



## **ReUSO 2024**

### **Documentazione, restauro e rigenerazione sostenibile del patrimonio costruito**

a cura di  
Alessio Cardaci, Francesca Picchio, Antonella Versaci





PUBLICA

## **ReUSO 2024**

### **Documentazione, restauro e rigenerazione sostenibile del patrimonio costruito**

a cura di  
Alessio Cardaci, Francesca Picchio, Antonella Versaci

**ISBN: 978-88-99586-454**

Alessio Cardaci, Francesca Picchio, Antonella Versaci (a cura di)  
*Reuso 2024: Documentazione, restauro e rigenerazione sostenibile del patrimonio costruito*  
© PUBLICA, Alghero, 2024  
ISBN 978 88 99586 454  
Pubblicazione Ottobre 2024

I saggi contenuti in questo volume sono stati sottoposti  
a referaggio cieco (*double blind peer review*) da parte di *referee*  
facenti parte di un apposito comitato scientifico.

Dipartimento di Ingegneria e Scienze Applicate  
Università degli Studi di Bergamo

Dipartimento Ingegneria Civile Architettura DICAr  
Università degli Studi di Pavia

Dipartimento di Ingegneria e Architettura  
Università degli Studi di Enna "Kore"



PUBLICA  
WWW.PUBLICAPRESS.IT



## COMITATI

### DIREZIONE SCIENTIFICA

Alessio Cardaci – Università degli Studi di Bergamo  
Francesca Picchio – Università degli Studi di Pavia  
Antonella Versaci – Università degli Studi di Enna 'Kore'

### COMITATO D'ONORE

Sergio Cavalieri – Magnifico Rettore Università degli Studi di Bergamo  
Elena Carnevali – Sindaco del Comune di Bergamo  
Sergio Gandi – Vicesindaco del Comune di Bergamo, delegato alla Cultura e Rapporti con l'Università  
Elisabetta Bani – Pro-Rettore Università degli Studi di Bergamo  
Giuseppe Franchini – Direttore DISA – Università degli Studi di Bergamo  
Andrea Penna – Direttore DICAr – Università degli Studi di Pavia  
Francesco Castelli – Direttore DIA – Università degli Studi di Enna "Kore"  
Francesca Fatta – Presidente UID – Unione Italiana Disegno  
Rossella Salerno – Vicepresidente UID – Unione Italiana Disegno  
Fabio Fatiguso – Presidente Ar.Tec. – Società Scientifica di Architettura Tecnica  
Renata Picone – Presidente SIRA – Società Italiana per il Restauro dell'Architettura  
Maurizio Caperna – Vicepresidente SIRA – Società Italiana per il Restauro dell'Architettura  
Elena Svalduz – Presidente AISU – Associazione Italiana di Storia Urbana  
Massimiliano Savorra – Vicepresidente AISU – Associazione Italiana di Storia Urbana  
Edoardo Currà – Presidente AIPAI – Associazione Italiana per il Patrimonio Archeologico Industriale  
Bernardo Naticchia - Presidente ISTeA - Italian Society Science Technology and Engineering of Architecture  
Roberta Frigeni – Direttore del Museo delle Storie di Bergamo  
Cristiana Iommi – Responsabile Biblioteca Civica Angelo Mai e Archivi storici  
Giovanni Carlo Federico Villa – Presidente Ateneo di Scienze Lettere ed Arti  
Laura Serra Perani – Vicepresidente Ateneo di Scienze Lettere ed Arti  
Maria Mencaroni Zoppetti – Vicepresidente Ateneo di Scienze Lettere ed Arti  
Sergio Tosato - Presidente della Fondazione Dalmine  
Carolina Lussana - Vice-Presidente della Fondazione Dalmine  
Mariangela Carlessi - Presidente della Fondazione 'Giusi Pesenti Calvi'

### COMITATO SCIENTIFICO

Andrea Arrighetti – Università degli Studi di Siena  
Marcello Balzani – Università degli Studi di Ferrara  
Calogero Bellanca – Università degli Studi di Roma 'La Sapienza'  
Andrea Belleri – Università degli Studi di Bergamo  
Stefano Bertocci – Università degli Studi di Firenze  
Daniela Besana – Università degli Studi di Pavia  
Matteo Bigongiari – Università degli Studi di Firenze  
Vanessa Borges Brasileiro – Universidade Federal de Minas Gerais  
Maria Sole Brioschi – Università degli Studi di Bergamo  
Susanna Caccia Gherardini – Università degli Studi di Firenze  
Alessio Cardaci – Università degli Studi di Bergamo  
Santi Cascone – Università degli Studi di Catania  
Chiara Circo – Università degli Studi di Catania

Antonio Conte – Università degli Studi della Basilicata  
 Valentina Cristini – Universitat Politècnica de València  
 Fauzia Farneti – Università degli Studi di Firenze  
 Marinella Fossetti – Università degli Studi di Enna ‘Kore’  
 Emanuele Garda – Università degli Studi di Bergamo  
 Daniela Giretti – Università degli Studi di Bergamo  
 Alessandra Ghisalberti – Università degli Studi di Bergamo  
 Alessandro Greco – Università degli Studi di Pavia  
 Antonella Guida – Università degli Studi della Basilicata  
 Mariangela Liuzzo – Università degli Studi di Enna ‘Kore’  
 Nora Lombardini – Politecnico di Milano  
 Alessandra Marini – Università degli Studi di Bergamo  
 Giovanni Minutoli – Università degli Studi di Firenze  
 Camilla Mileto – Universitat Politècnica de València  
 Giulio Mirabella Roberti – Università degli Studi di Bergamo  
 Susana Mora Alonso-Muñoyerro – Universidad Politécnica de Madrid  
 Marco Morandotti – Università degli Studi di Pavia  
 Maurizio Oddo – Università degli Studi di Enna ‘Kore’  
 Luis Palmero Iglesias – Universitat Politècnica de València  
 Caterina Palestini – Università degli Studi “G. d’Annunzio” Chieti-Pescara  
 Elisabetta Palumbo – Università degli Studi di Bergamo  
 Sandro Parrinello – Università degli Studi di Firenze  
 Francesca Picchio – Università degli Studi di Pavia  
 Davide Prati – Università degli Studi di Bergamo  
 Monica Resmini – Università degli Studi di Bergamo  
 Marco Ricciarini – Università degli Studi di Pavia  
 Paolo Riva – Università degli Studi di Bergamo  
 Emanuele Romeo – Politecnico di Torino  
 Riccardo Rudiero – Politecnico di Torino  
 Giuseppe Ruscica – Università degli Studi di Bergamo  
 Massimiliano Savorra – Università degli Studi di Pavia  
 Barbara Scala – Università degli Studi di Brescia  
 Marco Tanganelli – Università degli Studi di Firenze  
 Ilaria Trizio – Istituto per le Tecnologie della Costruzione CNR  
 Silvio Van Riel – Università degli Studi di Firenze  
 Fernando Vegas López-Manzanares – Universitat Politècnica de València  
 Antonella Versaci – Università degli Studi di Enna ‘Kore’  
 Maria Rosaria Vitale – Università degli Studi di Catania

#### SEGRETERIA ORGANIZZATIVA

Pietro Azzola – Università degli Studi di Bergamo  
 Sara Brescia – Università degli Studi di Pavia  
 Gabriele Daleffe – Università degli Studi di Bergamo  
 Anna Dell’Amico – Università degli Studi di Pavia  
 Elisabetta Doria – Università degli Studi di Pavia  
 Luca Renato Fauzia – Università degli Studi di Enna ‘Kore’  
 Francesca Galasso – Università degli Studi di Pavia  
 Silvia La Placa – Università degli Studi di Pavia  
 Monica Lusoli – Università degli Studi di Firenze  
 Giulia Porcheddu – Università degli Studi di Pavia  
 Michele Russo – Università degli Studi di Enna ‘Kore’

#### COMITATO FONDATORE ASSOCIAZIONE ReUSO

Stefano Bertocci – Università degli Studi di Firenze  
 Fauzia Farneti – Università degli Studi di Firenze  
 Giovanni Minutoli – Università degli Studi di Firenze  
 Susana Mora Alonso-Muñoyerro – Universidad Politécnica de Madrid  
 Silvio Van Riel – Università degli Studi di Firenze

#### CON IL SUPPORTO DI



#### CON IL PATROCINIO DI



#### SPONSOR





## INDICE

- XXI *Introduzione*
- XXV *Conservare il patrimonio in tempo di crisi*
- XXVII *Presentazioni istituzionali*
- XXIX *Elenco degli autori*

### SEZIONE 1 - Tecnologie e strumenti al servizio del percorso di conoscenza: letture storico-critiche, documentazione, rappresentazione, valorizzazione del patrimonio costruito e paesaggistico anche mediante il mondo digitale

- 3 Renato Morganti, Laura Ciammitti  
*Strumenti per il recupero del patrimonio costruito: relazioni tra normativa e manualistica*
- 15 Daniele Romagnoli  
*BIM e GIS 3D per la mappatura del degrado: casi studio a confronto*
- 27 Francesca Lembo Fazio  
*Riuso dell'antico a Roma e nei suoi territori circostanti. Alcuni casi nei possedimenti sotto l'influenza degli Orsini*
- 39 Riccardo Rudiero  
*Across religious wars and resistance: the transnational valorization of Waldensian Valleys*
- 49 Sonia Mollica  
*Il Villaggio del Fanciullo di Marcello D'Olivo: per una valorizzazione del pensiero progettuale*
- 61 Valentina Astini, Mariana Bettolli, Pasquale Cucco, Carla Ferreyra  
*Among the rocks: Rocca gloriosa's castle as a place of knowledge and interpretation*
- 73 Federica Pompejano, Sara Mauri, Marta Casanova, Sara Rocco  
*DBMS and GIS for the knowledge of the Ferrania (post) industrial site (Savona, Italy) within the Land-in-pro research project*
- 83 Antonella Salucci, Serena Sanseviero  
*Integrità dell'immagine dell'abitare collettivo. da 'Prato-Della-Fiera' a primo quartiere social-housing d'Abruzzo*
- 95 Marco Bussoli, Giacomo Cardella  
*Conoscenza della fabbrica e consolidamento: il caso di San Francesco a Ferrara*
- 105 Daniele Romagnoli, Marta Lalli  
*Modelli 3D e progetto di restauro: strumenti e metodi per l'analisi e la risoluzione del testo architettonico*
- 117 Cassia De Lian Cui, Edoardo Currà, Antonio Fioravanti, Wei Yan  
*AI-powered built heritage: enhancing interpretation and recovery processes with generative ai models*
- 129 Anna Gallo  
*Acqua e architettura. Percorsi di conoscenza del patrimonio storico urbano per future strategie di gestione, tutela e valorizzazione nell'ottica della sostenibilità*

