

drawing disegnare

n. 68
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*

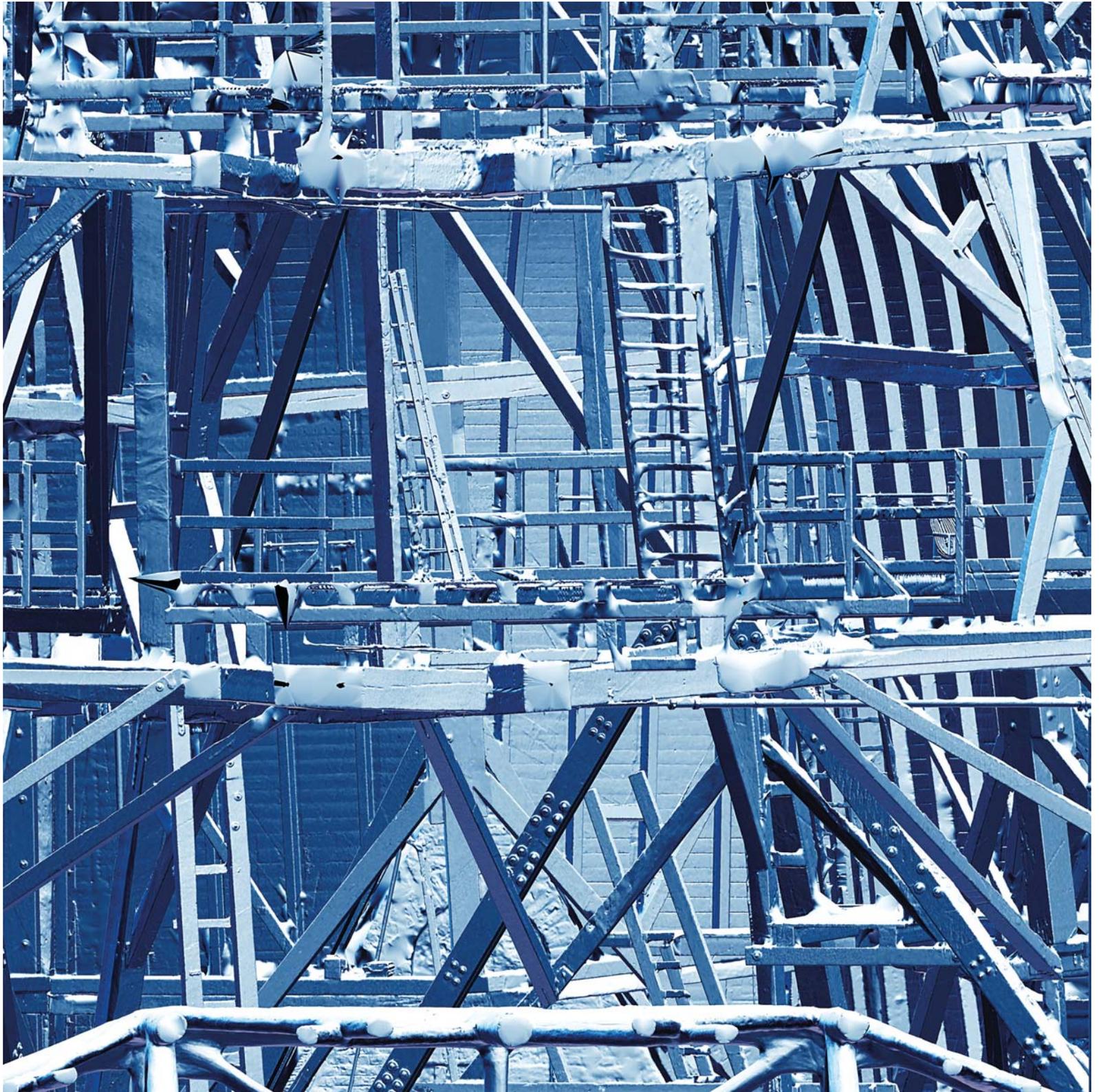
Worldwide distribution and digital version EBOOK
www.gangemeditore.it



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Anno XXXV, n. 68/2024
€ 15,00 - \$/£ 20.00

Full english text





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^{spa}
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@emmegroup.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 978-88-492-5280-4
ISSN IT 1123-9247

