

drawing disegnare

n. 63
idee immagini
ideas images

Rivista semestrale del Dipartimento di Storia, Disegno
e Restauro dell'Architettura – Sapienza Università di Roma
*Biannual Journal of the Department of History, Representation
and Restoration of Architecture – Sapienza Rome University*

Worldwide distribution and digital version EBOOK
www.gangemeditore.it

Full english text



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Anno XXXII, n. 63/2021
€ 15,00 - \$/£ 20.00





SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Rivista semestrale del Dipartimento
di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura,
pubblicata con il contributo di Sapienza
Università di Roma
*Biannual Journal of the Department of History,
Representation and Restoration of Architecture, published
with the contribution of Sapienza Rome University*

Registrazione presso il Tribunale di Roma
n. 00072 dell'11/02/1991

© proprietà letteraria riservata

GANGEMI EDITORE
INTERNATIONAL

via Giulia 142, 00186 Roma
tel. 0039 06 6872774 fax 0039 06 68806189
e-mail: info@gangemieditore.it
catalogo on line www.gangemieditore.it

Le nostre edizioni sono disponibili in Italia
e all'estero anche in versione ebook.
*Our publications, both as books and ebooks,
are available in Italy and abroad.*

Un numero € 15,00 – estero € 20,00 / \$/£ 24.00
Arretrati € 30,00 – estero € 40,00 / \$/£ 48.00
Abbonamento annuo € 30,00 –
estero € 35,00 / \$/£ 45.00
*One issue € 15,00 – Overseas € 20,00 / \$/£ 24.00
Back issues € 30,00 – Overseas € 40,00 / \$/£ 48.00
Annual Subscription € 30,00 –
Overseas € 35,00 / \$/£ 45.00*

Abbonamenti/Annual Subscription

Versamento sul c/c postale n. 15911001
intestato a Gangemi Editore SpA
IBAN: IT 71 M 076 0103 2000 0001 5911 001
Payable to: Gangemi Editore SpA
post office account n. 15911001
IBAN: IT 71 M 076 0103 2000 0001 5911 001
BIC SWIFT: BPPIITRRXXX

Distribuzione/Distribution

Librerie in Italia e all'estero/
Bookstores in Italy and overseas
Emme Promozione e Messaggerie Libri Spa – Milano
e-mail: segreteria@emmepromozione.it
www.messaggerielibri.it

Edicole in Italia e all'estero/
Newsstands in Italy and overseas
Bright Media Distribution Srl
e-mail: info@brightmediadistribution.it

Abbonamenti/Annual Subscription

EBSCO Information Services
www.ebscohost.com

ISBN 978-88-492-4176-1
ISSN IT 1123-9247

Finito di stampare nel mese di dicembre 2021
Gangemi Editore Printing

Direttore scientifico/Editor-in-Chief

Mario Docci
Sapienza Università di Roma
piazza Borghese 9, 00186 Roma, Italia
mario.docci@uniroma1.it

Direttore responsabile/Managing editor

Carlo Bianchini
Sapienza Università di Roma
piazza Borghese 9, 00186 Roma, Italia
carlo.bianchini@uniroma1.it

Comitato Scientifico/Scientific Committee

Piero Albinin, Roma, Italia
Carlo Bianchini, Roma, Italia
Giovanni Carbonara, Roma, Italia
Laura Carnevali, Roma, Italia
Francis D.K. Ching, Seattle, USA
Laura De Carlo, Roma, Italia
Mario Docci, Roma, Italia
Marco Gaiani, Bologna, Italia
Angela García Codoñer, Valencia, Spagna
Riccardo Migliari, Roma, Italia
Douglas Pritchard, Edinburgh, Scozia
Franco Purini, Roma, Italia
Mario Santana-Quintero, Ottawa, Canada
José A. Franco Taboada, La Coruña, Spagna

Comitato di Redazione/Editorial Staff

Laura Carlevaris (coordinatore)
Emanuela Chiavoni
Carlo Inglese
Alfonso Ippolito
Luca Ribichini

Coordinamento editoriale/

Editorial coordination
Monica Filippa

Traduzioni/Translation

Erika G. Young

Segreteria/Secretarial services

Marina Finocchi Vitale

Redazione/Editorial office

piazza Borghese 9, 00186 Roma, Italia
tel. 0039 6 49918890
disegnare@uniroma1.it

In copertina/Cover

Arduino Cantàfora, Teatri di città II, 2014.
Vinilico e olio su tavola, cm 80x120.
Arduino Cantàfora, City theatres II, 2014.
Vinyl and oil on board, cm 80x120.

disegnare

idee immagini
ideas images

Anno XXXII n. 63, dicembre 2021

- 3 Editoriale di Mario Docci, Carlo Bianchini
UID 2021. 42° Convegno Internazionale
dei Docenti delle Discipline
della Rappresentazione
*Editorial by Mario Docci, Carlo Bianchini
UID 2021. 42nd International Conference
of Teachers of Representation Disciplines*
- 7 Arduino Cantàfora
I segnavia
Trail signs
- 12 Pietro Cesare Marani
Il colore di Leonardo tra "chiaroscuro"
e "sfumato". Teoria e pratica della pittura
dopo i recenti restauri
*Leonardo's colour between 'chiaroscuro' and
'sfumato'. Painting theory and practice after
recent restorations*
- 26 Asako Nakamura, Fabrizio Ivan Apollonio,
Marco Gaiani
Una tecnica di analisi del colore multi-scala
e diacronica per il quartiere di Hillside
Terrace a Tokyo
*A multiscale and diachronic colour
mapping technique for the Hillside Terrace
neighbourhood in Tokyo*
- 38 Jorge Llopis, Irene de la Torre, Juan Serra,
Ana Torres
La ceramica di ispirazione serliana prodotta
in serie nel Rinascimento spagnolo: la
definizione di una nuova concezione spaziale
*Serlian serial ceramics in the Spanish
Renaissance: the construction of a new
spatiality*
- 50 Anna Marotta, Rossana Netti
Teorie e modelli comparati del colore:
un'esperienza transdisciplinare dalla Storia
al progetto
*Comparative theories and models about
colour: a transdisciplinary experience from
History to project*
- 64 Giorgio Domenici, Romina Nespeca
Digital Twin dell'Arco di Traiano per
la conservazione e la promozione del
Patrimonio Culturale Marittimo di Ancona
*Digital Twin of the Arch of Trajan for the
conservation and promotion of the Maritime
Heritage of Ancona*
- 74 Francesca Porfiri, Luca James Senatore
L'"anamorfosi" di JR a Palazzo Farnese
JR's "anamorphosis" of Palazzo Farnese
- 84 Massimo Zammerini
Elementi e artifici prospettici del progetto
scenico nel teatro all'italiana: permanenze
e trasformazioni
*Elements and perspective devices of stage
design in Italian theatres: permanent fixtures
and transformations*

Giorgio Domenici, Romina Nespeca

Digital Twin dell'Arco di Traiano per la conservazione e la promozione del Patrimonio Culturale Marittimo di Ancona

Digital Twin of the Arch of Trajan for the conservation and promotion of the Maritime Heritage of Ancona

The Arch of Ancona is one of the material symbols of the Maritime Heritage of the port-city. Built entirely of marble, the Arch stands in the area of the new port infrastructures and is undoubtedly the oldest and most famous architectural object in the Marche Region. The results of the integrated digitalisation have shown how fundamentally important the Digital Twin is for its conservation and enhancement since it provides the accuracy required to understand and interpret its deterioration and ensure that physical barriers are overcome so that sustainable tourist strategies can be implemented.

Keywords: Digital Twin, integrated survey, maritime heritage, deterioration, Roman architecture.

Creating a Digital Twin of the Arch of Trajan was part of the Interreg IT-HR REMEMBER project to create a data network for the joint enhancement of eight port-cities in Italy and Croatia (Ancona, Ravenna, Venice, Trieste, Rijeka, Zadar, Glacis and Dubrovnik). The project's objective involved: promoting maritime heritage by producing a shared platform with the Adriatic Sea at its core; planning an environmental grid between the ports in the Adriatic; generating local Virtual Museums.¹ The first step was to prepare a digitalisation campaign and create a Digital Twin to ensure accurate, in-depth information about the objects within a framework of continuous interaction between reality and virtuality. This contribution presents the emblematic case of the Arch of Trajan, one of the key architectural and archaeological objects in the new sustainable tourist strategy of the port-city of Ancona, and the focus of an earlier digitalisation and fruition project.² In particular, it will provide a historical analysis and illustrate the new digitalisation and the initial results of the process to create the arch's digital twin.