- 141 Giuseppe Fortunato, Lorenzo Russo, Antonio Agostino Zappani  
*Verso un modello informativo della facciata della chiesa di San Domenico in Soriano Calabro*
- 153 Federica Fiorio, Nicola Parisi  
*Il ruolo del digitale nella conoscenza e valorizzazione del patrimonio culturale: prospettive multidisciplinari per la costruzione di approccio progettuale integrato*
- 163 Giovanni Caffio  
*Ri-generare i piccoli comuni abruzzesi: un'esplorazione attraverso il disegno a mano libera*
- 173 Vincenzo Cirillo, Rosina Iaderosa  
*Il rilievo integrato e la documentazione digitale per la conoscenza dei borghi storici*
- 185 Gennaro Pio Lento, Angelo De Cicco  
*I Jardines de Alfabia sull'isola di Palma de Mallorca in Spagna. Processi di conoscenza del patrimonio naturale e costruito*
- 195 Gianluca Gioioso  
*Il chiostro della cattedrale dell'Assunzione di Maria Vergine e di San Frutos a Segovia, in Spagna. Conoscenza, rappresentazione, documentazione*
- 205 Antonella Salucci, Emanuela Chiavoni  
*Osservatorio urbano tra disegno, colore e fotografia. Piazza Perin del Vaga al Flaminio, Roma*
- 217 Stefano Cecamore, Claudio Mazzanti  
*Dalle case di terra alle ville suburbane: architettura rurale da tutelare nella Regione Abruzzo*
- 229 Stefano Cecamore, Giancarla Eleuterio  
*Ciudad y patrimonio construido, análisis y valorización de la Arquitectura del Siglo XX en el contexto de conservación y desarrollo urbano. Villa Clemente en Pescara*
- 241 Alessio Altadonna, Alessia Chillemi, Giuseppina Salvo, Fabio Todesco  
*Digitalizzazione del patrimonio edilizio a Massa San Nicola (ME): un caso di studio per una gestione efficiente dei dati e la conservazione*
- 253 Domenico Iovane, Margherita Cicala  
*Documentazione e conoscenza per un re-uso consapevole: la Filanda del Complesso Monumentale del Belvedere di San Leucio*
- 265 Fabiana Guerriero, Luigi Corniello  
*The Temple of Debod in Madrid. Knowledge and representation of monumental architecture in Spain*
- 275 Luca Sbrogiò  
*Livelli di informazione e di sviluppo nella modellazione informativa degli edifici storici (HBIM) per il restauro*
- 287 Francesco Trovò, Ilaria Forti  
*Le Galeazze dell'Arsenale di Venezia tra didattica e opportunità di riuso*
- 299 Luigi Corniello  
*Tecnologie e strumenti per la conoscenza della rete infrastrutturale dei trasporti in Albania*
- 309 Alessia Garozzo, Rosario Scaduto  
*Architetture dismesse. Rappresentazione e valorizzazione*
- 321 Caterina Palestini, Stella Lolli, Elena Eramo  
*Lecture grafiche per la valorizzazione delle memorie tangibili e intangibili di Lama dei Peligni*
- 333 Riccardo Florio, Raffaele Catuogno, Teresa Della Corte, Anna Sanseverino, Alessandra Tortoriello, Mario Delli Prisco, Caterina Borrelli  
*Costruzione di un ecosistema informativo digitale: il caso studio del c.d. Tempio di Venere a Baia*
- 345 Alessio Altadonna, Antonino Nastasi  
*Palinsesti inevitabili: alcune letture e rilievi sulla città di Milazzo*
- 357 Carlo Biagini, Andrea Bongini, Daniele D'Errico, Gianmarco Dell'Orca  
*Exchange Information Requirements (EIR) in BIM Uses for the structural analysis of historic buildings: the case study of Aldobrandeschi Palace in Grosseto*
- 369 Raissa Garozzo, Angela Moschella, Cettina Santagati  
*Tecnologie digitali a supporto del percorso di conoscenza del patrimonio industriale: l'ex-conceria dei fratelli Rizzo ad Acireale*
- 381 Silvia La Placa, Elisabetta Doria, Jolanta Sroczynska  
*Fast survey methodologies for knowledge, analysis, and digital valorization of the built heritage in educational context*
- 393 Stefano Bertocci, Federico Cioli, Maria Chiara Forfori  
*Protocolli sperimentali per la documentazione del patrimonio teatrale. Esperienze di rilievo digitale dei teatri storici fiorentini*
- 403 Ilaria Trizio, Francesca Savini, Gianluca Ciuca, Antonio Sandoli, Giovanni Fabbrocino, Adriana Marra  
*Progettazione integrata in ambiente HBIM del recupero di un'area urbana in stato di abbandono*
- 415 Alessio Cardaci, Pietro Azzola, Antonella Versaci  
*A virtual museum in the Upper Town of Bergamo. Reuse and digitalisation to preserve and enhance the former convent of San Francesco*
- 427 Anna M. Gueli, Mariangela Liuzzo, Giuseppe Margani, Giuseppe Stella  
*Un approccio multidisciplinare per lo studio dell'uso e del riuso degli antichi edifici termali*
- 439 Regina Helena Vieira Santos  
*Architettura Moderna: Clube Paineiras do Morumby*
- 451 Giovanni Pancani, Rosa Romani, Maddalena Branchi  
*I centri minori del Casentino, come laboratorio di rigenerazione sociale, ambientale ed economica delle aree interne*
- 463 Matteo Bigongiari  
*La Cittadella Appiani a Piombino: uno sguardo sul passato per valorizzare gli interventi futuri*

475 Gianlorenzo Dellabartola, Anna Dell'Amico  
*Georeferenziazione e analisi multilivello per la conoscenza e la rappresentazione digitale dell'isola di Madonna del Monte a Venezia*

487 Anna Marotta, Giulio Marchettoni  
*La cittadella di Alessandria, faro di pace in Europa: un progetto del Consiglio d'Europa dalla storia al futuro*

**SEZIONE 2 - Restauro, riuso, fruizione, valorizzazione:  
teorie, orientamenti e indirizzi metodologici per la conservazione del patrimonio  
architettonico, archeologico, paesaggistico e delle componenti materiche e strutturali**

499 Fabio Ambrogio  
*Il teatro e l'anfiteatro di Magontiacum. Progetti e trasformazioni per la tutela del patrimonio archeologico. Un work in progress*

511 Elisabetta Grandis  
*Nascita e adattamenti del tempio valdese di Genova: da Carlo Gabetti a Giovanni Klaus Koenig*

521 Matilde Caravello  
*La Grotticina di Madama: il rilievo critico di un arredo cinquecentesco all'interno del Giardino di Boboli a Firenze*

531 Andrea Savorelli  
*Il chiostro dell'abbazia di San Mercuriale a Forlì, dal restauro di "innovazione" di Gustavo Giovannoni del 1939 ai restauri conservativi nel nuovo millennio*

541 Emanuele Romeo  
*Alcune considerazioni sul restauro archeologico tra conservazione della memoria e valorizzazione compatibile*

551 Maria Parente, Federica Ottoni  
*Una conoscenza guidata tra geometria, storia e struttura: la conservazione delle strutture in legno in ambiente H-BIM*

563 Ilaria Forti, Isabella Friso, Gabriella Liva, Irene Rocca  
*San Francesco della Vigna a Venezia. Tecniche di rilievo per la valorizzazione e il monitoraggio dei beni architettonici*

575 Chiara Atanasi Brilli  
*Progetto di riqualificazione e restauro del complesso edilizio del mercato coperto di piazza Cavour\_ PNNR Missione 5 Rigenerazione Urbana*

585 Gabriella Guarisco, Daniela Oreni  
*La conoscenza per la valorizzazione della foresteria dell'abbazia cistercense di Chiaravalle Milanese*

597 Brunella Canonaco  
*Dalla conoscenza alla conservazione di un patrimonio di archeologia industriale nel Mediterraneo: le Imprese della Cannamele*

609 Angela Valentina Campolongo, Federica Castiglione  
*Analisi per la conoscenza di un opificio molitorio emblematico nella Calabria Citra: il Mulino di Mezzo nella Valle del Fullone.*

621 Adriana Trematerra  
*Strategie di valorizzazione per un turismo religioso sostenibile: il riuso dell'architettura ortodossa balcanica*

631 Marta Inama, Cinzia Martino, Alessia Vergari  
*Advanced technologies for built cultural heritage conservation: palazzo Polo – Freguglia facade*

641 Cecilia Antonini Lanari  
*Restauro e museografia in Italia*

649 Calogero Bellanca, Susana Mora Alonso-Muñoyerro  
*Un ejemplo historico en Espana: los Paradores*

661 Laura Suvieri, Fabio Bianconi, Marco Filippucci, Andreas Lechner  
*Typological adaptive reuse of contemporary European commercial derelicts. Studies for the transformations of real estate into multifunctional third spaces*

673 Valentina Vacca  
*Narrating ancient landscapes: infrastructure and archaeological areas*

681 Enrica Petrucci, Claudia Vagnozzi  
*Itinerari di patrimonio alla riscoperta dei manufatti legati all'uso dell'acqua*

693 Maria Grazia Ercolino  
*L'insediamento industriale della Snia-Viscosa a Roma: cento anni di [r]esistenza tra storia, natura e architettura*

705 Alessandra Renzulli, Luisa Lombardo  
*Between the enhancement of heritage and geotourism: sustainable approaches for the re-generation of Geoparks UNESCO*

717 Manlio Montuori, Luca Rocchi  
*La conservazione preventiva nei luoghi custodi della memoria e il monitoraggio degli agenti biodeteriogeni*

727 Giovanna Badaloni  
*Oltre il Muro. Verso Nuovi Scenari di Valorizzazione e Riuso della Cittadella di Ancona*

739 Benida Kraja, Fiona Nepravishita, Vjola Ilia  
*The impact of systematic cataloging on the preservation of cultural heritage for traditional albanian tower house*

749 Francesca Albani, Matteo Gambaro  
*Il patrimonio diffuso come occasione per la città di riscoprire sé stessa. Il caso delle zone "extra moenia" di Monza*

761 Calogero Vinci, Gianvito Cacciatore  
*I balconi in travertino di Alcamo. Analisi e conoscenza per un recupero compatibile*