Finito di stampare nel mese di giugno 2024
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

Alonzo Addison, *University of California, Berkeley, USA*
Piero Albisinni, *Sapienza Università di Roma, Italia*
Eduardo Antonio Carazo Lefort, *Universidad de Valladolid, Spagna*
Fabiana Carbonari, *Universidad de La Plata, Argentina*
Pilar Chías, *Universidad de Alcalá, Spagna*
Francis D.K. Ching, *Seattle, USA*
Livio De Luca, *CNRS - Centre National de la Recherche Scientifique, Francia*
Marco Gaiani, *Università di Bologna, Italia*
Fernando Gandolfi, *Universidad de La Plata, Argentina*
Natalia Jorquera Silva, *Universidad del La Serena, Cile*
Joubert José Leacha, *Universidade de São Paulo, Brasile*
Cornelie Leopold, *Technische Universität Kaiserslautern, Germania*
Riccardo Migliari, *Sapienza Università di Roma, Italia*
Douglas Pritchard, *Robert Gordon University, Scozia*
Franco Purini, *Sapienza Università di Roma, Italia*
Mario Santana-Quintero, *Carleton University, Canada*

Comitato di Redazione/Editorial Staff

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

Staff edizione multimediale/Multimedia edition Staff

Marina Attenni, Adriana Caldarone, Flavia Camagni,
Marika Griffò, Sofia Menconero

Coordinamento editoriale e segreteria/Editorial coordination and secretarial services

Monica Filippa

Redazione/Editorial office

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

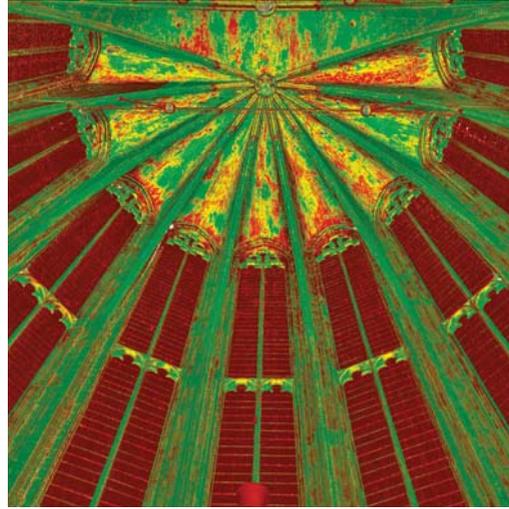
In copertina/Cover

Cattedrale di Aachen. Vista 3D delle strutture di sostegno della cupola esterna (elaborazione di Douglas Pritchard)
Aachen Cathedral. 3D model of the supporting structures of the outer dome (by Douglas Pritchard).

Anno XXXIV n. 68, giugno 2024

- 3 Editoriale di Mario Docci, Carlo Bianchini
La Cattedrale di Aachen, studi e ricerche
Editorial by Mario Docci, Carlo Bianchini
Aachen Cathedral, studies and research
- 7 Jan Richarz
L'importanza di un modello 3D per la Cattedrale di Aachen
The importance of a 3D model for Aachen Cathedral
- 12 Yannick Ley
L'evoluzione della Cattedrale di Aachen in sedici immagini
The evolution of Aachen Cathedral in sixteen figures
- 20 Douglas Pritchard
La documentazione della Cattedrale di Aachen: approcci integrati per la conservazione digitale utilizzando Terrestrial Laser Scanning e fotogrammetria
The documentation of Aachen Cathedral: integrated approaches for digital preservation using Terrestrial Laser Scanning and photogrammetry
- 38 Bruno Schindler
La geometria della Cappella Palatina di Aachen e il sistema di misurazione pratica applicato in cantiere
The geometry of the Aachen Palatine Chapel and the practical measurement system on the building site
- 56 Carlo Bianchini
Sulle unghie coniche della Cappella Palatina di Aachen
The conical vaults in the Palatine Chapel in Aachen
- 72 Martina Attenni, Roberto Barni, Marika Griffò
Sperimentazioni di Machine Learning per la mappatura della Cattedrale di Aachen
Machine Learning experiments for mapping Aachen Cathedral
- 90 Rilievo geometrico e architettonico: disegni tratti dal portfolio
Geometric and architectural survey: drawings from the portfolio

Cattedrale di Aachen. Vista texturizzata della nuvola
di punti del Coro gotico (elaborazione di Marika Griffò).
*Aachen Cathedral. Texturized view of the points cloud
of the Gothic Choir (by Marika Griffò).*





La Cattedrale di Aachen, studi e ricerche

Il presente numero di *Disegnare. Idee Immagini* abbandona temporaneamente la sua consueta impostazione “collettanea” divenendo eccezionalmente monografico.

