

RESTAURO,  
CONSERVAZIONE  
E TUTELA DEL  
PATRIMONIO  
CULTURALE

# 107

## Applications of 3D technology in cultural heritage

Digital survey and  
3D digitalization

Digital reconstruction,  
3D - printing and  
Augmented Reality

Accessing and  
Information System



ISSN 1122-3197



9 788832 029055

# Sommario

## In copertina:

Campagna di ripulitura (2016) dell'area Nord del Foro di Ostia. Dettaglio delle superfici (Ostia-Forum-Projekt).

## Attualità

- 6 **VIII Congresso Internazionale “Colore e Conservazione”**
- 9 **La conservazione si evolve in 3D, ma riprodurre così bene che senso ha?**  
*Luca Di Bernardino*
- 12 **Tecnologia laser: la XII edizione della conferenza internazionale di LACONA**  
*Alessandro Zanini*

## Dossier Applications of 3D technology in cultural heritage

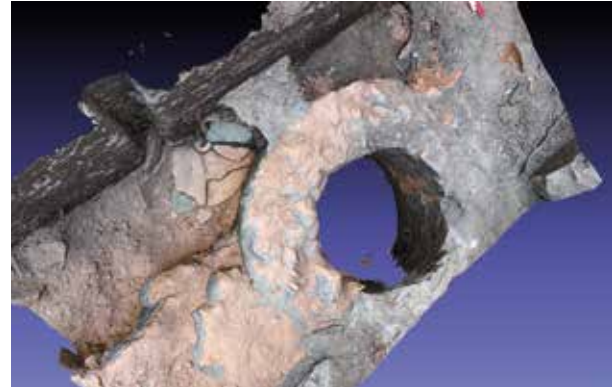
- 14 **Preface / Prefazione**  
*Laura Pecchioli*
- 16 **Introduction / Introduzione**  
*Paolo Salonia*

### DIGITAL SURVEY AND 3D DIGITALIZATION

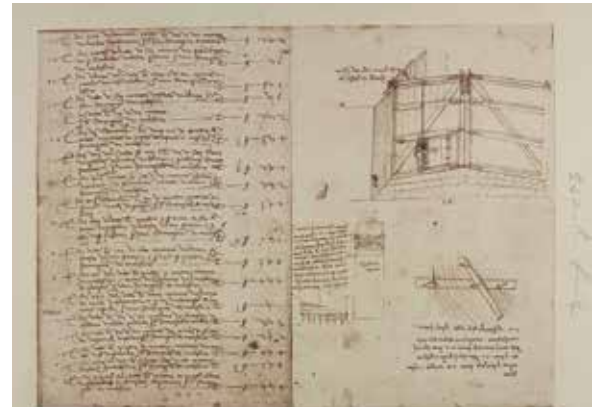


- 21 **3D survey and GPR for cultural heritage. The case study of SS. Pietro and Paolo Church in Casalvecchio Siculo**  
*Sebastiano D'Amico, Mauro Saccone, Raffaele Persico, Valentina Venuti, Grazia Vera Spagnolo, Vincenza Crupi, Domenico Majolino*

- 26 **3D archaeological field recording in Ostia**  
*Axel Gering, Laura Pecchioli, Marco Dehner, Bendegúz Takáts*



- 33 **3D Documentation of an ancient wooden lock of the Navigli canals in Milan, based on da Vinci's studies**  
*Laura L. Micoli, Gabriele Guidi, Claudio Giorgione, Claudio Calì, Anna Galli, Marco Martini*

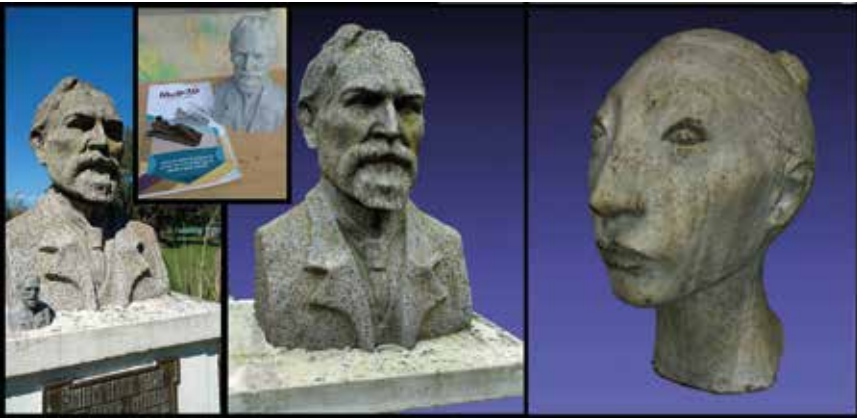


- 40 **3D application in Estonian cultural heritage. Benefits and considerations based on the Chr. Ackermann Investigation Project**  
*Andres Uueni, Hilkka Hiiop, Fabrizio Ivan Apollonio*



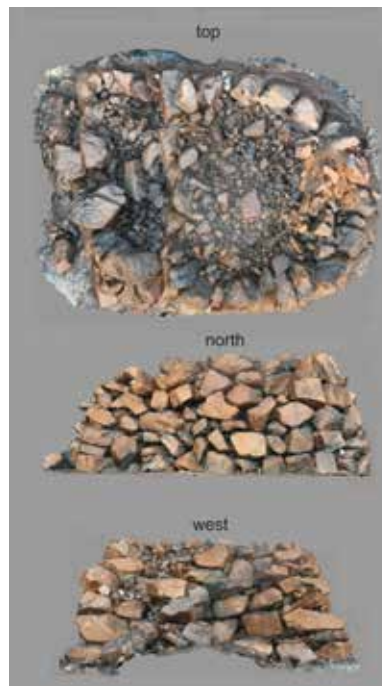
45 **3D imaging system for the digitization of the Argentine museums' collections**

*Mercedes Morita, Gabriel M. Bilmes*



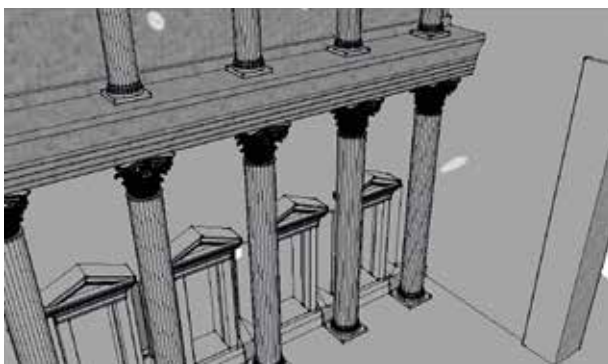
50 **Photogrammetric recording of an Early Iron Age hut tomb in central Oman**

*Paul A. Yule, Michela Gaudiello*



55 **Analysis of skylight illumination using 3D. An experimental case of the Roma and Augustus temple in Ostia**

*Daniel Damgaard*



**DIGITAL RECONSTRUCTION,  
3D-PRINTING AND  
AUGMENTED REALITY**

61 **The re-erection of Old Kingdom offering chambers in the Neues Museum Berlin**

*Thomas Lucker*



67 **Virtual reconstruction of a historical design exhibition**

*Donatella Biagi Maino,  
Michela Gazziero,  
Giuseppe Maino*



73 **Rilievo ed elaborazioni 3D per il restauro. Esperienze dell'Opificio delle Pietre Dure di Firenze**

*Laura Speranza, Mattia Mercante*



82 **An Augmented Reality system for assisting art conservation and restoration**

*Marcello Carrozzino,  
Raffaello Brondi*



## ACCESSING AND INFORMATION SYSTEM

87 **Digital models for publishing of research project data. The case of Villa Corsi Salviati Guicciardini in Sesto Fiorentino**

Marco Callieri, Emma Cantisani, Alberto Casciani, Oana Adriana Cuzman, Rachele Manganelli Del Fà, Cristiano Riminesi, Paola Rosa, Piero Tiano, Silvia Vettori

92 **A 3D-based Information System to manage conservation and “lifecycle” of the Neptune Fountain in Bologna**

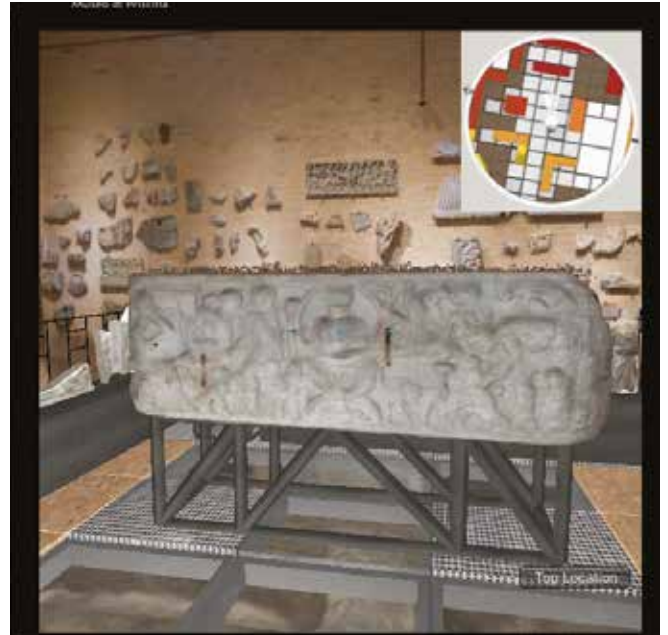
Fabrizio Ivan Apollonio, Vilma Basilissi, Marco Callieri, Dora Catalano, Matteo Dellepiane, Marco Gaiani, Federico Ponchio, Francesca Rizzo, Roberto Scopigno, Giorgio Sobrà

