



GUERRA MONDIALE  
MCMXV - MCMXVIII

ANTONIO ACVTTIPACENZA - GIOV.  
SEPPE ANGELICIDIALE - GIOVAN.

VITTORIO  
VALDARNO -  
TI MEZZEGR  
IOLATE SIO  
MANELLI

GIOVANNI ZANOLLACWAR.  
ZERE - AMEDEO ZOPPEI  
VERONA - IVO ZUCCHINI  
FERRARA - EGIDIO MEL  
CHIORI BIDELLO, VENEZIA

MARIO CALL  
ENRICO CAR  
NEZIA - CARLO  
VIENNA - GIOVAN  
COSTA BODONA -

**La corte della Niobe**

## **Il futuro della memoria**

### Lo studio delle superfici lapidee del Sacrario

Elisa Goldin, Riccardo Trazzi, Elisabetta Zendri, Eleonora Balliana

#### **1 Introduzione**

Ogni azione sulle superfici lascia delle tracce, a volte evidenziate oppure celate, ma le lapidi nel cortile della Niobe raccolgono anche la memoria dei cafoscarini caduti nelle Guerre, le loro storie e gli eventi che, in maniera invisibile, questo luogo continua a raccontare.

La riqualificazione, ma prima ancora la conservazione del Sacrario richiede un'approfondita conoscenza dello stato di conservazione dei materiali in primo luogo per gli aspetti legati alle interazioni delle superfici con l'ambiente circostante. La conservazione di questo insieme di 'memorie' e il desiderio di mantenerle nella loro complessità hanno fatto da filo conduttore di tutto il progetto di studio e intervento.

Proprio partendo dal 'racconto' del Sacrario, abbiamo voluto che i nostri studenti e giovani laureati fossero partecipi di questa attività. Il progetto ha quindi coinvolto giovani ricercatori per la parte relativa allo studio dello stato di conservazione delle superfici lapidee e gli studenti del nostro corso di laurea triennale in Tecnologie per la conservazione e il restauro (a.a. 2017-2018), che, sotto la supervisione di Eleonora Balliana e Elisabetta Longega, docenti e restauratrici, basandosi su quanto rilevato in fase diagnostica, hanno eseguito l'intervento di conservazione vero e proprio.

Memoria e futuro, soprattutto nelle scelte tecnologiche sia per la parte diagnostica che d'intervento. E non c'è migliore occasione di una commistione passato-futuro di quella offerta dal processo conservativo del nostro patrimonio culturale, che considera come parte integrante anche l'aspetto ambientale. Quindi innovazione e sostenibilità: impiego di materiali non tossici, a

basso impatto ambientale, vantaggiosi dal punto di vista economico.

In questa parte della pubblicazione dedicata al cortile della Niobe riportiamo gli studi relativi alla valutazione dello stato di conservazione delle colonne e delle superfici delle lapidi e la descrizione dell'intervento di restauro eseguito dagli studenti.

