

Patrocini richiesti |
Required sponsorships



MATERA 2019

4 e 5 Aprile 2019 | Auditorium R. Gervasio



TECNOLOGIE PER IL RECUPERO DEL COSTRUITO
Umidità nelle costruzioni: diagnosi e metodi di intervento.
Dal Taglio Meccanico alla Tecnica a Neutralizzazione di Carica

TECHNOLOGIES FOR THE RECOVERY OF BUILT HERITAGE.
Capillary rising damp: diagnosis and methods of intervention.
From the physical barriers to the Charge Neutralization Technique

CNT-APPs | CHARGE NEUTRALIZATION TECHNOLOGY Research Project Applications

Partenariato universitario | Academic partnership:



Università della Basilicata

Università di Ferrara

Università di Napoli

Università di Padova

Università del Salento

Politecnico di Torino

Altri Enti patrocinanti | Other sponsoring bodies:



In collaborazione con | in collaboration with:



LUCIANO Editore

PROGRAMMA DELL'EVENTO

GIOVEDÌ 4 APRILE 2019 | Thursday 4th April 2019

ore 9:00 **REGISTRAZIONE DEI PARTECIPANTI | Participants Registration**

ore 9:30 **Moderatore: Prof. Ing. Antonello Pagliuca (Professore associato di Architettura tecnica UNIBAS)**

Apertura evento:

Avv. Raffaello Giulio De Ruggieri, Sindaco di Matera

Panel Saluti Ordini Professionali:

Ingegneri, Architetti, Geometri, Geologi e Periti Industriali

Interventi istituzionali:

Prof.ssa Aurelia Sole (Rettore UNIBAS), Prof. Ferdinando Felice Mirizzi (Direttore DICEM UNIBAS)

Arch. Francesco Canestrini (Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio della Basilicata)

On. Gianluca Rospi (Membro VII Commissione Ambiente Territorio e Lavori Pubblici)

Dott. Raymond Bondin (Ambasciatore Emeritus UNESCO)

ore 10:30 **COFFEE BREAK**

ore 11:00 **SESSIONE A1 Tecniche e Metodi di intervento: Progetto di Ricerca CNT-APPs**

Techniques and methods of intervention: CNT-Apps Research Project

Prof. Ing. Roberto Castelluccio, Dott.ssa Ing. Veronica Vitiello (Università Federico II di Napoli)

"Umidità da risalita capillare. Il progetto di risanamento delle murature e la certificazione delle tecnologie"

Prof. Ing. Carlo Ostorero (Politecnico di Torino)

"Risanamento di murature storiche dall'umidità di risalita capillare: applicazione della tecnologia a neutralizzazione di carica nell'intervento di restauro e recupero luministico presso la chiesa Confraternita della Misericordia in Torino."

Prof. Ing. Giorgio Zavarise (Politecnico Torino), Dott. Ing. Paolo Maria Congedo, Prof.ssa Cristina Baglivo, Prof. Pasquale Di Gloria (Univ. Salento)

"Experimental analysis of the rising damp by the comparison between different geometrical configurations, with and without the influence of the CNT system: mono and multi-blocks of carparo and pietra leccese."

Dott. Arch. Manlio Montuori (Università di Ferrara)

"Sali igroscopici ed umidità da risalita capillare nell'esperienza di palazzo Renata di Francia in Ferrara: soluzione d'intervento mediante tecnologia a neutralizzazione di carica"

Dott. Ing. Michele Rossetto (Partner industriale Progetto CNT-APPs)

"La tecnologia a neutralizzazione di carica CNT per l'eliminazione e prevenzione dell'umidità da risalita capillare nelle murature: differenze e vantaggi rispetto alle tecniche elettrostatiche a inversione di polarità."

ore 13:00 **LUNCH BUFFET**

ore 14:30 **Moderatore: Prof. Arch. Antonio Conte (Professore ordinario di Disegno UNIBAS)**

SESSIONE A2 Tecniche e Metodi di intervento: applicazioni e sperimentazioni

Techniques and methods of intervention: treatments and tests

Prof. Ing. Nicola Cardinale (Università della Basilicata)

"Protezione e risanamento del manufatto edilizio dall'umidità di risalita capillare: casi applicativi della tecnologia a neutralizzazione di carica nel territorio appulo-lucano"

Arch. Ph.D. Bianca Codacci Pisanelli (MiBAC - Ministero per i Beni e le Attività Culturali)

"Risanamento delle murature dall'umidità di risalita capillare: casi applicativi della tecnologia a neutralizzazione di carica in edifici di interesse nazionale."

Dott.ssa Arch. Angela Acordon (Soprintendenza MiBAC Lucca e Massa Carrara)

"Problematiche conservative e risanamento di edifici storici affetti da umidità: applicazioni ed esperienze a lungo termine della tecnologia a neutralizzazione di carica in territorio ligure."

Dott. Piero Ciccioni (IMC-CNR), Dott.ssa Laura Ambrosini (ISMA-CNR), Dott.ssa Sabrina Gualtieri (ISTEC-CNR)

"The weathering processes of the volcanic tuffs used in the Etruscan tombs of Norchia necropolis (Northern Latium, Italy), microclimatic conditions influencing their surface and structural decay, possible new technologies and materials aimed at their conservation."

ore 16:15 **COFFEE BREAK**

<SEGUE>

- ore 16:45 **SESSIONE B Metodi per la diagnosi, la misurazione e la verifica degli interventi**
Tools and methods for the diagnosis, the extent assessment and the result impact evaluation
- Prof. Ing. Luigi Mollo, Ing. PhD Rosa Agliata (Università della Campania "L. Vanvitelli")**
"Sulle tecnologie per il monitoraggio non invasivo dell'umidità nelle murature"
- Arch. Guido Roche (Consulente e docente Agenzia CasaClima)**
"Un approccio diagnostico integrato per la salvaguardia del patrimonio storico finalizzato alla verifica delle patologie da umidità"
- Dott. Ernesto Borrelli (SAF/ISCR Matera), Dott. Marco Bartolini e Dott.ssa Luciana Festa (ISCR Roma)**
"Umidità nelle costruzioni: il ruolo delle normative tecniche per la misura, la diagnosi e la verifica degli interventi di risanamento."
- ore 17:45 **SESSIONE C Umidità, salute, sicurezza e comfort ambientale**
Managing damp problems, health, safety and environmental comfort
- Dott. Gaetano Settimo (Istituto Superiore della Sanità)**
"La qualità dell'aria indoor negli ambienti museali e culturali"
- Dott. Ing. Carmine Rinaldi (Partner industriale tecnologia A.DE.CO.)**
"Diagnostica e soluzioni tecnologiche per la riqualificazione ed il risanamento edilizio. Tecnologie a decontaminazione controllata per ambienti da sanificare."
- Ore 18:30 **Premio DOMODRY ACADEMY Ediz. 2018: Premiazione delle due tesi di laurea vincitrici**
DOMODRY ACADEMY Award Edition 2018: Prizegiving of the two-winning degree thesis
Consegna il premio: **Prof. Arch. Antonella Guida (Professore ordinario di Architettura tecnica UNIBAS)**
- ore 19:00 **Chiusura dei lavori** | Conclusion of the work
- ore 20:30 **CENA DI GALA | GALA DINNER**
presso il prestigioso Palazzo Viceconte, allietata dalla musica e dalla storia di Matera
at the prestigious Palazzo Viceconte, enlivened by the music and history of Matera

VENERDÌ 5 APRILE 2019 | Friday 5th April 2019

- ore 10:00 **Tavola rotonda: Ricerca industriale e sviluppo sperimentale per il recupero del patrimonio costruito.**
Round table discussion: Industrial research and experimental development for the recovery of built heritage
- Moderatore: Prof. Arch. Antonella Guida (Professore ordinario di Architettura tecnica e coordinatore dei corsi di studio in Architettura UNIBAS)**
Dott. Vincenzo Rutigliano (Giornalista del Sole 24 Ore)
- Dott. Emanuele Amodei (Presidente Palazzo Spinelli group e Ambasciatore Città di Firenze)**
Ing. Sante Lomurno (Dirigente Lavori Pubblici Comune di Matera)
Juri Franzosi (Direttore Generale di Ance Varese e Responsabile del progetto FIDEC)
Arch. Virginia Rossini (Presidente A.B.A.C.O.)
Geom. Massimo Druetto (Presidente ANTEL)
Prof. Ing. Juan Bautista Aznar Mollá (Universitat Politècnica de València)
- ore 12:00 **Chiusura dei lavori** | Conclusion of the work
- ore 13:30 **Visita guidata a Matera, Capitale Europea della Cultura 2019**
Guided tour of Matera, European Capital of Culture 2019
- ore 15:30 **Termine visita guidata** | End of guided tour

La partecipazione all'evento può dare diritto ai Crediti formativi Professionali - ex DPR 137/2012⁽¹⁾.

(1) Ai professionisti Ingegneri saranno attribuiti n° 8 CFP tramite la segreteria dell'Ordine, ai professionisti Architetti saranno attribuiti n° 8 CFP tramite la segreteria dell'Ordine, ai professionisti Geometri saranno attribuiti n° 5 CFP tramite la segreteria del Collegio, ai professionisti Periti Industriali saranno attribuiti n° 8 CFP tramite la segreteria dell'Ordine.

TECNOLOGIE PER IL RECUPERO DEL COSTRUITO.

Umidità nelle costruzioni: diagnosi e metodi di intervento. Dal Taglio Meccanico alla Tecnica a Neutralizzazione di Carica

Le patologie delle murature causate dai fenomeni di umidità rappresentano le più diffuse forme di degrado del patrimonio edilizio ed in particolare di quello storico. La natura porosa dei materiali da costruzione favorisce la penetrazione all'interno delle strutture murarie di contenuti idrici che, ricchi di sali, incidono negativamente sulle caratteristiche meccaniche e termiche degli elementi portanti e dell'involucro edilizio, inficiando spesso anche la salubrità degli ambienti e la conservazione dei preziosi apparati decorativi.

Nonostante l'ampia diffusione delle patologie ed i nefasti effetti sulla sicurezza, sulla salute e sulla conservazione del patrimonio artistico, l'umidità nelle murature è da sempre considerata un fenomeno del "secondo ordine" rispetto ai temi della sismica e dell'energetica che hanno impegnato la gran parte delle risorse accademiche.

La ricerca scientifica nel settore dell'umidità, sviluppata principalmente dalle aziende del settore, non ha individuato, a meno di particolari eccezioni, innovazioni di sistema, di processo e di prodotto, sufficientemente sperimentate e risolutive delle patologie connesse ai diversi "tipi di umidità". Tra queste certamente emergono quelle causate dalla risalita capillare sul patrimonio edilizio storico, artistico e monumentale.

La risalita, causata dalla naturale attrazione che il sistema capillare dei materiali esercita per semplice contatto sulle molecole d'acqua presenti nel sottosuolo, rappresenta il campo di maggiore complessità operativa e di ricerca. Il tentativo di eliminare la causa con interventi di isolamento delle strutture murarie esistenti dal terreno di fondazione ha impegnato nel passato molti studiosi nella definizione di metodi tradizionali, meccanici, chimici, evaporativi ed elettrici, che fossero in grado di bloccare la risalita, favorire lo smaltimento del contenuto idrico interno ovvero opporsi alla risalita stessa mediante introduzione nelle murature di campi elettrici artificiali.

L'innovazione tecnologica più promettente, supportata da numerose sperimentazioni scientifiche, è costituita dalla "Tecnica a Neutralizzazione di Carica" (TNC). La metodologia proposta, ponendosi come evoluzione dei tradizionali interventi elettrici, affida la propria efficacia all'azione di un debole campo elettromagnetico che, propagandosi per via aerea, svincola la propria efficacia dal particolare sistema murario ed agisce sul comportamento elettrico dell'acqua, contrastando le azioni di richiamo all'interno del sistema capillare.

L'evento intende riaprire il dibattito sulle patologie delle murature causate dai fenomeni di umidità, con particolare riferimento all'azione disgregatrice della risalita capillare, sostenendo la necessità di definire un metodo scientifico per la progettazione degli interventi di risanamento basata su una corretta successione di fasi di diagnosi, di qualificazione ed applicazione delle tecnologie e di collaudo degli interventi.

TECHNOLOGIES FOR THE RECOVERY OF BUILT HERITAGE

Capillary rising damp: diagnosis and methods of intervention. From the physical barriers to the Charge Neutralization Technique

The masonry walls pathologies caused by the damp phenomena represent the most widespread forms of deterioration of the built heritage and, in particular, of the cultural assets. The porous nature of building materials smooth the progress of the moisture content penetration into the wall structures that, rich in salts, negatively affects the mechanical and thermal characteristics of the load-bearing elements and the building veneer, often affecting the healthiness of the rooms and the preservation of precious decorative layers.

Despite the widespread diffusion of such pathologies and the harmful effects on safety, health, and conservation of cultural built heritage, wall dampness has always been considered a "second order" issue with regards to the seismic and energetic topics that have engaged most of the academic resources. Scientific research in the field of capillary rising damp, mainly developed by sectorial enterprises, has not identified -aside from particular exceptions- system, process and product innovations, sufficiently tested and resolved for those pathologies connected to the different "damp typologies." Among these indeed emerge those caused by the capillary rising damp into the historical, artistic and monumental building heritage walls.

The rising action, caused by the natural attraction that the capillary system of the materials exerts through simple contact with the water molecules present in the subsoil, represents the field of greatest operational and research complexity. The attempt to remove the source by isolating the existing wall structures from the foundation soil has involved many scholars, in the past, to focus on methods (i.e., mechanical, chemical, evaporative and electrical approaches) which were able to block the arising, to support the disposal of the internal water content or to contrast the rise by introducing artificial electric fields into the walls. The most promising technological innovation, supported by numerous scientific experiments, is the "Charge Neutralization Technique" (CNT). The proposed methodology, posing as an evolution of traditional electrical interventions, entrusts its effectiveness to the action of a weak electromagnetic field which, spreading by air, frees its efficacy from the particular wall system and acts on the electric water behaviour, countering the recall actions within the capillary system.

The Conference aims to raise up the debate focussing on the masonry pathologies caused by damp phenomena, with particular reference to the weathering action backed by capillary rising damp, supporting the need to define a scientific method for the design of retrofit interventions based on a correct succession of diagnosis stages, qualification and application of technologies and testing of interventions.

PREMIO TESI DI LAUREA | DEGREE THESIS AWARD

Nel corso dell'evento saranno premiate le due migliori tesi di laurea triennali e/o magistrali discusse nel triennio 2016-18 sui temi dell'umidità nelle costruzioni.

During the event will be awarded the two best three-year and/or magistral thesis dissertations discussed during the period 2016-2018 on the issues of humidity in construction.



CNT-APPs
Research Project

CHARGE
NEUTRALIZATION
TECHNOLOGY
Applications

SEGRETERIA CNT-Apps

20025 Legnano (MI) Italia Corso Sempione, 215/B
Tel. 0331 454845 Cel. 328 588193 info@cnt-apps.com

**Si ringraziano i Partner industriali
che hanno contribuito alla realizzazione dell'evento:**



COMITATO SCIENTIFICO | SCIENTIFIC COMMITTEE

Raymond Bondin (Ambasciatore Emerito di Malta presso UNESCO)

Mercedes Del Rio Merino (Universidad Politécnica de Madrid)

Antonella Guida (Università degli Studi della Basilicata)

Antonello Pagliuca (Università degli Studi della Basilicata)

Nicola Cardinale (Università degli Studi della Basilicata)

Antonio Bixio (Università degli Studi della Basilicata)

Antonio Conte (Università degli Studi della Basilicata)

Graziella Bernardo (Università degli Studi della Basilicata)

Michele D'Amato (Università degli Studi della Basilicata)

Nicola Masini (Università degli Studi della Basilicata)

Manlio Montuori (Università di Ferrara)

Roberto Castelluccio (Università di Napoli Federico II)

Claudio Modena (Università di Padova)

Paolo Maria Congedo (Università del Salento - Lecce)

Carlo Ostorero (Politecnico di Torino)

Giorgio Zavarise (Politecnico di Torino)

Casa Editrice

Luciano Editore

Tutti i diritti riservati.

© 2019 - Luciano Editore

Vietata la riproduzione anche in parte.

ISBN 978-88-6026-253-0

Stampa: www.darcoprint.it

SOMMARIO | SUMMARY

- pag. 11 **SESSIONE A1 - Tecniche e Metodi di intervento: Progetto di Ricerca CNT-APPS**
SESSION A1 - Techniques and methods of intervention: CNT-Apps Research Project
- pag. 13 **Umidità da risalita capillare. Il progetto di risanamento delle murature e la certificazione delle tecnologie.**
Prof. Ing. Roberto Castelluccio, Dott.ssa Ing. Veronica Vitiello (Università Federico II di Napoli)
- Pag. 15 **Risanamento di murature storiche dall'umidità di risalita capillare: applicazione della tecnologia a neutralizzazione di carica nell'intervento di restauro e recupero luministico presso la chiesa Confraternita della Misericordia in Torino.**
Prof. Ing. Carlo Ostorero (Politecnico di Torino)
- Pag. 19 **Experimental analysis of the rising damp by the comparison between different geometrical configurations, with and without the influence of the CNT system: mono and multi-blocks of carparo and pietra leccese.**
Prof. Ing. Giorgio Zavarise (Politecnico Torino), Dott. Ing. Paolo Maria Congedo, Prof.ssa Cristina Bagliivo, Prof. Pasquale Di Gloria (Università del Salento)
- Pag. 21 **Sali igroscopici ed umidità da risalita capillare nell'esperienza di palazzo Renata di Francia in Ferrara: soluzione d'intervento mediante tecnologia a neutralizzazione di carica.**
Dott. Arch. Manlio Montuori (Università di Ferrara)
- Pag. 23 **La tecnologia a neutralizzazione di carica CNT per l'eliminazione e prevenzione dell'umidità da risalita capillare nelle murature: differenze e vantaggi rispetto alle tecniche elettrofisiche a inversione di polarità.**
Dott. Ing. Michele Rossetto (Partner industriale Progetto CNT-APPs)
- pag. 27 **SESSIONE A2 - Tecniche e Metodi di intervento: applicazioni e sperimentazioni**
SESSION A1 - Techniques and methods of intervention: treatments and tests
- Pag. 29 **Protezione e risanamento del manufatto edilizio dall'umidità di risalita capillare: casi applicativi della tecnologia a neutralizzazione di carica nel territorio appulo-lucano.**
Prof. Ing. Nicola Cardinale (Università della Basilicata)
- Pag. 33 **Risanamento delle murature dall'umidità di risalita capillare: casi applicativi della tecnologia a neutralizzazione di carica in edifici di interesse nazionale.**
Arch. Ph.D. Bianca Codacci Pisanelli (MiBAC - Ministero per i Beni e le Attività Culturali)
- Pag. 35 **Problematiche conservative e risanamento di edifici storici affetti da umidità: applicazioni ed esperienze a lungo termine della tecnologia a neutralizzazione di carica in territorio ligure.**
Dott.ssa Arch. Angela Acondon (Soprintendenza MiBAC Lucca e Massa Carrara)
- Pag. 39 **The weathering processes of the volcanic tuffs used in the Etruscan tombs of Norchia necropolis (Northern Latium, Italy), microclimatic conditions influencing their surface and structural decay, possible new technologies and materials aimed at their conservation.**
Dott. Piero Ciccioli (IMC-CNR), Dott.ssa Laura Ambrosini (ISMA-CNR), Dott.ssa Sabrina Gualtieri (ISTEC-CNR)