99 **3Robotic and Virtual Reality for cultural heritage digitization and fruition**

Daniele Calisi, Fabio Cottefoglie, Lorenzo D'Agostini, Francesca Giannone, Fabrizio Nenci, Paolo Salonia, Marco Zaratti, Vittorio Amos Ziparo

105 **MuPriS: modern technologies making museum of sarcophagi content more accessible**

Laura Pecchioli, Barbara Mazzei

111 **Structure-from-Motion (SfM) technique in the Catacombs of Priscilla in Rome. Improvements in the conservation, the safety and the fruition**

Marialuisa Mongelli, Irene Bellagamba, Giovanni Bracco, Beatrice Calosso, Silvio Migliori, Antonio Perozziello, Samuele Pierattini, Andrea Quintiliani, Barbara Mazzei

**Notizie e informazioni**117 **Conservazione di arte urbana**

Ester Giner Cordero

119 **Taccuino IGIC**

Lorenzo Appolonia

## Per Andrea Rothe e Robert L. Feller

Poche parole, ma un ricordo sincero e commosso, per due grandi nel restauro che ci hanno lasciato recentemente. Per primo, a fine giugno, Andrea Rothe, restauratore, nato in Italia da genitori tedeschi, cresciuto a New York, poi a Firenze nello studio Tintori - Rosi - Del Serra (dove lo conobbi e frequentai) fino al 1981, quando divenne capo restauratore del Museo Getty (fino al 2002). Era stato in primis artista, e aveva studiato con Oskar Kokoschka a Vienna. Bellissime parole su di lui ad opera dell'amico Marco Grassi, restauratore fiorentino attivo a New York, in *News in Conservation*, il prezioso bollettino dell'IIC.

Per secondo, il 3 agosto (a 98 anni), Robert Feller, grande scienziato nella conservazione, l'inventore del Paraloid B 72 applicato al restauro, attivo nell'istituto Mellon di Pittsburgh dal 1950 al 1988 ma sempre presente nel mondo della conservazione. Ancora pochissimi anni fa aveva avuto la disponibilità e gentilezza di rispondere ad alcuni quesiti rivoltigli dalla mia laureanda Alessia Cadetti con delle mail che costituiscono probabilmente la sua ultima presenza nel mondo italiano della conservazione (v. in A. Cadetti, *Resine e no. L'introduzione delle resine acriliche nel restauro italiano*, Firenze, Edifir, 2016, pp. 119-121). Vi si troverà anche una testimonianza della sua presenza a Firenze nell'immediato dopo alluvione.

Giorgio Bonsanti



Getty Conservation Institute di Los Angeles, ottobre 1996: da sinistra, Andrea Rothe, un n.n., Gianluigi Colalucci, lo storico d'arte Kevin Salatino, Giorgio Bonsanti.

*Questo numero di Kermes reca il nome di Andrea Galeazzi come Direttore editoriale della nostra rivista, anche se Andrea non ha potuto seguirlo fino alla pubblicazione, a causa di un gravissimo problema di salute che continua ad affliggerlo da fine agosto scorso.*

*Tutti coloro che partecipano di Kermes in vario modo, dall'editore al garante scientifico, dal comitato di redazione al pubblico dei suoi lettori, si augurano che Andrea possa riprendere prima possibile la sua funzione così fondamentale per la nostra rivista, e abbracciano Andrea e la sua famiglia con l'affetto di sempre. L'editore, il garante scientifico e il comitato di redazione sono particolarmente grati a Orlando Bertucci per avere assunto con straordinaria generosità d'impegno la responsabilità di assicurare la continuità e la salute della rivista, in quel cammino di ripresa che è stato intrapreso con la forte determinazione che i lettori avranno potuto apprezzare.*

PERIODICO TRIMESTRALE

**kermes** RESTAURO,  
CONSERVAZIONE  
E TUTELA DEL  
PATRIMONIO  
CULTURALE

ANNO XXX N. 107 / LUGLIO-SETTEMBRE 2017

ISSN 1122-3197 ISBN 978-88-32029-05-5  
© 2018 Lexis

**GARANTE SCIENTIFICO**  
Giorgio Bonsanti

**COMITATO DI REDAZIONE**  
Carla Bertorello, Andrea Fedeli, Alberto Felici, Cecilia Frosinini, Federica Maietti, Ludovica Nicolai, Lucia Nucci, Cristina Ordóñez, Joan Marie Reifsnnyder, Nicola Santopuoli, Claudio Seccaroni

**DIRETTORE EDITORIALE**  
Andrea Galeazzi

**DIRETTORE DI PRODUZIONE**  
Orlando Bertucci

**REDAZIONE**  
Laura Zamparo

**EDITORE**  
Lexis Compagnia Editoriale in Torino srl  
Via Carlo Alberto 55, 10123 Torino  
tel. +39.011.0674847 / fax +39.011.0120914  
e-mail: kermes@lexis.srl

iscrizione ROC n. 25625  
autorizzazione del Tribunale di Torino n. 4892 del 12/05/2017

**DIRETTORE RESPONSABILE**  
Antonio Attisani

**STAMPA**  
Variigrafica Alto Lazio srl

**ACQUISTI E ABBONAMENTI**  
abbonamenti@kermes.cloud

**SERVIZIO COMMERCIALE E PUBBLICITÀ**  
commerciale@kermes.cloud

Tutte le immagini pubblicate sono state fornite dagli autori. L'editore si dichiara disponibile a regolare eventuali spettanze per le immagini utilizzate di cui non sia stato possibile reperire la fonte. La responsabilità delle dichiarazioni, informazioni, dati e opinioni espresse negli articoli è riconducibile unicamente agli autori degli articoli medesimi. L'editore inoltre declina ogni responsabilità, diretta e indiretta, nei confronti degli utenti e in generale di qualsiasi terzo, per eventuali imprecisioni, errori, omissioni, danni (diretti, indiretti, conseguenti, punibili e sanzionabili) derivanti dai suddetti contenuti.

# Applications of 3D technology in cultural heritage

edited by **Laura Pecchioli**

*This issue of our magazine is dedicated to the technologies of 3D reproduction, in its relationship with the world of cultural heritage and conservation.*

*What is the function of 3D reproduction, how useful can it prove to be? But on the other hand, which misunderstandings could it rouse? One will read attentively the text by Paolo Salonia, who raises with a particularly subtle reasoning the issue of what the pros and cons of an increasingly widespread use of the technologies we are considering could be. Sure, a formidable support for research and applications in the conservation of cultural heritage. But also, a possible further symptom of an estrangement between exact sciences and other components of conservation, of which we must beware and which we must oppose, in order to achieve increasingly interdisciplinary results in restoration, as such representative of the best research; to be understood as a service and not as an expression of self-referentiality.*

*Questo numero della rivista è dedicato all'argomento delle tecnologie di riproduzione in 3D nel loro rapporto con il mondo della conservazione.*

*Quale è la loro funzione, quale può essere la loro utilità? Ma anche, a quali fraintendimenti esse possono dare luogo? Si leggerà con attenzione il testo di Paolo Salonia, che prospetta con particolare finezza di ragionamento quali siano i pro e i contro nell'impiego sempre più diffuso delle tecnologie in questione. Certamente, formidabile strumento di sostegno per le ricerche e le applicazioni nel restauro; ma anche possibile ulteriore sintomo di un allontanamento fra le scienze esatte e le altre componenti della conservazione dal quale dobbiamo guardarci e che dobbiamo contrastare, nell'intento di un restauro sempre più interdisciplinare e dunque sempre più rappresentativo della ricerca migliore, intesa come servizio e non come espressione di autoreferenzialità.*

**Giorgio Bonsanti**, Garante scientifico

# Preface

## Prefazione

Laura Pecchioli



Tangible and intangible cultural heritage should be preserved, appropriately represented and authentically presented. Digital technologies could hold an important role concerning the operational part of a holistic-interdisciplinary approach to the maintenance of cultural heritage (CH). Recording, documentation, promotion of human histories, collective memories have the effect of improving the understanding of each place, facilitating the process of presenting the place's local identity (*Genius loci*) as well as its tangible and intangible cultural heritage. All material objects have at least some tri-dimensionality, thus using 3D to represent them can be closer to the reality. However it requires some specialized knowledge. Computer science has improved, and is still improving the way to acquire, store, and visualize 3D data. This has sensibly reduced the cost and complexity to use it, and it is to be expected that its use will increase even more. However, it is important to note that the complexity of 3D is not only technical, but also conceptual: a 3D model or even a 4D model if one represents also the change in time can be more faithful, but also more difficult to grasp for the user. Improvement of the technical side can help but does not fully solve the problem.

