

drawing n. 68 disegnare 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*

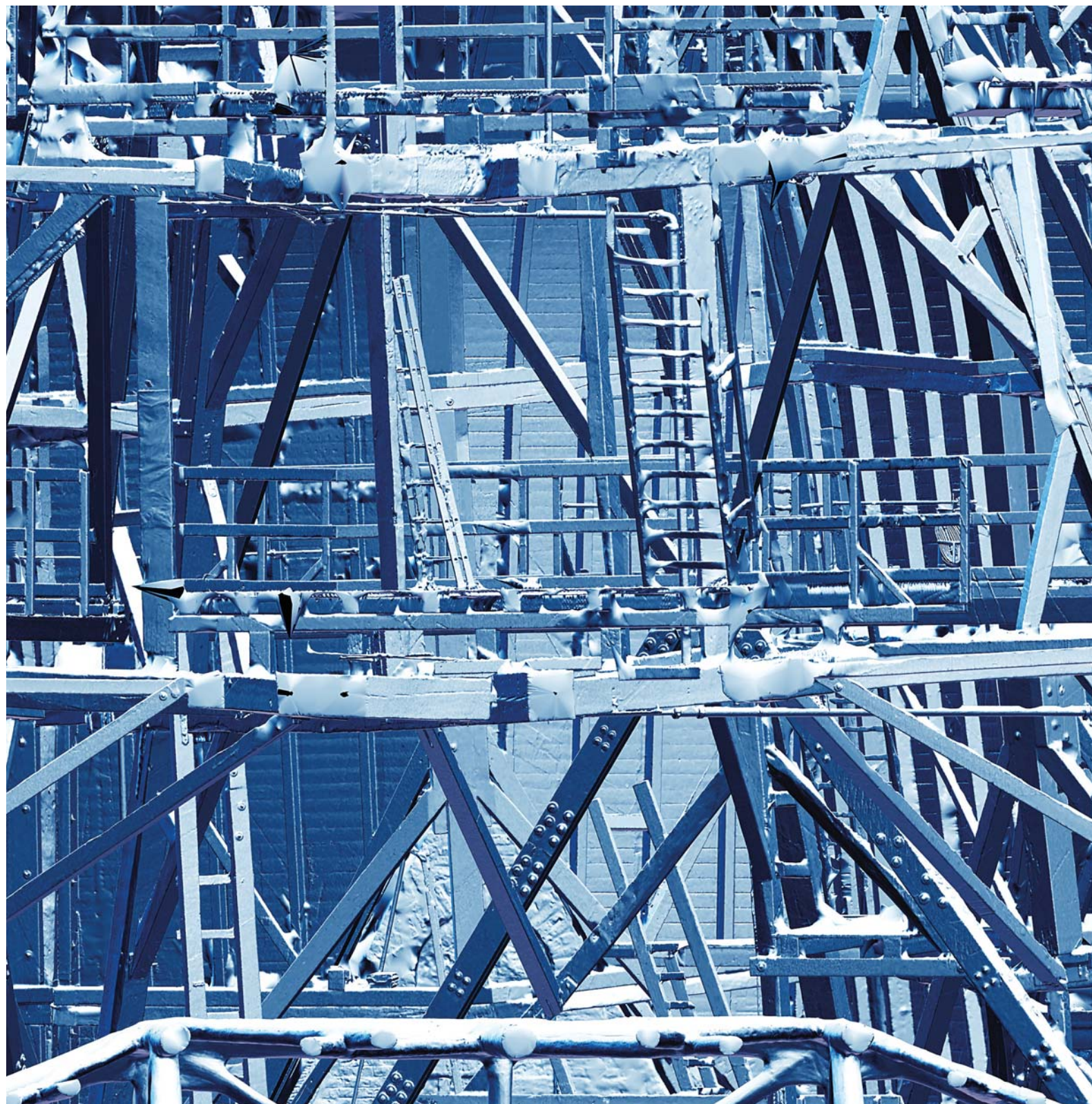
Worldwide distribution and digital version EBOOK
www.gangemeditore.it