- 773 Fiona Nepravishta  
*Industrial heritage preservation and adaptive reuse: Kombinat case study*
- 785 Anna Laura Petracci  
*L'auto-recupero nel cantiere di restauro del Palazzo del Podestà al Galluzzo a Firenze: una forma partecipata per il riuso e la valorizzazione del patrimonio culturale*
- 797 Elisabetta Caterina Giovannini, Davide Prati, Virna Maria Nannei, Giulio Mirabella Roberti  
**Interdisciplinarity in architecture: an HBIM data modelling approach for the church of San Tomè in Almenno (BG)**
- 809 Anna Trupia  
*Scenari di riuso e valorizzazione delle rovine archeologiche. Il caso delle Terme Imperiali di Caracalla a Roma*
- 821 Marco Ricciarini, Anastasia Cottini, Veronica Braccini  
*Metodologie di documentazione digitale per la valutazione e il recupero di insediamenti urbani: i casi studio di Camporgiano, Fornovolasco e Villa Basilica (LU)*
- 833 Antonella Versaci, Raimon Farré Moretó, Núria Salvadó Aragonès, Luca Renato Fauzia, Michele Russo, Irene Vaccalluzzo  
*Dalla percezione del genius loci al progetto. Proposte di riuso dell'ex chiesa di Sant'Anna a Piazza Armerina*
- 845 Massimiliano Savorra, Francesca Galasso  
*Digital storytelling and participatory tools. Enhancing and preserving the urban historical memory of the city of Bethlehem*
- 857 Sofia Velichanskaia, Nora Lombardini  
*"Bitter work": the problem of safeguarding policies the Modernist heritage of former Soviet Republics*
- 867 Miriam Terzoni, Nora Lombardini  
*Awareness of context identity for the conservation of cultural heritage*
- 877 Monica Resmini  
*La facciata delle Marmoreas... Doms di Benedetto Ghislandi (detta dell'Arciprete): cronaca di un restauro*
- 887 Beatrice Bolandrini, Roberta Grazioli  
*Affreschi strappati nel monastero di S. Spirito a Bergamo: restauro e rinascita*
- 897 Christian Campanella, Michela Tessonni  
*Le ragioni del progetto (di architettura). Ritrovare Santa Marta*
- 909 Clara Verazzo  
*The modern ruin. some reflections about the monument Gabriele D'Annunzio*
- 921 Daniela Oreni, Gianfranco Pertot  
*La tormentata vicenda della chiesa e dell'ex monastero di San Bernardo in Milano, sede del collegio Calchi Taeggi. Studi e rilievi per la conoscenza, la conservazione e il riuso*
- 933 Alessandro Bazzoffia  
*Peschiera: fortezza veneziana di terraferma tra il Garda e il Mincio*

- 941 Fauzia Farneti  
*Palazzo Pucci a Firenze e il restauro innovativo di Piero Sanpaolesi*
- 951 Susanna Caccia Gherardini  
*Usus sine doctrina. Around a possible theory of micro-restoration*

**SEZIONE 3 - Mitigazione del rischio sismico, idrogeologico e antropico dei Beni Culturali, architettonici, urbani e ambientali: indirizzi e criticità degli interventi di conservazione finalizzati alla tutela del Patrimonio**

- 963 Andrea Donelli  
*Dissonanze: disegno – rilievo recupero e/o restauro del costruito edilizio*
- 975 Guido Romano, Gabriele Bernardini, Enrico Quagliarini, Marco D'Orazio  
*Flood risk in historic built environments: how do safe human behaviors matter?*
- 985 Maria Teresa Cristofaro, Giorgio Caselli, Costanza Stramaccioni, Marco Tanganelli  
*Studio sperimentale delle prestazioni meccaniche di una malta a base di calce per interventi su edifici monumentali*
- 997 Filippo Maria Del Vecchio, Anna Livia Ciuffreda, Agnese Gasparotti, Marco Tanganelli  
*Approcci integrati per la conoscenza ai fini della valutazione della sicurezza strutturale di edifici scolastici*
- 1009 Nebai Osorio Ugalde  
*Riabilitazione del patrimonio storico per la sostenibilità di Città del Messico*
- 1019 Gülru Koca  
*Evaluation of retrofit interventions in terms of seismic resistance*
- 1029 Cesare Tocci, Francesca De Cola  
*La standardizzazione del rilievo del danno. Meccanismi ricorrenti nei sistemi voltati in occasione del terremoto de L'Aquila del 2009*
- 1041 Francesco Monni, Enrico Quagliarini  
*Confinamento di colonne in muratura di mattoni facciavista con micro-trefoli in acciaio annegati nei giunti di malta: risultati sperimentali*
- 1053 Francesco Monni  
*L'intervento di recupero come risorsa per avviare un processo di conservazione preventiva: il caso del Palazzo Comunale di Corinaldo (Marche, Italia)*

**SEZIONE 4 - Strategie di intervento sul patrimonio costruito: abitabilità, accessibilità, trasformabilità, adattabilità e resilienza**

- 1065 Francesco Spada, Laura Greco  
*Un contributo alla conoscenza del patrimonio costruito prefabbricato del Sud-Italia. Due interventi degli anni Settanta a Cosenza*

- 1077 Pierfrancesco Fiore, Antonio Nesticò, Francesco Pisani, Emanuela D'Andria  
*Strategies for the sustainable regeneration of small towns: integrated reuse. Model and application to a case study in Campania (Italy)*
- 1087 Domenico Amati, Marica Marazia, Sabrina Mellacqua  
*Il patrimonio ecclesiastico abbandonato: il caso dell'ex convento di Sant'Elia a Trepuzzi. Conoscenza, conservazione, restauro e valorizzazione*
- 1099 Cristina Navajas Jaén  
*El museo Kolumba de Peter Zumthor en Colonia. Una construcción sobre las ruinas de la antigua iglesia gótica*
- 1111 Maria Grazia Cianci, Michela Schiaroli  
*Lo spazio dell'immateriale. La ex fabbrica Mira Lanza, tra permanenze archeologiche e connessioni dello spazio urbano*
- 1121 Domenico Chizzoniti, Tommaso Lolli, Amra Salihbegovic  
*The post-war reconstruction of spaces for worship.three project proposals in Mosul*
- 1133 Michele La Noce, Grazia Massimino, Gaetano Sciuto  
*Il recupero dell'architettura rurale. Il caso studio della masseria Maucini*
- 1143 Laura Magri  
*Efficientamento energetico e valorizzazione dell'architettura residenziale del secondo Novecento. Sfide, ricadute e potenzialità degli incentivi fiscali*
- 1151 Rolando Pizzoli, Paola Bassani, Giuliana Cardani  
*The preservation of cultural heritage through the national recovery and resilience plan: opportunities and criticalities*
- 1161 Fausta Fiorillo, Riccardo Mirri, Giuliana Cardani  
*Back to court: a reuse perspective to preserve identity and memory of Palazzo Visconti Nuovo (Brignano Gera d'Adda - BG)*
- 1173 Federica Ribera, Antonello Pagliuca, Pier Pasquale Trausi, Giulia Neri, Roberto Facendola  
*Conoscenza e recupero della Palazzina di Comando dell'Idroscalo di Taranto di Armando Brasini*
- 1183 Santi Maria Cascone, Lucrezia Longhitano, Salvatore Polverino, Giuliana Sciacca  
*Conoscenza, recupero e riutilizzo. Il caso genovese del Tabarca*
- 1195 Giorgia Ranieri  
*Patrimonio architettonico VS. speculazione edilizia: la masseria Solito a Taranto*
- 1205 Giorgia Strano, Francesca Castagneto  
*Ripensare i nuovi luoghi della cultura: strategie ibride di recupero e riuso culturale. Il progetto di rigenerazione urbana degli Ex Magazzini della Stazione Ferroviaria di Noto*
- 1217 Vincenzo Sapienza, Angelo Monteleone  
*Digital building technologies for the architectural sustainable modules, in fragile context. Application in the fragile context of Aeolian islands*
- 1229 Daniela Besana, Carmine Isi, Marco Morandotti  
*Strumenti di valutazione per la lettura del grado di reversibilità del patrimonio costruito*
- 1241 Rebecca Moroni, Cinzia Maria Luisa Talamo, Oscar Eugenio Bellini  
*Il riuso a scopi sociali dei beni confiscati alla criminalità organizzata: il caso di regione Lombardia*
- 1253 Valentina Spagnoli, Maria Vittoria Arnetoli, Sandra Carlini  
*La residenzialità studentesca come strumento di rigenerazione del patrimonio storico e moderno dismesso*
- 1263 Salvatore Di Maggio, Calogero Di Maggio, Rossella Corrao, Calogero Vinci  
*Volte realine. Interventi di recupero e manutenzione*
- 1273 Gianni Di Giovanni  
*Una metodologia operativa per il recupero tecnologico degli aggregati edilizi: verso un modello di interoperabilità*
- 1283 Attilio Ferraro, Emanuela D'Andria, Pierfrancesco Fiore  
*Riuso adattivo e flessibilità architettonica: un modello partecipato e sostenibile per la trasformazione del Complesso "Lanzani" in Barlassina (MB), Italia*
- 1295 Vjola Ilia, Florian Nepravishta, Benida Kraja  
*Restoration and revitalisation of Korça and Gjirokastra bazaars in Albania*
- 1307 Giuseppe Canestrino, Roberta Lucente  
*Dialoghi compositivi con le fortificazioni. Una mappatura (2009 -2024) per la codifica di possibili azioni progettuali sulle fortezze "alla moderna"*
- 1319 Alessandro Greco, Marco Morandotti, Daniela Besana  
*Strategie e approcci sostenibili per l'edilizia universitaria: la rigenerazione dell'area degli "Istituti Scientifici" in Pavia*
- 1331 Alberto Anello, Angelo Ganazzoli, Luigi Savio Margagliotta  
*Il borgo rurale nella contemporaneità: progetti per la valorizzazione*
- 1343 Antonino Margagliotta, Paolo De Marco, Emanuele Richiusa  
*Il patrimonio e la città. Un'occasione di riuso adattivo*
- 1355 Teresa Casale, Emilia Garda, Valentina Porta  
*L'educazione alla legalità. Il caso dei beni confiscati alle mafie*
- 1367 Luca Zecchin  
*Architettura interrotta. Paesaggio interspeciale*
- 1379 Simonetta Acacia  
*Uso e riuso delle ville genovesi tra trasformazioni urbane e tutela*
- 1391 Emanuele Garda, Marta Rodeschini  
*Strumenti di partenariato speciale e processi di rigenerazione del patrimonio pubblico: l'esperienza del Monastero del Carmine a Bergamo*
- 1403 Pedro Murilo Freitas, Cristina Tasso, Ana Marques, João Ling, Teresa Cunha Ferreira  
*Training Experiences on Contemporary Architectural Heritage through heuristic activities: values-based reuse designs for the Escuelas Profesionales San José, Valencia, Spain*

- 1415 Maurizio Oddo, Alessandro Barracco  
*Architettura, Storia e Contemporaneità. Innovazione tecnologica versus Restauro del Moderno*
- 1427 Regina Helena Vieira Santos, Leticia Falasqui Tachinardi Rocha  
*Solar da Marquesa de Santos, del XVIII secolo, il suo reuso*
- 1437 Michelle Gualdi, Andrea Belleri, Elisabetta Palumbo  
*Riuso di pannelli in acciaio formato a freddo per la riqualificazione integrata di edifici esistenti e per nuove costruzioni*
- 1447 Pablo Alejandro Cruz Franco, Elena Gómez Bernal, María Pérez Sendín, Adela Rueda Márquez de la Plata  
*Nuevas fronteras en la conservación del patrimonio: integración de NERF en la restauración de monumentos arquitectónicos y control de obra.*
- 1457 Pablo Alejandro Cruz Franco, Diego Gaspar Rodríguez, Elena Gómez Bernal, María Pérez Sendín, Adela Rueda Márquez de la Plata  
*DIGIMAP: diseño y gestión eficiente de gemelos digitales mediante sistemas de información: bases de datos geospaciales para la preservación del patrimonio arquitectónico*
- 1469 Giorgio Ghelfi  
*Trattamenti conservativi per la pietra. Il caso della Porta de las Granadas dell'Alhambra*
- 1479 Eugenio Vassallo, Bogumil Filipczuk, Giuseppe Nucara, Riccardo Sonzogni, Virginio Brocajoli, Carlo Pavan, Alessio Leondini, Paolo Sette  
*Dal Restauro del Grand Hotel di San Pellegrino Terme spunti e riflessioni su questioni di metodo e scelte operative*