- Pag. 47 **Dry envelope systems for base coating. The case of “Mater Domini” church in Laterza.**
Prof. Ing. Antonello Pagliuca, Phd st. Donato Gallo, Arch. Phd st. Pier Pasquale Trausi
(University of Basilicata - Department of European and Mediterranean Cultures)
- Pag. 49 **Architettura e acqua nei trattati di Vitruvio e dell’Alberti. Interpretazioni dell’abitare ipogeo.**
Prof. Arch. Antonio Conte, Arch. Phd st. Margherita Tricarico, Arch. Phd st. Roberto Blasi
(Università degli Studi della Basilicata. Dipartimento delle Culture Europee e del Mediterraneo)
- pag. 51 **SESSIONE B - Metodi per la diagnosi, la misurazione e la verifica degli interventi**
SESSION B - Tools and methods for the diagnosis, the extent assessment and the result impact evaluation
- Pag. 53 **Sulle tecnologie per il monitoraggio non invasivo dell’umidità nelle murature.**
Prof. Ing. Luigi Mollo, Ing. PhD Rosa Agliata (Università della Campania “L. Vanvitelli”)
- Pag. 55 **Un approccio diagnostico integrato per la salvaguardia del patrimonio storico finalizzato alla verifica delle patologie da umidità.**
Arch. Guido Roche (Consulente e docente Agenzia CasaClima)
- Pag. 57 **Umidità nelle costruzioni: il ruolo delle normative tecniche per la misura, la diagnosi e la verifica degli interventi di risanamento.**
Dott. Ernesto Borrelli (SAF/ISCR Matera), Dott. Marco Bartolini e Dott.ssa Luciana Festa (ISCR Roma)
- Pag. 59 **Difficoltà e limiti del monitoraggio dell’umidità in situazioni complesse.**
Prof. Arch. Rita Vecchiattini (Dipartimento Architettura e Design, Scuola Politecnica, Università degli Studi di Genova)
- pag. 61 **SESSIONE C - Umidità, salute, sicurezza e comfort ambientale**
SESSION C - Managing damp problems, health, safety and environmental comfort
- Pag. 63 **La qualità dell’aria indoor negli ambienti museali e culturali.**
Dott. Gaetano Settimo (Coordinatore del Gruppo di Studio Nazionale - GdS Inquinamento Indoor, Istituto Superiore di Sanità, Roma)
- Pag. 65 **Diagnostica e soluzioni tecnologiche per la riqualificazione ed il risanamento edilizio. Tecnologie a decontaminazione controllata per ambienti da sanificare.**
Dott. Ing. Carmine Rinaldi (Amministratore Unico e Direttore Tecnico RI.EL.CO. IMPIANTI S.r.l.)
- Pag. 67 **Sperimentazione tecnologica e risanamento conservativo. Benessere ambientale ed igrometrico dei Sassi di Matera.**
Prof. Arch. Antonella Guida, Arch. Phd st. Vito D. Porcari (Dipartimento delle Culture Europee e del Mediterraneo, Unibas Matera), Arch. Phd st. Ida G. Presta (Dipartimento di Scienza dell’Ingegneria Civile e dell’Architettura, Politecnico di Bari)
- Pag. 69 **L’importanza delle corrette valutazioni termo-igrometriche e modalità di posa nel caso di isolamento termico dall’interno: UNI EN ISO 13788 e UNI EN 15026.**
Prof. Ing. Nicola Cardinale (Dipartimento delle Culture Europee e del Mediterraneo, Unibas Matera), Ing. Phd Stefania Liuzzi, Chiara Rubino, Pietro Stefanizzi (Politecnico di Bari)
Alessandro Miliani (Consiglio Direttivo ANIT)

- Pag. 71 **Il comfort ambientale tra innovazione e tradizione: sinergie necessarie.**
Dott.ssa Arch. Virginia Rossini (Già Vicepresidente Ordine Architetti P.P.C. di Roma e provincia – Fondatrice e Presidente Associazione A.B.A.C.O. Ambiente Benessere Architettura Cultura Opportunità)
- Pag. 73 **Architettura e acqua nei canali della città di Guangzhou in Cina. Dispositivi per il confort ambientale fra tradizione e innovazione.**
Dott.ssa Arch. Phd Marianna Calia (Università degli Studi della Basilicata - DiCEM)
- Pag. 75 **Soluzioni per la salubrità dell'aria all'interno degli edifici.**
Dott. Ing. Jaques Gandini (Esperto di ventilazione HVAC per ALPAC Srl - Helty Srl)

SESSIONE A1

Tecniche e Metodi di intervento: Progetto di Ricerca CNT-APPs

Techniques and methods of intervention: CNT-Apps Research Project

Umidità da risalita capillare
Il progetto di risanamento delle murature e la certificazione delle tecnologie
Roberto Castelluccio, Veronica Vitiello

Università degli Studi di Napoli Federico II Dipartimento di Ingegneria Civile Edile ed
Ambientale Tel: + 39 81 7685993
roberto.castelluccio@unina.it; veronica.vitiello@unina.it

La presenza di acqua nel sottosuolo e la struttura capillare dei materiali da costruzione porosi determinano, per semplice contatto, la risalita del contenuto umido all'interno delle murature. In opposizione all'azione della gravità terrestre, l'acqua risale i condotti interni ai materiali da costruzione, occupa progressivamente il volume dei vuoti e raggiunge le sezioni in elevazione, evaporando attraverso le superfici perimetrali verso l'ambiente esterno.

Nel suo percorso di risalita, l'acqua funge da vettore per i contenuti salini disciolti in soluzione, trasportandoli verso l'alto; questi, non potendo evaporare, si depositano allo stato solido all'interno dei pori in corrispondenza della sezione di evaporazione, sia essa superficiale (intonaco) o interna (muratura).

La saturazione del sistema poroso dovuta al continuo deposito di sali determina l'insorgere di stati di sollecitazione che producono rigonfiamenti, distacchi e fenomeni di degrado superficiale. Inoltre diverse sperimentazioni hanno dimostrato l'effetto negativo della presenza del un contenuto umido all'interno delle murature in termini di riduzione delle prestazioni meccaniche dei materiali ed energetiche dell'involucro edilizio oltre che rappresentare una delle principali cause di inquinamento dell'aria indoor.

Considerando inoltre che i fenomeni di umidità da risalita si sviluppano in misura prevalente su edifici in muratura che spesso ospitano al proprio interno preziose testimonianze artistiche, come nel caso dei musei, pinacoteche, palazzi nobiliari, ecc..., appare ancor più importante che le patologie da umidità da risalita assurgano ad un ruolo di importanza primaria e non siano considerate come un fenomeno secondario, sfuggendo alle normali dinamiche di approccio metodologico e sperimentale che caratterizzano gli ambiti disciplinari dell'adeguamento sismico ed efficientamento energetico.

Il contributo presentato, sulla scorta delle analisi teoriche della patologia, è finalizzato ad evidenziare la necessità di sviluppare un rigoroso percorso progettuale degli interventi di risanamento delle murature umide affette da umidità da risalita capillare che, allo stato attuale, sono spesso definiti senza un opportuno approfondimento e facendo ricorso in maniera acritica alle tecnologie ed ai materiali proposti dal mercato.

Contestualmente si approfondisce la necessità di adottare, da parte delle Amministrazioni Centrali, un processo di certificazione di idoneità dei materiali, dei prodotti e delle tecnologie

che, sulla scorta di attendibili verifiche sperimentali di Enti terzi garantisce il progettista e l'utente finale rispetto alla qualità ed alla reale efficacia degli interventi proposti che, allo stato attuale, sono spesso affidati alle dichiarazioni unilaterali delle aziende produttrici.

Su questa linea si è sviluppata l'attività di verifica prestazionale del metodo CNT[®] che il gruppo di ricerca interuniversitario CNT-APPs [Charge Neutralization Technology. Applications - Università degli Studi di Ferrara, Università degli Studi di Napoli "Federico II", Università degli Studi del Salento, Politecnico di Torino, Università degli Studi di Padova] ha sviluppato nell'ambito del progetto "*Masonry affected by rising damp: charge neutralization technology applications*" in collaborazione con partner industriali Domodry s.r.l. e Leonardo Solution s.r.l., ed i cui risultati sono contenuti nei numerosi articoli scientifici pubblicati (www.cnt-apps.com).

Lo studio è stato inoltre esteso in campo internazionale mediante la ricerca sperimentale "*Sistemi industrializzati innovativi e non invasivi per la caratterizzazione del contenuto umido e del risanamento delle murature storiche e dei siti archeologici, patrimonio UNESCO, affette da umidità da risalita capillare*" condotta in partnership tra: Il Dipartimento di Ingegneria Civile Edile Ambientale dell'Università degli Studi di Napoli Federico D.I.C.E.A., Polytechnic University of Madrid, "Escuela Técnica Superior de Edificación e Leonardo Solution s.r.l. – Domodry s.r.l., che ha esteso la verifica ai casi dei siti storici del Cuartel El Conde Duque e Escuela Técnica Superior de Minas y Energía di Madrid e della Basilica Pontifica di Pompei. Il progetto, proposto dal

D.I.C.E.A. è stato finanziato nell'ambito del Programma Operativo Nazionale FSE-FESR Ricerca e Innovazione PON RI 2014-2020 mediante borsa triennale di "Dottorato innovativo con caratterizzazione Industriale" nell'ambito del corso di Dottorato "Ingegneria dei sistemi civili - XXXII ciclo".

Key Word: Umidità da risalita, Progetto di risanamento, Certificazione materiali, Ricerca industriale, Patrimonio culturale, Inquinamento indoor

Risanamento di murature storiche dall'umidità di risalita capillare: applicazione della tecnologia a neutralizzazione di carica (CNT) nell'intervento di restauro e recupero luministico presso la chiesa della Confraternita della Misericordia in Torino

Prof. Ing. Carlo Ostorero

Politecnico di Torino, Dipartimento di Ingegneria Strutturale Edile e Geotecnica

Sommario: Gli eccellenti risultati forniti dalla tecnologia a neutralizzazione di carica (CNT), applicata nell'ambito dell'intervento di restauro e recupero luministico della storica chiesa della Confraternita della Misericordia in Torino, hanno consentito di porre le basi per la riqualificazione e il recupero degli spazi del piano interrato, che in precedenza versavano in condizioni di estremo degrado e fortissima umidità.

Introduzione

Come noto, l'umidità da risalita capillare è una patologia assai diffusa nel patrimonio edilizio costruito, che può incidere in modo particolarmente negativo sulla conservazione di edifici e murature storiche. Ciononostante, il mondo della ricerca tecnologica ha considerato il fenomeno dell'umidità nelle strutture murarie come patologia secondaria rispetto ad altri temi, quali ad esempio la sismica e la riqualificazione energetica: di conseguenza, anche la ricerca scientifica universitaria non ha segnato alcun progresso significativo negli ultimi 20 anni, lasciando il campo agli operatori del mercato che, in uno scenario incontrollato e in assenza di una normativa cogente, non sempre hanno proposto interventi adeguatamente sperimentati ed efficaci.

A riprova di questo, basta pensare ai vari sistemi a funzionamento elettrico da vari decenni impiegati per contrastare l'umidità di risalita, sia nell'edilizia storica che residenziale: sistemi elettro-osmotici e/o elettrofisici agenti sul comportamento elettrico della muratura e basati sul meccanismo di "inversione di polarità" della muratura stessa. Gli esiti di tali sistemi, che inizialmente parevano promettenti, sono stati però confermati solo in parte dalle applicazioni effettuate, che hanno sovente evidenziato un grado di efficacia solo parziale e/o instabile, a causa del non uniforme funzionamento dei sistemi stessi determinato dalla grande variabilità ed eterogeneità dei materiali da costruzione.

Di contro, le ricerche svolte in altri settori scientifici - in particolare in quello della microfluidodinamica - hanno evidenziato che il movimento dell'acqua all'interno delle murature è sostanzialmente generato da debolissime forze attrattive di natura elettrostatica che le pareti dei capillari dei materiali lapidei esercitano sulle molecole d'acqua e che, per esempio, è possibile incidere sul comportamento inerziale dell'acqua all'interno dei capillari, neutralizzando le molecole stesse con l'introduzione di deboli campi elettrici.

Nell'ultimo decennio, quindi, l'avanzamento scientifico ha stimolato la ricerca industriale, consentendo lo sviluppo di una tecnica più avanzata e maggiormente efficace: la CNT (acronimo di Charge Neutralization Technology, tecnologia a neutralizzazione di carica) che, prescindendo dalle caratteristiche materiche e costruttive della muratura, affida l'azione di interruzione della risalita al meccanismo della "neutralizzazione di carica" dell'acqua, riuscendo così a superare i limiti palesati dai sistemi elettrofisici.

A conferma della validità del metodo, nel presente lavoro si illustra il caso studio rappresentato dall'applicazione di un impianto CNT, nell'ambito dell'intervento di restauro e recupero luministico presso la storica chiesa della Confraternita della Misericordia in Torino.

Tale applicazione - inserita nel Progetto di ricerca CNT-APPs che, oltre allo scrivente, vede coinvolti ricercatori di varie università – ha consentito di porre le basi per il rifacimento totale degli intonaci sulle porzioni di involucro esterno ed interno ed il rifacimento delle superfici a pavimento che hanno riacquisito l'originale rivestimento lapideo previa la collocazione di impianto radiante a pavimento collegato a sonde geotermiche.

L'applicazione della CNT è inoltre propedeutica al futuro intervento di riqualificazione degli spazi del piano interrato sottostante l'aula centrale della chiesa, spazi che in precedenza versavano in condizioni di estremo degrado e fortissima umidità e che, una volta recuperati, potranno essere finalmente adibiti alla conservazione degli importanti fondi archivistici e reperti storici della Confraternita.



Fig.1 – La chiesa della Confraternita della Misericordia in Torino, nei cui spazi al piano interrato è stata applicata la tecnologia CNT oggetto del presente studio.

Riferimenti bibliografici

- [1] Codacci Pisanelli B. (Direzione Generale Ministero per i Beni e le Attività Culturali), *“Tutela del Patrimonio Storico: priorità degli interventi di deumidificazione. Esempio del restauro della chiesa di San Matteo in Lecce”*, Atti del Convegno Unesco *“METODO SCIENTIFICO ED INNOVAZIONE TECNOLOGICA PER LA SALVAGUARDIA E RECUPERO DEL PATRIMONIO STORICO.”*, Ragusa Ibla 5 e 6 ottobre 2012, Comune di Ragusa.
- [2] Zavarise G., Congedo P., D’Agostino D. (Università del Salento, Dipartimento di Ingegneria dell’Innovazione), *“L’umidità di risalita capillare negli edifici in pietra leccese: fenomeni di degrado fisico-chimico indotti sulle murature e casi applicativi del sistema a neutralizzazione di carica in edifici storici a Lecce”*, Atti del Convegno Unesco *“METODO SCIENTIFICO ED INNOVAZIONE TECNOLOGICA PER LA SALVAGUARDIA E RECUPERO DEL PATRIMONIO STORICO”*, Ragusa Ibla 5 e 6 ottobre 2012, Comune di Ragusa
- [3] Rossetto M. (Direttore Tecnico di Leonardo Solutions – Domodry), *“Capillary rising damp in historical buildings: charge neutralization technology - a needful zero-impact instrument to prevent and resolve the problem once and for all”*, Atti del Congresso

scientifico "BUILT HERITAGE 2013: Monitoring Conservation Management", Politecnico di Milano 18-20 novembre 2013.

- [4] Favaro T, Trovò F. (Soprintendenza di Venezia e Laguna), 2015, "*I problemi di umidità di risalita a Venezia: sperimentazione del sistema CNT nell'ambito del restauro della chiesa di S. Antonin*", Rivista online "Siti Unesco".
- [5] Castelluccio R., Vitiello V. (Università degli Studi di Napoli Federico II), "*Deleting of rising damp in the archaeological site of Piazza Armerina through the application of the technology by neutralising electrical charge T.N.C.*", Atti del XIV International Forum of Studies 'Le Vie dei Mercanti' WORLD HERITAGE AND DEGRADATION, Naples and Capri, 16-18 June 2016
- [6] Castelluccio R., Vitiello V. (Università degli Studi di Napoli Federico II), Rossetto M. (Gruppo Leonardo Solutions - Domodry), "*Heritage 4.0. Cultural sites the integrated system C.N.T. for rising damp diagnosis - recovery – monitoring*", Atti del IX Convegno Internazionale AIES "diagnosis for the conservation and valorization of cultural heritage" - Napoli 13-14 dicembre 2018.

Experimental analysis of the rising damp by the comparison between different geometrical configurations, with and without the influence of the CNT system: mono and multi-blocks of *carparo* and *pietra leccese*.

Cristina Baglivo¹, Pasquale Di Gloria¹, P.M. Congedo¹, G. Zavarise²

¹Department of Engineering for Innovation, University of Salento, via per Monteroni - 73100 Lecce, Italy

²Department of Structural, Geotechnical and Building Engineering, Polytechnic University of Turin, Corso Duca degli Abruzzi, 24 - 10129 Turin, Italy

Summary: The rising damp is the principal cause of the deterioration of the masonry in the existing constructions. Since *carparo* and *pietra leccese* are the most used materials in southern Italy, this study aims to underline the trend of the rising damp for the two building materials considering mono and multi-block configurations. All analyzes were developed with and without the influence of the CNT (Charge Neutralization Technology) system.

Introduction

The phenomenon of rising damp is very common in historic buildings. Several studies analyze the rising damp phenomenon. The maximum height reached by humidity depends on the weight of three factors involved: water supply from the ground, water evaporation and from the characteristics of building materials (quantity and size of pores, pore connectivity, etc.). The variation of one or more of these three factors determines a different ascent height [1]. The study [2] carried out several numerical simulations considering several thicknesses ranging from 20 cm to 1.00 m and different compositions (two kinds of limestone and two kinds of Granite). The capillarity is a phenomenon that regulates rising dampness in a wall [3]. The water, subject to the capillarity, rises through the ducts, naturally present in the subsoil, until it meets with different construction materials. The heights reachable by the rising damp is equal to 15 m. The presence of different materials with different pore sizes, such as cement mortar and bricks, limits the height to one or two meters. The presence of salts [4] influences the height at which water rises into the wall.

The common materials, such as *carparo* and *pietra leccese*, are very porous and the phenomenon of rising damp is facilitated. This study puts in evidence the difference between these two materials with geometrical configurations.

Experimental analysis

The aim is to analyze the phenomenon of rising damp on the initially dry samples that are subsequently positioned into a freshwater tank, monitoring the phenomenon starting from the initial moment of capillary rise.

The day before starting the experimental analysis, the samples are placed in the dry tank, to allow acclimatization and stabilization of the surface temperature. The positioning inside the tanks involves the use of a support that allows the wetting of the lower base of each column.

To check the microclimatic conditions around the columns, a data logger has been placed near the sample. A daily replenishment of the water in the tanks was carried out to maintain the constant level of immersion of the column base (3 cm). Through continuous monitoring, based on a close sequence of thermographic shots and weighing at defined time intervals, it has been possible to have a qualitative and quantitative result of the water propagation inside the columns.

Figure 1 shows an example of visible imaging and thermography of *pietra leccese* and *carparo* for mono-block and *carparo*, *pietra leccese* and *tuff* for multi-blocks.



Figure 1: example of visible imaging and thermography of *pietra leccese* and *carparo* for mono-block and *carparo*, *pietra leccese* and *tuff* for multi-blocks.

The analysis has been done for two monolithic blocks, a *pietra leccese* block of $100 \times 20 \times 20 \text{ cm}^3$ and *carparo* block of $95 \times 20 \times 20 \text{ cm}^3$. At defined time intervals, the following actions have been taken: shooting of visible and thermographic images, weighing of each block, reintegration of water in the tank and graphical representation of the absorption curves.

The same analysis has been carried out for the multi-blocks case. The three samples consist of 10 blocks ($20 \times 20 \times 20 \text{ cm}^3$) in *carparo*, *pietra leccese* and *tuff*. The contact between the blocks has been made with a suitable absorbent material (cotton fabric), in order to guarantee a good contact surface. The blocks and the cotton fabrics are numbered from bottom to top and each block has been weighted before and during the rising damp phenomenon, in order to evaluate the amount of water absorbed at different heights and to reposition everything in the same position.