The history of the Arch of Trajan

The Arch of Trajan is one of the best preserved monuments of the Roman era, but its date of construction remains uncertain. The fact it is portrayed in a scene on Trajan's Column³ – built in 113 CE in Trajan's Forum in Rome – not only testifies to its importance as a symbolic element of the city and to the wars against the Dacians, but also raises interesting questions regarding the dedication on the Arch itself. The

L'Arco di Ancona è uno dei manufatti simbolo del Patrimonio Culturale Marittimo della città-porto. Realizzato interamente in marmo nel contesto delle nuove strutture portuali, è senza dubbio l'edificio più antico e noto della regione Marche. Gli esiti della digitalizzazione integrata hanno dimostrato la fondamentale importanza del Digital Twin ai fini della conservazione e della valorizzazione, ottenendo l'accuratezza necessaria alla conoscenza e alla lettura del degrado e garantendo il superamento delle barriere fisiche per l'implementazione di strategie turistiche sostenibili.

Parole chiave: Digital Twin, rilievo integrato, patrimonio culturale marittimo, degrado, architettura romana.

La realizzazione del *Digital Twin* dell'Arco di Traiano si inserisce nel progetto Interreg IT-HR REMEMBER, che mira a creare un *data network* per la valorizzazione congiunta di otto porti-città in Italia e Croazia (Ancona, Ravenna, Venezia, Trieste, Fiume, Zara, Spalato, Dubrovnik). L'obiettivo del progetto è promuovere il patrimonio culturale marittimo mediante la realizzazione di una piattaforma condivisa che metta al centro il mare Adriatico, pianificando un reticolo ambientale tra i porti che vi si affacciano e mediante la realizzazione di *Virtual Museums* locali¹. Il primo passo del lavoro è stato la realizzazione di una campagna di digitalizzazione e la creazione di *Digital Twin* in grado di garantire un'approfondita e accurata conoscenza dei manufatti, in una continua interazione fra reale e virtuale.

Quello che qui viene presentato è il caso emblematico dell'Arco di Traiano, uno dei manufatti architettonici e archeologici cardine della nuova strategia turistica sostenibile della città-porto di Ancona, già oggetto di precedenti lavori di digitalizzazione e fruizione². In particolare, verranno descritte l'analisi storica, la nuova digitalizzazione e i primi risultati del processo di creazione del gemello digitale dell'arco.

L'Arco di Traiano nella storia

La data di costruzione dell'Arco di Traiano, tra i monumenti meglio conservati della romanità, è incerta. Il riconoscimento della sua raffigurazione in una scena della Colonna Traiana³ – innalzata nel 113 nel Foro di Traiano a Roma – oltre a testimoniare l'importanza come elemento simbolico della città e per le imprese belliche contro i Daci, pone interessanti problematiche legate alla dedica dell'arco stesso. L'iscrizione che riporta la dedica all'imperatore Traiano, qui omaggiato per avere reso più sicuro l'accesso alla città tramite una serie di opere portuali, è infatti in realtà riferibile a una fase successiva, da collocarsi tra il 115 e il 117.

Nella Colonna Traiana vengono raffigurate ben 113 scene riproducenti le fasi più salienti della guerra dei Romani contro la Dacia (101-106). Nella scena 58 viene raffigurato l'Arco di Ancona attorniato dalle navi in partenza per la seconda guerra dacica, del 105 (fig. 1). È possibile notare in alto a sinistra, alla sommità del Colle Guasco, il tempio greco dedicato ad Afrodite; in questo luogo nel V secolo inizierà a essere eretta la basilica di Santo Stefano poi denominata San Lorenzo, danneggiata prima dalle incursioni dei Goti a metà del VI secolo e dai Saraceni che espu-



1/ *Pagina precedente.* A sinistra: Basilica Ulpia nel Foro di Traiano, Roma. A destra: bassorilievo della Colonna Traiana, scena n. 58, raffigurante l'Arco di Traiano con tre statue nell'attico di tre divinità marine (Mercurio, Nettuno e Poturno), i magazzini portuali, i cantieri navali, un tempio sulla sommità del colle Guasco dedicato ad Afrodite e uno sulla riva del mare che secondo la tradizione era dedicato a Diomede.

Previous page. Left: The Ulpia Basilica in Trajan's Forum, Rome. Right: bas-relief of Trajan's Column, scene n. 58,

showing the Arch of Trajan with three statues of three maritime divinities placed on the attic (Mercury, Neptune and Poturnus), the port warehouses, the shipyards, a temple at the top of Mount Guasco dedicated to Aphrodite and one on the seashore traditionally dedicated to Diomedes.

2/ Ortofoto del prospetto frontale con evidenziata l'epigrafe, la restituzione grafica (elaborazione degli autori) e la sua traduzione di Gianfranco Paci (Università di Macerata) che ne reinterpreta anche lo studio

sulla trasformazione del porto in analogia ad altri porti eseguiti in quegli anni in Italia quali Ostia, Fiumicino, Civitavecchia, Terracina, Pozzuoli e Rimini (Paci 2021). Orthophoto of the front elevation showing the epigraph, the graphic restitution (by the authors), and its translation by Gianfranco Paci (University of Macerata), also reintegrating the study of the transformation of the port, similar to the transformation implemented in other ports during that period in Italy, for example Ostia, Fiumicino, Civitavecchia, terracina, Pozzuoli and Rimini (Paci 2021).



gnarono la città nel 839. Si nota inoltre, a sinistra, sulla riva del mare un tempio, che secondo la tradizione era dedicato a Diomede. L'Arco, a fornice unico, vede dunque una prima fase costruttiva intorno al 100. Il monumento venne edificato su un alto podio di travertino; quattro colonne corinzie, addossate alle pareti su entrambe le facciate, sorreggono un ampio attico con cornici aggettanti. In questa prima fase l'attico era sormontato dalle statue di tre divinità marine volte verso il mare, e con questo aspetto fu rappresentato nella Colonna Traiana. Successivamente, nel 115, vennero eseguiti da Apollodoro di Damasco lavori aggiuntivi e furono collocate sull'attico le statue in bronzo dorato di Traiano, di sua moglie Plotina e di sua sorella Marciana, volte verso la città, in sostituzione delle divinità marine; in questa seconda fase fu realizzata anche l'iscrizione dedicatoria. L'Arco fu inoltre decorato da dei rostri bronzei⁴ di navi e altri elementi decorativi, ora perduti, dei quali sono ancora visibili gli attacchi sulle pareti. L'Arco è stato costruito con la messa in opera di grossi blocchi di marmo del Proconneso⁵, sovrapposti a secco e perfettamente comba-

cianti, legati in corrispondenza dei giunti interni con grappe di piombo fissate per mezzo di metallo fuso (sono tuttora visibili gli imbocchi dei piccoli canali per colare il metallo). Tra gli interventi più rilevanti che già a partire dall'antichità hanno modificato l'aspetto dell'Arco vi sono quelli che risalgono ai saccheggi dei Saraceni del 839: vennero infatti depredate le statue dall'attico, i rostri bronzei, altri elementi decorativi inseriti ai lati del fornice e nei fianchi dell'Arco e tutte le lettere bronzee dell'epigrafe dedicatoria (fig. 2). L'Arco già dal Quattrocento venne disegnato ripetutamente da architetti e artisti e anche riprodotto diffusamente nei secoli successivi da incisori e vedutisti, quali ad esempio Pinturicchio e Vittore Carpaccio. Le più antiche raffigurazioni pittoriche dell'Arco, sullo sfondo del porto di Ancona, risalgono ai primi anni del secolo XVI e si intensificano nel Seicento e Settecento. In queste vedute l'Arco appare costantemente sopraelevato rispetto alla banchina di approdo, con una strada che l'oltrepassava tramite una scala. Alla fine degli anni Trenta, grazie all'impegno dell'allora soprintendente Edoardo Galli⁶

inscription – added later between 115 and 117 CE – contains words that are a clear homage to the emperor who had ensured safe access to the city by building a series of port infrastructures. There are 113 scenes on Trajan's Column depicting the most salient phases of the Roman-Dacian war (101-106 CE). The Arch in Ancona, visible in scene 58, is surrounded by ships leaving for the Second Dacian War in 105 CE (fig. 1). The Greek temple dedicated to Aphrodite is visible top left, at the top of the Guasco Hill, where the basilica of St. Stephen, later called St. Lawrence, began to be built in the early C5th; it was subsequently damaged during the incursions by Attila's Huns in 452 CE and by the Saracens after they conquered the city in 839 CE. Observe to the left, a temple on the seashore, traditionally dedicated to Diomedes.