Our ambition through this monographic special issue in 3D technology in cultural heritage has been to illustrate through a short overview of applications the use of modern technologies in 3D environments. Offering a walk-through for professional figures and students involved in digital cultural heritage studies of stimulating new ideas and interdisciplinary developments. Most contributes integrate theory and practical information in archaeological/architectural contexts, historical sites, museums and also environments, from catacombs to historical design exhibitions.

In order to better understand the relative advantages and challenges that the 3D technologies present for CH, the first section focuses on Digital survey and 3D digitalization, the second section presents case studies on Digital reconstruction, 3D-printing and Augmented Reality, finally, section 3 illustrates and concludes the publication with contributes on Accessing and Information System. Each section has been chosen to respond the main needs and difficulties in situ and in post-processing.

Il patrimonio culturale tangibile e intangibile dovrebbe essere conservato, opportunamente rappresentato e presentato in modo adeguato e autentico. Le tecnologie digitali possono rivestire un ruolo importante in relazione alla parte operativa di un approccio olistico interdisciplinare alla conservazione del patrimonio culturale. La registrazione, la documentazione, il supporto alla diffusione di storie umane, le memorie collettive contribuiscono a migliorare la comprensione di ciascun luogo, facilitando il processo di rappresentazione dell'identità del luogo (*Genius loci*) e del suo patrimonio culturale tangibile e intangibile. Poiché gli oggetti sono tridimensionali, l'uso di tecniche e tecnologie 3D per rappresentarli restituisce una visione più vicina alla realtà, per quanto ciò necessiti ancora di sviluppi nel settore. Il campo dell'informatica ha compiuto molti progressi e il modo di acquisire, registrare e visualizzare dati 3D continua a migliorare. Ciò ha ridotto sensibilmente i costi e ne ha diminuito la difficoltà di utilizzo e ci si può certo attendere un progressivo incremento del suo impiego. Tuttavia, è importante notare come la complessità del 3D non sia solo di natura tecnica, bensì anche concettuale: un modello 3D, o addirittura 4D se si vuole rappresentare anche la variazione nel tempo, può essere più fedele ma anche più complicato da comprendere per l'utente. Nonostante l'affinamento dell'aspetto tecnico possa aiutare, esso non risolve completamente il problema.

L'obiettivo di questo numero monografico speciale sulla tecnologia 3D applicata al patrimonio culturale è quello di illustrare l'uso delle moderne tecnologie in ambienti 3D avvalendosi di una panoramica di applicazioni. Parallelamente, si è voluta offrire una guida per le figure professionali e per gli studenti coinvolti nello studio del patrimonio culturale digitale, per stimolare nuove idee e per favorire progressi scientifici interdisciplinari. La maggior parte dei contributi integra la teoria e le informazioni pratiche in contesti archeologico-architettonici, siti storici, musei e altri ambienti, dalle catacombe alle mostre storiche di design.

Al fine di comprendere meglio i relativi vantaggi e le sfide che le tecnologie 3D presentano per il patrimonio culturale, la prima sezione del volume tratta di rilievo digitale e digitalizzazione 3D, la seconda espone casi di

Sixteen articles give an overview of interesting applications using low-cost methodologies and developing a new type of interaction and accessing for the professional figures and common users. Methods and approaches are illustrated and discussed by the authors with their competence and through an interdisciplinary point of view. In cultural heritage interdisciplinary is very important, especially when we use the potentialities of the modern technologies to integrate or implement our projects. 3D technologies and techniques are a fast-moving and evolving field, our goal has been to show to the reader methods tested with satisfying results, where different backgrounds can meet themselves, in order to stimulate a dialogue between different disciplines.

The scenario offered in this special issue is able to illustrate the enormous potential of adopting 3D technologies in cultural heritage to spread and preserve our common cultural knowledge for the future generations. On that point are also bright new challenges and future developments arising from the use of digital technologies, this will hopefully contribute to understanding how 3D can become one of the tools for knowledge of cultural heritage.

studio su ricostruzione digitale, stampa 3D e Realtà Aumentata, la terza, infine, accoglie contributi incentrati su accessibilità e Sistema Informativo. Ogni sezione è stata pensata per rispondere alle principali esigenze e difficoltà *in situ* e in post-elaborazione.

I sedici contributi offrono una interessante panoramica di applicazioni utilizzando metodologie a basso costo e sviluppando un nuovo tipo di interazione e accesso per le figure professionali e gli utenti comuni. Metodi e approcci vengono illustrati e discussi dagli autori con competenza e attraverso un punto di vista interdisciplinare. Nel patrimonio culturale l'interdisciplinarietà riveste particolare importanza, soprattutto quando si attinge alle potenzialità delle moderne tecnologie per integrare o implementare i progetti. Le tecnologie e le tecniche 3D sono un campo in rapida evoluzione, il proposito è stato quindi quello di mostrare al lettore metodi testati con risultati soddisfacenti, in cui esperienze diverse possono incontrarsi, al fine di stimolare un dialogo tra discipline diverse.

Lo scenario offerto in questo numero speciale intende restituire pieno valore alle straordinarie potenzialità dell'adozione delle tecnologie 3D nel patrimonio culturale, per diffondere e preservare la memoria culturale collettiva per le generazioni future. Sono inoltre descritti nuove e brillanti sfide e sviluppi futuri derivanti dall'uso delle tecnologie digitali, nella speranza che ciò contribuisca a capire come la metodologia 3D possa diventare uno degli strumenti per la conoscenza del patrimonio culturale.

Scuola universitaria professionale  
della Svizzera italiana

**SUPSI**



SWISS  
CONSERVATION-RESTORATION  
CAMPUS

## Corso di laurea triennale in Conservazione

Formazione interdisciplinare, teorica e operativa,  
nella conservazione dei beni culturali.

Informazioni  
[www.cr.supsi.ch](http://www.cr.supsi.ch)  
[info-cr@supsi.ch](mailto:info-cr@supsi.ch)

## Corso di laurea Master in Conservazione e restauro

Corso di specializzazione su pitture murali,  
stucchi e superfici lapidee.





# Introduction

## Introduzione

Paolo Salonia



*Kermes* devotes a special monographic dossier to the 3D technology, so seeking to take part to the wide debate on the use of three-dimensional models in the process of knowledge for the conservation, enhancement and enjoyment of cultural heritage.

It does so with the authoritativeness that derives to itself from the competent belonging to the world of restoration and addressing precisely to that same world that is really operative on the materiality, authenticity and identity of the assets to be safeguarded.

The main aim is to introduce these technologies into the restorers' world so that the current knowledge gaps are eliminated and more and more the operators of the sector become aware of the advantages – but also of the dangers! – that can derive in their specific activities from the use of innovative technologies.

It is believed, in fact, that technology, more or less sophisticated, above all, must be easily “familiarized” with the restorer, the one who really “gets his hands dirty” and for this reason is directly interested in the data produced by that.

To this aim in the sector, research more strongly oriented towards user-friendly simplified systems should be encouraged, so that the end user can even make use of HW and SW equipment of first immediate and direct use. From this, the restorer could draw a first informative “coarse-grain” framework, useful for planning his intervention actions and establishing where and how to deepen to “fine grain”, at this point relying on specialists with specific skills and tools, but calibrated with the real demand for knowledge.

It would be thus possible to avoid the use of those technologies that, though, guarantee accuracy in the data, are certainly redundant, given the needs and, above all, in the face of their unsustainable costs.

It is intended, therefore, to open a debate, or rather a desirable place of encounter/confrontation between different knowledge and different skills, to promote a non-referable dialogue that gives new vigour to the inter- and multi-disciplinary approaches considered the unique valid tool to face the countless and various issues of heritage safeguard.

In this issue, therefore, an updated framework of technologies and applications is presented, even if not exhaus-

*Kermes* dedica un numero monografico speciale alle tecnologie 3D, volendosi così inserire nell'ampio dibattito sull'utilizzazione dei modelli tridimensionali nel processo di conoscenza per la conservazione, valorizzazione e fruizione del patrimonio culturale.

Lo fa con l'autorevolezza che le deriva dalla competente appartenenza al mondo del restauro e rivolgendosi proprio a quello stesso mondo realmente operativo sulla materialità, autenticità e identità dei beni da salvaguardare.

Lo scopo principale è quello di introdurre tali tecnologie presso i restauratori affinché vengano eliminati gli attuali gap conoscitivi e sempre più gli operatori del settore divengano consapevoli dei vantaggi – ma anche dei pericoli! – che dall'utilizzazione delle tecnologie innovative possono derivare nelle loro specifiche attività.