Results and discussions

This study points out the first month of the analysis for mono and multi-blocks (Figure 3). The mono-block is analyzed from 15th January 2019 to 14th February 2019, while the multi-blocks block from 5th July 2018 to 31st July 2018. It is possible to note that the materials are strongly susceptible to rising damp, in fact, there is an exponential increase in the height of rising damp from the first day.

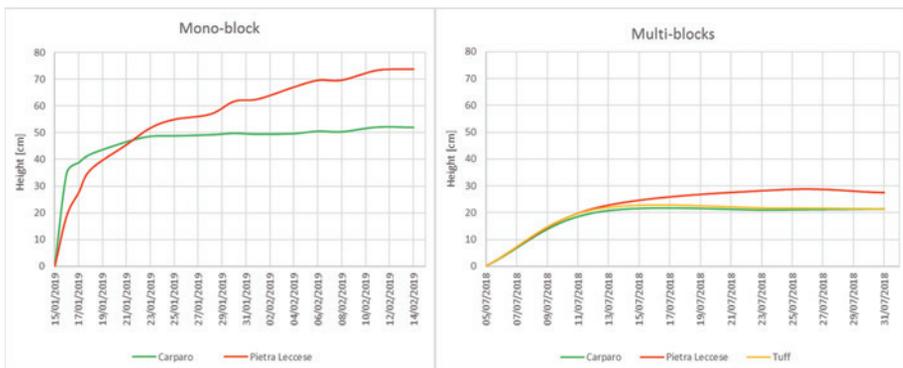


Figure 3: Mono and multi-blocks: height of rising damp during the first month.

Applications of the CNT system in historical buildings in Lecce

Moreover, in the present work applications and results of the CNT system relating to the following case-histories are illustrated:

- ! Cripta del Duomo di Lecce
- ! Chiesa di S. Matteo
- ! Edificio Universitario “Buon Pastore”

References

[1] Elisa Franzoni, State-of-the-art on methods for reducing rising damp in masonry, Journal of

Sali igroscopici ed umidità da risalita capillare nell'esperienza di palazzo Renata di Francia in Ferrara: soluzione d'intervento mediante tecnologia a neutralizzazione di carica

Manlio Montuori¹

¹*Labo.R.A. – Laboratorio di Restauro Architettonico del Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Ferrara % TekneHub, Tecnopolo dell'Università degli Studi di Ferrara – Ferrara*

manlio.montuori@unife.it

Sommario:

L'azione deteriorogena dovuta alla presenza di formazioni saline nelle murature può influire in modo significativo sul ciclo di vita del patrimonio edilizio, sia storico che contemporaneo. In questo articolo, vengono analizzati i vari meccanismi di danno ai materiali da costruzione indotti dalla migrazione dei sali nelle murature che compongono l'isolato ferrarese di via Savonarola, già via di San Francesco, sede del Rettorato dell'ateneo ferrarese. Viene discussa anche l'importanza delle indagini pertinenti la caratterizzazione che, in combinazione con la conoscenza dei meccanismi di trasporto dei sali e dell'umidità, può dare indicazioni utili sulle opzioni di trattamento preventive o contemporanee all'azione di neutralizzazione dell'umidità da risalita per capillarità mediante la tecnologia a neutralizzazione di carica. Proprio la presenza dell'umidità di risalita per capillarità è un'altra causa delle patologie che affliggono, nello specifico, l'edilizia specialistica che insiste su via Savonarola e che è resa ancora più grave proprio per la presenza dei sali. Vengono quindi valutati i metodi di trattamento del danno salino, comprese le tecniche passive basate sul controllo ambientale, la riduzione del trasporto dell'acqua o la conversione a sali meno solubili e le procedure attive che portano alla rimozione di sali dalle zone di deterioramento. In conclusione, si illustra l'articolata procedura messa in atto dal Laboratorio di Restauro Architettonico (Labo.R.A.) con il partner tecnologico Leonardo Solutions – Domodry, di concerto con il personale dell'area tecnica dell'ateneo ferrarese e sotto l'alta sorveglianza della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per la Città di Bologna e le Province di Modena, Reggio Emilia e Ferrara, Unità Tecnica territoriale di Ferrara, consistita nell'installazione di un primo dispositivo CNT (acronimo di: Charge Neutralization Technology, Tecnologia a Neutralizzazione di Carica) contemporaneamente ad un sistema di ventilazione igroregolato al basamento presso la Sala degli Ermellini.

Introduzione

L'isolato di via Savonarola a Ferrara è il centro più rappresentativo dell'ateneo ferrarese, ospitando il Rettorato, alcune segreterie per gli studenti, ed il Dipartimento di Studi Umanistici; tuttavia, a seguito della sequenza sismica del Maggio 2012 è stato necessario allontanarsi dai locali per gli ingenti danni riportati. L'evento, da tragico qual è stato, si è trasformato nell'occasione per porre rimedio ad una serie di problematiche sulle quali sono andate a sovrapporsi le offese inferte dal sisma. Nell'attesa di avviare le attività di restauro e consolidamento, si è deciso di impiantare un cantiere pilota in palazzo Renata di Francia per acquisire un quadro conoscitivo, il più ampio possibile, del contesto su cui si andrà ad operare, ponendo particolare attenzione alla caratterizzazione dei sali igroscopici che

rappresentano un problema severo ulteriormente accentuato dalla presenza nelle murature dell'umidità da risalita capillare. Infatti, oltre ai processi di degrado innescati dalle repentine alterazioni del gradiente termico, dagli effetti erosivi esercitati dalle azioni meccaniche di vento e acqua, e dai cambiamenti di fase della stessa acqua, il danno indotto dalla presenza dei sali solubili, sia di tipo chimico sia di natura fisica, tende ad estendersi grazie ai processi di migrazione di cui è responsabile l'umidità. Dalla neutralizzazione di quest'ultima è possibile ridurre drasticamente l'effetto di danno causato dalle patologie di degrado e, pertanto, è stata sviluppata una prima azione di contrasto alla risalita dell'umidità per capillarità nelle murature d'ambito della Sala degli Ermellini, la più sensibile ai fenomeni deteriorogeni per la presenza delle toghe e delle stole in ermellino indossate dal personale docente dell'ateneo ferrarese nel corso di eventi e cerimonie ufficiali. A tal fine, sarà efficace l'illustrazione del processo di deumidificazione, presentando dettagliatamente i dati della campagna diagnostica per discutere i risultati dell'azione di asciugamento.



Fig.1

Ferrara, Palazzo Renata di Francia:
fronte esposto a Sud della corte interna

*Ferrara, Renée of France palace:
southern front of the inner court*



Fig. 2

Ferrara, Palazzo Renata di Francia:
la doppia loggia dell'ala Nord prospiciente
la Sala degli Ermellini

*Ferrara, Renée of France palace:
the two-faced loggia of the north wing facing
the Sala degli Ermellini*

Referenze bibliografiche

- [1] Rossetto M., (2013). *Capillary rising damp in historical buildings: electrophysical charge neutralization technology - a needful "zero impact" instrument to prevent and resolve the problem once and for all*. In Boriani, M., Gabaglio, R., Gulotta, D.,(ed.), Proceedings of the International Conference "Built Heritage 2013 – Monitoring, Conservation, Management" Milan-Italy, 18-20 November 2013, pp.1203-1211.
- [2] Aa.Vv., (2013). Records of UNESCO Convention "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", Ragusa Ibla, 5-6 Ottobre 2012.

La tecnologia a neutralizzazione di carica CNT per l'eliminazione e prevenzione dell'umidità da risalita capillare nelle murature: differenze e vantaggi rispetto alle tecniche elettrofisiche a inversione di polarità.

Michele Rossetto

Ingegnere Civile, Direttore tecnico di Leonardo Solutions Srl (Partner industriale del Progetto inter-universitario CNT-APPs Research Project).

Sommario: Rispetto ai sistemi elettrofisici “a inversione di polarità”, la più avanzata tecnologia a neutralizzazione di carica (CNT) presenta un grado di efficacia e stabilità di risultato decisamente superiore, tale da garantire la totale eliminazione e prevenzione dell’umidità di risalita in murature di qualsiasi epoca, materiale e tipologia costruttiva.

Introduzione

L’umidità da risalita capillare costituisce una delle patologie 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 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 di tali sistemi ha, per converso, fornito lo stimolo per la sperimentazione e lo sviluppo industriale di una soluzione completamente originale e innovativa e pienamente efficace, quale appunto la tecnologia CNT qui illustrata.

La CNT - acronimo di “Charge Neutralization Technology”, tecnologia a neutralizzazione di carica - è stata ideata per superare e migliorare l’efficacia dei vari sistemi elettrofisici “ad inversione di polarità” già in uso e, per quanto ormai obsoleti, ancor oggi presenti sul mercato. La realizzazione della CNT, basata su un principio di concezione totalmente nuova, è stata resa possibile nel 2009 grazie ad importanti scoperte scientifiche nell’ambito della micro-fluidodinamica risalenti ai primi anni 2000.

Ciò che differenzia la CNT da qualsiasi altro sistema di tipo elettrico o elettromagnetico è il suo **originale principio di funzionamento**: anziché agire per inversione di polarità della muratura, la CNT **neutralizza**, al contatto acqua-muratura, la capacità delle molecole d’acqua di polarizzarsi, facendo in modo che rimangano globalmente neutre (ovvero non polarizzate) come normalmente sono in assenza del campo elettrico induttore esercitato dalla muratura. Di conseguenza, con la CNT in funzione l’acqua non può più essere attratta per differenza di carica da parte dei capillari della muratura: **la risalita viene quindi interrotta alla radice** (Fig.1).

In tal modo, la CNT riesce una volta per tutte a superare il problema della scarsa efficacia e/o instabilità di risultato che notoriamente caratterizza i sistemi a inversione di polarità i quali invece, agendo sul comportamento elettrico della muratura – e non dell’acqua – risultano fortemente disturbati dalla disuniformità e/o variabilità di comportamento, tipica della muratura stessa.

Per tale motivo, la CNT rappresenta oggi **l’unico metodo** in grado di garantire, in qualsiasi tipo di muratura, la totale eliminazione dell’umidità di risalita in modo pienamente efficace e stabile nel tempo, come dimostrano i dati sperimentali pubblicati in **numerosi articoli scientifici** e gli oltre 4.000 impianti installati con pieno successo dal 2009 ad oggi.

Grande è l'interesse del mondo scientifico per la tecnologia CNT: al fine di mettere in rete e diffondere, in tutto il mondo dell'edilizia e del restauro, le conoscenze sui risultati della CNT, nel 2016 è stato avviato il **Progetto di ricerca inter-universitario "CNT-APPs"**, con capofila le Università di Ferrara, Lecce, Napoli, Padova e Torino. Inoltre, nel 2017 il progetto congiunto di due Università internazionali - il Politecnico di Madrid e la Federico II di Napoli - ha ottenuto un finanziamento europeo per uno specifico **Dottorato di ricerca sulla CNT**. I dati sperimentali sulla CNT sono documentati da **numerose pubblicazioni scientifiche**, gran parte delle quali reperibili nel sito web del Progetto CNT-APPs al seguente indirizzo: www.cnt-apps.com

Anche da parte delle Istituzioni, la CNT viene oggi considerata **la più importante innovazione** per la risoluzione definitiva dell'umidità di risalita nell'edilizia storica e nelle costruzioni in genere, come dimostra il parere estremamente positivo espresso già nel 2014 dalla **Direzione Generale del Ministero dei Beni Culturali** in occasione del Salone del Restauro di Ferrara.

Dopo un intero decennio di installazioni passate attentamente al vaglio delle Committenze più autorevoli ed esigenti, con risultati validati dalle sperimentazioni condotte sul campo da importanti Università, oggi la CNT rappresenta senza alcun dubbio **la soluzione contro l'umidità di risalita più testata e controllata in assoluto**, dunque **la più sicura per chi aspira alla certezza del risultato**, al riparo da qualsiasi imprevisto.

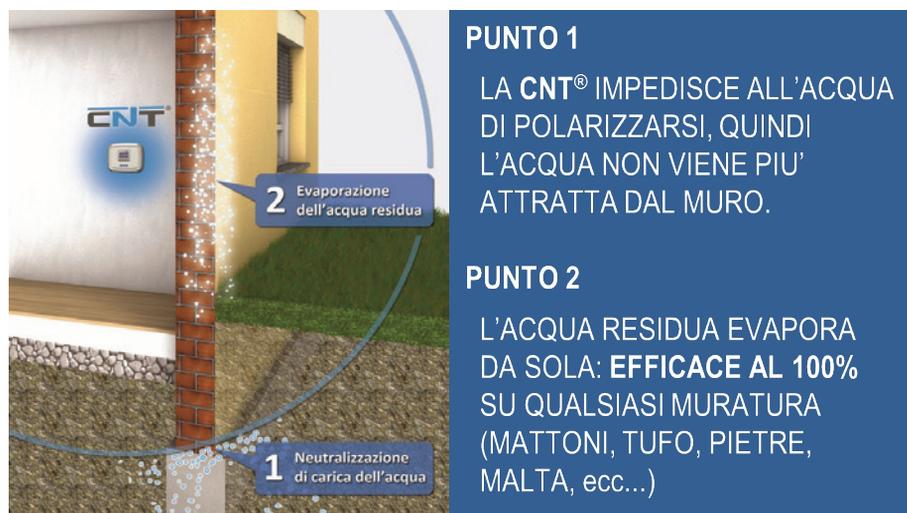


Fig.1 – Principio di funzionamento della tecnologia CNT

Riferimenti bibliografici

- [1] AA.VV., 2013, Atti del Convegno Unesco *"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"*, Ragusa Ibla 5 e 6 ottobre 2012, Comune di Ragusa.
- [2] Hyejin Moon, Sung Kwon Cho, Robin L. Garrell, Chang-Jin Kim, 2002, *"Low voltage electrowetting-on-dielectric"*, University of California, Los Angeles (UCLA), JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, Vol. 92, No. 7, 1 October 2002.
- [3] Massari I., Massari G., 1985, *Il Risanamento igienico dei locali umidi*, Roma.
- [4] Paunovic M.; Schlesinger M., 1998, *"Fundamentals of electrochemical deposition"*,

Wiley.

- [5] Prins M.W.J., Welters W.J.J., Weekamp J.W., 2001, "*Fluid Control in Multichannel Structures by Electrocapillary Pressure*", Philips Research Laboratories Eindhoven, The Netherlands, SCIENCE Vol.291, pp.277-280, 12 January 2001 - Copyright © 2001 American Association for the Advancement of Science.
- [6] Roche G., 2012, *La Termografia per l'edilizia e l'industria. Manuale operativo per le verifiche termografiche*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna (RN).
- [7] Valentini M., 2009, *Prime verifiche sull'efficacia di un sistema elettrofisico per la deumidificazione delle murature*, VII Congresso Nazionale IGHC – Lo Stato dell'Arte – Napoli, 8-10 Ottobre 2009
- [8] Castelluccio R., Vitiello V. (Università degli Studi di Napoli Federico II), "*Deleting of rising damp in the archaeological site of Piazza Armerina through the application of the technology by neutralising electrical charge T.N.C.*", Atti del XIV International Forum of Studies 'Le Vie dei Mercanti' WORLD HERITAGE AND DEGRADATION, Naples and Capri, 16-18 June 2016
- [9] Castelluccio R., Vitiello V. (Università degli Studi di Napoli Federico II), Rossetto M. (Gruppo Leonardo Solutions - Domodry), "*Heritage 4.0. Cultural sites the integrated system C.N.T. for rising damp diagnosis - recovery – monitoring*", Atti del IX Convegno Internazionale AIES "diagnosis for the conservation and valorization of cultural heritage" - Napoli 13-14 dicembre 2018.
- [10] Favaro T, Trovò F. (Soprintendenza di Venezia e Laguna), 2015, "*I problemi di umidità di risalita a Venezia: sperimentazione del sistema CNT nell'ambito del restauro della chiesa di S. Antonin*", Rivista online "Siti Unesco".

SESSIONE A2

Tecniche e Metodi di intervento: applicazioni e sperimentazioni

Techniques and methods of intervention: treatments and tests

Protezione e risanamento del manufatto edilizio dall'umidità di risalita capillare: casi applicativi della tecnologia a neutralizzazione di carica nel territorio appulo-lucano

Prof. Ing. Nicola Cardinale

Università degli Studi della Basilicata, Dipartimento delle Culture Europee e del Mediterraneo

Sommario: Nell'ambito delle tecniche non invasive per il risanamento di murature affette da umidità di risalita, i casi applicativi della tecnologia a neutralizzazione di carica (CNT) in edifici storici e abitativi nel territorio appulo-lucano, qui illustrati, confermano efficacia e vantaggi di questo metodo innovativo rispetto ai sistemi elettrofisici ad inversione di polarità.

Introduzione

La presenza di umidità nelle murature – e in particolar modo quella da risalita capillare – è responsabile di gravi patologie del manufatto edilizio, legate: al degrado del materiale costruttivo per interazione chimica con l'acqua e i sali in essa disciolti, alla formazione di efflorescenze e muffe sulle superfici murarie, alla cristallizzazione dei sali solubili per evaporazione dell'acqua, alla disgregazione e polverizzazione del materiale.

Negli interventi di riqualificazione e/o recupero del costruito deve dunque essere posta particolare attenzione a tali problematiche, prevedendo già in sede di progetto idonee tecniche per la protezione ed il risanamento del manufatto edilizio dall'umidità di risalita, pena un'elevata probabilità di degrado accelerato di pareti e finiture, col rischio di inficiare in breve tempo la riqualificazione effettuata.

Se tutto ciò vale come assunto generale, a maggior ragione per i manufatti edilizi del territorio appulo-lucano, ove la tradizione costruttiva ha da sempre fatto uso, per la realizzazione delle strutture murarie portanti e relativi tamponamenti, dei materiali più facilmente reperibili nelle cave locali, principalmente tufi e/o calcareniti, caratterizzati da un grado di imbibizione e sensibilità all'acqua assai elevato.

I metodi tradizionalmente utilizzati per contrastare la risalita capillare – interventi di tipo meccanico, chimico o evaporativo – hanno evidenziato già da tempo i propri limiti, dovuti principalmente alla loro capacità di agire unicamente sugli effetti del degrado piuttosto che sulla causa del fenomeno di risalita, a fronte peraltro di un grado di invasività spesso eccessivo e/o poco compatibile nei confronti delle strutture da riqualificare.

Inoltre, i nuovi standard oggi richiesti per un intervento di recupero edilizio, specie in ambito sismico, rendono non più accettabili le tecniche d'intervento troppo invasive, vuoi per le condizioni di vulnerabilità a cui possono esporre le murature strutturali (caso del taglio meccanico), vuoi per la scarsa compatibilità tra i composti iniettati per formare le barriere alla risalita e la natura dei materiali lapidei e delle malte (caso del taglio chimico).

Per tale motivo, nell'intento di ridurre l'impatto sulle strutture da riqualificare, negli ultimi decenni si è diffuso, sia nell'edilizia storica che residenziale, l'impiego delle cosiddette “tecniche elettrofisiche”, sistemi poco o per nulla invasivi, agenti sul comportamento elettrico della muratura all'origine del fenomeno della risalita e basati sul meccanismo di “inversione di polarità” della muratura stessa.

Gli esiti di tali tecniche, che inizialmente parevano promettenti, sono stati però confermati solo in parte dalle applicazioni effettuate, che hanno sovente evidenziato un grado di efficacia solo parziale e/o instabile nel tempo, spesso inferiore ai risultati attesi. Ciò è da imputarsi al fatto che le tecniche elettrofisiche, interagendo con la muratura in opera, risultano influenzate

dalla grande variabilità ed eterogeneità dei materiali da costruzione, cosa che tende ad alterarne – rendendolo difficilmente controllabile - l'effettivo funzionamento rispetto a quello – puramente teorico - che si avrebbe in condizioni perfettamente omogenee.

