostarsi verso la superficie dove va a sostituire quella che, per evaporazione, abbandona la struttura muraria. In tal modo la superficie sarà quella che si asciuga in un tempo maggiore in quanto da essa deve "transitare" l'acqua rimasta nella struttura. Questo spostamento di acqua porterà con sé anche i sali che affioreranno nel tempo sulle superfici murarie, così come in effetti

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



In collaborazione con:



sta già succedendo a San Simpliciano. Quella avanzata è solo un'ipotesi basata su un risultato numerico e su una interpretazione teorica del movimento di acqua all'interno di una muratura che le attuali misure non sono in grado di verificare, ma che il laboratorio intende esplorare più nel dettaglio.

Una maggiore presenza di sali in superficie comporta peraltro, a causa dell'igroscopicità dei sali stessi, un ulteriore aumento dell'acqua presente in superficie (assorbita dall'ambiente dai sali igroscopici). In tal caso, il problema potrà essere risolto tramite un apposito intervento di risanamento della superficie muraria, volto ad estrarre/rimuovere dalla superficie stessa i sali in eccesso (ad es. tramite impacchi con specifici prodotti).

Tornando all'obiettivo principale della verifica dell'efficacia del sistema di risanamento, si riportano nella Figura 10 i valori misurati nel tempo con il metodo a carburo di calcio, per indicare come anche con questa tecnica di misura sia ancora più chiara e uniforme la tendenza alla riduzione nel tempo dei contenuti di acqua delle murature (ma per quanto detto in precedenza ci si riferisce a misure effettuate alla sola quota di 30 cm e prelevando, in ciascuna sessione di misure, un solo campione ad una data profondità dalla superficie, e a profondità ogni volta crescente con il procedere dei prelievi, dato che questi vengono effettuati, tramite carotaggio, sempre nel medesimo punto).

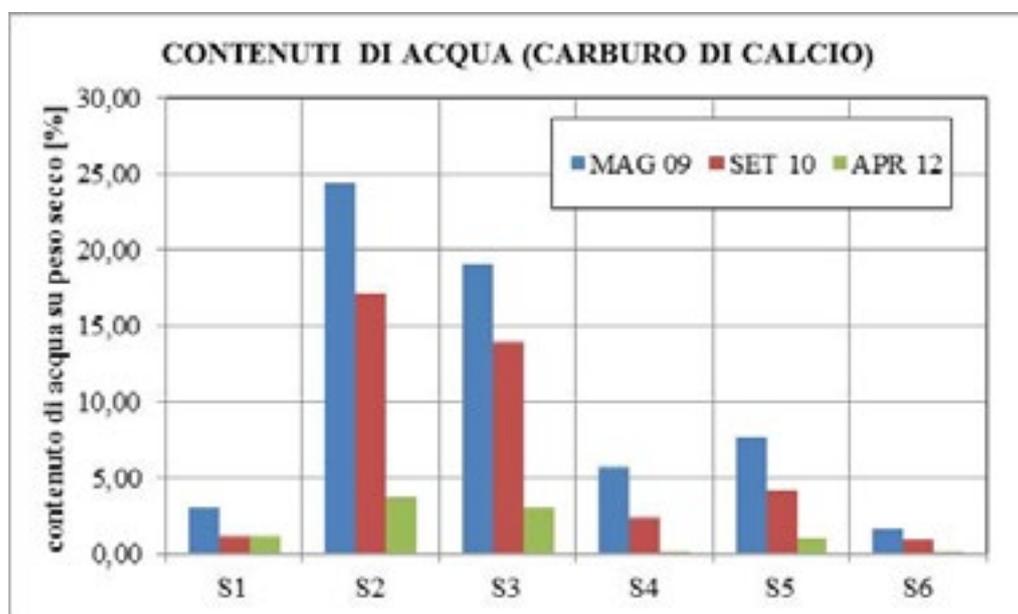


Fig. 10 - Valori di contenuto di acqua misurati con il metodo a carburo di calcio alla quota di 30 cm nelle tre sessioni di misura.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:

Anche le termografie ripetute sulle diverse superfici della chiesa hanno indicato una generale riduzione delle zone umide presenti alla base della muratura con pareti che presentano una distribuzione di temperature sempre più uniforme (ovvero una significativa riduzione del gradiente termico tra la porzione superiore e quella inferiore della muratura) a tre anni di funzionamento dell'impianto di risanamento.

A titolo di esempio, in Figura 11 si riporta una scheda con le immagini nel campo del visibile, le corrispondenti immagini termografiche e i profili di temperatura lungo una verticale per la zona del Punto di misura S2.

Analogamente, in Figura 12 la scheda termografica per la zona del Punto di misura S3.



Fig. 11.a - Immagine nel visibile  
(cfr. termografie fig. 11.b-c-d).



Fig. 12.a - Immagine nel visibile  
(cfr. termografie fig. 12.b-c-d).

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

assorestauo

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
collaborazione di architetti, artigiani, storici dell'arte



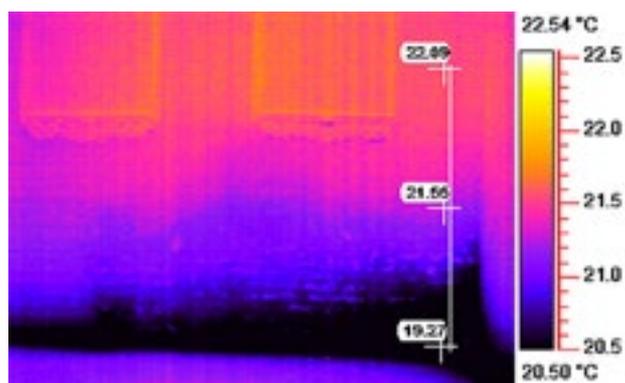
In collaborazione con:



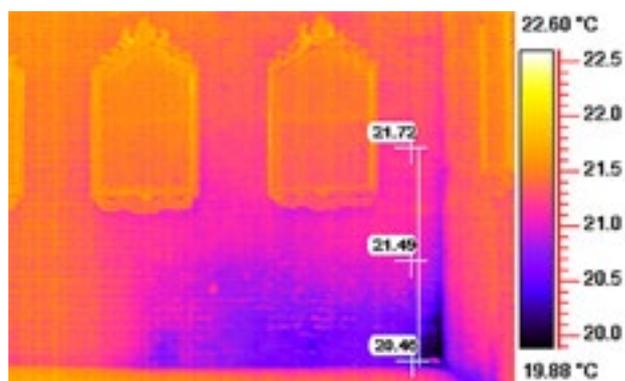
LEONARDO  
SOLUTIONS



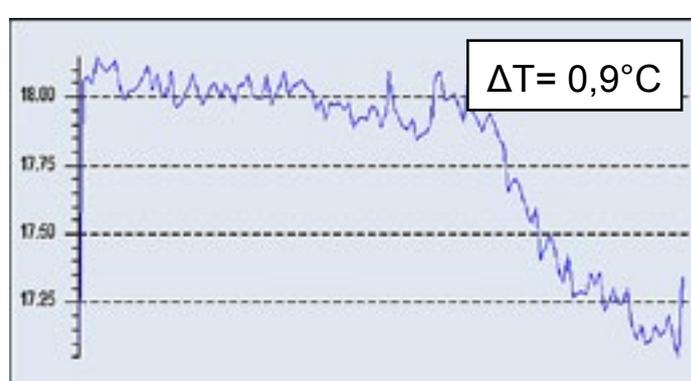
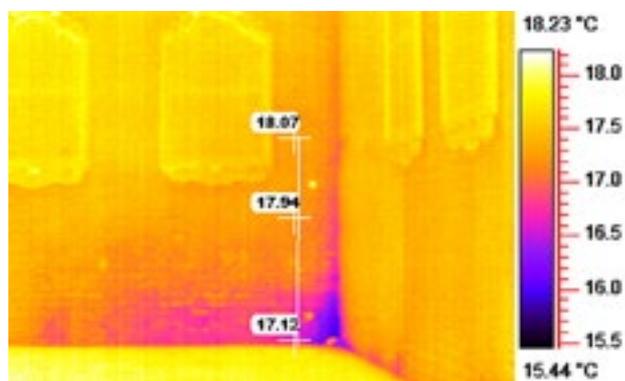
TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO  
E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA



b) Mappatura termografica di maggio 2009



c) Mappatura termografica di settembre 2010



d) Mappatura termografica di aprile 2012

Fig. 11 - Immagine nel visibile della zona del Punto di misura S2 (a) e immagini termografiche e grafici delle temperature superficiali lungo la verticale rilevati nel maggio 2009 (b), settembre 2010 (c) e aprile 2012 (d).

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

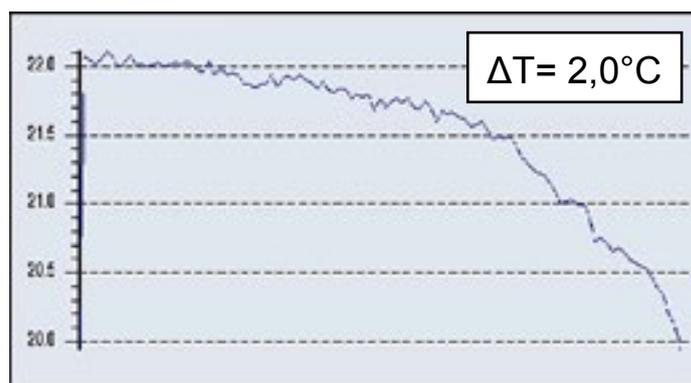
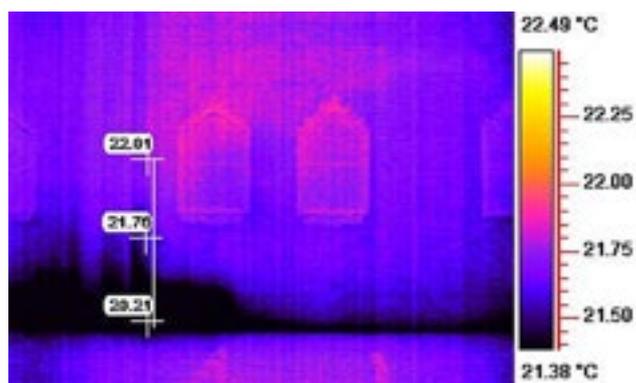


Altri Enti Patrocinanti:

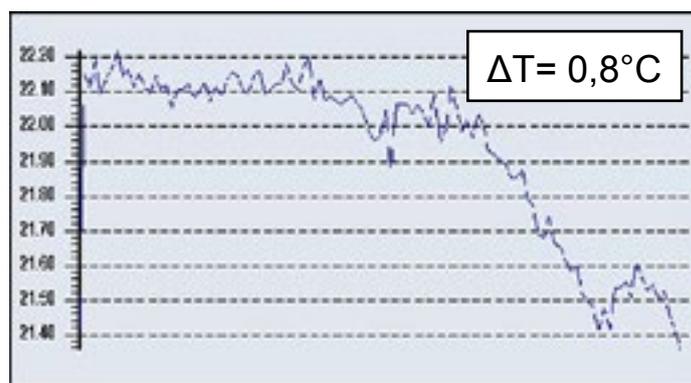
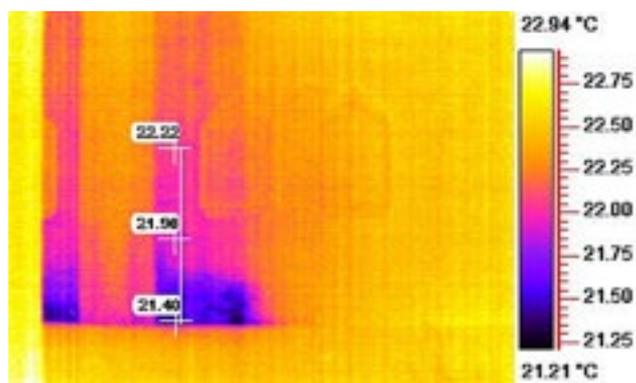


In collaborazione con:

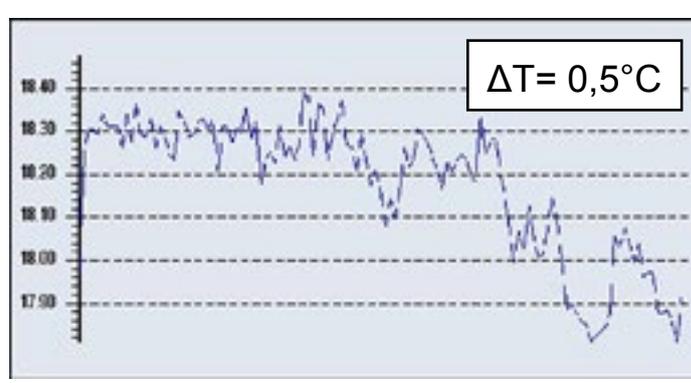
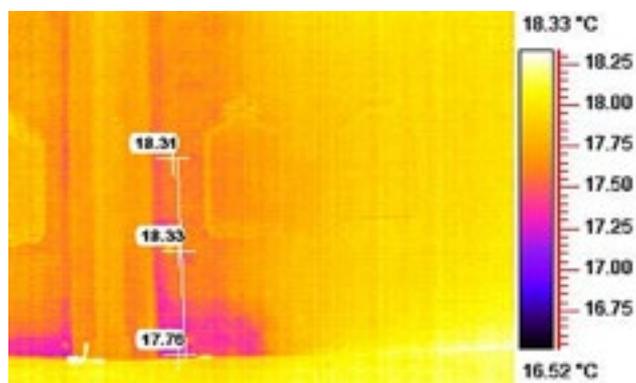




b) Mappatura termografica di maggio 2009



c) Mappatura termografica di settembre 2010



d) Mappatura termografica di aprile 2012

Fig. 12 - Immagine nel visibile della zona del Punto di misura S3 (a) e immagini termografiche e grafici delle temperature superficiali lungo la verticale rilevati nel maggio 2009 (b), settembre 2010 (c) e aprile 2012 (d).

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



## Conclusioni

L'analisi condotta più sopra sui risultati della campagna di misure effettuate nella chiesa di San Simpliciano a Milano mostra alcuni importanti aspetti.

Da un punto di vista metodologico è una ulteriore conferma dell'attendibilità e dell'affidabilità delle procedure adottate (pur se limitate in termini di quantità di grandezze misurate rispetto alle consuete prassi del laboratorio), procedure che sono state messe a punto in linea con le passate esperienze del laboratorio di Fisica Tecnica Ambientale per i Beni Culturali in campo diagnostico e continuamente verificate nel corso del tempo.

E' stato possibile evidenziare in maniera oggettiva l'azione positiva di deumidificazione delle murature del sistema elettrofisico " a neutralizzazione di carica".

E' un chiaro esempio di come, anche con un monitoraggio costituito da poche misure ripetute nel tempo, sia possibile analizzare il comportamento di un intervento effettuato su un Bene culturale e valutarne l'efficacia. Questo ultimo aspetto è quello che maggiormente rientra negli obiettivi di "larga scala" del laboratorio Fi.T.Be.C. che come detto all'inizio ritiene preciso compito di un laboratorio universitario quello di porsi come figura indipendente di supporto agli operatori del settore per fornire loro strumenti oggettivi di conoscenza utili nella scelta degli interventi e, più in generale, nel loro compito di salvaguardia dei Beni tutelati.

## Ringraziamenti

Si ringrazia la Leonardo Solutions s.r.l., ed in particolare gli ingegneri Andrea Cerizza e Michele Rossetto, per la competente, precisa e solerte collaborazione fornita.

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  
OGGI ASSOCIATI DI RESTAURAZIONE, ANCHE CON I NOSTRI SOCI



LEONARDO  
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO  
E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA

## Bibliografia

CATTANEO M., ZECCA S. (a.a. 1995/1996), Risanamento dall'umidità di risalita capillare nelle murature: prodotti e metodologie di intervento, Tesi di laurea, Politecnico di Milano Facoltà di Architettura, relatore Bellini A., correlatore Valentini M.

TINININI L. (a.a. 1997-1998), Tecniche per il risanamento di murature aggredite dall'umidità, Tesi di Laurea, Università degli studi di Brescia-Facoltà di Ingegneria-Corso di Laurea in Ingegneria Civile, relatore: Della Torre S., Correlatore: Valentini M.

MANCINELLI E. (a.a. 1999-2000), La protezione delle murature in laterizio dall'azione dei sali solubili. Verifica sperimentale di quattro prodotti antisale, Tesi di Laurea, Politecnico di Milano-Facoltà di Architettura, relatore: Gasparoli P., Correlatore: Valentini M.

CAVALLARO S. (a.a. 2000-2001), La barriera chimica contro l'umidità di risalita capillare: sperimentazioni su prodotti silanici e silossanici commerciali, Tesi di Laurea, Politecnico di Milano-I Facoltà di Architettura, relatore: Della Torre S., Correlatore: Valentini M.

DE NICOLA E. (aa. 2006-2007), Valutazione di un metodo elettrofisico per la rimozione dell'umidità da risalita capillare, Tesi di Laurea, Politecnico di Milano, Corso di Ingegneria Edile, relatori Bertolini L., Redaelli E., Valentini M.

NORMA UNI 11055:2003, Beni culturali. Materiali lapidei naturali ed artificiali. Determinazione del contenuto d'acqua. Metodo ponderale.

MAGGI V. (a.a. 1997-1998), Integrazione di due metodi per la misurazione dell'umidità nelle strutture murarie, Tesi di Laurea, Politecnico di Milano-Facoltà di Architettura, relatore: Cruciani Fabozzi L., Correlatore: Rosina E., Valentini M.

CASELLATO U., VALENTINI M., SOROLDONI L. (2011), Moisture measurements in masonry using gravimetric techniques, Materials evaluation, vol. 69, n. 1.

NORMA UNI 11055:2004, Beni culturali. Materiali lapidei naturali ed artificiali. Determinazione del contenuto d'acqua. Metodo al carburo di calcio.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



## 9. La Cona del Gagini presso il Duomo di San Giorgio a Ragusa: contestualizzazione storica e iter di restauro, dai primi interventi di conservazione alla definitiva risoluzione delle originarie patologie da umidità muraria e ambientale

*Dott.ssa Arch. Adriana Vindigni, Progettista e Direttore Lavori degli Interventi di Restauro della Cona*

### Abstract

L'intervento in oggetto si pone l'obiettivo di collocare storicamente e concettualmente la Cona del Gagini, approfondirne le vicissitudini che la portano all'attuale - parziale - ricomposizione ed illustrarne gli interventi di restauro realizzati negli ultimi anni, con particolare riferimento alla definitiva risoluzione del problema dell'umidità di risalita. La scoperta di parti occultate avvenuta in fase di restauro apre scenari inediti e getta nuova luce sulla storia dell'opera nonché del monumento che ne era originaria sede, il perduto Duomo di San Giorgio. Poiché di quest'ultimo vi è scarsa memoria storica, sarà pertanto preso in analisi il restauro inteso non solo come mera conservazione dell'opera, ma anche come fonte di ri-scoperta che porta a nuove e impensate narrazioni.

L'intero intervento ripercorre l'iter metodologico del quale i restauratori si sono serviti per giungere alle nuove ipotesi di ricostruzione dell'opera, avvalendosi di antiche carte topografiche, fotografie d'epoca e in corso d'opera, fotomontaggi e ipotesi di ricostruzione dell'antica Chiesa di San Giorgio e della Cona originale, nonché delle recenti indagini geoelettriche ai fini dell'applicazione della metodologia Domodry® per la risoluzione dei seri problemi legati all'umido di risalita, che erano causa di gravi danni da sfarinamento del modellato scultoreo basamentale dell'opera.

Da un punto di vista prettamente strutturale e conservativo, l'intervento di restauro può dirsi ultimato: la Cona è da considerarsi opera non più a rischio. La nuova sfida consiste negli sviluppi del problema ricompositivo: è da valutarsi l'ipotesi di una nuova allocazione dell'opera al fine di evidenziarne le parti scultoree occultate e rendere giustizia alla bellezza della composizione nel suo insieme.

L'intervento di risanamento attuato con Domodry ha giovato non solo all'opera, ma all'intera zona circostante. Dell'abbattimento dell'umido, infatti, hanno beneficiato la sacrestia tutta e il suo intero contenuto (i pregiati mobili ottocenteschi, la piccola biblioteca, i paramenti sacri).

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale  
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa

Ente organizzatore:



Comune di Ragusa  
Uff. Centri Storici

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO

assorestauRO

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
OGGI ASSOCIATI DI RESTAURO, SEI GIORNI FA NASCITA



LEONARDO  
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO  
E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA



Fig. 1 - Veduta d'insieme della Cona di A. Gagini, sacrestia del Duomo di San Giorgio, Ragusa Ibla. Foto: C. Giunta.



Fig. 2 - Ricostruzione del prospetto dell'antica Chiesa di San Giorgio, della quale è giunto fino a noi il solo portale centrale. Elaborazione e grafica: A. Vindigni, E. Balestrieri.

## La Cona Gaginiana: cenni storici

L'ancona d'altare gaginiana, comunemente intesa "Cona", fu commissionata al Magister Antoninus de' Gagini<sup>[1]</sup> - marmorum scultor - proveniente dalla città di Palermo dalla congregazione dei Sangiorgiari allo scopo di abbellire la zona absidale dell'antica chiesa di San Giorgio in Ibla, allora Matrice.

Era il 1573 quando i procuratori della chiesa si rivolsero al Gagini affinché ottenesse dalla Reale Curia del Patrimonio a Palermo l'autorizzazione a riscuotere per cinque anni la gabella della macellazione, per realizzare nella Matrice una grande macchina d'altare<sup>[2]</sup>.

Il Gagini ottenne questo consenso e, come risulta da un atto redatto dal notaio Vincenzo Solarino in data 30 agosto 1576, ricevette dal tesoriere della chiesa un acconto per la sua prestazione.

A lavori ultimati l'imponente arredo sacro fu collocato sotto la bellissima volta ottagonale costolonata del maestoso tempio, che era sorto per volontà del conte Simone Chiamonte nella seconda metà del secolo XIV, all'epoca in cui la Sicilia era ancora un regno e prima che essa passasse sotto il dominio della Spagna. Questa chiesa era un grandioso edificio che occupava l'attuale area dei Giardini Iblei, ergendosi suggestivamente nei pressi della vallata dell'Irminio. Del suo vetusto splendore ri-

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  
OGGI ASSOCIATI DI ARCHITETTI, ARTISTI, URBANISTI



In collaborazione con:



LEONARDO SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO E LA DEMONSTRAZIONE MURARIA

mane traccia nel pregevole Portale centrale, ultimo relitto testimone della qualità architettonica formale dello stile gotico-chiaramontano.

Dalle poche notizie dei memorialisti locali a noi pervenute, e dall'entità dei frammenti superstiti, la complessa composizione di scultura e architettura di Antonino Gagini doveva avvicinarsi, per proporzioni ed imponenza, a quella eseguita dal padre Antonio per l'abside della cattedrale di Palermo.

L'undici gennaio del 1693, alle ore 15, un terribile terremoto<sup>[3]</sup> scosse la Sicilia sud-orientale e Ragusa Ibla perse 5000 dei suoi 9000 abitanti.

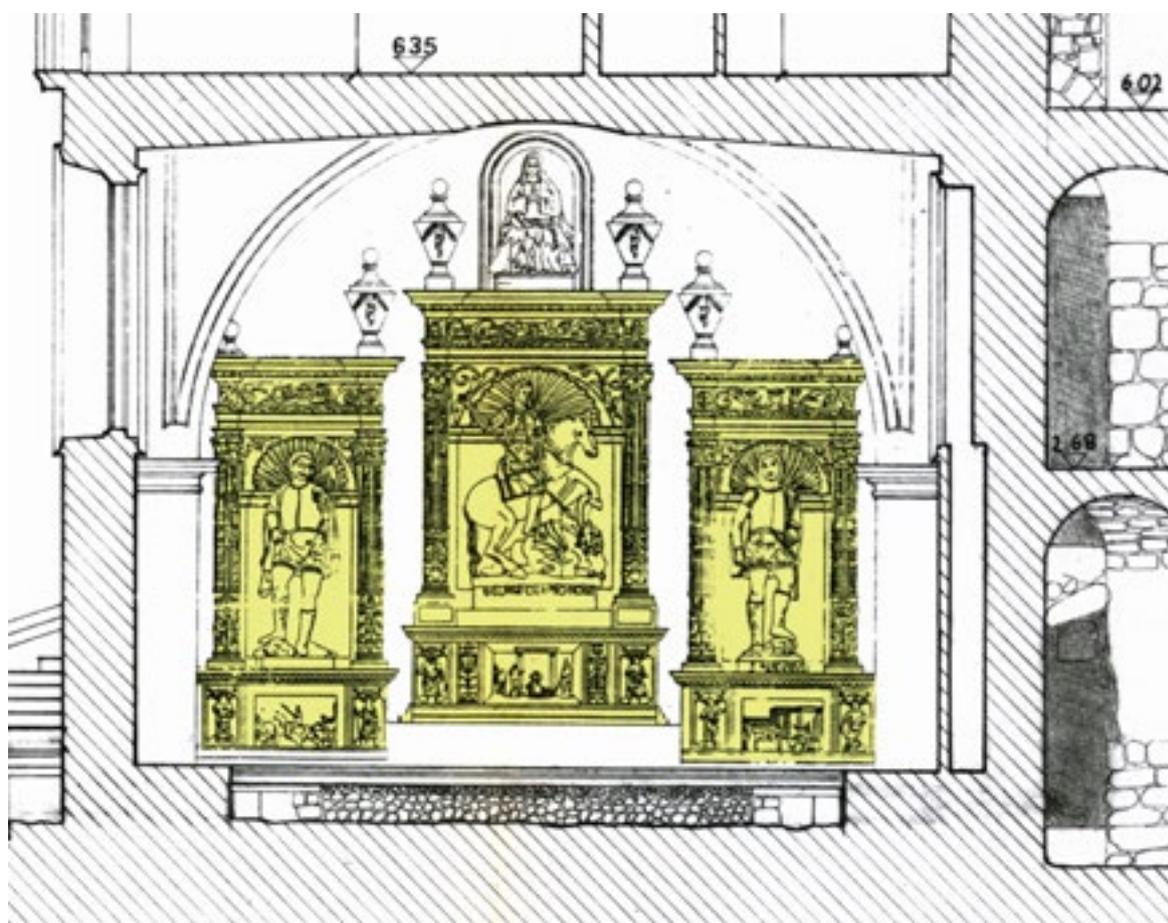


Fig. 3 - Composizione attuale della Cona all'interno della sacrestia del Duomo; al centro, San Giorgio e il drago. A sinistra Sant'Ippolito. A destra, San Mercurio. Rilievo, elaborazione e grafica: A. Vindigni, E. Balestrieri.

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  
Uff. Centri Storici

Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ DEL SALENTO

assorestauo

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
collaborazioni di architettura, arte e urbanistica



In collaborazione con:



Il suo territorio fu devastato dal cataclisma tellurico, ma la Chiesa Matrice, pur se gravemente danneggiata, rimase in piedi e nel corso degli anni ne furono riparate le lesioni. La Cona del Gagini, nonostante i danni subiti, potè rimanere nella sua collocazione originaria fino al 1744, anno in cui la chiesa fu adeguata al suolo.

Il materiale lapideo del sacro edificio, demolito e ridotto a “cava di pietra”, venne impiegato nella costruzione del nascente Duomo di San Giorgio “nuovo” progettato dal Gagliardi, oggi patrimonio dell’UNESCO.

La tribuna d’altare, che era stata preventivamente spostata, fu trasferita dal “bellissimo cappellone”, ma una parte delle sue sculture - precisamente i medaglioni decorativi - furono adibiti all’ornamento del perimetro esterno dell’omonima nuova chiesa (attualmente le formelle rimosse sono esposte nel Museo dell’Opera del Duomo).

La sorte delle altre parti smontate non è documentata passo passo, ma non è da escludere che alcuni pezzi irrimediabilmente ammalorati dal terremoto del 1693 siano stati impiegati come materiale da costruzione.