Si ritiene, infatti, che la tecnologia, più o meno sofisticata, deve soprattutto poter essere facilmente “familiarizzata” con il restauratore, colui che realmente “si sporca le mani” e che per questo motivo è direttamente interessato ai dati da questa prodotta.

In questo senso va auspicabilmente incoraggiata la ricerca nel settore, che sia più fortemente orientata alla produzione di sistemi semplificati *user friendly*, in modo che l'utente finale possa addirittura avvalersi di apparati HW e SW di primo immediato e diretto impiego. Da questo potrebbe trarre un primo orientativo quadro informativo a “grana grossa”, utile per pianificare azioni di intervento e stabilire dove e come approfondire a “grana fine”, a questo punto affidandosi a competenze e strumentazioni specifiche, ma calibrate con la reale domanda di conoscenza evitando quelle tecnologie che pure garantiscono accuratezza nei dati ma che sono sicuramente ridondanti rispetto alle necessità e, soprattutto, a fronte di costi non sostenibili.

Si è inteso dunque aprire un dibattito, o meglio un auspicabile luogo di incontro/confronto tra diversi saperi e differenti professionalità, per promuovere un non più rinviabile dialogo che dia nuovo vigore agli approcci inter- e multi-disciplinari ritenuti unico valido strumento per affrontare le innumerevoli e varie problematiche della salvaguardia del patrimonio.

In questo numero, quindi, viene presentato un quadro aggiornato di tecnologie e di applicazioni, anche

tive, however, considered sufficiently representative of the state-of-the-art of this specific segment.

In the following pages, it will be possible to find a selection of contributions with detailed illustrations of a multiplicity of case studies, representative of different types of goods, at different scales, with equally diversified knowledge and communication objectives, each of which illustrates the technologies used both in terms of HW that of SW.

It will be about digital photogrammetry, laser scanner, about Structure-from-Motion (SfM), Ground Penetrating Radar (GPR) and Augmented Reality (AR) systems, up to the recent experiments with robots for surveying in hypogeal environments.

The individual contributions that enrich this number are of a high international thickness and the different Authors come from the Academy world, from Research Institutions, but they are also professionals in private Companies or Spin-Off, thus ensuring a variety of different approaches to the same problems.

While avoiding to present a synthetic reasoned summary of individual papers below proposed, so delegating the task to the index of the monographic number itself, only by way of example but absolutely outside of merit hierarchies, some contributions are cited:

- that of the Estonian Academy of Arts and the University of Bologna, presents an interesting study on the work of Christian Ackermann, a sculptor that worked between the Late 17th century and Early 18th century;
- SfM experiments conducted within the COBRA Project of ENEA in the catacombs of Priscilla in Rome, in collaboration with the Pontifical Commission for Sacred Archaeology of the Vatican State (PCAS);
- always with the PCAS, MuPriS project: Museum of sarcophagi, inside the Basilica of St. Silvestro above the catacombs of Priscilla, conceived also as an innovative virtual museum. The visit of Roman archaeological finds can be in addition online through a 2D interface and 3D web platform;
- still on the same catacomb site was developed an interdisciplinary experimentation within of a European Project of the VII Programma Quadro, with 3D semantic surveys and modeling performed in "real time" of a large part of the structure hypogeum by using technologically equipped robots;
- other interesting articles related to 3D surveying activities on the excavation in Ostia antica contest within the Ostia-Forum-Project of the Humboldt University of Berlino;
- the work related to the 3D documentation of the Navigli network in Milan tested on original drawings by Leonardo da Vinci;
- or as 3D Information System to monitor the fountain of Neptune in Bologna, developed by the University of Bologna with the ISCR MiBAC and the CNR of Pisa.

And many others of equal interest, impossible to cite all for obvious problems of editorial space.

Overall, therefore, it can be said that the articles that make up the substance of this monographic dossier represent a valid and up-to-date view of the state-of-the-art of

se non esaustivo, comunque ritenuto sufficientemente rappresentativo dello stato dell'arte di questo specifico segmento.

Nelle pagine seguenti sarà possibile trovare una selezione di contributi con approfondite illustrazioni di una molteplicità di casi di studio, rappresentativi di diverse tipologie di beni, a diverse scale, con obiettivi di conoscenza e di comunicazione altrettanto diversificati, ognuno dei quali esemplificativo delle tecnologie impiegate sia in termini di HW che di SW.

Si tratterà di fotogrammetria digitale come di laser scanner, di sistemi Structure-from-Motion (SfM), di Ground Penetrating Radar (GPR) come di Augmented Reality (AR), fino ad arrivare a recenti sperimentazioni di robot per rilievi in ambienti ipogei.

I singoli contributi che arricchiscono questo numero sono di alto spessore internazionale e i diversi autori provengono dal mondo dell'Accademia, degli Enti di ricerca, ma sono anche professionisti presso aziende private o spin-off, così assicurando anche una varietà di differenti approcci alle stesse problematiche.

Solo a titolo esemplificativo e assolutamente al di fuori di gerarchie di merito, anche perché alto sarebbe il rischio di non potere essere significativamente esaustivi, delegando il compito quindi all'indice del numero monografico stesso, si citano alcuni contributi:

- quello dell'Accademia delle Arti estone e dell'Università di Bologna, presenta un interessante studio sull'opera di Christian Ackermann, uno scultore che ha operato tra la fine del 1600 e i primi del 1700;
- le sperimentazioni SfM condotte all'interno del Progetto COBRA dell'ENEA nelle Catacombe di Priscilla in Roma, in collaborazione con la Pontificia Commissione di Archeologia Sacra dello Stato del Vaticano (PCAS);
- sempre con la PCAS, il Progetto MuPriS: museo dei sarcofagi, all'interno della Basilica di San Silvestro sovrastante le Catacombe di Priscilla, concepito anche come un innovativo museo virtuale. La visita dei reperti archeologici di epoca romana è possibile anche online con interazione 2D e piattaforma web 3D;
- ancora nello stesso sito catacombale è stata sviluppata una sperimentazione interdisciplinare, finanziata nell'ambito di un Progetto Europeo del VII Programma Quadro, con rilievi e modellazione semantica 3D eseguiti in "real time" di gran parte della struttura ipogea mediante l'utilizzazione di robot tecnologicamente equipaggiati;
- altri interessanti articoli relativi alle attività di rilievo 3D sullo scavo nel contesto di Ostia antica nell'ambito del Ostia-Forum-Project dell'Università della Humboldt di Berlino;
- il lavoro relativo alla documentazione 3D della rete dei Navigli a Milano, verificata sui disegni originali di Leonardo da Vinci;
- o come il Sistema Informativo 3D per il monitoraggio della Fontana del Nettuno a Bologna, sviluppato dall'Università di Bologna con l'ISCR del MiBAC e il CNR di Pisa.

3D technologies and of the sophisticated levels of application cases reached worldwide.

But beyond the thickness of the described innovations, these articles above all question us precisely about that “heritage/knowledge/technology” relationship in order to verify if we are really “on the right road”.

Or, if perhaps a trend reversal is likely to make us more aware of how one of the terms of such a relationship, the technology in strong acceleration, is far too far from the others. This is why we need to rely on fewer certainty, rather giving more space to the necessary critical rethinking.

The topics discussed in the various articles bring to the fore the central theme of the debate between *hard science*, *cultural heritage* and *humanities* and this issue must be tackled with urgency and depth in a totally interdisciplinary way.

It is important to check finally to what extent the massive introduction of digital technologies (especially those of robots), as well as ensuring accuracy and reliability in measurable data because quantitative, can couple a significant added value to a cognitive process that is based on the recognition of the quality and identity value of assets.

In this way it is possible combining in a single process safeguard, preservation and putting in the value of them, declining also different forms of enjoyment.

Evidently, the use of technology significantly multiplies our measurement capability, extending it to even inconceivable limits if we are to entrust this – the measurement action – to our own perceptive senses and our manual skills. This leads us to a first reflection on what technology mediation interferes between us, the subjects of knowledge, and the artifact to be known, creating objective conditions for reducing attention to the object and, conversely, concentration on the technological tool.

This issue, already addressed by Walter Benjamin (*The Artwork at the Time of Its Technical Reproducibility – Das Kunstwerk im Zeitalter seiner technischen Reproduzierbarkeit*, 1935-39), when he introduces the discourse on photography and writes: “[...] With photography, in the process of figurative reproduction, the hand was seen for the first time discharged of the most important artistic tasks, which now came to be of the eye that looked into the lens. Since the eye is quicker to grasp than the hand to draw, the process of figurative reproduction was accelerated to the point of being able to stand behind the eloquence [...]”.

In essence, we are now giving more attention to the “muscularity” of technology and spectacularity of the 3D model, rather than devoting our attention to the real artifact of which the same 3D model represents the millimetre reproduction and the morphometric basis of knowledge.

The theme is as often been addressed: to maintain firmly the reason for the “end” (the aim of knowledge for the conservation of the property) and not to replace this with the “medium” (the technology to build, use and disseminate such knowledge).