Nell'ultimo decennio, tuttavia, l'avanzamento scientifico e tecnologico ha consentito lo sviluppo di una tecnologia più avanzata e maggiormente rispondente alle attese: la CNT (acronimo di Charge Neutralization Technology, tecnologia a neutralizzazione di carica) che, prescindendo dal materiale e dalla tecnica costruttiva della muratura, affida l'azione di interruzione della risalita al meccanismo della “neutralizzazione di carica” dell'acqua, riuscendo così a superare i limiti precedentemente palesati dai sistemi elettrofisici.

A riprova della validità del metodo, nel presente lavoro si illustrano i positivi risultati conseguiti in varie applicazioni della CNT nel territorio appulo-lucano, sia in edifici storici che residenziali, esemplificate dai seguenti casi studio:

- ! Castello di San Basilio a Pisticci (MT)
- ! Museo della Basilica di San Martino in Martina Franca (TA)
- ! Complesso ex conventuale di San Francesco alla Scarpa a Bari
- ! Chiesa di Santa Maria Assunta in Noci (BA)
- ! Museo Diocesano di Matera
- ! Abitazione privata in Matera



Fig.1 – Castello di San Basilio a Pisticci: uno degli edifici storici del territorio appulo-lucano, interamente risanato e protetto dall'umidità di risalita grazie alla tecnologia CNT

Riferimenti bibliografici

- [1] Codacci Pisanelli B. (Direzione Generale Ministero per i Beni e le Attività Culturali), “*Tutela del Patrimonio Storico: priorità degli interventi di deumidificazione. Esempio del restauro della chiesa di San Matteo in Lecce*”, Atti del Convegno Unesco “*METODO SCIENTIFICO ED INNOVAZIONE TECNOLOGICA PER LA SALVAGUARDIA E RECUPERO DEL PATRIMONIO STORICO.*”, Ragusa Ibla 5 e 6 ottobre 2012, Comune di Ragusa.
- [2] Zavarise G., Congedo P., D'Agostino D. (Università del Salento, Dipartimento di

Ingegneria dell'Innovazione), “L'umidità di risalita capillare negli edifici in pietra leccese: fenomeni di degrado fisico-chimico indotti sulle murature e casi applicativi del sistema a neutralizzazione di carica in edifici storici a Lecce”, Atti del Convegno Unesco “METODO SCIENTIFICO ED INNOVAZIONE TECNOLOGICA PER LA SALVAGUARDIA E RECUPERO DEL PATRIMONIO STORICO”, Ragusa Ibla 5 e 6 ottobre 2012, Comune di Ragusa

- [3] Rossetto M. (Direttore Tecnico di Leonardo Solutions – Domodry), “*Capillary rising damp in historical buildings: charge neutralization technology - a needful zero-impact instrument to prevent and resolve the problem once and for all*”, Atti del Congresso scientifico "BUILT HERITAGE 2013: Monitoring Conservation Management", Politecnico di Milano 18-20 novembre 2013.
- [4] Castelluccio R., Vitiello V. (Università degli Studi di Napoli Federico II), “*Deleting of rising damp in the archaeological site of Piazza Armerina through the application of the technology by neutralising electrical charge T.N.C.*”, Atti del XIV International Forum of Studies ‘Le Vie dei Mercanti’ WORLD HERITAGE AND DEGRADATION, Naples and Capri, 16-18 June 2016
- [5] Castelluccio R., Vitiello V. (Università degli Studi di Napoli Federico II), Rossetto M. (Gruppo Leonardo Solutions - Domodry), “*Heritage 4.0. Cultural sites the integrated system C.N.T. for rising damp diagnosis - recovery – monitoring*”, Atti del IX Convegno Internazionale AIES “diagnosis for the conservation and valorization of cultural heritage” - Napoli 13-14 dicembre 2018.

Risanamento delle murature dall'umidità di risalita capillare: casi applicativi della tecnologia a neutralizzazione di carica in edifici di interesse nazionale.

Bianca Codacci Pisanelli

Arch. PhD. Ingegneria Strutturale – Segretario Generale MiBAC

Sommario: Nell'ambito delle tecniche non invasive per il risanamento di murature storiche affette da umidità di risalita, i casi applicativi della tecnologia a neutralizzazione di carica (CNT) in edifici di interesse nazionale, qui illustrati, confermano efficacia e vantaggi di questo metodo innovativo, peraltro già avvalorato da un decennio di osservazioni sperimentali.

Introduzione

L'umidità da risalita capillare costituisce una delle patologie più gravi e più frequenti negli interventi di restauro su immobili e strutture di qualsiasi epoca. Sottovalutare il problema in fase di progetto, quanto il non affrontarlo correttamente in fase esecutiva, equivale ad esporre a rischio di degrado accelerato l'intero restauro una volta ultimato, a tutto discapito delle risorse – spesso ingenti – che devono essere impegnate per la realizzazione del restauro stesso.

Posto che l'intervento di risanamento deve rispettare determinati requisiti di minima – o possibilmente nulla – invasività ai fini della massima compatibilità e salvaguardia di materiali originali e testimonianze storiche, la corretta definizione dell'intervento di risanamento è da considerarsi fondamentale per la buona riuscita e soprattutto la preservazione del restauro nel tempo.

Entrando nel merito delle tecniche non invasive – per lo più di tipo elettrofisico - a tutt'oggi impiegate per contrastare l'umidità di risalita, sulla base delle osservazioni condotte sul campo da vari studiosi negli ultimi decenni, si è riscontrato che la stragrande maggioranza di tali tecniche ha evidenziato, all'atto pratico, un grado di efficacia solo parziale e/o instabile nel tempo e in ogni caso inferiore ai risultati attesi. Ciò viene imputato al fatto che dette tecniche, mirando a interagire con la muratura in opera, risultano inevitabilmente influenzate dal grado di variabilità ed eterogeneità dei materiali da costruzione, cosa che tende ad alterarne l'effettivo funzionamento rispetto a quello puramente teorico.

L'eccezione a questa “regola” è tuttavia rappresentata dalla più avanzata CNT (acronimo di Charge Neutralization Technology, tecnologia a neutralizzazione di carica) che, in innovazione rispetto alle varie tecniche elettrofisiche, prescinde dal materiale e dalla tecnologia costruttiva della muratura, affidando l'azione di contrasto della risalita al meccanismo della “neutralizzazione di carica” dell'acqua.

Il vantaggio di tale approccio risulta evidente: non essendo in alcun modo influenzata dal comportamento – variabile – del materiale costruttivo, la CNT riesce a neutralizzare la capacità dell'acqua - sostanza perfettamente omogenea - di lasciarsi attrarre dai concetti murari, arrestando in tal modo la risalita. L'acqua contenuta in eccesso viene poi smaltita per naturale evaporazione, completando l'asciugamento della muratura.

In un decennio di applicazioni della CNT in edifici di qualsiasi epoca e tipologia costruttiva, le evidenze sperimentali hanno confermato la grande efficacia e validità del metodo, che ha evidenziato pieno successo anche negli interventi di risanamento più complessi e difficili.

A riprova di ciò, nel presente studio si illustrano gli eccellenti risultati forniti dall'applicazione della CNT, anche sotto l'aspetto del mantenimento nel tempo dei risultati

stessi, in alcuni importanti edifici di interesse nazionale: Villa Reale di Monza, Palazzo Te, Chiosstro di Micheleangelo (Museo Nazionale Romano), Museo di Capodimonte, Villa Romana del Casale a Piazza Armerina.



Fig.1 – Villa Reale di Monza: uno degli edifici di interesse nazionale, oggi risanato e protetto dall’umidità di risalita grazie alla tecnologia CNT

Riferimenti bibliografici

- [1] Roche G., 2012, *La Termografia per l’edilizia e l’industria. Manuale operativo per le verifiche termografiche*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna (RN).
- [2] AA.VV., 2013, Atti del Convegno Unesco “*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*”, Ragusa Ibla 5 e 6 ottobre 2012, Comune di Ragusa.
- [3] Castelluccio R., Vitiello V. (Università degli Studi di Napoli Federico II), “*Deleting of rising damp in the archaeological site of Piazza Armerina through the application of the technology by neutralising electrical charge T.N.C.*”, Atti del XIV International Forum of Studies ‘Le Vie dei Mercanti’ WORLD HERITAGE AND DEGRADATION, Naples and Capri, 16-18 June 2016
- [4] Castelluccio R., Vitiello V. (Università degli Studi di Napoli Federico II), Rossetto M. (Gruppo Leonardo Solutions - Domodry), “*Heritage 4.0. Cultural sites the integrated system C.N.T. for rising damp diagnosis - recovery – monitoring*”, Atti del IX Convegno Internazionale AIES “diagnosis for the conservation and valorization of cultural heritage” - Napoli 13-14 dicembre 2018.
- [5] Codacci Pisanelli B. (Direzione Generale Ministero per i Beni e le Attività Culturali), “*Tutela del Patrimonio Storico: priorità degli interventi di deumidificazione. Esempio del restauro della chiesa di San Matteo in Lecce*”, Atti del Convegno Unesco “*METODO SCIENTIFICO ED INNOVAZIONE TECNOLOGICA PER LA SALVAGUARDIA E RECUPERO DEL PATRIMONIO STORICO.*”, Ragusa Ibla 5 e 6 ottobre 2012, Comune di Ragusa.

Problematiche conservative e risanamento di edifici storici affetti da umidità: applicazioni ed esperienze a lungo termine della tecnologia a neutralizzazione di carica in territorio ligure.

Dott.ssa Arch. Angela Acordon

Direttore Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le Province di Lucca e Massa Carrara

Sommario: L'applicazione della tecnologia a neutralizzazione di carica (CNT) in molte chiese e ville storiche del territorio ligure si è dimostrata pienamente efficace nello sconfiggere il fenomeno dell'umidità di risalita. La totale assenza di invasività e la capacità di mantenimento nel lungo termine dei risultati raggiunti confermano la grande validità e l'importanza del metodo per le applicazioni sui beni culturali.

Introduzione

Per chi – come la scrivente – si occupa della tutela di beni artistici, la presenza di umidità all'interno di un edificio storico rappresenta un grave problema non solo per il manufatto edilizio in sé, ma anche per le opere d'arte ivi contenute, soprattutto per gli aspetti inerenti la conservazione e il restauro delle opere stesse.

Dal punto di vista climatico e morfologico, il territorio ligure - notoriamente stretto tra mare e monti piuttosto alti – favorisce, specie in alcuni periodi stagionali, la formazione e ristagno di forte umidità a ridosso di tutte le costruzioni che insistono su di esso. 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 assorbita dalle murature per poi riversarsi negli ambienti interni da queste racchiusi.

Nei casi in cui gli edifici - ovvero i “contenitori” delle opere - risultano fortemente colpiti o addirittura devastati dall'umidità, diviene difficile anche solo proporre il restauro delle opere in essi 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.

A tal fine, il principio posto alla base della tecnologia a neutralizzazione di carica (CNT), che inibisce all'origine il verificarsi del fenomeno dell'umidità di risalita, applicato in varie chiese ed edifici storici in territorio ligure si è dimostrato efficacissimo, sia quando installato prima dell'esecuzione dei lavori di restauro all'edificio, sia quando installato nel corso di questi.

La validità del metodo è dimostrata anche – e soprattutto – dalle osservazioni ripetute a distanza di molti anni dall'installazione (da 7 a 10 anni per gli impianti più datati) che hanno evidenziato la piena efficacia del sistema non solo in termini di asciugamento delle murature (completato mediamente entro i primi 2-3 anni dall'installazione), ma anche di mantenimento a lungo termine del risultato raggiunto.

Nel presente lavoro si illustrano i casi applicativi di 10 edifici liguri - chiese e ville storiche con situazioni e ubicazione diverse - nei quali questo metodo ha completamente sconfitto il

fenomeno dell'umidità di risalita, migliorando notevolmente anche il problema dell'umidità interna degli edifici stessi.

Casi di mantenimento a lungo termine dei risultati (muri asciutti), dopo più di 5 anni dalla verifica di collaudo finale (oltre 7-10 anni dall'installazione dell'impianto CNT):

- ! Santuario di Nostra Signora del Bosco a Pannesi di Lumarzo (installazione CNT giugno 2009)
- ! Oratorio del Suffragio di Santa Margherita Ligure (installazione CNT aprile 2010)
- ! Santuario di Nostra Signora del Ponte a Lavagna (installazione CNT marzo 2011)
- ! Oratorio dei Disciplinanti di Moneglia (installazione CNT ottobre 2011)
- ! Chiesa di San Martino a Casale di Pignone (installazione CNT settembre 2012)

Ulteriori casi studio con verifica finale (muri asciutti) già effettuata:

- ! Galleria Rizzi a Sestri Levante (installazione CNT maggio 2013)
- ! Chiesa Di San Martino a Follo (installazione CNT novembre 2014)
- !



Fig.1 – Galleria Rizzi a Sestri Levante: uno degli edifici storici in territorio ligure, interamente risanato e protetto dall'umidità di risalita grazie alla tecnologia CNT

Riferimenti bibliografici

- [1] Codacci Pisanelli B. (Direzione Generale Ministero per i Beni e le Attività Culturali), *“Tutela del Patrimonio Storico: priorità degli interventi di deumidificazione. Esempio del restauro della chiesa di San Matteo in Lecce”*, Atti del Convegno Unesco *“METODO SCIENTIFICO ED INNOVAZIONE TECNOLOGICA PER LA SALVAGUARDIA E RECUPERO DEL PATRIMONIO STORICO.”*, Ragusa Ibla 5 e 6 ottobre 2012, Comune di Ragusa.
- [2] Acordon A. (Soprintendenza per i Beni Storici, Artistici ed Etno-antropologici della Liguria), *“Applicazioni della tecnologia a neutralizzazione di carica in edifici religiosi del levante ligure afflitti da differenti problematiche conservative”*, Atti del Convegno Unesco *“METODO SCIENTIFICO ED INNOVAZIONE TECNOLOGICA PER LA SALVAGUARDIA E RECUPERO DEL PATRIMONIO STORICO”*, Ragusa Ibla 5 e 6 ottobre 2012, Comune di Ragusa
- [3] Rossetto M. (Direttore Tecnico di Leonardo Solutions – Domodry), *“Capillary rising damp in historical buildings: charge neutralization technology - a needful zero-impact instrument to prevent and resolve the problem once and for all”*, Atti del Congresso

scientifico "BUILT HERITAGE 2013: Monitoring Conservation Management", Politecnico di Milano 18-20 novembre 2013.

- [4] Castelluccio R., Vitiello V. (Università degli Studi di Napoli Federico II), "*Deleting of rising damp in the archaeological site of Piazza Armerina through the application of the technology by neutralising electrical charge T.N.C.*", Atti del XIV International Forum of Studies 'Le Vie dei Mercanti' WORLD HERITAGE AND DEGRADATION, Naples and Capri, 16-18 June 2016
- [5] Castelluccio R., Vitiello V. (Università degli Studi di Napoli Federico II), Rossetto M. (Gruppo Leonardo Solutions - Domodry), "*Heritage 4.0. Cultural sites the integrated system C.N.T. for rising damp diagnosis - recovery – monitoring*", Atti del IX Convegno Internazionale AIES "diagnosis for the conservation and valorization of cultural heritage" - Napoli 13-14 dicembre 2018.

The weathering processes of the volcanic tuffs used in the Etruscan tombs of Norchia necropolis (Northern Latium, Italy), microclimatic conditions influencing their surface and structural decay, possible new technologies and materials aimed at their conservation.

Piero Ciccio- *¹, Laura Ambrosini², Sabrina Gualtieri³

¹ *Istituto di Metodologie Chimiche del Consiglio Nazionale delle Ricerche (IMC-CNR), Area della Ricerca Roma 1 -Via Salaria Km 29,300 c.p.10 - Monterotondo Scalo, 00015, Rome, Italy; piero.ciccio- @cnr.it.*

² *Istituto di Studi sul Mediterraneo Antico del Consiglio Nazionale delle Ricerche (ISMA-CNR), Area della Ricerca Roma 1 -Via Salaria Km 29,300 c.p.10 - Monterotondo Scalo, 00015, Rome, Italy;*

³ *Istituto di Scienza e Tecnologia dei Materiali Ceramici del Consiglio Nazionale delle Ricerche (ISTEC-CNR), Via Granarolo, 64, 48018, Faenza (RA), Italy.*

The Etruscan necropolis of Norchia boasts an impressive number of monumental cliffhanging tombs, carved in two types of volcanic tuffs that outcrop, at different heights, on the steep slopes of narrow canyons (“*forre*”). Due to this geomorphological setting, significant thermo-hygrometric gradients are formed between the bottom and the top of the canyons. Each type of tuff is, thus, selectively exposed to different weathering processes. In order to assess the impacts of these local conditions on the conservation of the tombs, a dedicated study has been performed to determine the susceptibility to weathering of the two types of tuffs as well as the microclimatic factors influencing their surface and structural decay. The main results of this study will be presented here and critically discussed, along with information on new technologies that may be helpful to preserve the tombs.

Introduction

Norchia is located in the area of Northern Latium (Central Italy) called Tuscia, which basically corresponds to the Administrative Province of Viterbo. This area has been heavily colonized by Etruscans since the earliest times of their civilization (X-IX Century B.C.).

With respect to other Etruscan necropolis of Tuscia, Norchia shows some unique features that make it on one of the most important archaeological sites of Southern Etruria. Extending for more than 100 hectares, it is one of the largest necropolis of Central Italy, with an impressive number of cliffhanging tombs, directly carved in local tuffaceous volcanic outcrops and highly representative of the sepulchral architecture developed in Northern Latium. Due to its location, Norchia is also the only necropolis where tuffaceous materials originated from both Vico and Vulsini volcanic districts were used to build rock-cut tombs. Materials used were Tufo Rosso a Scorie Nere (TRSNV) a zeolitic tuff of the Vico district and Nenfro Paleovulsino (NPB) a vitric tuff of the Vulsini district. While TRSNV was largely used by the Etruscan of Northern Latium to build tombs and monumental structures, the use of NPB was normally restricted to sarcophagi and ornamental sculptures, and Norchia is the only site of Tuscia where tombs cut in this material can be found [1].

Both volcanic tuffs outcrop in Norchia along steep and narrow canyons (“*forre*”) originated by the progressive fluvial erosion made by rivers Biedano, Acqua Alta and Pile. They form two natural terraces that characterize the slope profile of the Norchia canyons. The ancient Etruscans exploited these geological features to cut cliff-hanging tombs directly on the rock outcropping on the terrace walls. The tombs carved in NPB, located on the lower level of the Pile river canyon, are small (4m in height) and structurally simple (façade type).

The tombs carved in TRSNV are located on the upper level, are larger (10m in height) and more complex (temple type and half-cube type).

The local geomorphological setting of the canyons determined the establishment of a peculiar microclimate, characterized by the presence of significant thermo-hygrometric gradients between the bottom and the top of the canyons. This factor selectively exposes the two types of volcanic tuffs used to create the tombs to different weathering conditions. In order to assess the impacts of these local conditions on the conservation of the tombs, a dedicated study has been performed to determine the susceptibility to weathering of the two types of tuffs as well as the microclimatic factors influencing their surface and structural decay. The main results of this study will be presented here and will be critically discussed, together with information on new technologies that may be helpful to preserve the tombs.