Di certo possiamo dire che il complesso scultoreo nell’800 venne rimontato alla meglio e riadattato nel vano della sacrestia del Duomo nuovo, ma il riassetto modificò l’originaria collocazione dei pezzi e ne semplificò notevolmente la composizione: dodici piccole statue furono occultate per motivi di spazio all’interno della tribuna stessa, e gli altari furono ridotti da cinque a tre.

Allo stato attuale, l’imponente opera scultorea si presenta così: al centro della composizione campeggia la statua equestre di San Giorgio nell’atto di uccidere il drago, mentre nelle due nicchie laterali possiamo ammirare, rispettivamente, la statua di Sant’Ippolito e la statua di San Mercurio.

La scelta dei Santi guerrieri è confacente all’immagine di una chiesa militante, la cui vittoria è emblematicamente rappresentata dai due Santi che schiacciano la testa mozzata del nemico, un atto di indiscutibile supremazia che non concede possibilità di scampo all’avversario.

Dalla Cona proviene anche la statua di un giovane guerriero con armatura medioevale, un ipotetico Davide, oggi collocata nel Museo. Non si dimentichi che il 7 ottobre 1571, pochi anni prima il Gagini iniziasse la sua opera, aveva avuto luogo la battaglia di Lepanto, storico scontro che decretò la schiacciante vittoria della flotta cristiana della Lega Santa su quelle musulmane dell’Impero Ottomano.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:





*Fig. 4 - Dall'alto, in senso orario: veduta del basamento nel quale si nota l'intercapedine all'interno della quale erano occultate altre sculture. Dettaglio dell'intercapedine destra. In evidenza, dettaglio dell'intercapedine sinistra. Foto e grafica: A. Vindigni, E. Balestrieri.*

## Iter di restauro

Nel 1992, su incarico del Comune di Ragusa e con fondi della legge speciale n.61/81, fu redatto il progetto per i lavori di restauro.

Il complesso monumentale era afflitto da gravi perdite materiche legate ad infiltrazioni di umido dall'alto, laterali da contatto e da umido di risalita. Un accurato esame diagnostico condotto dall'Opificio delle Pietre Dure sotto la direzione di A.M. Giusti e M. Matteini portò alla conclusione che tale degrado fosse da attribuire alla formazione di sali di cloruri, nitrati e solfati che, migrando veicolati dall'acqua, cristallizzavano in superficie e lentamente polverizzavano il modellato. Pertanto si ritenne indispensabile, come primo ed urgente intervento, la bonifica ed il risanamento del sito mediante la messa in opera di canali di aereazione, la rimozione dei tubi fognari rotti e la bonifica dei locali posteriori. Restava solo parzialmente irrisolto il problema dell'umido di risalita, giacché esso

comportava il non autorizzato smontaggio totale dell'opera per intervenire anche alla base del monumento. Già nello studio di progetto si erano peraltro evidenziate le forzature e le manomissioni dell'originaria opera gaginiana: durante il restauro scultoreo del 2005, infatti, l'asportazione delle malte non originarie e degradate portò alla luce ben

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



dodici statue nei piedritti delle colonne, occultate per carenza di spazio durante il riassetto ottocentesco.

Seguirono poi le usuali tecniche di restauro con pulitura e consolidamento delle parti ammalorate, mentre l'inamovibilità dell'opera permetteva solamente la superficiale rimozione dei sali nocivi come operazione palliativa in attesa del suo smontaggio per la risoluzione definitiva del problema umidità. Durante lo studio preliminare di tale operazione veniva proposta ed applicata al monumento in oggetto una nuova tecnica di deumidificazione denominata "a neutralizzazione di carica". L'intervento, basato su tecnologia concepita e sviluppata interamente in Italia, aveva lo scopo di effettuare un totale risanamento dell'umido di risalita in maniera completamente non invasiva. L'installazione del dispositivo elettronico, posto in un locale attiguo e non visibile ai visitatori, dava risultati tangibili e risolutivi interrompendo ed eliminando dalla Cona nell'arco di pochi mesi la presenza di umidità ascendente, tanto da rendere evitabile la rimozione del monumento. Tale miglioramento è documentato dalle indagini svolte (termografie all'infrarosso) di cui, a titolo esemplificativo, si riportano di seguito alcune schede.

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  
Unit. Centri Storici

Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ DEL SALENTO

assorestauRO

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



LEONARDO SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO E LA DEUMIDIFICAZIONE HUMIDITÀ

In collaborazione con:

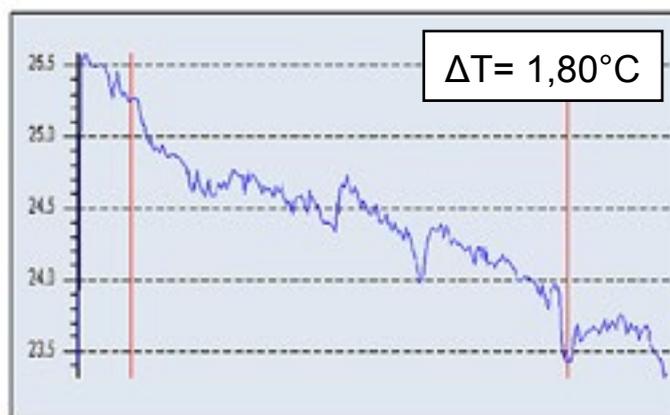
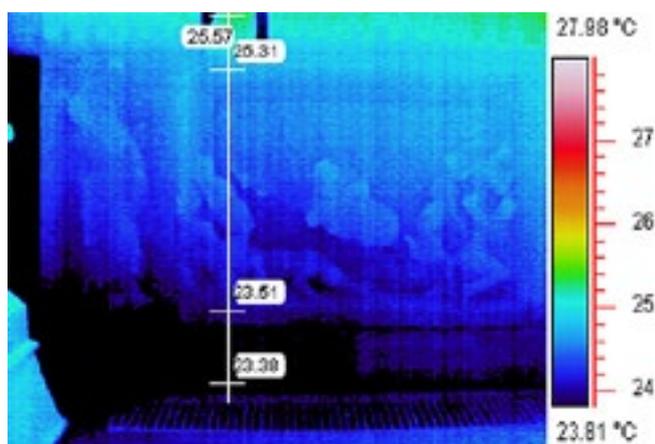


## Dati immagine A01

### Note:

Confronto termogrammi e profili termici tra 1° e 3° controllo.

### 1° Controllo 05-08-11



### 2° Controllo 26-07-12

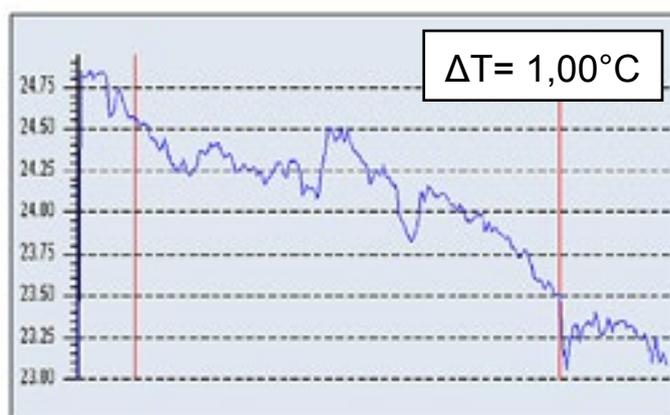
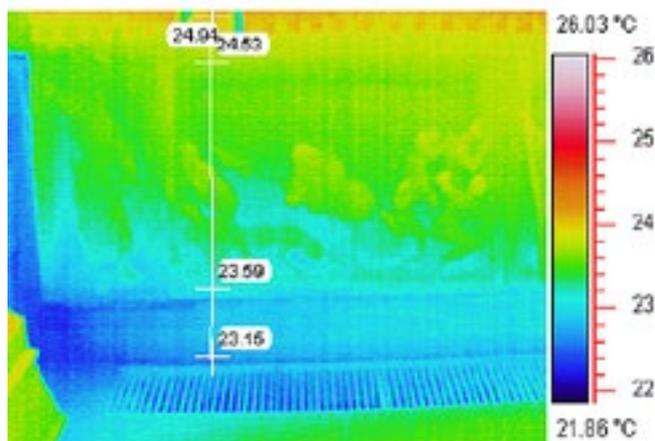


Fig. 5 - Dall'alto: particolare della cona. I rilievi termografici effettuati prima dell'intervento (5 agosto 2011). I rilievi dopo l'opera di deumidificazione a neutralizzazione di carica (26 luglio 2012). Foto: A. Vindigni. Elaborazioni a cura di Domodry Srl.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



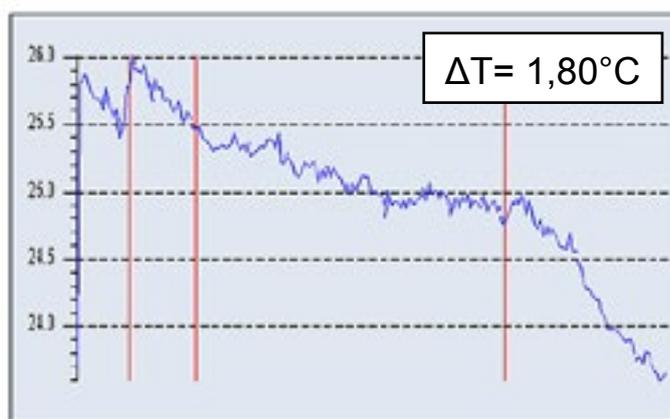
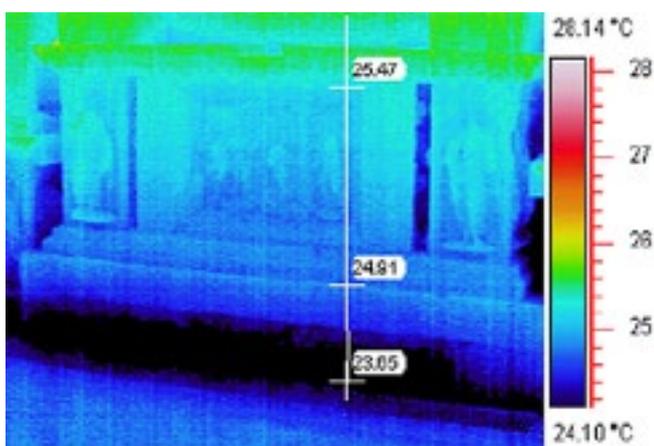


## Dati immagine B01

### Note:

Confronto termogrammi e profili termici tra 1° e 3° controllo.

### 1° Controllo 05-08-11



### 2° Controllo 26-07-12

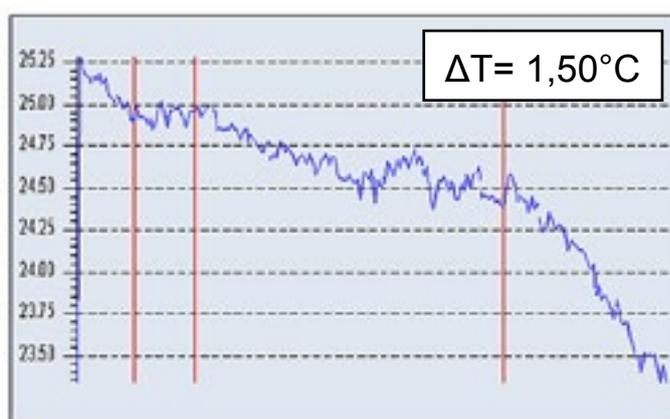
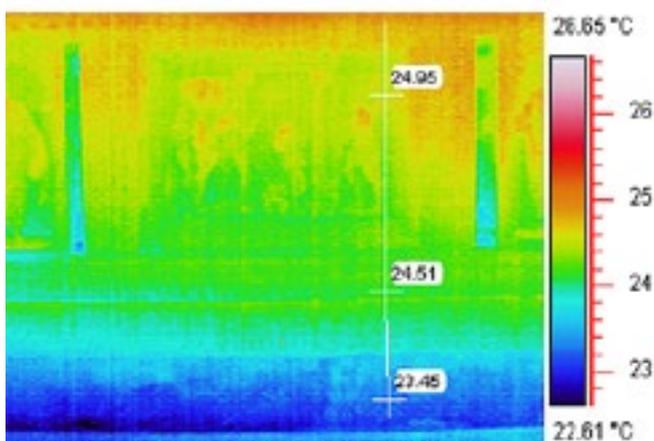


Fig. 6 - Dall'alto: particolare della cona. I rilievi termografici effettuati prima dell'intervento (5 agosto 2011). I rilievi dopo l'opera di deumidificazione a neutralizzazione di carica (26 luglio 2012). Foto: A. Vindigni. Elaborazioni a cura di Domodry Srl.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



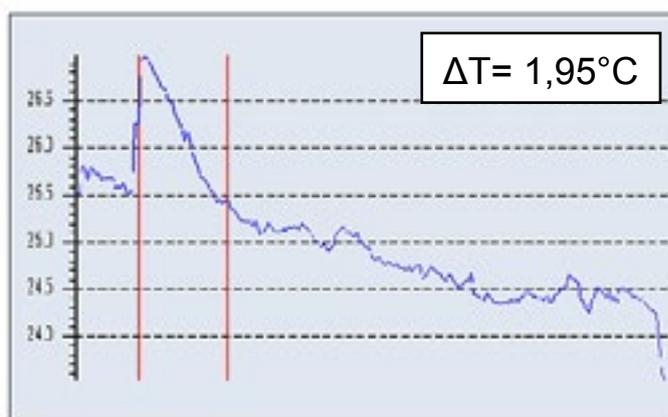


## Dati immagine C01

### Note:

Confronto termogrammi e profili termici tra 1° e 3° controllo.

### 1° Controllo 05-08-11



### 2° Controllo 26-07-12

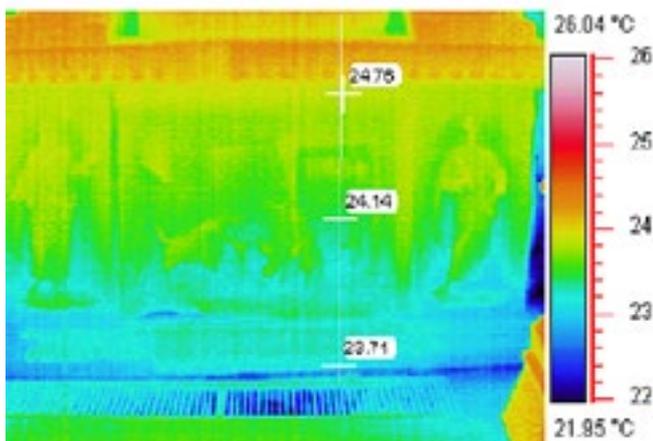


Fig. 7 - Dall'alto: particolare della cona. I rilievi termografici effettuati prima dell'intervento (5 agosto 2011). I rilievi dopo l'opera di deumidificazione a neutralizzazione di carica (26 luglio 2012). Foto: A. Vindigni. Elaborazioni a cura di Domodry Srl.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



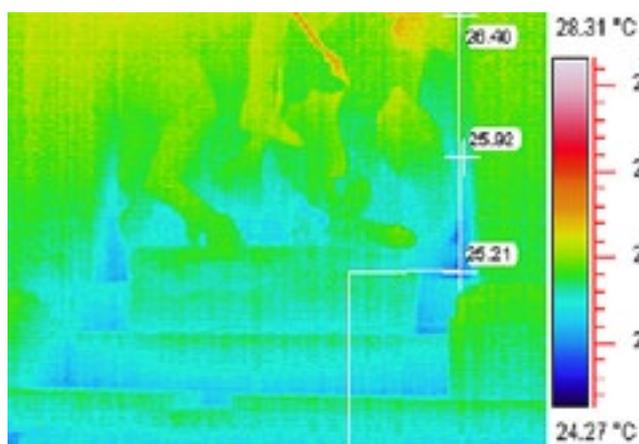


## Dati immagine B02

### Note:

Confronto termogrammi e profili termici tra 1° e 3° controllo.

### 1° Controllo 05-08-11



### 2° Controllo 26-07-12

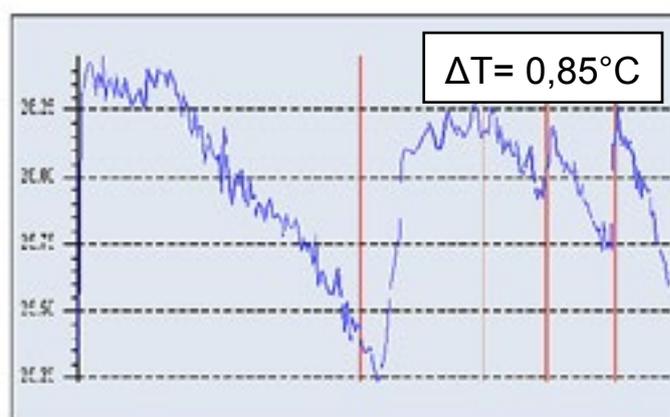
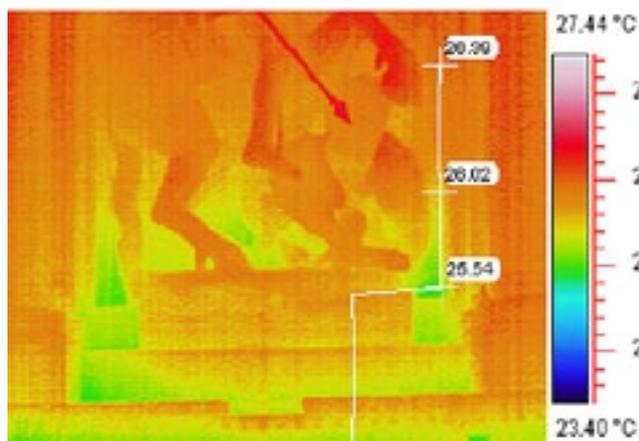


Fig. 8 - Dall'alto: particolare della cona. I rilievi termografici effettuati prima dell'intervento (5 agosto 2011). I rilievi dopo l'opera di deumidificazione a neutralizzazione di carica (26 luglio 2012). Foto: A. Vindigni. Elaborazioni a cura di Domodry Srl.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



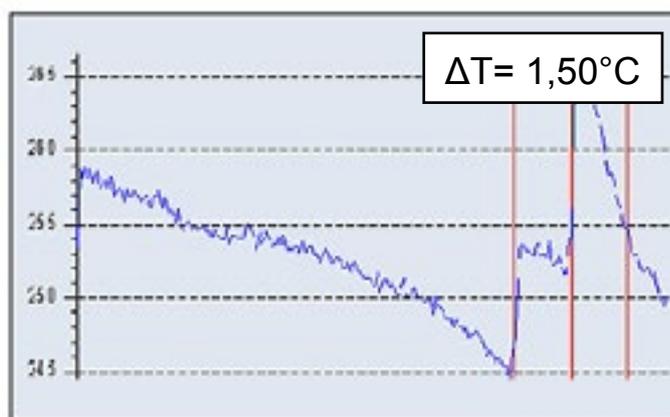
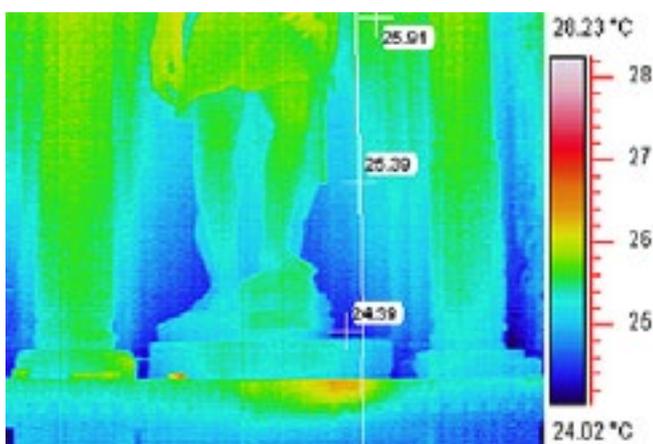


## Dati immagine C02

### Note:

Confronto termogrammi e profili termici tra 1° e 3° controllo.

### 1° Controllo 05-08-11



### 2° Controllo 26-07-12

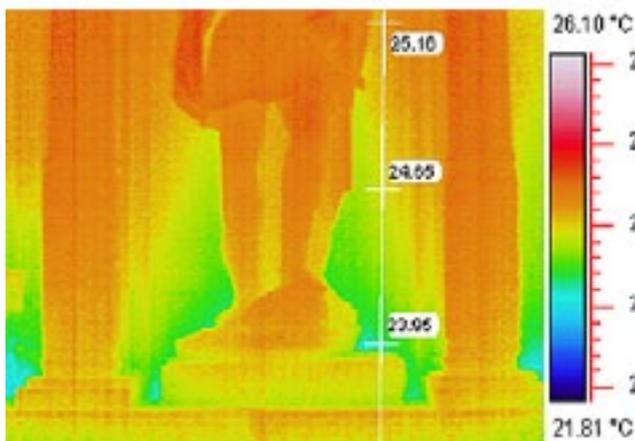


Fig. 9 - Dall'alto: particolare della cona. I rilievi termografici effettuati prima dell'intervento (5 agosto 2011). I rilievi dopo l'opera di deumidificazione a neutralizzazione di carica (26 luglio 2012). Foto: A. Vindigni. Elaborazioni a cura di Domodry Srl.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



Insoluto rimane a tutt'oggi il problema della ricollocazione dell'opera in uno spazio adeguato alle sue reali dimensioni, onde poter portare alla luce, per studio e fruizione pubblica, le rimanenti dodici statuette. Tutto ciò sarà materia di approfondimento nel prossimo futuro.

## Note

[1] Per maggiori approfondimenti riguardo al Gagini, si veda Di Marzo, 1883 (v. bibliografia).

[2] Morana, 1989.

[3] Dufour - Raymond, 1992.

## Bibliografia

Di Marzo, G. (1883) I Gagini e la scultura in Sicilia nei secoli XV e XVI: memorie storiche e documenti, Tipografia del Giornale di Sicilia, Palermo.

Dufour, L., Raymond, H. (1992) 1693 Val di Noto - La rinascita dopo il disastro, Domenico Sanfilippo Editore, Catania.

Morana, G. (1989) "Il restauro della memoria", in AA. VV., Guida all'Esposizione - Convento dei Cappuccini - Giardini Iblei, Ragusa.

Balestrieri, E. "I patruna 'o luocu", tesi di laurea non pubblicata, Accademia di Belle Arti di Brera (Milano), 2011.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



## 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 progressi 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



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO

assorestauRO

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
OGGI ASSOCIATI DI ARCHITETTI, ARTISTI, URBANISTI



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



LEONARDO SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA

In collaborazione con:

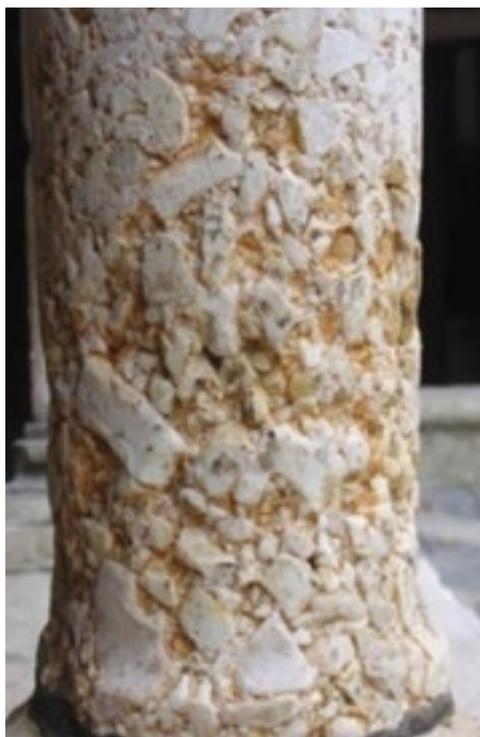


Fig. 2 - Particolare di degrado materico.

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:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:

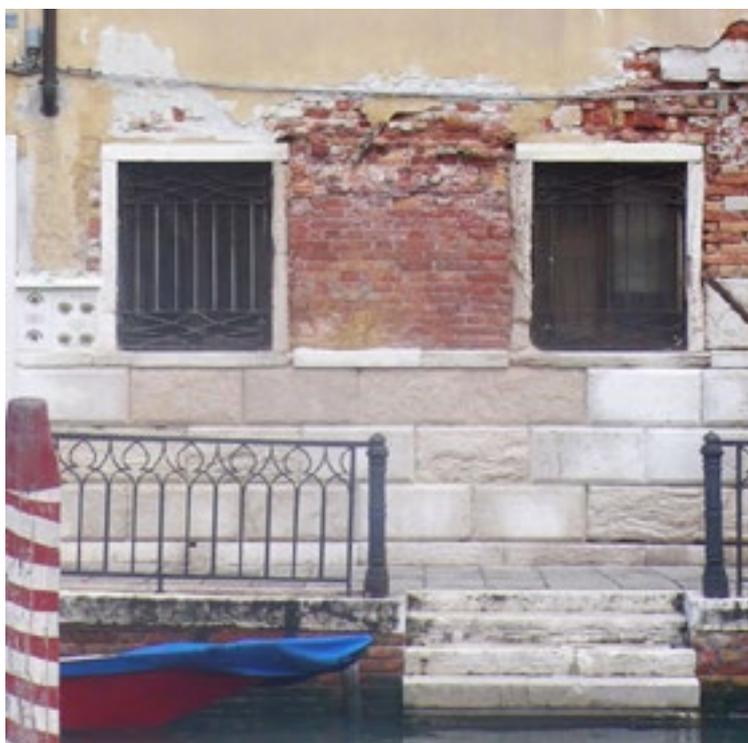


In collaborazione con:





*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:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



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:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



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



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



In collaborazione con:



LEONARDO SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO E LA MONITORAGGIO STRUTTURALE



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



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ DEL SALENTO



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 innescate 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:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO



In collaborazione con:

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:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



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



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



LEONARDO SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA

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 (attapulgite) 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:



Commissione Nazionale Italiana per l'UNESCO



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



LEONARDO SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA

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



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  
OGGI ASSOCIATI DI ARCHITETTI, ARTISTI, URBANISTI



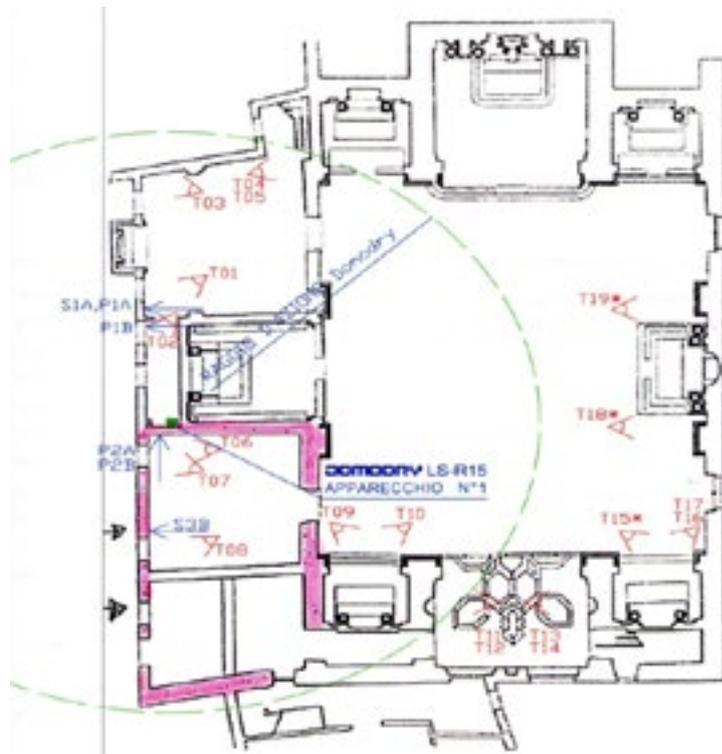
LEONARDO  
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO  
E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA

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:



Ente organizzatore:

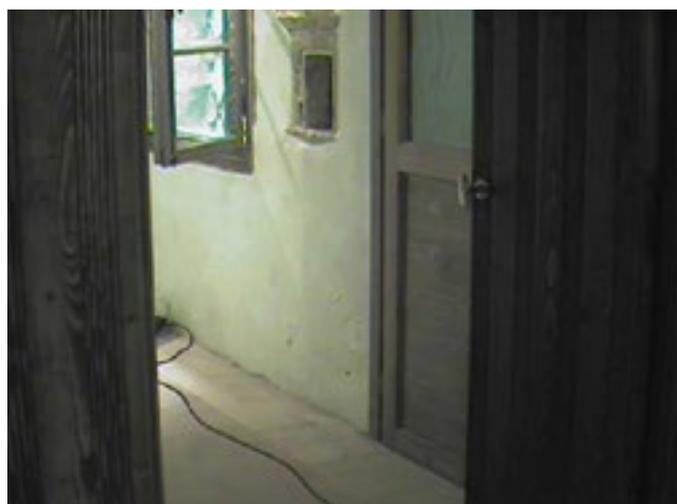


Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:





## Dati immagine T02

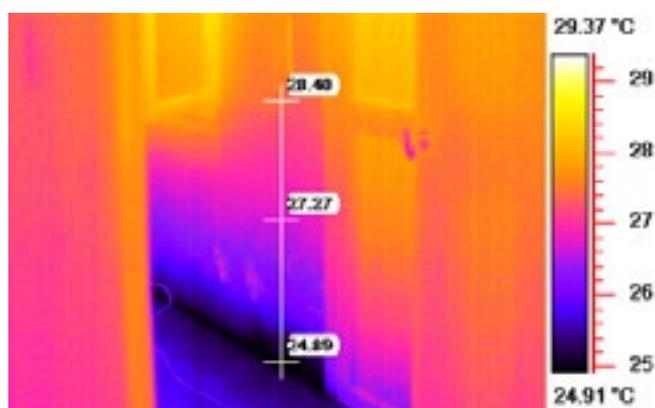
**Data:** 14-06-12

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

**Committente:** Chiesa di Sant'Antonin

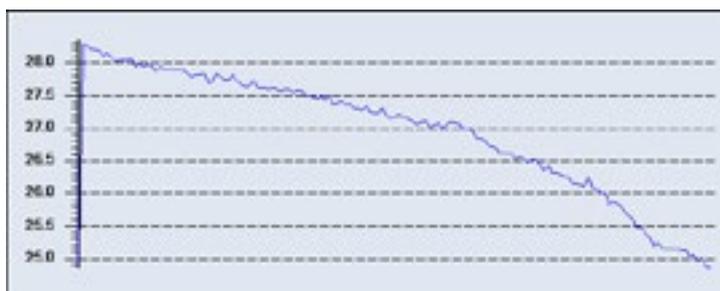
**Note:** Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione e 1° Verifica: si riscontra una evidente riduzione delle anomalie termiche - ovvero dell'umidità - lungo lo sviluppo verticale della parete.