## 2 Lo stato di conservazione delle colonne

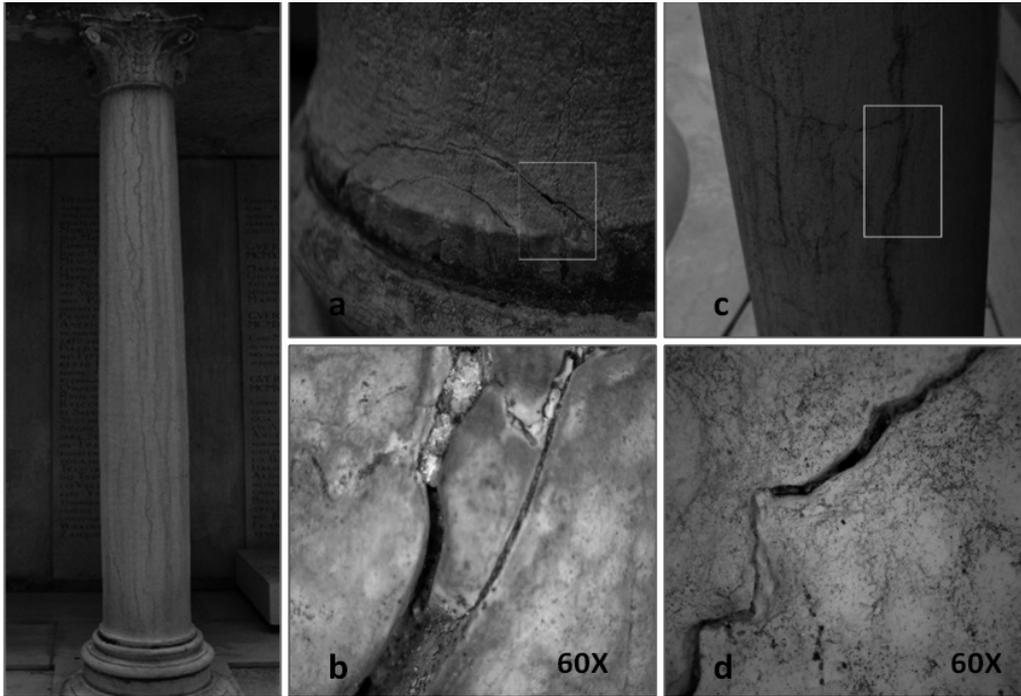
Le due colonne e le due lesene della loggia si trovano in una posizione parzialmente esposta all'azione diretta della pioggia, dunque risentono di processi di degrado tipici delle pietre carbonatiche e della pietra d'Istria in particolare.<sup>1</sup>La pietra d'Istria è senza ombra di dubbio, insieme alla trachite delle pavimentazioni, una delle pietre più diffuse e utilizzate da molti secoli nell'architettura veneziana grazie alle sue ottime caratteristiche di resistenza all'azione salina, bassa porosità ed elevata resistenza meccanica. Nonostante tutto, la pietra d'Istria non è immune all'azione chimica e fisica indotta dalla pioggia che può portare, spesso in associazione all'aerosol marino e alla presenza di inquinanti, a esfoliazioni, dilavamento e polverizzazione.

In diverse aree, in particolare in prossimità dei capitelli e dei basamenti, si individua la presenza di una patina biologica di colore verde scuro. Le aree meno esposte all'azione diretta della pioggia sono interessate dalla presenza di croste scure, dovute alla presenza di prodotti del degrado e dell'accumulo di particolato atmosferico. Sono anche evidenti numerose sigillature e stuccature

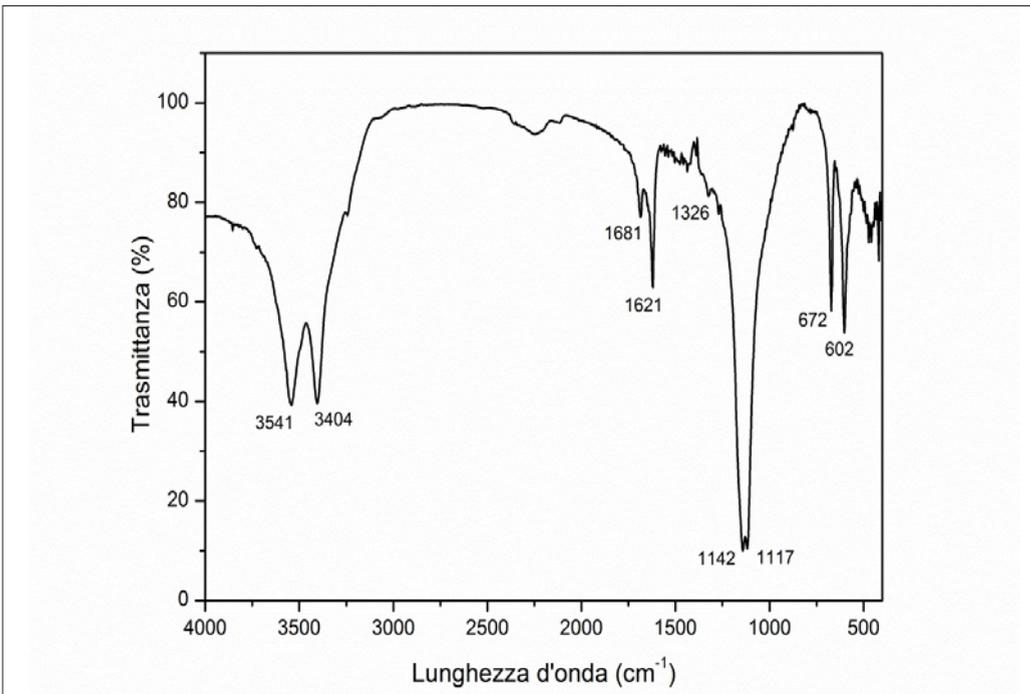
eseguite in precedenti restauri, ora in parte saltate. La parte delle colonne maggiormente esposta all'azione diretta della pioggia battente mostra evidenti segni di dilavamento, come riportato in **[figura 1]**.