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

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

Full english text





<https://dsdra.web.uniroma1.it/it/disegnare-idee-immagini>



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 978-88-492-5280-4
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 Albinin, *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 Lancha, *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

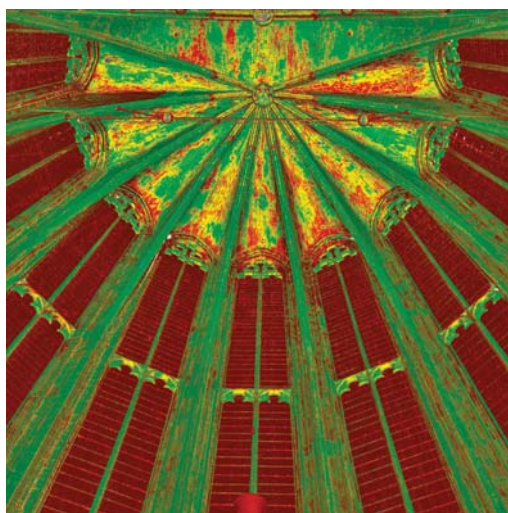
In copertina/Cover

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).*



Jan Richarz

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



<https://cdn.gangemieditore.com/DOI/10.61020/11239247-202468-02.pdf>

Quale uno dei primi dodici siti riconosciuti Patrimonio dell'Umanità, la Cattedrale di Aachen è dal 1978 uno degli edifici più importanti al mondo. Fin dalla sua costruzione l'edificio ha affascinato e suscitato interesse. Trattandosi della chiesa cattedrale della diocesi di Aachen, ha anche una rilevante funzione come luogo di culto; ogni anno viene visitata da 1,4 milioni di persone, ciascuna con i propri specifici interessi.

Trattandosi di un sito Patrimonio dell'Umanità nutriamo, in quanto Fabbrica della Cattedrale, un notevole interesse nella documentazione del nostro patrimonio edilizio e siamo sempre al centro dell'attenzione delle autorità competenti in materia di monumenti e delle autorità politiche e del mondo scientifico.

Volendo utilizzare tecnologie innovative per ottenere i migliori risultati possibili per la conservazione della Cattedrale ma essendo dotati di risorse limitate in termini di personale e di disponibilità finanziarie, difficilmente possiamo svolgere questo imponente lavoro da soli e siamo felici di poter mettere in atto importanti collaborazioni con istituti e università che operano in quasi tutti i settori; le tecnologie sono all'avanguardia e gli studiosi che lavorano agli aspetti tecnologici sono spinti dalla nostra stessa sete di conoscenza.

Diamo un breve sguardo alla storia della documentazione della Cattedrale.

Per quanto riguarda lo sviluppo planimetrico dell'edificio carolingio possiamo trarre conclusioni solo sulla base delle scoperte scientifiche, poiché non si conservano disegni originali.

Le prime immagini conosciute della Cattedrale risalgono infatti al XII-XIII secolo; una di esse è quella incisa sulla copertura del reliquiario che custodisce i resti di Carlo Magno, realizzato prima del 1215.

Avvicinandoci al periodo gotico, troviamo incisi nel coro, come base di lavoro per gli scalpellini dell'epoca, disegni della decorazione e delle volte.

Alcune incisioni realizzate negli anni successivi ci forniscono informazioni pittoriche sull'edificio anche se in queste opere si nota sempre una certa libertà artistica; processi di idealizzazione, distorsioni, interpretazioni e

a volte evidenti errori degli artisti obbligano a un approccio critico a queste fonti iconografiche. È presumibile poi che durante i tre incendi della città, l'ultimo dei quali risale al 1656, e a causa delle diverse guerre siano andate perdute altre raffigurazioni più antiche¹.