T02 del 13-07-11

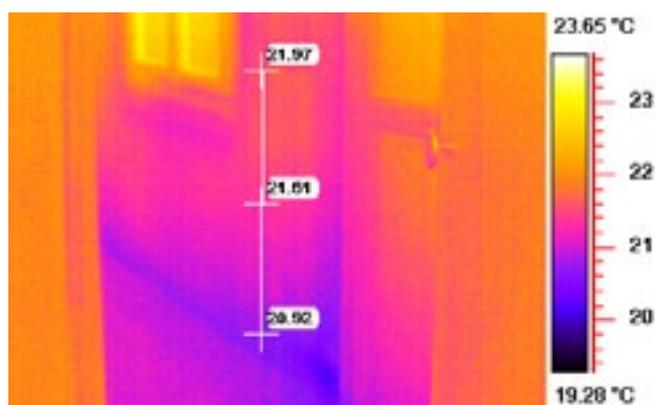


$\Delta T = 2,5 \text{ }^\circ\text{C}$

PROFILO TERMICO del 13-07-11

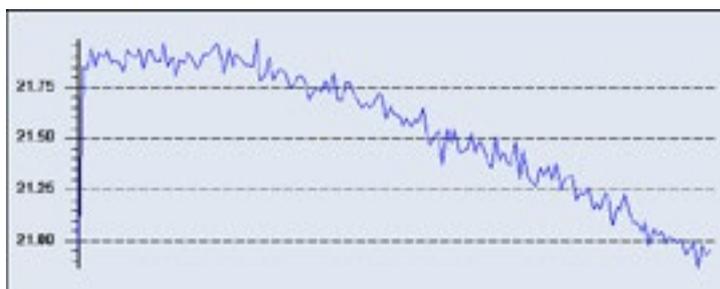


T02-1 del 14-06-12



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

PROFILO TERMICO del 14-06-12



Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



## Dati immagine T07

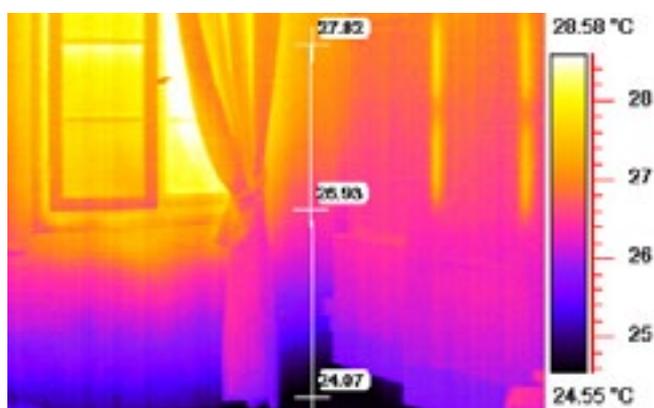
**Data:** 14-06-12

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

**Committente:** Chiesa di Sant'Antonin

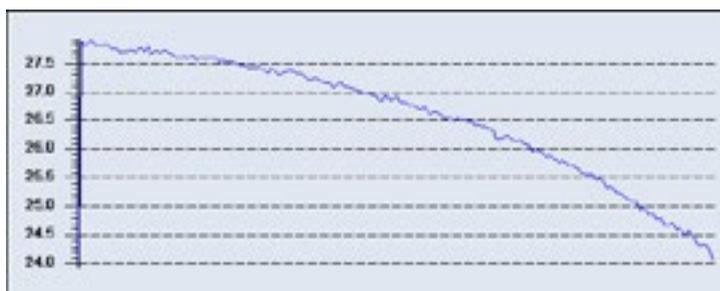
**Note:** Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione e 1° Verifica: si riscontra una evidente riduzione delle anomalie termiche - ovvero dell'umidità - lungo lo sviluppo verticale della parete.

T07 del 13-07-11

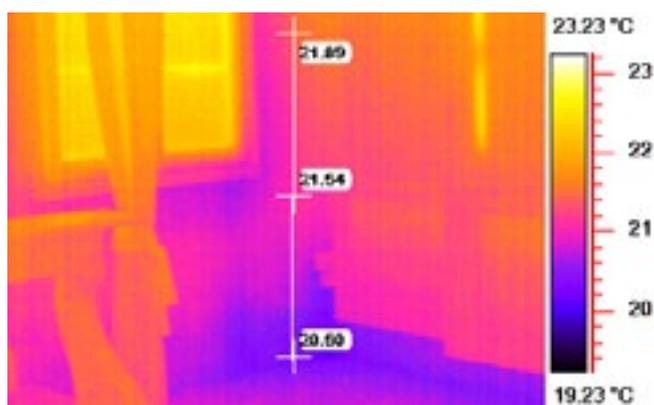


$\Delta T = 3,7 \text{ }^\circ\text{C}$

PROFILO TERMICO del 13-07-11

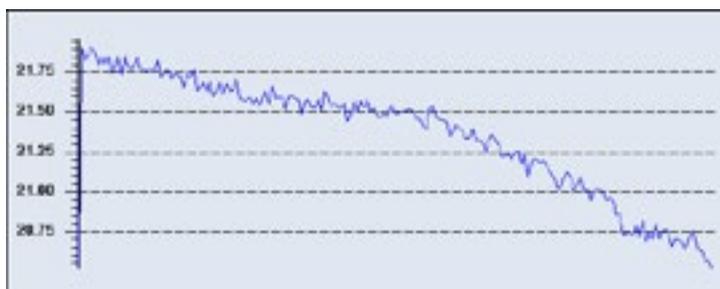


T07-1 del 14-06-12



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

PROFILO TERMICO del 14-06-12



Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



## Dati immagine T09

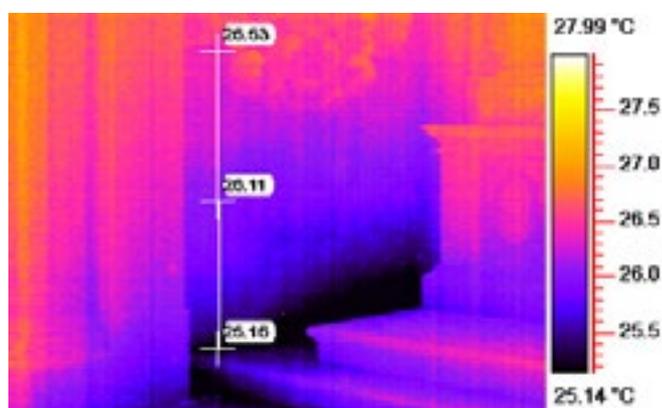
**Data:** 14-06-12

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

**Committente:** Chiesa di Sant'Antonin

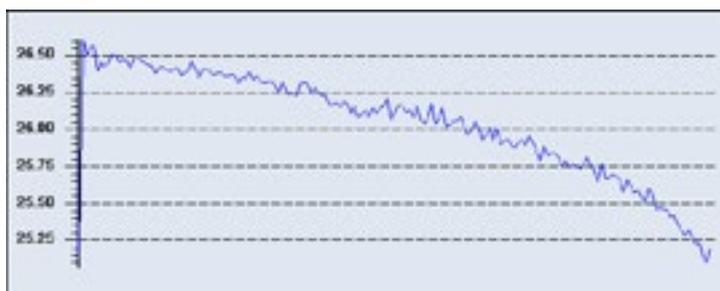
**Note:** Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione e 1° Verifica: si riscontra una evidente riduzione delle anomalie termiche - ovvero dell'umidità - lungo lo sviluppo verticale della parete.

T09 del 13-07-11

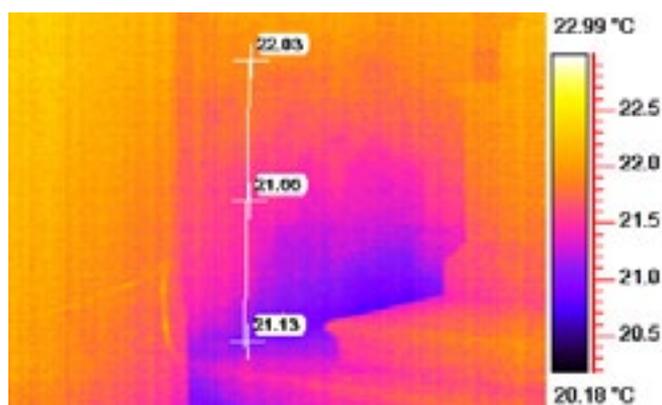


$\Delta T = 1,4 \text{ }^\circ\text{C}$

PROFILO TERMICO del 13-07-11

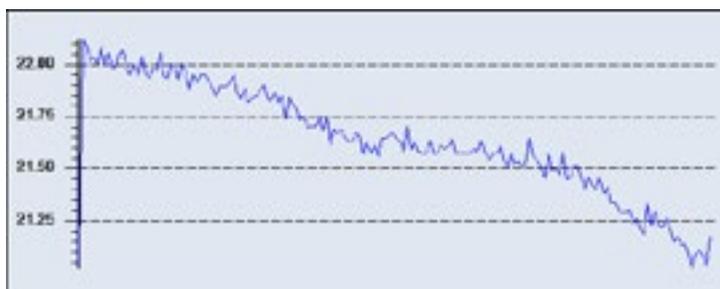


T09-1 del 14-06-12



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

PROFILO TERMICO del 14-06-12



Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO



In collaborazione con:



## Dati immagine T10

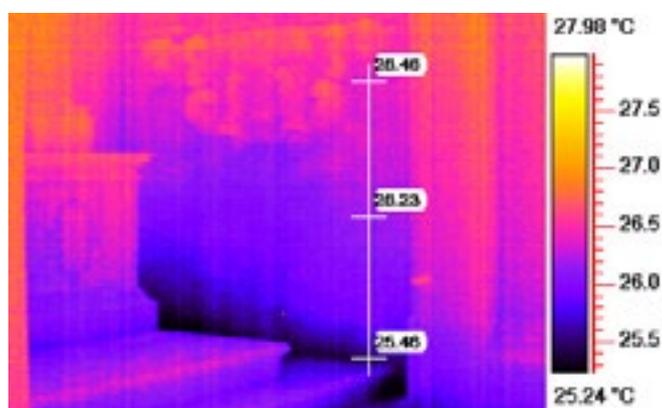
**Data:** 14-06-12

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

**Committente:** Chiesa di Sant'Antonin

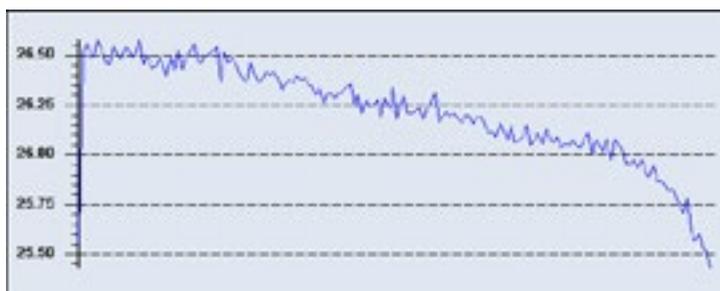
**Note:** Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione e 1° Verifica: si riscontra una evidente riduzione delle anomalie termiche - ovvero dell'umidità - lungo lo sviluppo verticale della parete.

T10 del 13-07-11

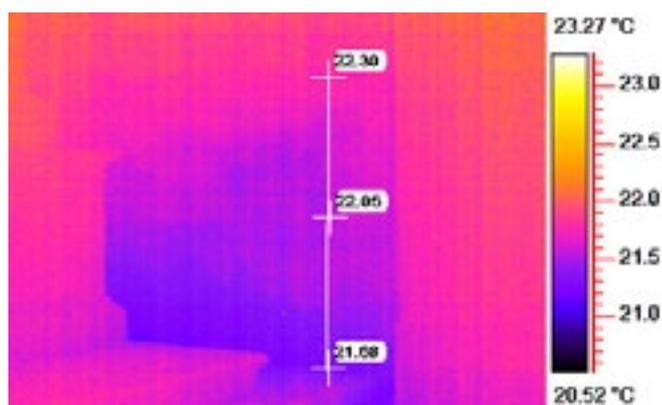


$\Delta T = 1,0 \text{ }^\circ\text{C}$

PROFILO TERMICO del 13-07-11

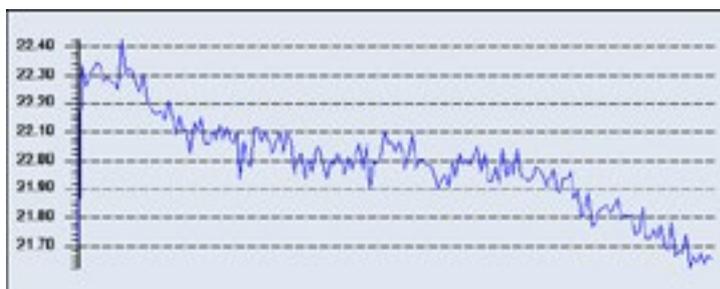


T10-1 del 14-06-12



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

PROFILO TERMICO del 14-06-12



Con il Patrocinio di:



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  
Soleo associato per architetture, arte ed urbanistica



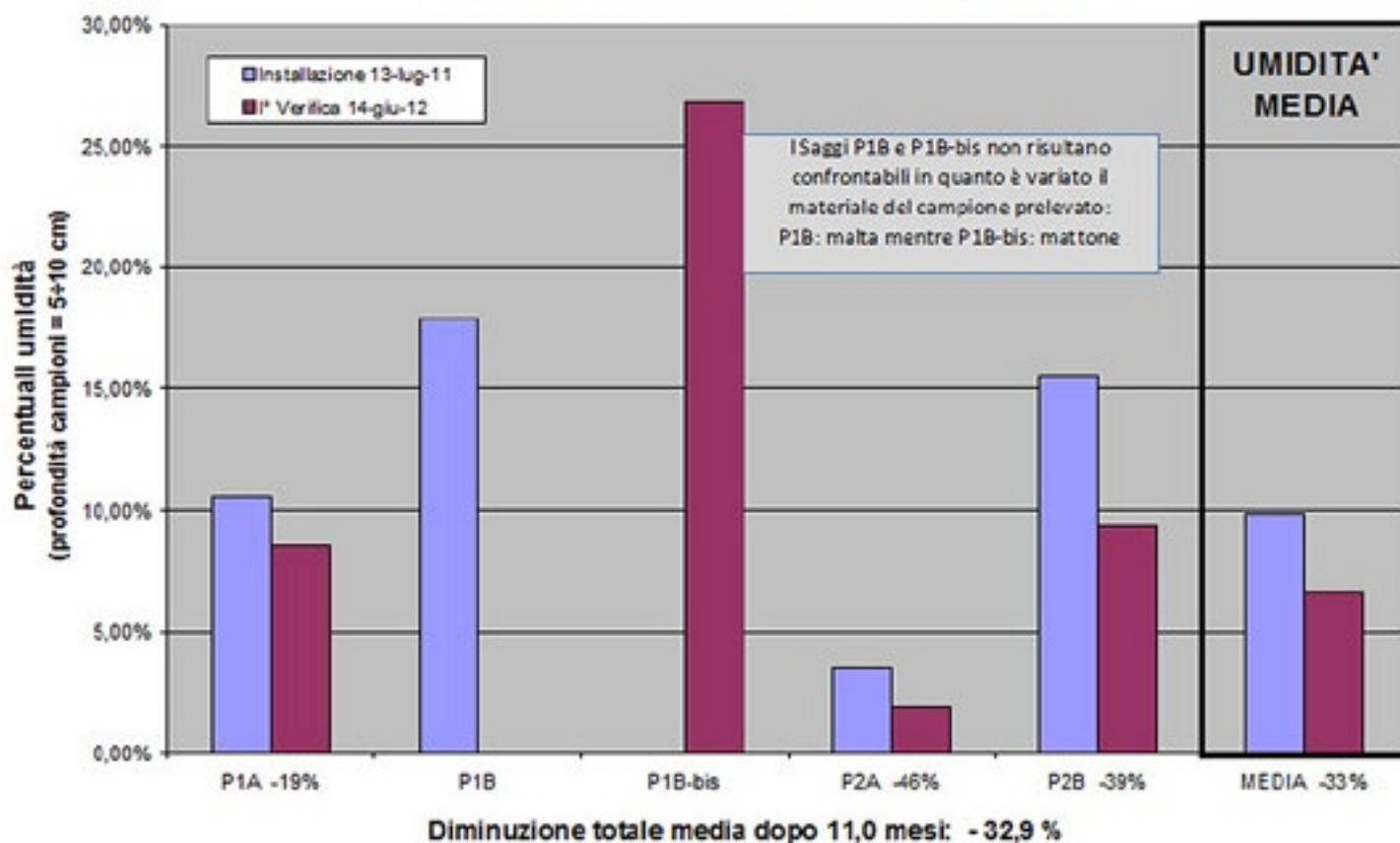
In collaborazione con:



## 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  $\phi$  10 mm.

Grafico dell'umidità rilevata - metodo ponderale



Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



PRELIEVO (per la posizione dei punti di prelievo vedere pianimetria 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.) =	
APPARECCHIO n°2		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:



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



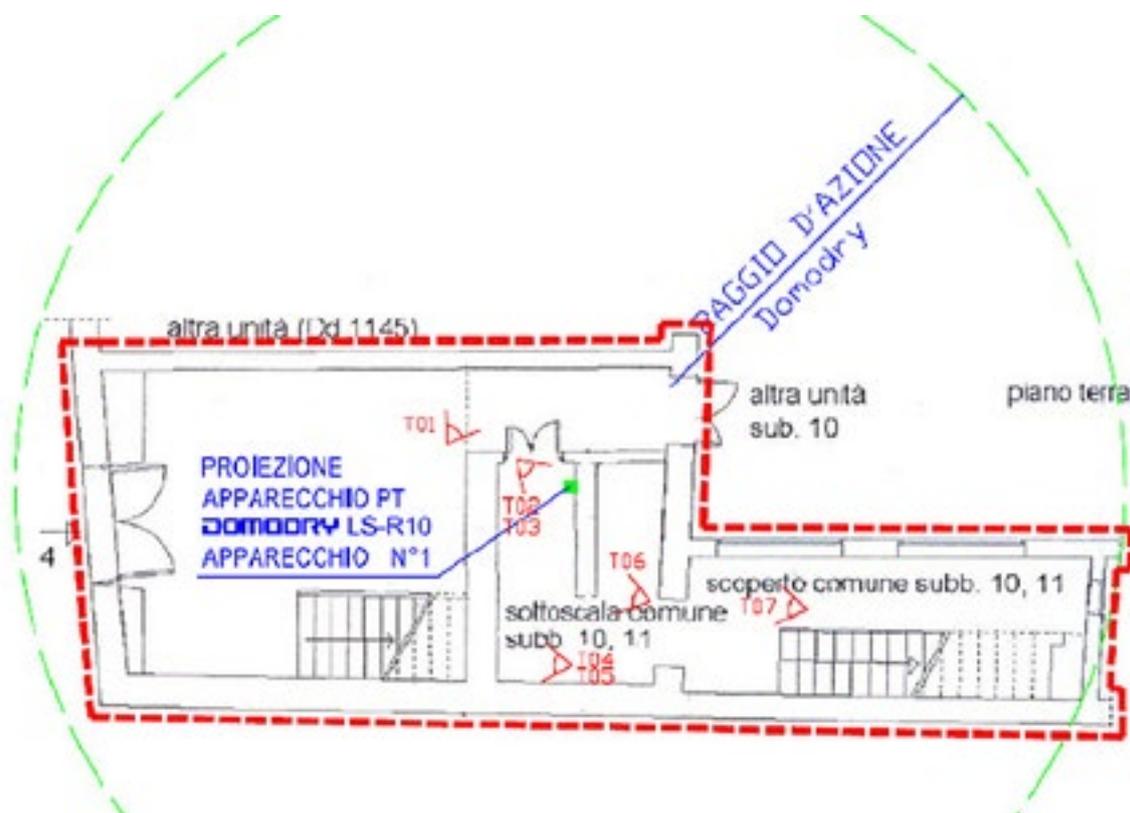
Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:

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



Parametri ambientali:	Rilievo iniziale 28/05/10		2° Verifica 14/06/12	
	Interno	Esterno	Interno	Esterno
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:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



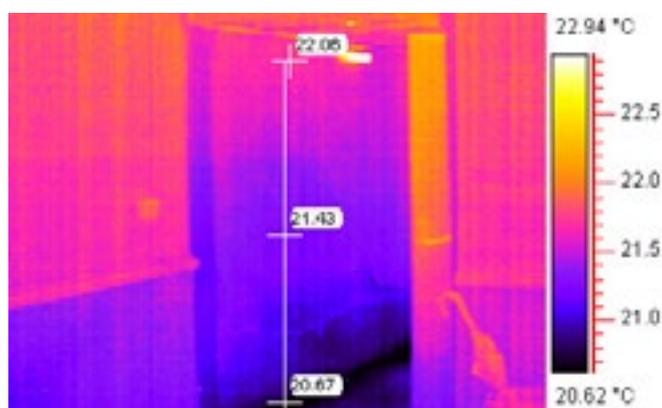
## Dati immagine T01

**Data:** 14-06-12

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

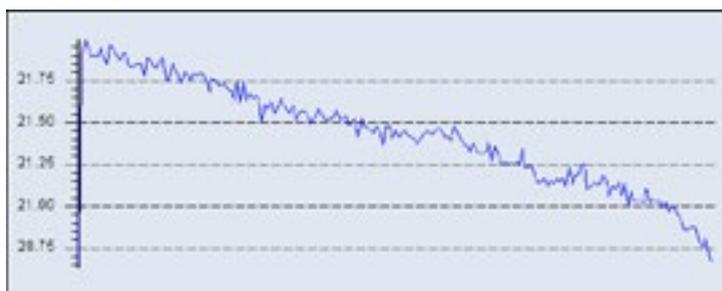
**Committente:** Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione e 2° Verifica: si evidenzia la scomparsa delle anomalie termiche - ovvero dell'umidità - lungo lo sviluppo verticale delle pareti.

T01 del 28-05-10

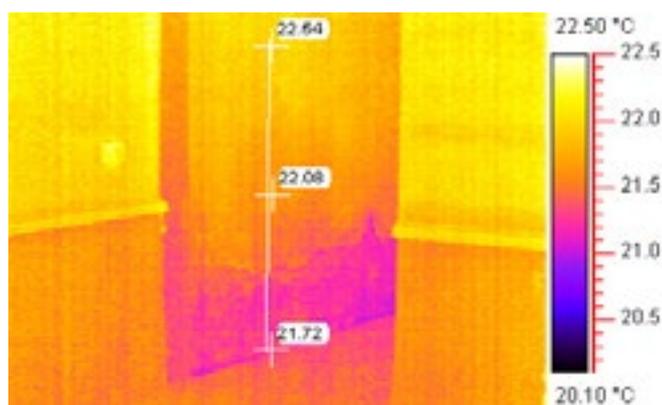


$\Delta T = 1,4 \text{ }^\circ\text{C}$

PROFILO TERMICO del 28-05-10

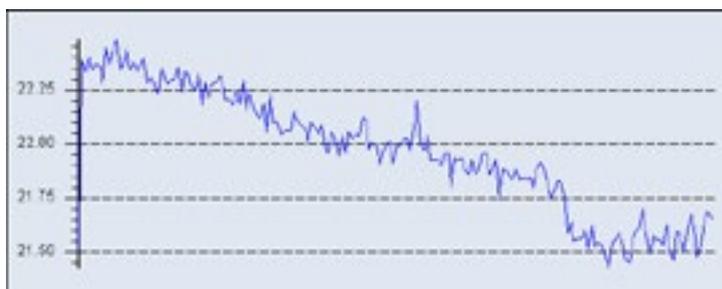


T01-2 del 14-06-12



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

PROFILO TERMICO del 14-06-12



Con il Patrocinio di:



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



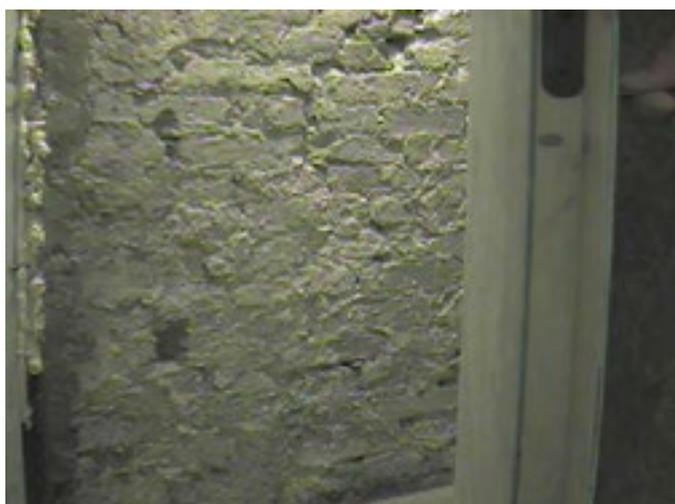
UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO

assorestauRO  
associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
Solemi associate di architettura, arte ed urbanistica



In collaborazione con:





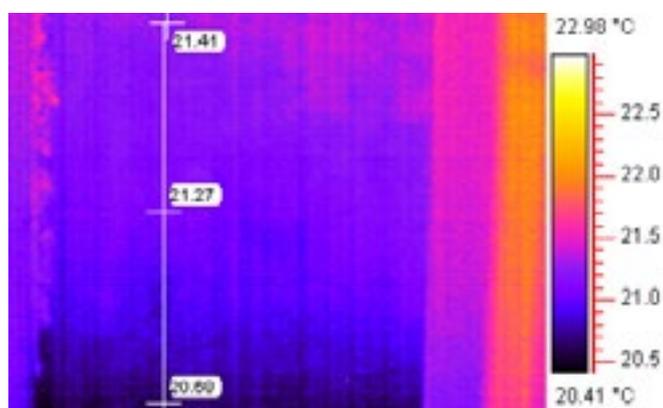
## Dati immagine T02

**Data:** 14-06-12

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

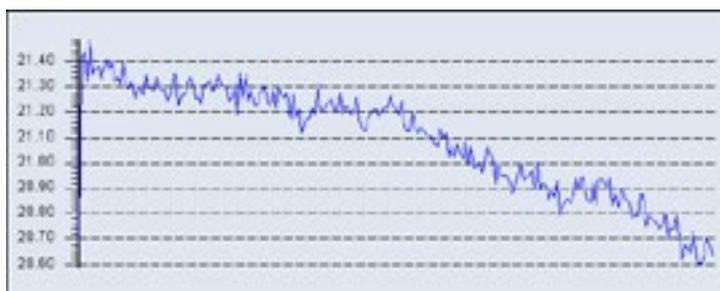
**Committente:** Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione e 2° Verifica: si evidenzia la scomparsa delle anomalie termiche - ovvero dell'umidità - lungo lo sviluppo verticale delle pareti.