Susceptibility to weathering determined on the tuffs of Norchia Necropolis

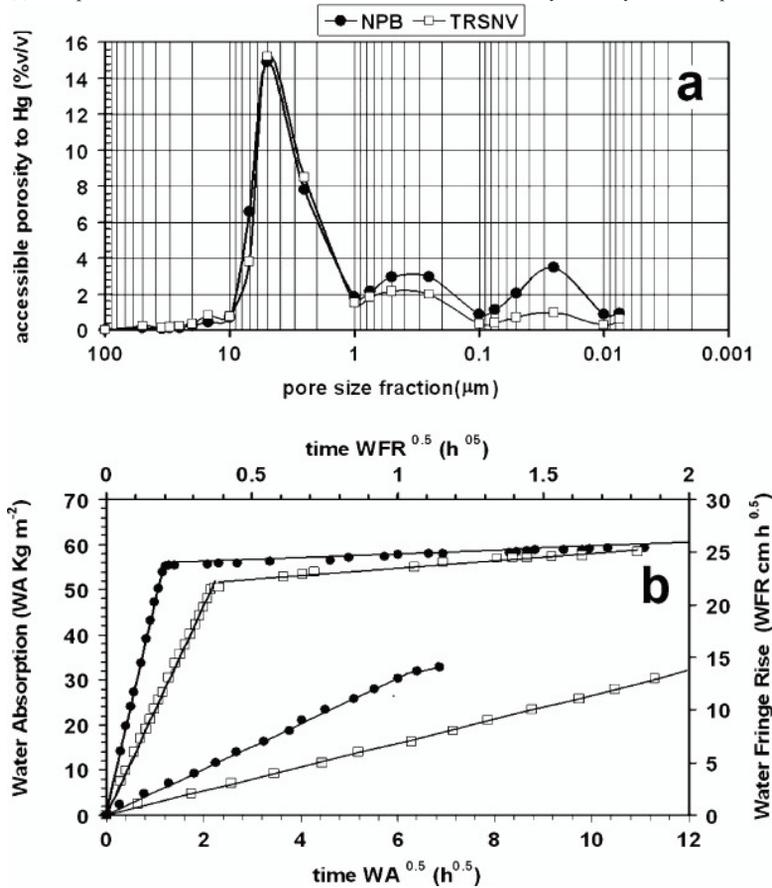
The main mechanical, physical and durability properties of the material used in the tombs are summarized in Table 1. Both tuffs exhibit poor mechanical properties (UCS < 10 Mpa) due to high values of the total connected porosity ($P_{w-Hg} > 50\%$). Both tuffs should be also highly susceptible to damage because their S values are higher than 0.75, considered the threshold for materials that can be endangered by ice and salt crystallization [2]. The high values of C_{wabs} are also indicative of their susceptibility to frost action and hygric forces [3]. According to Winkler [4], TRSNV should be more susceptible to damage, because exhibits lower values of wet-to-dry strength ratio. The moisture adsorption capacities of the two materials are also quite different, and highlight well the role played by the zeolitic cement in collecting and retaining water vapour. The CV of the lithified tuff (5.8% w/w) is approximately three times higher than that of the welded material (2.1% w/w), and mainly determined by phillipsite and chabazite. High capacity to adsorb moisture makes TRSNV more susceptible to weathering, as more water molecules penetrating deeply into the stone when the temperature is high are irreversibly adsorbed by the surface, and the loosely bonded ones above the monolayer can condense into the finest pores when the material cools down.

Property	NPB		TRSNV	
	<i>n</i>		<i>n</i>	
Bulk density (kN m ⁻³)	8	11.90 ± 0.020	8	11.85 ± 0.02
Density (kN m ⁻³)	8	24.95 ± 0.030	8	23.57 ± 0.08
P_w (%)*	8	43.1 ± 0.5	8	47.8 ± 0.4
P_{Hg} (%)*	3	49.9 ± 1.2	3	40.7 ± 1.4
Total connected porosity, P_{w-Hg} (%)*		52.3 ± 1.2		51.1 ± 1.4
C_{wd} relative to dry weight (%)	6	37.0 ± 1.1	6	40.3 ± 1.4
C_{ww} relative to saturated weight (%)	6	27.0 ± 1.1	6	28.7 ± 1.4
C_v relative to the final weight (%) at R.H. >90%	4	2.1 ± 0.2	4	5.8 ± 0.6
Saturation coefficient, S (P_{cap}/P_{cap-Hg})		0.82		0.94
Water capillary absorption coefficient, A (kg m ⁻² h ^{-0.5})	4	46.5 ± 0.5	4	22.8 ± 0.8
Asymptotic value of water capillary absorption (kg m ⁻²)	4	54.8 ± 0.8	4	48.9 ± 1.0
Water saturation coefficient, B (kg m ⁻² h ^{-0.5})	4	0.43 ± 0.15	4	0.94 ± 0.25
Water absorbed at saturation (kg m ⁻²)	4	63.7 ± 0.5	4	78.2 ± 0.5
Water fringe rise coefficient (cm h ^{-0.5})	4	13 ± 1	4	7 ± 1
Point load index, PI_{50} , dry (MPa)	20	0.71 ± 0.05	18	0.27 ± 0.07
Point load index, PI_{50} , wet (MPa)	15	0.54 ± 0.05	10	0.10 ± 0.08
Average wet/dry ratio, PI_{50} (%)		76		37
UCS dry (MPa)	9	8.8 ± 0.5	10	2.9 ± 1.2
UCS wet (MPa)	7	6.7 ± 0.7	6	1.1 ± 0.7
Average wet/dry ratio, UCS (%)		75		38
Weight losses after 25 freeze-thaw cycles (%)	6	2 ± 1	6	5-35* ± 5
UCS decay after 25 freeze-thaw cycles (%)	6	5 ± 2	6	50 ± 10
Weight losses after 15 sodium sulphate crystallization tests (%)	12	11 ± 2	12	8 ± 2
Slake durability index (%)	4	90 ± 1.2	4	82 ± 2

Table 1: The main durability estimators and mechanical and physical properties of the tuffs of the Norchia necropolis (n = number of samples).

To get a better insight on the susceptibility of tuffs to weathering, the accessible porosity to Hg, the water imbibition and capillary fringe rise were determined on both materials. For what the pore size distribution is concerned (Fig. 1(a)), the results show that TRSNV and NPB have similar pore size distributions in the capillary pore range ($0.01 < r < 10 \mu\text{m}$). However, some noticeable differences were observed between the two materials in the range of megaporosity (mean radius between 100 and 2500 μm) that seem to be related as well to the welded and lithified nature of the materials. While microporosity accounts in NPB for 17.6% of the total connected porosity, it represents only 6.3% in TRSNV. By contrast, megaporosity in NPB represents only 2.3%, against a value of 10.4% in TRSNV. Since the total accessible porosity is about the same in the two materials, these data indicate that the porous structure is more homogeneous in the welded tuff than in the lithified one. The factor of two time difference in the water capillary absorption coefficients of the Norchia tuffs (Fig. 1 (b)) confirms the more homogeneous pore skeleton of the welded material. Indeed, the faster the capillary rise, the larger is the stone effective radius (r_{eff}), defined as the radius of a hypothetical, homogeneous stone whose pore skeleton and hydraulic resistance are the same as the real stone.

Figure 1: (a) The pore-size distributions of the Norchia tuffs, determined by mercury intrusion porosimetry. (b)



Curves of water imbibition and water fringe rise measured on the same materials: for the values, see Table 1.

Since the Norchia tuffs have comparable capillary porosities, a factor of two time difference in the hydraulic resistance results in a difference of roughly a factor of four in r_{eff} , with the welded tuff having the higher value. It should be noted that r_{eff} has only a statistical meaning,

and in real stones most of the resistance to capillary rise is generated by the smallest channels connecting pores in the capillary network (pore-throats). The faster absorption kinetic shown by NPB with respect to TRSNV can be explained, thus, by a preferential allocation of pore-throats in the peripheral areas of the capillary network. The slower kinetic of TRSNV can be caused by a higher density of pore-throats in areas of the capillary network that are crucial for the transfer of water inside the material. The pressure developed by ice and salt crystallization were, thus, expected to be more effective in the weathering of this latter material [6].

The results obtained on freeze-thaw tests confirmed that differences in pore-throat distribution were important in determining the resistance of the materials. While the material characterized by the lowest hydraulic resistance to capillary water absorption (NPB) passed almost intact all 25 freeze-thaw test cycle, some specimens of the material showing high hydraulic resistance (TRSNV) underwent cracking starting from cycle 19-20. Results obtained from salt crystallization tests with sodium sulfate showed, however, that TRSNV resisted this test slightly better. Since salt crystallization forces are much higher than those produced by ice, the behavior of TRSNV can be explained either by higher megaporosity [4]. Water erosion tests showed that NPB resisted better to this type of weathering, and was characterized by a SDI value (90%) higher than that of TRSNV (82%). According to this test, NPB can be classified as moderately susceptible to water erosion, whereas TRSNV is highly susceptible to this type of weathering.

Microclimatic conditions influencing the decay of the tufts of Norchia Necropolis

Based on the decadal variation of temperature, relative humidity and precipitation in the area of the necropolis (reported in Figure 1a), tombs should have not been subjected to severe weathering, due to the local mild climatic conditions. Data reported in Figure 1b and c, indicated, however, that microclimatic conditions could have caused severe damages on the two materials, due strong negative gradients of temperature and relative humidity established inside the river canyons.

As it can be seen from Figure 2, these conditions persist through all the day from 8 a.m. to 1 p.m.. However, the upper part of the canyon is exposed to higher radiation and lower relative humidity than the lower part of the canyon.

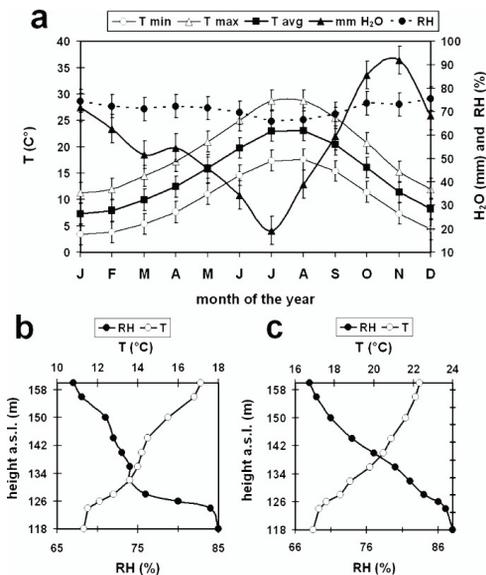


Figure 2: (a) Decadal variations of temperature, relative humidity and precipitation in the Norchia area. (b) The gradient of temperature and relative humidity measured along a vertical profile within the Pile river canyon, measured in the early morning (8 a.m.) on a sunny day in September 2006, characterized by high-pressure conditions. (c) The gradients measured at 1 p.m. on the same day.

Surface alterations of tombs of the lower level were less severe and confined in smaller areas. They were mainly caused by water percolation and lichen colonization. Accumulation of particles transported by water gives rise to millimetre-scale crusts turning the original grey color of the stone into a brownish one, quite similar to TRSNV. The presence of chabazite, CaCO_3 and montmorillonite, that are not present in mineralogical composition of the fresh non-weathered material, is evident from Figure 3 (c). This zeolite accounts most for the 1.77% increase in the LOI recorded in this material. Crusts are so well cemented to the surface that they can only be removed by heavy abrasion. The lithification process seems to be similar to that occurring in TRSNV. The impact of lichens in these tombs is limited to sub-millimetre fractions of the surface material. It is mainly produced by crustose lichens, because colonization by foliose lichens is scarce in NPB and mosses, quite common over these tombs, do not penetrate the stone. Due to the faster kinetic of water absorption of NPB and the colder and more humid microclimatic conditions established at the bottom of the canyon, these tombs are, instead, more prone to structural damages originated by water saturation of the material. This effect, combined with the dense fracturation pattern observed on NPB, may cause an average water saturation extended deeply into the material and affect large rock blocks to fall. Another effect caused by the humid conditions was the faster colonization of the tomb area by arboreal vegetation. Particularly dangerous for the rock stability were the trees equipped with taproot (such as *Quercus ilex*) as their roots can penetrate deeply into the rock mass accelerating jointing and the propagation of fractures through the tombs.

New geopolymeric binders: a potentially suitable solution

In order to preserve the decorated parts of the tombs and prevent the monuments from collapsing due to structural damages, proper inorganic coatings and structural consolidants should be developed. They should exhibit high resistance to weathering as well as aesthetic (color and texture), physical and mechanical properties (permeability and elasticity) close to those of the original rocks used to create the monuments. To this purpose, the development of dedicated geopolymeric binders that incorporate the same types of tuffs used in the tombs could be a potentially suitable solution.

The geopolymeric approach is more flexible than that of the hydraulic cements, because different 2D and 3D polymers can be obtained as a function of the Si/Al ratio of the reagent and the type of compensatory cations introduced in the structure. The general formula of geopolymers can be written as:



Where C is a monovalent or divalent cation, z is an integer from 1 to 3, n is the degree of polycondensation, and w the water molecules coordinated by the structure. Depending on the Si/Al ratios and C, nano-materials made of randomly oriented Si-Al crystals displaying different thermal and mechanical properties can be formed. Metakaolins (MKAs) are the most used materials in the synthesis of Si-Al based geopolymers [7]. MKAs are amorphous materials obtained by dehydration of natural kaolins, where kaolinite crystals are, by far, the dominant mineral. Thanks to their aluminosilicate glassy-like structure, they exhibit noticeable hydrophobic properties and very low susceptibility to chemical alterations induced by water. Moreover they resist to very high temperatures (over 1500 °C) and do not exhibit noticeable volumetric alterations in the ranges of temperatures similar to those observed in the necropolis of Norchia [7].

In the light of this, a preliminary research study [8] has been performed with the aim of developing new blended geopolymeric binders where a part of MKA (obtained by activation of a selected kaolin called BS-4) has been substituted with TRSNV and Peperino Tipico Viterbese (PTV, a vitric volcanic tuff, similar to NPB).

Data reported in Table 1 shows that the main mechanical and thermal performances obtained by mixing 60% of MKA with 40% of the two types of tuffs were good if compared with those of the non-blended geopolymeric binders, where only MKA has been used. Moreover, the

mechanical properties of the binders were comparable and better than those of the original rocks. The blended polymers were also easier to prepare and cast, and did not require any special curing.

Type of K-PSS Geopolymer	UCS 28 d (MPa)	Flexural Strength 28d (MPa)	Sintering T ($^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$)	Softening T ($^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$)	Melting T ($^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$)
BS-4 MT ^{30 min}	46.55 \pm 4.05	5.95 \pm 0.55	1052	1530	1599
BS-4 TT ^{3 Hour}	55.75 \pm 4.87	9.45 \pm 1.25	1205	1545	1590
60% BS-4 MT ^{30 min} + 40% TRSN MT ^{6 min}	46.05 \pm 5.6	6.72 \pm 0.99	990	1390	1595
60% BS-4 MT ^{30 min} + 40% PTV MT ^{6 min}	31.43 \pm 5.1	7.8 \pm 2.1	1050	1420	1585

Table 2: Mechanical and thermal performances of geopolymers obtained by using BS-4 kaolin alone (BS-4 MT, BS-4TT) and by substituting 40% of metakaolin with volcanic tuffs (TRSNV and PTV). The time of treatment of the raw materials, needed for their activation, is reported in the superscript.

Based on results obtained, dedicated mortars are currently under development by using blended geopolymers as binders and samples of the two tuffs with a sandy mean particle size as inert materials. Their susceptibility to weathering will be tested by using the same protocol followed for the natural stone materials with the aim of producing mortars that, once hardened, act as “artificial stones” that are esthetically very similar to the original rocks but more resistant to the weathering effects induced by water, due to the geopolymeric nature of the matrix. A mortar based on TRSNV-blended geopolymer should, indeed, prevent the effects of the wet-dry cycling and could be used for surface restoration of the tombs of the upper level, while a mortar based on NPB-blended geopolymer should be effective as structural reconsolidation of the tombs of the lower level of the necropolis.

References

- [1]!Colonna Di Paolo E., 1978, *Necropoli rupestri del Viterbese*, Istituto Geografico De Agostani, Novara, Italy.
- [2]!Steindlberger E., 2004, Volcanic tuffs of Hesse (Germany) and their weathering behavior. *Environmental Geology*, 46, 378-390.
- [3]!Benavente D., Garcia del Cura M.A., Fort R., Ordonez S., 2004, Durability estimation of porous building stones from pore structure and strength, *Engineering Geology*, 74, 113-127.
- [4]!Winkler E.M., 1986, A durability index for stone, *Bulletin of the Association of Engineering Geologists*, 23, 344-347.
- [5]!Camuffo D., Sturaro R., 2001, The climate of Rome and its action on monument decay, *Climate Research*, 16, 145-155.
- [6]!Ciccioli P., Cattuto C., Plescia P., Valentini V., Riccardo N., 2010, Geochemical and engineering geological properties of the volcanic tuffs used in the Etruscan tombs of Norchia (Northern Latium, Italy) and factors responsible of their fast surface and structural decay. *Archaeometry* 52, 229–251.
- [7]!Davidovits, J., 2011, *Geopolymer Chemistry & Applications* 3rd Ed., Institute Géopolymere, S. Quentin, France.

[8]! Ciccioi P., Capitani D., Gualtieri S., Soragni E., Belardi G., Plescia P., Contini G., in press, Mechano-Chemistry of Rock Materials for the Industrial Production of New Geopolymeric Cements. In: Tolio T., Copani G., Terkaj W. (eds) *Factories of the Future - The Italian Flagship Initiative*. Springer Nature Switzerland AG, Basel, Switzerland, Print ISBN: 978-3-319-94357-2

Dry envelope systems for base coating. The case of “Mater Domini” church in Laterza

Antonello Pagliuca, Donato Gallo, Pier Pasquale Trausi

University of Basilicata

Department of European and Mediterranean Cultures (DiCEM)

Tel: 0835-351472

antonello.pagliuca@unibas.it; donato.gallo@unibas.it; pierpasquale.trausi@unibas.it

Summary: The application of a technological system borrowed from the type of ventilated wall, and applied to the masonry of the “Mater Domini” church in Laterza, has allowed to improve the response to the problem of the capillary rise in the masonry. This experimentation aims to respect the architectural needs linked to the conservation and valorization of the built heritage.

Introduction

The problem of capillary rise in the masonry has always affected the built heritage, historical or recent ones; in fact, the relationship between water and building characterizes the definition of technological, material and construction systems. From the use of low-porous materials to the use of lead, various systems have been historically used to counteract the damaging effects of rising damp. After the traditional “Knapen” method, the application of mechanical and (then) chemical cutting, different solutions were experimented to tackle the problem of capillary ascent. [1]

In fact, the research for a dynamic balance between the environmental system and the masonry becomes the starting point for the definition of an intervention methodology that takes into account all the factors (physical and material) to plan a recovery intervention [2].

The research aims - through the application of a system deriving from the constructive tradition - to the proposition of a “contemporary” technological system (ventilated wall) to the needs expressed by a monumental building [3]; borrowing the constructive rules of this system, appropriately designed (which in the new realizations involves the entire building envelope), it was possible to experiment a new solution, intervening only on the base of a building. This experimentation was carried out on a building of particular historical value (a church) in Laterza, in the southern part of Italy.

The church, founded around 1650 in the city of Laterza, grows in an architectural context of great interest with the presence of karst environments, belonging to the formation of “calcareniti della Gravina” which, also through the chemical action of water, have given shape to natural caves dating back to the first rupestrian communities. The church, built with local tufaceous calcarenite, rises - for the above mentioned reasons - on an aquifer that, over the years, has visibly shown its effects on the visible walls up to about 1.50 m from the floor, forcing the construction of a base coating in stone elements along the entire internal perimeter of the building.

This base coating, connected (even if not directly overlapping) to the masonry through a layer of mortar and mechanical connectors (iron clasps), showed evident pathological signs caused by the capillary rising that extended in many parts of the surface of the coating, even reaching “anomalous” heights compared to those indicated in the literature for similar cases. A first improvement intervention, with an architectural approach linked to the principles of conservative restoration, provided for the removal of the above said coating and its reconstruction using the principle of “ventilated wall” in reduced scale. By calculating the

amount of air necessary to guarantee an adequate “thermal wash” of the wall, it was possible to calculate the dimension of air holes at the top and at the base of the coating.