Più preoccupante è la presenza di alcune fratture e di distacchi lungo il fusto e sul basamento delle colonne, di cui si riportano due particolari, rilevati mediante microscopia digitale a contatto, e forse legate anche a problemi di tipo strutturale e correlabili allo stato complessivo della loggia.

Alcuni campioni di croste nere provenienti da aree riparate dei capitelli delle colonne sono stati analizzati mediante spettrofotometria FT-IR. I campioni, dopo macinazione e miscelazione con KBr, sono stati compressi in pastiglie e quindi analizzati con spettrofotometro FT-IR Thermo Nicolet nell'intervallo spettrale da 4000 a 400  $\text{cm}^{-1}$  con risoluzione di 4  $\text{cm}^{-1}$  (64 scansioni). Le analisi rilevano la presenza di gesso (3541 e 3404  $\text{cm}^{-1}$  stretching asimmetrico e simmetrico OH, 1621  $\text{cm}^{-1}$  bending OH, 1140  $\text{cm}^{-1}$  bending gruppo solfato  $\text{SO}_4^{2-}$ ), prodotto di degrado caratteristico dei supporti carbonatici **[figura 2]**, e la presenza di



**Figura 1** Colonna del portichetto a destra. Particolari di alcune fratture nella colonna (a-c); foto al microscopio a contatto del distacco (60x) (b); particolare di una frattura lungo il fusto (d)



**Figura 2** Spettro FT-IR di un campione di crosta nera proveniente dal capitello della colonna di fig. 1



**Figura 3** Immagini dello stato di conservazione delle lastre: evidenti tracce biancastre dovute a diffuse colature di acqua piovana proveniente dal ballatoio (a); dettagli di erosioni ed esfoliazioni (b); dettagli di sollevamenti e distacchi derivanti dalle acque di percolazioni (c); immagini digitali a 50x e 220x di alcune aree affette da erosioni, e deposito di efflorescenza saline anche in corrispondenza delle incisioni

ossalato di calcio grazie al picco attorno a  $1320 \text{ cm}^{-1}$ . La presenza di ossalati è abbastanza comune su materiali lapidei di tipo carbonatico esposti all'esterno ed è in genere associabile sia all'azione di biodeteriogeni che a trasformazioni nel tempo di protettivi di natura organica.<sup>2</sup> Gli interven-

ti eseguiti in passato sulle superfici del Sacrario non sono documentati, se non in parte, tuttavia la manutenzione delle superfici lapidee a Venezia era pratica ricorrente e consueta, dunque non possiamo escludere che nel tempo sia stata attuata anche sugli elementi del cortile.<sup>3</sup>

## 2.1 Lo stato di conservazione delle lapidi

Le nove lapidi in pietra calcarea compatta riportano incisi i nomi dei caduti delle Guerre in una sequenza inizialmente ordinata e successivamente legata all'ordine con cui giungevano le notizie ufficiali dai diversi fronti. Le lapidi sono riparate dalla loggia e la terrazza sovrastante è accessibile dal piano superiore del palazzo.

La posizione riparata delle lapidi non ha evitato che queste risentissero nel tempo degli effetti legati non solo all'ambiente, ma anche allo stato di conservazione delle strutture sovrastanti. In particolare, le condizioni conservative delle lapidi collocate nell'angolo di destra (nord-est) apparivano abbastanza precarie, con la perdita di coesione della superficie e conseguente ridotta leggibilità di parte delle incisioni, colature del pigmento ed esfoliazioni [figura 3]. Tali fenomeni derivavano dalle acque che percolavano attraverso le fessure nella pavimentazione del ballatoio e attraverso le stucature eseguite precedentemente, ora non più efficaci. Il problema delle percolazioni era comunque diffuso su tutte le lapidi, sebbene in maniera meno drammatica rispetto alla situazione riscontrata nell'angolo di destra.

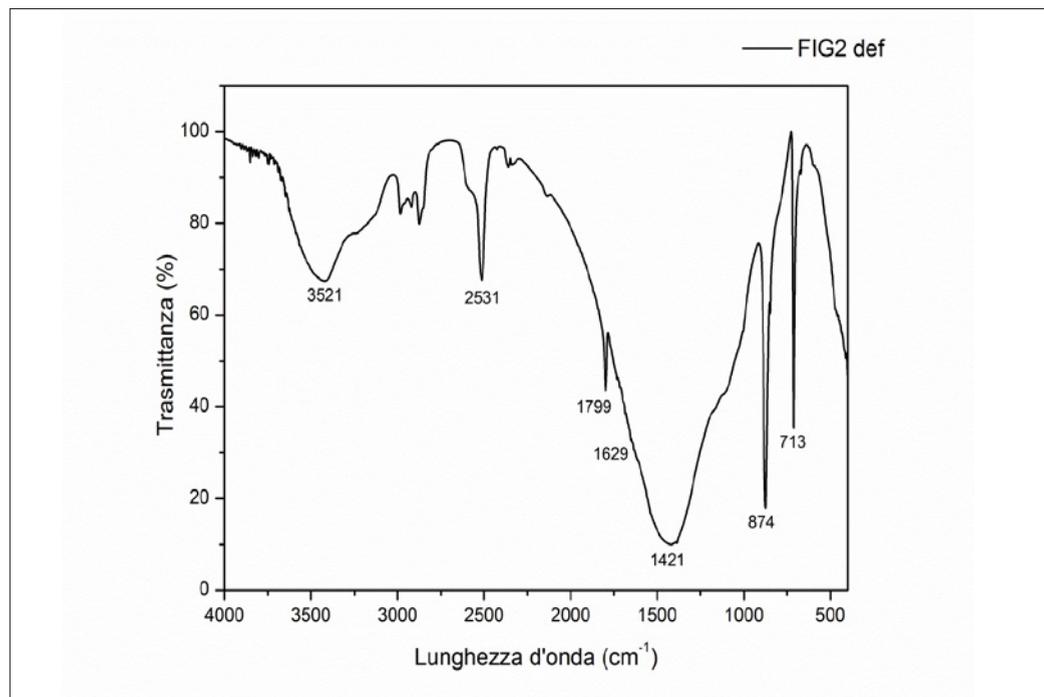
Le lapidi sono addossate alla muratura in mattoni, affetta da processi di risalita capillare di acqua di mare, come chiaramente evidente nelle murature interne e a vista dello stesso edificio. Non si

esclude quindi che parte dei danni rilevati fossero anche dovuti al lento ma costante assorbimento di soluzioni saline da parte delle superfici lapidee e alla successiva cristallizzazione di sali con conseguente danno sul materiale con conseguente perdita di leggibilità delle scritte. Le immagini in basso nella [figura 3] sono relative all'analisi eseguita con microscopio digitale portatile di una delle incisioni e su un'area della lastra all'apparenza omogenea, in cui sono evidenti i depositi salini biancastri. A questi processi di alterazione si aggiunge anche l'azione dell'aerosol marino e della condensa, che, come noto, favoriscono processi di degrado fisico e chimico dei supporti lapidei.<sup>4</sup>

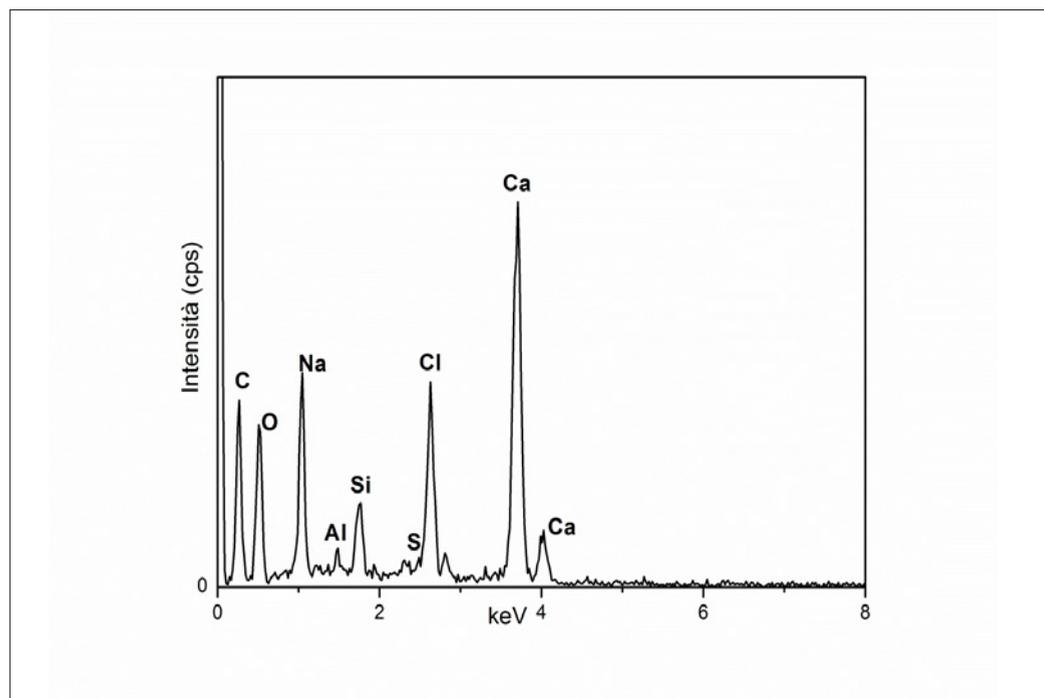
Non erano invece evidenti significative azioni da parte di biodeteriogeni, concentrati solo in alcuni punti del Sacrario quali il ballatoio e alcune parti delle colonne, mentre risultavano praticamente assenti sulle lapidi.

Dalle osservazioni visive, affiancate allo studio puntuale delle superfici reso possibile dall'utilizzo di tecniche microscopiche portatili, è stato possibile definire una mappa del degrado, strumento essenziale per evidenziare la tipologia e la diffusione dei processi di alterazione in relazione all'ambiente circostante, per progettare l'intervento di restauro e per definire delle strategie ad hoc di prevenzione del degrado.

**Figura 4** Spettro FT-IR del campione 1 relativo ad una scaglia di pietra proveniente dalla prima lapide a destra sulla parete ovest, raccolta in prossimità di diffusi sollevamenti superficiali



**Figura 5** Analisi elementare della superficie esterna del campione 1



Dai punti ritenuti più significativi delle diverse forme di alterazione sono stati prelevati alcuni microcampioni per le indagini chimiche. I campioni raccolti si riferivano a:

- campione 1: scaglia di pietra proveniente dalla prima lapide a destra sulla parete ovest e in prossimità dei diffusi sollevamenti;
- campione 2: deposito superficiale prelevato mediante leggera abrasione in prossimità della cornice superiore della lapide posta sulla parete del lato nord, caratterizzata dalla presenza di un leggero deposito pulverulento;
- campioni 3 e 4: microframmenti di colore rosso provenienti dall'iscrizione del nome «ERMANNO» nella prima lapide a destra sulla parete ovest.

La prima serie di indagini è stata condotta utilizzando la spettroscopia FT-IR e l'analisi eseguita sul campione 1 ha innanzitutto confermato la natura eminentemente carbonatica del supporto lapideo. Lo spettro FT-IR di [figura 4] riporta infatti i picchi caratteristici del carbonato di calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), associati ai picchi della frazione silicatica, caratteristica di questo supporto lapideo.<sup>5</sup> È interessante notare una 'spalla' attorno ai  $1620 \text{ cm}^{-1}$ , associabile a vibrazioni di bending del legame O-H-O, probabilmente legata a processi di idrolisi della fase silicatica contenuta nella pietra e quindi indicativa di processi attivi di alterazione dovuti alla presenza di acqua nell'ambiente di conservazione.<sup>6</sup>

Come osservato durante la mappatura dei fenomeni di degrado, sulla superficie lapidea sono presenti anche depositi salini derivanti dall'azione dell'acqua di mare in cui è presente principal-

mente NaCl. Questo sale non è rilevabile attraverso spettrofotometria FT-IR, quindi una frazione del campione 1 è stata analizzata al microscopio elettronico a scansione (SEM) dotato di sonda per l'analisi elementare (EDX) (microscopio elettronico JEOL JSM- 5600 LV equipaggiato con sonda EDX OXFORD-Link Isis serie 300).

La [figura 5] riporta gli esiti dell'analisi elementare della superficie esterna del frammento, da cui emerge con chiarezza la presenza di sodio e cloro, assieme al calcio (pietra) e a silicio e alluminio, presenti nella pietra. Ma non si può escludere che provengano anche dalla polvere depositata sulla superficie.

L'analisi del campione 2 ha evidenziato una composizione del tutto simile a quella della pietra. La presenza di depositi pulverulenti di colore biancastro su superfici lapidee carbonatiche è molto frequente e deriva da una successione di reazioni chimiche tra la matrice carbonatica e la  $\text{CO}_2$  atmosferica in presenza di umidità. Tali reazioni comportano la trasformazione reversibile del carbonato di calcio in bicarbonato di calcio, da cui deriva appunto la rideposizione di carbonato sulla superficie in forma pulverulenta.<sup>7</sup> Dalle osservazioni condotte e dagli esiti delle indagini riportate, si può confermare che il principale problema conservativo delle lapidi del Sacrario derivava dalla diffusa percolazione delle acque piovane dalla terrazza soprastante e dalla presenza di sali solubili, in parte legati a processi di risalita capillare attraverso la muratura retrostante e in parte da deposizione di aerosol marino.

### 3 Considerazioni conclusive

Le indagini diagnostiche hanno riguardato lo studio dei processi di degrado legati alle interazioni tra l'ambiente di conservazione e le superfici lapidee del Sacrario. È emerso un quadro tipico di quanto si rileva comunemente sulle superfici architettoniche veneziane, sottoposte all'azione sinergica della pioggia e dell'aerosol marino. Le caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche della pietra d'Istria, di cui sono costituite le lapidi e probabilmente anche le colonne, consentono una durabilità che altri materiali lapidei non potrebbero garantire in queste condizioni ambientali.