### T02 del 28-05-10

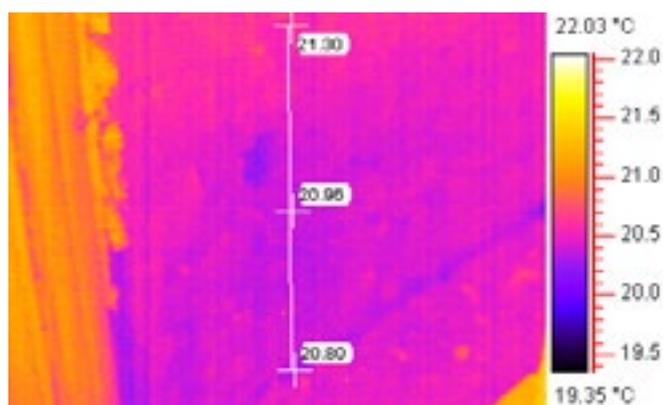


$\Delta T = 0,8 \text{ }^\circ\text{C}$

PROFILO TERMICO del 28-05-10

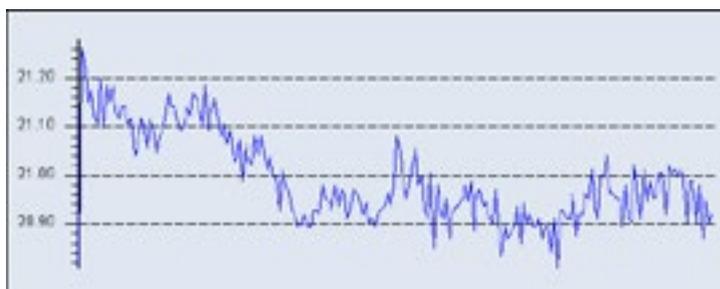


### T02-2 del 14-06-12



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

PROFILO TERMICO del 14-06-12



Con il Patrocinio di:



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  
Solemi associate di architettura, arti e servizi restaurativi



In collaborazione con:





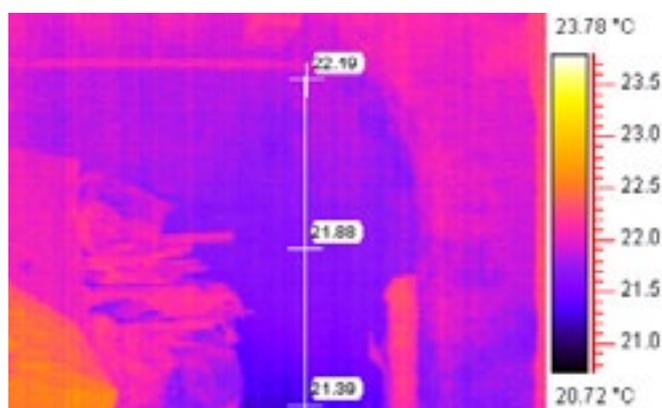
## Dati immagine T05

**Data:** 14-06-12

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

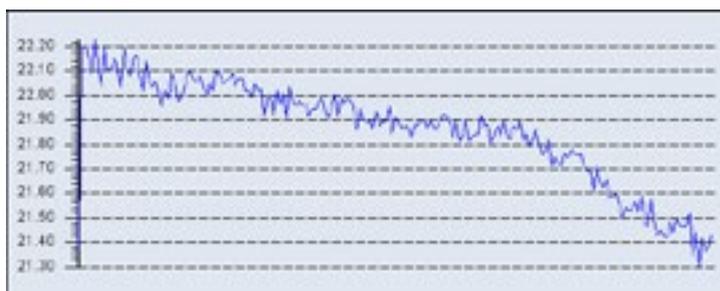
**Committente:** Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione e 2° Verifica: si evidenzia la scomparsa delle anomalie termiche - ovvero dell'umidità - lungo lo sviluppo verticale delle pareti.

T03 del 28-05-10

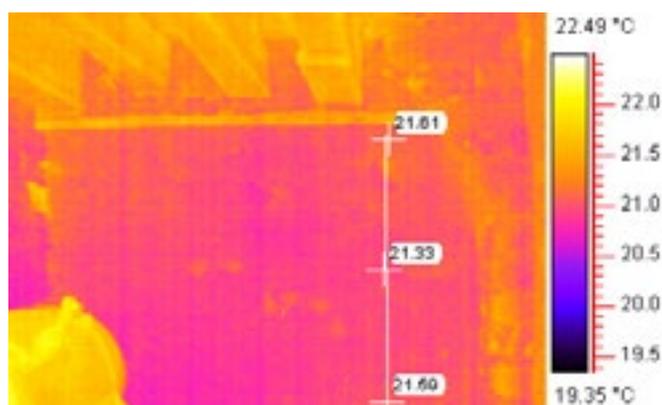


$\Delta T = 0,8 \text{ }^\circ\text{C}$

PROFILO TERMICO del 28-05-10

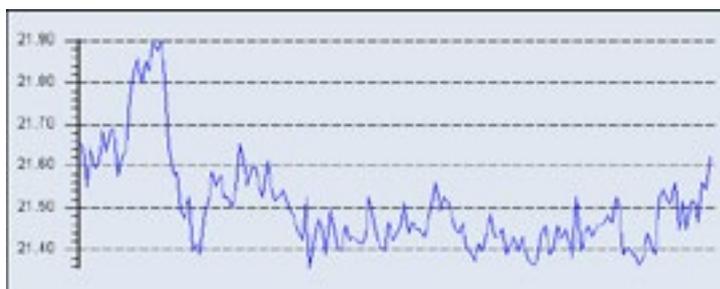


T03-2 del 14-06-12



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

PROFILO TERMICO del 14-06-12



Con il Patrocinio di:



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  
Solemi associate per architettura, arte ed urbanistica



In collaborazione con:



## 11. L'umidità di risalita capillare negli edifici in pietra leccese: fenomeni di degrado fisico-chimico indotti sulle murature e casi applicativi del sistema elettrofisico a neutralizzazione di carica in edifici storici a Lecce

*Prof. Ing. Giorgio Zavarise, Dott. Ing. Paolo Congedo, Dott.ssa Delia D'Agostino - Università del Salento, Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione*

*Arch. Biancaneve Codacci Pisanelli, MIBAC - Direzione Generale per il Paesaggio, le Belle Arti, l'Architettura e l'Arte Contemporanee - Segreteria Tecnica Roma*

### Abstract

L'interesse per l'idonea conservazione del patrimonio architettonico e per la sua giusta valorizzazione rende crescente l'esigenza di una valutazione attenta delle condizioni microclimatiche interne agli edifici storici, al fine di definire interventi mirati a contenere le pericolose conseguenze dell'attivazione di processi fisici di degrado.

La pietra leccese, ampiamente diffusa nel patrimonio monumentale ed edilizio del Salento, è tra i materiali porosi più facilmente degradabili. In particolare, la pietra ha proprietà e composizione chimico-fisica tali da favorire la risalita capillare di acqua.

Con l'obiettivo di verificare l'efficacia dell'innovativa apparecchiatura "a neutralizzazione di carica" Domodry nel fermare l'umidità di risalita nella pietra e, quindi, favorirne l'asciugamento, sono state avviate prove in laboratorio e sono state effettuate analisi in sito - tuttora in corso - presso tre edifici salentini di elevato valore storico-artistico: la chiesa Cattedrale di Lecce, La Chiesa di San Matteo e l'edificio universitario Buon Pastore, caratterizzati da un degrado documentato dal fenomeno dell'umidità di risalita capillare.

I rilevamenti eseguiti in sito durante il primo anno dall'attivazione dell'impianto di deumidificazione muraria indicano risultati positivi in termini di riduzione dell'iniziale, anomalo contenuto d'acqua della muratura, risultati che comunque saranno compiutamente valutati a ciclo sperimentale concluso.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



## Relazione

L'interesse per l'idonea conservazione del patrimonio architettonico e per la sua giusta valorizzazione rende crescente l'esigenza di una valutazione attenta delle condizioni microclimatiche interne agli edifici storici, al fine di definire interventi mirati a contenere le pericolose conseguenze dell'attivazione di processi fisici di degrado.

La pietra leccese, ampiamente diffusa nel patrimonio monumentale ed edilizio del Salento, è tra i materiali porosi più facilmente degradabili. In particolare, la pietra ha proprietà e composizione chimico-fisica tali da favorire la risalita capillare di acqua. Con l'obiettivo di verificare l'efficacia dell'innovativa apparecchiatura "a neutralizzazione di carica" Domodry nel fermare l'umidità di risalita nella pietra e, quindi, favorirne l'asciugamento, sono state realizzate analisi in sito e sono state avviate prove in laboratorio. Le indagini in sito sono state condotte presso tre edifici salentini di elevato valore storico-artistico: La chiesa Cattedrale di Lecce, La Chiesa di San Matteo, l'edificio Buon Pastore, caratterizzate da un degrado documentato dal fenomeno dell'umidità di risalita capillare.

L'analisi termografica ha consentito di identificare, con una metodologia non distruttiva, i difetti presenti nelle trame murarie ed opere d'arte, e consentirà ai restauratori di intervenire sulle stesse, in modo puntuale, nelle attività di consolidamento e di recupero. In presenza di affreschi, l'indagine contribuisce ad accertare lo stato di conservazione degli stessi, identificando eventuali difetti strutturali quali, ad esempio, le fessurazioni delle volte, la presenza di umidità di risalita o infiltrazioni. Inoltre, indagini di laboratorio più dettagliate, basate sulle minime differenze di emissività dei materiali e dei pigmenti nei successivi interventi di restauro, talvolta consentono di individuare le superfici originali degli affreschi o dipinti dalle superfici oggetto di interventi di restauro.

All'indagine termografica può essere affiancata un'indagine multidisciplinare realizzata mediante monitoraggio microclimatico degli andamenti di temperatura, dell'umidità e della velocità dell'aria all'interno degli ambienti e sulle superfici. In particolare, la distribuzione dell'aria può essere evidenziata e successivamente corretta mediante utilizzo di codici di calcolo CFD. I modelli numerici di simulazione 3D danno la possibilità d'indagare il movimento dell'aria e la distribuzione dei parametri termoigrometrici su tutto il volume del caso di studio, impostando dati reali, provenienti dal monitoraggio microclimatico come condizioni al contorno.

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale  
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Regione Puglia



Provincia di Ragusa

Ente organizzatore:



Comune di Ragusa  
Un. Centri Storici

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO

assorestauRO

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
OGGI ASSOCIAMO LE ATTIVITÀ, SI PUÒ RESTAURARE



In collaborazione con:



LEONARDO  
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO  
E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA

Le indagini multidisciplinari realizzate nella Cripta del Duomo di Lecce (Figg. 1 ÷ 3) hanno evidenziato una situazione ambientale compromessa dalle infiltrazioni occasionali di acqua dall'esterno (piogge, perdite da tubature, scarichi), che vengono favorite soprattutto dalla posizione interrata di circa tre metri rispetto al piano stradale e dalla tipologia dei vani finestre, posizionati nella parte alta e realizzati tagliando la muratura con una pendenza necessaria per avere l'affaccio verso l'esterno, dove essi risultano a livello stradale. In particolare, i vecchi infissi sono stati in parte murati per limitare fenomeni di sversamento di materiale all'interno della cripta stessa. L'intervento ha ulteriormente limitato la ventilazione naturale all'interno della stessa, aumentandone il deterioramento.



*Fig. 1 - La Cattedrale, orientata secondo l'asse Nord-Est Sud-Ovest, è costruita con un materiale tipico del territorio: la pietra leccese, che assume colori particolari e crea giochi chiaroscurali che variano al variare della luce. I due prospetti, per la loro collocazione rispetto a chi entra nella piazza, sono completamente diversi.*



*Fig.2 - L'interno si presenta come una semplice e imponente croce latina a tre navate, divise da pilastri e da semicolonne addossate, con transetto: la cattedrale ripete, nell'ampio volume dell'aula, l'intuizione delle antiche basiliche.*

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

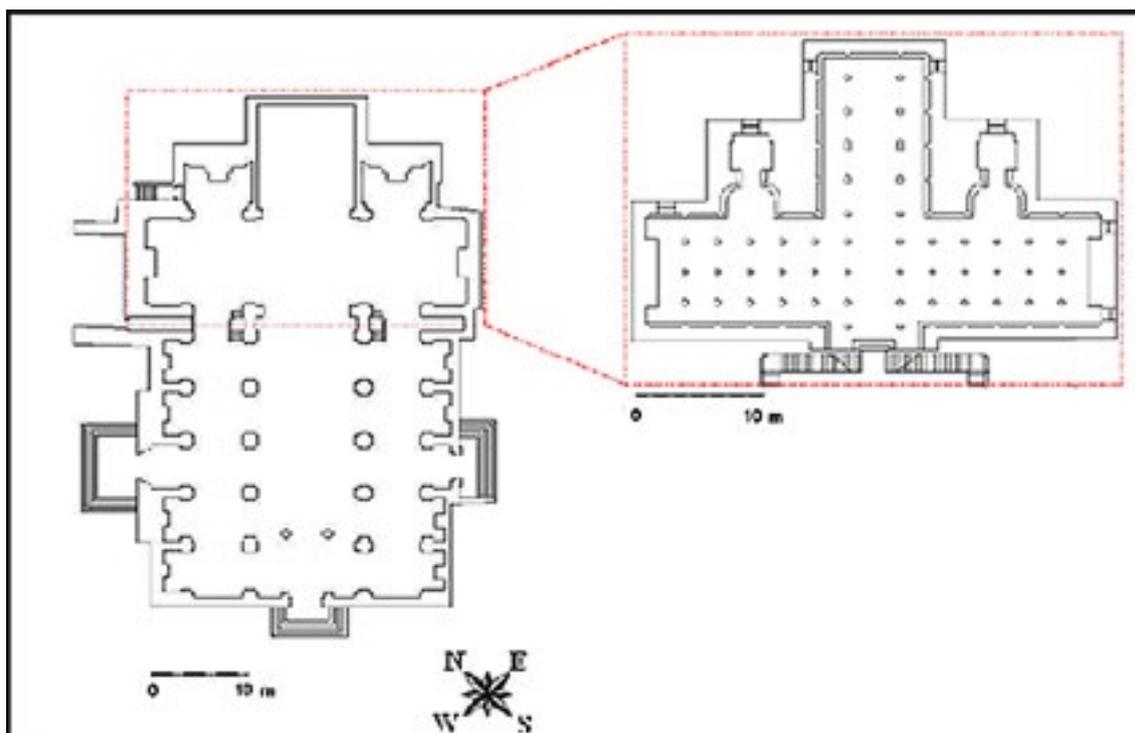
assorestauo

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
OGGI ASSOCIATI DI RESTAURATORI, ARTISTI E URBANISTI



In collaborazione con:





*Fig. 3: La struttura della Cripta ha subito nel corso dei secoli numerose trasformazioni. La Cripta, interamente costituita in pietra leccese così come il Duomo sovrastante, ha pianta a croce greca con 3 navate, 54 colonne e 38 semicolonne monolitiche con base attica, fusto rotondo e capitelli romanici.*

Mediante monitoraggio microclimatico sono stati registrati gli andamenti e i cambiamenti di temperatura e umidità relativa nella Cripta, riscontrando nel periodo considerato (novembre 2008 - aprile 2010) una certa stabilità di situazione microclimatica, grazie alle mura perimetrali spesse circa due metri, all'assenza di riscaldamento e contributo di radiazione solare, alla quasi inesistente frequentazione turistica e liturgica. Il monitoraggio ha escluso che l'umidità ambientale possa avere origine da fenomeni di condensazione superficiale: le fonti principali, invece, oltre alle infiltrazioni esterne, sono i sali igroscopici e la risalita capillare, che risulta permanente e proveniente sia dal terreno su cui poggiano direttamente le fondamenta, sia dalle murature perimetrali controterra, cioè dalla risalita laterale.

A queste fonti d'umidità sono legate le tipologie di degrado che sono state classificate secondo la Normal 1/88, tanto su substrato intonaco quanto su pietra leccese. La si-

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:

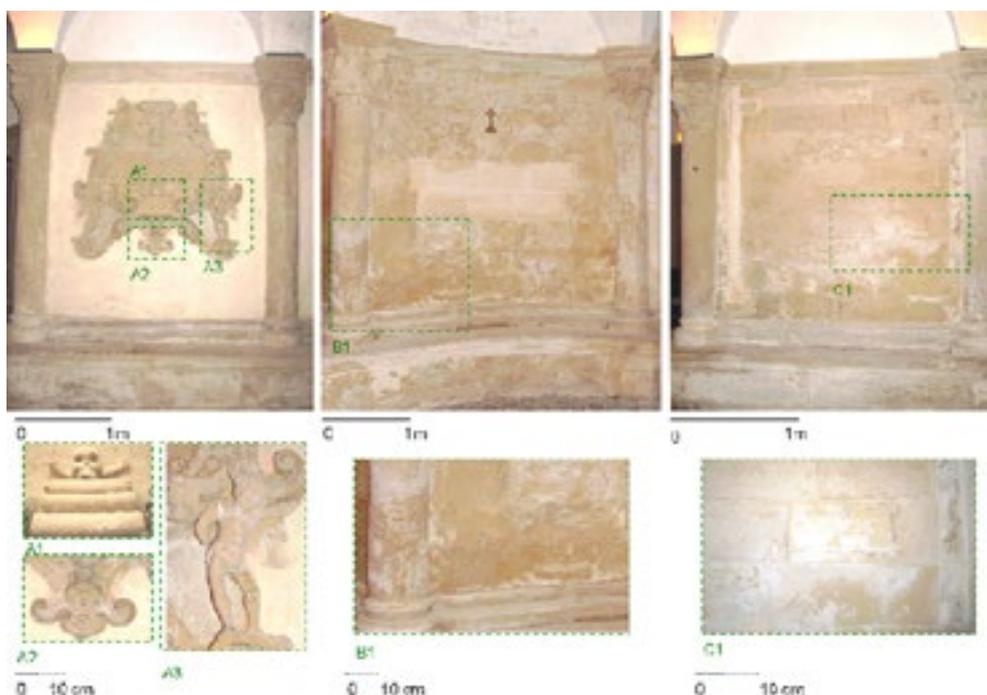


In collaborazione con:



tuazione è apparsa particolarmente penalizzante per le pareti ricoperte da intonaco, in quanto questo blocca la traspirazione e l'evaporazione dalla pietra, col risultato che la forza di risalita capillare può esercitarsi a pieno ritmo con tutto il quantitativo di acqua disponibile dal terreno, senza alcuna diminuzione dovuta all'evaporazione superficiale durante il suo percorso.

La contaminazione da sali portati in soluzione dalla risalita (Fig.4) è in atto da secoli nel monumento ed è stata aggravata da una serie d'interventi inappropriati. Nel tempo i cristalli hanno progressivamente intasato i pori della pietra leccese e ridotto la quantità di fuoriuscita di soluzione salina rispetto a quando questa poteva evaporare del tutto, determinando la formazione di sub-efflorescenze. Ragion per cui i sali depositati in passato, quando la risalita aveva un diverso livello, risultano oggi presenti nel muro come sub-efflorescenze bagnate per igroscopia. Ciò ha appunto determinato il progressivo innalzamento dell'altezza del livello di fuoriuscita salina e di evaporazione.



*Fig. 4 - Nell'ambiente interno l'analisi delle condizioni ambientali ha messo in rilievo come la manifestazione più evidente di degrado sia costituita da efflorescenze saline, diffuse o localizzate in strisce sulle murature perimetrali.*

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale Italiana per l'UNESCO



MINISTERO PER I BENI E LE ATTIVITÀ CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa

Ente organizzatore:



Comune di Ragusa  
Ente Centri Storici

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ DEL SALENTO

assorestauRO

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
Sede associativa in viale della Vittoria, 41 70121 Bari (Bari)



In collaborazione con:



LEONARDO SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO E LA DEUMIDIFICAZIONE HUMIDITÀ

L'area complessiva interessata dalle efflorescenze (ottobre 2008 - febbraio 2010) è risultata all'incirca pari al 20%, valore pressoché costante nel corso del periodo indagato, ad eccezione di una diminuzione fino al 10% nei mesi da giugno 2009 ad ottobre 2009. La forma salina predominante nell'area esaminata è costituita dai nitrati, che derivano principalmente dalla decomposizione naturale delle proteine di organismi animali e che, nel caso in esame, sono testimoniate dalle lapidi sul pavimento. Dai dati in letteratura però, le condizioni microclimatiche idonee alla dissoluzione dei nitrati non sembrano mai esser raggiunte nella Cripta. La diminuzione dei sali sulle pareti nel periodo giugno 2009 - ottobre 2009 può essere dovuta, quindi, ad una variazione della solubilità del composto a causa delle alte temperature, del prosciugamento del terreno e dell'aumentata evaporazione in concomitanza dei mesi di caldo secco. Tali circostanze hanno presumibilmente prodotto all'interno della muratura evaporazione e cristallizzazione, con ulteriore formazione di sub-efflorescenze o crypto-efflorescenze e relativa "apparente sparizione" delle efflorescenze all'esterno.

L'obiettivo è stato quello di individuare le soluzioni da adottare per migliorare le condizioni microclimatiche ai fini della corretta conservazione. Queste indagini si sono avvalse di un codice di fluidodinamica computazionale, CFD (Fluent 12.0).

Tra i vantaggi dei modelli di simulazione 3D sicuramente rilevante quello di aver avuto la possibilità d'indagare il movimento dell'aria e la distribuzione dei parametri termogrometrici su tutto il volume del caso di studio, impostando dati reali, provenienti dal monitoraggio microclimatico come condizioni al contorno ed, in particolare, prevedendo la riapertura di alcune finestre (Fig.5). A corredo dell'interpretazione dei risultati delle 24 simulazioni realizzate è venuta incontro anche una serie di osservazioni presentate dalla normativa italiana ed europea in tema di conservazione dei beni culturali ed ecclesiastici per la prevenzione e la manutenzione degli stessi, per cui riguardo ai principali riferimenti al microclima e alle condizioni di rischio legate, in termini conservativi, a perturbazioni microclimatiche.

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  
Ente Centri Storici

Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO

assorestauRO

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
OGGI ASSOCIATI DI ARCHITETTI, ARTISTI, URBANISTI



LEONARDO  
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO  
E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA

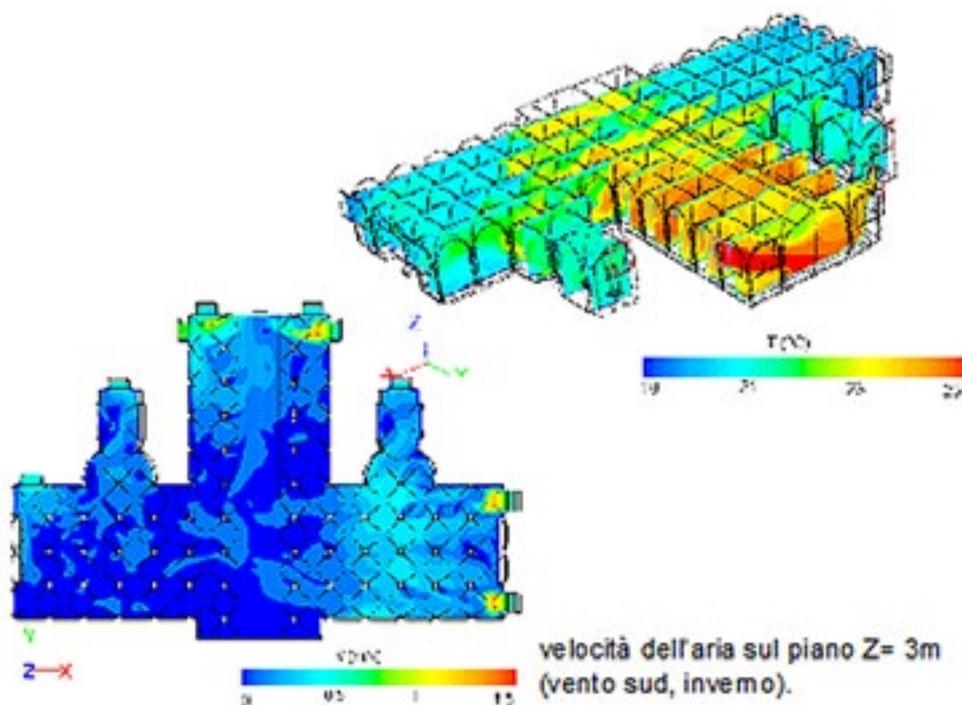


Fig. 5 - Contours della velocità dell'aria all'interno della Cripta con vento proveniente da Sud ed una delle possibili soluzioni di riapertura delle finestre.

Sebbene non sia agevole garantire in tal modo un ricambio d'aria ottimale, si riscontra tuttavia il vantaggio di avere un suo minor flusso a lambirne le pareti e, di conseguenza, anche un minor flusso di acqua a risalire dal terreno e dalle murature controterra. In tale contesto di studio relativo alla situazione ambientale della Cripta non può non confluire anche l'auspicio che la previsione di un intervento, in apparenza ambizioso ma in concreto attuabile, possa configurarsi sulla base dei risultati emersi dalle indagini interdisciplinari realizzate.

Al fine di trovare una soluzione definitiva al problema dell'umidità di risalita all'interno della Cripta del Duomo di Lecce è in corso, come detto, una collaborazione con la Leonardo Solutions, iniziata a novembre 2011, consistente nell'applicazione dell'innovativa tecnologia a neutralizzazione di carica Domodry per la deumidificazione delle murature (Fig.6).

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:





*Fig. 6 - Installazione dispositivo DOMODRY all'interno della cripta del Duomo di Lecce.*

I primi rilievi termografici sono relativi al periodo di installazione dei dispositivi Domodry e sono previsti rilievi periodici per almeno due anni per valutare in condizioni climatiche simili il grado di asciugatura delle murature.

Con l'obiettivo di verificare l'efficacia dei dispositivi Domodry nel fermare l'umidità di risalita nella pietra e, quindi, favorirne l'asciugamento, sono state avviate prove in laboratorio e sono state effettuate analisi in sito.

I rilevamenti eseguiti in sito durante il primo anno dall'attivazione dell'impianto Domodry indicano risultati positivi in termini di riduzione dell'iniziale, anomalo contenuto d'acqua della muratura, risultati che comunque saranno compiutamente valutati a ciclo sperimentale concluso.