If this is the reality in which we are immersed, it is, therefore, necessary and no longer be postponed that the

E molti altri ancora di pari interesse, impossibili da citare tutti per evidenti problemi di spazio editoriale.

Complessivamente, dunque, si può affermare che gli articoli che costituiscono la sostanza di questo numero monografico rappresentano un valido e aggiornato panorama dello stato dell'arte delle tecnologie 3D e dei livelli sofisticati di casi applicativi raggiunti a scala mondiale.

Ma al di là dello spessore delle innovazioni descritte, questi testi soprattutto ci interrogano proprio su quel rapporto “patrimonio/conoscenza/tecnologie” al fine di verificare se siamo veramente “sulla strada giusta”.

O, viceversa, se è forse opportuna una inversione di tendenza che ci renda maggiormente consapevoli su quanto uno dei termini di tale rapporto, la tecnologia in forte accelerazione, sia ormai eccessivamente distante dagli altri, affidandoci a un minor numero di certezze, piuttosto dando maggiore spazio al necessario ripensamento critico.

Gli argomenti affrontati nei diversi articoli portano alla ribalta il tema centrale nel dibattito tra *hard science*, *cultural heritage science* e *humanities* e questo deve essere affrontato con urgenza e profondità in modo totalmente interdisciplinare.

Si tratta di verificare finalmente in quale misura l'introduzione massiccia delle tecnologie digitali (tanto più quelle robotizzate), oltre ad assicurare precisione e affidabilità a grandezze misurabili perché quantitative, possa apportare significativo valore aggiunto a un processo conoscitivo che si fonda sul riconoscimento della qualità e del valore identitario dei beni.

In questo modo coniugando in un unico processo la tutela, la conservazione e la messa in valore degli stessi, declinando anche forme diverse di fruizione.

L'uso di tecnologie che moltiplicano significativamente la nostra capacità di misura, estremizzandola a limiti persino inconcepibili se dovessimo affidare questa – l'azione di misura – ai nostri soli sensi percettivi e alla nostra manualità, ci porta a una prima riflessione su quanto la mediazione tecnologica si interponga tra noi, soggetti della conoscenza, e il manufatto da conoscere, creando oggettive condizioni di riduzione di attenzione verso l'oggetto e, al contrario, di concentrazione sullo strumento tecnologico.

Questione, questa, già affrontata da Walter Benjamin in *L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica* (1935-39), laddove introduce il discorso sulla fotografia e scrive: “[...] Con la fotografia, nel processo della riproduzione figurativa, la mano si vide per la prima volta scaricata delle più importanti incombenze artistiche, che ormai venivano ad essere di spettanza dell'occhio che guardava dentro l'obiettivo. Poiché l'occhio è più rapido ad afferrare che non la mano a disegnare, il processo della riproduzione figurativa venne accelerato al punto di essere in grado di star dietro all'eloquio [...]”.

In sostanza, ormai rischiamo di prestare più attenzione alla “muscolosità” della tecnologia e alla spettacolarità del modello 3D, di quanta non ne dedichiamo al manufatto reale del quale quel modello rappresenta la riproduzione millimetrica e la base morfometrica di conoscenza.

theme of technology also acquires a new priority in our reflection.

We must, therefore, ask ourselves the question of how and how much the Enabling Technologies should not only continue to be confined to routine applications but how they can offer added value in order to contribute to the full sustainability and “democracy” of the conservation process.

Our first commitment, it could be said ethical, must therefore be to constantly combine the values deriving from the principles of conservation with technological innovation, but constantly maintaining the centrality of cultural heritage.

Specifically, with this ideals, *Kermes* intends to propose this monographic issue on 3D technologies, almost to solicit provocatively a debate that it is hoped will grow in the magazine as new ways to compare ideas.

From now, *Kermes* undertakes to study also innovative forms to host and nurture it, creating a “place” of discussion absolutely necessary today, a kind of platform to connect in order to allow lively exchanges of updated information and open a sort of permanent observatory on what happens worldwide, finally to promote a (hopefully high) technical-scientific comparison.

Il tema è quello, già più volte affrontato, di mantenere ben salda la ragione del “fine” (la conoscenza per la conservazione del bene) e di non sostituire questo con il “mezzo” (la tecnologia per costruire tale conoscenza, utilizzarla e disseminarla).

Se questa è la realtà in cui siamo immersi, di conseguenza è necessario e non più rinviabile che il tema della tecnologia acquisisca anche una nuova priorità nella nostra riflessione.

Dobbiamo, cioè, porci l’interrogativo di come e quanto anche le tecnologie abilitanti non debbano continuare a essere confinate solamente ad ambiti applicativi routinari, ma in che modo possano offrire un valore aggiunto al fine di contribuire alla piena sostenibilità e “democraticità” dell’intervento conservativo.

Il nostro primo impegno, si potrebbe dire etico, deve diventare dunque quello di coniugare costantemente i valori che provengono dai principi della conservazione con l’innovazione tecnologica, ma costantemente mantenendo la centralità del patrimonio culturale.

Specificatamente con questo spirito *Kermes* ha inteso proporre il presente numero monografico destinato alle tecnologie 3D, quasi provocatoriamente per sollecitare un dibattito che si auspica possa crescere nella Rivista come nuova modalità per il confronto delle idee.

*Kermes* fin d’ora si impegna a studiare anche forme innovative per ospitarlo e alimentarlo, creando un “luogo” di discussione assolutamente oggi necessario, una sorta di piattaforma per connettersi al fine di permettere vivaci scambi di informazioni aggiornate e aprire una sorta di osservatorio permanente su quanto accade a livello internazionale, infine promuovere un confronto (sperabilmente alto) tecnico-scientifico.



# Analysis of skylight illumination using 3D

## An experimental case of the Roma and Augustus temple in Ostia

Daniel Damgaard



Axel Gering has recently put forward the hypothesis that the cella of the Roma and Augustus temple in Ostia was illuminated through several elongated windows positioned behind the inner colonnades. The bottom of the windows consists of shafts cut out into the cella socles. Remains of the shafts are preserved on two different cella socles, thus providing the adequate documentation for such a hypothesis. Roberta Geremia Nucci has already proposed that the shafts in the cella socles were utilised for illumination. However, her hypothesis concerns an illumination of the rooms in the podium beneath the cella and not the cella itself [Geremia Nucci, 2013: 64-65].

The light shining into the cella, as presented by Gering, would emerge from behind the statues positioned inside the aediculae along the inside longitudinal cella walls. In

continuations to this hypothesis, ideas of illumination through the marble roof of the temple have emerged. Several research projects have been conducted on this subject around the ancient world, but mostly on Greek temples and mostly on transparent roofing [Wikander, 1983; Heile, 1990; Hoepfner, 2001; Gruben *et al.*, 2002: 391-397; Ohnesorg, 2011; Hennemeyer, 2011]. In one research regarding the Demeter temple in Sangri on Naxos it was documented that thin (2 cm) marble pan tiles (lat.: *tegulae*) entailed that 5-8 % of the outside light shined through the marble tiles and into the cella, thus lightening up the interior [Hoepfner, 2001: 491-492; Ohnesorg, 2011: 92-93].

Three different options of illumination through roofs consist of skylight tiles with *opaia* (sing. *opaion* – opening in the tile), transparent roofing and the hypaethral temple [Heile, 1990]. The first option is relevant to discuss in relations to the Roma and Augustus temple. The last two options, transparent roofing and the hypaethral temple, are less likely.

The reason transparent roofing is unlikely, is due to the pan tiles found in Ostia, which are all between 3 and 4.5 cm thick. Thus, 1-2.5 cm thicker than the tiles of the Demeter temple. A typology of pan tiles in Ostia is yet to be defined, and we are therefore not certain whether the pan tiles from the Roma and Augustus temple were 3 or 4.5 cm thick. The roof tiles of the Roma and Augustus temple are made in Luna (Carrara) marble, and some research has been conducted on the geological composition of Luna marble [Herz *et al.*, 1986], but experiments on its ability to transfer light have not yet been conducted. Therefore, in the 2017 summer-campaign of Ostia Forum Project (OFP), a small experiment to test the ability of Luna marble to transfer light was conducted. It turned out that the tiles were too thick, thus, no light shined through. Another contributing factor to the inability of the marble to transfer light was that the upperside of the pan tiles all have a rough surface with remains of the dental iron. This disturbed the light-direction, which made it difficult for any transparent effect. The roof tiles of monuments that are documented to have had a transparent roof are all polished on the upperside as well as their underside, which does not only concern the pan tiles, but also the cover tiles (lat.: *imbreces*; it.: *coppi*) and the ridge tiles [Kelly, 1996:

Fig. 1. Coppo type H1 from the Roma and Augustus temple.



Typus H1, TRA 11\_015

OFP 2015 / D. Damgaard 2017

258-261; Cooper, 1996: 54]. This indicates that to have a transparent roof, both sides of the tiles have to be polished.