Un evento questo del tutto straordinario per la nostra rivista, che trova un solo precedente nel numero 18 interamente dedicato in quel caso all’Anfiteatro Flavio.

Come in quell’occasione, dunque, anche questa volta ci occupiamo di un singolo, straordinario episodio, la Cattedrale di Aachen, e in particolare della Cappella Palatina di Carlo Magno la cui rilevanza ben giustifica l’eccezionalità della scelta editoriale.

È infatti quasi superfluo ricordare come la Cappella Palatina rappresenti non solo un impareggiabile capolavoro nella storia dell’architettura e dell’arte occidentale, ma anche il simbolo della prima “rinascita” politica e culturale pienamente “europea” dopo la caduta dell’Impero Romano d’Occidente.

Infatti la scelta di Carlo Magno di stabilire ad Aachen la sede permanente del Sacro Romano Impero non solo comporta la rottura con il tradizionale modello germanico di corte itinerante, ma determina nel contempo la necessità di realizzare “ex-novo” un complesso palatino capace sia di rispondere alle varie esigenze dettate dall’attività di governo sia soprattutto di rendere manifesto il progetto politico-culturale dell’imperatore.

La Cappella Palatina – attualmente incorporata nel più vasto complesso della Cattedrale – simboleggia questo snodo cruciale della storia dell’Europa occidentale segnando, dal punto di vista architettonico, la nascita di un nuovo linguaggio che ambisce in qualche modo a superare le tradizioni romana e bizantina senza tuttavia contraddirle.

I numerosissimi studi che precedono quelli raccolti in questo numero della rivista hanno già messo in luce molte delle caratteristiche del complesso palatino e, in questo senso, i contributi che qui presentiamo si inseriscono certamente in questo stesso filone scientifico. È bene tuttavia mettere in luce come essi siano anche un primo, significativo risultato di un vasto progetto di ricerca internazionale che ha completato tra il 2022 e il 2023 una sistematica campagna di rilevamento integrato dell’intero complesso.

Questa attività, sviluppata anche nel quadro del PNRR (PE5 CHANGES, Spoke 8) e che ha visto coinvolti il Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell’Architettura di Sapienza, la Robert Gordon University di Aberdeen, la Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule di Aachen in partnership con la Dombauhütte della Cattedrale, ha messo a disposizione degli studiosi un’inedita e molto affidabile nuvola di punti 3D che documenta più del 95% delle superfici dell’intero complesso.

Sebbene l’applicazione integrata delle tecnologie LiDAR, SLAM, di fotogrammetria terrestre e da drone sia ormai da considerarsi una sorta di standard nelle attività di rilevamento, ciò nondimeno raggiungere un grado di ricopertura così elevato rappresenta in qualche modo un cambio di paradigma anche rispetto al recente passato.

Per prima cosa, esso dimostra la fattibilità di una documentazione così estensiva con tempi e costi ragionevoli. Inoltre, tale approccio supera quel concetto di un rilevamento *just enough* (concentrato cioè solo sulle parti facilmente rilevabili o di interesse contingente) in favore di una documentazione la più esaustiva possibile, omogenea in termini di accuratezza e in un formato digitale che ambisce a rendersi indipendente dal software utilizzato. Al di là dei benefici singolarmente apportati da questi aspetti, il loro combinato apre di fatto le porte alla reale possibilità di considerare il monumento stesso come una “fonte”, ossia quale documento su cui basare analisi e interpretazioni.

Questo discorso sembra da un lato banale (in quanto è ovvio che ogni interpretazione di un monumento non possa che essere basata sul monumento stesso!) e dall’altro un po’ tecnicista, come se l’impiego dei sistemi digitali e di acquisizione 3D massiva fosse condizione sufficiente per ottenere questo risultato.