The single fornix arch began to be built around 100 CE. The monument rests on a tall travertine podium; four Corinthian columns, resting against the walls on both façades, support the imposing attic with a raking cornice. During this phase three statues of marine divinities facing the sea were located on the attic, and indeed this is how it is portrayed on Trajan's Column. Later on, in 115 CE, additional work was performed by Apollodorus of Damascus; the marine divinities were replaced by golden bronze statues of Trajan, his wife Plotina and his sister Marciana, all facing the sea. The dedication/inscription was added during this second phase. The Arch was also decorated with the bronze rams⁴ of ships and other decorative features (now lost); the places where they were attached are still visible on the walls of the two façades. The Arch was built using huge Proconnesian marble blocks,⁵ superimposed without mortar and perfectly matched; the internal joints were united using lead brackets held in place with molten metal (it is still possible to see the openings of the small channels into which the metal was poured).

The devastation wrought by the Saracens when they captured the city in 839 CE is one of the most important events which, since antiquity, has altered the appearance of the Arch. In fact, the statues on the attic were plundered and removed, as were the bronze rams, other decorative features on the inner sides of the

3/ Visione complessiva della fondazione originaria dell'Arco di Traiano di Ancona in una foto d'archivio del 1938 (Edoardo Galli. Per la sistemazione dell'Arco di Traiano in Ancona. Bollettino d'Arte, 1937, VII, fig. 8 p. 326; foto Corsini).

Overall view of the original foundations of the Arch of Trajan in Ancona in an archival photograph dated 1938 (Edoardo Galli. Per la sistemazione dell'Arco di Traiano in Ancona. Bollettino d'Arte, 1937, VII, fig. 8 p. 326; photo Corsini).

4/ Modellino ricostruttivo dell'Arco (Museo archeologico nazionale delle Marche) che tenta di mostrarne l'aspetto originario (gentile concessione del direttore del Museo, dott.ssa Nicoletta Frapiccini).

Small model of the Arch (National Archaeological Museum of the Marche) showing its original appearance (by kind concession of the Museum Director, Ms. Nicoletta Frapiccini).

fornix and outer walls of the Arch, and all the bronze letters of the dedication/epigraph (fig. 2). In the C15th the Arch was already being repeatedly drawn by architects and artists; it was also reproduced extensively in later centuries by engravers and landscape painters, for example Pinturicchio and Vittore Carpaccio. The oldest pictorial images of the Arch, in the background of the port of Ancona, date to the early C16th; many more were produced in the C17th and C18th. In these views the Arch always appears to be raised compared to the docks; a staircase in front of it led to a road that passed through it. Thanks to the commitment of the superintendent Edoardo Galli⁶ (1880-1956), excavations were performed in the late thirties to bring to light the original fortifications (fig. 3) that had reached the level of the sandy bottom submerged by the sea. The octagonal, talus-shaped foundations were chiefly made of limestone blocks from Conero joined together using pozzolana mortar. The sides were built using smaller blocks and layers of bricks, revealing more economic features and proving that other projects were implemented over the centuries to consolidate the foundations. Further consolidation and restoration was performed by the Superintendency.

More recent work on the monument took place in the mid-C19th, when a new staircase⁷ was built leading to the arch (promoted by Pope Giovanni Maria Mastai Ferretti), and in the early C20th when the military buildings next to the monument were dismantled after the First World War.

In the sixties the groups of hollows on the attic were carefully surveyed and studied in-depth by the archaeologist Sandro Stucchi.⁸ He discovered that the three golden bronze statues of the imperial family members were placed on the attic close to the cornice, on an exact axis with the underlying inscriptions dedicated to Trajan, Marciana and Plotina. After further study, Stucchi also excluded the presence of an equestrian statue of Trajan theorised several centuries earlier by Ciriaco Pizzecolli (1392-1452). A small model of the original appearance of the Arch (fig. 4) is housed in the National Archaeological Museum of the Marche region. Although the Arch escaped unscathed when the city was bombed during the Second World War, the urban fabric around it was



(1880-1956), sono stati eseguiti degli scavi atti a portare in luce le originarie fondazioni (fig. 3), che hanno raggiunto la quota del fondo sabbioso sommerso dall'acqua del mare. La fondazione a pianta ottagonale è risultata formata perlopiù da blocchi di duro calcare del Conero disposti a scarpa e giuntati tra loro con malta pozzolanica; i laterali, eseguiti con blocchi più piccoli con riprese di laterizi, rivelano invece una fattezza più economica. Ciò testi-

monia che altri interventi di consolidamento fondale sono stati attuati nel corso dei secoli. A seguire sono stati eseguiti dalla Soprintendenza dei lavori di consolidamento e restauro. L'attuale sistemazione del monumento è da attribuire a più recenti interventi avvenuti alla metà del XIX secolo, con la costruzione di una nuova scalinata⁷ che porta al fornice (voluta da papa Giovanni Maria Mastai Ferretti) e all'inizio del secolo successivo quando sono state smantellate le costruzioni militari sorte accanto al monumento a seguito degli eventi bellici della Prima Guerra Mondiale.

I gruppi di incassi presenti nell'attico sono stati accuratamente rilevati e approfonditamente studiati negli anni Sessanta dall'archeologo Sandro Stucchi⁸. Dallo studio è risultato che tre statue di bronzo dorato dei membri della famiglia imperiale erano in antico collocate sull'attico vicino alla cornice, esattamente in asse con le sottostanti iscrizioni di dedica a Traiano, a Marciana e a Plotina. Stucchi ha anche escluso, a seguito delle indagini eseguite, la presenza della statua equestre di Traiano ipotizzata diversi secoli prima da Ciriaco Pizzecolli (1392-1452). Presso il Museo archeologico nazionale delle Marche è presente un modellino ricostruttivo dell'Arco che ricostruisce l'aspetto originario del monumento (fig. 4).

I bombardamenti della Seconda Guerra Mondiale risparmiarono l'Arco, ma distrussero il tessuto edilizio attorno ad esso. Dal dopoguerra, a seguito dei lavori di interrimento per l'ampliamento delle banchine portuali e dei cantieri navali, l'Arco si è trovato a essere sempre più lon-



5/ In alto: nuvola di punti sparsa ottenuta dal software Metashape con la posizione degli scatti fotografici aerei. In basso: ortofoto dell'intera area del Corridore con la localizzazione dei punti GPS battuti per la rete topografica di georeferenziazione (elaborazioni di Romina Nespeca).
Top: scattered points cloud obtained using the Metashape software with the position of the aerial photographs. Bottom: orthophoto of the entire area of the Corridor with the position of the GPS points established for the topographical georeference mesh (by Romina Nespeca).



tano dal mare, venendosi così ad alterare un rapporto fondamentale per la lettura del monumento. Nonostante la presenza di alcune modeste lesioni dovute anche al passaggio in adiacenza della vecchia ferrovia, il monumento ha continuato a mostrare tutta la sua potente stabilità. L'Arco di Traiano è arrivato quindi ad affacciarsi al Terzo millennio duramente provato ma complessivamente integro. La forma di degrado più vistosa si riferiva alla presenza di diffuse croste nere soprattutto nella parete verso terra, meno soggetta al naturale dilavamento; tali croste erano dovute all'inquinamento ambientale prodotto principalmente dalla combustione di idrocarburi e da notevoli frammenti di carbone da attribuire

6/ A sinistra: immagine prospettica della nuvola di punti ottenuta dall'acquisizione laser scanning. A destra: ortoimmagine del prospetto principale in visualizzazione silhouette (elaborazioni di Romina Nespeca).
Left: perspective image of the points cloud acquired by the laser scanner. Right: orthophoto of the main elevation using a silhouette visualiser (by Romina Nespeca).



destroyed. Landfills were used after the war to enlarge the quays and shipyards; as a result the Arch gradually became located further and further away from the sea, thus altering a crucial relationship required to interpret the monument. Despite several small cracks caused by trains running along the old railway tracks, the monument continues to be extremely stable. The Arch of Trajan entered the third millennium sorely tried but, generally speaking, intact. The most conspicuous forms of deterioration are diffuse black crusts, especially on the wall close to the ground, less subject to natural leaching. The crusts are caused by environmental pollution chiefly produced by the combustion of fuels and considerable fragments of coal used during earlier port activities. Another form of deterioration on all the surfaces is the substantial and constant erosion caused by the wind, especially the modelled parts of the entablature, the two protomes in the keystone, and the floral decorations of the capitals. Hairline fractures are also clearly present, as are chromatic alterations and abrasions.

In the first months of the year 2000, roughly sixty years from the previous maintenance and restoration projects, more work was performed based on a project designed and supervised by the superintendent at that time, Giuliano De Marinis; this work made it possible to once again interpret the monument. The railway tracks that passed next to the Arch, causing the vibrations that undermined its stability, were completely removed and the old coal depots in the port were closed.