The last solution, the hypaethral temple, is even more unlikely, due to the fact that there are no recorded examples of such a roofing system in Rome, why it is also unlikely that there should be examples of it in Ostia [Vitr. De Arch. III, 2,8; Heile, 1990: 32].

### The marble roof tiles

The roof of the Roma and Augustus temple is known as a Corinthian roofing system<sup>1</sup>. It consists of large flat pan tiles and cover tiles of the type H1 [Gering, 2017: fig. 5; Damgaard, forthcoming]<sup>2</sup> (fig. 1).

We know that the Roma and Augustus temple consisted of Luna marble, and as mentioned above, even the pan tiles made in Luna differ in thickness. This difference can also be explained by the possibility of other monuments in the Forum having marble tiles made in Luna, where another thickness was utilised. However, due to the excavation history of the temple and the Forum in general, we cannot point towards one certain pan tile thickness for the temple. Nonetheless, all the pan tiles have one thing in common, and that is that they are all polished on their underside. The upper side, as mentioned above, is unpolished. Therefore, it is interesting to ask the question: why polish the underside of a pan tile? The long edges of the underside of the pan tile were resting on the rafters, where it is more likely that a rough underside would ensure more stability. Consequently, this polished underside indicates that that side of the pan tile was visible from beneath and thus possibly from the viewer inside the cella. Hence, one of the reasons for this polished underside could be that of illumination.

### Illumination through the roof of the Roma and Augustus temple Skylight tiles

Skylight tiles have been categorised into five types by [Wikander, 1983: 91-94]. They are differentiated by their architectural layout, where the *opaion* differs in shape

as well as differences of the raised borders surrounding the *opaion*. Because we do not have any fragments representing a skylight tile, we cannot determine which type of skylight that hypothetically would have been utilised on the temple. However, according to the material presented by [Wikander, 1983: 85 fig. 2], one skylight tile from Kaulonia with a size measuring 92 x 59 cm is very similar in style and size to the pan tiles from the Roma and Augustus temple, which measures 90 x 66 cm [Geremia Nucci, 2013: 89 fig. 84]. Hence, this skylight tile, type Ia, will therefore be representative for the skylight tile utilised on the Roma and Augustus temple [for type I: Wikander, 1983: 91-92]. The *opaion* from the tile in Kaulonia is 25 cm in diameter, which would fit well to the tiles from Ostia.

It is unfortunately unknown how many skylight tiles that were on the roof, but we do believe that a sufficient amount of skylight tiles on each roof side would be six, thus twelve skylight tiles on the entire roof surface. They are placed strategically, based on different illumination possibilities of the cella. This will be explained and visualised in the next section.

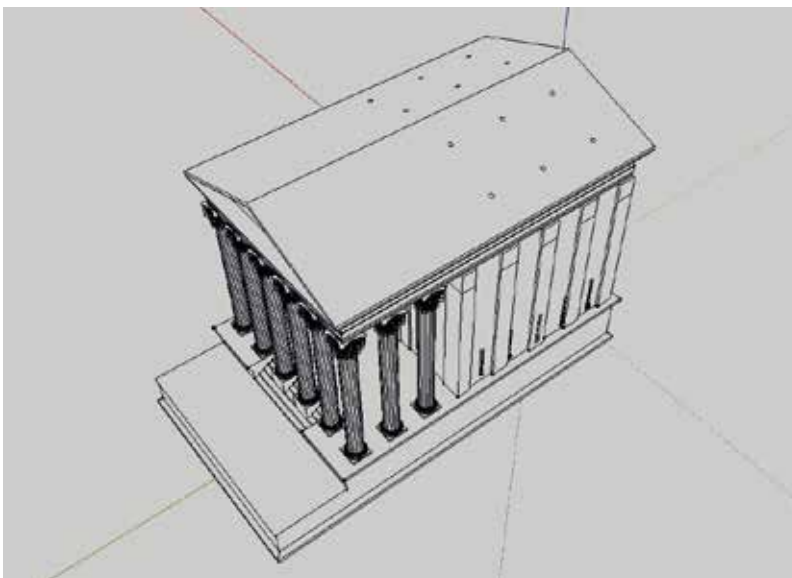
### Illumination of the Roma and Augustus temple

In the attempt to experiment with illumination of the cella, Marco Dehner has created a 3D model of the temple using the programme SketchUp Make 2017. The 3D model has been generated using authentic measurements from almost each individual architectural objects ascribed to the temple, thus creating an authentic model of the temple and its interior. I have inserted the twelve skylight tiles using the same programme, in which it becomes possible to experiment with the illumination. To provide different illumination angles, three different times during a July day have been chosen: morning at 10:00 AM, around noon at 01:00 PM and in the early evening at 05:00 PM.

On one roof side, two skylight tiles have been placed three vertical rows of pan tiles from the raking simas in the south-facing pediment, thus roughly 3 meters from the sima. Raking simas are the rows of pan tiles adjacent to the backside of the sima [Ginouvé, 1992: 189, pl. 83.1e]. One skylight tile is placed two horizontal rows of pan tiles, thus circa 1.8 meters, from the ridge of the roof. In the other end, one skylight tile is placed the same distance, thus 1.8 meters, above the antefixes. Two corresponding skylight tiles are placed in the same manner on the other roof side. Thus, four skylight tiles are placed above the southern part of the cella. A similar row with four skylight tiles has been placed above the other end of the cella, thus they are placed roughly in the middle of the entire roof length. They are placed in this manner, because no skylight tiles would have been placed above the pronaos. This is simply because that section of the temple is already located outside, hence no need for illumination. The last set of skylight tiles are placed in the same manner, but in between the other two rows of skylight tiles (fig. 2).

Due to the orientation of the temple with its entrance facing north, there would not be any direct sunlight on the

Fig. 2. Overview of the position of the skylight tiles.



cult statues in the southern end of the cella at any point during the year, despite four skylight tiles being placed roughly above them. The only option for direct sunlight would be if there were windows in the cella wall behind the cult statues. Roman temples in the Near East have windows in the cella walls [Ginovuès, 1992: pl. 31.3; Collart *et al.*, 1969: 67], but we do not have any indications of such a solution in Ostia nor in Rome or the Roman West for that matter. Hence, this solution is not likely here, which thus means that the cult statues were never exposed to direct sunlight. The marble revetment of the cella walls could however be polished in such a way that the light shining through the skylight tiles and the elongated windows behind the aediculae statues could be reflected towards the cult statues.

When conducting experiments with sunlight, surrounding buildings play a vital role, and one must be aware of the built environment. The Roma and Augustus temple is the oldest monument on the Forum amongst the present structures. The temple is built in 6 AD. We can therefore exclude shadows from the tall Baths of the Forum positioned to the east, due to the fact that they were constructed in the 2nd century AD. During the afternoon and evening sun, the Basilica positioned to the west was not erected either, but was built some 60-70 years later. Therefore, what we can assume is that in Augustan times, when the Roma and Augustus temple was built, it would have been the highest standing building within a large radius of the Forum – at least in the direction of the sun's movement. In addition, because we are dealing with the roof, there would hardly be any risks of shadowing at any point during the day.

The interior of the temple has been reconstructed with four aediculae on the ground floor on each side, which are divided by five columns. On the second floor above the aediculae, five smaller columns are placed<sup>3</sup>. Thus, in the morning, the three lowest skylight tiles on the eastern roof side would illuminate the aediculae of the western wall, while the three upper tiles would illuminate the second floor columns above the aediculae (figs. 3a/b).

Around midday, the sunlight shining through the twelve skylight tiles would direct sunlight towards the floor and the door in the north end of the cella. In the afternoon hours, the three lower skylight tiles of the western roof side would illuminate the eastern aediculae, while the three upper tiles would illuminate the second floor columns.