Le schede delle analisi in sito (termografie all'infrarosso) sono riportate di seguito.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:





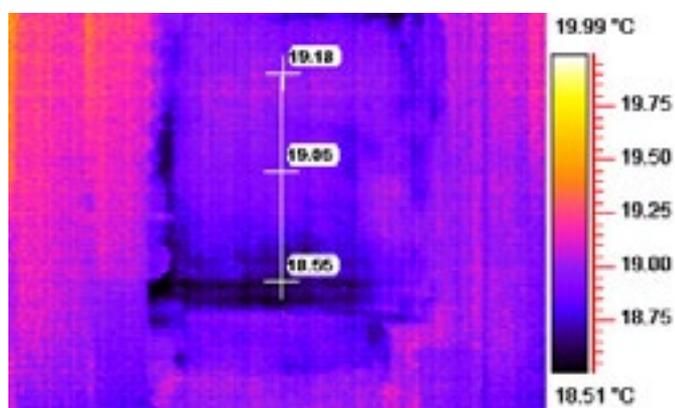
## Dati immagine T01

**Data:**  
20-12-12

**Lavoro:**  
Cripta del Duomo di Lecce – Lecce

**Note:**  
Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione e 2° Verifica.

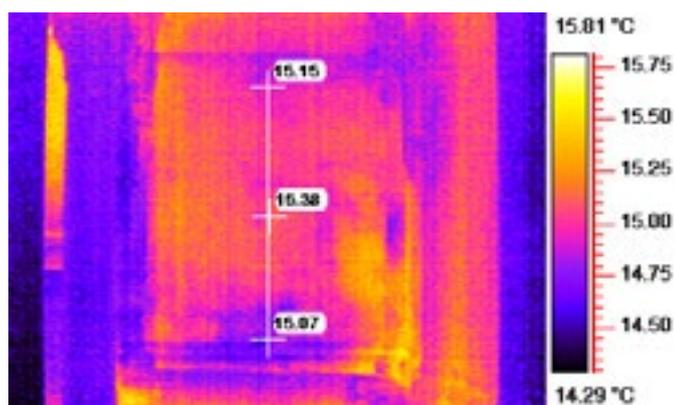
T01 del 24-11-11



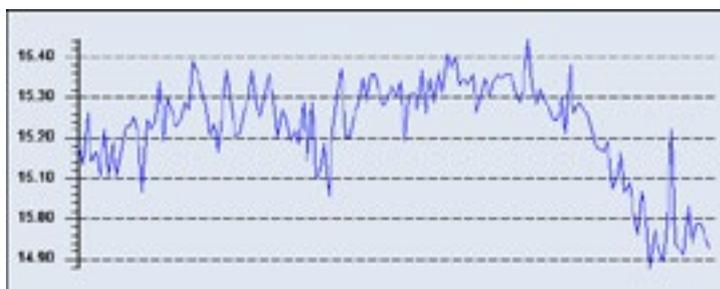
$\Delta T = 0,6 \text{ }^\circ\text{C}$   
PROFILO TERMICO del 24-11-11



T01 del 20-12-12



$\Delta T = 0,4 \text{ }^\circ\text{C}$   
PROFILO TERMICO del 20-12-12



Con il Patrocinio di:



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  
Solemi associate per architettura, arte ed urbanistica



In collaborazione con:





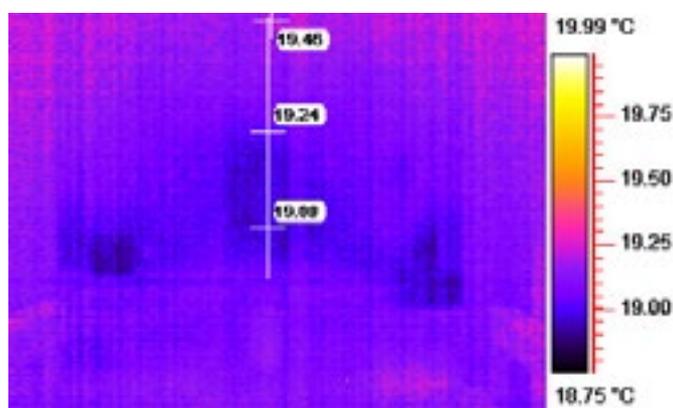
## Dati immagine T11

**Data:**  
20-12-12

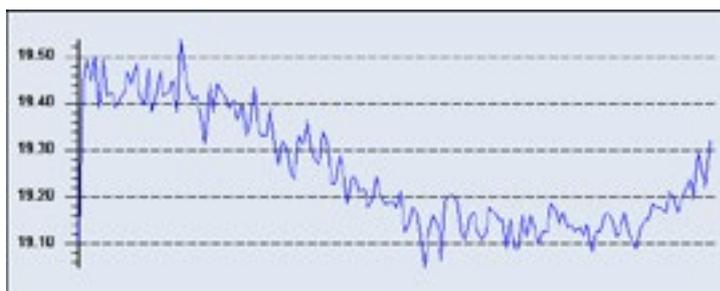
**Lavoro:**  
Cripta del Duomo di Lecce – Lecce

**Note:**  
Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione e 2° Verifica.

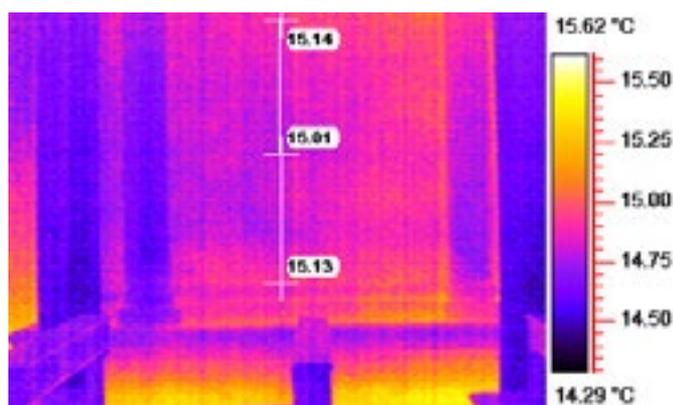
T11 del 24-11-11



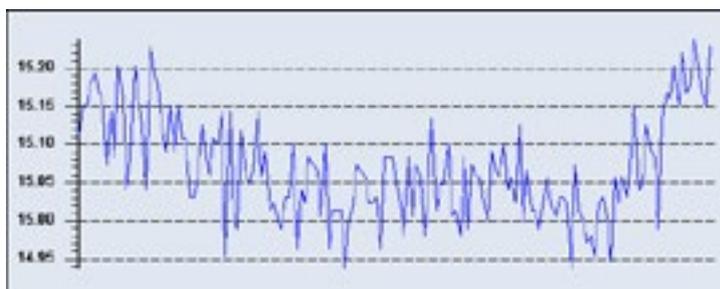
$\Delta T = 0,4 \text{ }^\circ\text{C}$   
PROFILO TERMICO del 24-11-11



T11-3 del 20-12-12



$\Delta T = 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$   
PROFILO TERMICO del 20-12-12



Con il Patrocinio di:



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  
Solei associati: le architetture, gli spazi, gli oggetti



In collaborazione con:





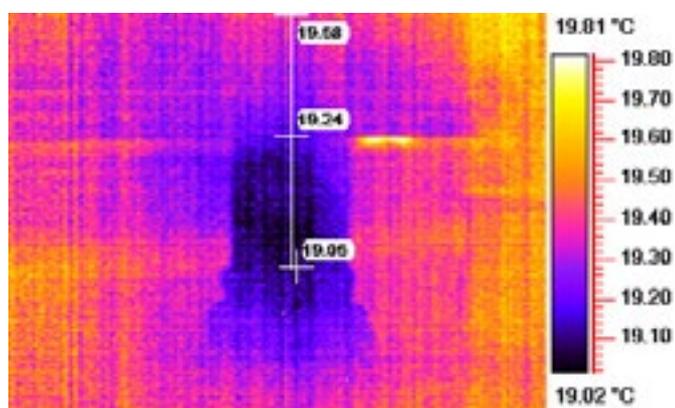
## Dati immagine T25

**Data:**  
20-12-12

**Lavoro:**  
Cripta del Duomo di Lecce – Lecce

**Note:**  
Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione e 2° Verifica.

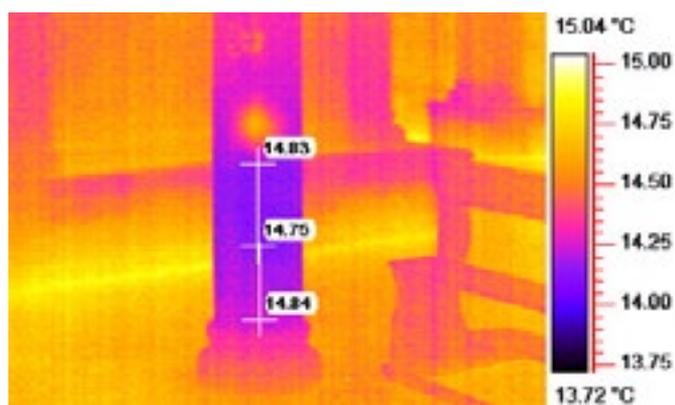
T25 del 24-11-11



$\Delta T = 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$   
PROFILO TERMICO del 24-11-11



T25-3 del 20-12-12



$\Delta T = 0,3 \text{ }^\circ\text{C}$   
PROFILO TERMICO del 20-12-12



Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO



In collaborazione con:





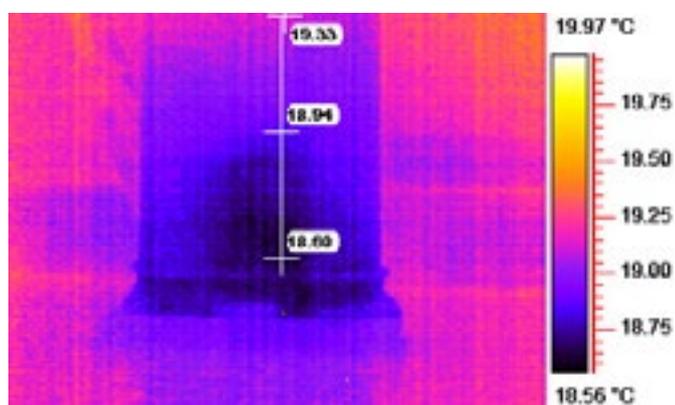
## Dati immagine T28

**Data:**  
20-12-12

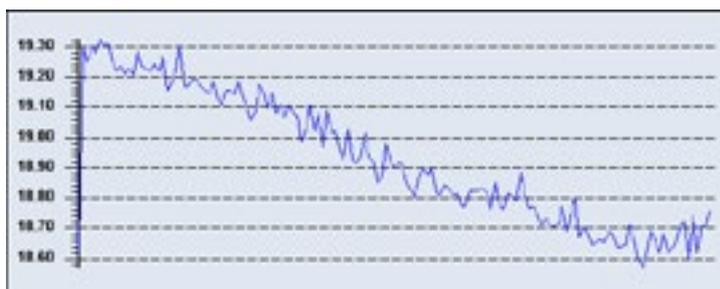
**Lavoro:**  
Cripta del Duomo di Lecce – Lecce

**Note:**  
Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione e 2° Verifica.

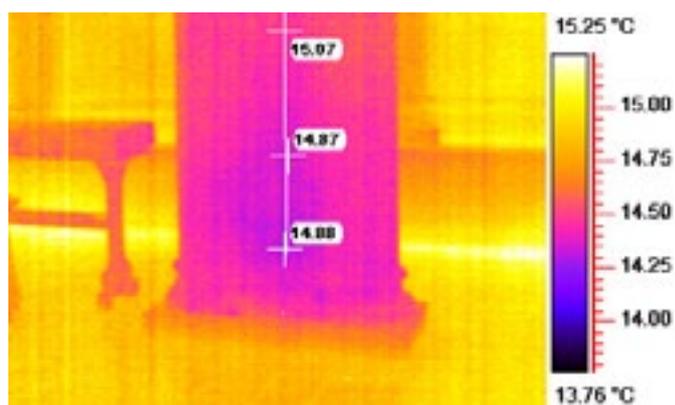
T28del 24-11-11



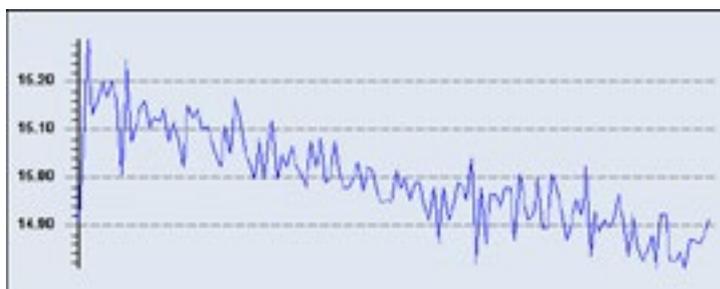
$\Delta T = 0,7 \text{ }^\circ\text{C}$   
PROFILO TERMICO del 24-11-11



T28-3 del 20-12-12



$\Delta T = 0,3 \text{ }^\circ\text{C}$   
PROFILO TERMICO del 20-12-12



Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO



In collaborazione con:

## 12. Applicazioni della tecnologia elettrofisica a neutralizzazione di carica in edifici religiosi del levante ligure afflitti da differenti problematiche conservative

*Dott.ssa Angela Acordon, Soprintendenza per i Beni Storici, Artistici ed Etnoantropologici della Liguria*

### Abstract

Per la sua configurazione geografica, stretta fra mare e monti piuttosto alti e spesso subito a ridosso della costa, la Liguria è un territorio molto soggetto alla formazione e al ristagno dell'umidità, in tutte le stagioni.

Com'è noto, quasi tutti i beni culturali mobili sono fortemente igroscopici e sensibili alle variazioni combinate dell'umidità relativa e del calore.

Pur essendo preposta alla tutela dei beni culturali mobili, la scrivente ha fin dall'inizio avvertito il problema che, per la loro conservazione, preventiva ancor più che successiva ai restauri, era necessario avere contenitori, ossia edifici, sani. Questo problema non sempre si risolveva con il restauro dell'edificio proprio a causa del riformarsi delle situazioni di umidità, spesso di risalita, dopo la sua conclusione.

Il principio posto alla base della tecnologia elettrofisica "a neutralizzazione di carica", che inibisce appunto all'origine il verificarsi del fenomeno dell'umidità di risalita, applicato in alcuni edifici religiosi del Levante ligure, si sta dimostrando efficacissimo, sia quando installato prima dell'esecuzione dei lavori di restauro all'edificio, sia quando installato nel corso di questi.

Vengono qui illustrati i casi applicativi di cinque edifici, con situazioni e ubicazione diverse, nei quali questo metodo ha completamente sconfitto il fenomeno dell'umidità di risalita, risolvendo quasi totalmente anche il problema dell'umidità interna degli edifici stessi.

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale  
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa

Ente organizzatore:



Comune di Ragusa  
Uff. Centri Storici

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO

assorestauRO

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
OGGI ASSOCIAMO LE ATTIVITÀ, PER IL NUOVO RESTAURO



LEONARDO  
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO  
E LA DEUMIDIFICAZIONE HUMIDITÀ

## Introduzione

In qualità di Storico dell'arte e di funzionaria di una Soprintendenza che si occupa di beni artistici, la scrivente intende affrontare l'argomento "umidità" non tanto – o soltanto – dal punto di vista della salvaguardia e/o risanamento del manufatto edilizio, ma anche da quello – non meno importante - delle opere d'arte ivi contenute, soprattutto per gli aspetti inerenti la conservazione e il restauro delle opere stesse.

In realtà, il problema principale di chi – come la scrivente – deve occuparsi del restauro di opere d'arte, è che il più delle volte si viene chiamati ad intervenire su casi in cui gli edifici (ovvero i "contenitori" delle opere) risultano talmente colpiti e devastati dall'umidità che diviene difficile, in quei contesti, anche solo proporre il restauro delle opere ivi contenute, in quanto appare evidente che una volta restaurate e ricollocate al loro posto, le opere andrebbero in breve tempo soggette al medesimo ciclo di degrado, vanificando così il restauro appena compiuto.

Appare altrettanto evidente, in questi casi, la necessità di un intervento prioritario di deumidificazione e risanamento dell'edificio, così da poter disporre – ai fini della conservazione preventiva ancor più che successiva ai restauri delle opere - di un "contenitore" sano.

Per meglio esemplificare questi concetti, prendiamo spunto da alcuni casi applicativi riguardanti cinque edifici religiosi del Levante ligure, nei quali l'applicazione dell'innovativa tecnologia "a neutralizzazione di carica" per la deumidificazione delle murature soggette a risalita capillare ha dato eccellenti risultati.

Dal punto di vista climatico e morfologico, la Liguria – e soprattutto la zona di levante – è una terra notoriamente stretta tra mare e monti piuttosto alti e, spesso, subito a ridosso della costa. Tale caratteristica favorisce – specie in alcuni periodi stagionali – la formazione e il ristagno di forte umidità a ridosso di tutte le costruzioni che insistono su questo territorio. Sussistono dunque in quest'area geografica delle vere e proprie condizioni patologiche di umidità nei terreni alla base e/o a ridosso delle costruzioni, umidità che, in base ai noti fenomeni di capillarità, viene quindi assorbita dalle murature per poi riversarsi negli ambienti interni da queste racchiusi.

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale  
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Regione Liguria



Provincia di Ragusa



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO

assorestauro

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
OGGI ASSOCIATI DI ARCHITETTI, ARTISTI, URBANISTI



In collaborazione con:



LEONARDO  
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO  
E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA

I casi che – nell'ordine – andiamo a illustrare sono i seguenti:

- il Santuario di Nostra Signora del Bosco a Pannesi in comune di Lumarzo (Genova), ubicato appunto in una radura fra le piante;
- il Santuario di Nostra Signora del Ponte a Lavagna, posto nelle vicinanze del fiume Lavagna e a pochi chilometri dal mare;
- l'oratorio del Suffragio di Santa Margherita Ligure, collocato nel centro della cittadina marinara e sotto il quale scorre un torrentello;
- l'oratorio dei Disciplinanti di Moneglia, a pochi passi dal mare, per un lato verso mare, per l'altro parzialmente addossato alla terra e dove alcuni errori nei restauri hanno creato una situazione drammatica per la conservazione dei preziosi affreschi databili dal XIII al XVI secolo;
- la chiesa di San Martino a Casale in comune di Pignone (La Spezia), in Val di Vara, quasi lambita dal fiume e purtroppo devastata dall'alluvione del 25 ottobre 2011.

## Il Santuario di Nostra Signora del Bosco a Pannesi di Lumarzo (Genova)

Il Santuario di Nostra Signora del Bosco (Fig.1) si trova su una radura di un bosco nell'entroterra di Genova, dunque in una zona di per sé fortemente umida.



Fig. 1 - Il Santuario di Nostra Signora del Bosco in Fraz. Lumarzo a Pannesi (Genova).

Con il Patrocinio di:



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



Le condizioni in cui versava l'edificio erano pessime, soprattutto per quanto riguarda l'aggressione dell'umidità ascendente, come si può osservare dalle foto (Fig.2).



Fig. 2 - Il Santuario di Nostra Signora del Bosco: i problemi di umidità all'interno.

Tra le opere custodite all'interno del santuario, particolarmente degno di nota è il dipinto raffigurante "l'Apparizione della Madonna al contadino", che è stato rimosso per poter essere restaurato. La fig.3 mostra il dipinto nelle condizioni di forte degrado - dovute all'umidità e ad incauti interventi - in cui versava prima del restauro (il restauro è attualmente in corso).

Opera di un artista ligure, il dipinto è datato 1677 e fu già oggetto di restauro, come risulta da un'iscrizione posta sulla parte inferiore del telaio: "questo quadro fu eseguito in Genova nel 1677 - Ristorato nel 1742". Su una grande toppa utilizzata per "sanare" uno strappo è inoltre leggibile la data 1905, da intendersi come ulteriore intervento conservativo sul dipinto.

In condizioni tutto sommato migliori, la statua marmorea della Madonna della Misericordia (Fig.4), qui conservata, opera di ambito lombardo-ligure dell'inizio del XVII secolo che rivela tangenze stilistiche con Tommaso Orsolino e Leonardo Mirano.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:





Fig. 3 - Il dipinto raffigurante "l'Apparizione della Madonna al contadino".



Fig. 4 - La statua della Madonna della Misericordia.

Date le pessime condizioni in cui versava l'intero edificio, i tecnici incaricati del restauro architettonico fecero inserire in progetto anche un impianto di deumidificazione a neutralizzazione di carica composto da n° 2 apparecchi Domodry (Fig.5), prevedendo la seguente procedura d'intervento:

1. installazione dell'impianto Domodry e contemporanea rimozione degli intonaci (non di pregio) ammalorati;
2. mantenimento dei muri stonacati per l'intera stagione estiva, onde consentire lo smaltimento dell'umidità residua tramite evaporazione spontanea;
3. rifacimento degli intonaci con materiali traspiranti (calce idraulica).

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



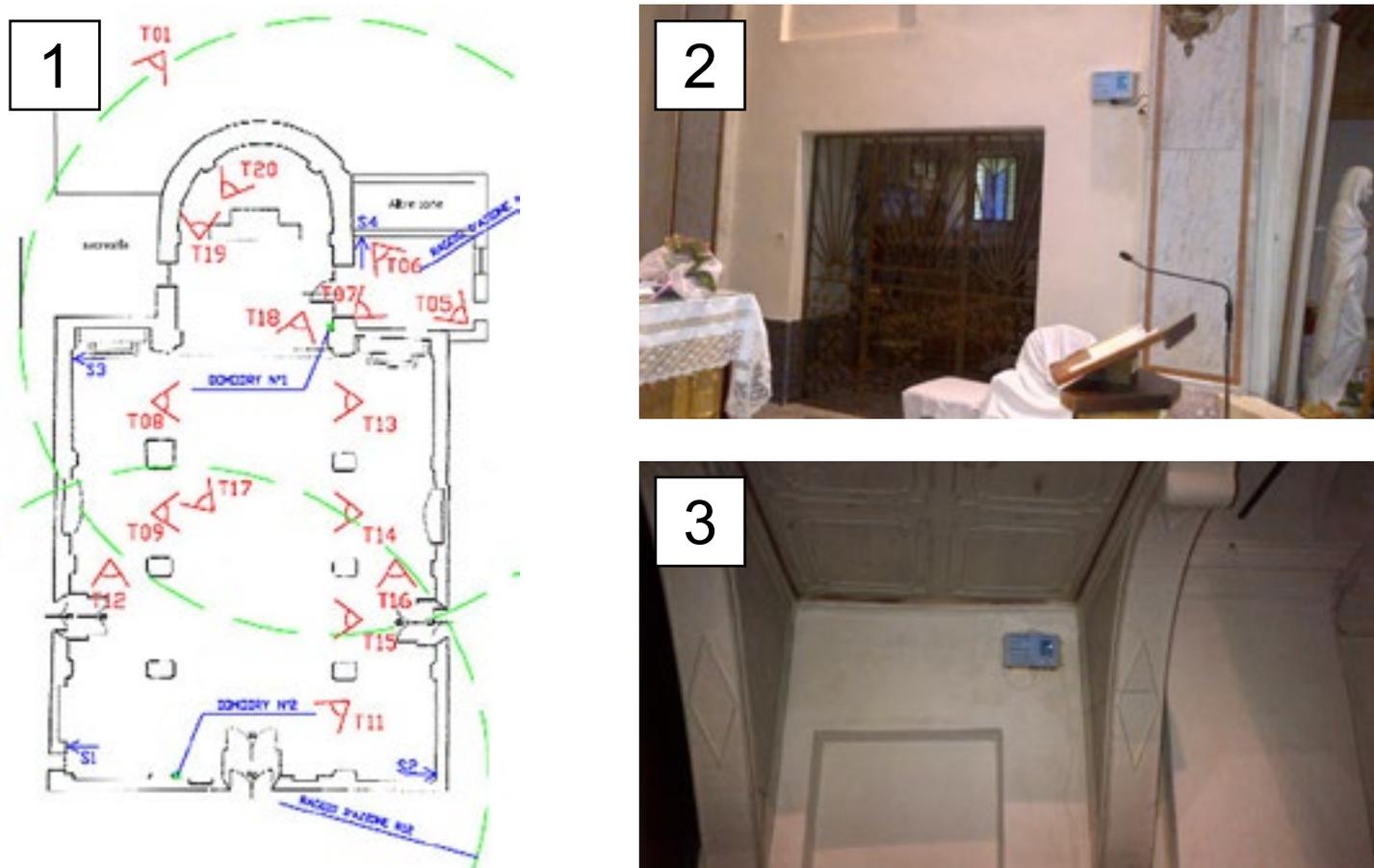


Fig. 5 - Schema dell'impianto Domodry (1) con posizionamento in pianta degli apparecchi (2) e (3) e delle prove effettuate (termografie all'infrarosso -cfr. Figg.6÷9)

Ritornando dopo un certo tempo in cantiere a lavori di restauro già in fase avanzata, la scrivente si rese conto che la situazione all'interno del santuario era completamente cambiata: praticamente, non si percepiva più la forte sensazione di umido che c'era in precedenza!

L'eccellente risultato fornito dall'impianto Domodry in termini di eliminazione dell'umidità muraria è testimoniato anche dalle verifiche effettuate, prima e dopo l'installazione dell'impianto, con la tecnica della termografia all'infrarosso, di cui possiamo vedere alcuni esempi significativi (Figg. 6÷9).

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



## Dati immagine T05

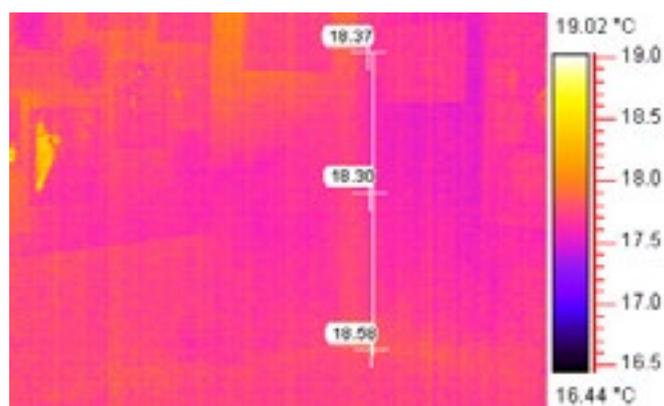
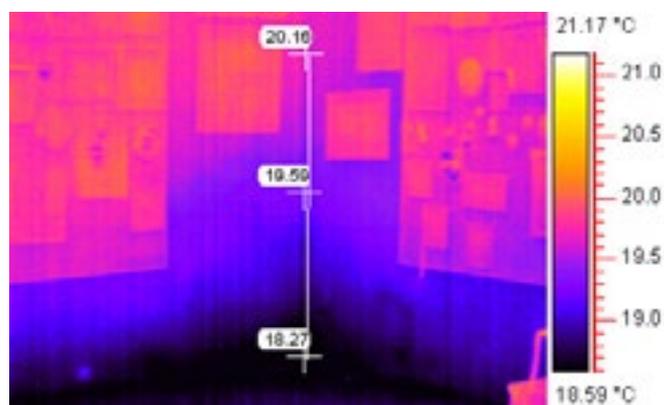
### Rilievo n°3 del 27/09/2010 (Verifica conclusiva)

**Data:** 27-09-10

**Lavoro:** Santuario di Nostra Signora del Bosco

**Committente:** Parrocchia di S. Stefano di Lumarzo - Pannesi (GE)

Fig. 6 - Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione (giugno 2009) e Verifica finale (settembre 2010): si riscontra la definitiva scomparsa dell'umidità muraria di origine capillare.