Negli ultimi duecento anni è stata realizzata una infinita quantità di disegni e di fotografie che rappresentano la Cattedrale in diversi modi; in questa raccolta iconografica si combinano pianificazione, documentazione e esigenze di tipo turistico.

Negli ultimi decenni, con gli ulteriori sviluppi nella tecnologia di rilevamento, i gruppi di ricerca si sono ripetutamente impegnati nel realizzare una documentazione il più possibile completa mediante rappresentazioni bidimensionali. I disegni realizzati per la Cattedrale rispecchiano chiaramente lo sviluppo tecnologico che ha riguardato l'ambito del rilevamento architettonico. Con l'ulteriore sviluppo della tecnologia di rilevamento, negli ultimi decenni i team di progetto si sono ripetutamente adoperati per documentare il complesso nel modo più completo possibile mediante planimetrie. I disegni realizzati per la Cattedrale di Aquisgrana, ad esempio, mostrano chiaramente lo sviluppo della tecnologia di rilievo degli edifici. Se guardiamo indietro solo di circa venticinque anni, vediamo che abbiamo, ad esempio, una serie completa di planimetrie all'avanguardia registrate fotogrammetricamente dall'Istituto di Geodesia dell'Università RWTH di Aachen e convertite in CAD, che hanno costituito la base per tutti gli interventi sull'edificio fino alla creazione di un nuovo modello.

Il ruolo e l'importanza di un modello della Cattedrale ottenuto tramite scansione

Da un punto di vista economico, non saremo stati in grado di optare per una nuova campagna di documentazione della Cattedrale in quanto le nostre risorse non sarebbero state sufficienti per un'attività completa qualitativamente elevata.

La questione dell'utilizzo dei dati è a volte di importanza secondaria in ambito scien-

As one of the first twelve World Heritage Sites, Aachen Cathedral has been one of the world's most important buildings since 1978. Since its construction, the building has fascinated and interested people. As the cathedral church of the diocese of Aachen, it also has a very important function as a place of worship. Up to 1.4 million people visit the Cathedral every year, each with their different interest.

As a World Heritage Site, we ourselves naturally have a great interest in the documentation of our building stock and are always in the focus of the monument authorities, politics and science.

Our premise is that we want to use innovative technology to achieve the best possible results for the preservation of the cathedral. We can hardly carry out this extensive work ourselves with limited personnel and financial capacities and are therefore happy to work closely with colleges and universities in almost all areas. The state of the art there is up to date and the people working on the technology are driven by the same thirst for knowledge that drives us. Let's take a brief look at the history of the documentation of Aachen Cathedral.

We can only draw conclusions about the Carolingian building plan on the basis of research findings; drawings have not survived. The earliest known illustrations of the building date from the 12th to 13th centuries, one of which is engraved in the roof of Charlemagne's shrine from before 1215, in which Charlemagne's bones are preserved. If, on the other hand, we approach the Gothic period, we find in the choir hall, for example, incised drawings of the tracery and vaulting as a working basis for the stonemasons of the time. Some engravings from later years provide us with pictorial information about the building, whereby artistic freedom can always be seen there. Idealizations, distortions, interpretations and sometimes clear mistakes by the artists force us to take a critical approach to these sources. During three town fires, the last in 1656, and several wars, other older depictions were presumably lost.¹

Over the last 200 years, a wide range of drawings and photographs have been created

that depict the cathedral in a variety of ways. Planning, documentary and tourist interests are combined in this collection.

With the further development of surveying technology, project teams have repeatedly endeavoured to document the inventory as completely as possible in plan drawings over the past decades. The drawings produced for Aachen Cathedral, for example, clearly show the development of technology in building surveying. If we look back only about 25 years, we see that we have, for example, a complete set of state of the art plans photogrammetrically recorded by the Institute of Geodesy at RWTH Aachen University and converted into CAD, which formed the basis for all construction work on the building until a new model was created.

How a scan model of the Cathedral makes sense

From an economic perspective, we would not have been able to opt for new documentation at first. Our own funds would not have been sufficient for the complete documentation of the cathedral in a high-quality form.