Regarding the risk of rainwater entering the cella, there are two different approaches to prevent this from happening. The first option consists of a closing mechanism, where a lit, most likely of terracotta, could be attached to the surface of the skylight tile. This would be the easiest and quickest solution despite the fact that the closing mechanism had to be moved physically by someone. However, there are different solutions to this problem, which amongst others includes a wooden stick attached to the terracotta lit, which means that the lit could be manoeuvred from inside the cella [Wikander, 1983: 92]. The second option is a so-called trough tile, which lies across

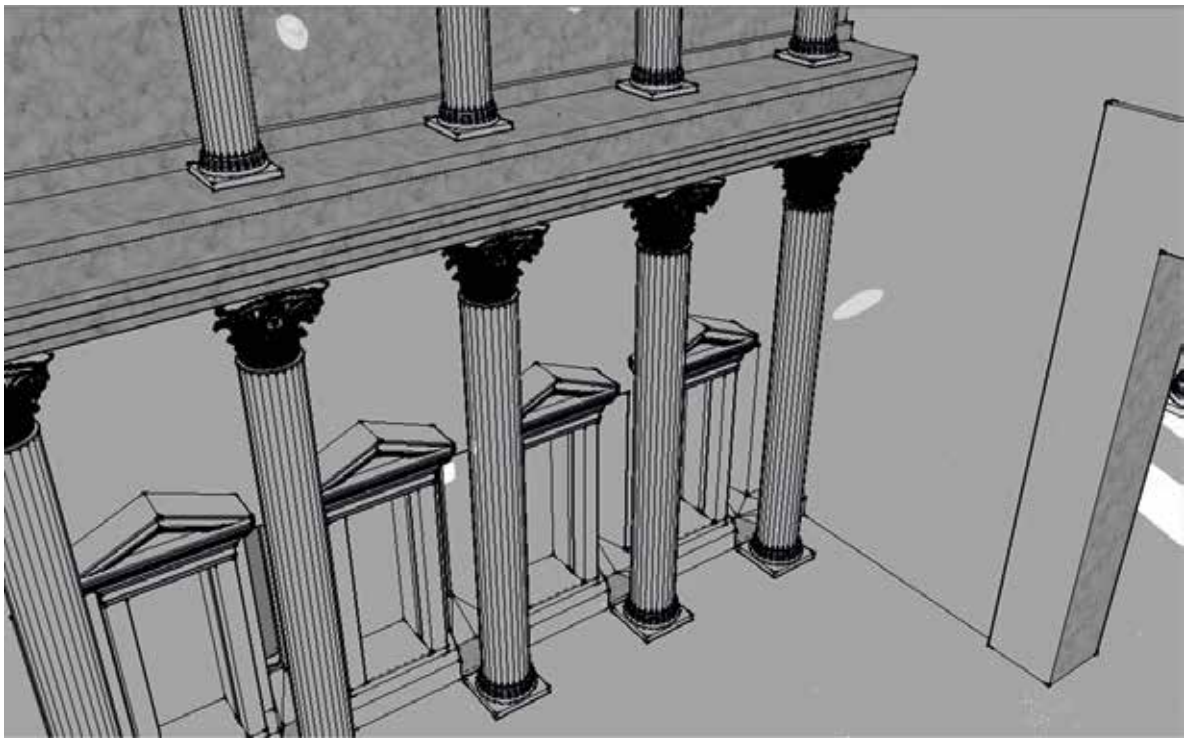
the direction of the raised borders of the surrounding pan tiles. Such a tile is placed above the skylight tile, where it leads water towards the adjacent rows of pan tiles and away from the *opaion*. Such a solution can be found on the South Stoa in Corinth [Broneer, 1954: 87].

The rain falling straight into the cella could be handled by simple drains in the floor leading the rain to a drainage. On the inside of the fundament, a tube is still preserved in the *opus reticulatum* fundament walls. Originally, a pipe would have been built into the tube, thus functioning as drainage, where rainwater was transported to the sewer systems of Ostia [Geremia Nucci, 2013: 65]. The reason for this drainage is most likely connected with the shafts of the cella socles, through which rainwater could enter. Water sliding into the podium would be problematic, but the tube system in the fundament indicates that the solution to this problem was to insert a vertical drain just below the opening in the cella socles. This same architectural principle could have been utilised with water being led from a possible built-in-drain in the cella floor, and via a pipe led to the preserved pipe system leading it to the underground sewer system.

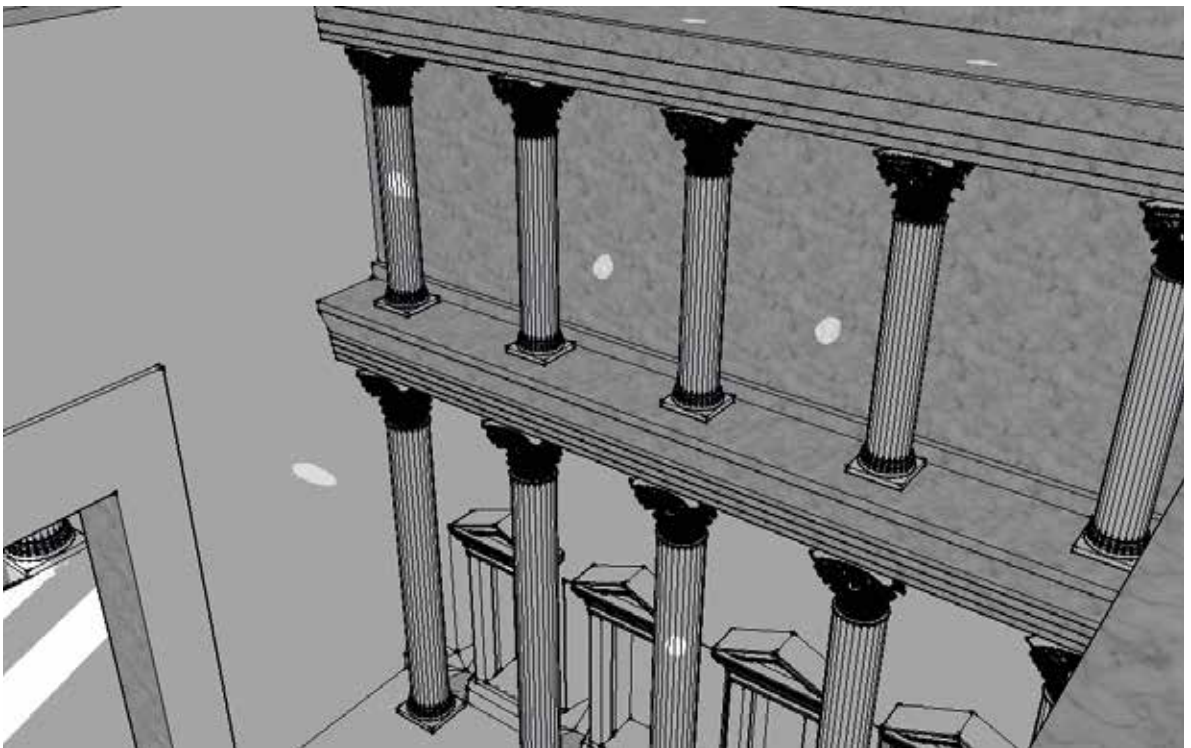
### Why illuminate a temple of the Imperial cult?

It can be interpreted differently if we are dealing with religious connotations regarding the illumination of the cella and the aediculae at the different times during the day or at a certain time during the year. However, it can also merely be with the intention of lighting up the cella having certain practices in mind. Normally in temples, nobody had access to the cella except the priests. All religious and sacrificial actions happened in front of the temple by the altar. However, as the cella could have been illuminated, this indicates that the temple was utilised for something more than just priests working for the Imperial cult. One hypothesis could be that the temple could have been utilised for council meetings, which is supported by a 2nd century AD inscription [CIL XIV 353]. It is known that Ostia was governed by the *decuriones* (the city council) and that the *flames Romae et Augusti* (the priest of the cult) could have been politically active [Meiggs, 1977: 178-179]. This information combined with the newly established hypothesis that the Roma and Augustus temple was illuminated, could indicate that the temple was utilised as a meeting place for that council in Augustan times. Illumination of temples is well known in the Roman East, where there is a vast evidence of temples being illuminated through large windows. However, due to the wide variety of different cultic activities in that region, those windows are not necessarily related to these same functions. On the contrary, in the Roman West, there are hardly any known examples of temples being illuminated, which makes these findings even more extraordinary<sup>4</sup>. Furthermore, it is known that the podium in front of the entrance to the cella was the *rostrum* – a place where an orator made public announcements for the people. Indeed, this does not relate to actions inside the cella, but it does imply that the temple had more than one function.

**Fig. 3.** The morning light on the western aediculae (a); the afternoon light shining on the eastern aediculae (b).



3a



3b

Notwithstanding, it cannot be excluded that the cella was equipped with wooden ceilings, as it is seen in, for example, the almost contemporary Mars Ultor temple in Rome [Ganzert, 1996: 237], and in many reconstructions of Roman temples in general. This would ultimately exclude the function of the skylight tiles. Nevertheless, it is still conspicuous that the underside of the pan tiles were polished and the question “why polish the underside of a pan tile?” could be answered with the purpose of illumination.

### Conclusions

The article has presented a new way of looking at the Roma and Augustus temple in Ostia. Both regarding function, but also regarding the architecture of the roof. The aim of this article has thus been to present some initial thoughts that have been visualised in a 3D room. In this way, it has been easier to interpret and analyse on not only the single skylight tile but also on the contexts and functions. In a 3D room, it is easier to change the roof and add to it, when future discoveries are made.



Through the utilisation of 3D, it is easier to interpret on the archaeological data and to put the archaeological data into a broader perspective. Furthermore, the 3D room enables a, sometimes hypothetical, view of the ancient viewer, thus adding a much-needed perspective on visual culture.

## NOTES

1. For an overview of the different marble roofing systems, see [Wikander, 1988: 215; Ginovuès, 1992: 182-196, pls. 82-85].
2. See also "Ostian Marble Roof Tiles – Aspects of Chronology, Typology and Function", Ostia Forum Project, <http://ostiaforumproject.com/ostian-marble-rooftiles/>, accessed the 8th of June 2018.
3. This is based on the old hypothesis of its interior. The new hypothesis is presented by Gering in this volume: Gering A., Pecchioli L., Dehner M., Takáts B., "3D archaeological field recording in Ostia Antica". However, this does not have any effect on the purpose of my work here.
4. For an overview of possible skylight tiles from temples in the Roman West, see [Wikander, 1983: nos. 15, 25, 27, 32].