This experimental application has had excellent results (monitored in the three years following the intervention), halving the rising water level. This solution, certainly, does not constitute a problem solving process [4] but, by combining architectural elements (related to the conservation of the decorative apparatus of the building) and technology, has allowed to improve the conditions not only of the constructive system, but also the environmental ones related to the use of church.



Figure 1: The “Mater Domini” church in Laterza.

References

- [1] G. Massari, I. Massari, *Risanamento Igienico dei Locali Umidi*. Hoepli, 1985.
- [2] E. P. Guerra, *Risanamento di murature umide e degradate. Sintomi e cause – Rimedi – Soluzioni progettuali*. Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2014.
- [3] V. Gebbia, *Umidità negli edifici. Diagnostica e risanamento*. Editore Grafill S.r.l., 2014.
- [4] M. Rossetto, *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*, pubblicato in atti di “Convegno Unesco di Ragusa, 2012”.

Architettura e acqua nei trattati di Vitruvio e dell'Alberti. Interpretazioni dell'abitare ipogeo.

Antonio Conte, Margherita Tricarico, Roberto Blasi

*Università degli Studi della Basilicata. Matera.
Dipartimento delle Culture Europee e del Mediterraneo
Tel: 0835 1971463*

antonio.conte@unibas.it, margherita.tricarico@unibas.it, roberto.blasi@unibas.it.

Summary: Lo studio attento delle diverse tipologie di scavo e della materia calcarenitica di cui è composto il luogo, con la straordinaria e complessa matrice formale e costruttiva dei Sassi, sostenuto dagli insegnamenti dei Maestri come Vitruvio e l'Alberti, rappresenta il punto di forza per sperimentare critiche operative di soluzione ai problemi di umidità che caratterizzano questi modi antichi di abitare la Terra. Sono le tecniche naturali come il vento e la luce ad innescare fenomeni di cambiamento e nuove strategie d'intervento.

Introduction

In quale modo il costruito della tradizione ed i materiali del costruire ed il luogo si rapportano all'abitare in una città stratificata e millenaria, in gran parte ipogea, come Matera?

Questi uomini in questo luogo difficile hanno scavato e costruito ed interpretato le teorie e le indicazioni delle pratiche dell'antico in un rapporto di modernità, come scrive Leon Battista Alberti [1], confrontandosi con la cultura dei grandi Maestri del passato, come precisava ed ordinava Vitruvio. Costoro, straordinari costruttori, hanno trattato la questione delle acque in architettura come valore della vita della città e la difesa di questa dai danni e dalle incurie progettando ed istituendo tipi e forme con svariati accorgimenti e tecniche che hanno cristallizzato nei secoli le prassi di collaborazione tra natura, cultura, tecnica, società e storia dell'architettura.

Le questioni che Vitruvio [2] ha trattato nei dieci libri sull'architettura e sul suo intero dominio possono essere utilmente indagate servendosi della logica razionale sul come questa procedura di conoscenza è la ragione unica che lega lo spazio dell'architettura alla sua esistenza come esperienza che vive anche la teoria come spiegazione della pratica del costruire e dell'abitare sano.

Vitruvio ci descrive che l'Architettura riguarda non solo gli edifici ma anche le macchine e gli orologi, i materiali nel loro ambiente naturale, trattati nel libro II, e nel libro VIII l'esperienza della ricerca sull'acqua e della sua fondamentale importanza per l'architettura e per gli uomini. L'acqua è il principio di tutte le cose con il fuoco, poi l'aria e la Terra.

In questo luogo, il rapporto organico tra tipi e forme dell'abitare, tra il materiale e le tecnologie costruttive, rappresentano l'universo culturale su cui si è fondato il carattere delle abitazioni in rapporto con le acque e la natura nel sistema urbano antichissimo, tra scavo e costruzione, tra teoria e scienza idraulica.

Si individuano così argomenti del fare architettura che si rapportano strettamente con la natura, con i suoi elementi costitutivi, e che questi si relazionano costantemente con la

conoscenza, la pratica, la materia di cui è costituita l'arte di edificare [3].

Ogni manufatto è ancorato e fondato in molte direzioni nella terra, nella morfologia frastagliatissima dei fianchi della gravina, nei solchi che mostrano le immagini multiformi di una storia e identità culturale antichissima: la luce, il fuoco e l'aria svolgono un ruolo fondamentale.



La nostra ricerca tenta di interpretare, dopo una lunga e precisa conoscenza, documentazione e classificazione dei tipi e delle forme degli spazi, alcune esperienze consolidate dell'abitare negli ipogei dei Sassi, e suggerire di ri-costruire la rete di canali di ventilazione per un risanamento dall'umidità e restituire salubrità agli ambienti di scavo. Questa cultura tecnologica era presente ma è stata quasi totalmente distrutta dopo il disastro dell'abbandono e degli interventi dissennati urbani, della tombatura ed eliminazione di centinaia di canne fumarie, di veri e propri camini del vento, in tutto il secolo scorso.

Ogni abitazione era dotata di un focolare con camino collocato nella maggior parte dei casi verso la prima parte della casa, pochi gli esempi più interni, quasi nessuno nelle profondità degli ipogei.

Figure: (a) Architettura di scavo di un lamione tipo: pianta e sezione. Rione Casalnuovo a Matera. (b) I segni dell'acqua: interno del lamione tipo. Rione Casalnuovo a Matera.

References

- [1] Leon Battista Alberti, L'ARCHITETTURA, Traduzione di Giovanni Orlandi, Introduzione e note di Paolo Portoghesi, Edizioni il Polifilo, Milano 1989.
- [2] Franca Bassolino (a cura), Marco Vitruvio Pollione, DE ARCHITECTURA, Libri X, Edizioni Kappa, Roma 2002.
- [3] Antonio Conte, LA CITTÀ SCAVATA. Paesaggio di patrimoni tra tradizione e innovazione, Gangemi Editore, Roma 2014,

SESSIONE B

Metodi per la diagnosi, la misurazione e la verifica degli interventi

Tools and methods for the diagnosis, the extent assessment and
the result impact evaluation

Sulle tecnologie per il monitoraggio non invasivo dell'umidità nelle murature

Rosa Agliata, Luigi Mollo

Università della Campania "L. Vanvitelli", Dipartimento di Ingegneria, LABTech, via Roma 9, Aversa

Summary: Most of the existing techniques for measuring moisture content in masonry walls require sampling, drilling and inserting probes. Such practices should not be used in cultural heritage buildings, as they would compromise the integrity of the valuable surfaces. A critical overview of non-invasive methods currently available is presented here.

Introduzione

La presenza di acqua negli involucri edilizi è tra le principali cause del deterioramento delle murature ed è riconosciuta, anche dal legislatore [1], come uno dei maggiori agenti da combattere per la conservazione degli edifici. Pertanto, misurare il contenuto di acqua e la sua distribuzione nelle murature è essenziale per prevenirne i danni, oltre che per garantire prestazioni strutturali soddisfacenti ed una buona qualità della vita per gli occupanti. I meccanismi di degrado, innescati dallo stress termo-meccanico dovuto al continuo processo di umidificazione e asciugatura [2], rappresentano, particolarmente per gli edifici appartenenti al patrimonio storico-culturale, un problema rilevante poiché possono portare allo sfarinamento delle opere decorative superficiali (stucchi e pitture), seguito dallo sbriciolamento dei materiali di supporto (intonaci e malte), fino alla disintegrazione dei materiali che compongono la muratura (mattoni e pietre) e, nei casi più gravi, alla riduzione della resistenza meccanica della parete [3]. Rilevare e monitorare l'umidità nel tempo risulta dunque di grande importanza nella pianificazione degli interventi sul patrimonio costruito e monumentale. Per inciso, si ricorda che nel nostro Paese sono ubicati il maggior numero di complessi costruiti dichiarati dall'Unesco Patrimonio dell'Umanità (49 su 845) [4]. Inoltre, conoscere la distribuzione dell'umidità all'interno di una muratura è anche utile per determinarne l'origine (Figura 1).

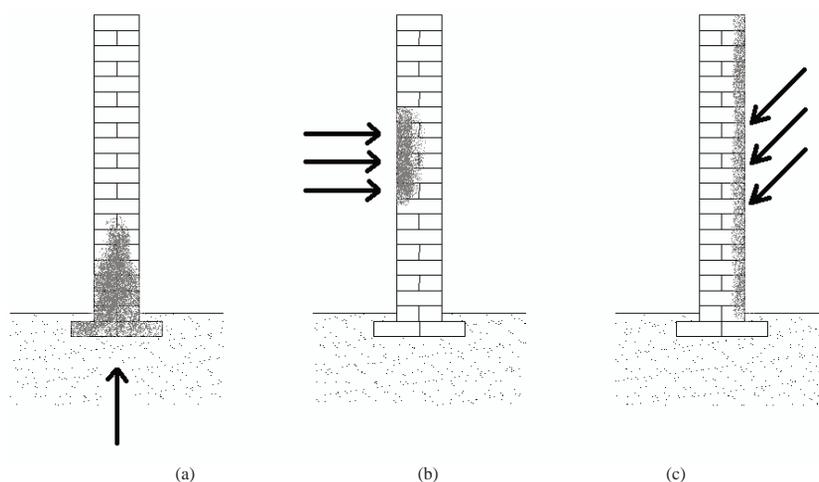


Figura 1: Distribuzione dell'acqua in un paramento murario a seconda del tipo di umidità: ascendente (a), condensazione (b) e infiltrazione (c). Redrawn after [5]

Sebbene esistano numerose tecniche per la misurazione del contenuto di umidità nei

paramenti murari [6, 7, 8], la maggior parte di esse non sono adatte ad essere utilizzate in edifici di pregio storico-artistico, perché basate su procedure che possono danneggiare il paramento superficiale, spesso fragile, compromettendone così il valore documentale [9]. Le tecniche classiche di misurazione dell'umidità, infatti, richiedono il prelievo di campioni (come accade ad esempio per il tradizionale metodo gravimetrico [10], o quello al carburo di calcio [11]), la perforazione (ad es. il metodo dell'umidità all'equilibrio [12]) e/o l'inserimento di sonde (la maggior parte dei metodi elettrici e dielettrici tradizionali, ad es. [13] e [14]). Tutte queste pratiche, ed in particolar modo il metodo gravimetrico, potrebbero comportare danni addirittura maggiori delle conseguenze della possibile presenza di acqua all'interno della muratura; motivo per cui il prelievo di campioni in pareti monumentali è fortemente sconsigliato [1]. Il presente lavoro intende presentare i risultati già ottenuti dagli autori nell'utilizzo, per paramenti murari di elevato valore documentale, di sensori e tecniche non invasive (ad es. sonde superficiali e telerilevamento) inquadrandoli, in modo critico, nel panorama della ricerca internazionale.

References

- [1] UNI EN 16682:2017, Conservation of cultural heritage - Methods of measurement of moisture content, or water content, in materials constituting immovable cultural heritage.
- [2] J. P. Brown and W. B. Rose, Humidity and moisture in historic buildings: the origins of building and object conservation, *APT bulletin* 27.3:12-23, 1996.
- [3] S. C. Park, Holding the Line, Controlling Unwanted Moisture in Historic Buildings, *TPS Preservation Briefs* 39, 1996.
- [4] UNESCO, World Heritage List, <https://whc.unesco.org/en/list/>, accessed 20.09.2018.
- [5] I. Mundula and N. Tubi, *Umidità e risanamento negli edifici in muratura*, Maggioli, 1997.
- [6] R. Agliata, R. Greco, L. Mollo, Moisture measurements in heritage masonries: a review of current techniques, *Mat. Eval., in press*:1468-1477, 2018.
- [7] P. Bison, G. Cadelano, L. Capineri, D. Capitani, U. Casellato, P. Faroldi E. Grinzato, N. Ludwig, R. Olmi, S. Priori, N. Proietti, E. Rosina, R. Ruggeri, A. Sansonetti, L. Soroldoni, and M. Valentini, Limits and advantages of different techniques for testing moisture content in masonry, *Materials evaluation*, 69(1):111-116, 2011.
- [8] M. C. Phillipson, P. H. Baker, M. Davies, Z. Ye, A. McNaughtan, G. H. Galbraith and R. C. McLean, Moisture measurement in building materials: an overview of current methods and new approaches, *Building Services Engineering Research and Technology*, 28(4):303-316, 2007.
- [9] V. Di Tullio, N. Proietti, M. Gobbino, D. Capitani, R. Olmi, S. Priori and E. Giani, Non-destructive mapping of dampness and salts in degraded wall paintings in hypogeous buildings: the case of St. Clement at mass fresco in St. Clement Basilica, Rome, *Analytical and bioanalytical chemistry*, 396(5):1885-1896, 2010.
- [10] UNI 11085:2003, Beni culturali - Materiali lapidei naturali ed artificiali - Determinazione del contenuto d'acqua: Metodo ponderale.
- [11] UNI 11121:2004, Beni culturali - Materiali lapidei naturali ed artificiali - Determinazione in campo del contenuto di acqua con il metodo al carburo di calcio.
- [12] W. M. Healy, Moisture sensor technology-A summary of techniques for measuring moisture levels in building envelopes. *Transactions-American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers*, 109(1):232-242, 2003.
- [13] D. Fidiriková, V. Greif, P. Dieřka, V. " tofanik, L. Kubiřár and J. Vlřko, Monitoring of the temperature–moisture regime in St. Martin's Cathedral tower in Bratislava, *Env. Earth Sci.*, 69(4):1481-1489, 2013.
- [14] R. Agliata, L. Mollo and R. Greco, Use of TDR to compare rising damp in three tuff walls made with different mortars. *JMCE*, 29(4):04016262, 2016.

Un approccio diagnostico integrato per la salvaguardia del patrimonio storico finalizzato alla verifica delle patologie da umidità

Arch. Guido Roche

Docente e Consulente Agenzia CasaClima Bolzano

Summary: L'analisi della muratura storica viene approfondita con una metodologia diagnostica integrata delle patologie da umidità, analizzando alcuni casi applicativi, con particolare attenzione all'integrazione tra termografia infrarossa, rilievo microclimatico e prove ponderali.

Introduction

La verifica della presenza di acqua nelle murature storiche è una problematica di grandissima importanza che deve essere indagata ed approfondita con la massima cura. La fase diagnostica deve essere la fase propedeutica al progetto di intervento e, come tale, deve essere approfondita e dettagliata.

Si propone una metodologia di intervento che si basa sull'uso, in sinergia, di differenti modalità diagnostiche, finalizzate all'individuazione della presenza dell'acqua nelle murature, della concentrazione e dell'origine dell'acqua stessa. Basarsi sull'esperienza del tecnico o la conoscenza dell'artigiano non è più possibile, resta fondamentale, quindi, un approccio strutturato e multi disciplinare. Il modello diagnostico che si vuole proporre, quindi, parte da uno studio preliminare mediante termografia infrarossa. Tale indagine consente di determinare la distribuzione, in tempi rapidi e su estese superfici, dell'acqua nelle murature, con la problematica di non fornire informazioni quantitative. La fase successiva dell'indagine consiste in un rilievo microclimatico e psicometrico, entrambi non invasivi, consentendo di determinare le eventuali possibili cause di fenomeni di condensazione. Attraverso un monitoraggio, infatti, è possibile determinare i valori di temperatura, umidità relativa e umidità assoluta nell'ambiente oggetto di indagine. Generando delle mappe è possibile ottenere la distribuzione planimetrica o altimetrica dei fenomeni in atto. La terza fase del modello diagnostico proposto consiste in un rilievo, sempre non distruttivo, della presenza d'acqua in superficie, mediante sensori capacitivi. Tale tipologia di prova, pur essendo per sua natura solamente superficiale e non fornendo informazioni quantitative, consente di determinare, in maniera qualitativa, la presenza e le zone di maggiore concentrazione d'acqua nella muratura. Quarta fase diagnostica consiste, a seguito della determinazione mediante mappatura termica delle zone critiche, nel prelievo di piccoli campioni di muratura, a differenti profondità, per l'esecuzione di prove quantitative mediante metodo ponderale. Tale metodologia di intervento, in maniera minimamente distruttiva, consente di determinare la reale quantità di acqua sia in superficie che all'interno della muratura stessa.

Un modello diagnostico integrato, quindi, consente di determinare, in maniera assolutamente dettagliata, la distribuzione dell'acqua nella muratura, la quantità di acqua e l'origine dell'acqua stessa. Risalita capillare, acqua meteorica o condensazione non possono essere analizzate in base alle semplici manifestazioni del degrado presente.¹

La metodologia di indagine proposta verrà analizzata attraverso casi applicativi che, di volta in volta, sono in grado di chiarire le potenziali ed i limiti della metodologia di intervento proposta. L'approccio diagnostico proposto può essere anche applicato al recupero del costruito per la riqualificazione energetica di un involucro, in quanto la presenza di acqua nella muratura, o nell'isolante stesso, ne vanifica il potere coibente.²

[1] G. Roche, *La termografia per l'edilizia e l'industria*, Edizioni Maggioli, Rimini 2012

[2] G. Roche, *Prontuario Operativo per la certificazione energetica, Edifici esistenti e di nuova costruzione*, Edizioni Maggioli, Rimini 2013

Umidità nelle costruzioni: il ruolo delle normative tecniche per la misura, la diagnosi e la verifica degli interventi di risanamento.

E. Borrelli*, M. Bartolini, L. Festa****
*Lecturer SAF/ISCR Matera, ** ISCR Rome

e-mail of the presenting author: ernesto.borrelli1@gmail.com
Rome Italy mob. +39 3495924140

La presenza di umidità nelle murature degli edifici architettonici è uno dei principali problemi di conservazione. In un intervento di risanamento di un edificio architettonico, ancor più se trattasi di bene culturale è di estrema importanza conoscere natura, quantità e estensione dei fenomeni di umidità e di ammaloramento per la presenza di acqua, sia per comprenderne l'origine sia per prevenirne le cause di degrado e pianificare una strategia di intervento conservativo.

Questo lavoro pone una serie di interrogativi su quale debba essere l'approccio metodologico per una pianificazione di un intervento di risanamento, ma soprattutto pone l'accento sulla necessità di utilizzare metodi certi di valutazione previa e successiva delle condizioni termo-igrometriche dell'oggetto di studio ricorrendo a riconosciuti standard ed in quanto tali i soli ad essere comparabili nelle differenti situazioni di un processo diagnostico.

La risposta a tale necessità viene suffragata nel testo da una esposizione sintetica e mirata delle normative tecniche sia in ambito UNI (ente Nazionale Italiano di Unificazione) che Europeo CEN (Comité Européen de Normalisation) per la misura ed il confronto delle maggior parte dei parametri connessi alla presenza di acqua, nelle sue varie forme, in relazione alle peculiarità architettoniche e dell'intorno ambientale, Questi metodi applicati sia in laboratorio che in campo, sono citati di volta in volta evidenziandone efficacia, vantaggi e svantaggi, criticità e lacune.

The presence of moisture in the walls of architectural buildings is one of the main conservation problems. In a restoration project of an architectural building, even more so if it is a cultural heritage asset, it is extremely important to know the quantity, the extension of the humidity and the deterioration phenomena due to the presence of water, both to understand its origin, to prevent the causes of decay and plan a conservative intervention strategy.

This paper raises a number of questions on what the methodological approach should be to plan a rehabilitation intervention, but above all, places the emphasis on the need to use unquestionable and standardized methods for a prior and subsequent evaluation of the thermo-hygrometric conditions of the object under study using acknowledged standard and, as such, the only ones to be comparable in different situations of a diagnosis process.

The answer to this need is supported in the paper by a concise and targeted exposition of the technical regulations both in the national standardization body UNI (Italian Unification Body) and in the European CEN one (European Standardization Committee). These are a selected number of normative references for the measurement and comparison of most of all the parameters related to the presence of water, in its various forms, in relation to the architectural peculiarities and to the surrounding environment. These methods both applied in laboratory and in the field, are mentioned highlighting their effectiveness, advantages and disadvantages, criticalities and gaps.