The question of the perspective of use is sometimes of secondary importance in the scientific field. However, it is essential for us as the Cathedral's building lodge that we have a planning basis with which we can provide good support for extensive projects. In principle, it would still be possible to work with the existing set of plans. The question therefore arises as to what added value a 3D model offers us compared to the existing plan and the conventional methodology. We can't just stick to the fact that we now have a beautiful, presentable and in some places admirably perfectionist model, but we have to consider what we want to achieve with it and how it can be implemented in our work. There are various objectives at the Cathedral. Broadly speaking, these are Open Access Heritage, tourism and building conservation. Of course, we are aware that this 3D model only represents a snapshot in time. This is certainly not a major problem in the area of tourism activities, but in the area of planning, up-to-datedness is sometimes crucial. Construction work has already taken place

tifico. Tuttavia per noi, in quanto Fabbrica della Cattedrale, è essenziale poter disporre di una base dati che permetta di pianificare e di supportare al meglio progetti di ampio respiro. Teoricamente sarebbe ancora possibile, in realtà, lavorare con le planimetrie esistenti; sorge dunque la domanda su quale valore aggiunto offra un modello 3D rispetto a tali elaborati e alla metodologia convenzionale. Non possiamo certo limitarci al fatto che ora abbiamo un modello "bello", presentabile e, in alcuni punti, si potrebbe dire perfetto, ma dobbiamo considerare cosa vogliamo ottenere attraverso questo modello e come esso possa essere utilizzato nel nostro lavoro.

Ci sono diversi obiettivi per la Cattedrale. In generale, si tratta di *Open Access Heritage*, di turismo e di conservazione dell'edificio. Naturalmente siamo consapevoli che questo modello 3D rappresenta solo un'istantanea della situazione attuale. Ciò non costituisce un problema nell'ambito delle attività turistiche, ma per quanto riguarda la pianificazione l'aggiornamento rappresenta a volte l'elemento cruciale.

Sono già stati effettuati interventi da quando è stato creato il modello e alcuni aspetti specifici sono sicuramente cambiati. Il risanamento della muratura nella sala del coro, ad esempio, ha comportato modifiche che hanno previsto l'uso di rinforzi incrociati e la sostituzione di elementi in pietra. Sono state installate nuove luci all'interno, che cambiano significativamente la percezione dello spazio originale.

Open Access Heritage

Il modello 3D praticamente completo di cui ora disponiamo, frutto del lavoro di tre università europee, ci ha mostrato il nostro edificio con misure e caratteristiche completamente diverse. Crediamo che questo potrà offrire nuove opportunità alla formazione e alla ricerca. Modelli 3D dettagliati consentiranno a ricercatori e studenti di approfondire diversi aspetti dell'edificio, come l'architettura, le tecniche di costruzione e la storia; i contributi di Martina Attenni, Roberto Barni, Carlo Bianchini, Marika Griffo, Carlo Inglese, Yannick Ley, Douglas Pri-

tchard, Guglielmo Villa sulle volte carolingie lo dimostrano già in modo sconcertante². Vengono regolarmente realizzati studi sulle proporzioni e sulla individuazione degli assi e delle caratteristiche geometriche dell'edificio, vengono effettuate mappature e viene indagata la morfologia. Il modello potrebbe fornire risposte dirette a molte domande e aumentare la precisione delle analisi.

Vi sono anche questioni nel campo dell'ingegneria che potrebbero essere di particolare interesse. Ad esempio, stiamo attualmente collaborando con gli studenti per esaminare la rete di tubazioni del sistema antincendio nei tetti e stiamo anche pianificando di apportare modifiche a lungo termine, che si rifletteranno poi nel modello. Le questioni sono molteplici e spesso per noi difficili da cogliere.

Stiamo quindi pensando a una nuova presentazione pubblica del nostro sito Patrimonio dell'Umanità che, supportata da un database per la pianificazione, possa fornire a tutti l'accesso ai dati storici e ai disegni dell'edificio tramite un'interfaccia utente visiva. Stiamo in particolare utilizzando il sistema Monarch³, che vorremmo associare alla nuova scansione laser. Alla fine questo potrebbe portare a un sistema BIM basato sul modello stesso, che ci aiuterà a sistematizzare la pianificazione delle attività di restauro e di ristrutturazione a lungo termine.

Turismo

Nel settore del turismo, invece, il modello può essere considerato un'offerta aggiuntiva per la visita dell'edificio grazie al fatto che consente di visualizzare parti dell'edificio che non sono raggiungibili nella realtà. La Cattedrale, ad esempio, potrebbe anche essere presentata attraverso itinerari di realtà virtuale o tour guidati digitali. Alla luce del crescente fenomeno del sovraturismo, in particolare nei siti Patrimonio dell'Umanità, questo potrebbe addirittura rappresentare un modo per tutelare più efficacemente l'edificio. Potrebbe risultare di particolare interesse anche il collegamento del modello 3D esistente della zona di scavo archeologico nel seminterrato della Cattedrale, luogo che non potremo mai rendere accessibile.

Conservazione dell'edificio

Esaminiamo i possibili ambiti di applicazione del modello per la pianificazione, lo sviluppo e la conservazione dei monumenti. Nel settore artigianale sta diventando sempre più comune per i conciatetti, ad esempio, utilizzare modelli 3D generati tramite droni per determinare le quantità di materiale necessarie per le superfici di un tetto; si tratta già oggi di un servizio standard presente sul mercato. È proprio per tali motivi che utilizzeremo il modello: ora possiamo stimare masse, quantità e superfici con maggiore precisione per quanto concerne anche la terza dimensione.

Le parti decorative e architettoniche più importanti dell'esterno della Cattedrale sono state modellate in gesso intorno al 1900, ma purtroppo diversi di questi calchi sono stati distrutti durante un bombardamento. Tuttavia, l'idea di poter recuperare lo stampo storico ha accompagnato tutti gli architetti della Cattedrale sin da allora. In futuro, gli sforzi nell'ambito della conservazione includeranno la digitalizzazione dettagliata di questi calchi, in modo da poter ancora accedere alla forma storica anche nel caso in cui i modelli in gesso andassero perduti.

Allo stesso modo ora possiamo utilizzare il modello 3D quando si tratti di sostituire, ad esempio, fragili sezioni traforate in corrispondenza delle gallerie e delle finestre. Gli scalpellini possono prendere misure o generare un file CNC dal modello in modo che i blocchi grezzi da usare per gli elementi in pietra da sostituire possano essere lavorati da robot. Ma anche questo è già uno standard presente sul mercato.

Per noi l'utilizzabilità del modello deve quindi andare oltre lo standard. In ulteriori approfondimenti da condurre con le università coinvolte, il monitoraggio del monumento sotto tutela è la nostra massima priorità e il modello può fornire in questo ambito un supporto particolare. Lo stato di fatto documentato ci offre l'opportunità di esaminare le deformazioni dell'edificio in modo molto più dettagliato rispetto a prima. Per il futuro stiamo considerando di utilizzare il modello come base per un monitoraggio regolare e completamente automatizzato

della muratura mediante droni. Attraverso la precisa definizione del modello, un drone può localizzarsi e fornirci informazioni sulle condizioni delle giunture o delle crepe, ad esempio, o sulla formazione di nuove fessurazioni nella muratura. Anche le aree fortemente colpite dalle precipitazioni e dall'umidità potrebbero essere esaminate più da vicino. Per fare ciò, il drone dovrà sorvolare regolarmente aree che possiamo raggiungere con difficoltà anche utilizzando una piattaforma elevatrice. Confrontando il modello, che funge da immagine di riferimento, possono essere identificate le modifiche che occorrono all'edificio. La definizione della nuvola di punti consente inoltre di localizzare direttamente elementi rilevanti, cosa che non sarebbe possibile mediante un confronto unicamente fotografico.