## ACKNOWLEDGEMENTS

All material used in this article was studied in the framework of the Ostia Forum Project (OFF), directed by Professor Axel Gering, formally the Berlin-Kent Ostia-excavations since 2008, thanks to the courtesy and hospitality of the Directors of the "Scavi di Ostia" and the Superintendency of Rome and Ostia. I would personally like to thank Angelo Pellegrino, Cinzia Morelli, Mariarosaria Barbera and Paola Germoni for their steady support of our work-up of the marble deposits in the Forum area. At last, I would also like to thank the members of the OFF team for fruitful discussions, and especially Axel Gering for constant support.

## BIBLIOGRAPHY

- Broneer O., *The South Stoa and its Roman successors*, "Corinth", 1/4, 1954: 1-167.
- Collart P., Vicari J. (éd. par), *Le Sanctuaire de Baalshamin à Palmyre*, II. *Topographie et architecture: illustrations*, Roma, 1969.
- Cooper F.A. (ed. by), *The Temple of Apollo Bassitas*, III. *The Architecture: Illustrations*, Princeton, 1996.
- Damgaard D., *Ostian marble roof tiles: aspects of chronology, typology and function*, "Römische Mitteilungen": forthcoming.
- Ganzert J., Herz P., *Der Mars-Ulter-Tempel auf dem Augustusforum in Rom*, Mainz, 1996.
- Geremia Nucci R. (ed. by), *Il Tempio di Roma e di Augusto a Ostia*, Roma, 2013.
- Gering A., *Marmordepots. Zum "Recycling" des Forums von Ostia im 5. und 6. Jh. n. Chr.*, in Kurapkat D., Wulf-Rheidt U. (hrsg. von), *Werkspuren. Materialverarbeitung und handwerkliches Wissen im antiken Bauwesen*, Regensburg, 2017: 149-166.
- Ginovuès R. (éd. par), *Dictionnaire méthodique de l'architecture grecque et romaine*, II. *Éléments constructifs: supports, couvertures, aménagements intérieurs*, Roma, 1992.
- Gruben G., Ohnesorg A., *Der Demeter-Tempel*, in Lambrinoudakis V.K. et al. (hrsg. von), *Naxos: das Heiligtum von Gyroula bei Sangri. Eine neugefundene, drei Jahrtausende alte Kultstätte der Demeter*, "Antike Welt", 33/4, 2002: 387-406.
- Heile I., *Licht und Dach beim griechischen Tempel*, in Heilmeyer W.-D., Hoepfner W. (hrsg. von), *Licht und Architektur*, Schriften des Seminars für Klassische Archäologie der Freien Universität Berlin, Tübingen, 1990: 27-34.
- Hennemeyer A., *Zur Lichtwirkung am Zeustempel von Olympia*, in Schneider P.I., Wulf-Rheidt U. (hrsg. von), *Licht – Konzepte in der vormoder-*

*nen Architektur*, Diskussionen zur Archäologischen Bauforschung 10, Regensburg, 2011: 101-110.

Herz N., Dean N.E., *Stable isotopes and archaeological geology: the Carrara marble, northern Italy*, "Applied Geochemistry", 1/1, 1986: 139-151.

Hoepfner W., *Der parische Lichtdom*, "Antike Welt", 32/4, 2001: 401-506.

Kelly N.J., *The marble roof*, in Cooper F.A. (ed. by), *The Temple of Apollo Bassitas*, I. *The Architecture*, Princeton, 1996: 257-279.

Meiggs R. (ed. by), *Roman Ostia* (1960), Oxford, 1977.

Ohnesorg A., *Der naxische Lichtdom. Das Phänomen lichtdurchlässiger inselionischer Marmordächer*, in Schneider P.I., Wulf-Rheidt U. (hrsg. von), *Licht – Konzepte in der vormodernen Architektur*, Diskussionen zur Archäologischen Bauforschung 10, Regensburg, 2011: 92-100.

Wikander Ö., *Ὀπταία Κεραμίς: skylight-tiles in the ancient world*, "Opuscula Romana", 14, 1983: 81-99.

Wikander Ö., *Ancient roof-tiles: use and function*, "Opuscula Atheniensia", 17, 1988: 203-216.

## ABSTRACT

### ANALYSIS OF SKYLIGHT ILLUMINATION USING 3D AN EXPERIMENTAL CASE OF THE ROMA AND AUGUSTUS TEMPLE IN OSTIA

A recent hypothesis by Axel Gering concerns the idea that the cella of the Roma and Augustus temple in Ostia was illuminated through elongated windows positioned behind the statues in the aediculae of the cella. The purpose of this article is to contribute to this hypothesis by presenting some 3D work of illumination through skylight tiles. Some marble fragments that could resemble skylight tiles have been found in a deposit close to the Roma and Augustus temple. This initiated some ideas that the roof of the temple could have been equipped with these types of tiles. The tiles would not only assist in illuminating the cella, but also the statue-equipped aediculae along the walls. Skylight tiles of Roman temples are rarely discussed and even more rarely published.

### ANALISI 3D DELLA ILLUMINAZIONE DEL LUCERNARIO UN CASO SPERIMENTALE DEL TEMPIO DI ROMA E AUGUSTO A OSTIA

Una recente tesi di Axel Gering ipotizza che la cella del tempio di Roma e Augusto a Ostia fosse illuminata da finestre rettangolari poste dietro le statue entro le edicole della cella. L'obiettivo di questo articolo è di concorrere a tale ipotesi presentando alcune elaborazioni 3D di illuminazione attraverso i coppi del lucernario. Alcuni frammenti marmorei che potrebbero ricondursi a coppi di lucernario sono stati rinvenuti in un deposito prossimo al tempio di Roma e Augusto. Ciò ha condotto all'idea che il tetto del tempio avrebbe potuto essere munito di questi tipi di tegole. Esse non avrebbero solo favorito l'illuminazione della cella, ma anche quella delle edicole con le statue lungo le pareti. I coppi di lucernario dei templi romani sono di rado oggetto di trattazioni e, ancora più di rado, di pubblicazione.

## KEYWORDS

Ostia, illumination, skylight tile, marble roofing, temple  
Ostia, illuminazione, coppi di lucernario, copertura marmorea, tempio

## THE AUTHOR

### Daniel Damgaard

- Winckelmann-Institut, Klassische Archäologie, Humboldt-Universität Berlin; Ostia Forum Project (OFF).



ACCADEMIA  
BELLE ARTI  
BOLOGNA



## **IV Giornata di studio: Conservazione e Restauro del contemporaneo LA CONSERVAZIONE E IL RESTAURO DELLA FOTOGRAFIA IN ITALIA DAGLI ANNI '50 AL CONTEMPORANEO**

**Venerdì 1 febbraio 2019 – AULA MAGNA dell' ACCADEMIA DI BELLE  
ARTI DI BOLOGNA, Via Belle Arti 54, Bologna**

Il convegno verterà sul confronto fra le esperienze di Enti pubblici e privati operanti nel campo del restauro fotografico in Italia. I materiali fotografici presenti in commercio dalla seconda metà del Novecento ai giorni nostri sono estremamente diversi fra loro e in molti casi ancora poco indagati. La giornata di studi potrà rappresentare il primo passo per tracciare alcune linee guida nel campo del restauro fotografico di oggetti contemporanei e di tecniche di intervento ritenute innovative. Come nelle edizioni precedenti, si prevede di suddividere la giornata in una sezione più teorica la mattina, e una più tecnica il pomeriggio.

La sezione teorica, vuole dare uno spaccato della situazione attuale, ricordando che tale disciplina in Italia è relativamente giovane, poiché si definì l'importanza del materiale fotografico in quanto bene culturale solo intorno agli anni '90. Per tale motivo interverranno esperti del settore afferenti alle maggiori istituzioni.

La sezione pratica vuole mettere a confronto l'esperienza dei restauratori di istituzioni pubbliche, la cui attività converge perlopiù nell'insegnamento, con quella dei restauratori privati, con l'obiettivo di fare il punto sulla situazione nazionale.

Quest'anno all'evento potranno partecipare anche i neolaureati e i laureandi afferenti al profilo PFP5 delle Scuole di Restauro, per i quali è prevista una sessione di poster che verranno esposti durante la giornata del convegno. Tale scelta è dovuta al fatto che buona parte della ricerca coincide con la didattica delle Scuole di Restauro e quindi risulta fondamentale riportarne i risultati in questa sede di confronto.

**PARTECIPAZIONE GRATUITA, PREVIA ISCRIZIONE, FINO AD ESAURIMENTO POSTI**

info e iscrizioni [www.igic.org](http://www.igic.org)