Proposta per la sessione B



ERNESTO BORRELLI

brief biography

Conservation Scientist, Independent consultant and trainer. Presently lecturer at the SAF/ISCR of Matera (Italy). Former official of the Italian Institute for Conservation of Cultural Heritage (ISCR – Rome Italy), and former official of the International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property (ICCROM).

Specialities: International project management, Laboratory management, experimental design & research protocol development, diagnosis process specialist, conservation science education.

Member of National (UNI) and International Standardization Bodies (CEN), member of ICOM – Conservation Committee, UNESCO and Italian Ministry of Foreign Affairs consultant. Frequent lecturer at Universities, courses and conferences worldwide. Author of several scientific papers on the conservation of cultural heritage.

Difficoltà e limiti del monitoraggio dell'umidità in situazioni complesse

Rita Vecchiattini

Dipartimento Architettura e Design, Scuola Politecnica, Università degli Studi di Genova.

rvecchiattini@arch.unige.it – 010 209.51808

Summary: The paper describes and analyzes the difficulties of the monitoring process in a complex case. The monitoring activities from 2012 to 2018, in an important and valuable building in Genoa (Italy), are investigated to highlight the potentialities and the limits of different methods (Electrical Resistance method, Electrical Capacitance method and Gravimetric method).

Nell'ambito di una convenzione tra enti (Università, Soprintendenza e Curia) tra il 2012 e il 2018 è stata monitorata l'umidità nelle murature dell'Abbazia di San Matteo a Genova (Fig. 1). L'Abbazia ha gravi problemi di umidità sia nell'aula, dove il degrado è particolarmente evidente sulle pareti delle navate laterali, (Fig. 2) sia nella cripta e, soprattutto, nel vano sottostante la cripta (Fig. 3). Sono state eseguite misure di umidità ambientale, di umidità superficiale (metodo resistivo), di umidità sub-superficiale (metodo capacitativo) e di umidità profonda (metodo gravimetrico) [1]. Il processo di monitoraggio è stato condotto in sette campagne di rilievo che ogni volta hanno investigato i medesimi punti, superfici e parametri per ottenere valori comparabili gli uni con gli altri [2].



Fig. 1: L'Abbazia di S.Matteo a Genova che si affaccia, circondata da edifici storici, sull'omonima piazza.



Fig. 2: Bassorilievo in marmo del transetto con evidenti forme di degrado: disgregazione ed efflorescenze saline.



Fig. 3: Il vano sotto la cripta completamente allagato con 60 cm di acqua che lambiscono il sarcofago dei Doria, in occasione delle alluvioni dell'ottobre e novembre 2014

A partire dal caso di studio, affrontato in occasione di un intervento al convegno Modhima 2018 [3], il contributo si propone di indagare in questa occasione, non tanto gli esiti del monitoraggio quanto le difficoltà di un monitoraggio duraturo nel tempo e di evidenziare tutti i limiti dell'applicazione a un caso complesso come quello dell'Abbazia di San Matteo. Non si tratta, tuttavia, di un caso singolo e irripetibile. Al contrario, esso può ben rappresentare le condizioni di molti edifici dei nostri centri storici in cui:

- la conoscenza delle effettive cause di umidità di risalita non è completa ed è impossibile approfondire tale aspetto senza fare saggi nel terreno e ispezionare i canali sotterranei presenti;
- la ricchezza di opera d'arte si traduce in numerose superfici pregiate che non impediscono di operare liberamente con campionamenti e saggi;
- la muratura è nascosta da rivestimenti di pietra o di intonaco che impediscono la lettura delle stratificazioni;
- la muratura è eterogenea per stratificazione o per tecnica muraria, quindi pietre, mattoni e malta, che hanno un assorbimento capillare diverso, si trovano a convivere;
- progressi interventi di deumidificazione possono aver localmente alterato la capacità di assorbimento capillare della muratura.

Tutte le problematiche affrontate nel caso reale saranno schematizzate e analizzate con l'obiettivo di fornire indicazioni per poterle superare, ove possibile, o per averne preliminare consapevolezza, indispensabile nel momento della discussione dei risultati.

Riferimenti bibliografici

- [1] C. Battini, R. Vecchiattini, *Data parametric representation for monitoring of cultural heritage*, Applied geomatics. Digital technologies for the monitoring of cultural heritage, DOI 10.1007/s12518-018-0219-1.
- [2] D. Camuffo, *Microclimate for Cultural Heritage - Conservation, Restoration and Maintenance of Indoor and Outdoor Monuments*. New York: Elsevier, 2013.
- [3] R. Vecchiattini, *Moisture monitoring experiences in the old town of Genoa (Italy)* in atti del convegno MODihMA 2018 *Methods to prevent and reduce dampness in masonry* in Journal of Cultural Heritage 31S (2018) S71-S81.

SESSIONE C

Umidità, salute, sicurezza e comfort ambientale

Managing damp problems, health, safety and environmental comfort

LA QUALITÀ DELL'ARIA INDOOR NEGLI AMBIENTI MUSEALI E CULTURALI

Gaetano Settimo

gaetano.settimo@iss.it

*Coordinatore del Gruppo di Studio Nazionale (GdS) Inquinamento Indoor
Istituto Superiore di Sanità, Roma*

La qualità dell'aria indoor rappresenta oggi uno dei principali problemi di sanità pubblica, dato che la popolazione trascorre più del 90% del proprio tempo in ambienti chiusi (es. abitazioni, uffici, scuole, banche, ospedali, solo per citarne alcuni). Numerosi inquinanti sono riscontrabili, con diversi gradi di concentrazione, negli ambienti di indoor, sia a causa dell'apporto dall'esterno sia a causa di sorgenti identificabili all'interno stesso degli ambienti considerati.

All'interno di musei, biblioteche, ambienti culturali o di deposito di materiali di interesse storico-artistico la qualità dell'aria indoor insieme al microclima (temperatura e umidità relativa che devono tener conto principalmente della natura dei materiali e dei beni) e all'illuminazione (altro importante parametro che può esaltare i fenomeni di degrado dei materiali e dei beni), è fondamentale per la gestione, conservazione e valorizzazione dei beni e dei reperti, per la scelta degli interventi di miglioramento della qualità degli ambienti museali, per il contenimento dei consumi energetici, per la prevenzione della salute dei lavoratori e visitatori.

In questi anni sono stati prodotti diversi documenti di riferimento (ad esempio, da parte del Centro Internazionale di Studi per la Conservazione ed il Restauro dei Beni Culturali-ICCROM), linee guida per la qualità dell'aria indoor dal WHO, relative a un certo numero di inquinanti chimici, biologici, e ai rischi connessi alla presenza di umidità, norme dallo European Committee for Standardization (CEN), che da tempo si è impegnato nello sviluppo di specifiche norme per la gestione delle condizioni ambientali degli ambienti museali (ad esempio, la UNI EN 16141-Conservazione dei beni culturali - Linee guida per la gestione delle condizioni ambientali delle aree di deposito delle collezioni museali e dell'impiantistica: definizione e caratteristiche dei centri di raccolta finalizzati alla preservazione e gestione del patrimonio culturale), e per la caratterizzazione e determinazione dell'umidità (ad esempio, la UNI EN 16242-Conservazione dei beni culturali - Procedure e strumenti per misurare l'umidità dell'aria e gli scambi di vapore tra l'aria e i beni culturali). L'adozione di tali norme costituisce un notevole miglioramento rispetto a quanto finora realizzato nelle attività di studio e di controllo; la standardizzazione dei metodi aumenta anche la possibilità di una corretta comparazione tra i diversi dati prodotti a livello europeo.

Nella legislazione nazionale a parte il DM 10 maggio 2001, non sono presenti specifici riferimenti sulla qualità dell'aria indoor negli ambienti museali e culturali, anche se si sono moltiplicate le iniziative pre-normative, manca ancora una politica globale e integrata in materia di qualità dell'aria indoor.

Di conseguenza, alcune regioni hanno adottato delle specifiche leggi (ad esempio, la Regione Emilia Romagna con la Deliberazione della Giunta Regionale E.R. del 3 marzo 2003, n° 309 Approvazione standard e obiettivi di qualità per biblioteche, archivi storici e musei ai sensi dell'art. 10 della L.R. 18/00 Norme in materia di biblioteche, archivi storici, musei e beni culturali, e la Regione Piemonte con la Legge n° 11 del 1 agosto

2018 Disposizioni coordinate in materia di cultura), che contengono i requisiti obbligatori e gli obiettivi di qualità che gli istituti culturali sono tenuti a perseguire. In attesa di una legge quadro sulla qualità dell'aria indoor che tenga conto delle indicazioni WHO, il Gruppo di Studio Nazionale Inquinamento Indoor (GdS) dell'Istituto Superiore di Sanità (ISS), sta lavorando per fornire documenti tecnico-scientifici condivisi, al fine di consentire azioni armonizzate a livello nazionale. Il GdS-ISS, ha più volte sollecitato viste le modifiche dei fattori di rischio degli ambienti di lavoro tipicamente indoor, i ministeri competenti per apportare una specifica integrazione/aggiornamento del DLgs 81/08 smi.

Diagnostica e soluzioni tecnologiche per la riqualificazione ed il risanamento edilizio. Tecnologie a decontaminazione controllata per ambienti da sanificare.

Carmine Rinaldi

Amministratore Unico e Direttore Tecnico RI.EL.CO. IMPIANTI S.r.l.

Introduzione

Il problema della qualità dell'aria in ambienti indoor (IAQ) ha indotto nell'ultimo ventennio una impennata dell'interesse del mondo scientifico anche e soprattutto sui riflessi indotti sulla salute umana delle generazioni attuali e di quelle future che riguarda sia ambienti di civile abitazione, sia strutture frequentate da persone affette da forme allergiche e/o problemi di immunodepressione, sia ambienti particolari come ad esempio quelli dove vengono conservati beni artistici, storici e culturali.

Per questi ultimi assumono un aspetto fondamentale tutte quelle problematiche connesse con le corrette condizioni climatiche di conservazione mediante un controllo microclimatico in grado di assorbire le variazioni naturali o provocate dalla presenza umana, sia in termini di limitazioni/assenze di inquinamento e/o sostanze suscettibili di depositarsi sulle superfici dei beni da conservare (es. pulviscoli, particelle chimiche reagenti, inquinamento) sia, infine, in termini di preservazione della presenza di agenti biologici contaminati (es. funghi e licheni, muffe in generale, parassiti di varia natura e morfologia).

La nuova tecnologia A.DE.CO. (Ambienti a Decontaminazione Controllata) che si basa sull'integrazione di affermati processi di natura fotochimica, elettrica e meccanica, con la capacità di variare temperatura ed umidità dell'aria immessa in ambiente, rappresenta un importante miglioramento rispetto al comportamento dei tradizionali sistemi di climatizzazione e trattamento dell'aria con funzioni sia di benessere che di conservazione anche in ambienti museali.

La tecnologia A.DE.CO., frutto di anni di Ricerca Industriale e Sviluppo Sperimentale, è ancora in fase di validazione e messa a punto da parte del Consiglio Nazionale delle Ricerche attraverso gli istituti IMC - Istituto di Metodologie Chimiche (oggi Istituto Sistemi Biologici ISB), IBAF -Istituto di Biologia Agroambientale e Forestale (oggi Istituto Ricerca Ecosistemi Terrestri, IRET) ed IIA – Istituto Inquinamento Atmosferico.

Sperimentazione tecnologica e risanamento conservativo. Benessere ambientale ed igrometrico dei Sassi di Matera

Antonella Guida¹, Vito D. Porcari¹ and Ida G. Presta²

¹Unibas. Dipartimento delle Culture Europee e del Mediterraneo – Matera

²Poliba. Dipartimento di Scienza dell'Ingegneria Civile e dell'Architettura – Bari

antonella.guida@unibas.it, vito.porcari@unibas.it, idagiuliapresta@gmail.com.

Sommario:

Le sperimentazioni nel campo della conservazione sono finalizzate ad individuare criteri di indagini e metodologie appropriate, che hanno condotto ad una maggiore conoscenza del manufatto edilizio, per ottimizzare gli interventi di recupero. Questo lavoro ha voluto essere un contributo a tale ricerca, quale ulteriore strumento di approfondimento delle conoscenze della roccia calcarenite, essendo questa, per la particolare tipologia dei "Sassi", l'elemento primario costituente i manufatti.

Introduzione

La natura urbana della città di Matera trova la sua massima espressione all'interno dei Sassi, la cui morfologia ha reso possibile la sopravvivenza dell'uomo per secoli.

I Sassi rappresentano il cuore antropologico della città, una città nella città, un labirinto che dagli anni Cinquanta del Novecento perde la sua identità contadina per diventare motore di sviluppo della civiltà moderna.

Da quel momento nacque l'esigenza di una visione architettonica e urbanistica innovativa, in grado di far emergere i diversi strati del contesto urbano, partendo dagli ipogei per arrivare al centro storico.

La struttura urbana deve essere letta nei vari livelli, dal livello arcaico a quello moderno attraverso la riqualificazione dello spazio urbano per rispettare esigenze, requisiti e prestazione dettate dal vivere richieste della contemporaneità.

Il valore aggiunto della città dei Sassi è rappresentato dalla sua capacità nel far convivere silenziosamente architetture e manifestazioni religiose legate alla civiltà rupestre, testimonianze di una memoria che deve essere tramandata alle generazioni future, con esempi di strategie e metodologie per poter progettare ed intervenire oggi, considerando l'attuale stile di vita e le richieste di un mercato spinto anche verso una rilettura del vivere in grotta.

L'attuale "cultura dell'abitare" unitamente ad utili ed ineliminabili adeguamenti igienico-funzionali, ha introdotto l'uso quotidiano di materiali e tecniche estranei alla cultura tradizionale, che di conseguenza stanno trasformando, e spesso inevitabilmente distruggendo "silenziosamente", l'immagine urbana storica. Quotidiane esigenze di manutenzione e di restauro di spazi storici desueti, reclamano nuove regole di intervento compatibili con la natura e i materiali storici originari di questi luoghi.

Il presente lavoro, inserito in una ricerca estesa su diversi aspetti del recupero dei Sassi di Matera, focalizza l'attenzione sulle problematiche connesse al raggiungimento, nell'ambito di un recupero funzionale, a fini abitativi e non, del comfort ambientale inteso come un rapporto equilibrato ed ottimale tra le condizioni al contorno e le sensazioni ed esigenze dell'organismo umano.

Ci si riferisce quindi non solo agli scambi di temperatura e di umidità e alla purezza dell'aria, ma anche alle sensazioni acustiche e tattili, al campo ottico e soprattutto alle esigenze di natura psicologica, estetica e sociale, che costituiscono uno dei principali aspetti di un progetto di recupero in un contesto delicato come quello dei Sassi di Matera.

Lo studio analizza inizialmente, correlandoli fra loro, i diversi sistemi di misurazione dell'umidità nelle pareti validate da analisi di laboratorio e prove sperimentali 'in situ'.

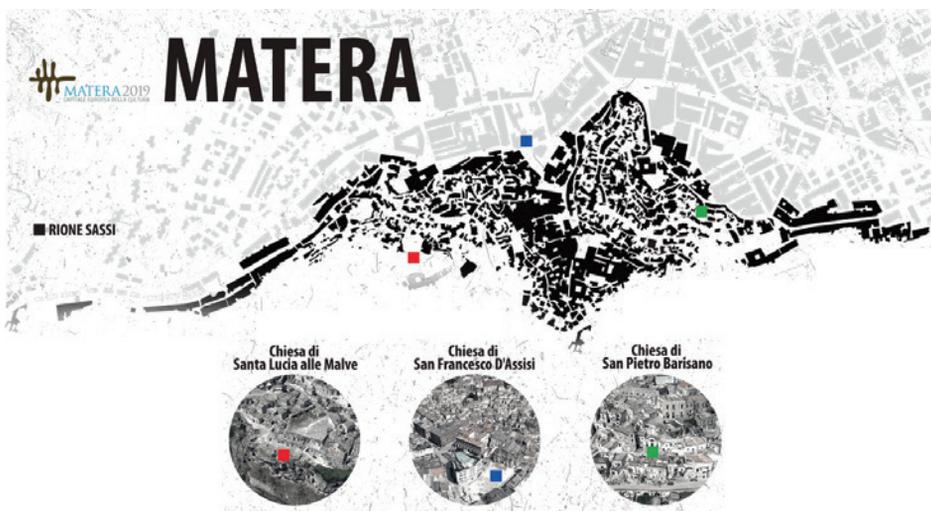
L'indagine è svolta su tre edifici ecclesiastici utilizzati come casi studio.

Le tre chiese in oggetto sono la chiesa di "San Francesco d'Assisi", la chiesa rupestre di "San Pietro Barisano" e la chiesa rupestre di "Santa Lucia alle Malve"; la scelta è stata condotta dalla volontà di intervenire e interpretare le due differenti ma contestuali nature della tradizione architettonica di un simile contesto: costruita e scavata.

La notevole varietà, complessità e originalità delle tipologie porta ad evidenziare come ci si trovi in una situazione atipica, nella quale spesso le diverse cause di umidità (costruttiva, accidentale, meteorica, da condensazione, da risalita capillare) non sono immediatamente identificabili, anche per la sovrapposizione quasi sempre presente fra due o più cause.

Obiiettivo di tale ricerca è la formulazione di metodologie innovative di intervento per la valutazione di condizioni ambientali, igrometriche e abitative per il risanamento e il recupero di queste unità, supportate da attente e dettagliate indagini di misurazione e valutazione di tali fenomeni di umidità e degrado tecnico-ambientale.

Tali metodologie saranno supporto fondamentale per ciascuna tipologia di intervento progettuale finalizzato al recupero e al risanamento conservativo dei Sassi di Matera.



References

- [1] La Russa, M. F., Barone, G., Belfiore, C. M., Mazzoleni, P., Pezzino, A. (2012). Application of protective products to "Noto" calcarenite (south-eastern Sicily): a case study for the conservation of stone materials. *Environmental Earth Sciences*. 62, pp. 1263-1272. P. Wriggers. *Computational Contact Mechanics*, 2nd ed., Springer, 2006.
- [2] Di Biase C., "Il restauro e i monumenti. Materiali per la storia del restauro", 2003.
- [3] Restucci A., *Matera: i Sassi Manuale del recupero*, Electa, 1998.
- [4] CNR, Centro di studio di Milano e Roma, *Sulle cause di deperimento e sui metodi di conservazione delle opere d'arte*; I.C.R. Istituto Centrale del Restauro, *Raccomandazione Normal 7/81: assorbimento d'acqua per immersione totale - capacità di imbibizione*.

L'importanza delle corrette valutazioni termo-igrometriche e modalità di posa nel caso di isolamento termico dall'interno: UNI EN ISO 13788 e UNI EN 15026

Nicola Cardinale¹, Stefania Liuzzi², Alessandro Miliani³, Chiara Rubino²,
Pietro Stefanizzi²

¹ *Università degli Studi della Basilicata, Dipartimento delle Culture Europee e del Mediterraneo, Via Lazizzera snc, Matera, Italia*

² *Politecnico di Bari, Via Orabona 4, Bari, Italia*

³ *Xella Italia S.r.l*

Abstract

Un problema importante negli interventi di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio in particolare di quello storico, è il controllo della condensa interstiziale, che può presentarsi nel momento in cui, non potendo intervenire dall'esterno, si interviene con cappotto interno.

Nel lavoro si è ipotizzato di intervenire a riqualificare energeticamente un edificio esistente con parete esterna in blocchi di laterizio da 30 cm con diverse tecniche di isolamento dall'interno.