La lora “massività” sufficiente certamente non è; ma necessaria forse sì, nella misura in cui essa diviene elemento abilitante per ricerche che sfruttano una base dati omogenea e trascurabilmente affetta dalle inevitabili soggettività introdotte dagli operatori nella scelta e misura di singoli punti.

Questi concetti, apparentemente astratti, innestati come criteri metodologici nella nostra campagna di rilevamento hanno prodotto già un primo (notevole a nostro avviso) risultato nella fase di lettura del manufatto consentendoci di rivelare un'inedita serie di volte coniche nell'ambulacro superiore della Cappella Palatina. Un'anomalia mai messa in luce prima e che non sarebbe stato possibile apprezzare senza avere a disposizione una nuvola 3D con le caratteristiche di cui abbiamo già ampiamente parlato.

Poiché crediamo che scoperte come quella di Aachen non siano da considerarsi episodiche, l'aggiornamento ai nuovi standard di rilevamento e la conseguente sempre maggiore disponibilità di dati affidabili fornirà certamente nuove occasioni anche per mettere alla prova ipotesi storicamente consolidate circa la forma e geometria degli oggetti architettonici oltre che per rivelare caratteristiche semplicemente non individuabili con approcci più tradizionali.

Non va inoltre trascurato un altro aspetto poco considerato: una nuvola di punti 3D come quella di cui abbiamo fin qui parlato diviene di fatto una "foto 3D" dell'oggetto precisamente collocata nel tempo. In questo senso, i dati che produciamo oggi diverranno in qualche decennio quello che per noi sono oggi i disegni e le foto storiche, ossia fonti preziose per i nostri studi. Questo fatto introduce nelle campagne di rilevamento una componente etica a nostro avviso non irrilevante.

In realtà le nuvole 3D andranno ben al di là di questo, poiché le letture che esse consentiranno travalicheranno il contesto dell'architettura e, in questa direzione, cominciano ad accumularsi evidenze inaspettate. Ne è un esempio il progetto Urban Model of Glasgow (<<https://data.glasgow.gov.uk/pages/3d-urban-model>>) con cui il Glasgow City Council ha avviato da ormai un ventennio la documentazione 3D del centro città: i dati delle prime scansioni del 2005, obsoleti dal punto di vista architettonico in quanto superati dalle successive campagne di rilevamento, stanno invece divenendo preziosissimi strumenti nel settore delle *digital humanities* per la loro capacità di fornire dati affidabili (a suo tempo "collateralmente" fissati nelle nuvole 3D) riguardo agli stili di vita, agli oggetti d'uso e perfino alla moda.

Concludiamo allora con un rapido sguardo al contenuto di questo numero che ospita in apertura "il punto di vista della Cattedrale", ossia una presentazione di quali benefici il progetto ha portato e potrà portare nella gestione anche quotidiana del monumento che, giova ricordarlo, è inserito nella World Heritage List UNESCO; a seguire uno spazio dedicato alla iconografia storica del complesso di Aachen. La sezione più scientifica si apre con la descrizione/discussione di dettaglio delle campagne di rilevamento svolte, cui segue un primo contributo analitico che propone un'ipotesi suggestiva circa la matrice costruttiva e l'unità di misura usata per la Cappella Palatina. I due articoli successivi che chiudono il numero 68 riguardano rispettivamente la già citata questione delle volte coniche e un'applicazione del *Machine Learning* alla mappatura delle superfici della Cattedrale.

Un'offerta ancora una volta ricca che speriamo verrà apprezzata dai nostri lettori.

Mario Docci, Carlo Bianchini

editorial

Aachen Cathedral, studies and research

The current issue of Disegnare. Idee Immagini temporarily departs from its usual miscellaneous format in favour of a monographic one. This is a rare event for our journal; the only other monographic issue was no. 18, dedicated entirely to the Flavian Amphitheatre.

As on that occasion, we once again focus on a single, extraordinary subject: the Cathedral in Aachen and, more specifically, Charlemagne's Palatine Chapel – so significant it fully justifies our unique editorial choice. The Palatine Chapel is not only an unrivalled masterpiece of Western art and architecture, it is also a symbol of the first truly 'European' political and cultural renaissance following the fall of the Western Roman Empire.