**SEZIONE 5 - Strategie di intervento per la gestione, la rivitalizzazione e la rigenerazione delle città, dei centri storici e delle aree periferiche: pianificazione, strategie e progetti di intervento sul costruito urbano, sul territorio e sul paesaggio**

- 1489 Pablo Altaba Tena, Juan A. García-Esparza, Anna Valentín  
*Assembling cultural and natural values in vernacular landscapes: an experimental analysis*
- 1499 Samia Chergui  
*Using building archaeology for a more careful and efficient restoration of architectural heritage in ottoman Algiers*
- 1511 Alessandra Palma  
*Ri-costruire con la vegetazione. Kamarina (Ragusa) e la percezione del tempo*
- 1523 Laura Lucarelli, Arturo Gallozzi, Marcello Zordan, Michela Cigola  
*Conservazione e recupero dei centri storici minori: il caso di Atina nel Lazio Meridionale*
- 1535 Laura Lucarelli, Arturo Gallozzi, Michela Cigola, Marcello Zordan  
*Castelli e architetture difensive nei centri minori italiani. Il caso studio della Valle di Comino*
- 1547 Ivana Passamani, Olivia Longo, Virginia Sgobba, Davide Sigurtà  
*Il paesaggio dentro l'architettura. Microarchitetture per una nuova mobilità sostenibile e resiliente*

- 1559 Barbara Scala  
*Oltre il mutuo aiuto: il valore del credere nelle risorse locali per la rivitalizzazione del territorio e del paesaggio dell'alta Valle Trompia*
- 1571 Alessandra Vazzoler, Olivia Longo, Davide Sigurtà  
*Progetto di valorizzazione architettonica e urbana delle "Ex Trafilerie" a Nave (BS)*
- 1583 Francesca Bilotta, Francesco Garofalo  
*Fabbriche rurali nella Piana di Sibari: l'esempio di masseria Torre della Chiesa*
- 1593 Maria Paola Gatti, Giorgio Cacciaguerra  
*To regenerate the small villages of the Terragnolo Valley through responsible and sustainable tourism*
- 1603 Claudia Battaino, Maria Paola Gatti, Andrea Zaniboni  
*The Arco landscape factory: conservation, valorisation and use of the rural heritage*
- 1613 Cristian Tolù, Stefania Mornati, Iliana Giannetti  
*Valorizzare il patrimonio della prefabbricazione leggera in Italia: una piattaforma digitale a supporto della "decostruzione selettiva"*
- 1623 Mariangela Carlessi, Fabrizio Bonomi, Sergio Valetti  
*The 'Belvedere' Compendium in Alzano Lombardo. Themes and strategies for managing a multifaceted and complex heritage*
- 1635 Emanuele Giaccari, Paolo Giannandrea, Marianna Calia, Mariangela Piumini, Emanuel Quarto  
*Il patrimonio immobiliare abbandonato di Alianello in Basilicata. Analisi e proposte per il riuso*
- 1649 Lia Ferrari, Massimo Cotti  
*Architetture storiche rurali: una proposta di valorizzazione per il "Casello" della Commenda Gerosolimitana in Calerno*
- 1661 Giulia Luciani  
*Patrimonio in azione. Mobilizzare il passato nella rigenerazione ecologica delle città europee*
- 1673 Corrado Scudellaro  
*I fattori di rischio antropico sul patrimonio in terra lionese: cause, sintomi e prospettive*
- 1683 Mariangela Carlessi, Alessandra Kluzer  
*Oltre ogni ragionevole dubbio. Accogliere l'attitudine dei luoghi come trait-d'union tra conoscenza e progetto funzionale*
- 1693 Ornella Zerlenga, Vincenzo Cirillo, Riccardo Miele  
*In-accessibilità. Santa Maria della Sanità in Napoli fra best-practices e spazi inesplorati*
- 1703 Amra Salihbegović  
*Military brownfields. From assessment to design strategy for the Sarajevo University Campus*
- 1713 Giulia Formato  
*I silos granari. Difficoltà e opportunità per il riuso a confronto*

- 1725 Elena Zanazzi, Luca Leoni  
*Chiese emiliane e storia sismica recente: un'indagine sull'(in)efficacia degli interventi pregressi*
- 1737 Altea Panebianco, Barbara Caselli  
*Piattaforme digitali per le aree interne. Il caso studio di Stigliano*
- 1749 Lorna Dragonetti, Cecilia Mazzoli, Anna Chiara Benedetti, Annarita Ferrante  
*Riqualificazione energetica del patrimonio edilizio scolastico recente: metodo S.C.O.R.E.S. per la valutazione degli impatti delle strategie sostenibili di intervento*
- 1761 Stefano Cecamore  
*Earthquakes and endless reconstructions. Irpinia 1980, from Lioni to Cairano towards adequate protection and conservation of the historic centres*
- 1773 Stefano Cecamore, Arianna Petraccia  
*La chiesa dei SS. Marciano e Nicandro, terremoti, trasformabilità e adattabilità del patrimonio culturale aquilano*
- 1785 Stefano Cecamore  
*Una comunità per la conservazione e valorizzazione della Piana del Cavaliere. La tutela del patrimonio e la chiesa di San Giorgio Martire a Pereto (AQ)*
- 1795 Ilva Hoxhaj  
*Valona tra suolo e acqua: riconnettere il tessuto urbano attraverso il progetto del waterfront*
- 1805 Francesco Paolo R. Marino  
*Ventilated rainscreen, new materials and modern construction techniques in the renovation and recovery of a historic heritage building*
- 1817 Gianluca D'Agostino  
*Il patrimonio architettonico di Shahjahanabad: un destino incerto per le haveli della città vecchia di Delhi tra abbandono, heritage hotels e centri culturali*
- 1825 Esther Almarcha Núñez-Herrador, Rafael Villena Espinosa, José Manuel López Torán  
*Patrimonio monumental y turismo en la España Franquista*
- David Ordóñez-Castañón, Teresa Cunha Ferreira, Poliana Marques da Silva  
1835 *Continuity and creation: adaptive reuse of a manor house in Esposende as Municipal Library by Bernardo Ferrão (1979-1992), Portugal*
- 1847 Carlo Atzeni, Stefano Cadoni, Massimo Faiferri, Stefano Mais, Silvia Mocci, Marco Moro, Fabrizio Pusceddu  
*Scientific infrastructure and landscape. First developments of the "Laboratory of architecture and territory" of the etic project*
- 1857 Marco Galimberti, Mauro Casartelli  
*Aree industriali dismesse: fragilità delle strategie di intervento per il comparto sud della Ticosa di Como (1982-2024)*
- 1867 Elena Cantatore, Vincenzo Ambrosio, Margherita Lasorella, Fabio Fatiguso  
*The systematization of technical information about architectural heritage in historic district by Citygml-Based Models. Preliminary activities towards digital recovery plans*
- 1879 Francesca Privitera, Emiliano Romagnoli  
*Contemporary Models of Co-living for 'the three human ages': strategie di intervento per una rigenerazione urbana e sociale del quartiere del Soccorso a Prato*
- 1891 Caio Felipe Gomes Violin, Renata Baesso Pereira  
*The reuse Project of Fazenda Mato Dentro in the city of Campinas-SP (Brazil): From a manor house to a Peace Museum*
- 1899 Albina Sciotti, Ippolita Mecca  
*Il riuso degli edifici storici dismessi: il caso delle carceri*
- 1911 Alberto Cervesato  
*Borghi urbani. Sguardi progettuali per il riuso*
- 1923 Francesca Picchio, Marianna Calia, Silvia La Placa, Rossella Laera  
*Strategie di documentazione integrata e di rilievo speditivo per la valorizzazione dei contesti fragili*
- 1935 Sara Brescia, Giulia Porcheddu, Francesca Picchio  
*Strategie di rappresentazione di uno scavo archeologico*
- 1947 Chiara Marchionni  
*Strategies for the regeneration and revitalisation of historic port areas: the case of the "caliscendi" of the port of Giulianova (TE)*
- 1959 Silvia Meschini, Lavinia Chiara Tagliabue, Stefano Rinaldi, Giovanni Miri, Andrea Bracciali, Roberto Nai, Rosa Meo, Giuseppe Di Giuda  
*Blockchain-Driven Transparency: Revolutionizing Construction Tenders with Smart Contracts and Sustainable Waste Management*
- 1971 Luca Guardigli, Annarita Ferrante, Sara Lanzoni, Carlo Costantino, Lei Sun  
*Exploring the potential of wood for urban densification: a case study of sustainable architectural design education*
- 1983 Chiara Marchionni, Eleonora Laurini, Marianna Rotilio, Gianni Di Giovanni  
*La rigenerazione urbana sostenibile per le città resilienti. Il caso di studio del complesso sportivo di "Centi Colella" dell'Aquila*
- 1995 Elena Paudice  
*La memoria dei territori della produzione e la forma del paesaggio. Tutelare l'abitare attraverso il recupero della storia dei luoghi*
- 2007 Martina Porcu  
*Il ruolo delle grandi fabbriche dismesse nei processi di riqualificazione e rigenerazione urbana*
- 2019 Ana Velosa, Hugo Rodrigues, Paulo Silva  
*Intervention in historic villages: conservation, rehabilitation and sustainability*

**PROTOCOLLI SPERIMENTALI PER LA DOCUMENTAZIONE DEL  
 PATRIMONIO TEATRALE. ESPERIENZE DI RILIEVO DIGITALE DEI  
 TEATRI STORICI FIORENTINI**

**EXPERIMENTAL PROTOCOLS FOR THE DOCUMENTATION OF  
 THEATRICAL HERITAGE. DIGITAL SURVEY EXPERIENCES OF  
 HISTORIC FLORENTINE THEATERS**

**Stefano Bertocci** - DIDA - Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Firenze, Firenze, Italia, e-mail: stefano.bertocci@unifi.it

**Federico Cioli** - DIDA - Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Firenze, Firenze, Italia, e-mail: federico.cioli@unifi.it