Con il Patrocinio di:



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO

assorestauo

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
collaborazione con architetti, artigiani, imprese



In collaborazione con:



## Dati immagine T08

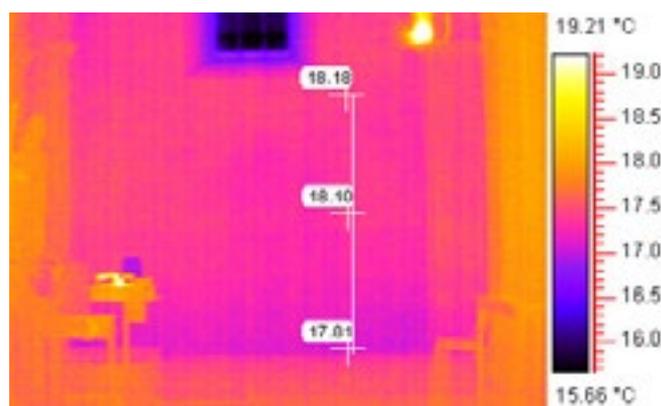
### Rilievo n°3 del 27/09/2010 (Verifica conclusiva)

**Data:** 27-09-10

**Lavoro:** Santuario di Nostra Signora del Bosco

**Committente:** Parrocchia di S. Stefano di Lumarzo - Pannesi (GE)

Fig. 7 - Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione (giugno 2009) e Verifica finale (settembre 2010): si riscontra la definitiva scomparsa dell'umidità muraria di origine capillare.



Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



## Dati immagine T13

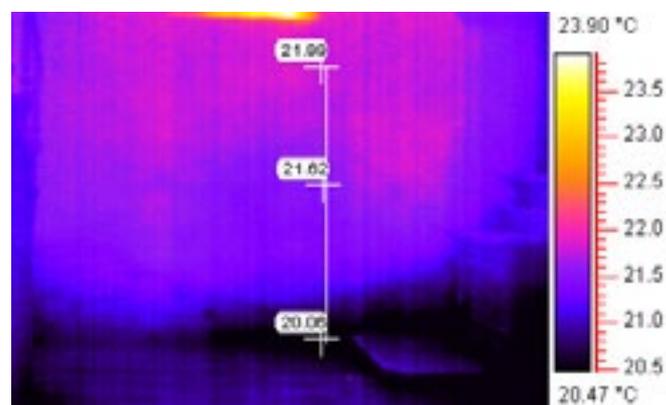
### Rilievo n°3 del 27/09/2010 (Verifica conclusiva)

**Data:** 27-09-10

**Lavoro:** Santuario di Nostra Signora del Bosco

**Committente:** Parrocchia di S. Stefano di Lumarzo - Pannesi (GE)

Fig. 8 - Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione (giugno 2009) e Verifica finale (settembre 2010): si riscontra la definitiva scomparsa dell'umidità muraria di origine capillare.



Con il Patrocinio di:



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO

assorestauo  
associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
edilizia associativa di architettura, arte ed urbanistica



In collaborazione con:



## Dati immagine T19

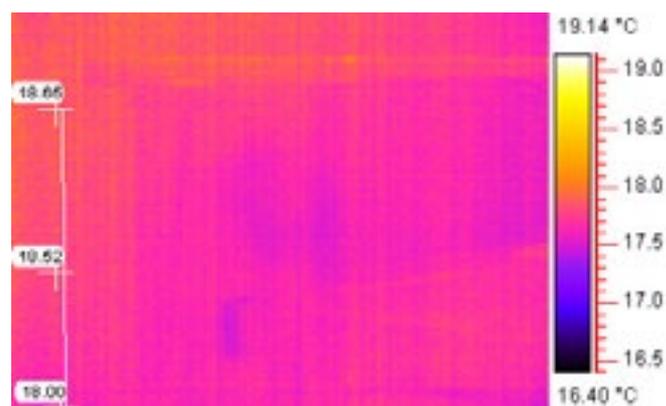
### Rilievo n°3 del 27/09/2010 (Verifica conclusiva)

**Data:** 27-09-10

**Lavoro:** Santuario di Nostra Signora del Bosco

**Committente:** Parrocchia di S. Stefano di Lumarzo - Pannesi (GE)

Fig. 9 - Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione (giugno 2009) e Verifica finale (settembre 2010): si riscontra la definitiva scomparsa dell'umidità muraria di origine capillare.



Con il Patrocinio di:



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  
edilizia associativa di architettura, arte ed urbanistica



In collaborazione con:



## Il Santuario di Nostra Signora del Ponte a Lavagna

Il presente caso è rappresentativo di un intervento che la scrivente ha fortemente caldeggiato con l'Ente proprietario (Parrocchia di Ns. Signora del Ponte).

Il Santuario (Fig.10) è ubicato all'imbocco del Ponte della Maddalena sul fiume Lavagna, a breve distanza dal mare.



Fig. 10 - Il Santuario di Nostra Signora del Ponte a Lavagna, situato all'imbocco del Ponte della Maddalena.

Qui siamo nel corso dei lavori di restauro (Fig.11): si osserva, su muri laterali e pilastri centrali, l'altezza raggiunta dal degrado provocato dall'umidità di risalita.

Si osserva, sull'altare maggiore, un'importante opera devozionale (Fig.12): si tratta del prezioso dipinto su tavola raffigurante la Madonna col Bambino, inizio XIII secolo, attribuibile all'importante pittore senese Pietro Lorenzetti.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO



In collaborazione con:





Sempre all'interno del Santuario, altra opera molto importante è l'affresco raffigurante la Strage degli Innocenti (Fig.13) del pittore pavese Lorenzo Fasolo, inizi XVI secolo, a forte rischio conservativo sempre a causa della forte umidità.

Fig. 11 – Interno del Santuario durante i lavori di restauro.



Fig. 12 - Dipinto su tavola raffigurante la Madonna col Bambino, inizio XIII secolo, attribuibile al pittore senese Pietro Lorenzetti



Fig. 13 - La Strage degli Innocenti del pittore pavese Lorenzo Fasolo, inizi XVI secolo, affresco a forte rischio conservativo.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



Entrambe queste tipologie di opere, per le loro caratteristiche, risultano fortemente esposte a rischio allorquando si trovino in condizioni ambientali di forte umidità quali quelle che erano qui presenti, né d'altro canto serve a molto rimuoverle e restaurarle per poi ricollocarle nelle originarie posizioni, se contestualmente non si interviene migliorando drasticamente le condizioni ambientali.

In Figura 14 possiamo poi osservare un altro esempio del grave stato di degrado delle superfici murarie decorate dell'inizio del XX secolo, determinato dalla fuoriuscita di sali e dai conseguenti distacchi della pellicola pittorica, quando non addirittura dello strato di finitura.



Fig. 14 – Esempio del grave stato di degrado delle superfici murarie decorate.

Con il Patrocinio di:



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:



A fronte della grave situazione sopra descritta, nel marzo 2011 è stato quindi installato un impianto di deumidificazione a neutralizzazione di carica composto da n° 2 apparecchi Domodry (Fig.15), a copertura dell'intero Santuario e dell'adiacente sacrestia.

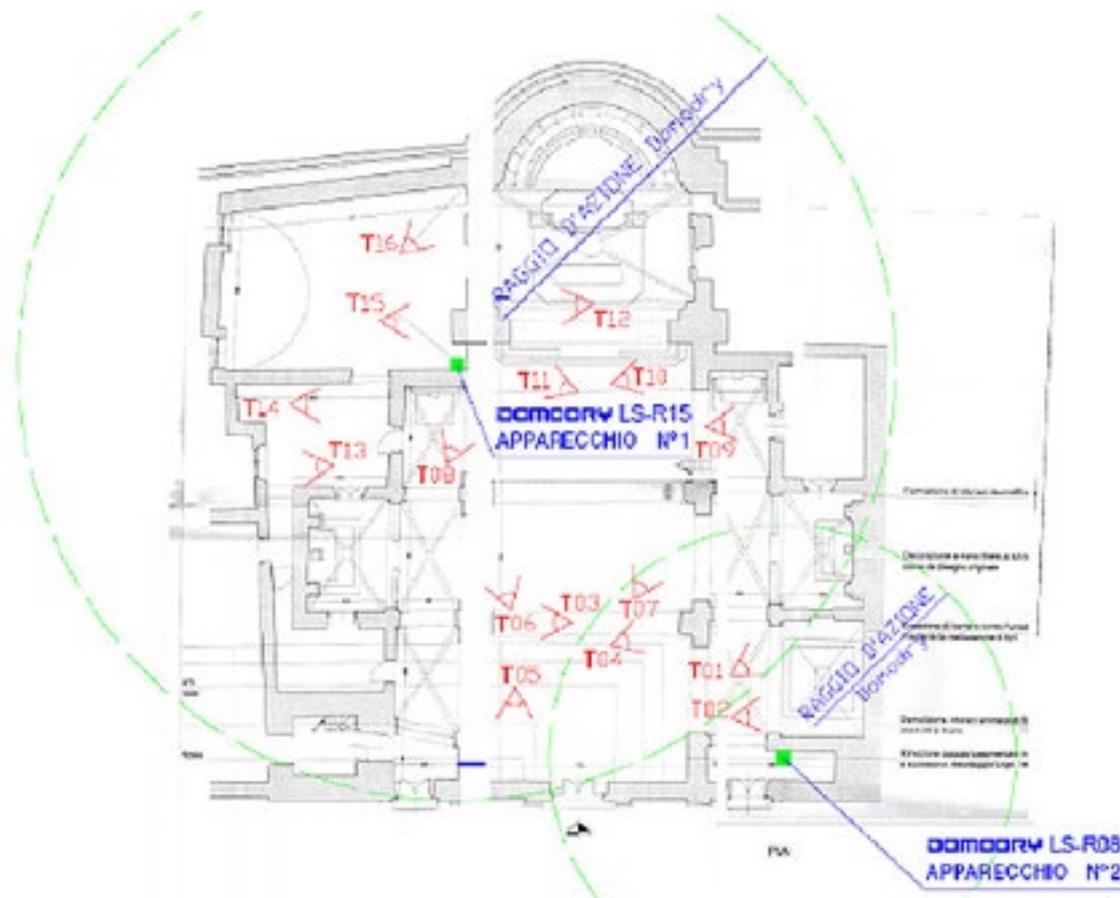


Fig. 15 - Schema dell'impianto Domodry con ubicazione in pianta delle prove effettuate (termografie all'infrarosso).

Dalle termografie (Figg. 16÷18) possiamo apprezzare il miglioramento in termini di riduzione dell'umidità muraria, che si è potuto riscontrare a distanza di poco più di un anno dall'installazione dell'impianto Domodry.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



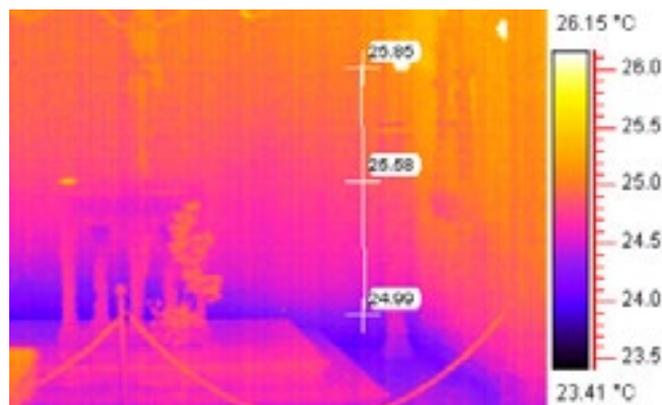
## Dati immagine T02 Rilievo n°2 del 11/07/2012 (1° Verifica)

**Data:** 11-07-12

**Lavoro:** Santuario Ns. Signora del Ponte – Lavagna (GE)

**Committente:** Parrocchia S. Maria del Ponte

Fig. 16 - Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione (marzo 2011) e Verifica finale (luglio 2012): si riscontra la sostanziale scomparsa dell'umidità muraria di origine capillare.



Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



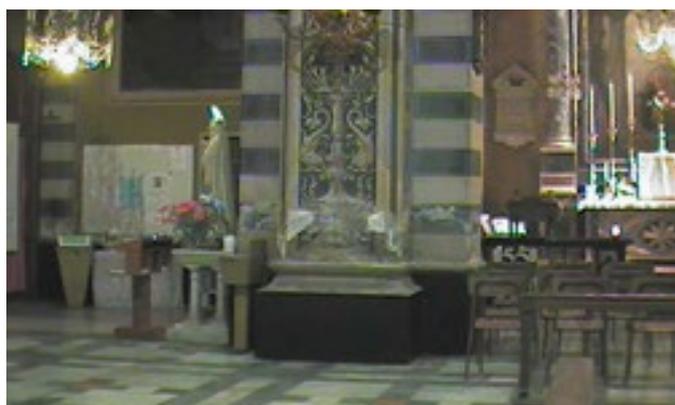
## Dati immagine T03 Rilievo n°2 del 11/07/2012 (1° Verifica)

**Data:** 11-07-12

**Lavoro:** Santuario Ns. Signora del Ponte – Lavagna (GE)

**Committente:** Parrocchia S. Maria del Ponte

Fig. 16 - Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione (marzo 2011) e Verifica finale (luglio 2012): si riscontra la sostanziale scomparsa dell'umidità muraria di origine capillare.



Con il Patrocinio di:



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  
Solei associatee di architettura, arti e arti applicate



In collaborazione con:



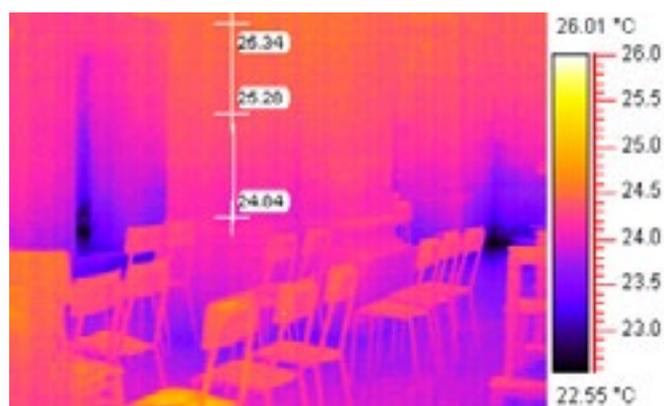
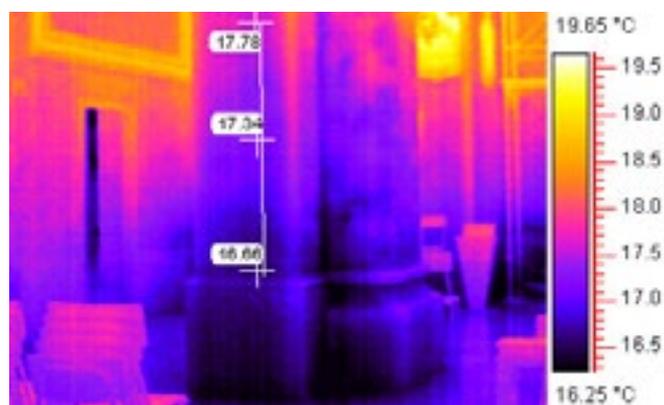
## Dati immagine T06 Rilievo n°2 del 11/07/2012 (1° Verifica)

**Data:** 11-07-12

**Lavoro:** Santuario Ns. Signora del Ponte – Lavagna (GE)

**Committente:** Parrocchia S. Maria del Ponte

Fig. 16 - Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione (marzo 2011) e Verifica finale (luglio 2012): si riscontra la sostanziale scomparsa dell'umidità muraria di origine capillare.



Con il Patrocinio di:



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



Completata la fase di asciugatura della muratura, rimane da programmare l'intervento di restauro delle superfici ammalorate. Il vantaggio in questo caso è che il restauro, essendo stato ormai debellato il problema dell'umidità capillare, potrà essere veramente definitivo.

Per una Storica dell'Arte quale la scrivente, il risultato ottenuto al Santuario della Madonna del Ponte è doppiamente importante, non solo per il risanamento della parte edile-architettonica, ma anche e soprattutto perché il miglioramento ambientale consente finalmente il mantenimento di condizioni di conservazione compatibili per opere quali i dipinti su tavola, che sono notoriamente molto sensibili e degradabili in presenza di percentuali significative di umidità.

## L'Oratorio del Suffragio di Santa Margherita Ligure

L'oratorio del Suffragio di Santa Margherita Ligure (Fig.19) è una chiesa di caratteristiche completamente diverse rispetto alle precedenti. Peraltro, sotto la chiesa (in corrispondenza del vicolo che la delimita sul fianco sinistro) scorre un torrente.



Fig. 19 - L'oratorio del Suffragio di Santa Margherita Ligure.

Dobbiamo subito dire che la situazione di degrado all'interno della chiesa era a dir poco devastante. Vediamo l'altare in stucco (Fig.20) completamente "sfarinato" nella parte bassa e a rischio di crollo, tanto che ha dovuto essere puntellato con tubi "Innocenti".

Inoltre, qui la risalita capillare era accentuata dalla presenza di lastre marmoree di rivestimento (tipo zoccolatura) alla base dell'intero perimetro murario.

A fronte delle situazione sopra descritta, nell'aprile 2010 è stato quindi installato un impianto di deumidificazione a neutralizzazione di carica composto da n° 2 apparecchi Domodry

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



(Fig.21), a copertura dell'intera chiesa e dell'adiacente sacrestia. Dalle termografie (Figg. 22÷24) possiamo apprezzare, anche in questo caso, la sostanziale scomparsa dell'umidità muraria, che si è potuta riscontrare a distanza di circa un anno e mezzo dall'installazione dell'impianto Domodry.



Fig. 20 - L'altare in stucco, completamente sfarinato e a rischio di crollo.

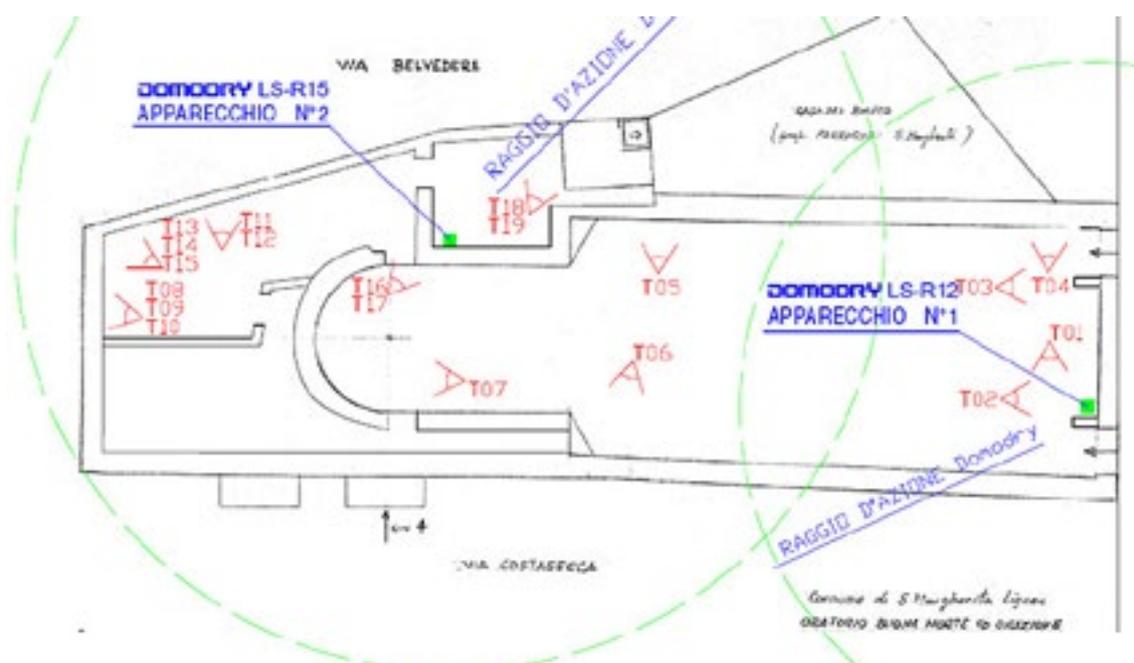


Fig. 21 – Schema dell'impianto Domodry con ubicazione in pianta delle prove effettuate (termografie all'infrarosso)

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



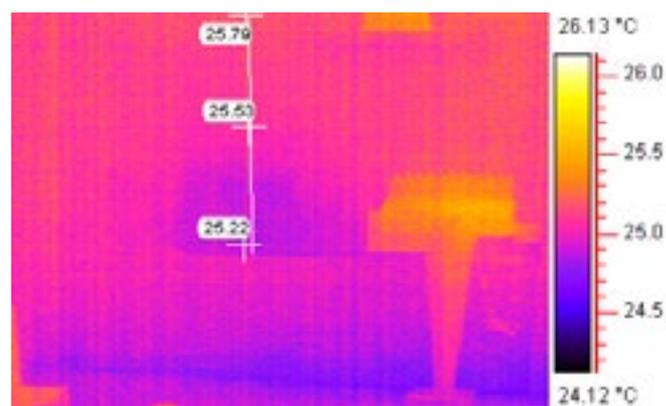
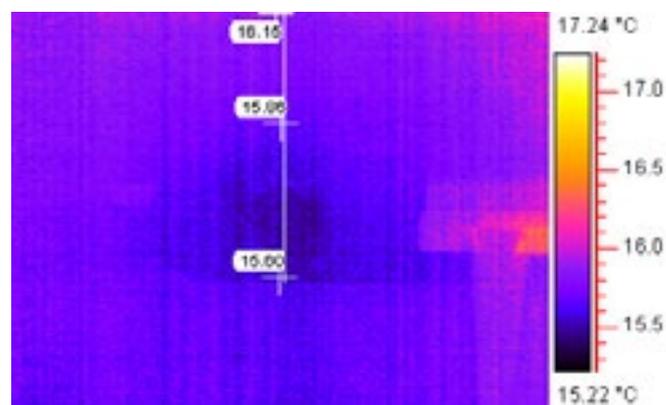
## Dati immagine T01 Rilievo n°2 del 14/09/2011 (1° Verifica)

**Data:** 14-09-11

**Lavoro:** Oratorio Nostra Signora del Suffragio

**Committente:** Confraternita del Suffragio e Buona Morte - Santa Margherita Ligure (GE)

Fig. 22 - Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione (aprile 2010) e Verifica finale (settembre 2011): si riscontra la sostanziale scomparsa dell'umidità muraria di origine capillare.



Con il Patrocinio di:



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  
edilizia associativa di architettura, arte ed urbanistica



In collaborazione con:



## Dati immagine T06

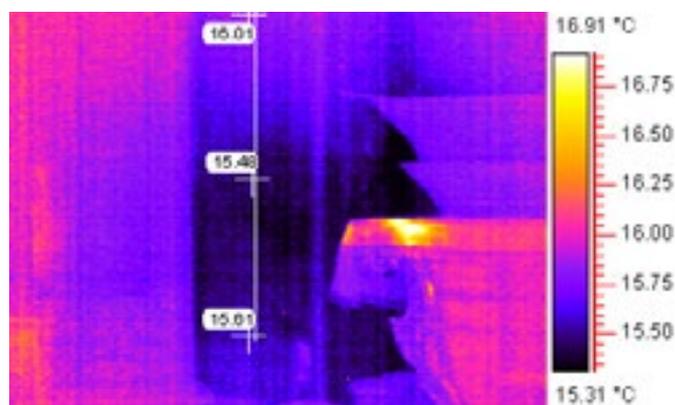
### Rilievo n°2 del 14/09/2011 (1° Verifica)

**Data:** 14-09-11

**Lavoro:** Oratorio Nostra Signora del Suffragio

**Committente:** Confraternita del Suffragio e Buona Morte - Santa Margherita Ligure (GE)

Fig. 23 - Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione (aprile 2010) e Verifica finale (settembre 2011): si riscontra la sostanziale scomparsa dell'umidità muraria di origine capillare.



Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



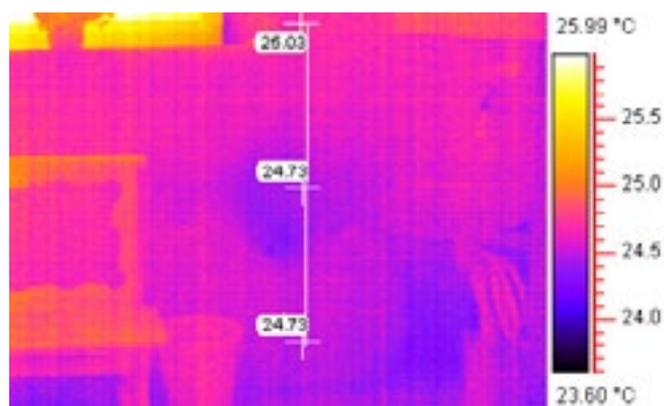
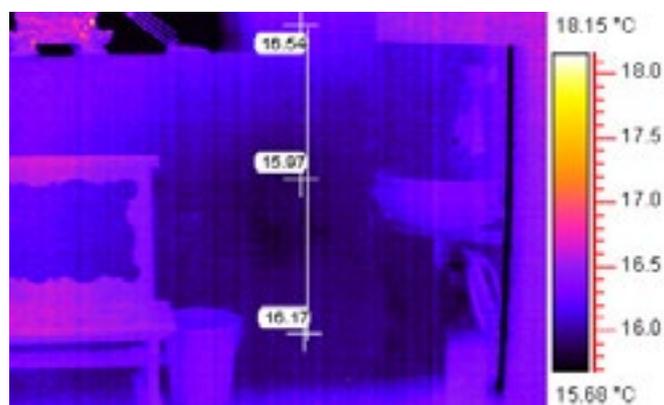
## Dati immagine T11 Rilievo n°2 del 14/09/2011 (1° Verifica)

**Data:** 14-09-11

**Lavoro:** Oratorio Nostra Signora del Suffragio

**Committente:** Confraternita del Suffragio e Buona Morte - Santa Margherita Ligure (GE)

Fig. 24 - Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione (aprile 2010) e Verifica finale (settembre 2011): si riscontra la sostanziale scomparsa dell'umidità muraria di origine capillare.



Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



Grazie all'eccellente risultato conseguito con Domodry, si è potuto intraprendere i lavori di restauro cominciando dagli stalli lignei cinquecenteschi e seicenteschi (Fig.25), di cui vediamo nel particolare lo stato di grave degrado in cui versavano.



Fig. 25 – Gli stalli lignei cinquecenteschi, vista d'insieme e particolari dello stato di degrado



Fig. 26 – La statua lignea di San Rocco, vista d'insieme e particolare dell'aggressione da tarli.

Fig. 27 – La statua lignea di San Rocco, dopo il restauro.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



Gli stalli qui subivano anche un'aggressione da tarli del legno che, come noto, trovano nell'umido il loro ambiente ideale.

Tra le altre opere presenti nell'Oratorio, degna di nota è la bella statua lignea degli inizi del XVII secolo, raffigurante San Rocco, di cui possiamo vedere lo stato di degrado (Fig.26).

Come si può intuire dalle foto, la statua risultava pressoché completamente svuotata all'interno a causa dell'aggressione da tarli.

Possiamo vedere come si presenta la statua dopo il restauro (Fig.27).

Di grande rilevanza, il dipinto su tela con l'Ecce Homo, metà XVII secolo, del giovane Domenico Piola (Fig.28): eseguito ancora sui modelli del suo maestro Giovanni Domenico Cappellino, e forse quando Domenico si trovava ancora nella sua bottega, si tratta al momento, a giudizio della scrivente, dell'opera più antica che gli si possa attribuire.

Ed ecco infine la magnifica Cassa d'organo del XVII secolo, proveniente dalla chiesa dell'Albergo dei Poveri di Genova, dopo il recente restauro (Fig.29).



Fig. 28 – Il dipinto su tela con l'Ecce Homo.