Charlemagne's decision to choose Aachen as the permanent seat of the Holy Roman Empire broke with the traditional Germanic model of an itinerant court and led to the creation of an entirely new palatial complex. The latter was designed to not only address the diverse needs of governance, but also embody the Emperor's political and cultural vision.

The Palatine Chapel, now incorporated into the larger cathedral, symbolises this transformative moment in history of Western Europe. Architecturally speaking it marks the birth of a new language that sought to transcend Roman and Byzantine traditions, albeit respecting their heritage.

Numerous studies performed before the ones published in this issue have already highlighted many features of the palatial complex. While the papers presented here belong to the same scholarly tradition, it is important, however, to emphasise that they also represent the first significant products of a major international research project that involved a systematic integrated survey campaign of the entire complex, conducted between 2022 and 2023.

This initiative, carried out also within the framework of the NRRP (PE5 CHANGES, Spoke 8), involved the Department of History, Representation and Restoration of Architecture at Sapienza University, the Robert Gordon University in Aberdeen, and the Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, in partnership with the Dombauhütte of the Cathedral. The project provided researchers with an unprecedentedly reliable 3D points cloud of over 95% of the building's surfaces.

While the integrated use of LiDAR, SLAM, terrestrial and UAV photogrammetry is now considered standard practice in surveying, achieving such extensive coverage represents a paradigm shift, even when compared to recent advancements.

Firstly, it demonstrates the feasibility of producing comprehensive documentation within reasonable timeframes and budgets. In addition, this approach moves away from the traditional 'just enough surveying' mindset (i.e., that prioritises easily accessible areas or specific parts of interest) in favour of documentation that is as exhaustive and accurate as possible, presented in a format that aspires to be software-independent. Quite apart from the individual benefits achieved by these aspects, their combination paves the way for the truly revolutionary possibility of being able to treat the monument as a primary 'source', in other words a document upon which we can directly base analyses and interpretations.

This concept may appear both self-evident (since any interpretation of a monument must, of course, be based on the monument itself) and overly technicist, implying that 3D scanning systems alone are sufficient to achieve this result. While the 'massive capabilities' of these systems are insufficient on their own, they are undoubtedly necessary since they enable research based on data which is only minimally influenced by the biases that an operator inevitably introduces when selecting and measuring individual points.

These seemingly abstract concepts were embedded as methodological criteria in our survey campaign and have already yielded significant results. For instance, during the analysis phase, we uncovered a previously unnoticed series of conical vaults in the upper ambulatory of the Palatine Chapel. This anomaly, never before identified, would have remained hidden without access to a 3D points cloud with the characteristics outlined earlier.

We believe that such discoveries should not be considered isolated occurrences. The adoption of new surveying standards and the resulting increased availability of reliable data will

undoubtedly provide further opportunities to challenge long-established hypotheses about the shape and geometry of architectural objects. Moreover, these technologies can reveal features that cannot be detected with traditional tools.

Another often overlooked aspect is that a 3D points cloud adhering to the discussed standards becomes, in essence, a '3D photograph' of the object, capturing it at a specific moment in its history. The data we produce today will, in a few decades, hold the same value for future studies as historical drawings and photographs hold for us now. This introduces an ethical dimension to surveying campaigns that we consider far from negligible.

Indeed, the use of 3D point clouds extend well beyond architectural contexts. Unexpected insights are already emerging, as demonstrated by the Urban Model of Glasgow Project (<<https://data.glasgow.gov.uk/pages/3d-urban-model>>), implemented in the last two decades by Glasgow City Council to document the city centre in 3D. Data from the initial 2005 scans, now outdated for architectural analysis, have unexpectedly become invaluable for digital humanities research, offering reliable information, captured within those 3D point clouds, about everyday life, objects, and even fashion trends.

We'll conclude with a brief overview of this issue's contents. This issue opens with 'the Cathedral's perspective', detailing the benefits this project has already provided and will continue to provide regarding the monument's daily management. Let us not forget that Aachen Cathedral is a UNESCO World Heritage Site; it is followed by a focus on the historical iconography of the Aachen Cathedral complex.

The scientific section begins with a comprehensive discussion of the survey campaigns, followed by a paper presenting a compelling hypothesis regarding the construction matrix and unit of measurement used for the Palatine Chapel. The final two articles address the newly identified conical vaults and the application of machine learning to the mapping of the cathedral's surfaces. Once again, we present a rich compendium which we hope will be appreciated by our readers.