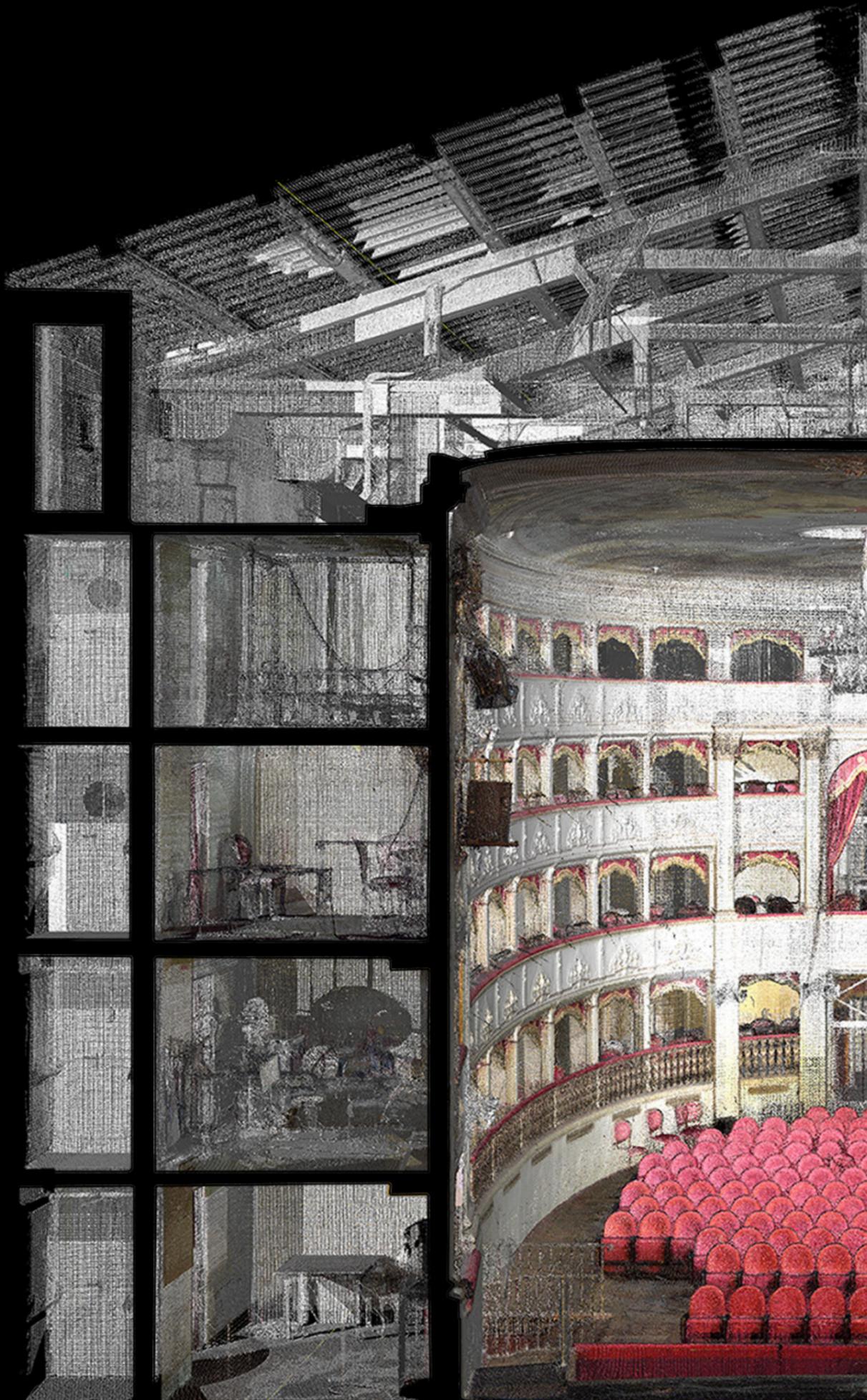
**Maria Chiara Forfori** - DIDA - Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Firenze, Firenze, Italia, e-mail: maria.forfori@edu.unifi.it

**Abstract:** The architectural, historical and artistic heritage of theatres testifies to be an essential component of the social life of cities. This contribution illustrates the documentation project of the historic theatres of Florence. In particular, the research follows the European project AURA – “Auralisation of Acoustic Heritage Sites Using Augmented and Virtual Reality”. The project aims to define a methodological protocol for the documentation and digitalisation of the historic theatres of Florence through the integration of the consolidated methodologies of digital laser-scanner survey and close-range and high-altitude SfM photogrammetry aimed at the establishment of a digital twin of architectural complexes. The project aspires to implement methodological protocols by comparing case studies in the historic centre of Florence, explored through teaching and research experiences. This paper delves into the case study of the Goldoni Theatre, analysed using digital laser-scanner survey campaigns and SfM photogrammetry, aimed at establishing multi-sensory virtual experiences.

**Keywords:** Digital Twin, Acoustic Heritage, Goldoni Theatre, 3D Modelling, Florence City Centre.

**1. Introduzione**

Il patrimonio architettonico, storico e artistico dei teatri testimonia un’importante componente della vita sociale delle città. Luogo d’incontro, divertimento e confronto intellettuale già nel Rinascimento, il tetro comincia a svilupparsi come edificio a sé stante a partire dal XVII secolo, aprendosi via via al pubblico cittadino. Firenze, insieme a Mantova e Venezia, è protagonista della nascita dell’opera lirica: l’*Euridice* è considerata il primo melodramma messo in musica da Jacopo Peri e Giulio Caccini su libretto di Ottavio Rinuccini nel 1600. Lo spettacolo si svolse a Palazzo Pitti a Firenze, in una sala della residenza medicea appositamente trasformata per accogliere la recita, per festeggiare le nozze di Maria de’Medici con Enrico IV di Francia [1]. La diffusione di questo particolare tipo di spettacolo, che prevedeva importanti apparati scenografici, cantanti, ballerini ed una corposa orchestra, ha portato alla nascita di quello che oggi definiamo come teatro barocco. Questa tipologia di edificio si dimostra la più idonea allo sviluppo del teatro d’opera e si diffonde rapidamente in tutta Europa a partire dalle prime esperienze veneziane. Le principali caratteristiche sono rappresentate dalla sala con impianto a ferro di cavallo, dotata di più ordini di palchetti per il pubblico, con la presenza di un apposito spazio, il golfo



mistico, per l'orchestra, immediatamente davanti al boccascena, ed un grande spazio scenico, la torre scenica, per la facile manovra degli apparati scenici che dovevano essere intercambiabili in relazione ai vari atti, o parti, dello spettacolo. Il presente contributo si focalizza su alcune esperienze di digitalizzazione del patrimonio architettonico teatrale di Firenze, basandosi su precedenti esperienze condotte da un nutrito gruppo di studio del Dipartimento di Architettura di Firenze. Il progetto di digitalizzazione del patrimonio architettonico e archivistico dei teatri storici fiorentini nasce come continuazione del progetto europeo AURA – *Auralisation of Acoustic Heritage Sites Using Augmented and Virtual Reality* [2], cofinanziato dal bando Europa Creativa 2020 e iniziato a gennaio 2021 per una durata di un anno e mezzo più una proroga di sei mesi. Il progetto, strutturato nella fase di pandemia per incentivare lo sviluppo di nuovi strumenti e possibilità per le industrie culturali e creative (CCIs), si inserisce nel dibattito che riguarda la tematica dei modelli auralizzati – una tecnica che consente di simulare l'acustica di un determinato luogo all'interno di modelli [3] – considerando l'acustica come un ulteriore valore da tenere in considerazione quando si parla della documentazione e tutela del patrimonio culturale, come riconosciuto nel 2017 dall'UNESCO con il documento “*The importance of sound in today's world: promoting best practices*” [4]. Gli obiettivi del progetto sono quelli di definire un protocollo metodologico per la documentazione e la digitalizzazione dei teatri storici fiorentini, attraverso l'integrazione delle consolidate metodologie di rilievo digitale laser-scanner e fotogrammetria SfM close-range e in quota. Il progetto di digitalizzazione del patrimonio dei teatri storici fiorentini si fonda anche sullo studio delle fonti documentarie e bibliografiche, e mira anche alla ricostruzione storica delle principali fasi evolutive di questi luoghi, fortemente condizionati dalle tendenze della vita sociale e dell'urbanistica della città, ricostruendo attraverso esperienze virtuali AR e VR un capitolo spesso poco conosciuto della storia fiorentina.

## 2. Progetti di digitalizzazione del patrimonio teatrale

Le strategie di documentazione e salvaguardia del patrimonio culturale, sia materiale che immateriale, cercano oggi una maggiore integrazione fra i dati acquisiti da varie fonti, spesso con caratteristiche di eterogeneità, anche sotto il profilo digitale, perché provenienti da ambiti di ricerca diversi e tecnologie di documentazione differenziate. Una crescente sensibilità verso aspetti più effimeri e fragili del patrimonio – come le sue caratteristiche acustiche – ha portato allo sviluppo di nuovi protocolli metodologici che reinterpretano e integrano approcci già consolidati da ogni singola disciplina coinvolta nello studio. Le nuove frontiere del rilievo digitale, della modellazione 3D e del rendering applicate al patrimonio costruito consentono di ricreare una copia digitale delle caratteristiche morfometriche e percettive dell'oggetto indagato, consentendo oggi anche di preservare la sua immagine nel tempo. Allo stesso modo, i processi di auralizzazione – già utilizzati da diversi anni nella progettazione acustica – sono sempre più spesso integrati da modelli caratterizzati da una buona descrizione delle caratteristiche cromatiche e materiche delle superfici architettoniche anche sotto il profilo visivo, elemento fondamentale anche per la possibile contestualizzazione delle esperienze sonore. Quello che è emerso dallo stato dell'arte, è che oggi i progetti di ricerca sul patrimonio teatrale necessitano di un'integrazione equilibrata degli aspetti acustici e visivi, in quanto entrambi determinano le caratteristiche patrimoniali dell'oggetto indagato. Un esempio di come è possibile tenere assieme questi aspetti è EVAA (Experimental Virtual Archeological Acoustics), un progetto ombrello che riunisce molteplici sottoprogetti relativi alle ricerche sull'acustica del patrimonio, sulla realtà virtuale e sull'auralizzazione in tempo reale dei modelli digitali fruibili. Tra i casi studio indagati dal gruppo di ricerca coordinato dall'Università Sorbona di Parigi, che rientra nel progetto Past Has Ears (PHE 2020-2023) [5], figura la Cattedrale di Notre Dame, poi ulteriormente esplorata dal progetto Past Has Ears at Notre-Dame (PHEND 2020-2024) [6][7]. I progetti partono dal presupposto che l'acustica di Notre Dame è considerata una parte essenziale del patrimonio immateriale, soprattutto perché ha svolto un ruolo fondamentale nello sviluppo delle pratiche musicali durante il Medioevo. Sfruttando le possibili integrazioni di tecnologie digitali oggi a disposizione dei settori scientifici della rappresentazione e del rilievo per la realizzazione di applicazioni di realtà aumentata e realtà virtuale, AURA ha inteso ampliare il campo d'indagine ad aspetti fino ad oggi poco approfonditi, realizzando modelli multisensoriali, affidabili e performanti sia in termini di resa grafica che di fruizione virtuale, con caratteristiche affidabili anche in termini di acustica [8] (fig. 1). Il principale aspetto del progetto era infatti quello di verificare le prestazioni di modelli auralizzati, realizzati sfruttando anche