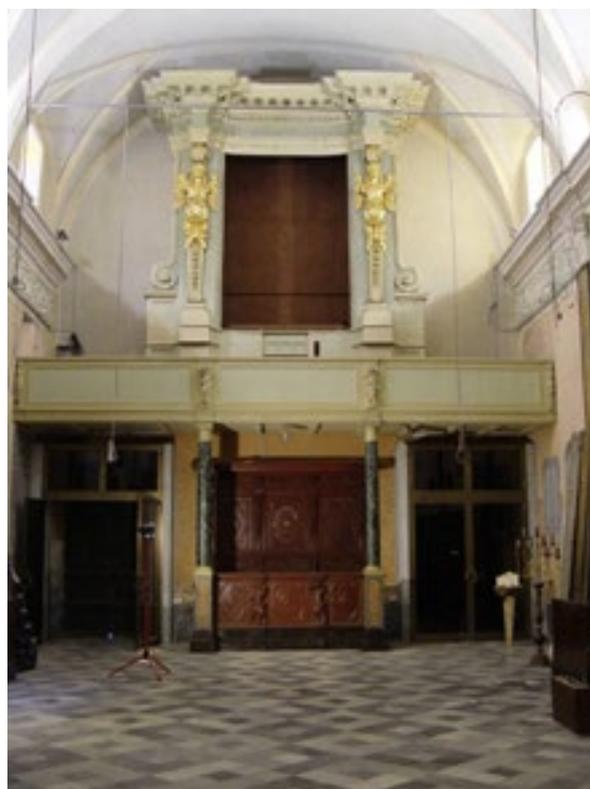


Fig. 29 – La cassa d'organo del XVII secolo dopo il restauro.

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

assorestauo

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
collaborazioni di architettura, arte e urbanistica



In collaborazione con:



LEONARDO  
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO  
E LA DEMONSTRAZIONE MURARIA

## L'Oratorio dei Disciplinanti di Moneglia

Trattasi dell'antico Oratorio dei Disciplinanti, struttura con opera muraria in pietra locale e malta, di originaria costruzione risalente al X secolo. L'edificio (Fig.30) è attualmente composto da un atrio scoperto e da un'aula rettangolare, coperta da un soffitto ligneo a capriate. Il grande valore dell'Oratorio è accresciuto dalla presenza, al suo interno, di importanti cicli di affreschi di varie epoche (XII - XVIII secolo), oltre all'altare ligneo, la balconata e l'organo, tutti seicenteschi.

Studi precedentemente compiuti sull'umidità e sul microclima interno da parte dell'Opificio delle Pietre Dure avevano evidenziato la presenza di criticità quali:



Fig. 30 – L'oratorio dei Disciplinanti di Moneglia: un edificio "chiuso" fra terra, mare e impermeabilizzazioni...

- fenomeni di umidità di risalita capillare interessanti la totalità dei muri portanti sia della navata che dell'adiacente sacrestia;
- le condizioni di temperatura ed umidità relativa dell'aria e le escursioni a queste connesse;
- la differenza di temperatura che rimanda a problemi di condensa;
- la scarsa circolazione d'aria che porta all'innalzamento della temperatura dell'ambiente, fino a raggiungere valori elevati nel periodo estivo.

Ecco una vista interna del prezioso Oratorio (Fig.31): all'interno del quale si riscontrano gravi situazioni di degrado delle pareti affrescate, con intere porzioni di affreschi a rischio di imminente distacco e copiosi sfarinamenti (Fig.32).

A questi fattori si aggiunge la presenza di macchie di umidità, quali segni di possibili infiltrazioni, anche dall'alto (in particolare la parete nord). Inoltre, si evidenzia una certa difficoltà di asciugamento delle pareti perimetrali dopo un certo periodo di esposi-

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:





Fig. 31 – L'oratorio dei Disciplinanti, vista dell'interno.

zione diretta alle piogge, a causa di precedenti interventi di impermeabilizzazione esterna (in particolare la parete sud) che hanno avuto la conseguenza di permettere la fuoriuscita dell'umidità dai muri dal solo lato interno dell'edificio, aggravando così la situazione. Il grande intervento di restauro effettuato nel 1988-1989 ha portato al distacco degli affreschi settecenteschi a monocromo e al sensazionale recupero dei più antichi affreschi sottostanti (quelli oggi



Fig. 32 – Le gravi situazioni di degrado delle pareti affrescate.

visibili, Fig.33), tuttavia involontariamente provocando un danno a questi ultimi. Presumibilmente a causa di un prodotto non idoneo (forse a base di acido acetico) che era stato utilizzato per la pulitura, e soprattutto non essendo stato risolto il problema dell'umidità interna dell'edificio, gli affreschi hanno iniziato a sfarinare e – ahimé – questo è il risultato (Fig.34): alcuni affreschi sono andati completamente perduti, altri sono risultati fortemente danneggiati!

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:





Fig. 33 - Ciclo di affreschi interessato da precedenti interventi di restauro.



Fig. 34 - Scene ad affresco irrimediabilmente perdute a seguito del persistere dell'umidità interna all'edificio e forse per l'utilizzo nell'esecuzione del restauro di prodotti poi rivelatisi non del tutto idonei.

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 Uff. Centri Storici

Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ DEL SALENTO

assorestauRO

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano



In collaborazione con:



LEONARDO SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO E LA DEUMIDIFICAZIONE HUMIDITÀ

Tornando al problema dell'umidità, a fronte del quadro diagnostico sopra descritto, nell'ottobre 2011 è stato quindi installato e attivato l'apposito impianto a neutralizzazione di carica per la deumidificazione delle murature, consistente in n° 2 apparecchi Domodry collocati nelle posizioni indicate in planimetria (Fig.35).

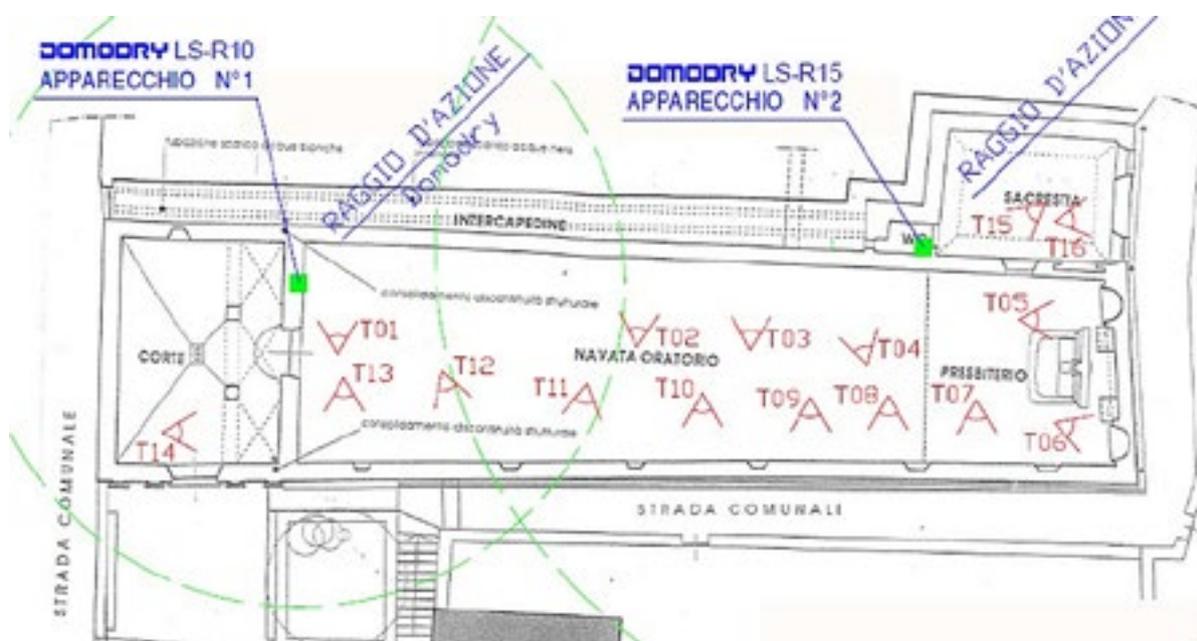


Fig. 35 - Schema dell'impianto Domodry con ubicazione in pianta delle prove effettuate (termografie all'infrarosso).

All'interno dell'Oratorio è stato inoltre installato anche uno specifico sistema di rilevazione dei dati microclimatici (umidità relativa e temperatura dell'aria, punto di rugiada sulla parete interna) composto da una unità di ricezione provvista di modem gsm per controllo e scarico dati remoto e da tre sonde/trasmittitori di dati, di cui due all'interno e una all'esterno (per il contemporaneo rilevamento dei dati meteo).

Dalle termografie (Figg. 36÷38) possiamo anche in questo caso apprezzare il miglioramento in termini di riduzione dell'umidità muraria, che si è potuto riscontrare già a distanza di 11 mesi dall'installazione dell'impianto Domodry, ovvero in fase di asciugatura ancora in corso.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:

## Dati immagine T02 Rilievo n°3 del 13/09/2012 (2° Verifica)

**Data:** 13-09-12

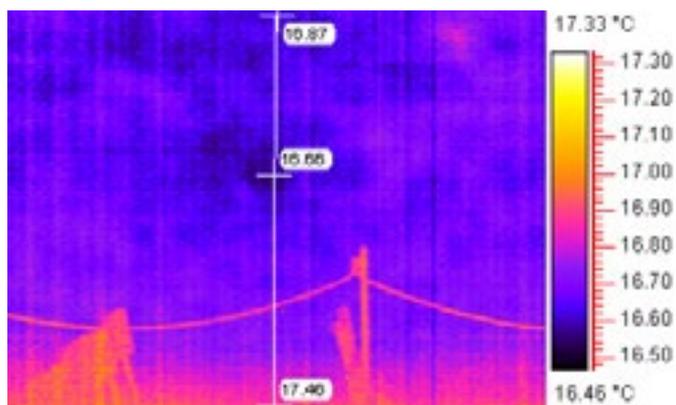
**Lavoro:** Oratorio dei Disciplinanti - Moneglia (GE)

**Committente:** Parrocchia di Santa Croce - Moneglia (GE)

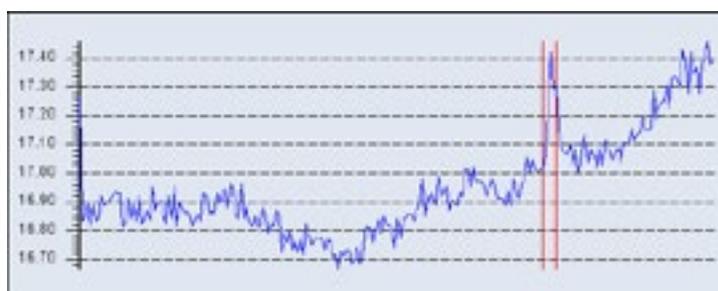
Fig. 36 - Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione, 1° Verifica e 2° Verifica.



T02 del 28-10-11



PROFILO TERMICO del 28-10-11



Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

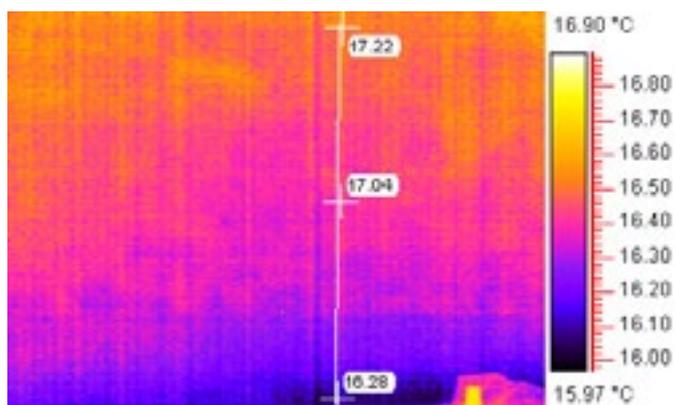
Altri Enti Patrocinanti:



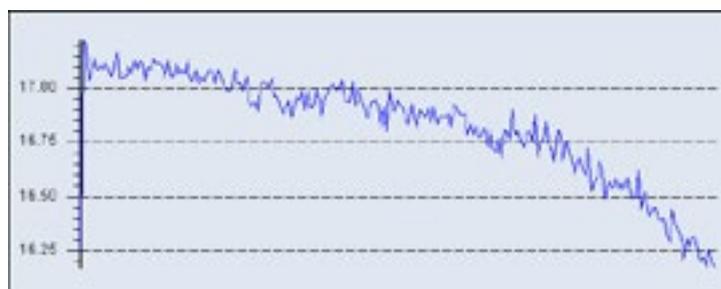
In collaborazione con:



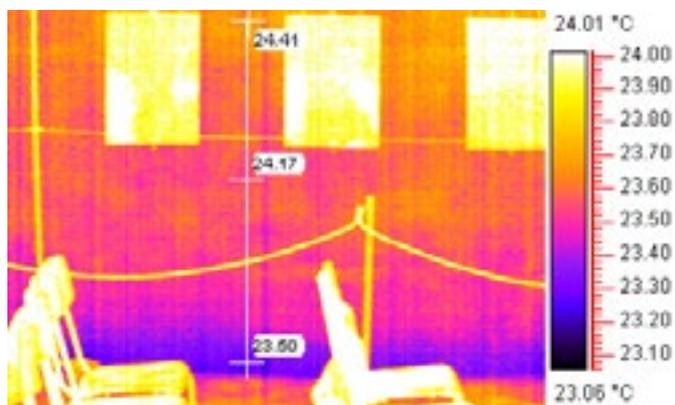
T02-1 del 28-10-11



PROFILO TERMICO del 04-04-12



T02-2 del 28-10-11



PROFILO TERMICO del 13-09-12



Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



## Dati immagine T03 Rilievo n°3 del 13/09/2012 (2° Verifica)

**Data:** 13-09-12

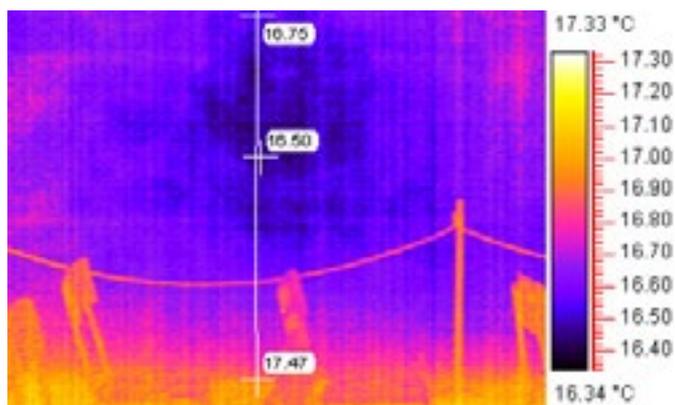
**Lavoro:** Oratorio dei Disciplinanti - Moneglia (GE)

**Committente:** Parrocchia di Santa Croce - Moneglia (GE)

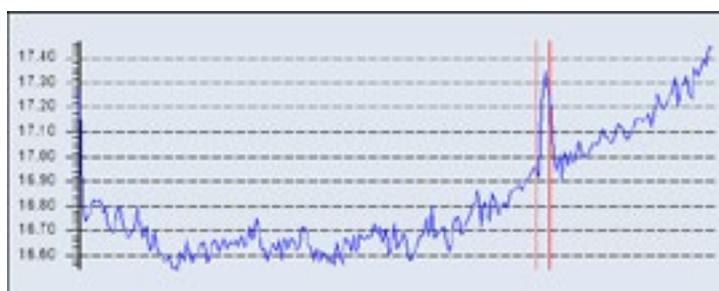
Fig. 37 - Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione, 1° Verifica e 2° Verifica.



T02 del 28-10-11



PROFILO TERMICO del 28-10-11



Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

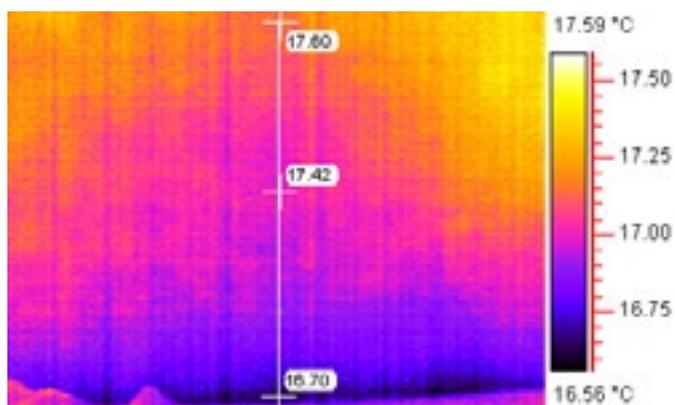
Altri Enti Patrocinanti:



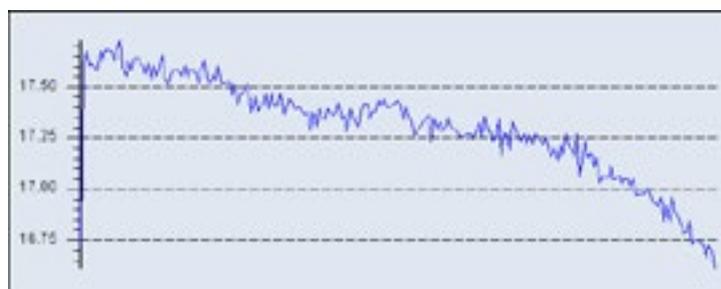
In collaborazione con:



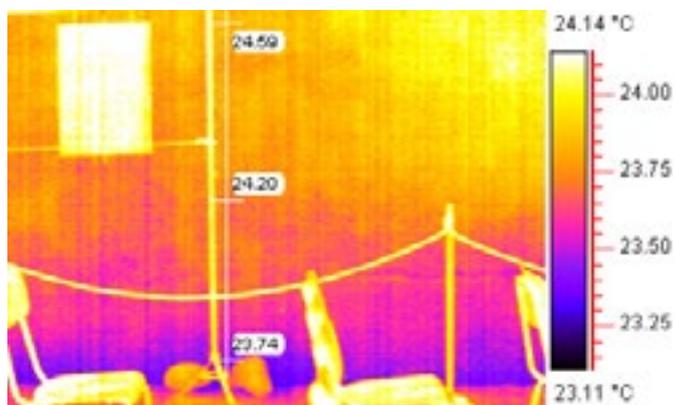
### T02-1 del 28-10-11



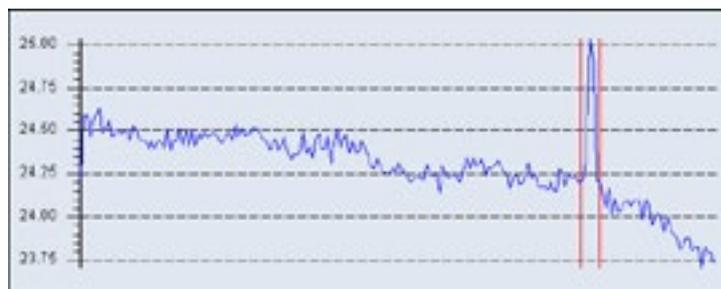
### PROFILO TERMICO del 04-04-12



### T02-2 del 28-10-11



### PROFILO TERMICO del 13-09-12



Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



## Dati immagine T04 Rilievo n°3 del 13/09/2012 (2° Verifica)

**Data:** 13-09-12

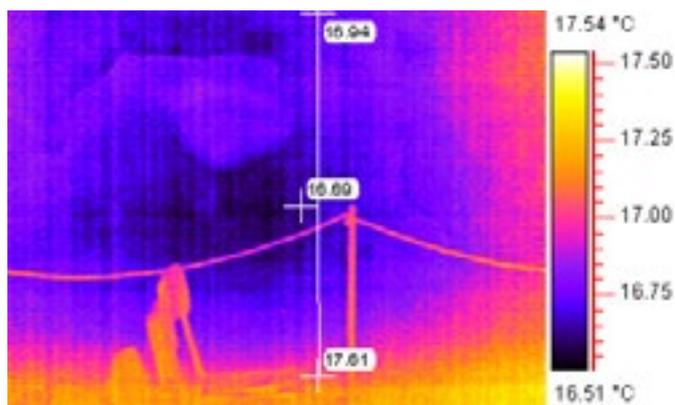
**Lavoro:** Oratorio dei Disciplinanti - Moneglia (GE)

**Committente:** Parrocchia di Santa Croce - Moneglia (GE)

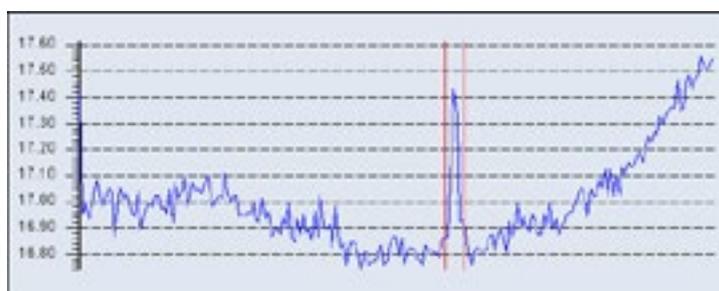
Fig. 38 - Confronto termogrammi e profili termici tra Installazione, 1° Verifica e 2° Verifica.



T04 del 28-10-11



PROFILO TERMICO del 28-10-11



Con il Patrocinio di:



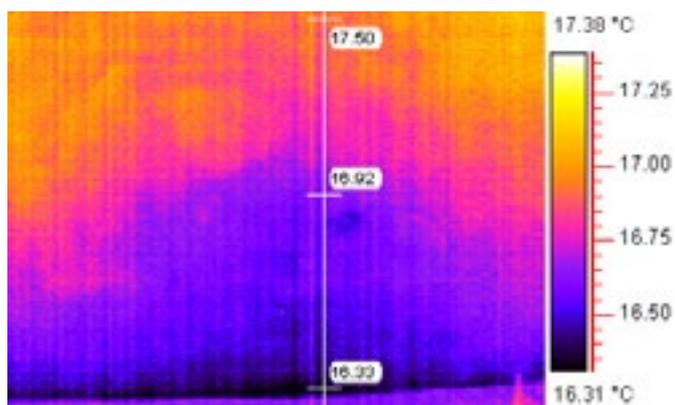
Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:

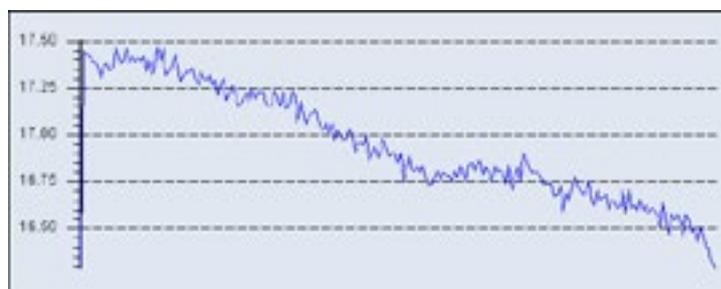


In collaborazione con:

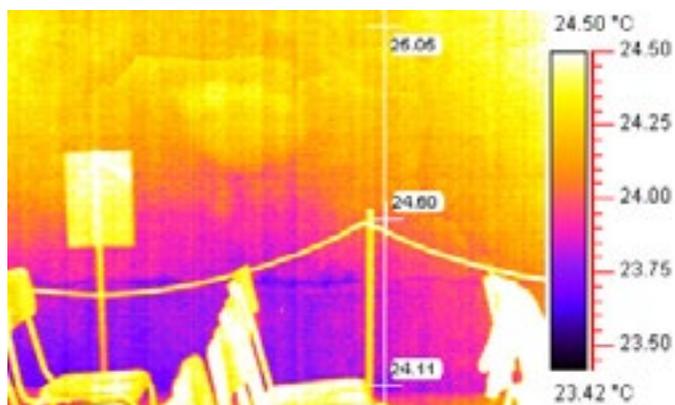
### T04-1 del 28-10-11



### PROFILO TERMICO del 04-04-12



### T04-2 del 28-10-11



### PROFILO TERMICO del 13-09-12



Con il Patrocinio di:



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



Il risultato di deumidificazione – per quanto ancora parziale e non definitivo – conseguito in questa prima fase, ha comunque consentito di eseguire, nel corso del 2012, un primo intervento di restauro riguardante gli affreschi che versavano nelle condizioni di maggiore rischio anche a causa di un’infiltrazione di umidità da un tetto laterale, ovvero quelli della penultima campata tra i due capitelli di lesene, ubicata sulla parete sinistra dell’oratorio a partire dall’ingresso e che precede l’accesso alla sacrestia (Fig.39).



Fig.39 - Gli affreschi: prima (foto a sx) e dopo il restauro (foto a dx). Per gentile concessione della ditta Tecnica Mista s.n.c. di Genova (esecutrice del restauro) e della Arch. Rosangela Mammola (Progettista e Direttore Lavori).

Il restauro appena concluso rappresenta un intervento importante anche sotto il punto di vista storico-artistico, poiché ha riguardato più strati sovrapposti di affreschi di epoche diverse e in quanto ha fatto emergere un particolare ancora inedito, ossia la raffigurazione della Madonna del Latte.

Va sottolineata, ancora una volta, l’importanza dell’azione qui svolta dall’impianto di deumidificazione a neutralizzazione di carica, senza il quale il restauro non avrebbe potuto essere eseguito con altrettanta efficacia e con risultati altrettanto durevoli, a causa delle forti concentrazioni di umidità preesistenti proprio nella zona dell’affresco.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO



In collaborazione con:



## La chiesa di San Martino a Casale di Pignone (La Spezia)

Il seguente è, per così dire, un caso disperato, in quanto si tratta di una chiesa (Fig.40) gravemente danneggiata dall'alluvione che ha colpito il levante ligure nell'ottobre 2011.



Fig.40 - La chiesa di San Martino a Casale di Pignone: un edificio lambito da un fiume... e invaso dall'alluvione!

L'effetto dell'alluvione è stato devastante, sia all'esterno che all'interno della chiesa, dove si può osservare il livello (4,5m di altezza da pavimento) raggiunto dall'acqua ed i detriti di fango rimasti, dopo il suo defluire, all'interno della chiesa (Fig.41).

Si è quindi reso necessario rimuovere le opere per poterle ricoverare in luogo sicuro, in attesa di poterle restaurare.

Qui dunque, alla preesistente umidità dovuta alla risalita capillare, si è aggiunta quella portata dall'alluvione: in questo caso, la

grande quantità d'acqua che ha inondato il terreno di sedime e, più direttamente, i muri della chiesa, ha accentuato i fenomeni di umidità che già preesistevano, aggravandoli ulteriormente.

Si è quindi scelto di attendere lo smaltimento – tramite evaporazione spontanea – della massa umida provocata dall'alluvione e, trascorsa la stagione estiva, in data 13 settembre 2012 si è proceduto alla mappatura termografica dell'umidità di risalita e all'installazione dell'impianto di deumidificazione a neutralizzazione di carica, consistente in n° 2 apparecchi Domodry collocati nelle posizioni indicate in planimetria (Fig.42).

A fronte delle condizioni ambientali particolarmente critiche qui presenti, è stato inoltre installato anche uno specifico sistema di rilevazione dei dati microclimatici del tutto analogo a quello già citato nel precedente caso-studio (Oratorio dei Disciplinanti a Moneglia).

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO



In collaborazione con:





Fig.41 - La chiesa di San Martino: gli effetti provocati dall'alluvione.

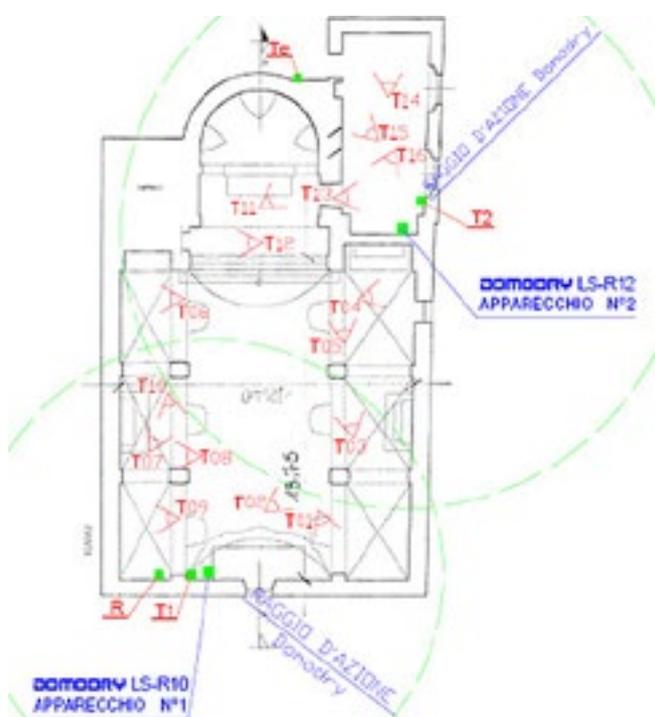


Fig. 42 - Schema dell'impianto Domodry con ubicazione in pianta delle prove effettuate (termografie all'infrarosso) e delle sonde per il telecontrollo dei parametri microclimatici.