Translation by Carlo Bianchini

Mario Dozzi, Carlo Bianchini

La rivista è inclusa nella Web of Science Core Collection (Clarivate Analytics), dove è indicizzata nell'Arts & Humanities Citation Index e nel database di Scopus dove sono presenti gli abstract dei contributi.

La selezione degli articoli per *Disegnare. Idee Immagini* prevede la procedura di revisione e valutazione da parte di un comitato di referee (*blind peer review*); ogni contributo viene sottoposto all'attenzione di almeno due revisori, scelti in base alle loro specifiche competenze. I nomi dei revisori sono resi noti ogni anno nel numero di dicembre.

The journal has been selected for coverage in the Web of Science Core Collection (Clarivate Analytics); it is indexed in the Arts & Humanities Citation Index and abstracted in the Scopus database.

The articles published in Disegnare. Idee Immagini are examined and assessed by a blind peer review; each article is examined by at least two referees, chosen according to their specific field of competence. The names of the referees are published every year in the December issue of the journal.

Gli autori di questo numero
Authors published in this issue

Martina Attenni
 Dipartimento di Storia, disegno e restauro
 dell'architettura
 Sapienza Università di Roma
 piazza Borghese, 9
 00186 Roma, Italia
 martina.attenni@uniroma1.it

Roberto Barni
 Dipartimento di Storia, disegno e restauro
 dell'architettura
 Sapienza Università di Roma
 piazza Borghese, 9
 00186 Roma, Italia
 roberto.barni@uniroma1.it

Carlo Bianchini
 Dipartimento di Storia, disegno e restauro
 dell'architettura
 Sapienza Università di Roma
 piazza Borghese, 9
 00186 Roma, Italia
 carlo.bianchini@uniroma1.it

Marika Griffio
 Dipartimento di Storia, disegno e restauro
 dell'architettura
 Sapienza Università di Roma
 piazza Borghese, 9
 00186 Roma, Italia
 marika.griffio@uniroma1.it

Yannick Ley
 Chair of Architectural History
 RWTH Aachen University
 Schinkelstraße 1
 52062 Aachen, Germania
 yannick.ley@rwth-aachen.de

Douglas Pritchard
 Scott Sutherland School of Architecture
 Robert Gordon University
 Garthdee House, Garthdee Road
 Aberdeen, AB10 7QB, Scozia, Regno Unito
 d.pritchard1@rgu.ac.uk

Jan Richarz
 Domkapitel Aachen
 Dombauhütte
 Klosterplatz 2
 52062 Aachen, Germania
 Klosterplatz 3 / 1.OG

Bruno Schindler
 RWTH Aachen University
 Templergraben 55
 52062 Aachen, Germania
 schindler@ages.rwth-aachen.de

Jan Richarz

L'importanza di un modello 3D
per la Cattedrale di Aachen
*The importance of a 3D model
for Aachen Cathedral*

Yannick Ley

L'evoluzione della Cattedrale di Aachen
in sedici immagini
*The evolution of Aachen Cathedral
in sixteen figures*

Douglas Pritchard

La documentazione della Cattedrale di Aachen:
approcci integrati per la conservazione digitale
utilizzando *Terrestrial Laser Scanning*
e fotogrammetria

*The documentation of Aachen Cathedral:
integrated approaches for digital preservation
using Terrestrial Laser Scanning
and photogrammetry*

Bruno Schindler

La geometria della Cappella Palatina
di Aachen e il sistema di misurazione pratica
applicato in cantiere

*The geometry of the Aachen Palatine Chapel
and the practical measurement system
on the building site*

Carlo Bianchini

Sulle unghie coniche della Cappella Palatina
di Aachen
*The conical vaults in the Palatine Chapel
in Aachen*

Martina Atteni, Roberto Barni, Marika Griffo

Sperimentazioni di *Machine Learning*
per la mappatura della Cattedrale di Aachen
*Machine Learning experiments for mapping
Aachen Cathedral*



**WORLDWIDE DISTRIBUTION
AND DIGITAL VERSION
EBOOK
AMAZON, APPLE, ANDROID
WWW.GANGEMEDITORE.IT**