Esiste un altro utilizzo possibile in ambito di pianificazione e sviluppo: la Fabbrica della Cattedrale svolge compiti di gestione del sito ed è quindi coinvolta nella progettazione urbana all'interno della *buffer zone* del sito del Patrimonio Mondiale come autorità pubblica; le scansioni laser 3D possono aiutare nello sviluppo urbanistico di Aachen. Architetti e urbanisti possono dunque utilizzare il modello per visualizzare come si inseriscono i nuovi progetti nei dintorni della Cattedrale come parte della Valutazione dell'Impatto sul Patrimonio. Il monitoraggio dell'ICOMOS può quindi affrontare direttamente gli aspetti rilevanti dell'edificio e dei suoi dintorni.

Prevenzione dei disastri

Il modello è utile anche nella prevenzione dei disastri. Per la prima volta il modello 3D ci ha fornito una sezione trasversale accurata di tutte le singole volte della Cattedrale. Nel consueto rilevamento tachimetrico, le linee di sezione sono ovviamente il più precise possibile, ma potrebbero non fornire un'indicazione accurata dell'andamento complessivo della superficie della volta. Il modello tridimensionale esistente è stato quindi già utilizzato ad Aachen per mettere in atto una modifica nella pianificazione da parte dei vigili del fuoco in caso di potenziale incendio nell'area della copertura della sala del coro: la sezione tra-

since the model was created and individual aspects have certainly been changed. The renovation of the masonry in the choir hall, for example, has resulted in changes through the use of crossings and stone replacement. New lighting has been installed in the interior, which significantly changes the perception of the original space.

Open Access Heritage

The almost complete 3D model of the three European universities that we now have shows us our building in completely different dimensions and characteristics. We believe that this will also open up new opportunities for education and research.

Detailed 3D models will allow researchers and students to study different aspects of the building, such as the architecture, construction techniques and history; the contributions by Martina Attenni, Roberto Barni, Carlo Bianchini, Marika Griffò, Carlo Inglese, Yannick Ley, Douglas Pritchard, Guglielmo Villa on the Carolingian vaults already demonstrate this impressively.² Proportion studies, axis determinations and geometric features of the building are regularly analysed, mapping is carried out and the morphology examined. The model could provide direct answers to many questions here and increase the accuracy of the analyses.

There are also issues in the field of engineering that may be of particular interest. For example, we are currently working with students to examine the piping network of the sprinkler system in the roofs and are also planning to make changes to it in the long term, which will be reflected in the model. The issues are manifold and often difficult for us to grasp.

We are therefore thinking about a new public presentation of our World Heritage Site which, supported by a planning database, can give everyone access to the historical data and drawings of the building via a visual user interface. We are using the Monarch³ system for this, which we would very much like to combine with the new laser scan.

Ultimately, this could result in a BIM system based on the model, which will help us to

systematize the planning of restoration and renovation measures in the long term.

Tourism

In the tourism sector, for example, it is conceivable that we could see the model as an additional offer for visiting the building and thus make areas of the building accessible that are not accessible in reality. This could be presented in virtual reality tours or digitally guided tours, for example. Against the backdrop of the increasing phenomenon of over tourism, particularly in the area of World Heritage sites, this may even be a way of protecting the substance of the building more effectively. The linking of an existing 3D model of the archaeological excavation zone in the basement of the Cathedral, which we will never be able to make accessible, could be of particular interest.

Building conservation

Let's take a look at possible fields of application of the model for planning, development and monument preservation.

In the craft sector, it is becoming more and more possible for roofers, for example, to use 3D models generated by drones to determine quantities for roof surfaces. This is already a standard service on the market. This is exactly what we will use the model for: we can now estimate masses, quantities and areas more accurately in the depth dimension.