Ciò al fine di meglio verificare, con il progredire del processo di deumidificazione muraria ed il conseguente miglioramento dei parametri ambientali, la compatibilità dei parametri stessi con le esigenze di conservazione delle opere che, una volta restaurate, dovrebbero essere ricollocate all'interno della chiesa.

Come evidenziato dalle successive schede termografiche (Fig.43), nello stato di fatto le murature risultano fortemente aggredite dall'umidità di risalita, ma adesso, con l'impianto Domodry in funzione... bisognerà solo attendere lo smaltimento dell'umidità residua e riscontrare, tramite le successive verifiche, il completamento della fase di asciugatura, per poi dar corso agli interventi di restauro delle superfici murarie ammalorate.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



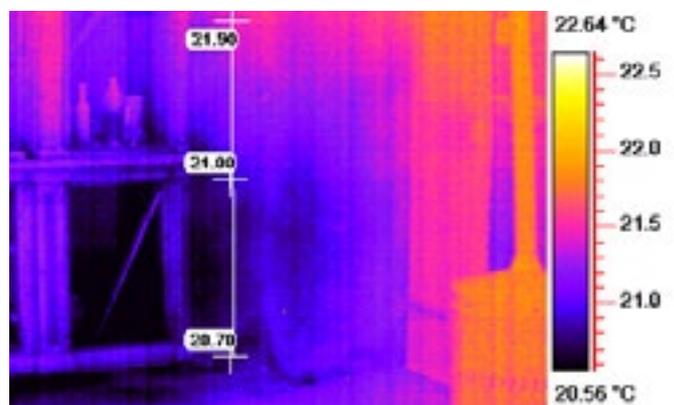
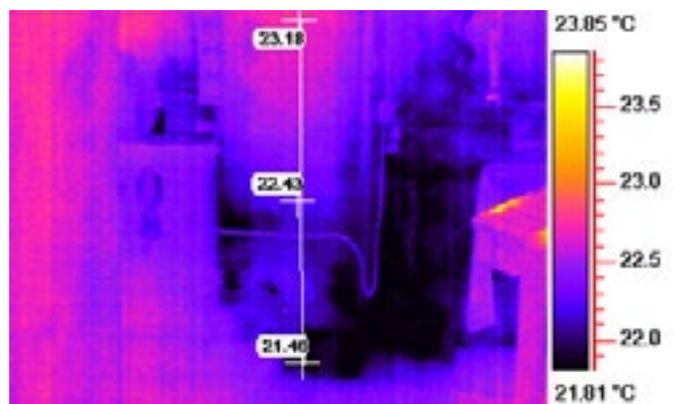
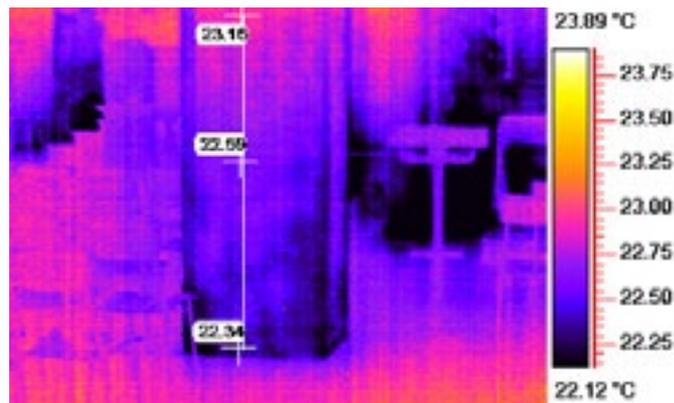


Fig.43 - Chiesa di S. Martino: alcuni scatti termografici che evidenziano la presenza di forte umidità di risalita nello stato di fatto iniziale, alla data di installazione dell'impianto Domodry (13 settembre 2012).

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



### 13. Interazione tra murature e ambienti confinati in edifici storici soggetti a patologie da umidità: strumenti e metodiche per il monitoraggio microclimatico ed il controllo di interventi di risanamento delle murature.

*Dott. Paolo Mandrioli, ISAC CNR Bologna – Istituto di Scienze dell’atmosfera e del Clima*

#### Introduzione

Giovanni Urbani, Direttore dell’Istituto Centrale del Restauro negli anni 1973-83, scriveva a proposito del restauro, “Il vero problema non è eseguire restauri sempre migliori, ma fare in modo che le opere abbiano sempre meno bisogno di restauri” (URBANI, 1972). Questa considerazione aprì l’ipotesi che la conservazione non dovesse essere riservata soltanto alle singole opere d’arte, bensì necessitasse di essere orientata soprattutto alla scoperta delle cause di degrado e ai processi della loro limitazione nei diversi contesti ambientali. Gli interventi condotti su singole opere d’arte non modificano le condizioni ambientali degli edifici dei quali sono parte qualificante. Sono proprio le condizioni ambientali, invece, a influenzare, pur con esiti specifici, la durabilità di tutte le opere d’arte presenti nei diversi ambienti di collocazione. Su questi concetti intende porre l’accento questo lavoro: il problema della conservazione dei beni culturali deve essere oggi affrontato in una prospettiva più ampia e razionale, ponendo in evidenza una nozione di conservazione più complessa che ha al suo centro la prevenzione (URBANI, 2000). Il controllo ed il risanamento delle strutture murarie rappresenta in molti casi il punto di partenza per la conservazione, la più a lungo duratura, degli edifici storici e del patrimonio culturale contenuto. La corretta interpretazione dei processi di degrado delle strutture e dei materiali ed il loro risanamento debbono essere conseguiti mediante la costante ricerca di strumentazione e di metodiche avanzate.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



## Metodologia

La strategia operativa del gruppo di ricercatori che presso l'Istituto ISAC si occupa dell'interazione ambiente-materiali nell'ambito dei beni culturali, viene sviluppata sui seguenti temi:

- strumentazione wireless per le misure locali,
- telemetria ovvero monitoraggio remoto e continuo delle misure in corso,
- database dinamico comune per tutti i dati raccolti in automatico o manualmente,
- analisi dei dati per la ricostruzione dei processi osservati e l'uso di modellistica.

Attualmente la maggior parte delle misure strumentali viene effettuata con sensori collegati via wireless ad un datalogger locale di riferimento permettendo una maggiore libertà di posizionamento dei punti di misura ed una sensibile riduzione dei costi di installazione del sistema di monitoraggio dovuta all'assenza di cavi. La valutazione delle prestazioni della strumentazione utilizzata, sia dei sensori che della centralina dati locale formata da un ricevitore dei segnali-sensori, un datalogger e un modem GSM o GPRS per la trasmissione remota dei dati, viene costantemente effettuata rispettando la filosofia della modularità del sistema. Tuttavia, alcuni tipi di misure, come la termografia nell'infrarosso, vengono effettuate in campo da un operatore, dato le esigenze operative che tali misure comportano. La gestione delle comunicazioni per il trasferimento dei dati ed il controllo dell'efficienza dei sensori e del datalogger viene effettuata attraverso un server di un centro remoto (fig. 1) presso il quale viene effettuata l'elaborazione dei dati che giornalmente sono inviati in automatico ad un server web per la loro pubblicazione su un sito internet riservato. In questo sono disponibili, in forma sintetica, i risultati di diversi tipi di analisi ed il download di tutti i valori delle misure effettuate. Questa configurazione di sistema di monitoraggio offre all'utente provvisto di codice di identificazione e password notevoli vantaggi, il primo dei quali è rappresentato dalla possibilità di poter controllare rapidamente l'andamento delle misure da qualsiasi luogo ci si trovi avendo a disposizione una connessione internet ed utilizzando apparati di qualsiasi tipo compresi smartphone e tablet (fig. 2).

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  
OGGI ASSOCIATI DI ARCHITETTI, ARTISTI, URBANISTI



LEONARDO  
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO  
E LA DEMONSTRAZIONE INFRAROSSI

In collaborazione con:

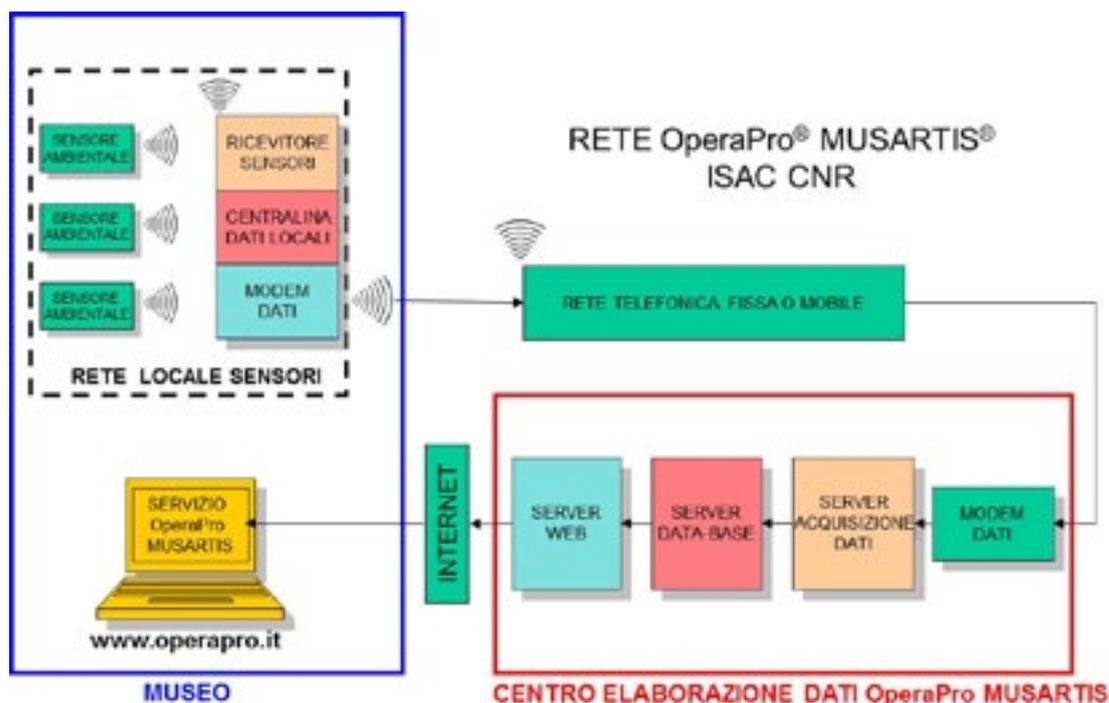


Fig.1- Schema operativo del sistema di monitoraggio assistito per il controllo dello stato di conservazione di monumenti, edifici e opere d'arte.

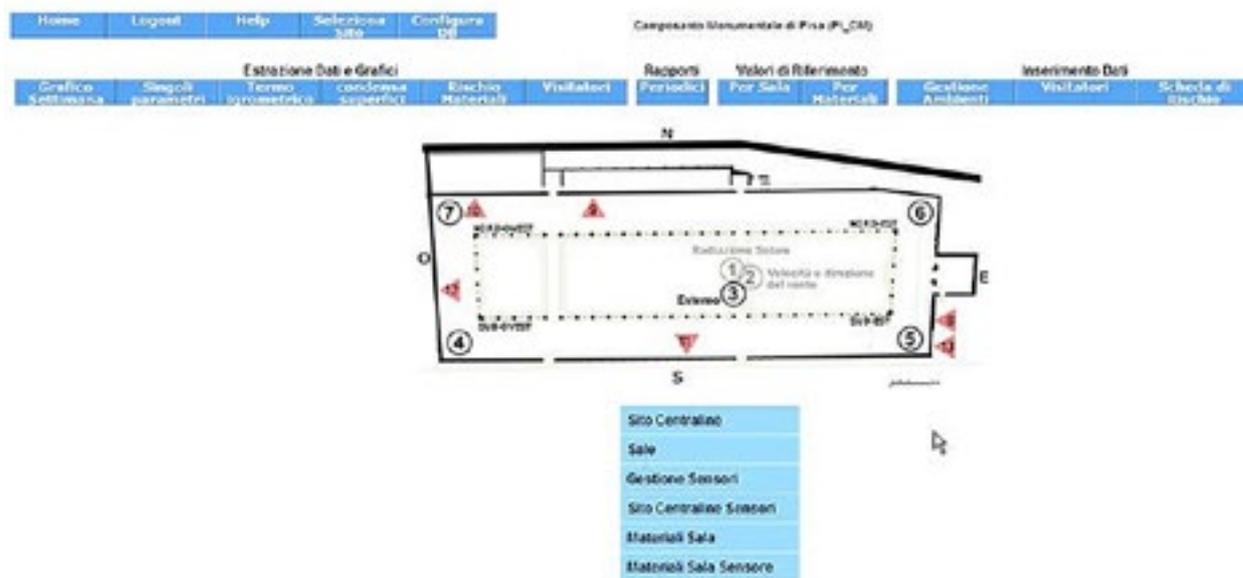


Fig.2 - Home page del sito web di monitoraggio assistito con planimetria, posizionamento dei sensori e bottoni di richiesta delle diverse voci del menu.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



Il controllo remoto permette inoltre di ridurre sia il rischio di perdita di dati che i costi di gestione, limitando all'indispensabile gli interventi presso il punto di misura. La caratteristica di modularità dell'hardware impiegato nell'ambiente da monitorare, consente di adattare ed interfacciare numerosi sensori di differenti tipi e produttori. Nel caso del controllo dell'umidità di risalita in edifici e complessi monumentali e nella necessità di monitorare il livello di falda, vengono utilizzati ad esempio sensori di livello acqua piezometrici ad immersione, inseriti nelle sonde di perforazione per i carotaggi, e sensori di livello acqua ultrasonici installati in pozzi e cisterne. Il kit di base dei sensori wireless da noi utilizzato per il monitoraggio dell'umidità nelle strutture murarie è costituito principalmente da:

- temperatura aria dell'ambiente interno,
- umidità relativa aria dell'ambiente interno,
- temperatura di superficie per contatto,
- umidità relativa della muratura per inserimento,
- temperatura e umidità relativa dell'ambiente esterno.

Queste misure effettuate in automatico e gestite dalla centralina di monitoraggio, vengono affiancate da misure di gradiente di temperatura su superfici con termografia all'infrarosso e misure puntuali di temperatura di superficie con termometria IR. Queste ultime vengono utilizzate anche per eseguire la taratura delle misure di temperatura per contatto. Altri parametri come la temperatura di rugiada e l'umidità assoluta e specifica vengono calcolati dalle altre misure rilevate. Da alcuni anni abbiamo introdotto obbligatoriamente l'uso delle misure termoigrometriche nell'ambiente esterno all'edificio sotto monitoraggio. L'installazione di questi sensori viene eseguita secondo lo standard indicato per le misure meteorologiche e permette di avere una registrazione continua dei dati, parallelamente alla registrazione delle altre misure rilevate negli ambienti interni. Ciò consente di analizzare con notevole accuratezza gli scambi d'aria e di calore fra ambiente esterno ed ambiente interno.

## Risultati

Nonostante l'evoluzione dell'andamento di alcuni processi fisici e chimici si sviluppi su

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  
Ente Centri Storici

Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ DEL SALENTO

assorestauRO

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano  
Ente associativo di riferimento: ANI (Associazione Nazionale)



In collaborazione con:



scale temporali di medio e lungo periodo (mesi e anni), la disponibilità di dati raccolti su frequenze maggiori (minuti e ore) offre spesso l'opportunità di cogliere informazioni che altrimenti sfuggirebbero all'osservazione. Nei casi di studio e di committenza da noi affrontati è stato possibile individuare e risolvere problemi attraverso la disponibilità di elevata risoluzione temporale delle misure come nel caso degli affreschi del Cimitero Monumentale di Pisa relativamente agli eventi di condensa ricorrenti sui pannelli degli affreschi restaurati e ricollocati nel chiostro (fig. 3).

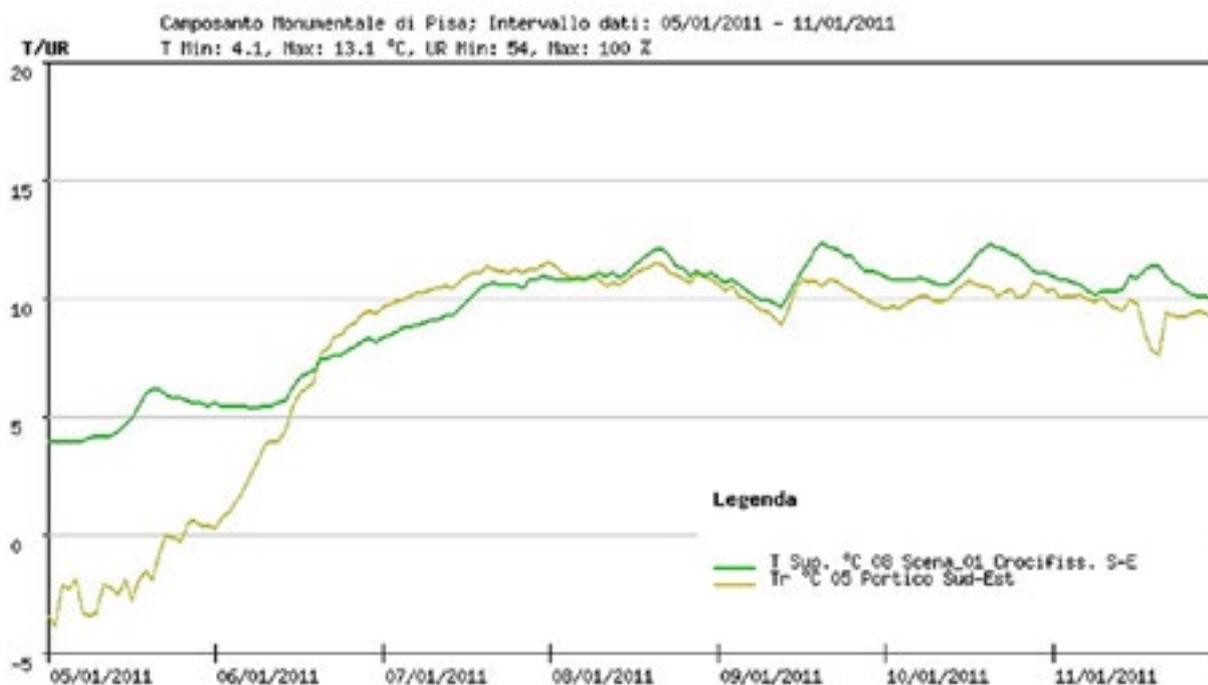


Fig.3 - Cimitero Monumentale di Pisa. Segnalazione di eventi di condensa di vapor d'acqua sulla superficie degli affreschi che si verificano quando la curva gialla di temperatura di rugiada ( $T_r$ ) supera in valore la curva verde di temperatura della superficie dell'affresco ( $T_{sup}$ ) nei giorni 6 e 7 gennaio.

Il sistema di monitoraggio verrà utilizzato per controllare automaticamente i dispositivi anti condensa in corso di installazione sui pannelli degli affreschi ricollocati. Nel caso del complesso monumentale della Basilica di S. Stefano a Bologna il monitoraggio ad alta risoluzione ha permesso di individuare l'equilibrio idrologico fra il livello di falda, la rete

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:



pluviale urbana e la conseguente risalita di umidità. Nei musei archeologici di Forlimpopoli, Forlì, e Verucchio, Rimini, i risultati dei rilevamenti tuttora in corso hanno consentito di interpretare con notevole precisione l'andamento termoigrometrico degli ambienti interni e l'equilibrio del vapor d'acqua con le strutture murarie coinvolte (fig. 4).

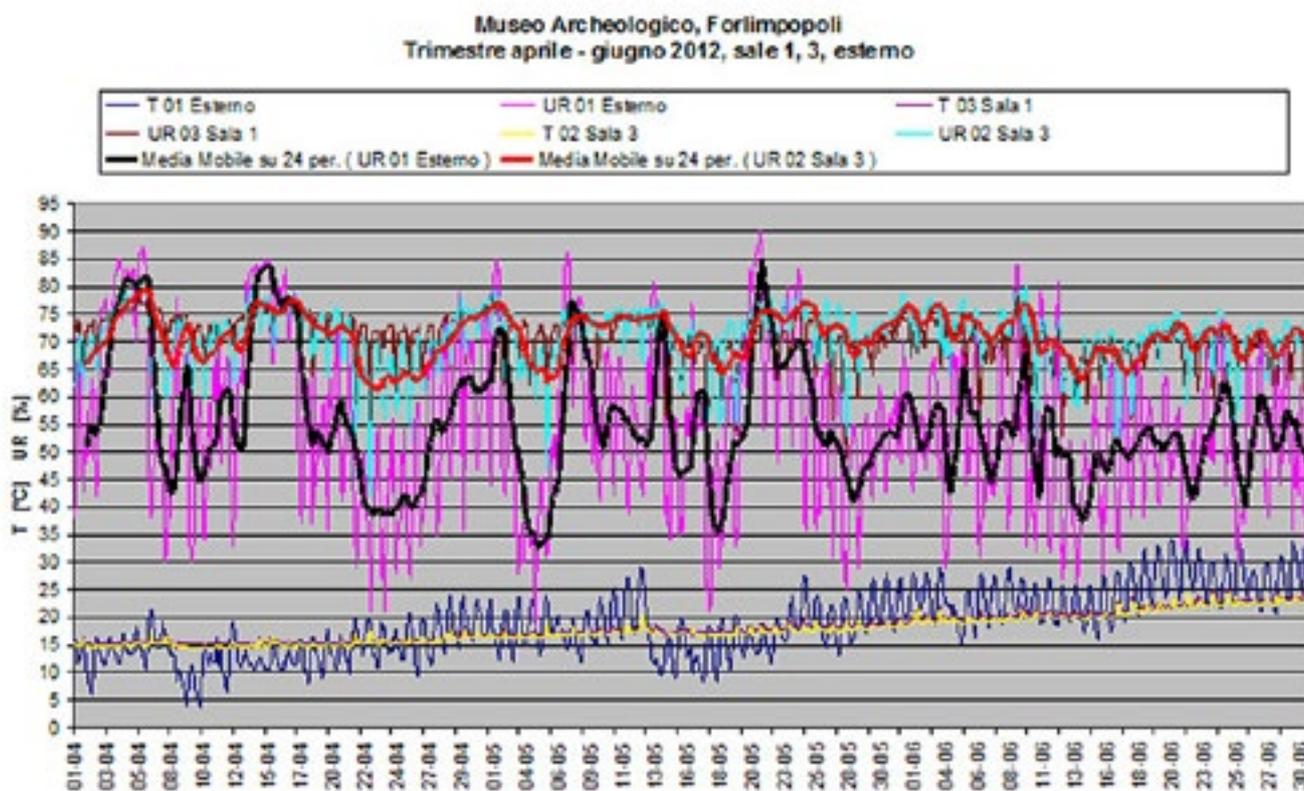


Fig.4 – Museo Archeologico di Forlimpopoli. L'influenza dell'andamento della UR atmosferica sulla UR delle sale interne è dimostrata dalle curve di media mobile, nera (esterna) e rossa (interna), significativamente in fase fra loro.

In questi musei i periodi di alta umidità costituiscono un serio pericolo costituito sia dallo scollamento degli intonaci che dalla proliferazione di muffe ed alghe (MANDRIOLI, 1999). Presso la Cappella Sistina è stato realizzato un complesso monitoraggio ambientale su numerosi parametri per valutare l'impatto dell'aumentato numero di visitatori e orientato all'aggiornamento dell'attuale sistema di climatizzazione (fig. 5). In questo caso sono stati utilizzati dispositivi contapersone basati sul riconoscimento di persone

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:





*Fig.5 - Cappella Sistina. Installazione di sensori per la campagna di misure di caratterizzazione del microclima e la valutazione dell'impatto ambientale dei visitatori.*

in gruppo attraverso micro termocamere collegate allo stesso datalogger di acquisizione dati ambientali.

## Limiti della ricerca

Per definizione, i limiti della ricerca coincidono con le conoscenze acquisite. Nel nostro caso i limiti applicativi del sistema di monitoraggio assistito da remoto sono ridotti alla eventuale non disponibilità di connettività del segnale del gestore di telefonia mobile o di doppio telefonico della rete fissa. La continua evoluzione delle prestazioni delle apparecchiature elettroniche ed informatiche impone l'aggiornamento continuo ma garantisce il miglioramento del servizio sia in termini di qualità che di costi. La grande capacità di archiviazione di dati offerta oggi dai dispositivi informatici amplia le possibilità di ricerca e

di conseguenza di applicazione permettendo, attraverso l'analisi del monitoraggio continuo, il conseguimento di risultati anche in un settore come quello del risanamento delle murature da umidità che in questo momento offre soluzioni importanti nell'impiego della tecnologia elettrofisica a neutralizzazione di carica caratterizzata peraltro da interventi non invasivi sulla struttura.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



## Implicazioni pratiche

L'impiego della telemetria nel monitoraggio microclimatico applicato ai beni culturali ha dimostrato nel corso di ormai dieci anni di sperimentazione e utilizzo, essere uno strumento di grande efficacia sul piano pratico della gestione della conservazione e soprattutto della conservazione preventiva. Possiamo infatti parlare oggi di "conservazione assistita" in quanto il "servizio" come noi lo intendiamo e lo proponiamo non è limitato al controllo del buon funzionamento della strumentazione e la restituzione all'utente dei dati rilevati e, in alcuni casi, alla segnalazione dell'eventuale superamento dei limiti di temperatura ed umidità relativa riportati dalle norme relativamente ai vari tipi di materiale conservato, ma soprattutto alla fornitura di informazioni, sotto forma di chiara descrizione dello stato e/o della previsione di rischio di degrado, dedicate agli oggetti e ai materiali presenti negli ambienti museali o alle strutture monitorate. Queste informazioni inviate periodicamente al responsabile e al conservatore sono inoltre corredate da raccomandazioni pratiche per il ripristino delle condizioni ottimali di conservazione come la gestione della climatizzazione degli ambienti, degli scambi con l'esterno attraverso porte e finestre, della presenza di operatori e visitatori, del trasferimento delle opere. La nostra esperienza sull'effettivo utilizzo del monitoraggio microclimatico operato autonomamente presso i musei, con strumentazione e procedure varie, rivela seri limiti di operatività, e conseguentemente di utilità, dovuti a reali difficoltà di tipo economico, di personale, di tempo e di disponibilità di esperienza tecnico-scientifica che la gestione museale, in senso generale, frequentemente incontra. Su questa esperienza, conseguita negli anni 1992-2002 con l'Istituto Beni Culturali della Regione Emilia-Romagna è stato progettato e attuato il "monitoraggio assistito" (MANDRIOLI, 2007) che ha consentito una effettiva riduzione di impiego di risorse umane, energetiche (riscaldamento, raffrescamento, illuminazione) ed economiche aumentando al contempo la garanzia di una reale gestione della conservazione delle opere.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:

## Bibliografia

MANDRIOLI P. (1999), Il monitoraggio della componente biologica dell'aria, in AA.VV., *Aerobiologia e beni culturali*, a cura di Mandrioli P. e Caneva G., Nardini Editore, Firenze.

MANDRIOLI P. (2007), *Oggetti nel tempo. Principi e tecniche di conservazione preventiva*, Capitoli 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8, Collana ER Musei e Territorio, CLUEB, Bologna.

URBANI G. (2000) *Intorno al restauro*, Skira Editore, Milano.

URBANI G. (1972), "Introduzione", in AA.VV., *Problemi di conservazione*, Compositori, Bologna.

Con il Patrocinio di:



MINISTERO  
PER I BENI E  
LE ATTIVITÀ  
CULTURALI



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:

