

Original Manuscript

Nanotecnologie per la protezione di mattoni di terracotta storici: la schedatura per la sperimentazione comparativa in laboratorio

Ihab Dabouh¹, Federica Fernandez², Roberta Montagno², Roberta Basile², Silvia Germinario²⁻³

¹ University of Cairo, Egypt

² Department of Nanotechnologies and Innovative materials, Istituto Euro Mediterraneo di Scienza e Tecnologia, Palermo, Italy

³ Department of Earth and Geo-environmental Sciences, University of Bari "Aldo Moro", via E. Orabona 4, 70126 Bari, Italy

CORRESPONDENCE: Ihab Dabouh
e-mail: ihabdaboo@iemest.eu

Received: Dec 1st, 2020

Revised: Dec 5th, 2020

Accepted: Dec 8th, 2020

Abstract

Nanotechnologies, as the nanomaterials derived from them, now constitute a concrete opportunity for numerous innovative applications in the field of cultural heritage conservation.

Thanks to the active collaboration of multidisciplinary research groups, in recent years various solutions have been developed that allow us to operate on historical matter in a more sustainable, respectful and conscious way.

There are numerous products already on the market which, by exploiting the characteristics of nanotechnologies, make it possible to solve problems that cannot be effectively addressed with traditional products.

To ensure that the choices are always commensurate with the real needs of the individual product, it is always necessary to prepare a preliminary diagnostic phase for the intervention, that includes the comparative experimentation of nanostructured or non-nanostructured products and treatments, allowing the qualitative evaluation of the intervention.

In this frame, this research activity has been carried on, as part of a collaboration for the doctoral thesis of the architect Ihab Dabouh at the University of Cairo and the NIMA Department of the Euro-Mediterranean Institute of Science and Technology.

The goal was to experiment nanostructured protective products on the surfaces of some brick samples, collected from a historic building in Kedivian city, a district of Cairo in Egypt.

The method, used to define the cataloging for the realization of the sampling for the comparative experimentation of products for the protection of surfaces, is presented, followed by the experimentation in the NI.MA. laboratory.

Keywords

Heritage Buildings, Nanotechnology, Bricks.

Introduzione

Le nanotecnologie e i nanomateriali da essi derivate costituiscono oggi una concreta opportunità per numerose applicazioni innovative nell'ambito della conservazione del patrimonio culturale. Grazie all'attiva collaborazione di gruppi di ricerca multidisciplinari in questi anni sono state messe a punto varie soluzioni che consentono di operare sulla materia storica in maniera più sostenibile, rispettosa e consapevole.

Esistono sul mercato numerosi prodotti che, sfruttando le caratteristiche delle nanotecnologie, consentono di risolvere problematiche che non possono essere affrontate efficacemente con i prodotti tradizionali.

Per far sì che le scelte siano sempre commisurate alle reali necessità del singolo manufatto occorre sempre predisporre una fase diagnostica preliminare all'intervento che preveda la sperimentazione comparativa di prodotti e trattamenti nanostrutturati o no, che consenta la valutazione qualitativa dell'intervento.

In questa ottica è stata sviluppata la presente attività di ricerca, condotta nell'ambito di una collaborazione per la tesi di dottorato dell'architetto Ihab Dabouh presso l'Università del Cairo e il Dipartimento NIMA dell'Istituto Euromediterraneo di Scienza e Tecnologia. L'obiettivo è stato quello di mettere a punto un metodo per la gestione delle informazioni per la sperimentazione comparativa di prodotti finalizzati alla conservazione del patrimonio storico. In tale contesto, si è sviluppata la sperimentazione di alcuni prodotti protettivi nanostrutturati sulle superfici di campioni di mattoni prelevati da un edificio storico di Kedivian city, un quartiere del Cairo in Egitto. Viene presentato il metodo attraverso cui si definisce la schedatura per la realizzazione della campionatura per la sperimentazione comparativa di prodotti per la protezione delle superfici, al quale segue la sperimentazione in laboratorio.

1. Nanotecnologie per la conservazione del patrimonio culturale

La conservazione del patrimonio storico artistico e architettonico rappresenta un valore culturale e sociale da consegnare alle generazioni future. A tal proposito da anni la comunità scientifica è impegnata nella ricerca di nuove tecnologie in grado di eseguire interventi di restauro più cauti e rispettosi rispetto alle pratiche tradizionali che utilizzano materiali e approcci convenzionali. Queste metodologie tradizionali infatti si sono dimostrate spesso incompatibili con i substrati storici, danneggiando alcune opere d'arte in maniera irreversibile a causa della loro bassa efficacia e durabilità.

Oggi le nanotecnologie con la definizione di nuovi materiali innovativi che trovano ampia applicazione anche nel campo del restauro del patrimonio artistico, archeologico e architettonico, rappresentano una nuova frontiera della scienza in continuo sviluppo. Le prospettive rivoluzionarie associate all'uso di materiali nanostrutturati derivano dall'opportunità di definire così nuove tipologie di prodotti in grado di

superare i limiti riscontrati dalle soluzioni normalmente in uso per la conservazione dei beni culturali, poiché a scala nanometrica i comportamenti e le caratteristiche della materia cambiano drasticamente. Inoltre la limitata dimensione delle nanoparticelle e l'ampio rapporto superficie-volume ne incrementano la reattività e favoriscono un'efficace penetrazione nei substrati porosi. Con una dimensione delle particelle notevolmente ridotta, proprietà di penetrazione più elevate, maggiore viscosità, differenti proprietà termiche e magnetiche rispetto ai materiali tradizionali, i nanomateriali possono contribuire a risolvere i problemi derivanti da fenomeni specifici e ad evitare la generazione di potenziali prodotti di nuova formazione (Rodica-Mariana Ion, 2018). L'utilizzo di questi materiali innovativi rappresenta dunque un miglioramento significativo rispetto alle metodologie di conservazione tradizionale in quanto i nanomateriali sintetizzati per la conservazione del patrimonio culturale mostrano elevata compatibilità fisico-chimica con i substrati delle opere d'arte, bassa tossicità, elevato controllo della loro applicazione durante gli interventi di restauro e stabilità a lungo termine. (De Rosario I. et al. 2015, Ditaranto N. et al. 2010, Ditaranto N. et al. 2015, Fernandez F. 2013, Fernandez F., Germinario S. 2017). A tal proposito l'intensa attività scientifica in questo settore ha permesso di sviluppare un'ampia gamma di materiali nanostrutturati con differenti proprietà in cui l'effetto combinato di diversi nanofiller viene utilizzato con funzione protettiva o consolidante nei substrati dei materiali che costituiscono i beni culturali quali pietra, legno, carta, tessuti e metalli (Giorgi R. et al. 2000, Dei L., Salvadori B. 2006). I nanomateriali multifunzionali dunque sono caratterizzati da numerose proprietà quali la resistenza all'usura, idrorepellenza, repellenza allo sporco, azione biocida, effetti pulenti e autopulenti, protezione dai raggi UV e resistenza alla corrosione. Molto spesso le proprietà indicate nei nanomateriali sono ottenute mediante l'uso combinato di matrici polimeriche e specifici nanofiller (Hansen E. et al. 2003, Sierra-Fernandez A. et al. 2017). Un altro aspetto importante relativo all'uso di nanoparticelle multifunzionali è la realizzazione di prodotti più sostenibili, altamente durevoli in grado di essere controllati nel tempo. Inoltre, a causa delle significative differenze tra i substrati che costituiscono i beni culturali quali composizione chimica, struttura, porosità, proprietà

fisiche e meccaniche, i materiali nanostrutturati multifunzionali possono essere sintetizzati e sviluppati anche con l'obiettivo di essere chimicamente, fisicamente e meccanicamente compatibili con i materiali storici.



Figura 1. Grand Continental Hotel nel 1909

2. Il caso studio: la città di Khedival e il Grand Continental Hotel

La città di Khedival è stata selezionata come caso studio applicato per la sua ricchezza di costruzioni del patrimonio del diciannovesimo e ventesimo secolo, e per la sua posizione nel cuore della capitale dell'Egitto, che la rendono un punto focale per tutti, specialmente per i turisti, gli specialisti del patrimonio e gli investitori di tutto il mondo. La città di Khedival si trova in una posizione molto significativa nel cuore del Cairo ed è caratterizzata per la compresenza di diversi stili architettonici, come lo stile classico, lo stile rinascimentale, l'art deco, lo stile barocco e il nuovo stile islamico. Khedive Ismael, conquistatore del Sudan che regnò in Egitto dal 1863 al 1879, fu influenzato dalla cultura occidentale, così decise di stabilire questa città nel cuore del Cairo affinché potesse fungere da museo aperto imitando le culture occidentali in Egitto. Gli edifici della città sono stati progettati dai più famosi architetti italiani e austriaci. Il centro storico della città è considerato come un museo aperto per il patrimonio culturale egiziano, poiché contiene circa 300 edifici storici, la maggior parte dei quali sono stati classificati come patrimonio secondo la Legge numero 144 del 2006 per l'armonia urbana. Il Grand Continental Hotel è stato realizzato nel 1908 dall'architetto italiano Justinian Rossi e si trova nella piazza dell'Opera nel centro della

città in un'area di circa 10.000 mq. Il nuovo edificio fu costruito con l'aspettativa di ricevere le personalità internazionali e turisti che avrebbero visitato l'Egitto in occasione dell'apertura del Canale di Suez. Il palazzo è stato progettato in stile architettonico italiano con la forma della lettera "E". Nel 1990 l'hotel è stato trasformato per ospitare il quartier generale della società E.G.O.T.H. la Co generale egiziana per il turismo e gli alberghi.



Figura 2. Vista della piazza dell'Opera dall'interno e dall'esterno dell'hotel continentale

Nel 2017 il governatorato del Cairo, ha rilasciato un permesso di demolizione e risarcito i proprietari dei negozi che si trovano ai piani inferiori. Considerando l'hotel patrimonio architettonico della collettività e un testimone della storia del Cairo, nacque una campagna di difesa contro la demolizione dell'edificio. L'edificio venne quindi registrato e classificato come patrimonio architettonico di classe "C", con uno stile architettonico distinto e unico. Questa classificazione permette di fare delle modifiche interne fondamentali, pur preservando le facciate storiche dell'edificio. Recentemente, il palazzo seguirà totalmente un nuovo progetto di riuso adattivo con una nuova funzione

dell'edificio: sarà infatti realizzato un hotel a 4 stelle con una capacità di 250 camere e un centro commerciale con un costo totale di più di un miliardo di sterline egiziane. A causa delle cattive condizioni della struttura dell'edificio, si preserveranno solo le sue facciate mentre il resto dell'hotel sarà integralmente ristrutturato.

3. MATERIALI E METODI

3.1 Il materiale: il mattone in argilla

Il materiale oggetto di studio è costituito da campioni di mattoni storici, realizzati presumibilmente nel 1908. I campioni sono stati prelevati dall'edificio in accordo con l'Autorità di tutela del patrimonio storico artistico architettonico.

I mattoni sono realizzati in argilla rossa cotta e si presentano con una struttura interna compatta, evidente bassa porosità, con pasta fine e molto omogenea, senza presenza di inclusioni. Si notano alcuni macropori di forma tubolare e dimensioni di circa 1-2 mm e alcune fratture sulle superfici esposte agli agenti atmosferici. La superficie esterna del mattone mostra anche tracce di malta bianca con calce idraulica, che suggeriscono la presenza di una pittura o uno strato di finitura. Dal momento che il materiale sarà lasciato a faccia vista, esposto agli agenti atmosferici, l'obiettivo dello studio è quello di individuare un prodotto nanostrutturato in grado di proteggere le superfici e di renderle resistenti all'azione delle acque meteoriche.

3.2 Metodo e fasi

I campioni sono stati analizzati in Egitto e in Italia per individuare le caratteristiche dei materiali e identificare i nanomateriali più adatti per il trattamento. I campioni sono testati con sperimentazioni preliminari, al fine di supportare le scelte progettuali e offrire un modello procedurale come guida per l'adozione dei nanomateriali per la conservazione sostenibile del patrimonio culturale.



Figura 3. Housing and Building National Research Center labs in Egitto

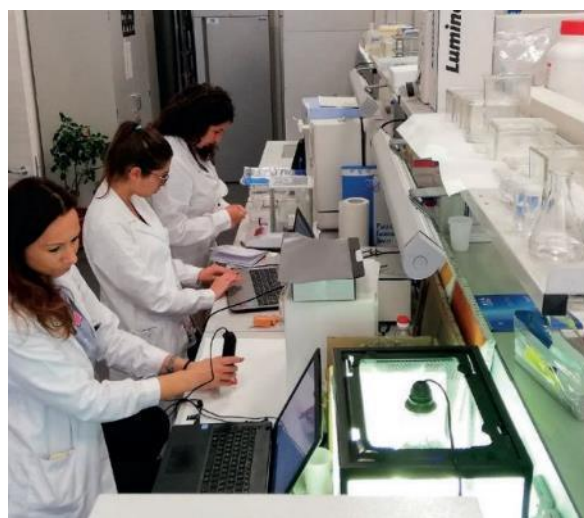


Figura 4. NIMA Lab - IEMEST in Italia

Le attività si sono articolate secondo le seguenti fasi:

Fase 1 - Caratterizzazione dei materiali. I mattoni sono stati caratterizzati attraverso l'esecuzione di XRD e XRF eseguiti nei laboratori Housing and Building National Research Center in Egitto.

Fase 2 - Applicazione dei prodotti. Sono stati individuati e applicati alcuni prodotti protettivi sulle superfici dei campioni di mattoni presso i laboratori NI.MA. dell'Istituto Euro Mediterraneo di Scienza e Tecnologia IEMEST in Italia.

Fase 3 - Sperimentazione dell'efficacia dei trattamenti. Sono state condotte alcune analisi per la valutazione comparativa dei trattamenti presso i laboratori NI.MA. dell'Istituto Euro Mediterraneo di Scienza e Tecnologia IEMEST in Italia.

3.3 La schedatura

Tutte le attività sono state riassunte in schede riassuntive, al fine di produrre una documentazione di facile consultazione e archiviazione. In futuro si potrà raccogliere le schede in un database per supportare le scelte progettuali e verificare le motivazioni alla base

dell'individuazione dei prodotti. La scheda è costituita da una parte iniziale di descrizione macroscopica del campione con le foto e le caratteristiche dimensionali (misure e peso). La seconda parte fa riferimento allo stato di conservazione generale e alla valutazione di eventuali problematiche a carico del materiale. La scheda prosegue con una parte sull'applicazione dei prodotti corredata da foto, dove vengono illustrate le fasi e le modalità di applicazione utilizzate. Segue una parte che riporta le risultanze analitiche che include una selezione della documentazione costituita da grafici e tabelle. Di seguito una selezione delle schede compilate.

A FRAMEWORK FOR SUSTAINABLE CONSERVATION OF ARCHITECTURAL HERITAGE USING NANOTECHNOLOGIES khedivial city as a case study			
		SAMPLE nr: AZ_BR_1	Collection Date:
Provenience:			
SAMPLE PICTURES			
SAMPLE DATA			
DIMENSIONS		WEIGHT	
A - cm	13.15	gr	563.24
B - cm	7.05		
C - cm	7.92		

SAMPLE STATE OF CONSERVATION

The sample presents widespread washout from the side of the surface exposed to atmospheric agents. On the contrary, the internal structure of the sample is compact and well preserved. The external surface shows also a fair loss of micro-grains to the touch (*powderization*). The presence of efflorescence on the surfaces, due to saline crystallization, is finally noted.

CONSERVATIVE TREATMENTS

Considering that the dynamics of the alteration and degradation mechanisms affecting the material is to be mainly referred to the internal conveyance of rising humidity or meteoric waters that solubilize the salts and cause their recrystallization on the surface, a protective treatment to remove the internal waters migration and circulation is considered necessary.

The reduction of the effects of water on the external surfaces, through a protective treatment with hydrophobic purposes, will also allow to reduce the washout degradation affecting the surfaces.

The treatment should be applied after a suitable removal of the saline efflorescence by dry brushing.

Applied products based on nanotechnologies

- CN-
- IN-
- NSW-

SAMPLE TREATMENT PHOTOS



1 – Preliminary clearing of the surfaces by brush.



2 - Water Drop Test before the treatment: the water droplets are instantly absorbed from the material.



3- Water Drop Test before the treatment: the water droplets are instantly absorbed from the material.



4 - CN Product application by brush.

2-IN- Results:



1-picture shows the droplets on the surface of the material and no color change



1-picture shows the droplets on the surface of the material and no color change

Result: IN: Good result, droplets not absorbed from the surface good water repellency, no color change of the surface.

3-NSW- Results:



1-Picture shows the process of droplet test



2- picture shows how the surface can absorb the droplets so fast

Result: NSW: LOW result, droplets absorbed in 2-5 seconds, HIGH color change of the surface.

SAMPLE MACRO DESCRIPTION

The clay brick is characterized from a compact internal structure, evident low porosity, with fine and highly homogeneous paste, without the presence of inclusions. Some macropores of tubular shape and size of about 1-2 mm is noted. The external surface of the brick also shows traces of whitewash mortar with hydraulic lime, which suggest a glaze or a finishing layer.

SAMPLE CHARACTERIZATION

Analysis:

A. XRF analysis:

Chemical Formula	Compound Name
Si O ₂	Quartz
(Na _{0.98} Ca _{0.02}) (Al _{1.02} Si _{2.98} O ₈)	Albite
Ca (CO ₃)	Calcite
Zr (Si O ₄)	Zircon, syn
Fe ₂ O ₃	Hematite

Oxide content (%)																
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	SrO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	Cl	L.O.I	MnO	BaO	ZrO ₂	Total
47.90	15.30	13.10	11.2	2.33	0.86	0.05	1.37	1.32	2.60	0.32	0.09	3.09	0.22	0.08	0.05	99.88

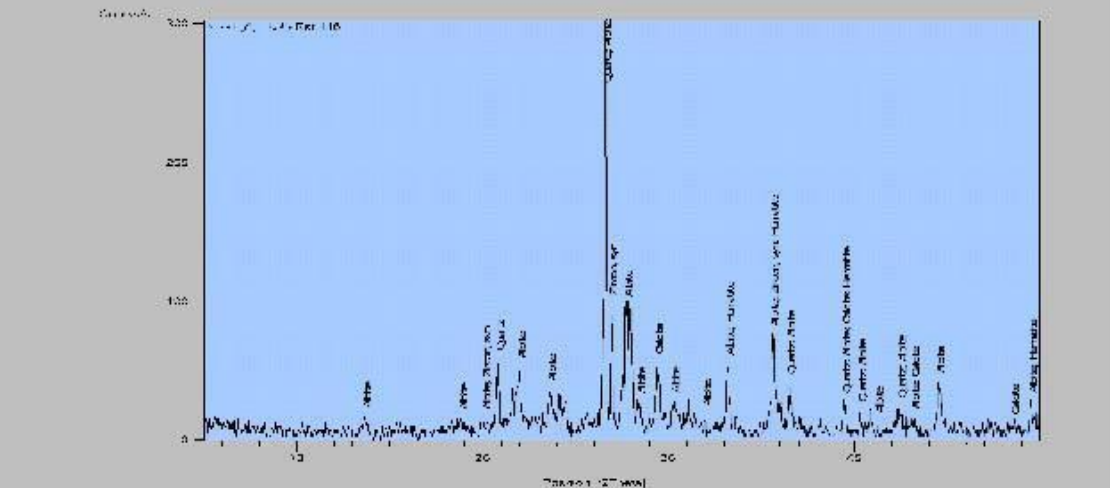
The identification of the most probable crystalline phases is carried out using PANalytical computer certified program, with the aid of the International Center of Diffraction Database (ICDD)

- Received with the X-ray diffraction equipment
- X'PertHighScore Software 2006 - Licensed modules: PW3209.
- X'Pert Pro PANalytical – Manufactured by Panalytical B.V Co., Netherlands (ISO 9001/14001 KEMA - 0.75160).

Additional Information:

Scan type	Continuous.
Anode material	Copper (Cu).
General setting	30 mA & 40 KV

B. XRD analysis:



4. RISULTATI

4.1 Stato di conservazione del campione

Il campione presenta un leggero dilavamento dalla parte della superficie esposta agli agenti atmosferici e la presenza di alcune fratture superficiali. Al contrario, la struttura interna del campione è compatta e ben conservata.

La superficie esterna mostra anche una discreta perdita di microgranuli al tatto (polverizzazione). Si nota infine la presenza di efflorescenze sulle superfici, dovute alla cristallizzazione salina.

4.2 Trattamenti protettivi

Considerando che la dinamica dei meccanismi di alterazione e degradazione che interessano il materiale è da riferirsi principalmente alla veicolazione interna di umidità ascendente o di acque meteoriche che solubilizzano i sali e ne provocano la ricristallizzazione in superficie, si ritiene necessario un trattamento protettivo per eliminare la migrazione e la circolazione interna delle acque. La riduzione degli effetti dell'acqua sulle superfici esterne, attraverso un trattamento protettivo con finalità idrofobiche, permetterà anche di ridurre il degrado da dilavamento che colpisce le superfici. Il trattamento è stato preceduto da un'adeguata rimozione delle efflorescenze saline, ove presenti, mediante spazzolatura a secco.

Vengono pertanto applicati a pennello a rifiuto quattro prodotti, a base di silice silanizzata, identificati con le seguenti sigle:

- CN
- IN
- NSW

5. Misure di angolo di contatto

Attraverso la misura dell'angolo di contatto è stato possibile definire la bagnabilità dei campioni rispetto all'acqua, utilizzata come liquido bagnante.

Per la misurazione è stata utilizzata acqua distillata e lo strumento Pocket Goniometer. I risultati costituiscono una base di partenza affidabile per la valutazione e il controllo della bagnabilità. Lo strumento esegue la prova automaticamente, senza alcun tipo di preparazione del provino: la pompa interna eroga una goccia perfettamente dosata sulla superficie in prova. La telecamera interna riprende una videosequenza della goccia e i risultati vengono rappresentati sotto forma di angolo di contatto statico o di funzioni dinamiche di bagnatura e penetrazione (Standard: TAPPI T458 ASTM D724 ASTM D5946). Le misure di bagnabilità sono state effettuate su n. 10 punti della superficie di ognuno dei campioni, disposti a formare una matrice in grado di coprirne l'intera area. I risultati, relativi alla deposizione di una goccia da 4 µl, sono riportati di seguito:

NOME CAMPIONE	PRODOTTO	ANGOLO DI CONTATTO (°)
1	M2-NSW	68,4
2		31,5
3		68,5
4		70,4
5		69,2
6		67,9
7		70
8		68,8
9		60,7
10		65
1	M2-NSOR	90,6
2		79,2
3		91,3
4		90,4
5		64
6		89,8
7		90,2
8		87,6
9		90,1
10		68

NOME CAMPIONE	PRODOTTO	ANGOLO DI CONTATTO (°)
1	M1-NSW	67,6
2		61,8
3		70,9
4		72,1
5		62,5
6		52,3
7		53
8		1
9		63,5
10		71,2
1	M1-IN	85,9
2		84,3
3		85,4
4		57,5
5		45,4
6		85,3
7		11,3
8		87,4
9		86
10		83,7

Di seguito si riportano i valori medi delle misure di bagnabilità dei campioni analizzati, differenziati per coating:

PRODOTTO	ANGOLO DI CONTATTO (°)
M2-NSW	64,04
M2-NSOR	84,12
M1-NSW	57,59
M1-IN	71,22

È possibile notare che i campioni che presentano l'angolo di contatto più alto, e quindi la superficie più idrofobica, sono quelli trattati con M2-NSOR anche se M1-IN mostra comunque ottimi valori.

6. Conclusioni generali

In generale, si rileva la validità del metodo messo in atto per la gestione delle informazioni per la sperimentazione comparativa di prodotti finalizzati alla conservazione del patrimonio storico, attraverso la redazione di una schedatura e la creazione di un database.

In particolare, in riferimento ai trattamenti testati, si rileva che il trattamento CN presenta il miglior risultato poiché conferisce caratteristiche di super idrofobicità della superficie con nessun cambiamento di colore della superficie. Il caso di studio può essere considerato un primo approccio all'applicazione delle nanotecnologie al patrimonio culturale in Egitto: la ricerca è ancora in corso, al fine di valutare la durabilità sulle superfici dei prodotti testati in laboratorio e di confrontare le risultanze. La schedatura già avviata, infatti, sarà costantemente aggiornata e integrata con le nuove informazioni.

Uno degli aspetti più critici, infatti, è il comportamento nel tempo dei prodotti in quanto occorre verificare preliminarmente che, con l'applicazione di trattamenti superficiali, non si vada a modificare la permeabilità al vapore e la naturale traspirabilità dei materiali storici. La schedatura proposta, inoltre, consente un'archiviazione "agile" e adeguatamente documentata delle informazioni, al fine di potere raccogliere e gestire i dati in maniera efficace. Il database che si viene a creare può anche essere divulgato open access, consentendo lo scambio delle informazioni in maniera sistematizzata. La datazione delle schede, inoltre, collegata alla nomenclatura dei campioni, consente il monitoraggio nel tempo dei test effettuati, in quanto si possono integrare le sperimentazioni o verificare l'andamento nel tempo dei trattamenti applicati. La ricerca in corso, costituisce, pertanto, un punto di riferimento per i prossimi progetti di conservazione in Egitto, nella misura in cui fornisce ai decisori, agli operatori economici, agli stakeholders in generale, un approccio tangibile che contribuisce a migliorare il processo di conservazione sostenibile del patrimonio storico artistico.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Prof. Souhir Hawas che ha fornito i materiali provenienti dal palazzo continentale.

NOTE

L'attività di ricerca è stata svolta nell'ambito di una collaborazione tra l'Università del Cairo e il Dipartimento NIMA dell'Istituto Euro-Mediterraneo di Scienza e Tecnologia, per la tesi di dottorato dell'Architetto Ihab Dabouh presso la Facoltà di Architettura dell'Università del Cairo (Egitto).

References

I. De Rosario, F. El Haddad, A. Pan, R. Benavides, T. Rivas, M. J. Mosquera, Effectiveness of a novel consolidant on granite: laboratory and in situ results, *Construction and building materials*, (2015) pp. 140-149

N. Ditaranto, S. Loperfido, I. van der Werf, A. Mangone, N. Cioffi, L. Sabbatini, Synthesis and analytical characterisation of copper-based nanocoatings for bioactive stone artworks treatment, 399 (2010) pp 473-481

N. Ditaranto, I. D. van der Werf, R. A. Picca, M. C. Sportelli, L.C. Giannossa, E. Bonerba, G. Tantillo, L. Sabbatini, Characterization and behaviour of ZnO-based nanocomposites designed for the control of biodeterioration of patrimonial stoneworks, *New Journal of Chemistry*, 39 (2015) pp. 1-11

F. Fernandez, V. Piazza, In Situ Evaluation of Nanostructured Treatments for Stone Consolidation in the Temple Valley of Agrigento, *Journal of Materials Science and Engineering*, 3 (2013) pp. 646-652

F. Fernandez, S. Germinario, Alteration and deterioration of natural stone materials: artificial aging as a tool of knowledge, VIIIth Conference "Diagnosis, Conservation and Valorization of Cultural Heritage" 14/15 December 2017, (2017) pp. 324-333

R. Giorgi, L. Dei, P. Baglioni, A new method for consolidating wall paintings based on dispersions of lime in alcohol, *Stud. Conserv.*, 45, (2000) pp. 154-161

L. Dei, B. Salvadori, Nanotechnology in cultural heritage conservation: nanometric slaked lime saves architectonic and artistic surfaces from decay, *J. Cult. Herit.*, 7, (2006) pp. 110-115

E. Hansen, E. Doehne, J. Fidler, J. Larson, B. Martin, M. Matteini, C. Rodríguez-Navarro, E. Sebastian C. Pardo, Price, A. de Tagle, J. M. Teutonico, N. R. Weiss, A review of selected inorganic consolidants and protective treatments for porous

calcareous materials, *Reviews in Conservation*, [http://dx.doi.org/10.1179/sic.2003, 48, Supplement 1.13](http://dx.doi.org/10.1179/sic.2003.48.Supplement.1.13), 4 (2003) pp. 13–25

A. Sierra-Fernandez, L. S. Gomez-Villalba, M. E. Rabanal & R. Fort, New nanomaterials for applications in conservation and restoration of stony materials: A review, *Materiales de Construcción*, 67, 325, (2017) e 107, pp. 1-18

Photos N.1-2-3 are from the web site : Egypt in the Golden Age of Travel

<http://grandhotelsegypt.com/?tag=continental-savoy>