Si rileva che la maggior parte dei problemi

conservativi delle lapidi derivano in parte direttamente dall'ambiente esterno, ma anche da una scarsa manutenzione della loggia, che ha provocato in particolare il percolamento delle acque piovane lungo le lapidi e il conseguente degrado. Non possiamo tuttavia escludere anche un contributo significativo da parte dell'acqua di mare che risale per capillarità lungo le murature a cui sono addossate le lapidi.

Per quanto riguarda le colonne e le lesene, la situazione più preoccupante deriva dalla presenza di fratture e distacchi lungo i fusti, che fanno presupporre problemi di tipo strutturale da approfondire.

---

**Bibliografia**

- Amoroso, Giovanni; Fassina, Vasco. *Stone Decay and Conservation: Atmospheric Pollution, Cleaning, Consolidation and Protection*. Amsterdam: Elsevier, 1983.
- De la Fuente, Daniel et al. «Mapping Air Pollution Effects on Atmospheric Degradation of Cultural Heritage». *Journal of Cultural Heritage*, 14(2), 2013, 138-45.
- Farmer, Victor. *The Infrared Spectra of Minerals*. London: Mineralogical Society of Great Britain and Ireland, 1974.
- Lars-Gunnar, Johansson. «Synergistic Effects of Air Pollutants on the Atmospheric Corrosion of Metals and Calcareous Stones». *Marine Chemistry*, 30, 1990, 113-22.
- Maravelaki, Pagona et al. «Evaluation of Deterioration Processes on the Istria Stone of Venetian Monuments». Rodrigues, Delgado José et al. (eds.), *Proceedings of the 7th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone* (Lisbon, 15-18 June 1992). Lisbon: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1, 1992, 163-73.
- Maravelaki-Kalaitzaki, Pagona et al. «Evaluation of the Initial Weathering Rate of Istria Stone Exposed to Rain Action, in Venice, with X-ray Photoelectron Spectroscopy». *Journal of Cultural Heritage*, 3(4), 2002, 273-82.
- Ploeger, Rebecca et al. «The Characterization of Commercial Artists' Alkyd Paints». *Journal of Cultural Heritage*, 9(4), 2008, 412-9.
- Quendolo, Alessandro; Zendri, Elisabetta. *Ca' Corner della Ca' Granda. Restauro 1999-2004. Progetto diagnostico e intervento*. Verona: Arsenale Editrice, 2004.
- Realini, Mauro; Toniolo, Lucia (eds.). *The Oxalate Films in the Conservation of Works of Art = Proceedings of the 2nd International Symposium* (Milano, 25-27 March 1996). Bologna: EDITEAM, 1992.
- Sgobbi, Manuela et al. «La prevenzione del degrado a Venezia nel XIX-XX secolo. Studio delle superfici di Ca' Rezzonico». *Scienza e Beni Culturali. Rivista del Convegno di studi di Bressanone*, 26, 2010, 803-12.
- Winkler, Erhard. *Stone: Properties, Durability in Man's Environment*. Wien: Springer, 1975.
- Zendri, Elisabetta et al. «Effects of the Condensed Water on Limestone Surface in a Marine Environment». *Journal of Cultural Heritage*, 2(4), 2001, 283-9.

**Note**

- 1 Vedi Zendri et al., «Effects of the Condensed Water»; De la Fuente et al., «Mapping Air Pollution Effects»; Lars-Gunnar, «Synergistic Effects»; Maravelaki et al., «Evaluation of Deterioration»; Amoroso, Fassina, *Stone Decay and Conservation*.
- 2 Vedi Realini, Toniolo, *The Oxalate Films*.
- 3 Vedi Sgobbi et al., «La prevenzione del degrado».
- 4 Vedi Zendri et al., «Effects of the Condensed Water».
- 5 Vedi Farmer, *The Infrared Spectra*; Quendolo, Zendri, *Ca' Corner della Ca' Granda*.
- 6 Vedi Maravelaki-Kalaitzaki et al., «Evaluation of the Initial Weathering».
- 7 Vedi Winkler, *Stone: Properties, Durability*.