The most important ornamental and architectural parts of the exterior of Aachen Cathedral were cast in plaster around 1900, but unfortunately several of these casts were destroyed in a bombing raid. Nevertheless, the idea of being able to fall back on the historical mold of this period was one that has accompanied all cathedral architects since that time. In future, the conservation effort will include digitizing these casts in detail so that we still have access to the historical form even if the plaster models are lost.

We can now use the 3D model in a similar way when it comes to replacing fragile tracery sections on the galleries and windows, for example. The stonemasons can take

sversale di una delle volte che hanno subito riparazioni dopo la Seconda Guerra Mondiale si è dimostrata infatti significativamente più sottile di quanto suggerissero i disegni precedenti. In caso di incendio, in questo punto non si devono utilizzare grandi quantità di acqua per lo spegnimento poiché la volta potrebbe essere danneggiata più rapidamente dal peso dell'acqua di quanto si pensasse in precedenza.

Se dovesse verificarsi un grave danno, il modello ci potrebbe fornire anche una base affidabile per una ricostruzione dettagliata della condizione precedente, cosa che lo rende particolarmente prezioso e parte della nostra preparazione alle calamità.

Prossimi passi

Oltre al potenziale già descritto, abbiamo scoperto che ci sono effettivamente alcune lacune nel nostro catalogo di oltre 6.000 disegni esistenti dell'edificio e dei complessi adiacenti, che potrebbero essere colmate grazie a questo modello. Nei prossimi anni intendiamo utilizzare queste aree del modello per creare ulteriori elaborati bidimensionali che, ancora oggi, rappresentano la forma di comunicazione prevalente nel settore delle costruzioni. Nel lungo periodo, tuttavia, è possibile prevedere di riuscire a migliorare anche questo aspetto, utilizzando il nostro sistema Monarch con un modello 3D integrato e opzioni di accesso. Ad esempio abbiamo attualmente necessità di un progetto per annullare le barriere architettoniche nel percorso di accesso dall'ingresso principale. In questo studio intendiamo utilizzare il modello per le prime visualizzazioni. Per il consolidamento strutturale del soffitto del seminterrato del locale caldaie – situato all'esterno dell'edificio – mettiamo a disposizione dell'ufficio di ingegneria il modello affinché possano lavorare anche loro su una base dati all'avanguardia. Questo è forse uno dei maggiori vantaggi: il modello può essere condiviso e ampliato.

Ringraziamenti

La Fabbrica della Cattedrale di Aachen ha ricevuto un grande dono sotto forma di un esteso modello 3D, che ci aiuterà nel no-

stro lavoro. Siamo particolarmente lieti che sia stato avviato un progetto europeo con l'Università RWTH di Aachen, la Robert Gordon University e La Sapienza Università di Roma, passo che ben corrisponde alla visione che abbiamo di noi stessi come luogo di scambio internazionale. La professionalità con cui viene condotta questa collaborazione è eccezionale. Vogliamo quindi ringraziare tutti i partecipanti.

Traduzione dall'inglese della Redazione

1. Il primo incendio di grande entità è avvenuto nel XII secolo, ma non si può dire nulla relativamente alla Cattedrale; l'1 agosto 1225 gli edifici dell'attuale Cattedrale e della Collegiata subirono gravi danni. Il 2 maggio 1656 la Cattedrale è stata ancora una volta vittima delle fiamme, come il 90% della città. Non vi sono molte immagini dell'epoca precedente l'incendio.

2. Martina Attenni, Roberto Barni, Carlo Bianchini, Marika Griffio, Carlo Inglese, Yannick Ley, Douglas Pritchard, Guglielmo Villa. The vaulting system of the Palatine Chapel: the Aachen Cathedral World Heritage Site documentation project. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 48, 2023, pp. 119-128.

3. <<https://openmonarch.org/>>.

measurements or generate a CNC file from the model so that the raw blocks for the replacement stone can be prepared by robots. But even this is already standard on the market.