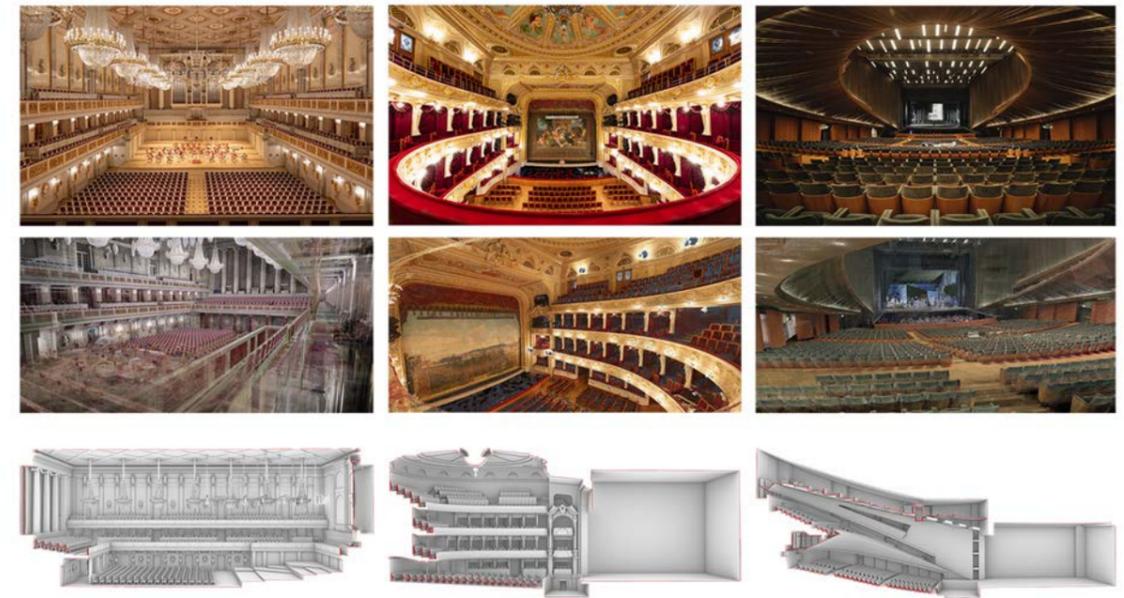


Fig. 1 - Overview delle elaborazioni digitali per la virtualizzazione dei rilievi dei tre teatri effettuati durante il progetto AURA: da sinistra, Konzerthaus di Berlino, Teatro dell'Opera e del Balletto di Leopoli e Teatro del Maggio Musicale Fiorentino di Firenze.

l'integrazione delle nuvole di punti all'interno di motori grafici come Unity per ottenere applicazioni di realtà virtuale con buone possibilità di navigazione interattiva [8].

Al fine ampliare la metodologia definita nell'ambito del progetto AURA e di verificarne l'applicabilità in contesto professionale, sono stati avviati ulteriori progetti e approfondimenti che hanno coinvolto gli studenti dell'Università di Firenze. Un primo seminario tematico, che si è tenuto nel 2022, ha previsto il coinvolgimento di venti studenti dei corsi di laurea triennale e magistrale in Architettura dell'Università degli Studi di Firenze. Visto il buon andamento dal seminario, nel 2023 è stato istituito un altro seminario tematico semestrale dal titolo “Teatri Europei fra XVIII e XXI secolo. Rilievo e modellazione 3D per l'interpretazione e lo studio degli spazi per la rappresentazione scenica”, finalizzato ad introdurre gli studenti della facoltà di Architettura allo studio degli ambienti teatrali e della prospettiva scenica. L'indagine, fino ad adesso, si è estesa al Teatro della Pergola (seminario a.a. 2022-23), al Teatro Verdi (a.a. 2023-24), al Teatro Goldoni, oltre allo studio eseguito sul Teatro Comunale e sui documenti d'archivio del Teatro del Maggio Musicale Fiorentino e all'approfondimento dell'ambito della Computer Science per i Beni Culturali, tramite una collaborazione con la Hochschule für Technik und Wirtschaft di Berlino, partner del progetto AURA.

## 3. La documentazione dei teatri storici fiorentini

La tipologia architettonica del teatro all'Italiana si diffonde in Italia e in Europa tra il XVII e il XVIII secolo e, nonostante sensibili variazioni e un atteggiamento di continua sperimentazione, presenta attributi peculiari immediatamente riconoscibili. Le sue caratteristiche morfologiche derivano dall'esperienza teatrale dei due secoli precedenti, strettamente connessa alla politica culturale ed allo sviluppo del teatro di corte da parte dei più importanti stati italiani. Le principali caratteristiche del teatro barocco si ritrovano nella sala con impianto a ferro di cavallo per il pubblico, con vari ordini di palchetti destinati a piccoli gruppi familiari, il golfo mistico per l'orchestra, immediatamente davanti al boccascena, ed un grande spazio scenico. A Firenze, in particolare, è stato fondamentale il ruolo della corte medicea che ha promosso e sostenuto la realizzazione di vari teatri e accademie. Specialmente tra gli anni '20 e '30 del Seicento, il governo mediceo mantiene il controllo sulla produzione teatrale che inizia ad aprirsi ad un pubblico più vasto [9], ma porta avanti una politica austera e moralista che, in concomitanza con i disagi causati da peste e carestia, comporta una riduzione e degli spettacoli che appaiono con minori pretese. È proprio in questo contesto culturale che, grazie alle Accademie drammaturgiche, si cominciano

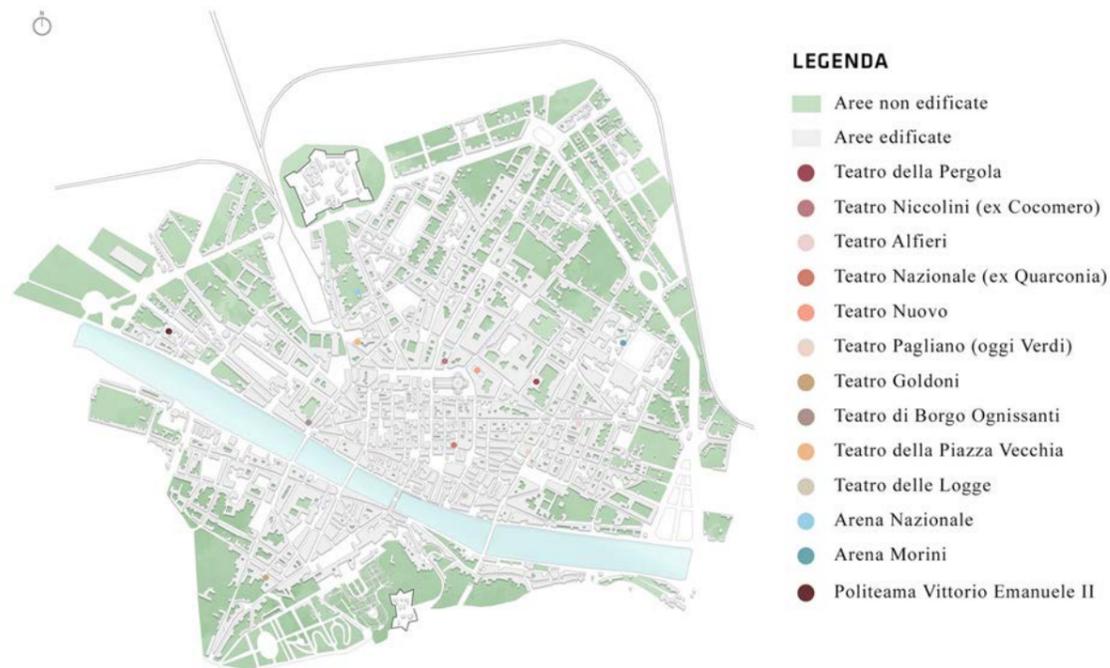


Fig. 2 - Mappa dei principali teatri di Firenze nel XVIII secolo.

ad aprire i primi teatri autonomi fiorentini e ad abbandonare i luoghi adibiti alle le recite ufficiali [10]. Fino a quel momento, infatti, le rappresentazioni avvenivano principalmente a corte o nelle case private dei nobili. Questi allestimenti, che inizialmente avevano per la maggior parte carattere temporaneo, nel tempo verranno sempre più predisposti come permanenti sin dal principio. È proprio dall'evoluzione di sistemazioni a carattere effimero, che derivano le caratteristiche fondanti della sala all'italiana. Un primo approccio fiorentino ad un impianto di transizione (ad U, delimitato da gradonate su tre lati) si ha con l'allestimento Vasariano del Salone dei Cinquecento e, successivamente, con il Teatro Mediceo degli Uffizi; un'embrionale organizzazione del pubblico in ordini sovrapposti di palchetti può ritrovarsi, invece, nel sistema di ordini architettonici sovrapposti del Teatrino della Dogana (di rango più popolare), ma anche nella disposizione degli spettatori su ballatoi e finestre in occasione degli spettacoli a corte come le naumachie eseguite nel Cortile di Palazzo Pitti.

I nuovi edifici teatrali, a partire dalla Pergola e dal teatro del Cocomero, pur dipendendo ancora, almeno nei primi decenni di vita, direttamente dalla protezione della casata reggente ed essendo trattati, di fatto, come teatri di corte, costituiscono la prima effettiva transizione verso i teatri pubblici veri e propri. Innovazione fondamentale dal punto di vista architettonico è la presenza di una scena sempre più profonda, adatta per prospettive lunghe e cambiamenti di scena spettacolari [11]. Da questa deriva anche la struttura della sala, appositamente disposta affinché gli effetti scenici, cardine della ricerca teatrale barocca, siano visibili dal maggior numero di posti possibili. Fra gli studi realizzati dal nostro gruppo si ricordano qui il teatro della Pergola, il primo teatro barocco fiorentino ed il teatro Verdi, uno degli ultimi esempi inaugurato nel 1854 (fig. 3). La platea risulta, infatti, allungata rispetto agli impianti precedenti: la conformazione a ferro di cavallo sarà quella che avrà maggiore fortuna, ma le sperimentazioni per il miglioramento di visibilità ed acustica saranno numerose. Oltre a queste caratteristiche, alla presenza del golfo mistico e dell'arco scenico, che costituisce una cesura netta tra platea e scena, altrettanto significativo è lo sviluppo verticale della sistemazione della sala, ottenuto tramite la sovrapposizione di più ordini di palchi ed eventualmente un loggione, e finalizzato ad accogliere un numero sempre maggiore di spettatori, soprattutto quando i teatri cominciarono ad essere aperti al pubblico pagante e gestiti con approccio impresariale. Per quanto i principali teatri barocchi fiorentini abbiano costituito per molto tempo un modello per le costruzioni successive, esempi di questa tipologia architettonica e gestionale si sviluppano in Italia in modo abbastanza autonomo, anticipando, in alcuni casi, l'esperienza fiorentina. A questo proposito, vale la pena citare il Teatro di San Cassiano, Venezia, fondato nel 1637 e, di fatto,



Fig. 3 - Nuvole di punti: il Teatro della Pergola (sinistra) e il Teatro Verdi (destra).

primo teatro d'opera pubblico. In particolare, il teatro San Cassiano è attualmente il caso studio di un progetto che prevede una ricostruzione fedele del teatro andato distrutto sulla base di un'accurata ricerca scientifica sul materiale di archivio, finalizzato a realizzare un teatro d'opera barocca pienamente funzionante e specializzato, completo di macchine di scena, scenografie mobili ed effetti speciali, al fine di costruire un centro Mondiale per la ricerca, la sperimentazione esplorativa e la messa in scena di esecuzioni stoicamente consapevoli dell'opera barocca.