New digitalisation for conservation and fruition

The new digitalisation campaign adopted the methods used in integrated and multi-instrumental surveys, currently extensively validated in literature.⁹

The following actions were performed to ensure a high level of detail (LOD): scansions were executed using a laser scanner (Leica P40); panoramas were acquired using an external camera (Istar NeTech) to map the cloud; photographs were taken using ground-based photogrammetry (Sony Alpha 9) and a drone (Parrot Anafi); and topographic data was acquired using a support grid (Leica GPS1200)

7/ Immagine prospettica della nuvola di punti in falsi colori, ottenuta dal rilievo laser scanning, con l'individuazione dei punti naturali sul manufatto per la fase di integrazione dati tra le due metodiche di acquisizione: laser scanning e fotogrammetria (elaborazione di Romina Nespeca).

Perspective image of the points cloud in false colours obtained during the laser scanning survey showing the natural points on the arch for the phase involving integration of the data from the two acquisition modes: laser scanning and photogrammetry (by Romina Nespeca).

for georeferentiation. The photogrammetric flight of the drone was planned with horizontal lines so as to cover the entire area of the Corridor (a total of 84 images) at an average height of 45 m; this gave a GSD of roughly 1 cm/px (fig. 5). Ten scansions were envisaged during the laser scanning acquisition; they were located so as to ensure that all the sides of the Arch were sufficiently covered, including the intrados. Filtering, recording and cleaning of the data produced a very accurate cloud of 80 million points (fig. 6) with an absolute average alignment error calculated based on the inserted limits of 0.001 m and a maximum error of 0.003 m.

A ground-based photogrammetric acquisition campaign was performed to obtain a high definition texture and optimise the critical interpretation of the superficial deterioration of the material; a full-frame camera (6,000x4,000 px) with a telephoto lens (70 mm and 200 mm) was used to take 643 images. A colour checker was used for radiometric calibration.

The images from the ground-based survey and the drone – processed using Agisoft Metashape photogrammetric software – generated a model with a GSD of 1.64 mm/px and an average reprojection error of 2.43 px. The data was inserted in a single reference system using the Ground Control Points obtained by the GPS and the pairing of several natural points chosen on the object (fig. 7). The ensuing points cloud was transformed into a mesh surface using the software of Geomagic modelling and re-imported into the photogrammetric software for the texturisation of details. To achieve better management of the model a decision was taken to decimate the mesh to one million polygons, prioritising the curvature and generating a texture with a 8,192x8,192 px resolution – the most favourable to achieve the project's objectives (fig. 8).

The result is a perfect, accurate and complete facsimile from which we obtained the drawings needed to draft the tables regarding the geometric survey and the superficial deterioration and fissures (figs. 9, 10).

The stone base of the Arch covers an area of roughly 56.50 m² (5.27x10.72 m) while the total encumbrance of the Arch, including the fornix, is roughly 1,008.00 m³ (5.27x10.72x17.86 m, height above ground). Based on the measurements taken with an

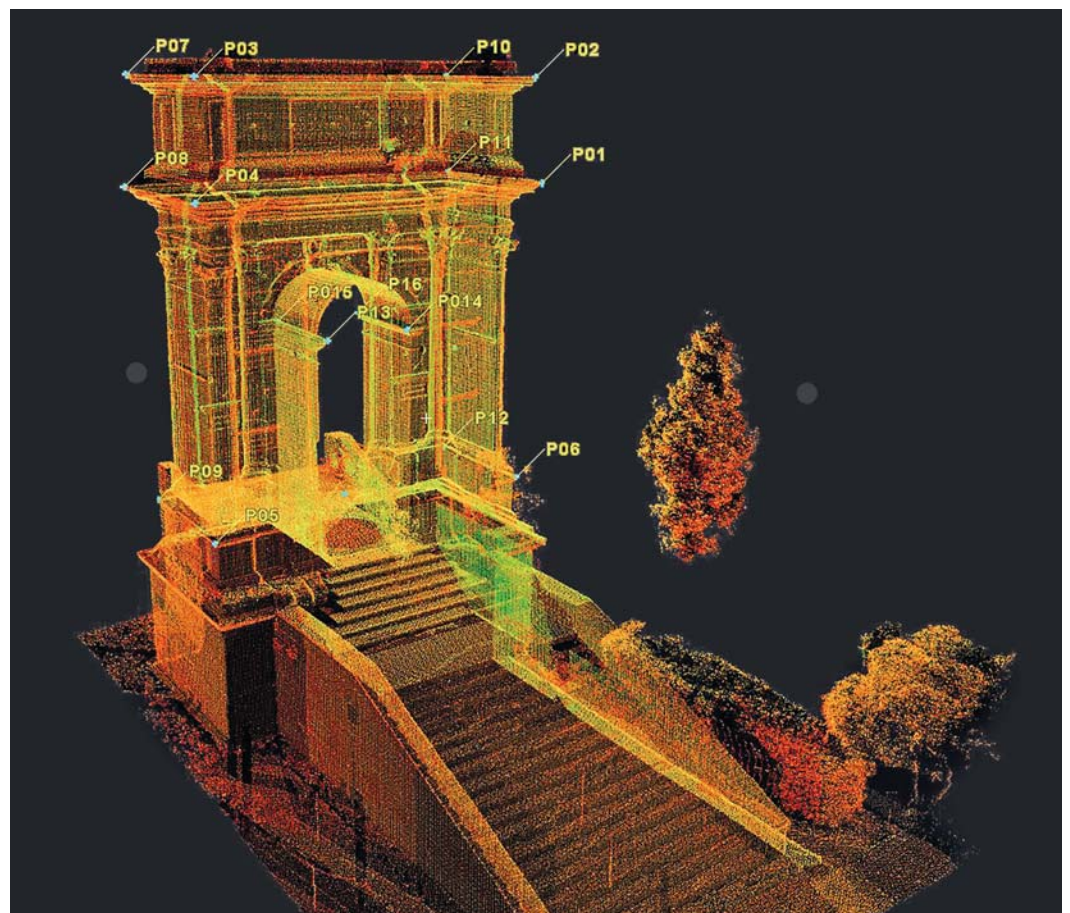
vocando vibrazioni dannose alla sua stabilità, è stata del tutto demolita e i vecchi depositi di carbone presenti nel porto sono stati chiusi.

La nuova digitalizzazione per la conservazione e la fruizione

La nuova campagna di digitalizzazione è stata condotta secondo le pratiche del rilievo integrato e multistrumentale, ad oggi ampiamente validate in letteratura⁹.

Per garantire un alto livello di dettaglio (LOD), sono state eseguite scansioni tramite laser scanner (Leica P40), acquisizioni di panoramiche con macchina esterna (Istar Nctech) per la mappatura della nuvola, acquisizioni fotografiche con tecnica fotogrammetrica da terra (Sony Alpha 9) e da drone (Parrot Anafi), e l'acquisizione topografica di una rete di appoggio (Leica GPS1200) per la georeferenziazione. Il volo fotogrammetrico da drone è stato pianificato con strisciate orizzontali tali da ricoprire l'in-

tera area del Corridore, ottenendo 84 scatti, a un'altezza di volo media di 45 m e ottenendo un GSD di circa 1 cm/px (fig. 5). L'acquisizione laser scanning ha previsto 10 scansioni dislocate in modo da garantire il sufficiente ricoprimento di tutti i lati dell'Arco, compreso l'intradosso interno. Il filtraggio, la registrazione e la pulizia dei dati hanno prodotto una nuvola molto accurata costituita da 80 milioni di punti (fig. 6), riportando un errore medio assoluto di allineamento calcolato sui vincoli inseriti pari a 0,001 m e un errore massimo pari a 0,003 m. Per ottenere una *texture* ad alta definizione, al fine di ottimizzare la lettura critica del degrado materico superficiale, è stata parallelamente condotta una campagna di acquisizione fotogrammetrica da terra con camera *full-frame* (6.000x4.000 px) e teleobiettivo (70 mm e 200 mm), con lo scatto di 643 immagini e l'uso di un *colour checker* per il controllo radiometrico.



8/ In alto, a sinistra: modello 3D georeferenziato, in visualizzazione solid mesh, ottenuto dall'integrazione dei dati laser scanning e fotogrammetrici (terrestri e aerei); in alto, a destra: modello texturizzato nel software Metashape con gli scatti ad alta risoluzione. In basso, a sinistra: dettaglio della vista ortografica del prospetto frontale in wireframe; in basso a destra: vista texturizzata (elaborazioni di Romina Nespeca).

Top left: georeferenced 3D model, in solid mesh visualisation, obtained by integrating the data from the laser scanning and

photogrammetry (terrestrial and aerial); top right: model texturised with the high resolution photographs, using Metashape software. Bottom left: detail of the orthographic view of the front elevation in wireframe; bottom right: texturised view (by Romina Nespeca).