Per le pareti è stata effettuata una analisi di dettaglio a livello di prestazione termo-igrometrica con il software WUFI Pro, mettendo a confronto i risultati del metodo di calcolo stazionario previsto dalla norma UNI EN ISO 13788 col metodo di calcolo dinamico previsto dalla norma UNI EN 15026, ed evidenziando i diversi livelli di sicurezza dei possibili sistemi utilizzati per l'isolamento dall'interno.

I risultati sono stati post-processati con il software WUFI-BIO in grado di evidenziare una situazione di pericolo per lo sviluppo di muffe. Nella figura 1 seguente si riportano i risultati dell'analisi con WUFI-BIO della parete in laterizio con isolamento interno in XPS preaccoppiato con cartongesso. La distribuzione di umidità nella struttura, al decimo anno, sulla faccia fredda dell'isolante XPS indica una situazione di pericolo per lo sviluppo di muffe. I dati riportati in figura si riferiscono ad al clima esterno di Milano e clima interno fissato secondo UNI EN 15026 per carico di umidità normale.

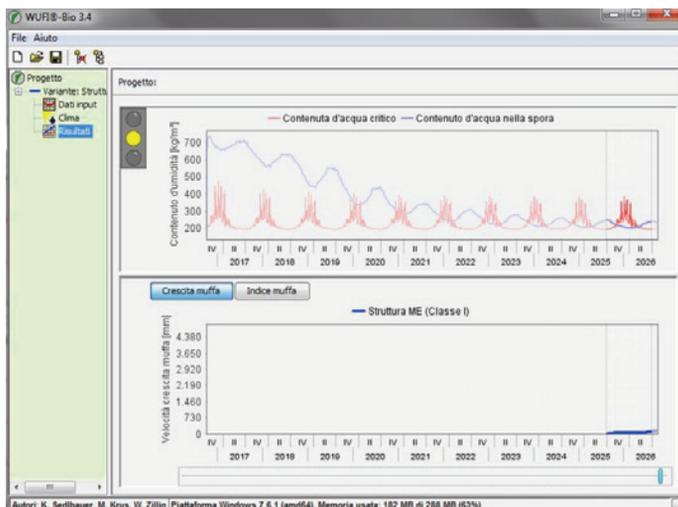


Figura 1.

L'intervento di riqualificazione con cappotto interno va effettuato prestando grande attenzione al metodo di verifica termo-igrometrica e alla messa in opera. L'applicazione dello strato di isolante deve essere con contatto uniforme e continuo sul supporto. La presenza di vuoti d'aria e fessure nello strato di isolante può comportare infiltrazioni di aria dall'ambiente interno a seguito della difficoltà di garantire la reale continuità e tenuta delle barriere o freni al vapore, nei sistemi che ne prevedono l'uso. Il livello di infiltrazioni d'aria è direttamente proporzionale al grado di tenuta all'aria dell'involucro. Se l'ambiente interno ha un contenuto di umidità elevato, è possibile la formazione di condensa sulla faccia fredda dell'isolante con formazione di condizioni idonee allo sviluppo di muffe.

Il comfort ambientale tra innovazione e tradizione: sinergie necessarie

Virginia Rossini

Architetto - Già Vicepresidente Ordine Architetti P.P.C. di Roma e provincia – Fondatrice e Presidente Associazione A.B.A.C.O. , acronimo di Ambiente Benessere Architettura Cultura Opportunità

La realtà italiana, come noto, è contraddistinta da diffuso degrado ed incuria, sia in termini ambientali che sociali e abitativi, bisognosa di azioni atte a rigenerare non solo l'aspetto materiale dei problemi, ma ancor prima quello culturale.

Il metodo per rendere sostenibile la qualità della vita dei cittadini sarebbe innanzitutto quello di ridare centralità ed organicità al Progetto e alla ricerca, e basarsi su strategie efficaci e condivise con gli attori della pianificazione e realizzazione degli interventi e la loro relativa informazione sui risultati.

In attesa di una politica sempre più opportuna a rigenerare il sistema Paese sotto le varie declinazioni, attraverso azioni di ricerca, sperimentazione, che siano strumenti di sviluppo tecnico scientifico ed un volano di economia, risulta indispensabile mettere l'accento sulla tematica italiana di maggior rilievo, prima tra tutte la conservazione, tutela e valorizzazione del suo prezioso territorio e Patrimonio.

Sempre più si sente l'esigenza di ragionare in chiave sistemica nel perseguire l'obiettivo indispensabile comune quale quello di promuovere la cultura del comfort ambientale ed in particolare del concetto di casa salubre. A tale scopo, sarebbe opportuno creare una rete fattiva tra istituzioni governative e territoriali per il miglioramento di normative e buone prassi per la realizzazione di interventi efficaci ed entrare in sinergia con la società civile, che, attraverso quelle associazioni preposte per statuto alla diffusione formativa ed informativa di specifiche tematiche ambientali e architettoniche, possa coadiuvare il lavoro dei professionisti e sensibilizzare maggiormente la relativa committenza.

Con tale obiettivo, negli anni precedenti l'Ordine degli Architetti P.P.C. di Roma e provincia, attraverso il Dipartimento dei Beni Culturali, presieduto dalla sottoscritta, in più occasioni, ha stimolato dibattiti in proposito, ed è per questo che ha scelto di promuovere una specifica tematica, troppo accantonata nello scenario progettuale, quale quella dell'impiantistica, così determinante per la realizzazione di un efficace comfort ambientale, che ha voluto sottolineare e valorizzare, grazie a ricerche, convegni, pubblicazioni e l'istituzione del Premio "Hassan Fathy", per verificarne e incoraggiare le relative buone prassi, con la collaborazione di importanti istituzioni.

Inoltre, ha approfondito, nell'ambito dell'impiantistica, grazie a seminari, corsi e ricerche, lo studio del settore particolarmente sensibile per la realizzazione di un efficace comfort ambientale, quale quello preposto alla risoluzione dei vari tipi di umidità, che costituiscono una delle principali cause di deterioramento del Patrimonio Storico e della sua relativa insalubrità.

Al fine di offrire un diffuso ed efficace comfort ambientale, occorrerebbero, quindi, ricercare nuove soluzioni, finalizzate a dare risposta alle esigenze di salubrità, sicurezza e benessere del patrimonio costruito ed ambientale attuale, dove, nell'ambito specifico della conservazione dell'edilizia storica, risulterebbe determinante il concetto della non invasività degli interventi.

L'applicazione di nuovi metodi di conservazione dovrebbe essere inscindibile da un'ampia storia di sperimentazione degli stessi, sui materiali e sulle tecniche costruttive dei beni.

Pertanto, risultano importanti i convegni, quale questo di Matera, ed ancora di più la ricerca e la sperimentazione che lo precede, per promuovere e comunicare gli studi e i relativi risultati riguardo una materia essenziale per l'affermazione della cultura del comfort ambientale.

Sensibile e rilevante risulta anche la scelta di questo Convegno di invitare la società civile, che,

specificatamente, rappresento con l'associazione che ho istituito, che ha, tra l'altro, per statuto, l'obiettivo di diffondere la cultura del benessere ambientale. La sinergia con il mondo associazionistico garantisce l'opportuno ed efficace diffondersi della tematica, presso non solo gli addetti ai lavori, ma anche verso quei cittadini, futuri committenti, contribuendo a promuovere nel merito un approccio culturale globale.

Architettura e acqua nei canali della città di Guangzhou in Cina. Dispositivi per il confort ambientale fra tradizione e innovazione

Marianna Calia

Università degli Studi della Basilicata - DiCEM

Summary: Fino ai primi anni del XX secolo Guangzhou era costellata di canali e architetture dai caratteri tradizionali costruite con materiali locali quali legno e mattoni in terracotta. A causa delle moderne espansioni urbane, questa configurazione è in gran parte compromessa, causando gravi problemi alle murature degli edifici che non sono più isolate e ventilate rispetto alla fitta rete di canali urbani in gran parte ostruiti con cemento e asfalto.

Abstract

La città di Guangzhou, capoluogo della regione del Guangdong è stata storicamente teatro di profondi cambiamenti che hanno trasformato rapidamente l'immagine della città, e che ne cambiano ancora oggi di frequente l'aspetto. Il centro storico, *Xiguan District*, è caratterizzato da una presenza sporadica di edifici a corte e da un tessuto residenziale compatto, composto da lotti stretti e lunghi dal carattere eclettico.

Il tipo residenziale prevalente è la *bamboo house*, caratterizzata dalla presenza di dispositivi tecnici tradizionali per il raffrescamento e la circolazione di aria e luce, capaci di risolvere problemi legati al clima tropicale tipico di questa città dove il tasso di umidità supera l'80%. In zone con clima caldo tropicale come Guangzhou, dove il delta del fiume determina il carattere proprio del luogo, occorre difendersi dal pericolo della risalita di acqua, sperimentando tecnologie innovative per la ventilazione e la conversione dell'acqua da problema a risorsa.

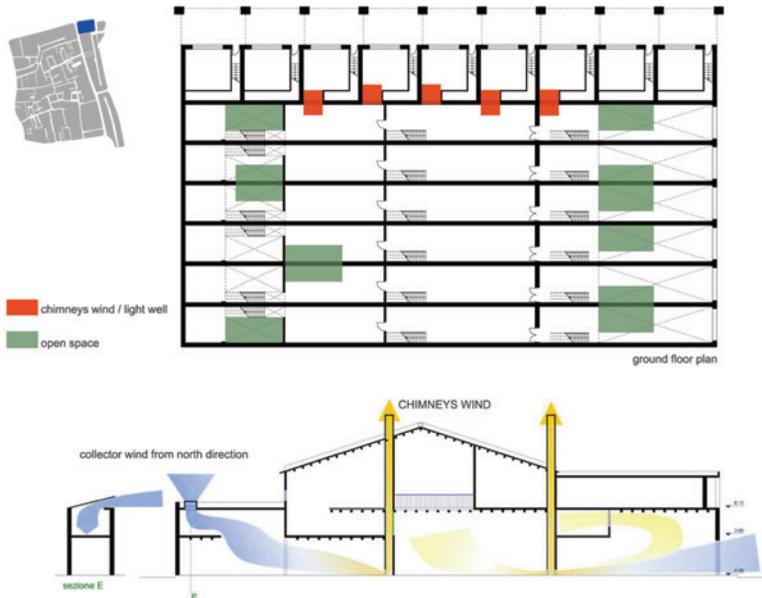
La ricerca avviata, ha permesso di diagnosticare uno stato di fatto critico e compromesso, e di elaborare soluzioni architettoniche e tecniche che tengano conto dei caratteri originali dell'architettura cantonese e che siano basate sia sull'innovazione tecnologica e compositiva, che sulla riappropriazione di antichi segni e valori, come la declinazione della tipologia a corte, l'articolazione spaziale del "muro" e il suo risanamento, il ripristino dei "camini del vento" e dei canali per lo scolo e la raccolta delle acque. Occorre focalizzare l'attenzione sul tema della manutenzione, pratica poco attuata in Cina, ma di fondamentale importanza per la tutela e la durabilità del Patrimonio.

Le architetture di cui il *Xiguan District* è composto, si collocano in un rapporto di reciproca necessità tra morfologia del sito, vegetazione, materia del suolo e rete dei canali che, attraverso il mutare delle stagioni, si prestano allo sviluppo sperimentale di buone pratiche per tutela del patrimonio.

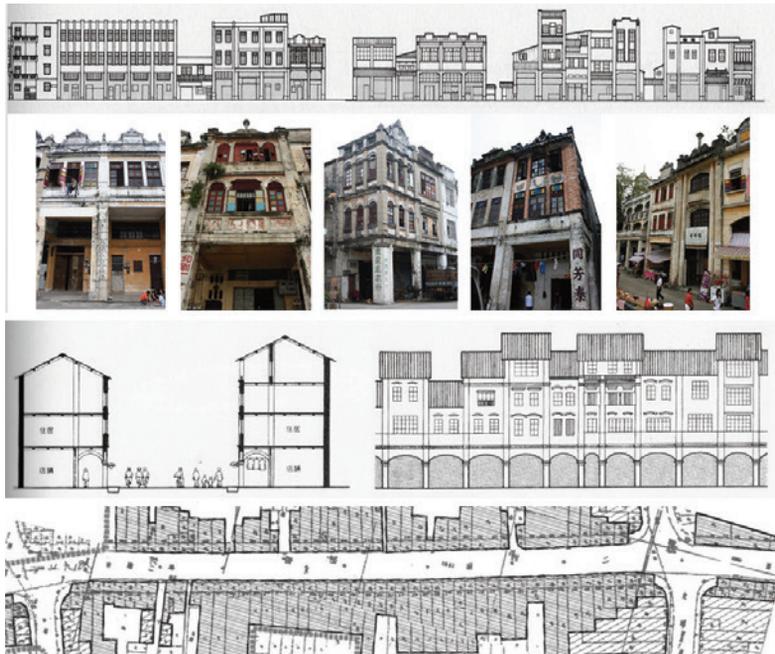
References

- [1]!Cagnardi, A., (2008), *Ritorni da Shanghai. Cronache di un architetto italiano in Cina*. Allemandi, Torino;
- [2]!Gregotti, V., (2009), *L'ultimo hutong. Lavorare in architettura nella nuova Cina*. Skira, Milano;
- [3]!Whitehand, J. W. R., et al., (2010), *Urban morphology and conservation in China*, *Cities* 28, 171-185;

- [4]!Ye, L., (2013), *A typo-morphological enquiry into the evolution of residential architecture and urban tissues of the Guangfunan area of Guangzhou, China*, Concordia University.
- [5]!Zhao, C., et al., (2016), *Considerations on house types and their transformation in Xiguan Dawu District of Guangzhou*, *Journal of Architecture and Planning*, Vol. 81, N° 726;
- [6]!Calia, M., (2018), *Taccuino di viaggio. Dal sud della Cina a Guangzhou*, Libria, Melfi.



Schemi di rilievo e progetto per la sperimentazione di dispositivi tecnologici tradizionali, applicati al progetto contemporaneo per la riqualificazione del centro storico di Guangzhou.



Composizione di disegni e fotografie di canali cantonesi e di *qilou* (edifici commerciali con portici), effettuati durante una campagna di rilievi conoscitivi per la diagnosi del patrimonio architettonico da mantenere a Guangzhou, in collaborazione con il Guangzhou Urban Planning and Design Research Institute nel 2011.

Soluzioni per la salubrità dell'aria all'interno degli edifici.

Jacques Gandini

Ingegnere esperto in ventilazione HVAC, efficienza energetica ed energie rinnovabili. Consulente ALPAC Srl Unipersonale – Helty Srl

Introduzione

La qualità e la salubrità dell'aria all'interno degli edifici in epoca di nZEB (nearly Zero Energy Buildings) e di edilizia industrializzata ad alta ed altissima efficienza energetica richiede soluzioni innovative in grado di superare le problematiche insite nei tradizionali sistemi di rinnovo dell'aria centralizzati che, in talune situazioni, possono addirittura favorire condizioni insalubri per le persone.

Attraverso l'impiego della Ventilazione Meccanica Decentralizzata (VMD) a doppio flusso, al posto dei tradizionali sistemi centralizzati o a singolo flusso, è possibile ottenere, negli edifici ad alta efficienza energetica, un sostanziale miglioramento del comfort, garantendo criteri di salubrità migliorativi ed incrementando il risparmio energetico, mediamente anche del 20% [1], grazie all'intelligente utilizzo della ventilazione meccanica, ambiente per ambiente, dove e quando serve, specie se regolata tramite un sistema intelligente che rileva puntualmente le esigenze di ricambio dell'aria e filtrazione.

I temi ambientali legati all'efficienza energetica in edilizia stanno portando ad un sostanziale rinnovo delle metodologie costruttive degli edifici. Tale rinnovamento, tanto nel pubblico quanto nel privato, sia nelle nuove costruzioni che in quelle esistenti, è possibile grazie all'utilizzo di materiali altamente isolanti, di soluzioni impiantistiche efficienti e tecniche costruttive all'avanguardia, che fanno sì che il fabbisogno energetico dei nuovi edifici sia tendenzialmente sempre più basso, in linea con quanto previsto dalla nuova direttiva europea (EU) 2018/844 sull'efficienza energetica degli edifici, entrata in vigore lo scorso 9 luglio e che dovrà essere recepita dagli Stati membri dell'UE entro il 10 marzo 2020.

Gli ambienti confinati sono solitamente più inquinati rispetto all'ambiente circostante, perché agli inquinanti esterni si sommano quelli emessi dall'edificio stesso e quelli generati direttamente e indirettamente dai suoi occupanti. Per esempio, è noto che elevati valori di umidità all'interno dei locali provocano lo sviluppo di attività biologiche dannose come muffe, formazioni batteriche e acari. Una gestione inadeguata dell'edificio, come il mantenere al suo interno dei valori elevati di umidità per tempi abbastanza lunghi, provoca lo sviluppo di attività biologiche dannose che a loro volta causano allergie, asma, irritazioni e nei casi più gravi infezioni e patologie respiratorie più serie. Facilmente si osserva che il carico di inquinanti presenti nei locali confinati, dovuti a cause dirette e indirette, supera anche abbondantemente i valori considerati limite per questa categoria di sostanze.

L'evacuazione degli inquinanti si può vantaggiosamente favorire per mezzo di un'adeguata ventilazione degli ambienti, preferibilmente di tipo continuo e automatico. La ventilazione meccanica controllata è certamente un sistema molto efficace per la corretta evacuazione degli inquinanti dagli edifici. Attraverso l'ingresso di aria fresca e filtrata, gli inquinanti presenti in casa verranno conseguentemente diluiti ed allontanati dall'abitazione impedendone l'accumulo e la concentrazione. Talvolta però, i sistemi di ventilazione, specie quelli centralizzati, obbligano ad utilizzare vaste reti di distribuzione dell'aria attraverso tubazioni di modeste dimensioni che, molto spesso, si rivelano in pochi anni un ricettacolo di sporco, muffe e polveri in mancanza di regolari operazioni di pulizia e sanificazione, purtroppo molto invasive e costose.

Focus tecnologico sui sistemi di ventilazione meccanica decentralizzata a doppio flusso

Tra tutti i sistemi di ventilazione meccanica certamente meritano una menzione speciale i sistemi di ventilazione meccanica controllata a doppio flusso, ad alta efficienza energetica di tipo decentralizzato, poiché, oltre a non necessitare di canalizzazioni dell'aria estese e diffuse all'interno dell'edificio (tipicamente previste per gli impianti di ventilazione meccanica centralizzati) possono consentire, sia rispetto ai sistemi centralizzati che rispetto ai sistemi a singolo flusso, una riduzione del fabbisogno energetico di climatizzazione invernale ed estiva intorno al 20%, oltre che il miglioramento della salubrità e del comfort dell'ambiente grazie ad un'adeguata aria di rinnovo, calibrata in maniera specializzata ambiente per ambiente, evitando le complesse opere di sanificazione insite nelle reti di diffusione dell'aria tipiche degli impianti di ventilazione centralizzata.



Fig.1 – Esempi di pregevole inserimento architettonico della VMD decentralizzata di tipo “stand alone” in un immobile ristrutturato (a sinistra) e di tipo ad incasso nell’involucro edilizio in un immobile di nuova costruzione (a destra). Immagini fornite da Alpac Srl Unipersonale – Helty Srl.

Riferimenti bibliografici

- [1] *“Miglioramento del comfort e del risparmio energetico degli edifici ad alta prestazione energetica, mediante un innovativo sistema intelligente distribuito di controllo digitale della Ventilazione Meccanica Decentralizzata (VMD)”*, 35° CONVEGNO NAZIONALE AiCARR (Associazione Italiana Condizionamento dell'aria, Riscaldamento e Refrigerazione) FIRENZE 14 GIUGNO 2018. Con il patrocinio di: Centro Interuniversitario di ricerca Sistemi e Tecnologie per le Strutture Sanitarie, Sociali e della Formazione - Università di Firenze.