#### 4. Il caso studio del Teatro e Arena Goldoni

Il complesso Goldoni, composto da Teatro ed Arena e costruito tra 1817 e 1818, sorge sul terreno precedentemente occupato dal convento di Annalena e dal monastero di Santa Chiara, chiusi durante il periodo di occupazione francese. Fondato nelle vicinanze di Palazzo Pitti sotto la guida dell'impresario Luigi Gargani, è stato il primo luogo teatrale d'Oltrarno. [12] Gli aspetti innovativi riguardano sia l'ambito socioculturale che quello architettonico. La configurazione del complesso si basa, infatti, sull'idea di raccogliere in un solo luogo strutture per tipologie di spettacolo e divertimento diverse. Il Teatro Goldoni, costruito su progetto dell'Architetto Del Rosso riutilizzando una percentuale molto alta di muraure provenienti dal precedente convento, presenta le caratteristiche tipiche di un teatro all'italiana, declinato in stile neoclassico e, quindi, è destinato ad un pubblico della buona borghesia. L'arena (disegno dell'Architetto Corazzi), invece, riprende in chiave moderna una struttura che richiama gli antichi teatri greci e romani, ed è pensata come parco divertimento per svaghi diurni all'aperto, dedicato alla fruizione, nei giorni festivi, da parte di artigiani e ceti minori. Entrambe le strutture, nel tempo, hanno subito integrazioni, restauri e adattamenti, tra cui la copertura dell'Arena.

Il lavoro svolto sul Teatro Goldoni ha riguardato il rilievo e la modellazione 3D a supporto dei processi di auralizzazione e virtualizzazione dello spazio, ponendosi come successivo sviluppo della ricerca effettuata nel contesto del progetto AURA. Riconoscendo, infatti, le potenzialità delle nuove tecnologie – e dell'auralizzazione in particolare – nell'ambito dei protocolli di documentazione e digitalizzazione del patrimonio culturale europeo, proponendo agli utenti la possibilità di sperimentare il suono esattamente come avviene in un ambiente o spazio fisico specifico, si è deciso di allargare l'indagine al caso studio del Teatro Goldoni. L'obiettivo della ricerca è stato quello di fornire un asset a supporto dei successivi processi di virtualizzazione dello spazio, verificando l'applicabilità della metodologia proposta per i tre casi-studio del progetto AURA. L'approccio scelto ha quindi seguito un workflow suddiviso in diverse fasi: la ricerca storica, il rilievo digitale integrato, l'elaborazione e restituzione dei dati raccolti sotto forma di disegni 2D, fino ad arrivare alla modellazione 3D e alla mappatura degli elementi tramite texture fotorealistiche. La campagna di rilevamento digitale integrato ha previsto l'applicazione di metodologie di documentazione morfologica, materica e cromatica che utilizzano strumenti laser scanner (TLS) per l'acquisizione di dati tridimensionali nella forma di nuvole di punti (fig. 4), e di strumentazione fotografica per il rilevamento fotogrammetrico (SfM). Il rilievo laser scanner, organizzato in cinque giornate, è stato eseguito con un FARO Focus M70, risultando in un totale di 319 scansioni. Attraverso il software

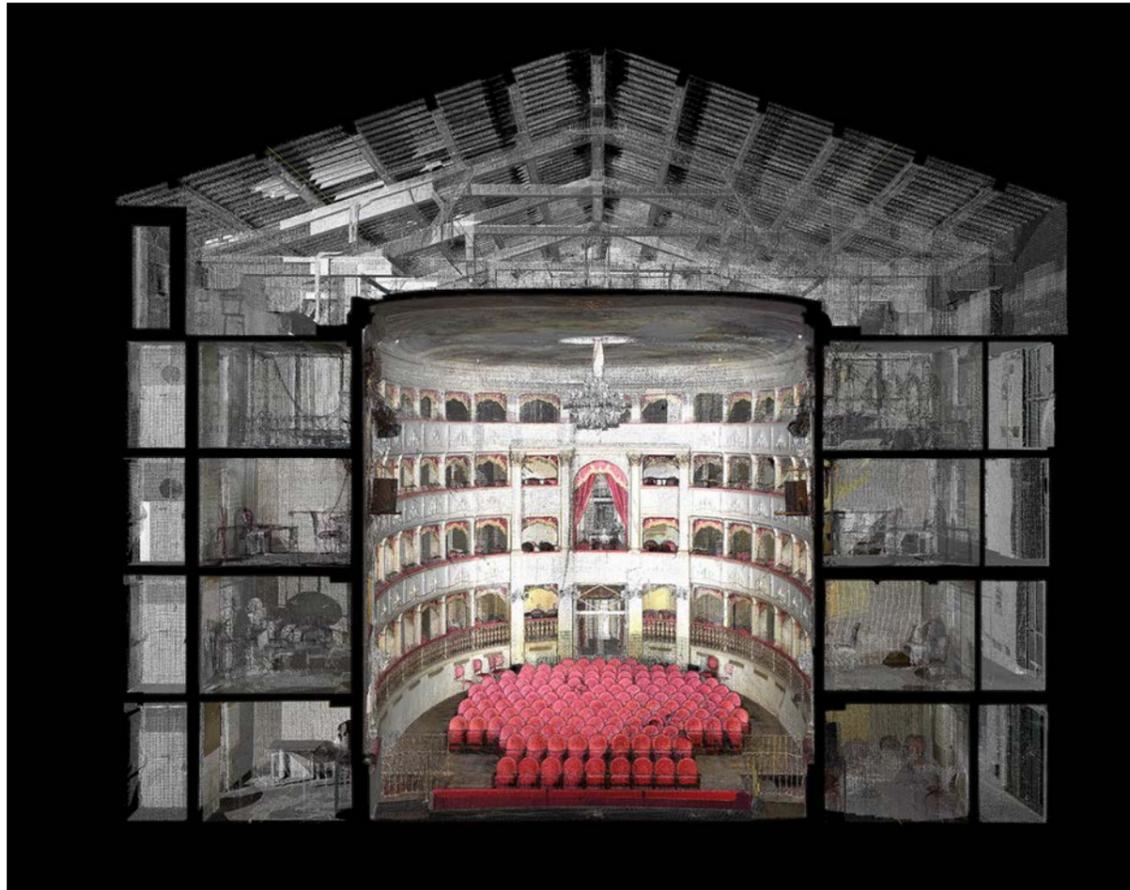


Fig. 4 - Elaborazione di una sezione dalla nuvola di punti del Teatro Goldoni.

Leica Cyclone, le scansioni parziali sono state “registrate” rispetto ad un unico sistema di riferimento, tramite *visual alignment*, con l’obiettivo di ricavare una nuvola di punti complessiva da cui estrarre i dati del rilievo. Dopo aver impostato adeguati piani di sezione ed esportato le ortoreimmagini, si è proceduto alla vettorializzazione all’interno del programma AutoCAD e alla restituzione dei disegni 2D del Teatro (fig. 5). In parallelo è stato condotto il rilievo fotogrammetrico *Structure from Motion* (SfM) degli ambienti interni e del prospetto esterno.

Sulla base dei rilievi ottenuti è stato sviluppato un modello 3D NURBS suddiviso in base agli elementi interni della sala e semantizzato seguendo le caratteristiche dei materiali (fig. 6). Questo modello neutro costituisce la base implementabile per l’istituzione delle esperienze virtuali multisensoriali. Attraverso motori grafici come Unreal Engine di Epic Games, o Unity della Unity Technologies, con l’ausilio di plug-in per il controllo dei parametri acustici come Valve Steam Audio, è possibile infatti abbinare a ciascun layer, corrispondente al materiale reale dell’item, una texture o un materiale virtuale e i rispettivi parametri acustici. Attraverso il rilievo fotogrammetrico SfM è stato possibile campionare i materiali e le texture e sviluppare gli ortofotopiani delle superfici, necessari per ricreare le caratteristiche materiche degli ambienti interni della sala. Infine, attraverso una campionatura dei materiali caratterizzanti la sala è possibile risalire ai loro parametri acustici, che possono essere inseriti nel modello come caratteristiche del materiale, ed in particolare i parametri considerati sono tre: le frequenze di assorbimento e trasmissione sonora (basse, medie, alte) e lo *scattering*, sulla base di banche dati di materiali tratti da pubblicazioni scientifiche e software di simulazione acustica come Odeon e Ramsete [13].

## 5. Conclusioni

I protocolli metodologici applicati al caso studio del Teatro Goldoni e sviluppati nel contesto del progetto europeo AURA mettono in evidenza come, per alcune architetture e complessi monumentali, sia necessario sviluppare un approccio alla documentazione che tenga in considerazione non solo gli aspetti