For us, the usability of the model must therefore go beyond this. In further considerations with the universities, the monitoring of the protected monument is our top priority and the model can provide particular assistance in this area. The documented status gives us the opportunity to examine deformations in the building in much more detail than before. In future, we are considering using the model as the basis for regular, fully automated drone monitoring of the masonry. By precisely defining the model, a drone can locate itself and provide us with information on the condition of joints or cracks, for example, or on the formation of new cracks in the masonry. Areas heavily affected by precipitation and moisture could also be examined more closely. To do this, the drone would have to regularly fly over areas that we can only reach under difficult conditions, even when using an elevating work platform. In comparison with the model, which serves as a kind of reference image, changes to the building can be identified. The points cloud definition also makes it possible to directly locate conspicuous elements, which would not be possible with a purely photographic comparison.

There is another use in planning and development: the Cathedral Workshop performs site management tasks and is therefore involved in inner-city planning within the buffer zone of the World Heritage Site as a public authority. 3D laser scans can help with the urban planning development of Aachen. Architects and urban planners can use the model to visualize how the new planning fits into the Cathedral's surroundings as part of the Heritage Impact Assessment. ICOMOS monitoring can then be used to directly address the relevant aspects of the building and its surroundings.

Disaster prevention

The model is also helpful in disaster prevention. For the first time, the 3D model

provided us with an accurate cross-section of all the individual vaults of the Cathedral. In the usual tachymetric survey, the section lines are of course often as accurate as possible, but they may not provide a perfect indication of the overall course of the vault surface. The existing model has therefore already been used in Aachen to implement a change in the fire department's planning for a potential fire in the roof area of the choir hall: one of the vaults repaired after the Second World War is significantly thinner in cross-section than earlier drawings had suggested. In the event of a fire, massive amounts of extinguishing water must not be used here, as the vault could be damaged more quickly by the water pressure than previously assumed. Should a major incident of damage actually occur, the model also provides us with a perfect basis for a detailed reconstruction of the previous condition, making it particularly valuable and itself part of our disaster preparedness.

Next steps

In addition to the potential already described, we have discovered that there are actually some gaps in our inventory of over 6,000 existing drawings of the building and the adjoining complexes, which could also be closed with this model. Over the next few years, we want to use these areas from the model to create two-dimensional plans here too. The latter are currently still the desired form of communication in the official building sector. It is conceivable that we will be able to improve this in the long term using our Monarch system with integrated 3D model and access options. For example, we have a planning requirement for the redesign of barrier-free access in the main entrance area. Here we want to use the model for visualizations for the first time. For the structural strengthening of the basement ceiling of our heating cellar – located outside the building – we are making the model available to the planning engineering office so that they can work on a state-of-the-art basis there too. This is perhaps one of the biggest advantages: the model can be connected and added to.

Acknowledgments

The Aachener Dombauhütte has been given a great gift in the form of the extensive 3D model, which will support us in our work. We are particularly pleased that a European project has been initiated with RWTH Aachen University, Robert Gordon University and Sapienza Università di Roma, which corresponds to our self-image as a place of international exchange. The professionalism with which this cooperation is carried out is outstanding. We would therefore like to thank everyone involved.

English text by the author

1. The first known major fire was in the 12th century, but it is not possible to make a statement about the Cathedral; on August 1, 1225, the buildings of the present Cathedral and the collegiate buildings were severely damaged. On May 2, 1656, the Cathedral was once again a victim of the flames, as was 90 percent of the city. There are not many images from the time before the fire.

2. Martina Attenni, Roberto Barni, Carlo Bianchini, Marika Griffò, Carlo Inglese, Yannick Ley, Douglas Pritchard, Guglielmo Villa. The vaulting system of the Palatine Chapel: the Aachen Cathedral World Heritage Site documentation project. ISPRS International Journal of Geo-Information, 48, 2023, pp. 119-128.

3. <<https://openmonarch.org/>>.

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 Attenni, Roberto Barni, Marika Griffò

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**

ISSN 1123-9247



9 771123 924009

4 0068



ISBN 978-884925280-4



9 788849 125280