Le immagini da terra e da drone, elaborate con il software fotogrammetrico Agisoft Metashape, hanno generato un modello con un GSD risultante pari a 1,64 mm/px e un errore di riproiezione medio pari a 2,43 px. I dati sono stati quindi integrati in un unico siste-

ma di riferimento, tramite i *Ground Control Points* battuti con il GPS e l'accoppiamento di alcuni punti naturali scelti sul manufatto (fig. 7). La nuvola di punti così ottenuta è stata trasformata in superficie *mesh* tramite il software di modellazione Geomagic e rim-

ultrasound and the outer measurements of the stone blocks, the remaining central space probably dates to the period of its construction and was later gradually filled with cement mortar and rubble. Instead the fornix is 3 m wide and roughly 4 m long; the height at the intrados is not quite 7.55 m. The surface area of the attic, including the cornices, is 45.00 m² (4.39x10.25 m). The current dimensions take into account the deterioration and erosion of the stone material over the centuries (fig. 11). New digitalisation is the key element of the process to create the Digital Twin of the monument; on the one hand it allows the arch's state of conservation to be monitored, providing restorers with a clear picture of any changes, on the other it allows for the development of VR/AR solutions regarding the fruition and dissemination of the architecture on site and online (fig. 12).

The digital twin makes it possible to test and understand how systems and products behave in numerous environments, using virtual space and simulation as a predictive moment.¹⁰ As far as the Arch of Trajan is concerned, this will be achieved by creating a single database containing all the data acquired so far (information regarding its history, data from previous surveys) and future multi-temporal and multi-instrumental acquisition campaigns. Superimposing these informative layers will allow for accurate planning of any interventions, including foreseeing how quickly deterioration increases over time.

As mentioned earlier, the Arch of Trajan is one of the ten points of interest (POI) of the Local Virtual Museum of the Port of Ancona, part of the REMEMBER project. There are two ways in which the new platform (currently being finalised) can be used: on the one hand the online model (VR) can be visualised and explored in three-dimensions, for remote fruition; on the other, an augmented reality app (AR) is available to tourists so they can follow a physical itinerary and discover the port's maritime heritage; during on site fruition it will also be possible to generate digital contents directly on the original object. The users' choices and the way they interact with the AR contents will be synchronically assessed to validate the contents that have been created and influence any changes.

9/ Viste ortografiche del prospetto laterale sud.
In alto: ortoimmagine da nuvola di punti; al centro: ortofoto con il rilievo del degrado e dello stato fessurativo; in basso: restituzione vettoriale quotata (elaborazione in alto: Romina Nespeca; elaborazione al centro e in basso: Giorgio Domenici).
Orthographic view of the south side elevation. Top: orthoimage from the points cloud; centre: orthophoto showing the deterioration and fissures; right: vectorial restitution (top image by Romina Nespeca; centre and bottom image by Giorgio Domenici).

Conclusions

The results of the integrated digitalisation have shown how fundamentally important the Digital Twin is for its conservation and enhancement; it provides the accuracy required to understand and interpret its deterioration and ensure that physical barriers are overcome so that sustainable tourist strategies can be implemented.

To assess the Arch's conservation the results of the current survey were compared with those of the previous survey (2015); the monument was found to have deteriorated slightly. There were a limited number of fissures, primarily involving detachment of the joints between the stone elements. Thin superficial layers were noticeable on all the façades, chiefly due to natural environmental causes and the mineralisation process triggered by earlier conservative treatments of the surfaces. Incremental layers of erosion due to the natural deterioration of the stone were also noted, possibly causing small portions to become detached and, often, the ensuing loss of several superficial layers. A small number of honeycomb areas were also found, but so far the latter are not particularly problematic. As concerns promotion, the Digital Twin of the Arch of Trajan is part of a tourist strategy to actively involve visitors in a reciprocal exchange of information between the real object and the digital model, thus becoming the protagonists of a process of knowledge and fruition using the VR and AR tools available on the new platform.

** The authors would like to thank the Port Authorities of the Central Adriatic Sea and the Superintendency of Archaeology, Fine Arts and Landscape of the Marche Region for authorising this study. Thanks are also due to Prof. Paolo Clini, project manager and scientific director, and Prof. Ramona Quattrini, the Steering Committee's delegate to the INTERREG Italy-Croatia project 2019-2021 'REMEMBER' APPLICATION ID 10042741. The contents of this contribution only reflect the viewpoints of the authors; the programme authorities are not responsible for any use that may be made of the information it contains. Thanks are also extended to the technicians Luigi Sagone, Floriano Capponi and Gianni Plescia (DICEA) for the acquisition phase, engineer Gianluca Gagliardini for the images captured by the drone, and Prof. Gian Marco Revel, engineer Rachele Napolitano and engineer Giuseppe Pandaresi*

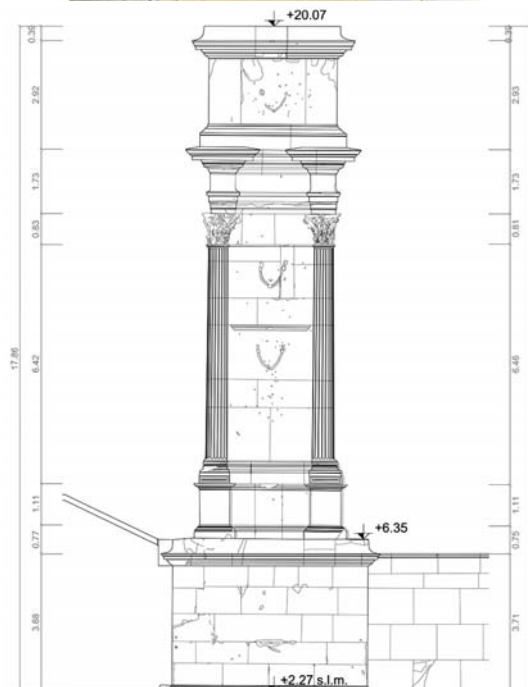
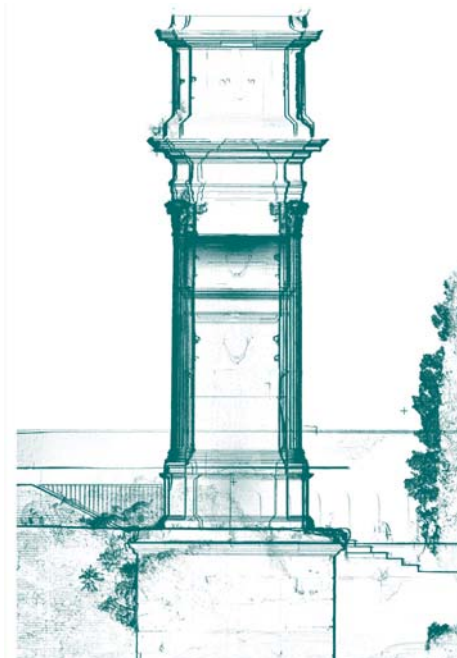
portata nel software fotogrammetrico per la texturizzazione di dettaglio. Per una migliore gestione del modello si è scelto di decimare la *mesh* a 1 milione di poligoni secondo il criterio di priorità della curvatura e di generare una *texture* con la risoluzione di 8.192x8.192 px, ottimale agli scopi del progetto (fig. 8).

Il risultato è un perfetto fac-simile, accurato e completo, da cui sono stati estratti gli elaborati necessari alla redazione delle tavole di rilievo geometrico e del degrado superficiale e fessurativo (figg. 9, 10).

Il basamento lapideo dell'Arco ha un ingombro a terra pari a circa 56,50 m² (5,27x10,72 m) mentre l'ingombro totale dell'Arco, fornice compreso, è pari a circa 1.008,00 m³ (5,27x10,72x17,86 m, altezza da terra). Dai monitoraggi con ultrasuoni eseguiti e dalle misure esterne dei blocchi lapidei, si ipotizza uno spazio centrale di risulta probabilmente riferibile all'epoca della costruzione, progressivamente riempito con malta cementizia e detriti. Il fornice invece presenta una larghezza di passaggio pari a m 3,00, con una lunghezza di circa m 4,00 e un'altezza all'intradosso di quasi 7,55 m. L'attico ha una superficie, cornici comprese, pari a 45,00 m² (4,39x10,25 m). Le dimensioni odierne chiaramente tengono conto dei degradi e delle erosioni del materiale lapideo avvenute con il trascorrere dei secoli (fig. 11).

La nuova digitalizzazione si pone al centro del processo di creazione del *Digital Twin* del monumento, che permette da un lato il monitoraggio nel tempo dello stato di conservazione, offrendo ai restauratori un chiaro quadro dei suoi cambiamenti, e dall'altro lo sviluppo di soluzioni VR/AR dedicate alla fruizione e alla divulgazione dell'opera in sito e online (fig. 12). Grazie al gemello digitale è possibile testare e comprendere come si comporteranno sistemi e prodotti in un'ampia varietà di ambienti, utilizzando lo spazio virtuale e la simulazione come momento predittivo¹⁰.

Nel caso dell'Arco di Traiano, ciò sarà possibile tramite la realizzazione un unico database informativo che conterrà tutti i dati finora acquisiti, le informazioni storiche, i dati provenienti dai precedenti rilievi e le future campagne di acquisizione multitemporali e multistrumentali. La sovrapposizione di questi *layer* informativi permetterà una puntuale



10/ Ortofoto con rilievo del degrado materico e dello stato fessurativo: vista planimetrica dall'alto, prospetto frontale e prospetto laterale nord (elaborazione di Giorgio Domenici).

Orthophoto showing the deteriorated material and fissures: planimetric view from above, front elevation and side north elevation (by Giorgio Domenici).

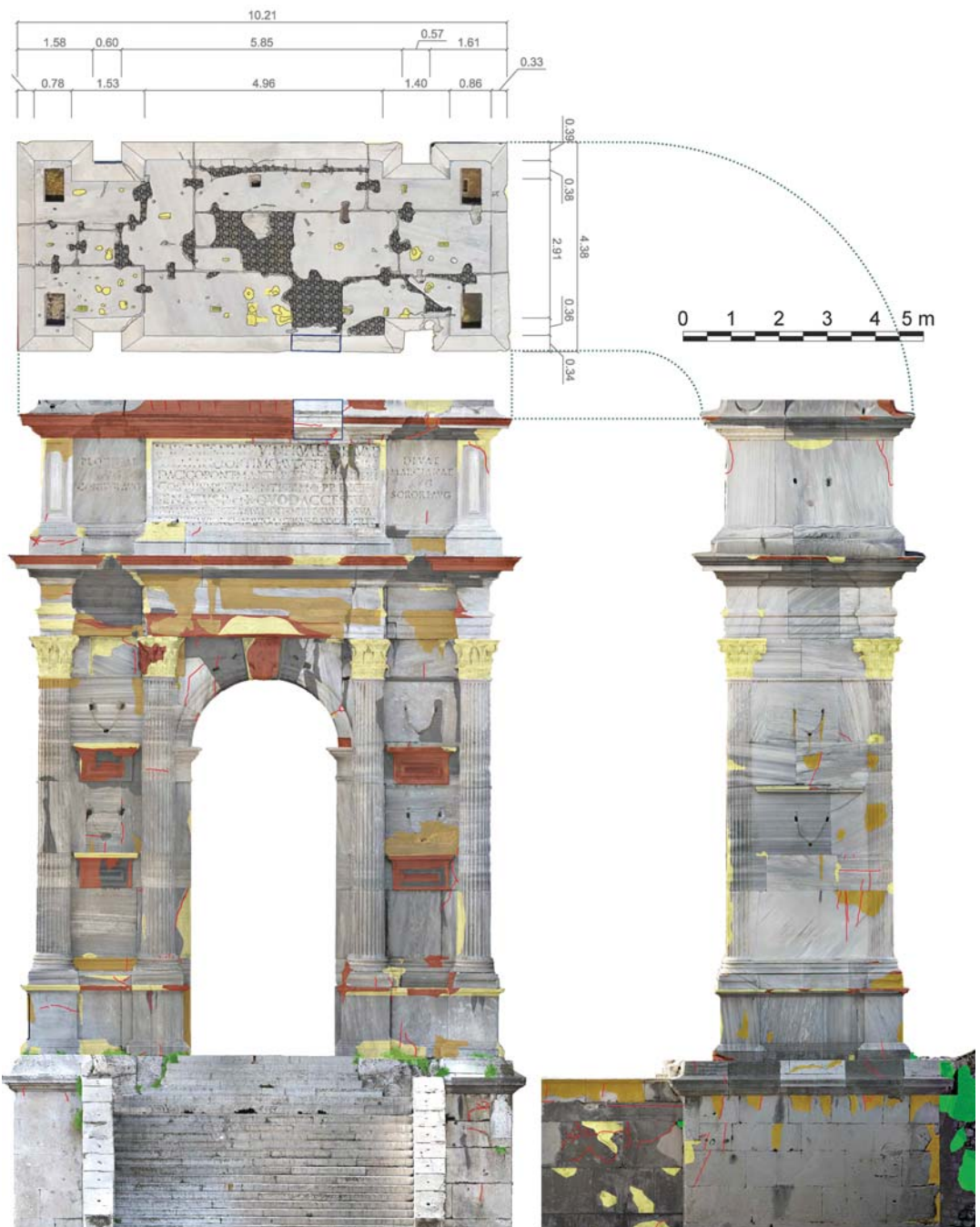
progettazione degli interventi, anche attraverso la previsione della velocità e delle modalità di avanzamento del degrado nel tempo.

Inoltre, come già anticipato, l'Arco di Traiano è uno dei dieci punti di interesse (POI) del *Local Virtual Museum* del porto di Ancona all'interno del progetto REMEMBER. Le modalità di fruizione offerte dalla nuova piattaforma in via di completamento sono di due tipi: da un lato la visualizzazione tridimensionale e interrogabile del modello online (VR), per una fruizione da remoto; dall'altro lato l'uso di un'applicazione in realtà aumentata (AR) che guiderà il turista in un itinerario fisico alla scoperta del patrimonio marittimo e che permetterà di generare contenuti digitali direttamente sul manufatto originale, per una fruizione in sito. Le scelte degli utenti e le modalità di interazione con i contenuti AR proposti saranno oggetto di una sincrona valutazione che validerà i contenuti creati o ne orienterà le modifiche.

Conclusioni

Gli esiti della digitalizzazione integrata hanno dimostrato la fondamentale importanza del *Digital Twin* ai fini della conservazione e della valorizzazione, ottenendo l'accuratezza necessaria alla conoscenza e alla lettura del degrado e garantendo il superamento delle barriere fisiche per l'implementazione di strategie turistiche sostenibili.

Dal punto di vista conservativo, la situazione generale con cui l'Arco si presenta mostra un lieve peggioramento rispetto al precedente rilievo, effettuato nel 2015. Le fessurazioni sono in numero limitato e riguardano principalmente il distacco delle connessure delle porzioni lapidee. In tutte le facciate si notano sottili strati superficiali dovute principalmente sia a cause naturali ambientali sia a processi di mineralizzazione dei precedenti trattamenti conservativi superficiali. In alcuni interstizi si localizza un aumento di muschi e presenza di vegetazione. Si notano altresì progressivi strati di erosione dovuti alla naturale degradazione del materiale lapideo e che possono implicare il distacco di micro-porzioni spesso seguiti anche da caduta di alcuni strati superficiali. Sono presenti anche alcuni modesti fenomeni di alveolizzazione che però non destano per ora particolari problemi. Dal punto di vista della promozione, il *Digital*



LEGENDA

- | | | |
|--|---|---|
| FRATTURAZIONE o FESSURAZIONE
(Degrado che si manifesta con la formazione di lesioni nel materiale e che può implicare lo spostamento o il distacco delle porzioni lapidee) | PRESENZA DI VEGETAZIONE
(Localizzazione negli interstizi e/o connessure di licheni, muschi e piante) | DELIMITAZIONE INTEGRAZIONI DI ELEMENTI LAPIDEI
(Sostituzioni di elementi lapidei avvenuti nel tempo a causa di distacco, caduta e perdita di parti) |
| MANCANZA INTEGRATA CON MALTA CEMENTIZIA E DETRITI
(Mancanze dovute ad asportazione di elementi o a vuoti di risulta) | CROSTA NERA
(Strato superficiale di alterazione del materiale lapideo dovuto sia a cause naturali/ambientali, sia a processi di mineralizzazione di precedenti trattamenti conservativi. Di spessore variabile si può presentare duro o fragile e distinguibile per il colore scuro/nero. Può distaccarsi anche spontaneamente dal substrato che in genere si presenta disgregato e/o pulverulento) | ALVEOLIZZAZIONE
(Degrado che si manifesta con la formazione di cavità di forma e dimensione variabili. Gli alveoli sono spesso interconnessi e hanno distribuzione non uniforme. Nel caso in cui il fenomeno si sviluppi in profondità con andamento a divedici si usa il termine "a caratura") |
| PATINA AD OSSALATI E ALTERAZIONE CROMATICA
(Sottili strati superficiali dovuti principalmente sia a cause naturali/ambientali, sia a processi di mineralizzazione di precedenti trattamenti conservativi superficiali) | DELIMITAZIONE MANCANZE E EROSIONE
(Degrado del materiale dovuto a processi di natura diversa che si manifesta con la formazione di soluzioni di discontinuità nel materiale lapideo che può implicare il distacco spesso seguito da caduta, di uno o più strati superficiali) | DEGRADAZIONE DIFFERENZIALE
(Degrado da porre in rapporto ad eterogeneità di composizione o di struttura del materiale, tale quindi da evidenziarne gli originali motivi tessuturali o strutturali) |

11/ Viste fotografiche di dettaglio in cui è evidente lo stato di deterioramento superficiale dovuto all'erosione del materiale lapideo dell'Arco (foto di Gianni Plescia).
Details showing the superficial deterioration due to erosion of the stones of the Arch (photographs by Gianni Plescia).
 12/ Schema del processo di creazione del Digital Twin dell'Arco di Traiano (elaborazione degli autori).
Diagram showing the method used to create the Digital Twin of the Arch of Trajan (by the authors).

(DIISM of the Polytechnic University of the Marche) for the ultrasound research.

1. Clini et al. 2021; Clini et al. 2020.

2. Clini et al. 2017.

3. Cfr. Cassius Dio (Roman History LXVIII, 8, 2, 29) reports that the battle against the Dacians was particularly bitter and bloody. The emperor had a monument built to honour the fallen soldiers; he decreed that each year sacrifices were to be held to commemorate the Roman's victory. The Dacia region ruled by King Decebalus was conquered by the Romans (led by emperor Trajan) between 101 and 106 CE; it was subjugated and turned into a Roman province (now Romania).

4. Cfr. Verduchi 1999. The battering ram (Latin *rostrum*) is a heavy breaching object that used to be placed on the prow of old ships to sink enemy vessels. According to Pliny the Elder (Nat. Hist. VII, 57 VIII, 209) the ram was invented by the Etruscan Piseus, son of Tirrenus. In Roman architecture elements similar to the battling rams on ships, also called 'rams', were often used as symbolic decorations. They can be found, for example, on rostral columns (e.g., the Rostral Column of Gaius Duilius), on triumphal arches (such as the one in Ancona), and on the platforms of the Roman Forum used by magistrates when they delivered their speeches. The latter were known as *Rostrums*.

5. The marble was previously believed to come from the quarries on Mount Hymettus in Greece (Marion Elizabeth Blake, 1959). The analysis performed before the last restoration in the year 2000 discovered that the marble actually came from Prokonnesus (quarries in the northern part of the island of Marmara), close to the village of Saraylar, in Turkey; the quarry was one of the biggest and most famous in all antiquity.

6. In 1936 the archaeologist Edoardo Galli became the Superintendent of Antiquities and Monuments of the Marche, Umbria and Abruzzo regions, including the territories of Zadar and Dalmatia. During that period he promoted the restoration of Trajan's Roman Arch in Ancona, reorganised the National Museum and the Civic Museum in Chieti, and implemented other restoration projects in other cities in the Marche and Abruzzo regions. In 1943-1944 Ancona (where he lived) was devastated by the war and the well-stocked National Museum (he was its director) was almost completely destroyed; the collections and study material were scattered to the four winds. Galli ended his career as a member of the Board of the Library of the Institute of Archaeology and History of Art in Rome.

7. The stone staircase and a railing were built in 1857/1859 by the Vincenzo Mengoni building company



Twin dell'Arco di Traiano è parte di una strategia turistica che rende il visitatore attivo nello scambio reciproco di informazioni fra manufatto reale e modello digitale. Quest'ultimo diventa protagonista del processo di conoscenza e fruizione attraverso gli strumenti di VR e AR messi a disposizione dalla nuova piattaforma.

* Gli autori ringraziano l'Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Centrale e la Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio delle Marche per aver permesso questo lavoro. Si ringraziano, inoltre, il prof. Paolo Clini, project manager e responsabile scientifico, e la prof.ssa Ramona Quattrini, delegata per lo Steering Committee del progetto INTERREG Italia-Croazia 2019-2021 "RE-

MEMBER" APPLICATION ID 10042741. Il contenuto di questo documento riflette solo il punto di vista degli autori e le autorità di programma non sono responsabili per qualsiasi uso che possa essere fatto delle informazioni in esso contenute. Si ringraziano i tecnici Luigi Sagone, Floriano Capponi e Gianni Plescia del DICEA per la fase di acquisizione, l'ing. Gianluca Gagliardini per le immagini da drone e il prof. Gian Marco Revel, l'ing. Rachele Napolitano e l'ing. Giuseppe Pandaresi del DIISM dell'Università Politecnica delle Marche per le indagini a ultrasuoni.

1. Clini et al. 2021; Clini et al. 2020.

2. Clini et al. 2017.

3. Cfr. Cassio Dione (*Storia romana* LXVIII, 8, 2, 29; ed. 2009) racconta che la battaglia contro i Daci fu notevolmente aspra e sanguinosa. In onore dei soldati caduti l'imperatore fece erigere anche un trofeo, ordinando che ogni anno si tenessero dei sacrifici per ricordarne la vittoria romana. La conquista della Dacia del re Decebalo da parte dei Romani, guidati dall'imperatore Traiano, si realizzò tra il 101 e il 106 e portò alla sottomissione della Dacia e alla sua trasformazione in provincia romana (attuale Romania).

4. Cfr. Verduchi 1999. Il rostro (latino *rostrum*) è un pesante oggetto da sfondamento che veniva montato sulla prua delle navi antiche per affondare le navi nemiche. Secondo Plinio il Vecchio (Nat. Hist. VII, 57 VIII, 209) il rostro sarebbe stato inventato dall'etrusco Piseo figlio di Tirreno. Nell'architettura romana sono spesso usati, come decorazioni simboliche, degli elementi simili ai rostri delle navi, chiamati ugualmente "rostri". Si ritrovavano ad esempio in colonne rostrate, come la Colonna Duilia, in archi trionfali, come quello di Ancona e anche nelle tribune nel Foro Romano, dalle quali i magistrati tenevano le orazioni, dette appunto i Rostri.

5. In precedenza si riteneva che il marmo usato (Marion Elizabeth Blake nel 1959) fosse da ricondursi alle cave del Monte Immetto, in Grecia. A seguito delle analisi eseguite prima dell'ultimo restauro dell'anno 2000 si



è accertato in realtà si tratta di marmo del Proconneso (cave localizzate nella parte settentrionale dell'isola di Marmara, vicino al villaggio di Saraylar, in Turchia), sito estrattivo tra i più grandi e famosi dell'antichità.

6. Nel 1936 l'archeologo Edoardo Galli venne chiamato all'incarico di Soprintendente alle Antichità e ai Monumenti della Marche, dell'Umbria e dell'Abruzzo, comprendente anche il territorio di Zara e della Dalmazia. Promosse in quegli anni il restauro dell'Arco romano di Traiano, ad Ancona, la riorganizzazione del Museo Nazionale e di quello Civico di Chieti, e altri interventi di restauro effettuò in altre città marchigiane ed abruzzesi. La catastrofe bellica che nel 1943-1944 colpì gravissimamente Ancona, ove egli risiedeva, distruggendo quasi del tutto il ricco Museo Nazionale di cui egli era anche il direttore, disperdendo collezioni e materiale di studio. La sua carriera si concluse con un incarico alla Direzione della Biblioteca dell'Istituto di Archeologia e Storia dell'Arte in Roma.

7. La scala in pietra venne costruita, insieme con una inferriata nel 1857/1859 dall'impresa edile Vincenzo

Mengoni su progetto dell'ing. Michele Bevilacqua; cfr. Palermo Giangiacomi. *Traiano e Ancona*. Ancona 1936, p. 63; Edoardo Galli. Per la sistemazione dell'Arco di Traiano in Ancona. *Bollettino d'Arte*, 1937, VII, pp. 321-336, nota 3 p. 335.

8. Cfr. Bo, Luni 1993. Sandro Stucchi (1922-1991) è stato un archeologo italiano. Dal 1956 ha insegnato Archeologia e Storia dell'arte greca e romana all'Università di Urbino, rimanendovi fino al 1976, anno in cui passò all'Università di Roma La Sapienza. La sua attività annovera oltre 150 lavori, di cui almeno una settantina quelli concernenti gli scavi dei siti archeologici libici di Cirene e Leptis Magna: Stucchi fu infatti direttore della missione archeologica italiana in Libia per oltre trent'anni, riavviandola dopo la parentesi della guerra e conducendola fino alla morte nel 1991.

9. Rinaudo, Scolamiero 2021; Bianchini, Russo 2018; Giandebiaggi et al. 2015; Fiorillo et al. 2015.

10. Gabellone 2020; Jones et al. 2020; De Luca 2020.

based on a design by engineer Michele Bevilacqua; cfr. Palermo Giangiacomi. *Traiano e Ancona*. Ancona 1936, p. 63; Edoardo Galli. Per la sistemazione dell'Arco di Traiano in Ancona. *Bollettino d'Arte*, 1937, VII, pp. 321-336, note 3 p. 335.

8. Cfr. Bo, Luni 1993. Sandro Stucchi (1922-1991) was an Italian archaeologist. In 1956 he began to teach Archaeology and History of Greek and Roman Art at the University of Urbino, where he remained until 1976, the year he moved to the University of Rome, La Sapienza. He wrote over 150 books, of which at least seventy or so focused on the excavations of Libyan archaeological sites in Cyrene and Leptis Magna. Stucchi was the director of the Italian archaeological mission in Libya for over thirty years; he relaunched it after the war and continued as director until he died in 1991.

9. Rinaudo, Scolamiero 2021; Bianchini, Russo 2018; Giandebiaggi et al. 2015; Fiorillo et al. 2015.

10. Gabellone 2020; Jones et al. 2020; De Luca 2020.

References

- Bianchini Carlo, Russo Michele, 2018. Massive 3D acquisition of CH. In *Proceedings of the 2018 3rd Digital Heritage International Congress (DigitalHERITAGE) held jointly with 2018 24th International Conference on Virtual Systems & Multimedia (VSMM 2018)*. IEEE, 2018, pp. 1-8. ISBN: 978-1-7281-0292-4.
- Bo Carlo, Luni Mario. 1993. Ricordo di Sandro Stucchi. In *Monumenti e culture nell'Appennino in età romana*. Atti del Convegno: Sestino, 12 novembre 1989. A cura di Gian Carlo Renzi. Roma: L'Erma di Bretschneider, 1993, pp. 11-14. ISBN: 978-88-7062-823-4.
- Cassio Dione. *Storia romana*. Vol. 8. Milano: BUR Rizzoli Libri, 2009. ISBN: 88-1703-880-6.
- Clini Paolo, El Mehtedi M.E., Nespeca Romina, Ruggeri Ludovico, Raffaelli Elisa. 2017. A digital reconstruction procedure from laser scanner survey To 3D printing: The theoretical model of the arch Of Trajan (Ancona). *SCIRES-IT - SCientific RESearch and Information Technology*, 2017. Vol. 7, n. 2, pp. 1-12. e-ISSN: 2239-4303. Doi: 10.2423/i22394303v7n2p1.
- Clini Paolo, Frontoni Emanuele, Nespeca Romina, Quattrini Ramona, Pierdicca Roberto. 2020. ICT driven platform for high-quality virtual contents creation and sharing with e-Tourism purposes. The interreg IT-HR REMEMBER project. In *CEUR Workshop Proceedings*, 2020.
- Clini Paolo, Quattrini Ramona, Nespeca Romina, Angeloni Renato, D'Alessio Mirco. 2021. L'Adriatico come accesso alla cultura tangibile e intangibile dei porti: il Virtual Museum di Ancona. In *Connettere. Un disegno per annodare e tessere. Connecting. Drawing for weaving relationships*. 42° Convegno Internazionale dei docenti delle discipline della rappresentazione. Congresso della Unione Italiana per il Disegno. Atti 2020. Milano: FrancoAngeli, 2021, pp. 528-547. Doi: 10.3280/oa-693.29.
- De Luca Livio. 2020. Towards the Semantic-aware 3D Digitisation of Architectural Heritage. In *SUMAC'20: Proceedings of the 2nd Workshop on Structuring and Understanding of Multimedia heritAge Contents (Seattle WA USA 12 October 2020)*. New York, NY, USA: ACM, 2020, pp. 3-4. ISBN: 978-14-5038-155-0.
- Domenici Giorgio. 2021. L'Arco di Traiano di Ancona tra passato, presente e futuro. In *Ancona e l'Arco di Traiano*. Loreto (AN): Ed. Tecnostampa, 2021, pp. 33-49.
- Fiorillo Fausta, Jiménez Fernández-Palacios Belén, Remondino Fabio, Barba Salvatore. 2013. 3d Surveying and modelling of the Archaeological Area of Paestum, Italy. *Virtual Archaeology Review*. [S.l.], may 2013, v. 4, n. 8, pp. 55-60. ISSN: 1989-9947. Doi: 10.4995/var.2013.4306.
- Gabellone Francesco. 2020. A digital twin for distant visit of inaccessible contexts. In *2020 IMEKO TC-4 International Conference on Metrology for Archaeology and Cultural Heritage* (Trento, October 22-24, 2020), pp. 232-237.
- Giandebiaggi Paolo, Ghiretti Andrea, Roncella Riccardo, Vernizzi Chiara, Zerbi Andrea. 2015. Integrated survey methodologies for the multi-scale knowledge of archaeology of architecture: the survey of the amphitheatre in Durrës. *SCIRES-IT - SCientific RESearch and Information Technology*, 2015. Vol. 5, n. 2, pp. 3-14. e-ISSN: 2239-4303. Doi: 10.2423/i22394303v5n2p3.
- Jones David, Snider Chris, Nassehi Aydin, Yon Jason, Hicks Ben. 2020. Characterising the Digital Twin: A systematic literature review. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 2020. Vol. 29, pp. 36-52. ISSN: 1755-5817. Doi: 10.1016/j.cirpj.2020.02.002.
- Paci Gianfranco. 2021. Ancona e il suo porto: gli scavi 1998-2002 e le nuove conoscenze. In *Il mediterraneo e la storia, III. Documentando città portuali - Documenting port cities*. Atti del convegno internazionale (Capri 9-11 maggio 2019). A cura di Laura Chioffi, Mika Kajava, Simo Orma. Acta Inst. Rom. Finlandiae, vol. 48, 2021, pp. 125-136. ISBN: 978-88-5491-147-5.
- Pallecchi Pasquino. 2015. Conoscenza e conservazione: il restauro dell'Arco di Traiano in Ancona. In *Dalla Valdesa al Conero - Ricerche di archeologia e topografia storica in ricordo di Giuliano de Marinis*. Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, Supplemento 2 al n. 11/2015, pp. 137-144. ISBN: 978-88-7814-762-1.
- Rinaudo Fulvio, Scolamiero Vittorio. 2021. Comparison of multi-source data, integrated survey for complex architecture documentation. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2021, pp. 625-631. Doi: 10.5194/isprs-archives-xxv-m-1-2021-625-2021.
- Verduchi Paola. 1999. Rostra Augusti. In Eva Margareta Steinby (a cura di). *Lexicon Topographicum Urbis Romae*, IV. Roma: edizioni Quasar, 1999, pp. 214-217.

Arduino Cantàfora
I segnavia
Trail signs

Pietro Cesare Marani
Il colore di Leonardo tra “chiaroscuro” e “sfumato”.
Teoria e pratica della pittura dopo i recenti restauri
Leonardo's colour between 'chiaroscuro' and 'sfumato'. Painting theory and practice after recent restorations

Asako Nakamura, Fabrizio Ivan Apollonio,
Marco Gaiani
Una tecnica di analisi del colore multi-scala
e diacronica per il quartiere di Hillside Terrace
a Tokyo
*A multiscale and diachronic colour mapping technique
for the Hillside Terrace neighbourhood in Tokyo*

Jorge Llopis, Irene de la Torre, Juan Serra,
Ana Torres
La ceramica di ispirazione serliana prodotta
in serie nel Rinascimento spagnolo:
la definizione di una nuova concezione spaziale
*Serlian serial ceramics in the Spanish Renaissance:
the construction of a new spatiality*

Anna Marotta, Rossana Netti
Teorie e modelli comparati del colore:
un'esperienza transdisciplinare dalla Storia
al progetto
*Comparative theories and models about colour:
a transdisciplinary experience from History
to project*

Giorgio Domenici, Romina Nespeca
Digital Twin dell'Arco di Traiano
per la conservazione e la promozione
del Patrimonio Culturale Marittimo di Ancona
*Digital Twin of the Arch of Trajan
for the conservation and promotion
of the Maritime Heritage of Ancona*

Francesca Porfiri, Luca James Senatore
L'“anamorfosi” di JR a Palazzo Farnese
JR's “anamorphosis” of Palazzo Farnese

Massimo Zammerini
Elementi e artifici prospettici del progetto scenico
nel teatro all'italiana: permanenze e trasformazioni
*Elements and perspective devices of
stage design in Italian theatres: permanent
fixtures and transformations*