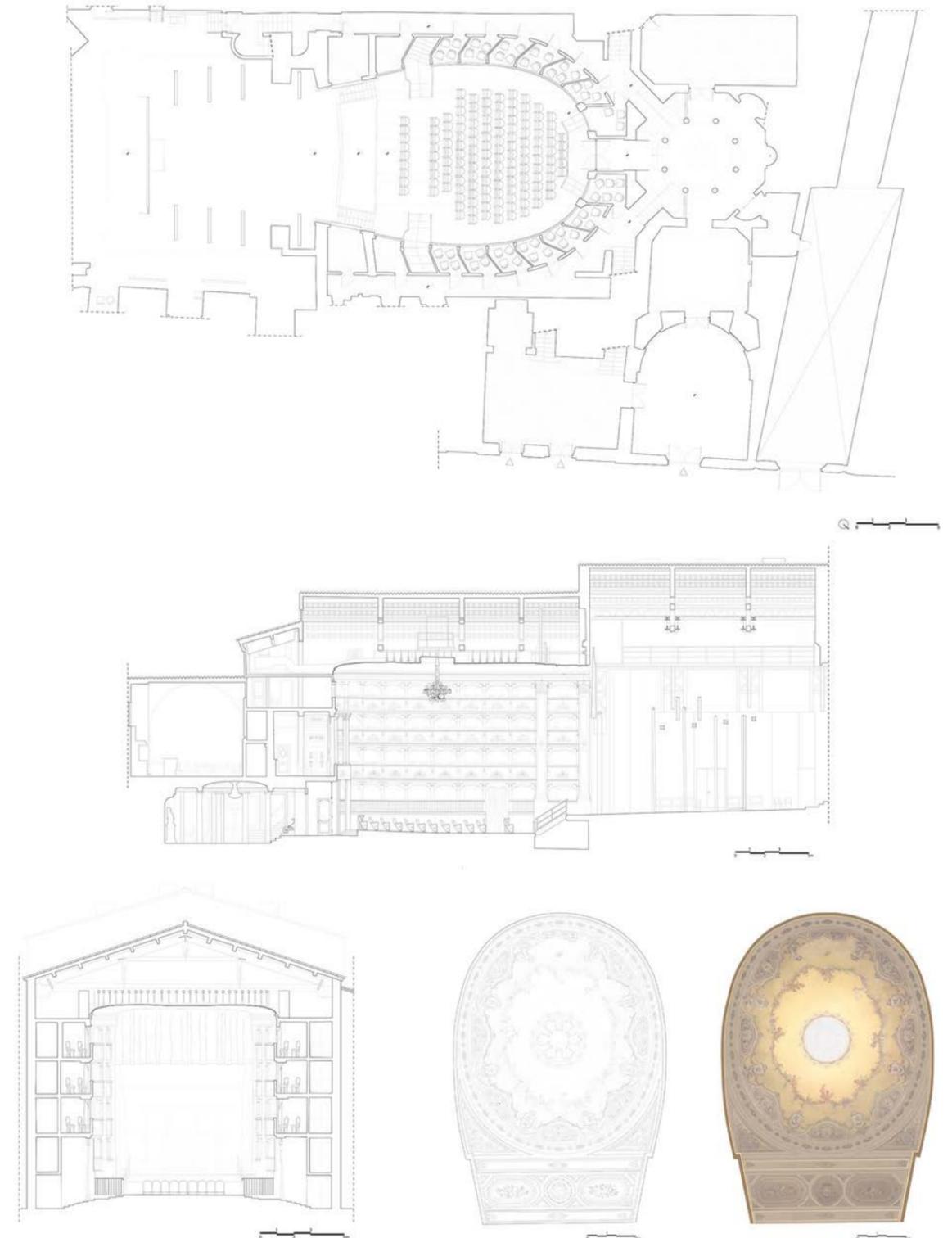


Fig. 5 - Il Teatro Goldoni: disegni a fil di ferro del piano terreno, delle sezioni longitudinale e trasversale, della volta della sala. Fotopiano della volta.

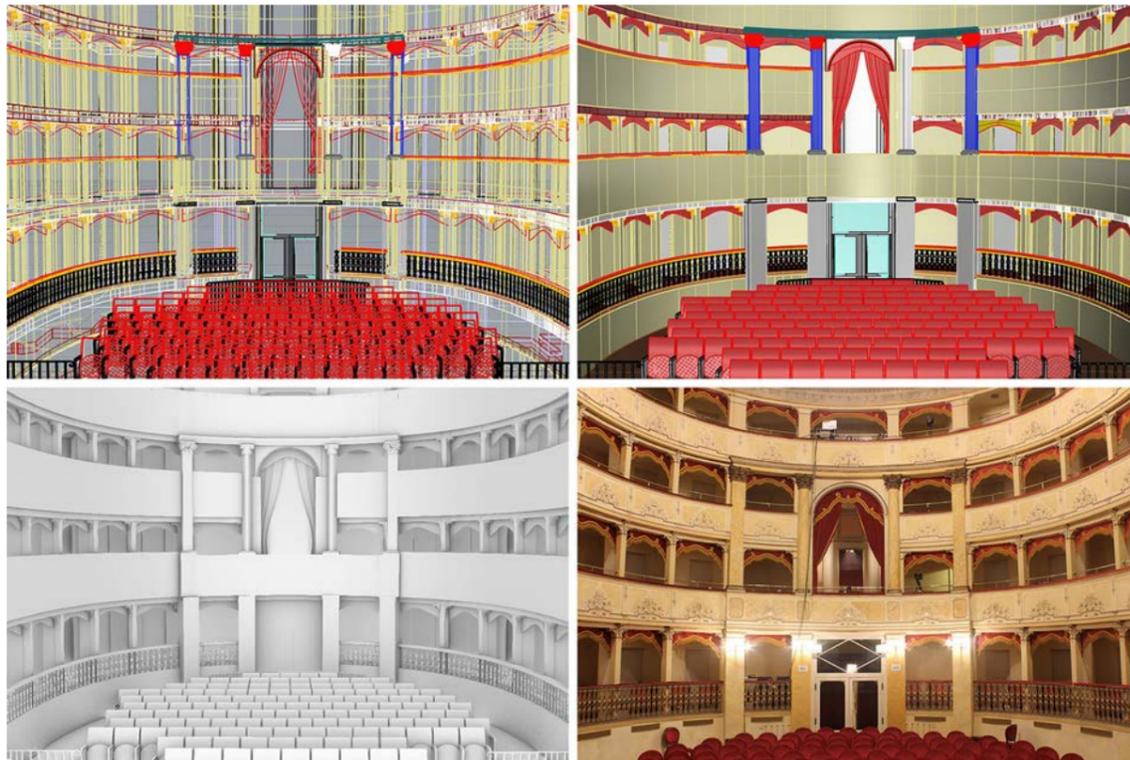


Fig. 6 - Il modello 3D. Fasi dell'elaborazione e mappatura del modello del Teatro Goldoni.

più strettamente materiali delle componenti architettoniche e di allestimento, ma anche gli aspetti immateriali di come questi oggetti caratterizzano, attraverso la risposta acustica, lo spazio sonoro. La finalità della ricerca è quella di strutturare un'esperienza immersiva dove l'utente può muoversi all'interno dell'ambiente e sperimentare l'influenza che lo spazio architettonico ha nella percezione del paesaggio sonoro, ma anche l'influenza che il suono ha nel percepire l'ambiente costruito. Le esperienze di simulazione acustica sono generalmente costruite intorno ad un ascoltatore, mentre quelle di *architectural visualisation* attorno ad un osservatore. Queste esperienze immersive si concentrano sulla stimolazione di un solo senso, limitando quindi le possibilità percettive dell'utente nei confronti dell'oggetto rappresentato. L'acustica di un ambiente gioca infatti un ruolo fondamentale nella percezione. La creazione di *Virtual Acoustic Environments* (VAEs) [14] consente di rivivere l'esperienza acustica di luoghi che non esistono più, oppure di confrontare l'acustica di luoghi distanti nello spazio all'interno dell'ambiente virtuale. Al di là dell'aspetto fisico del fenomeno acustico, la percezione del paesaggio sonoro di un sito costituisce un valore patrimoniale che necessita di essere documentato. Sfruttando le potenzialità delle nuove tecnologie è possibile sviluppare nuove applicazioni che consentono di integrare i contenuti audio e i contenuti video. Applicazioni AR e VR sono particolarmente interessanti in quanto permettono di sviluppare nuovi sistemi di interazione tra l'utente e l'esperienza virtuale, e permettono di creare un sistema immersivo che sfrutta al meglio le potenzialità di disseminazione delle esperienze ArcViz e Acustiche [15].

### Ringraziamenti

Le analisi e le restituzioni grafiche sono state approfondite con una tesi di laurea magistrale in architettura di Arianna Cordella, dal titolo "Il Teatro Goldoni: rilievo e modellazione 3D a supporto dei processi di auralizzazione e virtualizzazione dello spazio" (Relatore: Prof. Stefano Bertocci; Correlatore: Dott. Federico Cioli).

Stefano Bertocci ha scritto i paragrafi "Introduzione" e "Conclusioni"

Federico Cioli ha scritto i paragrafi "Progetti di digitalizzazione del patrimonio teatrale" e "Il caso studio del Teatro e Arena Goldoni".

Maria Chiara Forfori ha scritto il paragrafo "La documentazione dei teatri storici fiorentini".

### Bibliografia

- [1] Carter T, Fantappiè F. Staging Euridice theatre, sets, and music in late Renaissance Florence. Cambridge: Cambridge University Press; 2021.
- [2] Bertocci S, Lang F, Sauter C, Sieck J, Shakhovska N. Il progetto AURA: proposta di auralizzazione di alcuni teatri europei per la creazione di paesaggi sonori virtuali. *Paesaggio Urbano – Urban Design* 2021; 2 (2): 84-89
- [3] Kleiner M, Dalenbäck B, Svensson P. Auralization - An overview. *Journal of the Audio Engineering Society* 1993; 11 (41): 861-875.
- [4] UNESCO. The Importance of sound in today's world: promoting best practices. In: 39<sup>th</sup> UNESCO General Conference, 39 C/49. Parigi, 25 Settembre 2017 <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000259172>> (consultato il 10 Maggio 2024)
- [5] Katz BFG, Murphy D, Farina A. PHE: The Past Has Ears project overview. In: PROCEEDINGS of the 2nd Symposium: The Acoustic of Ancient Theatres, 6-8- July 2022. Verona, Italy: 2022, p. 1-4 DOI: 10.58874/SAAT.2022.170
- [6] Eley N, Mullins S, Stitt P, Katz BFG. Virtual Notre-Dame: Preliminary results of real-time auralization with choir members. *Intl Conf 3D Audio (I3DA)*; Italy. 2021.
- [7] De Munyke J, Baltazar M, Monferran M, Voisenat C, Katz BFG. Ears of the past, an inquiry into the sonic memory of the acoustic of Netre-Dame before the fire of 2019. *Journal of Cultural Heritage* 2022; Volume 56C (July-August 2022): 130-137.
- [8] Lumini A, Cioli F. La rappresentazione del suono. Rilievo digitale e modellazione 3D per la virtualizzazione multisensoriale di tre grandi teatri europei. In: Atti del 43<sup>o</sup> Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione, Congresso della Unione Italiana per il Disegno, Genova, 15-17 settembre 2022. Milano: Franco Angeli, 2022, p. 2621-2644
- [9] Lucchesini P. I Teatri di Firenze. Origini, storia, spettacoli, aneddoti e curiosità dei teatri, esistenti o scomparsi, che dall'epoca romana fino ad oggi hanno animato la vita della città,. Roma: Newton Compton editori; 1991.
- [10] Artusi L. Luoghi di spettacolo a Firenze dal Rinascimento all'Ottocento. Itinerario di divertimento e festa fra teatri e spazi urbani. Firenze: Semper; 2005.
- [11] Nicoll A. Lo spazio scenico. Storia dell'arte teatrale. Roma: Bulzoni Editore; 1972.
- [12] Roselli P, Romby GC, Fantozzi Micali O, I teatri di Firenze. Firenze: Bonechi; 1978.
- [13] Bartalucci C, Borchini F, Carfagni M, Luzzi S and Busa L. The Acoustic Design and Requalification of an Auditorium in a Church and of a Historical Theatre, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 364, 2018, p. 1-8.
- [14] Kato K, Ueno K, Kawai K. "Musicians' Adjustment of Performance to Room Acoustics, Part III: Understanding the Variations in Musical Expressions. *J Acoust Soc Am* 2008; 123: 3610–3610 DOI:10.1121/1.2934797.
- [15] Borisov A, Eiselein A, Letellier J, Sieck J, Thielen E. Aural Augmented and Virtual Reality Applications: Best Practices and Challenges. In: PROCEEDINGS of the 2nd Symposium: The Acoustics of Ancient Theatres 6–8 July 2022. Verona, Italy: 2022, DOI: 10.58874/SAAT.2022.170